

ESCOLA DE GUERRA NAVAL

CMG JANSEN SANTOS POÇAS

O USO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG) COMO FERRAMENTA
DE AUXÍLIO À DECISÃO NO PLANEJAMENTO DE OPERAÇÕES ANFÍBIAS

Rio de Janeiro

2023

CMG JANSEN SANTOS POÇAS

O USO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG) COMO FERRAMENTA
DE AUXÍLIO À DECISÃO NO PLANEJAMENTO DE OPERAÇÕES ANFÍBIAS

Tese a ser apresentada à Escola de Guerra Naval, como requisito parcial para a conclusão do Curso de Política e Estratégia Marítimas (C-PEM).

Orientador: CMG (RM1-FN) Antonio Carlos Rodrigues Martins.

Rio de Janeiro
Escola de Guerra Naval

2023

DECLARAÇÃO DA NÃO EXISTÊNCIA DE APROPRIAÇÃO INTELECTUAL IRREGULAR

Declaro que este trabalho acadêmico: a) corresponde ao resultado de investigação por mim desenvolvida, enquanto discente da Escola de Guerra Naval (EGN); b) é um trabalho original, ou seja, que não foi por mim anteriormente utilizado para fins acadêmicos ou quaisquer outros; c) é inédito, isto é, não foi ainda objeto de publicação; e d) é de minha integral e exclusiva autoria.

Declaro também que tenho ciência de que a utilização de ideias ou palavras de autoria de outrem, sem a devida identificação da fonte, e o uso de recursos de inteligência artificial no processo de escrita constituem grave falta ética, moral, legal e disciplinar. Ademais, assumo o compromisso de que este trabalho possa, a qualquer tempo, ser analisado para verificação de sua originalidade e ineditismo, por meio de ferramentas de detecção de similaridades ou por profissionais qualificados.

Os direitos morais e patrimoniais deste trabalho acadêmico, nos termos da Lei 9.610/1998, pertencem ao seu Autor, sendo vedado o uso comercial sem prévia autorização. É permitida a transcrição parcial de textos do trabalho, ou mencioná-los, para comentários e citações, desde que seja feita a referência bibliográfica completa.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por permitir-me completar mais um desafio na carreira, dando-me saúde e disposição.

A minha esposa Cristina e a meus filhos Leonardo e Rafael, por me apoiarem e incentivarem nos momentos mais conturbados, com suas manifestações de carinho e amor.

Ao Capitão de Mar e Guerra (RM1-FN) Antonio Carlos Rodrigues Martins, pela atenção e orientação objetiva em todas as fases do trabalho, contribuindo para sua elaboração de forma decisiva.

Ao Capitão de Mar e Guerra (RM1-FN) Giovanni Farias de Souza, Encarregado da Seção de Inteligência do Comando da Força de Fuzileiros da Esquadra, e ao Capitão-Tenente (FN) Dalvan Pagani Vieira, Oficial de Sensoriamento Remoto, por dedicarem seus preciosos tempos de serviço para compartilharem práticas e experiências na área da geoinformação, possibilitando levantar informações que subsidiaram essa tese.

À turma do Curso de Política e Estratégia Marítimas de 2023, pela amizade, cordialidade e excelentes momentos vividos.

À Marinha do Brasil e à Escola de Guerra Naval, pelo meu aprimoramento pessoal e profissional.

RESUMO

Durante o planejamento de operações anfíbias, uma das decisões fundamentais a serem tomadas pelo Comando é a seleção das praias de desembarque. Sua escolha leva em consideração, dentre outros aspectos, as informações obtidas pela atividade de inteligência, sendo o conhecimento do meio ambiente um dos importantes elementos condicionantes. Como exemplos, podemos citar a existência de recifes e bancos de areia, o regime de marés, o gradiente das praias para abicagem de navios ou embarcações, o relevo da região e os tipos de vegetação e de solo, que podem configurar dificuldades para a mobilidade de tropas e veículos. Desse modo, a compreensão dos fatores ambientais e a sua localização geográfica constituem-se objetos de estudo por parte das Seções de Inteligência das forças de fuzileiros navais. Nas últimas décadas, os chamados Sistemas de Informações Geográficas (SIG) vem sendo desenvolvidos e aperfeiçoados, possibilitando a integração de várias informações geoespaciais em uma única base de dados, permitindo a realização de inúmeras manipulações e análises do ambiente. Essa pesquisa teve o objetivo de analisar o SIG como ferramenta de auxílio à decisão na seleção de locais adequados para desembarque, descrevendo três estudos acadêmicos que abordaram suas potencialidades e produtos para apoio das operações anfíbias. Procurou identificar os processos e a estrutura da Seção de Inteligência da Força de Fuzileiros da Esquadra (FFE), no tocante às informações ambientais para o planejamento de operações, bem como apresentou a doutrina e os procedimentos empregados pelo Corpo de Fuzileiros Navais dos Estados Unidos no campo da geoinformação, fazendo uma comparação entre as duas instituições. Por fim, foram propostos o incremento de esforços para o desenvolvimento do Sistema de Geoinformação de Defesa (SisGEODEF), como forma de mitigar as deficiências para obtenção de dados pela Marinha do Brasil (MB), particularizada pela FFE nessa tese, além da realização de estudos para execução de operações anfíbias em outros locais da costa brasileira, a fim de aprimorar o uso do SIG na MB e aperfeiçoar a qualificação do pessoal especialista na área da geoinformação.

Palavras-chave: operações anfíbias, Sistema de Informações Geográficas, Força de Fuzileiros da Esquadra, geointeligência, fatores ambientais, Corpo de Fuzileiros Navais dos Estados Unidos da América.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Partes componentes de um SIG.....	28
Figura 2 –	Representação de dados nos modelos matricial e vetorial.....	29
Figura 3 –	MDE mar-terra, gerado a partir de informações de profundidade e de altitude.....	32
Figura 4 –	Mapa representando as linhas de costa, de acordo com 3 estágios da maré no dia 20 de maio de 2003.....	32
Figura 5 –	Simulação tridimensional da maré no nível médio do mar, elaborada no SIG.....	32
Figura 6 –	Densidade de vegetação e natureza do terreno.....	33
Figura 7 –	Mapa de trafegabilidade do solo.....	33
Figura 8 –	Mapa de mobilidade de veículos.....	34
Figura 9 –	Mapa final com informações da região de operação.....	34
Figura 10 –	Área de estudo de Façôco (2021), de Peniche ao Cabo Raso, em Portugal.....	35
Figura 11 –	Mapa de densidade de vegetação, estimado a partir do IVDN.....	36
Figura 12 –	Mapa de relevo, com as altitudes do terreno em metros.....	37
Figura 13 –	Visão tridimensional da área de estudo. Visada de noroeste (a) e de sudoeste (b). Valores em metros.....	37
Figura 14 –	Mapa de mobilidade para viaturas mecanizadas, baseado em 3 faixas de declividade do terreno.....	37
Figura 15 –	Mapa de proteção contra tiro tenso, baseado na declividade.....	38
Figura 16 –	Mapa de condições de deslocamento para incursão anfíbia, obtido da fusão de critérios.....	40
Figura 17 –	Mapa de condições de deslocamento para projeção anfíbia, obtido da fusão de critérios.....	40
Figura 18 –	Localização da Ilha de Tambo na Espanha em (a) e (b). Fotografia da ilha em (c).....	41
Figura 19 –	Modelos digitais do terreno (a) e de elevação (b) da Ilha de Tambo.....	41
Figura 20 –	Modelo digital gerado da fusão do modelo de terreno com os dados batimétricos.....	42
Figura 21 –	Modelo físico de terreno (a) e modelo digital altimétrico obtido por LiDAR (b) da Ilha de Tambo, destacando-se o molhe no setor leste, com o círculo amarelo. Modelo físico de elevação (c) e a fotografia aérea da ilha (d).....	42

Figura 22 – Modelos físicos batimétricos da Ilha de Tambo, com fatores de escala vertical 2 (a) e 10 (b).....	42
Figura 23 – Modelo físico da Ilha de Tambo e área marítima adjacente: (a) zonas adequadas (verde) e não adequadas (vermelha) para desembarque; (b) pontos críticos identificados por triângulos vermelhos e suas visadas para o mar; e (c) batimetria com áreas favoráveis (profundas) à aproximação de navios em vermelho, com a praia de desembarque assinalada na cor verde.....	43
Figura 24 – Mapa altimétrico da Ilha de Tambo.....	43
Figura 25 – Exemplo do produto Sobreposição de Obstáculos Combinados Modificados.....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Pesos adotados para incursão anfíbia.....	39
Tabela 2 – Pesos adotados para projeção anfíbia.....	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADbq –	Área de Desembarque
AHP –	<i>Analytical Hierarchy Process</i> (Processo Analítico Hierárquico)
CAD –	<i>Computer Aided Design</i> (Projeto Assistido por Computador)
CASNAV –	Centro de Análise de Sistemas Navais
CEMBRA –	Centro de Excelência para o Mar Brasileiro
CIA –	<i>Central Intelligence Agency</i> (Agência Central de Inteligência)
cm –	Centímetros
CFN –	Corpo de Fuzileiros Navais
DAP –	Diâmetro na Altura do Peito
DMN –	Doutrina Militar Naval
EsIMar –	Escola de Inteligência da Marinha
ESRI –	<i>Environmental Systems Research Institute</i> (Instituto de Pesquisa de Sistemas Ambientais)
FFE –	Força de Fuzileiros da Esquadra
ForDbq –	Força de Desembarque
ForTarAnf –	Força-Tarefa Anfíbia
IVDN –	Índice de Vegetação por Diferença Normalizada
LiDAR –	<i>Light Detection and Ranging</i>
km –	Quilômetros
LVT –	<i>Landing Vehicle Tracked</i> (Carros sobre lagarta anfíbios)
MAGTF –	<i>Marine Air-Ground Task Forces</i> (Força-Tarefa Aeroterrestre de Fuzileiros Navais)
MB –	Marinha do Brasil
MCIA –	<i>Marine Corps Intelligence Activity</i> (Atividade de Inteligência de Fuzileiros Navais)
MCOO –	<i>Modified Combined Obstacle Overlay</i> (Sobreposição de Obstáculos Combinados Modificados)
MD –	Ministério da Defesa
MDE –	Modelo Digital de Elevação
MNT –	Movimento Navio-para-Terra

- NGA – *National Geospatial-Intelligence Agency* (Agência Nacional de Inteligência Geoespacial)
- NGC – *National Geospatial Intelligence College* (Colégio Nacional de Inteligência Geoespacial)
- NRO – *National Reconnaissance Office* (Escritório Nacional de Reconhecimento)
- ONU – Organização das Nações Unidas
- QGIS – *Quantum Geographic Information System* (Sistema de Informação Geográfica Quantum)
- SIG – Sistema de Informações Geográficas
- SisGEODEF – Sistema de Geoinformação de Defesa

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	OPERAÇÕES ANFÍBIAS.....	16
2.1	A Doutrina de Operações Anfíbias da MB.....	16
2.2	Exemplos de Operações Anfíbias.....	21
2.2.1	Desembarque em Tarawa.....	21
2.2.2	Desembarque em Dieppe.....	23
2.2.3	Desembarque em Inchon.....	24
3	O SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS E SEU USO NA MB.....	27
3.1	O que são Sistemas de Informações Geográficas.....	27
3.2	Estudos Acadêmicos sobre SIG em Apoio a Operações Anfíbias.....	31
3.2.1	<i>Camp Lejeune</i> – EUA.....	31
3.2.2	Peniche e Cabo Raso – Portugal.....	35
3.2.3	Ilha de Tambo – Espanha.....	41
3.3	Uso de Dados Ambientais pela FFE.....	44
4	O SIG NO CFN DOS EUA E NA FFE.....	47
4.1	A Organização do CFN dos EUA.....	47
4.2	Sistemas Utilizados e Treinamento.....	50
4.3	Produtos e Fontes de Dados.....	55
4.4	Comparação entre o CFN do Brasil e dos EUA.....	57
5	CONCLUSÃO.....	61
	REFERÊNCIAS.....	65
	ANEXO – FIGURAS.....	72
	APÊNDICE – Entrevista com o Capitão-Tenente (FN) Dalvan Pagani Vieira.....	85

1 INTRODUÇÃO

De acordo com o Centro de Excelência para o Mar Brasileiro (CEMBRA, 2022), por ser fonte de diversos recursos naturais e uma das mais importantes vias de transporte e comunicação do planeta, o mar tem sido objeto de conflitos e de interesse dos países ao longo da história, sobretudo em assuntos econômicos e estratégicos.

Nesse aspecto, Till (2018) cita que por ser a região em que a maioria da população reside, levando ao inevitável desenvolvimento da indústria e do comércio, o litoral é o local onde as ameaças se encontram, tornando-se a arena natural para as operações marítimas pós-modernas.

O litoral brasileiro é um dos mais extensos do mundo, prolongando-se por aproximadamente 8.500 quilômetros (km) (CEMBRA, 2022). Parcela considerável da população brasileira vive nas áreas costeiras, o que torna o litoral uma região de grande importância social e econômica para o país. De acordo com o censo demográfico realizado em 2010, cerca de 26,58% da população reside em municípios banhados pelo mar (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2011), o que equivale a aproximadamente 55 milhões de pessoas, em projeções atuais.

Ademais, nesse século, nota-se o conturbado ambiente internacional, o que tem aumentado a ocorrência de conflitos de baixa intensidade, terrorismo e criminalidade. Ainda dentro da conjuntura mundial, pode ser destacado o crescimento de desastres naturais, como terremotos e furacões, acarretando populações desabrigadas e deslocadas em diversos países (LAGE, 2011).

No contexto citado, em situações de ameaças, conflitos regionais ou desastres naturais que ocorram no litoral, a projeção de poder sobre terra poderá ser uma possibilidade de emprego das Forças Armadas, em especial de tropas de fuzileiros navais, tanto no Brasil quanto no exterior.

A Estratégia Nacional de Defesa (BRASIL, 2020b) designa a projeção de poder sobre terra como uma das tarefas básicas do Poder Naval, estabelecendo que, para assegurar essa capacidade, a Marinha do Brasil (MB) possuirá meios de fuzileiros navais em permanente condição de pronto emprego para atuar em operações de guerra naval, em atividades de emprego de magnitude e permanência limitadas.

Adicionalmente, tais meios também se destinam, entre outras atribuições, à defesa dos arquipélagos e ilhas oceânicas, bem como para a participação em operações de paz, humanitárias e em apoio à política externa brasileira em qualquer região que configure cenário estratégico de interesse nacional.

Uma operação anfíbia tem como propósito projetar esse poder sobre terra, representado por uma Força de Desembarque (ForDbq)¹. É considerada uma das manobras militares mais complexas, o que requer uma cuidadosa preparação em face da necessária coordenação entre os diversos meios navais, aeronavais e de fuzileiros navais envolvidos, bem como às peculiaridades inerentes à operação, que exigem um minucioso e detalhado planejamento para seu sucesso. Dentre elas, o deslocamento da ForDbq do mar para a costa, por meio de um Movimento Navio-para-Terra (MNT) (BRASIL, 2022).

Devido aos elevados graus de planejamento, de coordenação e de execução, seu sucesso depende de uma variedade de fatores, sendo um dos mais críticos para a sua realização, a seleção das praias de desembarque. A necessidade de conhecer o terreno sempre foi um requisito para que os comandantes fizessem análises sobre os locais de desembarque e os corredores de movimentação da tropa a partir da praia, em função do objetivo da operação.

A seleção das praias de desembarque constitui-se uma das decisões fundamentais no planejamento da operação (BRASIL, 2022), envolvendo aspectos como existência de recifes e bancos de areia, regime de marés, adequabilidade do gradiente da praia para abicagem de navios ou embarcações, natureza e topografia de terreno adjacente à praia, existência e localização de vias de transporte para o interior, entre outros.

Por se tratar de um fator crítico para o sucesso das operações anfíbias, os comandantes devem considerar os desafios apresentados pelos diferentes tipos de ambiente operacional, procurando planejar ações eficazes para superá-los. Ao conhecer, integrar e manipular as diversas informações ambientais disponíveis, a ForDbq pode aumentar suas chances de sucesso e atingir seus objetivos, com a perda mínima de vidas e equipamentos.

¹ Força de Desembarque é um Grupamento Operativo de Fuzileiros Navais destinado à realização de operações anfíbias. Sua organização e a natureza dos elementos que a compõem lhe conferem características de prontidão para emprego rápido, versatilidade, capacidade de atuar independente de outra força em terra, capacidade de coordenar ações terrestres e aéreas e de ficar baseada em navios (BRASIL, 2021a, p. 2-3).

Já as consequências para o insuficiente conhecimento sobre o ambiente vão desde a atrasos até o fracasso da missão, bem como a baixas consideráveis e a perda excessiva de equipamentos, mesmo nos casos de atingimento do objetivo.

A história registra os desembarques no atol de Tarawa, no Oceano Pacífico, pelos norte-americanos em 1943 e em Dieppe, cidade francesa, pelos Aliados em 1942, como exemplos dessa falha no planejamento que podem ser citados. Já outra operação, o assalto anfíbio na cidade sul-coreana de Inchon, no ano de 1950, foi um caso de sucesso devido, entre outros fatores, ao pleno conhecimento do ambiente.

No campo das geociências, existem sistemas computacionais que possibilitam integrar diversas informações geográficas e realizar manipulações, facilitando a análise espacial do ambiente. Alguns desses recursos que podem ser utilizados nesse campo são os chamados Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

Um SIG pode ser definido como um banco de dados que permite o eficiente carregamento, armazenamento e recuperação de informações indexadas espacialmente (SMITH *et al.*, 1987). Tem como característica a capacidade de integrar elementos cartográficos, imagens de satélite, modelos digitais de terreno e mapas temáticos em uma mesma base de dados, o que possibilita a combinação dessas informações para consulta, visualização, análise e geração de mapas de interesse, conforme o objetivo do estudo (CÂMARA; ORTIZ, 1998).

Por essas razões, um SIG é utilizado em diversas atividades como agricultura, cartografia, monitoramento ambiental, planejamento urbano e mapeamentos, sendo uma valiosa ferramenta para aplicações que envolvam alguma forma de análise espacial.

Como vantagens do SIG, uma vez carregados no banco, os dados podem ser manipulados com rapidez. O sistema também permite análises dos dados de forma mais eficiente, utilizando operações matemáticas e estatísticas que inferem menor subjetividade, caso fossem realizadas na forma de simples visualização de mapas, além de facilitar a atualização das informações com maior celeridade. Assim, pode-se dizer que o SIG é uma ferramenta poderosa para o planejamento, desde a sua implantação até a sua utilização, a fim de atingir os objetivos desejados e explorar tudo que ela pode proporcionar (HAMADA, 2021).

Pelo fato de a seleção das praias de desembarque envolver, entre outros aspectos, o conhecimento dos fatores ambientais e a localização geográfica de seus elementos, o

objetivo desse trabalho é o de analisar o uso do SIG como ferramenta de auxílio à decisão na seleção dos locais adequados para uma operação anfíbia, em sua projeção de poder.

A relevância do estudo consiste na disponibilização de um banco de dados que pode ser aprimorado, atualizado e expandido, proporcionando também a criação de cenários para identificação de possíveis facilidades e dificuldades a serem enfrentadas pela ForDbq, de acordo com os critérios estabelecidos para a operação. Esse conhecimento possibilita o incremento na segurança dos militares, bem como a diminuição de eventuais avarias nos meios de fuzileiros navais, durante o MNT e deslocamentos no terreno.

A metodologia a ser adotada é pesquisa exploratória por meio de uma investigação bibliográfica e documental, buscando-se comparar os principais aspectos sobre o uso de dados ambientais no Corpo de Fuzileiros Navais (CFN) da MB para operações anfíbias, em particular na Força de Fuzileiros da Esquadra (FFE), com abordagem existente no CFN dos Estados Unidos da América (EUA), enfatizando o SIG.

Para atingir o objetivo supracitado, o trabalho apresenta, além desta introdução, no capítulo 2, a doutrina de operações anfíbias da MB, suas possibilidades de atuação e fases de execução. Também, aborda as duas citadas operações de desembarque ocorridas na Segunda Guerra Mundial, como exemplos das consequências ao não se considerar, com a devida importância, os fatores ambientais, bem como o assalto em Inchon, durante a Guerra da Coreia², como um caso de êxito em operações anfíbias.

O capítulo 3 descreve o SIG e três trabalhos realizados no contexto de operações anfíbias, mostrando as possibilidades de geração de produtos por essa ferramenta, que podem auxiliar a tomada de decisão no planejamento e execução da operação. Ademais, mostra o serviço realizado pela Seção de Inteligência da FFE no processamento das informações ambientais.

² A Guerra da Coreia foi um conflito, ocorrido entre 1950 e 1953, deflagrado após a invasão do sul da península coreana pelos comunistas. Autorizados pela Organização das Nações Unidas (ONU), os EUA revidaram a ação, empurrando os comunistas de volta à fronteira com a China. Esta interveio no combate ao lado da guerrilha comunista coreana fornecendo armamento e tropas, fazendo com que as forças norte-americanas e da ONU fossem impelidas em direção ao sul. A derrota iminente levou o general Douglas Mac Arthur dos EUA a cogitar no uso de armas nucleares para deter as tropas comunistas. Finalmente, sob forte influência da União Soviética e da China na ONU, bem como diante da ameaça de o conflito descambar para um confronto nuclear entre as duas superpotências, foi estabelecido, em 1953, um “cessar fogo” ao longo do paralelo 38° norte, dividindo a Coreia em dois países: do Norte, sob regime comunista, e do Sul, sob a ingerência dos EUA (PEREIRA, 2018).

No capítulo 4, são apresentados a organização do CFN dos EUA e os procedimentos afetos ao tratamento e utilização desses dados no processo de planejamento das operações, comparando-os com a forma empregada na MB.

Por fim, no capítulo 5, são expostas conclusões e considerações sobre o uso do SIG, procurando apontar sugestões e oportunidades de melhoria no processo de manipulação e geração de informações ambientais, utilizadas no planejamento das operações anfíbias pelo CFN.

2 OPERAÇÕES ANFÍBIAS

Esse capítulo se destina a descrever os principais pontos da doutrina das operações anfíbias na MB e sua coerência com o objetivo do trabalho. Também, serão citadas algumas operações realizadas em conflitos no século passado, que demonstraram a importância do conhecimento do ambiente para a realização de um desembarque.

2.1 A Doutrina de Operações Anfíbias da MB

A MB tem como missão o preparo e o emprego do Poder Naval, com o propósito de contribuir para a Defesa da Pátria, para a garantia dos poderes constitucionais, para cumprimento das atividades subsidiárias previstas e para apoio à Política Externa (BRASIL, 2020a), conforme estabelecido em seu plano estratégico.

O Poder Naval é constituído pelos meios navais, aeronavais e de fuzileiros navais, além das infraestruturas de apoio e estruturas de comando e controle, de logística e administrativa. Para o cumprimento da missão MB, ele deve estar capacitado a realizar quatro tarefas básicas, definidas pela Doutrina Militar Naval (DMN), que são controlar área marítima, negar o uso do mar, projetar poder sobre terra e contribuir para a dissuasão estratégica (BRASIL, 2017).

A DMN define a projeção de poder sobre terra como a “transposição da influência do Poder Naval para áreas de interesse, terrestres ou marítimas, abrangendo um amplo espectro de atividades”. Dentre essas atividades, pode ser incluída a operação anfíbia, uma ação típica da Guerra Naval³.

Segundo Brasil (2021a), uma operação anfíbia tem como propósito introduzir uma ForDbq em terra, para execução de missões designadas. É uma operação naval iniciada no mar em direção à costa litorânea, podendo essa apresentar um caráter hostil, potencialmente hostil ou mesmo não oferecer resistência ao desembarque.

Além da Guerra Naval, a DMN prevê que outras duas situações de emprego do Poder Naval podem requerer o desenvolvimento de uma operação anfíbia, especificamente quando em tempo de paz: as situações de emprego limitado da força e em atividades benignas.

³ São ações militares conduzidas no mar, águas interiores e limitadas áreas de terra de interesse para as operações navais, incluindo o espaço aéreo sobrejacente (BRASIL, 2017).

O emprego limitado da força pode ser entendido como aquele em que a MB exerce o poder de polícia com a finalidade de impor a lei ou atendendo um mandato internacional, mediante obrigação assumida pelo Brasil e determinada por organização intergovernamental (BRASIL, 2017). Nessas situações, a realização de operações anfíbias pode ser vislumbrada para manobras de evacuação em emergência de brasileiros ou estrangeiros atuando em Operações de Paz, bem como para retirada de não combatentes, preferencialmente brasileiros, em países nos quais haja ameaças à segurança desse pessoal ou que se encontrem em uma situação de calamidade.

Com relação às atividades benignas, são aquelas que empregam capacidades e conhecimentos especializados, em situações onde não há previsão de uso da força ou a ocorrência de violência em suas execuções (BRASIL, 2017). Nessas condições, presume-se que a operação anfíbia possa ser executada tanto em apoio a operações humanitárias no exterior, que se destinam a mitigar os efeitos de desastres naturais ou de acidentes que representem séria ameaça à vida, quanto em cooperação com órgãos da Defesa Civil no apoio a desastres, a fim de preservar o bem-estar da população (BRASIL, 2015b).

Já no âmbito da Guerra Naval, a DMN prevê que a operação anfíbia pode ocorrer de acordo com as seguintes modalidades: assalto anfíbio, demonstração anfíbia, incursão anfíbia, projeção anfíbia e retirada anfíbia.

Assalto anfíbio é a modalidade mais completa de operação anfíbia, cujo objetivo é estabelecer uma ForDbq em terra, a partir de um ataque vindo do mar, a fim de conquistar áreas terrestres de interesse, com o objetivo de ocupar bases do inimigo, iniciar uma campanha terrestre, estabelecer bases navais ou aéreas e exercer o controle de áreas marítimas restritas, visando à proteção das linhas de comunicação marítima. Além dessas, também tem o propósito de apoiar operações em terra, negar o uso de uma área ao inimigo e fixar forças navais inimigas em áreas distantes das que seriam prioritárias para suas operações (BRASIL, 2021a).

A incursão anfíbia é uma modalidade que se caracteriza pela retirada planejada da força, após rápida penetração ou ocupação temporária de objetivo em uma costa hostil ou potencialmente hostil. Tem como propósitos a destruição ou neutralização de instalações inimigas, o reconhecimento de determinada área de interesse, a inquietação do inimigo provocada pela movimentação da força, o apoio a operações de terra, a confusão no inimigo sobre o local da operação principal e a evacuação de pessoal ou material (BRASIL, 2021a).

Já a demonstração anfíbia é uma operação em que a força naval se aproxima da costa, sem efetivar o desembarque na praia. Pode ser utilizada para confundir o inimigo sobre a localização da operação principal, bem como para induzi-lo a realizar as ações que lhe sejam desfavoráveis (BRASIL, 2021a).

Sobre a retirada anfíbia, ela se constitui no recolhimento de tropas de uma área litorânea hostil ou potencialmente hostil, empregando navios, embarcações ou aeronaves embarcadas, a fim de preservar a nossa força perante um inimigo com poder de combate superior naquela região ou para empregá-la em outra área de importância (BRASIL, 2021a).

Quanto à projeção anfíbia, é o tipo de operação que compreende a inserção da tropa em uma área de interesse, a fim de contribuir para atividades de emprego limitado da força e atividades benignas, bem como para apoiar outras operações de Guerra Naval ou relacionadas a prevenção de conflitos (BRASIL, 2021a).

Excetuando-se a demonstração anfíbia, nas demais modalidades é realizado desembarque de pessoal e de material na praia, o que torna a operação ainda mais complexa devido à diversidade de meios envolvidos (ROCHA, 1985), havendo a necessidade de coordenação e preparação adequadas para que a sua execução ocorra de forma exitosa. Sua realização está estruturada em cinco fases: planejamento, embarque, ensaio, travessia e assalto.

O planejamento corresponde ao período em que são preparados os planos e ordens para a execução da operação, a partir da expedição de uma Diretiva Inicial⁴ até o momento do embarque do pessoal e do material nos navios (BRASIL, 2021a).

O embarque deve ser realizado de maneira lógica, organizada e detalhada, a fim de permitir que a ForDbq se estabeleça em terra com rapidez e eficácia, potencializando seu poder de combate. Ele se encerra com a desatracação dos navios (BRASIL, 2021a).

A fase do ensaio se caracteriza pela condução de exercícios, normalmente durante a travessia, a fim de verificar as necessidades de eventuais ajustes no planejamento, a familiarização de todos os escalões com os planos e a sequência de eventos da operação, o estado de prontificação das forças participantes e testar o funcionamento e a eficiência das comunicações (BRASIL, 2021a).

⁴ Ordem emitida pela autoridade responsável por uma operação anfíbia ao Comandante da ForTarAnf (BRASIL, 2022).

Em seguida, a travessia consiste no movimento de uma Força-Tarefa Anfíbia (ForTarAnf)⁵ desde o local de embarque até as áreas previstas para o desembarque, podendo ser realizados exercícios e adestramentos pela ForDbq (BRASIL, 2021a).

Por fim, a fase do assalto corresponde ao período entre a chegada da ForTarAnf à Área de Desembarque (ADbq)⁶ e o término da operação. Nela, ocorre a projeção da ForDbq para terra, na etapa denominada MNT, seguindo-se as ações conduzidas a partir do local do desembarque para o cumprimento da missão. O MNT pode ser de 2 tipos: por superfície, quando a maioria do poder combatente é desembarcado por navios, embarcações ou viaturas anfíbias; ou por helicóptero, quando o transporte para terra é realizado por aeronaves de asa rotativa (BRASIL, 2021a).

Na fase de planejamento, uma das decisões fundamentais a serem tomadas consiste na seleção das praias de desembarque pela ForDbq. Dentre os fatores a serem considerados, podem ser apontadas as condições para a abicagem dos navios, embarcações de desembarque e viaturas anfíbias, a trafegabilidade da praia e a natureza do terreno adjacente à praia (BRASIL, 2022).

Para avaliação dessas condições, várias informações são necessárias para a compreensão do ambiente operacional. No que se refere a área marítima, as correntes marinhas, o tipo de fundo, a variação de marés e as profundidades são importantes fontes de dados para verificação da adequabilidade para abicagem, em que é possível derivar outras características como o gradiente da praia.

Quanto a área terrestre, a natureza do solo, a topografia e a vegetação são parâmetros básicos para realizar uma estimativa sobre a mobilidade do pessoal e de viaturas, bem como a situação do terreno para a projeção em direção ao interior.

Segundo o Manual de Planejamento dos Grupamentos Operativos de Fuzileiros Navais (BRASIL, 2022), cabe a Seção de Inteligência da ForDbq levantar essas informações. Dentre suas atribuições, está o planejamento dos assuntos atinentes ao conhecimento do ambiente operacional, possibilitando a exploração das vantagens apresentadas pelo terreno, condições climáticas, meteorológicas e hidrográficas.

⁵ Força composta de meios navais, de fuzileiros navais e aéreos embarcados, para execução de uma operação anfíbia, sob o comando de um oficial do Corpo da Armada (BRASIL, 2021a).

⁶ Parte da área do objetivo anfíbio (área geográfica na qual o comandante da ForTarAnf tem autoridade para controlar todas as atividades das forças amigas) na qual são realizadas as operações de desembarque de uma ForTarAnf. Compreende os espaços marítimo, terrestre e aéreo necessários para executar e apoiar o desembarque (BRASIL, 2017).

Assim que recebida a cópia da Diretiva Inicial, a Seção de Inteligência da ForDbq deve reunir os dados disponíveis, como também realizar a busca e a coleta das informações necessárias visando cobrir todas as lacunas existentes sobre a área de operações. Esse conhecimento terá significativa relevância na assessoria ao Comandante da ForDbq durante o planejamento da operação anfíbia, no tocante à seleção dos objetivos da Força e das cabeças de praia⁷ (BRASIL, 2022).

É prevista também a elaboração de um Estudo de Praias, a ser realizado em cooperação com a Seção de Inteligência da ForTarAnf, abordando dois enfoques. Para a ForDbq, destina-se à análise das condições de progressão para o interior; já o enfoque da ForTarAnf considera os aspectos navais que poderão afetar o MNT.

Nesse documento, são examinados, no que se refere ao ambiente operacional, vários aspectos que englobam as características físicas e hidrográficas da praia (largura, gradiente, arrebentação de ondas, obstáculos, maré, correntes, corredores de saída) e condições de acesso para o interior. Ao final do planejamento, esse estudo irá compor um anexo ao Plano de Inteligência, que integrará o Plano ou Ordem de Operação.

Desse modo, foi vista de maneira ampla e resumida, as possíveis situações para a condução de uma operação anfíbia, suas modalidades e fases, bem como a responsabilidade da Seção de Inteligência da ForDbq na análise do ambiente, no que se refere às características geográficas da área de operações.

A correta apreciação das condições em que irá se desenvolver o desembarque pode significar o sucesso ou fracasso do MNT por superfície. No passado, erros de avaliação ou o conhecimento insuficiente dos fatores ambientais causaram grandes perdas de material e significativas baixas de pessoal em operações anfíbias, algo que poderia ser minimizado por uma estimativa mais precisa das condições do meio ambiente.

Os registros históricos apresentados a seguir, ajudam a compreender as dificuldades enfrentadas por militares no passado, servindo de alerta para importância do conhecimento das características do terreno para o planejamento das ações.

2.2 Exemplos de Operações Anfíbias

⁷ Área terrestre no litoral inimigo que contém os objetivos da ForTarAnf e da ForDbq e que permite o desembarque contínuo de pessoal e material, quando conquistada (BRASIL, 2017)

Serão abordadas, de forma resumida, três operações anfíbias e suas consequências no que se refere ao estudo das praias de desembarque. São elas: os desembarques em Tarawa e Dieppe, ocorridos durante a Segunda Guerra Mundial, e o assalto em Inchon, durante a Guerra da Coreia. Cabe ressaltar que não foram objetos de análise nesse trabalho, questões atinentes à capacidade de fogo das forças de defesa e suas táticas empregadas, mas sim aspectos geográficos relacionados ao ambiente operacional.

2.2.1 Desembarque em Tarawa

O desembarque no atol Tarawa, nas Ilhas Gilbert, foi um assalto anfíbio ocorrido no Oceano Pacífico, entre os dias 20 e 23 novembro de 1943, durante o avanço dos EUA sobre o Japão na Segunda Guerra Mundial, tendo a batalha se desenvolvido na pequena ilha de Betio. O objetivo das forças norte-americanas era tomar um aeródromo construído pelos japoneses na ilha, com o intuito de utilizá-lo para apoiar futuras operações de bombardeio na campanha do Pacífico, iniciando pelas Ilhas Marshall, distante 500 milhas a oeste de Tarawa (ALEXANDER, 2008).

Como tantos atóis nas Ilhas Gilbert, Tarawa forma um arco de pequenas ilhotas com cerca de 30 milhas de comprimento. Na área sudoeste do atol, está localizada a ilha de Betio, cercada por recifes. A vista disso, o conhecimento das condições hidrográficas e do regime de marés era fundamental para a condução da operação.

A proximidade da esquadra japonesa a leste das Ilhas Carolinas era uma preocupação. O almirante Chester Nimitz, Comandante-em-Chefe da Esquadra do Pacífico, declarou que Tarawa representava um trampolim difícil para a campanha contra as Ilhas Marshall, mais valiosas estrategicamente, programada para começar oito semanas depois. A sequência de operações estava tão ajustada que o comando não adiaría a tomada de Tarawa, com o intuito de obter uma amplitude de maré favorável (ALEXANDER, 2008).

As informações de maré e hidrografia usadas pela força de invasão foram baseadas, apenas, em relatos de britânicos familiarizados com a região, bem como em cartas náuticas desatualizadas, com dados de 1841 (WINTERS, 2001).

Como consequência, a maioria das viaturas anfíbias e embarcações de desembarque encalhou, prematuramente, nos recifes externos, distantes centenas de jardas da costa de Tarawa, forçando os fuzileiros navais a caminharem dentro d'água até a praia, sob a

influência das ondas e debaixo de forte fogo inimigo. Para a passagem das viaturas e embarcações, eram necessários 4 pés (cerca de 122 cm) de água sobre os obstáculos naturais submersos; chegou-se a, talvez, 3 pés (aproximadamente 91 cm) naquela manhã (ALEXANDER, 1995).

A batalha foi uma das mais sangrentas da campanha norte-americana no Pacífico, sendo marcada por intensos combates. McKiernan (1962) cita alguns dos acontecimentos:

À medida que tentavam se mover para o interior, o fogo japonês aumentava com volume e precisão. Enquanto isso, na borda do recife, o drama inesquecível do infortúnio e do heroísmo havia começado: as embarcações de desembarque não podiam atravessar o recife. Cerca de um metro de água cobria a armadilha de coral. Os timoneiros praguejaram enquanto sua embarcação batia no fundo de coral duro. Os fuzileiros navais desembarcaram a centenas de jardas da costa. O crescente poder de fogo japonês encontrou seu alvo. Centenas de fuzileiros navais caíram sobre o recife. Água rasa e fogo intenso reduziram a invasão a um rastejar em direção às praias. O impulso vital para o avanço havia desaparecido. Muitos dos LVT⁸, depois de descarregar e retirar-se para a borda do recife, afundaram em águas profundas como resultado de buracos causados pelo fogo inimigo. Outros desenvolveram dificuldades mecânicas. Alguns já haviam sido destruídos. Os disponíveis estavam envolvidos na evacuação dos feridos. Não havia o suficiente. (MCKIERNAN, 1962, p. 45, tradução nossa)

Mesmo vencendo os japoneses e tomando o atol de Tarawa, a falta de informações confiáveis custou aos norte-americanos baixas significativas e grandes perdas de material. Após 76 horas de operação, 1.009 soldados morreram e 2.101 ficaram feridos. A opinião pública dos EUA recebeu a notícia com horror e indignação, o que levou a possibilidade de investigação do ocorrido pelo Congresso (MCKIERNAN, 1962).

A invasão bem-sucedida de um atol cercado de corais dependia, entre outros fatores, da avaliação precisa das condições da maré e do conhecimento do relevo submarino. Mesmo com informações hidrográficas escassas, os planejadores decidiram apostar em uma altura de maré que permitisse a passagem das embarcações de desembarque, naquela manhã de 20 de novembro de 1943 (MCKIERNAN, 1962). Avisos alarmantes chegaram a ser feitos pelo Major Frank L. G. Holland, um oficial da reserva da Nova Zelândia que viveu próximo a Tarawa vários anos antes da guerra, de uma maré muito baixa no dia da invasão.

Wright (2000) afirma que metade das baixas ocorreram nas primeiras vagas de ataque, bem como 75 dos 125 LVT foram perdidos antes de chegarem às praias, o que

⁸ LVT, sigla em inglês de *Landing Vehicle Tracked*, eram carros sobre lagarta anfíbios utilizados pelo CFN dos EUA nos desembarques durante a Segunda Guerra Mundial.

evidencia o resultado de não ter sido considerado no planejamento, com maior cuidado, os aspectos ambientais.

2.2.2 Desembarque em Dieppe

Em 19 de agosto de 1942, as forças aliadas, compostas principalmente por tropas canadenses, realizaram um assalto anfíbio no pequeno porto da cidade de Dieppe, no norte da França. Um dos objetivos da operação era abrir uma nova frente ocidental na Europa, por solicitação do líder da União Soviética, Joseph Stalin, que enfrentava as forças alemãs na frente oriental. A presença inimiga na França faria com que a Alemanha deslocasse algumas de suas forças contra a nova ameaça, dando fôlego crucial aos soviéticos (HØIBACK, 2014). Outro objetivo dos aliados, apontado por Gilbert (2014), era o de experimentar técnicas de desembarque, com foco em uma futura invasão no norte da Europa.

O ataque foi planejado para ocorrer de modo rápido, com a participação de 5.000 canadenses, 1.000 britânicos, 50 norte-americanos e 24 soldados franceses na operação (GILBERT, 2014).

Kennedy (2014) relata que a invasão fora um fracasso. Falhas do serviço de inteligência foram apontadas como algumas das causas do insucesso. A capacidade das defesas alemãs foi avaliada de forma equivocada, bem como não havia informações sobre a natureza do terreno.

O desconhecimento do ambiente causou diversos transtornos. O terreno pedregoso nas praias era um obstáculo tão grande quanto as barreiras de ferro e concreto colocadas pelos alemães, dificultando a movimentação das tropas. O cascalho das praias fez com que os carros de combate permanecessem parados, sendo alvos fáceis para a artilharia inimiga.

O resultando do combate foi trágico. Dos mais de 6.000 homens enviados para a operação de desembarque, mais de 1.000 morreram e outros 2.300 foram capturados pelos alemães; outros muitos dos sobreviventes regressaram seriamente feridos. Cerca de 1.000 soldados nem sequer conseguiram chegar à praia (KENNEDY, 2014).

Portanto, o desconhecimento do ambiente operacional em Dieppe também pode ser apontado como um dos fatores pelo insucesso da incursão. D'Amours (2013) menciona, entre outros aspectos, a falta de realismo no treinamento feito pelas tropas canadenses no Reino Unido. Tal situação poderia ser minimizada com a realização de exercícios em praias de

formação sedimentar semelhante à encontrada em Dieppe, em que seria possível verificar as condições de mobilidade do pessoal e das viaturas blindadas para a futura a operação.

2.2.3 Desembarque em Inchon

O assalto anfíbio na cidade de Inchon foi um ataque realizado pelas forças da ONU, predominantemente composta por militares dos EUA, durante a Guerra da Coreia, entre 15 e 19 de setembro de 1950.

Envolvendo aproximadamente 72.000 soldados e 261 navios de guerra, a batalha resultou em uma vitória decisiva sobre o exército norte-coreano, que ocupava a região onde está localizada aquela cidade (HEINL, 1998).

O general Douglas MacArthur, Comandante-em-Chefe das forças da ONU, persuadiu seus superiores a aprovar a realização de um assalto anfíbio em Inchon, importante porto localizado cerca de 180 km atrás das linhas inimigas, na costa oeste da Coreia. Devido às traiçoeiras condições de maré, ele presumiu que os norte-coreanos não esperariam um ataque naquele local, sendo, com isso, relativamente mal defendido.

A ideia do general Douglas MacArthur era que as forças da ONU poderiam avançar rapidamente a partir de Inchon, capturar uma base aérea próxima na cidade de Kimpo, partindo, em seguida, para a retomada de Seul, a capital do país. Essa cidade era o elo principal nas linhas de comunicação do exército norte-coreano ao sul e, uma vez tomada, interromperia o fluxo logístico do inimigo (UTZ, 1994).

Contudo, se como objetivo estratégico Inchon apresentava benefícios, do ponto de vista tático era exatamente o contrário. A amplitude das marés podia chegar a 32 pés (aproximadamente 10 metros) e, raramente, as correntes marítimas, nos canais de aproximação ao porto, eram inferiores a três nós. No canal principal de navegação, a situação era ainda pior, com a corrente podendo atingir de sete a oito nós, próxima à velocidade de uma embarcação de desembarque (HEINL, 1998).

Rottman (2006) cita a existência de paredões de concreto de 15 pés (cerca de 4,5 metros) de altura na orla da cidade e do porto, fazendo com que as tropas levassem escadas para superar esses obstáculos. Outra dificuldade era a presença de lama e bancos de areia durante a baixa-mar, no canal principal de navegação, além de pedras. Tais eram as

condições desfavoráveis do local que o general Edward M. Almond disse ser “o pior lugar possível onde poderíamos realizar um assalto anfíbio” (HEINL, 1998).

Assim, o ambiente operacional era o fator determinante para o planejamento do assalto anfíbio, sendo o mais importante a previsão da maré para o desenvolvimento do desembarque, o que condicionava o dia exato para o início da operação.

A decisão de invadir Inchon foi tomada em 12 de agosto de 1950. Isso significava que o dia 15 de setembro de 1950 ofereceria a melhor condição de preamar contra os obstáculos ambientais, ou seja, 31,2 pés (cerca de 9,5 metros) de maré. Doze dias depois, no dia 27, seriam 27 pés (8,23 metros), dois a menos do que precisavam as embarcações. Só em 11 de outubro haveria outra condição favorável novamente. O dia 15 de setembro foi, portanto, não apenas o mais cedo possível, mas também o melhor. Isso deixou apenas 34 dias para o preparo e a execução da operação, sendo que o ciclo normal de planejamento era de, no mínimo, 90 dias (HEINL, 1998).

As informações corretas de inteligência sobre correntes, condições de marés, tipo de fundo marinho, hidrografia e características do litoral foram fundamentais. Em um esforço para reunir dados atualizados, o tenente Eugene F. Clark foi enviado a Inchon 15 dias antes da operação, com dois intérpretes coreanos, de onde coletou dados sobre os paredões de concreto e o porto, velocidades das correntes marítimas, marés, informações batimétricas e do terreno. Ele chegou a caminhar pela lama na maré baixa, constatando que era possível, em algumas áreas, a movimentação de tropas e até de viaturas (ROTTMAN, 2006).

Como consequência, ao final do dia 15, as três praias selecionadas para o desembarque haviam sido conquistadas e todos os objetivos da ForDbq foram alcançados. A fase de assalto foi completada com sucesso, ao custo de apenas 21 fuzileiros mortos e 174 feridos em combate (UTZ, 1994). A partir de Inchon, o avanço prosseguiu até Seul, que foi retomada dos norte-coreanos no dia 27.

Shaw Jr. (2008) menciona que as lições de Inchon trouxeram conclusões valiosas sobre a importância da hidrografia para uma operação anfíbia, mostrando-se fundamental para o planejamento e a tomada de decisão.

Deduz-se, portanto, que o sucesso do desembarque em Inchon foi capaz de demonstrar a relevância do pleno conhecimento do ambiente operacional, mesmo em condições tão adversas para sua execução.

Como conclusão parcial, foi possível observar nos três episódios históricos citados, o papel que os fatores físicos desempenharam no resultado das operações anfíbias, resultando em formidável sucesso ou em estrondosas perdas, ainda que com a vitória na batalha.

Mesmo com tropas bem treinadas, com alto grau de profissionalismo e munidas de equipamentos e meios com tecnologias avançadas, o desembarque estará sempre sujeito às condições geográficas e ambientais do momento.

A escolha correta das praias de desembarque e um bom planejamento podem alterar os rumos de um conflito ou operação. Para isso, é fundamental a busca e a coleta de todas as informações disponíveis do ambiente operacional, com as maiores confiabilidade e precisão possíveis.

3 O SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS E SEU USO NA MB

Esse capítulo aborda a origem e evolução do SIG, sua aplicação e partes componentes. Descreve três trabalhos realizados para auxílio no planejamento de operações anfíbias, com a geração de diversos produtos. E, ao final, procura mostrar como é o trabalho realizado pela Seção de Inteligência da FFE, no tocante às demandas sobre estudos envolvendo fatores ambientais.

3.1 O que são Sistemas de Informações Geográficas

O ser humano vive em um mundo, basicamente, influenciado pelo espaço geográfico, acostumado a lidar com as diversas interações em seu ambiente, as quais formam grande parte de seu cotidiano. Ele reside em um local, trabalha em outro e se desloca, constantemente, entre lugares espalhados por áreas de variadas dimensões. Decisões envolvendo distância, direção, adjacências, localização relativa e outras mais difíceis são tomadas pelas pessoas de modo quase intuitivo.

Para auxiliar a tomada de decisão, foram desenvolvidos, ao longo do tempo, artifícios eficientes para registro e armazenamento de informações que englobem relações espaciais complexas. Um dos primeiros artifícios criados foi o mapa, antes mesmo do surgimento do alfabeto (PEUQUET; MARBLE, 1990).

No entanto, a elaboração e a interpretação manual dos mapas tinham limitações inerentes ao volume e a velocidade de coleta de informações. Tais restrições foram sendo minimizadas a partir da metade do século XX, com desenvolvimento dos computadores, que se tornaram valiosas ferramentas para tratamento, análise e armazenamento de dados geográficos. Com esse advento tecnológico, começaram a surgir os primeiros SIG.

O SIG foi definido por Pandey e Pathak (2014) como sendo um sistema com o potencial de organizar complexas inter-relações entre diferentes camadas de informação, por meio da coleta, análise, processamento, armazenamento e apresentação de dados espaciais, junto com imagens disponíveis a partir de diferentes fontes. Trata-se de um sistema baseado em computador que integra *hardware*, *software* e informações referenciadas geograficamente.

O SIG também pode ser entendido como um conjunto poderoso de ferramentas, tendo como finalidade coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados sobre o mundo real para um propósito específico (BURROUGH; McDONNELL, 1998). Já Fitz (2008) o definiu como um grupo de programas computacionais, capaz de integrar dados, equipamentos e pessoas, com a finalidade de coletar, armazenar, recuperar, manipular, visualizar e analisar dados espacialmente referenciados a um sistema de coordenadas conhecido.

O desenvolvimento dos SIG teve início na década de 1960, no Canadá. No entanto, por ainda não existirem sistemas comerciais prontos para uso, os usuários tinham que desenvolver seus próprios programas, o que demandava tempo e muitos recursos financeiros. Outros fatores relevantes, naquela época, eram a pequena capacidade de armazenamento e a baixíssima velocidade de processamento dos primitivos computadores (FERREIRA, 2006).

Nos anos de 1970, com novos recursos computacionais sendo aperfeiçoados, ocorreu o desenvolvimento dos pacotes de *softwares* comerciais. Surgiram os primeiros programas CAD (do inglês *Computer Aided Design*, ou Projeto Assistido por Computador), que melhoraram a produção de desenhos e plantas para engenharia, sendo, também, a base para os primeiros sistemas de cartografia automatizada (FERREIRA, 2006).

No início da década de 1990, os SIG eram usados para pequenos projetos em áreas geográficas limitadas e com poucos detalhamentos. Os dispositivos de armazenamento, acesso e processamento de dados eram precários. Apenas em grandes corporações era possível encontrar redes mais robustas de computadores (FERREIRA, 2006).

Já no início do século XXI, apareceram os primeiros SIG corporativos e orientados à sociedade, com a utilização da Internet, de bancos de dados geográficos distribuídos e com desenvolvimentos voltados a interoperabilidade dos sistemas (FERREIRA, 2006).

Câmara e Ortiz (1998) dividem o SIG em 5 partes componentes para melhor entendimento. São elas: interface com usuário, entrada e integração de dados, funções de consulta e análise espacial, visualização e plotagem, além de armazenamento e recuperação de dados (na forma de um banco de dados geográficos). A FIGURA 1 ilustra essa composição do sistema.

Os componentes do SIG possuem um relacionamento hierárquico. Ao nível do usuário, a interface com o utilizador define como o sistema pode ser operado e o controle a

ser aplicado. No nível intermediário, um SIG deve ter mecanismos de entrada de dados, de processamento (edição e análise) e saída (visualização). No nível mais interno, um sistema de gerência de dados geográficos oferece armazenamento e recuperação dos dados espaciais e seus atributos no banco de dados. A função de processamento opera sobre os dados em uma área de trabalho na memória principal, acessados do banco pelo sistema de gerência por meio de mecanismos de seleção e consulta.

Para que um SIG desenvolva todas as atividades necessárias, ele deve integrar, em uma mesma base, dados provenientes de mapas, elementos topográficos e de profundidades, imagens de satélites, modelos numéricos de elevação, linhas de contorno do terreno, entre outras informações espaciais.

Essa base de dados nada mais é que a representação do mundo real, constituída a partir de objetos discretos. Esses objetos, de natureza dupla (temática⁹ e espacial), expressa sob a forma numérica, compõe um conjunto de dados georreferenciados que reproduzem um modelo do que existe de fato. A arquitetura dos SIG é baseada em dois modelos principais de dados: o modelo matricial (ou *raster*) e o modelo vetorial (PRECIADO, 2004).

No primeiro modelo, a delimitação do espaço representado é obtida através de uma malha com linhas verticais e horizontais (matriz), espaçadas regularmente, formando células ou *pixels* (do inglês *picture element* ou elemento da imagem). Essas células têm as mesmas dimensões verticais e horizontais, as quais definem sua resolução espacial (área equivalente no terreno, definida pela célula). Cada elemento possui um valor, associado ao atributo representado. Essa é a estrutura mais comum para imagens (de satélite e fotografias aéreas digitais), como também para representação de fenômenos de natureza contínua, que se caracterizam pela dificuldade na localização das bordas (ou limites) entre classes, como campos de temperatura (PIROLI, 2010; FERREIRA, 2006).

Já o modelo vetorial baseia-se no uso de elementos geométricos simples (pontos, linhas e polígonos) para representação de entidades de natureza discreta. Nesse modelo, a localização e aparência gráfica de cada elemento do mundo real são representados por um ou mais pares de coordenadas. Adicionalmente, esses elementos também são caracterizados por atributos descritivos (não-espaciais). Entidades do mundo real como limites políticos, corpos d'água, quadras, redes de transmissão elétrica, categorias de vegetação e mapas de

⁹ Dados temáticos referem-se ao conjunto de informações sobre um determinado fenômeno ou tema (clima, tipo de solo, vegetação) em uma região, incluindo valores qualitativos e quantitativos que se referem espacialmente aos dados de referência (BRASIL, 2010)

uso do solo podem ser representados, preferencialmente, por estruturas vetoriais (FERREIRA, 2006).

Contudo, no SIG, também é possível representar elementos discretos utilizando-se estruturas matriciais, bem como variáveis contínuas em formato vetorial. A FIGURA 2 ilustra a mesma informação representada nas estruturas vetorial e matricial. O uso de um mesmo modelo permite ao usuário realizar combinações e cruzamentos de dados, cujo resultado é a geração de informações para análise.

Desse modo, é possível dizer que o SIG possui três aplicações. Ele pode ser utilizado como ferramenta para elaboração de mapas, como plataforma para realização de análises espaciais de variáveis de interesse e como um banco de dados geográficos, para armazenamento e recuperação de informações espaciais (PIROLI, 2010).

Devido ao seu uso em diversas áreas do conhecimento que lidam com a informação geográfica, o SIG constitui-se de um importante auxílio em estudos sobre os fatores do meio ambiente. Na área militar, particularmente por abordar aspectos referentes ao ambiente operacional, esse recurso pode ser bastante útil.

Nesse contexto, o SIG pode ser um recurso relevante para a eficácia de operações anfíbias e para a tomada de decisões estratégicas. São ferramentas tecnológicas que integram dados espaciais, permitindo a coleta, análise e visualização de informações.

Essas informações são essenciais para os fuzileiros navais, que atuam tanto em áreas terrestres quanto marítimas, onde as condições geográficas desempenham um papel crucial, como visto nos exemplos de batalhas apresentados no capítulo 2.

No âmbito operacional, os SIG podem ser usados para planejar e coordenar as ações militares, permitindo um melhor entendimento do ambiente de combate. Por meio desses sistemas, é possível mapear terrenos, corredores de deslocamento e pontos de interesse, além de avaliar obstáculos naturais e identificar áreas que ofereçam vantagem tática, entre outras aplicações.

Outro aspecto importante é o seu uso para o planejamento de ações humanitárias, em áreas afetadas por desastres naturais. Nas situações em que vilarejos e povoados próximos ao litoral se encontrem isolados, devido ao bloqueio de estradas por deslizamentos de terra, talvez o acesso à população possa ser realizado apenas por meio de uma operação anfíbia em alguma praia, caso haja condições favoráveis para tal. Os fuzileiros navais poderiam, caso sejam empregados para atuar nesse cenário, com o auxílio dos SIG, analisar a

situação do ambiente, identificar áreas críticas, planejar rotas de evacuação, encontrar pontos de referência e realizar a distribuição de suprimentos e recursos.

Conforme descrito no capítulo anterior, a seleção das praias de desembarque é uma das decisões fundamentais a serem tomadas, envolvendo a análise sobre as características do ambiente operacional. Para demonstrar sua aplicação em operações anfíbias, estudos foram realizados com o objetivo de demonstrar os produtos e facilidades que o SIG pode oferecer, visando o aprimoramento do planejamento. A seguir, alguns desses trabalhos acadêmicos serão abordados, com seus resultados e produtos como possíveis auxílios à decisão.

3.2 Estudos Acadêmicos sobre SIG em Apoio a Operações Anfíbias

3.2.1 Camp Lejeune – EUA

Fleming *et al.* (2009) realizaram um estudo cujo objetivo era demonstrar a utilidade de se combinar análises de SIG, modelagem e geração de mapas a partir de um banco de dados, para o desenvolvimento de produtos que integram ambientes marítimo, terrestre e aéreo. Tendo como a área de pesquisa o *Camp Lejeune*, pertencente a uma Base do CFN dos EUA, no estado da Carolina do Norte, eles utilizaram informações de cartas náuticas digitais, mapas, imagens de satélite e dados altimétricos obtidos por LiDAR¹⁰, além de reconhecimento no local e fotografias.

Inicialmente, foi criado um Modelo Digital de Elevação (MDE) contínuo, que abrangesse as áreas terrestre e marítima. Uma grande dificuldade inicial encontrada foi a diferença entre as referências verticais dos dados altimétricos: as altitudes dos mapas terrestres estavam referenciadas ao nível médio do mar; já as profundidades (batimetria) foram tomadas a partir da média das baixa-mares. A solução encontrada foi acrescentar 59 centímetros (cm), que corresponde a diferença média entre as referências verticais, aos dados batimétricos para “elevá-los” ao nível médio do mar, produzindo um MDE marítimo (profundidades).

¹⁰ LiDAR (acrônimo de *Light Detection and Ranging*) ou varredura a laser aerotransportada é uma técnica de detecção ativa, onde um laser emite pulsos infravermelhos curtos em direção à superfície da Terra. Um temporizador mede o tempo de ida e volta do pulso, o que permite calcular a distância entre a plataforma emissora e o objeto que gerou o eco (WAGNER *et al.*, 2006).

A topografia e a morfologia da linha de costa também apresentavam alterações em função das marés e da dinâmica sazonal do clima. Para atualizar essa representação, um MDE da faixa litorânea foi produzido com dados coletados por uma aeronave voando ao longo do litoral, tendo um LiDAR instalado a bordo. Assim, com base em mapas topográficos do terreno, atualizados nas zonas de praias com dados LiDAR, foi feito um mosaico com o MDE marítimo da zona costeira, sendo gerado um MDE contínuo mar-terra (FIGURA 3) armazenado no banco de dados do SIG. Nesse estudo, os autores utilizaram o SIG comercial ArcGIS¹¹.

Nessa FIGURA 3, as variações da cor azul representam as profundidades, a cor verde clara indica a zona entre as marés, atualizada com dados LiDAR, e os demais tons de verde e vermelho mostram a topografia do terreno, obtida de mapas do Serviço Geológico dos EUA.

A geração do MDE mar-terra possibilitou a geração das linhas de costa em diferentes estágios da maré. Utilizando a amplitude de maré do dia 20 de maio de 2003, cuja variação foi de 68 cm, e o *software ERDAS Imagine*¹², os autores simularam o “preenchimento” do modelo digital com água, em três situações: baixa-mar (-34 cm), nível médio (0 cm) e preamar (+34 cm). As linhas de costa foram, então, importadas para o SIG, onde foi possível produzir o mapa da FIGURA 4. Nessa ilustração, a área amarela mais escura representa a faixa da praia entre a baixa-mar e o nível médio do mar, enquanto a área de cor amarela mais clara indica a faixa entre o nível médio do mar e a preamar. Ao visualizar um mapa com várias linhas de costa representadas, os comandantes podem avaliar quais os estágios da maré são favoráveis e/ou que podem inviabilizar o desembarque.

Alguns comandantes preferem uma visualização da área de operações, em vez de interpretá-la a partir de um mapa. Na tentativa de atender a esse requisito, os autores criaram vistas em perspectiva tridimensional da região, para demonstrar a capacidade do SIG em agregar os diferentes estágios de altura da maré na praia. Nessa simulação, uma imagem infravermelha de satélite, com resolução espacial de 1 metro (adquirida em maio de 2000) foi colocada sobre o MDE mar-terra. O ponto de vista está a 30 metros de altitude, defasado 45° em relação ao norte verdadeiro. A FIGURA 5 exemplifica um estágio da maré no nível médio do mar.

¹¹ Informações sobre o ArcGIS em <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-online/overview>. Acesso em: 11 abr. 2023.

¹² Informações sobre o ERDAS Imagine em <https://hexagon.com/pt/products/erdas-imagine>. Acesso em: 11 abr. 2023.

Esses tipos de imagens revelam o fluxo da água produzido pela maré e sua influência nos pontos de penetração da tropa no terreno, permitindo aos tomadores de decisão visualizarem, tridimensionalmente, em que locais os níveis da água afetam as operações anfíbias.

A condição de mobilidade e tráfego de viaturas no terreno também é um fator bastante importante no planejamento, sendo uma preocupação para os comandantes. Essa condição depende da declividade do terreno, natureza do solo, vegetação (tipo e densidade), obstáculos, hidrologia, presença de estradas ou trilhas (UNITED STATES, 1994). Como a área de *Camp Lejeune* possui um relevo com pouca declividade, Fleming *et al.* (2009) elaboraram dois produtos no ArcGIS para auxílio à decisão: um mapa de densidade e tipo de vegetação e outro mapa de mobilidade no solo.

Com relação à vegetação, o tamanho e a densidade das árvores são fatores críticos para o deslocamento de viaturas. Especificamente, árvores grandes próximas ou mesmo vegetação baixa, mas muito densa, podem restringir o movimento de viaturas sobre rodas e, em alguns casos, também sobre lagarta. Para elaborar um mapa temático dessa condição, arquivos digitais da cobertura vegetal foram carregados no banco de dados do ArcGIS, utilizando fotografias aéreas obtidas em 1998 para refinar a interpretação das informações. O autor estabeleceu o parâmetro “Diâmetro na Altura do Peito” (DAP) em relação ao tronco, para discriminar árvores de arbustos: árvores possuíam DAP igual ou superior a 15 cm e arbustos apresentavam diâmetro do tronco inferior a 15 cm. Com isso, a densidade das árvores (DAP > 15 cm) na região de estudo foi classificada como densa (> 50% da cobertura), média (> 15% até 50% de cobertura), esparsa (> 5% até 15 % de cobertura) ou aberta (menor ou igual a 5% de cobertura). A densidade de arbustos (DAP inferior a 15 cm) também foi avaliada como densa, média, esparsa ou aberta.

As demais áreas não enquadradas nas categorias citadas foram classificadas como praia, solo exposto, pântano, vegetação em desenvolvimento, estradas ou água, a fim de fornecer informações sobre a natureza do terreno. Por conseguinte, o mapa de densidade de vegetação resultante (FIGURA 6) foi elaborado, de acordo com os critérios estabelecidos, contendo também a classificação do tipo de solo.

Já o solo foi avaliado quanto à capacidade de suportar o peso de viaturas em deslocamento, nas condições de umidade mais prováveis para o mês de maio. Com a base de dados digital dos tipos de solo de *Camp Lejeune* importada para o SIG, foram atribuídas as

classificações “Boa”, “Regular” e “Ruim” para a condição de trafegabilidade, conforme o percentual relativo de cada elemento (areia, silte e argila) presente na composição do terreno.

O mapa de solos gerado (FIGURA 7) mostrou que a maior parte da área de estudo (76%) foi considerada Regular para o tráfego de viaturas pesadas. Apenas 10% da região foi classificada como Boa, coincidindo, principalmente, com a faixa de praia e dunas, enquanto 14% foram avaliadas como Ruim, sobretudo nas margens de riachos e zonas pantanosas.

Explorando as possibilidades do SIG, um mapa final de mobilidade para veículos pesados (FIGURA 8) foi produzido pela intersecção dos mapas de densidade de vegetação e trafegabilidade do solo. Para chegar a esse produto, as áreas com vegetação média, esparsa ou aberta (exceto as regiões pantanosas), que coincidiam espacialmente com condições de solo Boas, foram classificadas como “Boas” para a mobilidade. Já áreas com vegetação média, esparsa ou aberta (exceto pântanos), coincidentes com condições de solo Regular, foram classificadas como “Regular”. Finalmente, as áreas com qualquer tipo de vegetação nos mesmos locais onde as condições de trafegabilidade do solo eram ruins, bem como vegetação densa e pântanos, foram categorizadas como “Ruim”.

Fazendo-se uma análise do mapa, constatou-se que a flexibilidade para movimentação em toda a área terrestre é limitada. Com base nas informações do estudo, um comandante posicionaria, provavelmente, veículos pesados ao longo de um eixo de avanço em que houvesse condições boas ou regulares, levando-se em consideração apenas os aspectos ambientais. No setor direito do mapa, o deslocamento poderia ser, inicialmente, na direção norte, passando-se, em seguida, para oeste.

Assim, o mapa de mobilidade mostrou a utilidade de um banco de dados SIG, ao possibilitar a geração de um produto eficaz para auxiliar os comandantes na tomada de decisões sobre o avanço da tropa.

Por fim, os autores integraram os produtos gerados em um modelo (*template*) de dimensão 153 cm x 91 cm, com informações necessárias para o planejamento e execução da operação de desembarque. Ele foi constituído por um mapa principal detalhado no centro, na escala de 1:10.000, onde foram representadas linhas de contorno (isóbatas¹³ na água e curvas de nível¹⁴ na terra) e outros elementos provenientes do banco de dados do SIG como

¹³ Isóbatas são linhas de igual profundidade (MIGUENS, 2019, p. 49)

¹⁴ Linhas que unem pontos de mesma altitude (VEIGA *et al.*, 2007, p. 178)

cursos d'água, cobertura vegetal, estradas e outros obstáculos. Ao redor do mapa principal, além dos produtos gerados pelo SIG, foram inseridos dados da tábua de marés, fotografias do terreno, imagens em perspectiva, texto com informações da região e um perfil vertical da praia (FIGURA 9).

Esse produto final exibindo, simultaneamente, vários mapas para auxílio a tomada de decisão, foi bem recebido pela Agência Nacional de Inteligência Geoespacial dos EUA (NGA, do inglês *National Geospatial-Intelligence Agency*)¹⁵ e por organizações do CFN dos EUA, segundo os autores.

Com isso, Fleming *et al.* (2009) demonstraram a grande utilidade do SIG para integrar, rapidamente, múltiplas fontes de dados geoespaciais¹⁶ e, assim, produzir mapas digitais ou impressos para apoio aos comandantes no planejamento de operações anfíbias, permitindo análises para decisões fundamentais sobre os melhores locais para o desembarque, considerando desde a praia até o deslocamento de tropas e viaturas para o interior.

3.2.2 Peniche e Cabo Raso – Portugal

Outro estudo relevante foi elaborado por Façôco (2021) em Portugal. Seu objetivo foi prover uma ferramenta digital que fornecesse dados terrestres e hidrográficos para operações anfíbias, uma vez que o CFN português não possui uma equipe dedicada e com conhecimento para desenvolver essa aplicação baseada em SIG. Assim, foi realizado um projeto-piloto eficiente, que demonstrou a importância e as potencialidades do modelo, com o intuito de prover aos fuzileiros navais esse conhecimento para suas missões.

Para tal, foi selecionada uma área na costa, compreendida entre Peniche e o Cabo Raso, com uma distância em linha reta de aproximadamente 73 km (FIGURA 10). Essa escolha se deu, segundo o autor, para dar maior credibilidade ao trabalho, pois exigiria enorme coordenação e integração de diversas fontes de dados, com o intuito de dificultar a análise. Nessa área, há diversas zonas habitacionais próximas à costa, o que afetaria o tamanho da força a ser desembarcada. Também apresenta regiões com elevação acentuada

¹⁵ NGA é uma agência federal na estrutura organizacional do Departamento de Defesa dos EUA, cuja missão é fornecer produtos e serviços provenientes da exploração e análise de imagens e informações geográficas a fim de, entre outras finalidades, apoiar as forças militares norte-americanas no planejamento de suas operações. Mais informações sobre a NGA disponível em: <[www.https://www.nga.mil/index.html](https://www.nga.mil/index.html)>. Acesso em: 29 maio 2023>.

¹⁶ Dados geoespaciais ou georreferenciados são aqueles em que a dimensão espacial se refere ao seu posicionamento na Terra e no seu espaço próximo, num determinado instante ou período (BRASIL, 2010).

que dificultariam o avanço da tropa, além de pouca vegetação, o que influenciaria a camuflagem dos militares.

Os dados utilizados no trabalho foram imagens de satélite nas faixas de frequência do infravermelho próximo e do vermelho, mapa de uso do solo e dados de altimetria e batimetria, armazenados no *Quantum Geographic Information System*¹⁷ (QGIS) ou Sistema de Informação Geográfica Quantum, plataforma de código aberto e gratuito.

O mapa de uso do solo, obtido no modelo vetorial, não permitia definir a densidade da vegetação na área de estudo. Porém, trabalhando com o SIG, foi possível estimar esse parâmetro a partir de uma informação muito utilizada em estudos agrícolas, que é o chamado Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN). O cálculo do IVDN foi feito a partir de duas imagens de satélite (modelo matricial), oriundas de câmeras sensíveis à radiação eletromagnética nas bandas espectrais do infravermelho próximo e do vermelho, sendo obtido pela razão a seguir:

$$IVDN = \frac{\text{Infravermelho próximo} - \text{Vermelho}}{\text{Infravermelho próximo} + \text{Vermelho}} \quad (1)$$

Padolfi *et al.* (2018) citam que os valores do IVDN variam entre +1 (mais um) a -1 (menos um), em que resultados próximos de +1 indicam boa quantidade de cobertura vegetal densa. Por sua vez, -1 seria o valor aproximado para a ausência da vegetação, como corpos d'água e solo exposto. Esses índices foram assumidos de uma forma mais prática para o estudo, sendo considerado que quanto mais elevado forem os valores do IVDN, maior a dificuldade de transpor essa área pela tropa ou pela passagem de viaturas.

Calculando-se o IVDN no QGIS nas duas imagens, foi gerado o mapa de densidade de vegetação, com sua classificação em cores conforme o índice obtido. As áreas urbanas e com a presença de construções, extraídas de polígonos do mapa de uso do solo, foram usadas como "máscara" na imagem resultante, não sendo realizado o cálculo o IVDN nesses locais. O produto dessa operação é mostrado na FIGURA 11, com as regiões sem o IVDN sendo representadas na cor preta.

Da informação obtida, inferiu-se que a movimentação de pessoal e viaturas é facilitada na região noroeste do mapa, pois foi a que apresentou valores de IVDN mais baixos (entre 0 e 0,66), nas cores amarela e verde-claro, caracterizando uma vegetação mais esparsa. Já na região sudoeste, o IVDN obteve valores tendendo a 1 (cor verde-escuro),

¹⁷ Informações sobre o QGIS disponíveis em: <https://qgis.org/pt_BR/site/>. Acesso em: 02 maio 2023.

denotando vegetação mais densa, o que dificultaria o deslocamento da força com seus equipamentos.

Essa conclusão também foi reforçada pela identificação da distribuição populacional, pois a presença de áreas habitadas e urbanas é mais reduzida na direção noroeste. Também foi percebido que elas se mantêm consideravelmente constantes, à medida que a progressão avançasse para o interior.

Com os dados altimétricos carregados no SIG, Façôco (2021) também elaborou um mapa do relevo a partir da linha de costa (FIGURA 12). Desse produto, verificou-se que a região central e o sudoeste apresentaram maiores altitudes, o que dificultaria a progressão das forças militares. Uma observação relevante obtida da análise foi a existência de algumas áreas apresentando valores muito baixos, podendo tratar-se de zonas alagadas.

Semelhante ao estudo de Fleming *et al.* (2009), a altimetria permitiu a geração de um mapa tridimensional do relevo na área de estudo, com visadas em perspectiva de noroeste e sudoeste, oferecendo outra forma de visualização para a decisão do comandante. O resultado mantém a maior prevalência de regiões mais elevadas nos setores já indicados (FIGURA 13).

Os dados de altimetria permitiram, também, calcular a declividade do terreno no SIG. O estudo das variações da inclinação do relevo constitui um fator importante na escolha dos melhores locais para desembarque, considerando-se o deslocamento da força por terra. Sendo a declividade a relação entre a diferença de altura entre dois pontos e a distância horizontal entre eles, expressa em números percentuais, o autor elaborou mapas para uso em duas situações específicas.

Na primeira, o estudo considerou o deslocamento de viaturas. Presumindo que regiões com valores menores que 30% não apresentam restrições para movimentação, regiões com inclinações entre 30% e 45% possuem algumas restrições e regiões com declividade acima de 45% têm severas restrições (UNITED STATES, 2019), foi produzido o mapa de mobilidade, conforme demonstrado na FIGURA 14.

Como resultado, verificou-se que a maior parte do terreno não ofereceu restrições à movimentação de tropas mecanizadas, indicado no mapa pela cor verde (declividade < 30%). No entanto, observaram-se locais na área central com restrições (cor azul) ao deslocamento, o que poderia implicar atrasos para a força e, por esse motivo, mereceriam atenção durante a fase de planejamento da operação. Terrenos com mobilidade severamente restrita (cor

vermelha) foram identificados em alguns pontos de pequena extensão e dispersos pelo interior da área de estudo.

A segunda situação abordada diz respeito a análise das melhores áreas que ofereceriam proteção contra disparos de tiro tenso, que são aqueles efetuados com ângulos de elevação pequenos e velocidades iniciais elevadas, resultando em trajetórias rasantes (BRASIL, 2001, p. 1-13). Nesse contexto, *United States* (2019) definiu as seguintes condições de proteção, de acordo com a declividade do terreno:

- Proteção boa: declividade maior que 30%;
- Proteção razoável: declividade entre 10% e 30%; e
- Proteção ruim: declividade menor que 10%.

Aplicando essa classificação no QGIS, o resultado obtido pode ser visto conforme o mapa da FIGURA 15. Observou-se que com a pequena declividade predominante na área de estudo, o terreno ofereceu boas condições de proteção contra tiro tenso apenas em pequenos trechos na região central (ilustrada na cor verde), sendo que a maior parte apresentou ruins ou razoáveis circunstâncias de proteção para a ForDbq, segundo o critério adotado.

A partir da base de dados de uso do solo, densidade da vegetação, declividade para mobilidade de viaturas e declividade para proteção contra tiro tenso, foi possível estabelecer uma análise que considerasse, simultaneamente, a influência desses quatro critérios para as condições de deslocamento da tropa, em um único produto de avaliação sobre a situação do terreno, em duas modalidades de operações anfíbias: a projeção anfíbia como resposta a crises e a incursão anfíbia.

Para isso, o autor calculou aqueles que teriam mais peso no estabelecimento de áreas para o desembarque, em cada uma das modalidades. Como exemplo, em uma projeção anfíbia para resposta a crises e outras operações, a importância do relevo para proteção contra tiro tenso tem, comparativamente, uma importância bem menor do que em uma incursão, pois não há presença inimiga.

A técnica utilizada para fazer a ponderação foi o Processo Analítico Hierárquico (AHP, do inglês *Analytical Hierarchy Process*), que é uma teoria com base matemática que permite organizar e avaliar a importância relativa entre os critérios e medir a consistência dos julgamentos (CÂMARA *et al.*, 2001). De forma sucinta, os critérios que influenciam na

atividade a ser executada são comparados em pares, com uma importância relativa atribuída ao relacionamento entre esses critérios, conforme uma escala estabelecida.

A partir do estabelecimento desse padrão de comparação para cada combinação de critérios, Façôco (2021) estipulou um conjunto ótimo de pesos que foram utilizados para a fusão dos dados em um mapa. Os valores obtidos pelo autor constam das TABELAS 1 e 2. Para a modalidade incursão, os maiores pesos foram para as variáveis de declividade, com o uso do solo obtendo o menor valor. Já para projeção anfíbia, essa última passa a ter a maior relevância.

TABELA 1
Pesos adotados para incursão anfíbia

VARIÁVEL	PESO
Declividade para mobilidade de viaturas	0,442
Declividade para proteção contra tiro tenso	0,255
Uso do solo	0,111
Densidade de vegetação	0,193

Fonte: Adaptado de Façôco (2021), p. 74

TABELA 2
Pesos adotados para projeção anfíbia

VARIÁVEL	PESO
Declividade para mobilidade de viaturas	0,232
Declividade para proteção contra tiro tenso	0,218
Uso do solo	0,421
Densidade de vegetação	0,128

Fonte: Adaptado de Façôco (2021), p. 76

Como o mapa de uso do solo encontrava-se no formato vetorial, antes da análise simultânea dos critérios, foi necessário converter os dados para o modelo matricial para prosseguir com os cálculos.

No SIG, foi possível realizar a fusão dos dados armazenados, o que permitiu a geração de mapas que indicassem as condições de deslocamento na região de estudo, considerando-

se a influência relativa de cada critério, simultaneamente, a partir de uma relação matemática estabelecida.

Nesse caso, foi utilizada a equação seguinte para gerar os mapas finais, nas modalidades de operação anfíbia propostas no trabalho:

$$M = (US \times P_1) + (V \times P_2) + (DV \times P_3) + (DT \times P_4) \quad (2)$$

Onde:

M = Condição de deslocamento na modalidade da operação anfíbia (projeção ou incursão);

US = Uso do solo;

V = Densidade da vegetação;

DV = Declividade para mobilidade de viaturas;

DT = Declividade para proteção contra tiro tenso;

P₁ = Peso atribuído à ocupação do solo;

P₂ = Peso atribuído à densidade de vegetação;

P₃ = Peso atribuído à declividade para mobilidade de viaturas; e

P₄ = Peso atribuído à declividade para proteção contra tiro tenso.

Após a aplicação da equação (2), com os pesos considerados no QGIS conforme a modalidade da operação anfíbia, os mapas resultantes da fusão dos critérios foram apresentados segundo os seguintes parâmetros:

- Avanço: As características do terreno favorecem a progressão favorável da força;
- Avanço lento: Apesar não possuir as melhores características, é viável operar na área; e
- Não avanço: O terreno dificulta muito a progressão, devendo ser evitado.

Para a modalidade incursão anfíbia, na comparação dos critérios, o autor inferiu que numa situação de combate, o mais importante é a progressão da força e sua proteção. Partindo dessa consideração, após a aplicação do método AHP, as declividades obtiveram os pesos mais altos, pois a intenção desejada é a rapidez no deslocamento e a máxima proteção possível a ataques inimigos, como foi observado na TABELA 1. O mapa resultante obtido para auxílio à decisão, sobre as condições de deslocamento nessa modalidade de operação anfíbia, foi apresentado na FIGURA 16.

Do mapa, depreendeu-se que uma faixa no litoral sul concentrou as melhores condições de mobilidade, estendendo-se em direção ao interior. Foi percebida, também, facilidades na região central da área de estudo, porém mais afastada da costa. Condições restritivas (cor vermelha) foram pouco notadas, tendo predominância no setor sudeste.

Tratando-se da projeção anfíbia, foi atribuído como critério mais relevante a ocupação do solo (TABELA 2), pois as áreas com a presença da população foram tidas como as de maior importância para o propósito da operação, resultando em um peso com valor elevado. Após o processamento no QGIS, o produto gerado para essa modalidade de operação pode ser visualizado na FIGURA 17.

O mapa demonstrou o amplo predomínio de condições favoráveis para o deslocamento, ocorrendo certa dificuldade nos extremos norte e sul da costa. Condições impeditivas foram observadas no setor sudeste, de forma semelhante ao ocorrido na modalidade de incursão.

Como conclusão, o trabalho de Façôco (2021) demonstrou o potencial do SIG para apoio à decisão. Nele, as condições de deslocamento no terreno foram mapeadas de acordo com a influência de fatores isoladamente, bem como analisado em conjunto, ponderando-se a importância relativa de cada um deles, conforme o objetivo da operação.

Com o SIG, diversas outras capacidades de análise podem ser exploradas, à medida que outras informações possam ser inseridas no banco de dados e manipuladas pelo usuário, isoladamente ou em conjunto.

Outro exemplo de aplicação em operações militares pode ser observado no artigo de Solla *et al.* (2020), a seguir.

3.2.3 Ilha de Tambo – Espanha

O trabalho dos autores abordou a criação de modelos de terreno tridimensionais, utilizando *softwares* livres e fontes de dados abertas. Eles destacaram a importância desses modelos para o planejamento militar, pois permitem a visualização do ambiente operacional e a identificação de possíveis obstáculos e pontos estratégicos.

O local de estudo foi a Ilha de Tambo, localizada no noroeste da Espanha, conforme a FIGURA 18. A ilha tem uma área de aproximadamente 0,28 km², tendo seu ponto mais elevado o monte de *San Facundo*, com 80 metros de altura. Com relação à vegetação, o local possui uma floresta mista, composta por eucaliptos e pinheiros.

Solla *et al.* (2020) utilizaram dados altimétricos obtidos por LiDAR, fornecidos pelo Instituto Geográfico Nacional da Espanha, e também a batimetria (profundidades) do local, cedida pelo Instituto Hidrográfico Marinho espanhol. Essas informações foram importadas

para o SIG de código aberto QGIS para o processamento. Um *software* CAD também foi usado para pequenas edições gráficas e suavização das superfícies produzidas.

No QGIS, foram gerados dois modelos digitais, a partir dos dados altimétricos: um modelo de terreno, que representou a superfície do solo, e outro MDE em que constaram a vegetação, construções e outros objetos sobre a superfície da ilha. A FIGURA 19 ilustra os dois modelos tridimensionais resultantes, sendo possível visualizar a cobertura vegetal no MDE.

O próximo passo foi a integração do modelo digital de terreno com a batimetria, realizada no QGIS após o ajuste para o mesmo sistema de coordenadas geográficas das duas bases de dados. O modelo final pode ser visto na FIGURA 20.

Na geração desses modelos e dos demais produtos, os autores utilizaram, como um fator diferencial em relação aos trabalhos anteriores citados, uma impressora 3D como estágio final do estudo, produzindo modelos físicos impressos para análise, em vez da simples manipulação das informações em um monitor de vídeo.

Após as impressões, os modelos físicos de terreno e de elevação foram comparados com um modelo altimétrico digital de dados LiDAR e com uma fotografia aérea, respectivamente (FIGURA 21).

Observando-se ambas as comparações, foi constatada a satisfatória concordância dos modelos físicos produzidos com a informação digital. O modelo físico de terreno apresentou uma boa precisão, sendo capaz de reproduzir os mínimos detalhes da ilha, como um pequeno molhe (a leste, no lado direito da figura) e pequenas saliências rochosas localizadas no setor oeste, estas últimas escondidas pela vegetação, conforme a visualização na fotografia aérea.

Já o modelo físico do MDE permitiu uma melhor compreensão sobre a densidade, cobertura e distribuição da vegetação, fornecendo informações confiáveis para um planejamento, por exemplo, de operações aéreas, na medida que possibilitou a visualização de áreas, favoráveis ou não, para pouso de aeronaves. O modelo facilitou, também, a análise sobre corredores viáveis para movimentação das tropas no interior da ilha.

A FIGURA 22a mostra o modelo físico batimétrico geral (terreno e profundidades), elaborado com um fator de escala vertical de 2, para realçar as variações no relevo submarino. As maiores profundidades foram observadas na porção sudoeste da ilha,

enquanto as menores foram obtidas nos arredores de uma praia no setor noroeste. A maior profundidade na área de estudo foi de 20 metros.

Contudo, as variações da profundidade não foram suficientemente destacadas na escala do modelo. Assim, os autores produziram um modelo físico adicional, dessa vez com um fator de escala vertical de 10, sem a topografia da ilha (FIGURA 22b), o que melhorou a qualidade visual para a percepção das características significativas do relevo submarino e seus contornos.

Os autores consideraram como objetivo da operação a ocupação do ponto mais alto da ilha (monte de *San Facundo*). Assim, no hipotético planejamento da operação anfíbia, um dos primeiros aspectos analisados foram os locais de desembarque, selecionando-se setores da costa cujo relevo que possibilitasse o movimento de tropas na ilha.

Na seleção desses setores de desembarque, preferencialmente uma praia, também deveriam ser evitados acidentes geográficos próximos, que pudessem representar riscos a exposição de fogo inimigo. A FIGURA 23a mostra os possíveis setores de desembarque na Ilha de Tambo que os autores selecionaram, assinalados na cor verde: uma praia a noroeste e o pequeno molhe no setor leste da ilha. Já as regiões sinalizadas com a cor vermelha foram consideradas inadequadas.

Solla *et al.* (2020) também abordaram uma premissa de que os setores de desembarque não deveriam ser visíveis de quaisquer pontos elevados do terreno, chamados de críticos. Observando o modelo físico, três pontos críticos foram identificados na Ilha de Tambo (triângulos vermelhos na FIGURA 23b).

Com isso, foi possível verificar que o pequeno molhe estava dentro do campo de visada de um desses pontos críticos, enquanto a praia não ofereceu essa condição. Chegar a essa interpretação seria mais difícil com o uso de um mapa altimétrico plano tradicional (FIGURA 24), segundo os autores.

Também foi possível identificar a região norte, com a ajuda do modelo físico, como sendo aquela com os menores declives, deduzindo-se que seria a área com melhores condições para o deslocamento da tropa até o objetivo. Mesmo apresentando vegetação densa que poderia atrasar a manobra, o avanço por essa região poderia representar uma vantagem em termos de ocultação da força.

Por fim, a análise do modelo batimétrico permitiu delimitar as zonas favoráveis à navegação, dependendo do calado dos navios a serem empregados. Como pode ser visto na

FIGURA 23c, a aproximação mais indicada seria pelo setor sul da ilha, navegando-se, em seguida, no rumo norte até o posicionamento a leste. Ressalta-se que essa indicação considera apenas as informações batimétricas, não sendo examinados outros aspectos como influências de vento e corrente na área.

Com isso, os estudos descritos mostraram o potencial do SIG na geração de produtos e informações sobre o ambiente operacional. Dependendo do parâmetro ou requisito desejado, podem ser elaborados mapas e auxílios à decisão bastante úteis, a fim de contribuir para o planejamento e a escolha das praias adequadas para uma operação anfíbia.

Além da análise sobre um fator específico como tipo de solo ou vegetação, com o SIG é possível combinar informações de diferentes temas, como o estudo feito por Façôco (2021).

3.3 Uso de Dados Ambientais pela FFE

O uso da ferramenta foi verificado no âmbito da FFE. Segundo Vieira (informação verbal)¹⁸, cuja entrevista encontra-se no APÊNDICE, a Seção de Inteligência possui dois SIG para estudos ambientais: o QGIS, de utilização gratuita, e o ArcGIS, com o pagamento de licenças de uso.

Quanto à qualificação do pessoal, os militares da Seção são submetidos a cursos e estágios voltados para a familiarização com os SIG, como também para a obtenção de conhecimentos relacionados a geoinformação¹⁹. A habilitação é feita no Sistema de Ensino Naval (na Escola de Inteligência da Marinha - EsIMar), em organizações do Exército Brasileiro e em instituições privadas. No programa de treinamento, constam cursos de analista em QGIS, cursos básicos e intermediários de geointeligência²⁰, estágios sobre sensoriamento remoto²¹ e SIG, bem como cursos de analista em ArcGIS e em geoprocessamento²².

¹⁸ Dalvan Pagani Vieira. Entrevista concedida em 12 de julho de 2023, na FFE.

¹⁹ Geoinformação é o conhecimento georreferenciado resultante do processamento de dados espaciais, com a finalidade de servir de base ao processo decisório (BRASIL, 2015a).

²⁰ Geointeligência é o processo que abrange a reunião, a integração, a avaliação, a análise e a interpretação de dados georreferenciados relativos a atores hostis ou potencialmente hostis e ao espaço de batalha, com vistas a apoiar o processo decisório. O mesmo que inteligência geoespacial (BRASIL, 2015a).

²¹ Sensoriamento remoto é o conjunto de atividades desenvolvidas para a obtenção de informações relativas aos recursos naturais da Terra, ou ao seu meio ambiente, adquiridas pela análise da energia eletromagnética refletida, emitida ou retroespalhada pelos alvos, captadas por sensores instalados em plataformas aéreas ou espaciais, como aviões ou satélites (LORENZZETTI, 2015).

²² Geoprocessamento é entendido como a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica (CÂMARA *et al.*, 2001).

Portanto, avaliou-se que a Seção tem condições de processar dados geográficos e utilizar os SIG para produção de conhecimento e geração de mapas, croquis e cartas temáticas. Verificou-se, também, a viabilidade de se realizar operações como fusão e combinação de dados, por meio de operações geométricas, com geração de novos produtos.

Para a realização dos estudos, os dados necessários são obtidos em instituições governamentais e utilizados nos projetos. A Seção de Inteligência não mantém um banco de dados geográficos para uso de SIG, ficando as informações guardadas nos projetos criados, que são arquivados em dispositivos de armazenamento externo.

O motivo para esse procedimento é a inexistência de demanda contínua, em áreas distintas, para que um banco de dados seja mantido atualizado. Assim que é recebida a determinação para um estudo, nova busca por informações é realizada nas fontes de interesse.

Quanto a possíveis locais para realização de um desembarque, quando não são informados requisitos ou condições a serem observadas no terreno em relação a algum fator ambiental, a Seção de Inteligência busca identificar a ADbq e, a partir delas, os estudos para determinação das Linhas de Desembarque²³.

O trabalho é feito a partir de informações cartográficas, imagens e fotos disponíveis em fontes abertas, assim como estudos anteriores realizados no mesmo local, a fim de verificar, confrontar ou complementar os dados recém-obtidos. Ao final, as informações são encaminhadas às forças e/ou unidades subordinadas para serem ratificadas ou retificadas, sendo, posteriormente, subsídios para o planejamento e escolha dos locais adequados.

A carência verificada foi quanto a inexistência de uma fonte de dados única e padronizada, compatível com as necessidades da força. Por vezes, como no caso de imagens, a resolução espacial encontrada não é a adequada; em outras situações, mapas obtidos de fontes distintas estão em sistemas de projeção horizontal diferentes (ocorrido no trabalho de Fleming *et al.* (2009), porém em relação às altitudes), o que leva o analista de SIG a realizar conversões para uma única referência cartográfica.

Dessa forma, foi observado que a Seção de Inteligência da FFE possui condições bastante satisfatórias para realização de estudos que forneçam subsídios para auxílio à decisão, no tocante ao planejamento e escolha de locais adequados para realização de uma

²³ Segmento contínuo de litoral sobre o qual podem desembarcar tropas, equipamentos e suprimentos por meios de superfície (BRASIL, 2015a).

operação anfíbia. Possui SIG que são empregados em diferentes ramos profissionais e acadêmicos, destacando-se o ArcGIS, um dos principais sistemas comerciais vendidos no mundo. Além disso, mantém um programa de qualificação de pessoal com cursos e estágios que abrangem as principais necessidades de conhecimentos para trabalhos com SIG.

O fator limitador para que se faça estudos mais aprofundados ou para a confecção de um determinado produto específico do ambiente operacional, pelo que foi averiguado, deve-se a possíveis lacunas de dados, sua desatualização ou incompatibilidade com os requisitos do projeto.

4 O SIG NO CFN DOS EUA E NA FFE

Esse capítulo abordará como o CFN dos EUA está organizado, suas principais atribuições e funcionamento, além da estrutura dos fuzileiros norte-americanos nos processos atinentes ao uso da geoinformação e SIG, com ênfase em sistemas utilizados, treinamento, produtos e fontes de informação, em proveito das operações anfíbias.

Ao final, será realizada uma comparação com a estrutura existente na FFE, levando-se em conta o tamanho e a amplitude de atuação de cada instituição, no que se refere a utilização de SIG para estudos e análises geoespaciais.

4.1 A Organização do CFN dos EUA

O CFN dos EUA está subordinado ao Departamento da Marinha, tendo sua estrutura de comando semelhante à do Exército norte-americano - dividida em equipes, esquadrões, pelotões e batalhões - sendo composto, basicamente, por forças expedicionárias²⁴ de fuzileiros navais e esquadrões de aeronaves (UNITED STATES, 2023a).

Está organizado para atuar como uma força de prontidão e de caráter expedicionário, para apoio às necessidades nacionais, devendo conduzir operações em vários campos de um conflito ou em resposta a desastres naturais (UNITED STATES, 1998).

O CFN dos EUA é dividido em quatro grandes grupos: o Quartel-General; os Estabelecimentos de Apoio que proveem o suporte logístico; a Reserva de Fuzileiros Navais; e as Forças Operacionais que realizam o combate real; (UNITED STATES, 2023a).

O Quartel-General, composto pelo Comandante-Geral do Corpo de Fuzileiros Navais e órgãos de assessoramento, é responsável pelo preparo e emprego do CFN por meio da seleção de pessoal, treinamento, material (incluindo pesquisa e desenvolvimento), administração e manutenção da força (UNITED STATES, 2011).

Os Estabelecimentos de Apoio consistem das bases e atividades que apoiam as Forças Operacionais, em unidades nos EUA e no Japão (UNITED STATES, 1998). A Reserva de Fuzileiros Navais é um comando composto pelo pessoal que não mais integra o serviço ativo,

²⁴ Força expedicionária é uma força armada organizada para atingir um objetivo específico em um país estrangeiro (UNITED STATES, 2016).

porém permanece como um contingente pronto e capaz de realizar atividades quando convocados, em situações de guerra ou de emergência nacional (UNITED STATES, 2011).

Já o setor combatente, as Forças Operacionais, estão divididas em três categorias: Forças de Fuzileiros Navais, Forças de Segurança de Fuzileiros Navais em Instalações Navais e Destacamentos de Guarda e Segurança em Embaixadas e Consulados em todo o mundo.

Das três categorias, destacam-se as Forças de Fuzileiros Navais, estruturadas como Forças-Tarefa Aeroterrestre de Fuzileiros Navais (MAGTF, do inglês *Marine Air-Ground Task Forces*), sendo a principal organização do CFN dos EUA, combinando componentes terrestres, aéreos e logísticos, capazes de atuar rapidamente em qualquer parte do mundo, em uma variada gama de missões (HEADQUARTES, 1998).

As MAGTF, que seriam o equivalente aos Grupamentos Operativos de Fuzileiros Navais da MB, são formadas por quatro elementos centrais: um elemento de comando, um elemento de combate terrestre, um elemento de combate aéreo e um elemento de combate logístico. A estrutura básica da MAGTF não se altera; apenas variam o quantitativo, tamanho e tipos de unidades do CFN que compreendem cada um dos quatro elementos, conforme a missão recebida (UNITED STATES, 2021).

Dependendo do emprego, quatro tipos de MAGTF podem ser organizadas: uma Força Expedicionária de Fuzileiros Navais, uma Brigada Expedicionária de Fuzileiros Navais, uma Unidade Expedicionária de Fuzileiros Navais e, em alguns casos, uma MAGTF de Propósito Especial.

A Força Expedicionária é a maior MAGTF, compondo-se da principal organização de combate do CFN dos EUA, sendo capaz de realizar missões de qualquer natureza. É formada por mais de 45 mil militares, com autonomia de operação para até 60 dias (UNITED STATES, 2021).

A Brigada Expedicionária é uma MAGTF de tamanho médio e adaptável, capaz de operar de navios anfíbios e por transporte aéreo. Pode possuir até 19 mil militares, com até 30 dias de autonomia (UNITED STATES, 2021).

A Unidade Expedicionária é organizada com aproximadamente 2.600 militares, tendo autonomia de, normalmente, até 15 dias. Além de ser utilizada como parte de uma ForDbq ou como elemento de uma força conjunta ou combinada, sua característica a torna bastante útil em operações de emprego limitado da força (UNITED STATES, 2021).

Em situações nas quais as forças descritas são inapropriadas, uma MAGTF de Propósito Especial pode ser formada para cumprir uma missão específica, como apoio à segurança marítima ou em atividades benígnas (UNITED STATES, 2021).

Em uma operação anfíbia, a ForDbq pode ser formada por quaisquer dos tipos de MAGTF descritos (UNITED STATES, 2016), com a seleção das praias de desembarque sendo feita em concordância com a ForTarAnf (UNITED STATES, 2021).

O elemento de comando de uma MAGTF é apoiado por diversas unidades. Dentre elas, de acordo com a publicação doutrinária “Informação Geoespacial e Inteligência” (UNITED STATES, 2018a), a estrutura do CFN dos EUA dispõe de Batalhões de Inteligência, responsáveis por prover serviços de inteligência e contrainteligência a uma Força Expedicionária de Fuzileiros Navais, comandos subordinados e outras MAGTF.

Quando não há operação, a principal tarefa do Batalhão de Inteligência é organizar e treinar destacamentos que apoiem MAGTF ou outros comandos, conduzindo, também, atividades de coleta de informações, análise, elaboração e disseminação de produtos de inteligência.

Já em períodos de operação, o comandante do Batalhão de Inteligência passa a ter duas atribuições: a de comandar sua unidade e de atuar como coordenador de apoio de inteligência, subordinado diretamente à Seção de Inteligência do Estado-Maior do elemento de comando da força.

Como coordenador de apoio de inteligência, uma de suas responsabilidades é a de planejar, desenvolver, integrar e coordenar os planos de inteligência da força, para garantir o uso eficaz de todos os conhecimentos de inteligência produzidos, dentre eles, as informações ambientais.

Especificamente para tratar dos fatores ambientais, o Batalhão de Inteligência possui uma organização subordinada, o Pelotão Topográfico, que provê a capacidade de análise, produção e disseminação de informações geoespaciais para o comando da MAGTF.

O pelotão tem como missão gerar produtos personalizados, a partir de informações geográficas, que incluem levantamentos para obtenção de dados do terreno e análises da hidrografia costeira e fluvial, além de outros produtos e serviços associados à inteligência com base em dados geoespaciais, para apoio ao planejamento da força e de outras organizações.

O Pelotão Topográfico recebe, também, apoio de unidades topográficas do Exército dos EUA que operam como parte ou em uma força conjunta. Trabalha em estreita colaboração com o pessoal da área de meteorologia e especialistas em previsão do clima, para garantir que a análise do terreno incorpore os efeitos dos eventos meteorológicos atuais e de seus prognósticos (UNITED STATES, 2018b).

Assim, os militares do Pelotão Topográfico são aqueles que, dentro da Seção de Inteligência de uma MAGTF, contribuem com análise e produção de conhecimentos sobre o ambiente operacional, que constarão dos planos e estudos a cargo daquela Seção no planejamento de uma operação anfíbia.

4.2 Sistemas Utilizados e Treinamento

O pelotão topográfico é o único elemento para produção de informações geoespaciais dentro de uma MAGTF. Usando SIG de última geração, ele pode obter informações táticas de grande valor a partir de várias fontes e, com isso, realizar análises para atender a critérios específicos para uma determinada missão (UNITED STATES, 2018a).

O pelotão é capaz de elaborar produtos personalizados do ambiente operacional, a fim de prestar apoios a tipos específicos de unidades ou funções como logística, apoio aéreo aproximado ou anfíbias. Ele pode divulgar sua análise em vários formatos de mídia com base nos requisitos das unidades e comandos apoiados. Esses requisitos de produção são elaborados pelo coordenador de apoio de inteligência, baseados nas diretrizes e prioridades da Seção de Inteligência da força (UNITED STATES, 2018a).

Em vista disso, baseado nas necessidades de informações geoespaciais, foi desenvolvido o programa GEOFidelis²⁵, de acordo com a ordem nº 11000.25A (UNITED STATES, 2013). Essa diretiva preceitua que o CFN deve ter acesso às melhores informações possíveis para melhorar as práticas de gerenciamento, apoiar o treinamento das Forças Operacionais, proteger o meio ambiente e aprimorar a administração de recursos. Para esse propósito, as informações geoespaciais devem ser precisas, completas e prontamente disponíveis para apoiar a missão da instituição.

²⁵ Informações sobre o GEOFidelis disponível em <<https://geofidelis.maps.arcgis.com/home/index.html>>. Acesso em 27 de jul. de 2023.

O GEOFidelis vem sendo otimizado com o apoio do Instituto de Pesquisa de Sistemas Ambientais (ESRI, do inglês *Environmental Systems Research Institute*), proprietário do SIG comercial ArcGIS, em parceria com a empresa Geocgi²⁶ para aperfeiçoamento de suas capacidades de análise.

De acordo com Dangermond (2005), o GEOFidelis visa aprimorar as capacidades de inteligência com uso de dados geoespaciais dentro do CFN, promover a familiarização com o SIG, desenvolver metas e padrões, fornecer orientação, prover um ambiente para utilização de dados e ser a conexão funcional com o Departamento de Defesa e outras agências governamentais.

O sistema é capaz de manter o gerenciamento de dados geoespaciais no CFN, provendo uma capacidade de consciência situacional, além de apresentar as informações geográficas em um formato único, gerados por diversas unidades e setores, sendo facilmente acessível para todos os processos e sistemas do CFN.

Ele é integrado com sistemas de apoio à decisão e possui um repositório central de dados SIG, abastecido pelo pessoal que trabalha com dados geoespaciais do CFN, projetado para fornecer camadas SIG padronizadas de informação, para utilização pelos comandos da instituição. Outro grande benefício é a eliminação de dados redundantes e de sistemas SIG “canalizados” (com dados para uma única aplicação, difíceis de serem integrados a outros estudos).

Desse modo, ao estabelecer uma abordagem uniforme para SIG, o GEOFidelis permite aos usuários gerenciarem efetivamente seus recursos. Ao utilizar, também, o conjunto de extensões do ArcGIS, os desenvolvedores do ESRI conseguem reutilizar códigos existentes, minimizando custos e permitindo novos investimentos do Quartel-General em tecnologia e aperfeiçoamento do sistema.

Assim sendo, pode-se concluir que o GEOFidelis contribui com o aumento da eficiência e traz economicidade à instituição nos serviços de informações geográficas. Corroborando com essa afirmação, Dangermond (2005) cita uma pesquisa com gerentes de SIG, realizada em 2002 no âmbito do CFN, em que foram encontradas redundâncias no desenvolvimento de ferramentas de análise (*tool set*), bem como uma grande disparidade de SIG entre as unidades. Além disso, muitas organizações financiavam projetos para

²⁶ Informações sobre os últimos aperfeiçoamentos em <<https://www.esri.com/about/newsroom/arcnews/esri-partners-set-industry-standards/>>. Acesso em 27 de jul. de 2023.

atualização de SIG, por uma iniciativa individual, no intuito de acompanhar os avanços tecnológicos e os requisitos exigidos pelo CFN.

Com base nessas descobertas, em 2004, o Quartel-General iniciou o desenvolvimento do conjunto de ferramentas para o GEOFidelis, como parte do programa para estabelecer padrões SIG para o CFN, reduzindo o número de aplicativos em uso e a simplificação dos sistemas de gerenciamento de informações.

Outra inferência que pode ser feita, a despeito de não ter sido encontrada referência direta em fontes abertas nesse trabalho, é a possibilidade do uso do ArcGIS pelo CFN dos EUA, talvez com funcionalidades específicas e avançadas para uso militar. Isso se deve ao fato do ESRI, proprietário de um dos SIG mais vendidos e com maiores capacidades do mundo, integrar o desenvolvimento do GEOFidelis. Segundo a empresa de notícias *Businesswire* (2021), o ESRI é líder mundial no mercado de *software* SIG, com seus produtos instalados em mais de 350 mil organizações no mundo dentre empresas, instituições e órgãos públicos, organizações sem fins lucrativos e universidades.

Quanto ao treinamento e capacitação, as publicações doutrinárias especificam as qualificações as quais o pessoal envolvido em atividades que utilizem dados geoespaciais deverá ser submetido.

United States (2018a) estabelece que o Quartel-General do CFN é o responsável por elaborar, implementar e manter um programa de treinamento e qualificação em inteligência geoespacial, com a colaboração do Colégio Nacional de Inteligência Geoespacial (NGC, do inglês *National Geospatial Intelligence College*), vinculado à NGA, e as escolas de inteligência do CFN.

No programa, devem constar disciplinas relacionadas à cartografia, conversões de coordenadas geográficas, geodésia²⁷, sistemas operacionais de computador, operações de levantamento de informações terrestres, dados geoespaciais, noções e aplicações de sensoriamento remoto, além de conceitos e utilização de um SIG. O treinamento inicial para todos os especialistas em inteligência geoespacial e oficiais de inteligência, designados para trabalharem nessa área, é realizado no NGC. Cabe, também, ao Quartel-General verificar e gerenciar a necessidade da realização de treinamentos mais avançados.

²⁷ Geodésia é um ramo da matemática aplicada que estuda a determinação do tamanho e da forma da Terra, a exata posição de pontos sobre a sua superfície e as variações do seu campo de gravidade (BLITZKOW *et al.*, 2011)

O comandante de Pelotão Topográfico deve elaborar os requisitos para treinamento, incluindo gerenciamento de banco de dados, manutenção do adestramento de militares especializados, procedimentos operacionais padronizados e operação e manutenção de equipamentos. Métodos alternativos como uso de material didático interativo, formação de equipes móveis de treinamento e utilização de escolas civis locais podem ser usados para aumentar os níveis de qualificação do seu pessoal.

Ainda segundo United States (2018a), cursos de nível básico e avançado são realizados no NGC. Já programas alternativos sobre informação geoespacial incluem cursos por correspondência e treinamentos fornecidos por empresas contratadas como o ESRI, por exemplo. Alterações nos conceitos operacionais, treinamentos individuais específicos e surgimento de novas tecnologias podem causar mudanças significativas na oferta de cursos e nos respectivos currículos.

Especificamente para SIG e informações ambientais, o CFN preconiza, em sua legislação, alguns cursos de qualificação. O curso Básico de Especialista em Inteligência Geoespacial, com duração de 130 dias, ensina os fundamentos de um levantamento para obtenção de informações do terreno e análise geoespacial para soldados, cabos e sargentos, em duas fases. A primeira é a preparação para a realização do levantamento terrestre, que abrange conhecimentos de matemática, leitura avançada de mapas, sistemas de posicionamento por satélite e medições de distâncias e ângulos. No final, os alunos realizam um exercício prático, em que empregam os ensinamentos aprendidos. A segunda fase consiste na análise geoespacial dos fatores ambientais levantados, abordando fundamentos da inteligência, introdução aos tipos e formatos de dados digitais, familiarização com banco de dados, uso de imagens obtidas por sensoriamento remoto e utilização de SIG para manipulação das informações.

Outro curso básico previsto é o de Usuários de Dados Digitais Geoespaciais, realizado no NGC, que ensina como manipular e trabalhar os diferentes formatos de dados, carregando-os em um SIG mais simples. O curso é ministrado usando uma combinação de instrução direta, seguida de exercícios práticos com ênfase em cenários militares. Ele atende às principais necessidades de especialistas em nível básico e de oficiais de inteligência de MAGTF.

Tratando-se essencialmente de SIG, a doutrina aborda o curso sobre Fundamentos de Sistemas de Informação Geográfica, ministrado no NGC e indicado para iniciantes no

assunto. O curso transmite toda uma fundamentação para trabalhos com SIG, explorando os dados digitais da NGA na resolução de problemas de geointeligência. Ele é recomendado para oficiais de inteligência de uma MAGTF, bem como para oficiais que assumirão funções que se relacionem diretamente à geoinformação.

No nível intermediário, também são relacionados alguns cursos de qualificação. Dentre eles, há o curso de Analista de SIG, igualmente realizado no NGC. Nele, os alunos se dedicam ao uso do SIG para realizar análises geoespaciais em um ambiente de segurança interna. Os tópicos abordados incluem geodésia, banco de dados geoespacial, estatística, trabalhos em rede e análise espacial e tridimensional do ambiente, bem como a construção de modelos para processamento de informações. O curso é destinado para especialização de cabos e sargentos componentes de estados-maiores, que lidam com dados geoespaciais.

Já o curso Intermediário de Análise Espectral abrange os fundamentos de uso e análise de imagens multiespectrais²⁸. Esse curso é ministrado usando-se uma combinação de palestras e treinamento prático, voltados para os conceitos e princípios de sensoriamento remoto e SIG. Os alunos aprendem sobre os mais avançados sensores, permitindo ao analista desenvolver as técnicas de processamentos de imagens, das mais comuns até as avançadas, com maior eficiência.

Um outro curso intermediário é o que complementa o Básico de Especialista em Inteligência Geoespacial. Com duração de 65 dias, visa aprimorar as principais técnicas aprendidas no curso básico, destacando-se a realização de controle de qualidade dos dados obtidos em um levantamento terrestre, criação e utilização de bases de dados geoespaciais, seleção de locais de interesse, análises de dados hidrográficos e conceitos e aplicações avançadas de sensoriamento remoto.

Quanto aos cursos avançados, United States (2018a) relaciona o de Inteligência Geoespacial para Oficiais de Estado-Maior, cujo objetivo é fornecer uma visão ampla dos principais conceitos, sistemas, procedimentos e organizações envolvidos na produção de informações geoespaciais voltadas para atividade de inteligência. Ele procura desenvolver as habilidades e o conhecimento necessários para que o oficial consiga explorar todas as capacidades e informações que a NGA tem a oferecer, para apoio ao planejamento das operações militares.

²⁸ Imagem multiespectral é a coleção de imagens de uma mesma cena, num mesmo instante, obtida por vários sensores com respostas espectrais (faixas de frequência) diferentes (CÂMARA *et al.*, 1996).

Além desse, é indicado, ainda, o terceiro curso de Especialista em Inteligência Geoespacial, abordando tópicos avançados sobre geração de produtos de geointeligência e sensoriamento remoto.

Por fim, outras capacitações versando sobre processamento e análise de imagens de sensores que trabalham na frequência do infravermelho termal, bem como imagens de radar, são previstas na doutrina do CFN dos EUA.

4.3 Produtos e Fontes de Dados

Com as qualificações estabelecidas, a norma de informações geoespaciais e inteligência do CFN define as principais tarefas a serem executadas pelos especialistas. Uma delas é o carregamento do banco de dados dos SIG com os dados brutos, a fim de que as informações geográficas possam ser analisadas e processadas para a elaboração de outros produtos e estudos. Além dessa tarefa, são prescritas análises de solo (capacidade para suportar peso de viaturas, bem como sua facilidade de escavação), de hidrografia (condições do litoral para a realização de uma operação anfíbia), de vegetação (tipo, tamanho e densidade que influenciam a mobilidade da tropa), entre outras atividades (UNITED STATES, 2018a).

Com o SIG, os militares do Pelotão Topográfico dispõem de uma importante ferramenta para elaboração de produtos que compõe os planos de operação de uma operação anfíbia. Um dos principais é o Estudo de Praias, documento também mencionado na doutrina do CFN da MB.

A realização da operação anfíbia requer o conhecimento dos limites operacionais das embarcações e viaturas, bem como dos parâmetros ambientais da ADbq que estabelecerão critérios de exequibilidade do MNT. No Estudo de Praias, os especialistas realizam análises ambientais e geográficas dos locais de desembarque na praia, incluindo, entre outros parâmetros, profundidades, gradiente da praia, composição do solo, característica de ondas, obstáculos subaquáticos, intensidade e direção das correntes litorâneas e temperatura da água (UNITED STATES, 2014).

Os especialistas da Seção de Inteligência têm a responsabilidade de iniciar, coordenar, concluir e disseminar a análise das praias dentro da área de operações. Outras seções do Estado-Maior contribuem em suas respectivas áreas de responsabilidade, para que o estudo

final seja um produto agregado e coordenado de inteligência. As fontes de dados utilizadas incluem imagens, relatórios de reconhecimento, análises de inteligência de todas as fontes e informações dos bancos de dados disponíveis (UNITED STATES, 2018a).

Outro produto que pode ser mencionado é o gráfico de análise de terreno, componente personalizado que combina análise particularizada, representações de uma área específica e fotos manuais, com o objetivo de descrever o ambiente. O produto pode incluir outros produtos padronizados (subtipos), todos representando uma mesma área. Os subtipos incluem gráficos de análise de terreno, gráficos de análise de praia e regiões ribeirinhas e estudos de outros fatores ambientais (UNITED STATES, 2018a). A descrição desse produto é bastante semelhante ao *template* final do trabalho de Fleming *et al.* (2009).

O SIG possibilita, também, o produto denominado Sobreposição de Obstáculos Combinados Modificados (MCOO, do inglês *Modified Combined Obstacle Overlay*). Trata-se de um produto gráfico que evidencia os aspectos significativos do terreno que podem afetar a mobilidade. A sobreposição combinada de obstáculos fornece um valioso auxílio para a identificação de corredores de deslocamento, ao integrar todos os obstáculos ao tráfego de viaturas como áreas construídas, declividade, tipos de solos, vegetação e corpos d'água, organizados em distintas camadas de informação (UNITED STATES, 2014). A FIGURA 25 ilustra um exemplo de sobreposição de camadas de obstáculos.

Para elaboração dos produtos citados e outros padronizados, além dos solicitados sob demanda específica das forças operacionais, o CFN dos EUA possui um banco de dados geoespacial que é a fonte inicial de informações para os especialistas do Pelotão Topográfico. Essa base de dados é mantida pela *Marine Corps Intelligence Activity* (MCIA), que atua como centro de inteligência do CFN, cuja missão é fornecer produtos e serviços de inteligência para conhecimento e preparação dos decisores e combatentes, a fim de contribuir para o sucesso das operações (UNITED STATES, 2018a; SHAFFER, 2019).

Já no âmbito externo à instituição, a NGA fornece dados de geointeligência e serviços, de modo oportuno, relevante e preciso, visando colaborar com os objetivos de segurança nacional e atender às necessidades operacionais e de treinamento das forças militares.

Dentre suas responsabilidades, a NGA coordena os requisitos para coleta, processamento, uso e disseminação de informações entre o Departamento de Defesa e demais órgãos, agências e departamentos do governo federal. Também, atua como interveniente para a aquisição de dados geoespaciais e imagens vendidos por empresas do

setor privado, de interesse para o país. Para facilitar o atendimento, a NGA possui uma equipe de apoio dedicada às necessidades do CFN (UNITED STATES, 2018a).

Outro fator relevante na obtenção de dados geoespaciais, sobretudo aqueles referentes a outros países, é que os EUA possuem, formalmente, uma Comunidade de Inteligência composta por 18 agências e instituições. Sua missão é “coletar, analisar e fornecer informações de inteligência do exterior e contrainteligência aos líderes americanos, para que possam tomar decisões visando proteger nosso país”. Entre os destinatários das informações, estão o presidente dos EUA, formuladores de políticas, autoridades policiais e forças militares (UNITED STATES, 2023b). A NGA e a MCI integram a Comunidade de Inteligência.

4.4 Comparação entre o CFN do Brasil e dos EUA

Ao examinar a estrutura das instituições, levando-se em consideração a dimensão e as necessidades atuais de emprego, constatou-se que a Seção de Inteligência da FFE dispõe de SIG apropriados para suas atribuições, dispondo do QGIS e, principalmente, do ArcGIS, cujos recursos e qualidade são amplamente conhecidos e utilizados por aqueles que trabalham com bancos de dados geográficos.

O CFN dos EUA, em função de sua complexa estrutura de geointeligência e volume de dados, desenvolveu sistemas como GEOFidelis para padronização, interoperabilidade e integração entre os usuários de SIG nos diversos tipos de MAGTF. Para o CFN da MB, há um sistema em desenvolvimento, com algumas semelhanças observadas com o GEOFidelis, que será descrito posteriormente, atinente à base de dados geográficos.

No que se refere ao treinamento, a FFE tem um programa de capacitação de seus militares que prepara, satisfatoriamente, o pessoal para o desenvolvimento de estudos e produtos, abordando conceitos de utilização de SIG, modelos digitais de dados e sensoriamento remoto, bem como processamento de imagens e de dados. Tal qualificação permite aos utilizadores realizarem manipulações, operações entre camadas de informação e edição de dados, de modo a elaborar os produtos requeridos.

Em relação aos norte-americanos, as qualificações sobre informações geográficas são discriminadas, explicitamente, na doutrina de informação geoespacial e inteligência, com um capítulo dedicado a esse assunto. São descritos vários cursos em níveis básico, intermediário

e avançado, além de outros específicos sobre sensores e produtos como imagens de infravermelho termal e radar. Detalha, também, o público-alvo conforme a função que irá exercer.

Analisando-se o treinamento com as mesmas considerações observadas para fator estrutura, não se constatou a premência, por parte CFN do Brasil, de incluir cursos para pessoal especializado em informações geográficas e SIG em documento doutrinário, de forma tão detalhada. A previsão de sua necessidade em programas de adestramento interno e a manutenção/revisão constante das qualificações em Tabela Mestre de Força de Trabalho já seriam suficientes, no estágio atual.

Sobre produtos, para verificação da adequabilidade dos locais de desembarque, as duas forças elaboram documentos denominados “Estudo de Praias”, que analisam as características físicas e hidrográficas desses locais. United States (2018a) menciona produtos padronizados, em que o SIG desempenha uma valiosa ferramenta no que se refere a estudos envolvendo diversas informações. Outras análises utilizando dados geoespaciais não foram abordadas como estudos urbanos, áreas de pouso de helicópteros e locais de ocultação do inimigo à detecção aérea, pois não faz parte do escopo desse trabalho.

Por sua vez, a Seção de Inteligência da FFE tem capacidade de fornecer outros trabalhos, além de mapas e cartas temáticas. Verificou-se que os militares possuem competência, por exemplo, para gerar representações derivadas da influência de dois ou mais fatores do terreno em um mesmo mapa, algo similar ao elaborado por Fleming *et al.* (2009) com o mapa de mobilidade de viaturas (FIGURA 8), ou por Façôco (2021) e seus mapas de deslocamento, baseados em uma modalidade de operação anfíbia específica com critérios estabelecidos (FIGURAS 16 e 17).

A realização de exercícios em outras praias da costa brasileira que não as comumente utilizadas como Itaoca, no estado do Espírito Santo, Marambaia, no estado do Rio de Janeiro, e Guaibim, no estado da Bahia, gerará demandas para produção de mapas e produtos, quando o SIG poderia ser utilizado em estudos iniciais, visando a busca por locais adequados. Futuros reconhecimentos serviriam como validadores dos dados digitais obtidos e da análise preliminar das áreas selecionadas preliminarmente.

Na disponibilidade de dados apropriados reside a grande carência encontrada pela Seção de Inteligência da FFE. Os EUA possuem uma robusta estrutura, que apoia as Forças Armadas em suas necessidades de informação, com uma agência dedicada exclusivamente

para a geointeligência (NGA) em seu Departamento de Defesa, que se relaciona com diversas outras instituições federais como a Agência Central de Inteligência (CIA, do inglês *Central Intelligence Agency*) e o Escritório Nacional de Reconhecimento (NRO, do inglês *National Reconnaissance Office*²⁹).

Já para o caso brasileiro, os dados que os especialistas necessitem podem não ser encontrados, ou estarem em resoluções e escalas inapropriadas. Também, não há centralização das informações em um órgão, o que obriga a busca por diversas fontes governamentais em diferentes níveis (federal, estadual e municipal).

Para atenuar esse problema, foi instituído o Sistema de Geoinformação de Defesa (SisGEODEF) em 2021, no âmbito do Ministério da Defesa (MD), com os objetivos de: padronizar a geoinformação produzida por diferentes instituições, visando assegurar a coerência, continuidade e interoperabilidade; definir normas e padrões de dados geoespaciais de interesse da Defesa; gerir os recursos alocados à produção de geoinformação; e assegurar o acesso às informações, conforme as demandas, com ênfase no planejamento e controle das operações conjuntas (BRASIL, 2021b).

A Chefia de Logística e Mobilização do Estado-Maior Conjunto das Forças Armadas tem coordenado, por meio de reuniões e *workshops* (seis foram realizados), o desenvolvimento do projeto, sendo responsável por formalizar instrumentos de compartilhamento de geoinformação com órgãos externos ao MD. Às forças singulares, cabe o compartilhamento dos dados sob sua responsabilidade no SisGEODEF, bem como sua atualização (BRASIL, 2021b).

O SisGEODEF será capaz de processar a geoinformação de diversas fontes produtoras ou gerenciadoras, integrando-as e disponibilizando-as de forma padronizada a outros sistemas específicos do MD e das Forças Armadas, bem como por meio de um visualizador (Geoportal)³⁰ direcionado aos usuários (JARDIM *et al.*, 2022).

Quando o SisGEODEF estiver plenamente implementado, abastecido por informações geográficas padronizadas e atualizadas de diversas fontes, espera-se que a deficiência apresentada possa ser mitigada, permitindo o desenvolvimento de vários produtos e serviços que utilizem SIG nas Forças Armadas.

²⁹ NRO é uma agência responsável por projetar, construir, lançar e manter os satélites de inteligência dos EUA. Mais informações sobre a NRO estão disponíveis em: <<https://www.nro.gov/>>. Acesso em: 02 ago. 2023.

³⁰ Vídeo institucional do Centro de Análise de Sistemas Navais (CASNAV), desenvolvedor do Geoportal, sobre o SisGEODEF está disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=xsZPL-rjRH0>>. Acesso em 04 de ago. de 2023.

Quanto ao planejamento das operações anfíbias, análises mais robustas e abrangentes poderão ser elaboradas, promovendo o aperfeiçoamento dos militares e a melhoria dos subsídios para apoio à decisão, com abordagens sobre a influência de diversos fatores do ambiente, individualmente ou em conjunto.

Dispondo-se de dados oportunos e confiáveis, ao se tomar a decisão de realizar exercícios com desembarques em outras regiões do litoral brasileiro, ou em situações de emprego limitado da força e atividades benignas, os estudos contribuiriam, também, para reduzir as tarefas das equipes de reconhecimento, que funcionariam, em sua maior parte, como validadores das informações processadas em gabinete nos SIG.

5 CONCLUSÃO

Esse trabalho teve como objetivo analisar o uso de SIG como uma ferramenta bastante útil em estudos para auxílio à decisão, no que se refere a seleção de locais adequados para realização do desembarque, no planejamento de uma modalidade de operação anfíbia.

Sua relevância reside no fato de os SIG permitirem, a partir de um banco de dados com informações geoespaciais relevantes e precisas, a criação de cenários, mapas, cartas e outros produtos relacionados aos aspectos do meio ambiente, que possibilitam a identificação de possíveis facilidades e dificuldades a serem enfrentadas pela ForDbq. Esse conhecimento se reveste de vital importância para a segurança dos militares, para a prevenção de eventuais avarias nos meios e, por conseguinte, para o sucesso da operação, seja ela como ação de Guerra Naval, situação de emprego limitado da força ou como atividade benigna.

Sobre um banco de dados geográficos exclusivo para o CFN, pensado no início do trabalho como contribuição relevante a ser apontada, chegou-se ao entendimento que, nas atuais demandas de serviços executados pela FFE, não seria necessária a sua implementação, pelo menos nesse momento. A necessidade constante de atualização de informações, provenientes de diversas fontes, acarretaria uma carga de trabalho considerável, sem que houvesse uma vantajosidade que compense esse esforço. No futuro, quando estiver plenamente operacional, o SisGEODEF poderá ser a fonte de dados que atenderá, em boa parte, as carências de informações em estudos da Seção de Inteligência.

Na etapa seguinte, buscou-se descrever os principais pontos da doutrina das operações anfíbias na MB, chegando-se à Seção de Inteligência, a quem cabe os estudos sobre as possíveis praias a serem selecionadas, sendo essa uma das decisões fundamentais do planejamento. Como exemplo da importância de se conhecer, com exatidão, os fatores ambientais, três desembarques históricos foram retratados. Na Segunda Guerra Mundial, as batalhas de Tarawa e Dieppe trouxeram pesadas baixas e destruição aos Aliados, mesmo com a vitória na operação ocorrida no Oceano Pacífico. Já em Inchon, durante a Guerra da Coreia, apesar de ser bastante improvável a invasão, o entendimento minucioso do ambiente operacional resultou em um notável triunfo.

Em sequência, descreveu-se o surgimento dos SIG e suas potencialidades para análises geoespaciais, em particular no apoio ao planejamento de operações anfíbias. Nesse sentido, três trabalhos acadêmicos foram destacados, cujos resultados apresentaram diversos mapas e produtos gerados com dados de altimetria, profundidades, vegetação, tipos de solo e imagens de satélite, com o propósito de fornecer informações relevantes sobre o ambiente operacional, como auxílio à decisão de um comandante.

Foram, também, apresentados os recursos e procedimentos da Seção de Inteligência da FFE em relação a SIG, obtidos por meio de entrevista com o oficial de sensoriamento remoto. Observaram-se condições bastante satisfatórias de trabalho, com o uso de sistemas consagrados e de larga utilização no mercado da geoinformação, além de qualificação adequada de militares para os estudos atualmente demandados. Por outro lado, registrou-se a dificuldade para obtenção de dados digitais, seja pela sua inexistência, incompatibilidade ou inadequação para uso nos SIG, carecendo-se de uma fonte única, compatível e atualizada.

Em seguida, a organização do CFN dos EUA foi descrita, bem como a estrutura responsável pela análise das informações geográficas no planejamento das operações anfíbias. Evidenciou-se função dos especialistas do Pelotão Topográfico, que fornecem o principal apoio às Seções de Inteligência dos diversos tipos de MAGTF para estudos com informações geoespaciais.

Posteriormente, foi destacado o sistema GEOFidelis, concebido para aprimorar a geointeligência no CFN dos EUA, bem como desenvolver padrões para utilização e gerenciamento de dados geográficos. Percebeu-se, de modo notório, a importância do assunto para os norte-americanos, com uma doutrina específica sobre informações geoespaciais no âmbito da instituição. A partir dela, foi possível verificar o nível de detalhamento dado pelo CFN em determinados temas. Foi ressaltado o treinamento, composto por vários cursos em níveis básico, intermediário e avançado, além de outros voltados a sensores e produtos representativos, como imagens de infravermelho termal e radar. Quanto a produtos em que SIG podem ser usados, foi observada a existência de um Estudo de Praias, semelhante ao que ocorre no planejamento brasileiro. Sobre o acesso aos dados de interesse, constatou-se a pujante estrutura disponível para os analistas do CFN dos EUA, contando com uma agência especialmente dedicada à geoinformação em seu Departamento de Defesa, bem como o relacionamento com diversos órgãos que integram a Comunidade de Inteligência.

Ao final, foi realizada a comparação entre as duas instituições, considerando-se a dimensão de cada força, no que se refere a utilização de SIG para estudos e avaliações geoespaciais. A partir da análise, comprovou-se a situação bastante satisfatória da FFE em termos estruturais, com sistemas e pessoal qualificado para a elaboração de trabalhos que apoiem a decisão em planejamentos de operações anfíbias, com potencial para gerar produtos complexos, derivados de dois ou mais fatores ambientais, em caso de demanda. Sua limitação decorre, principalmente, do acesso aos dados necessários para a realização dos estudos.

Assim, conclui-se que os SIG são ferramentas fundamentais para o planejamento de operações anfíbias. Dispondo de dados geográficos precisos, permitem a identificação de áreas estratégicas, a pesquisa abrangente do terreno e a integração de fatores geoespaciais. Ao serem capazes de armazenar, realizar operações e visualizar informações, possibilitam uma diversidade de análises, a partir de critérios de aceitabilidade estabelecidos para a operação, referentes à movimentação do pessoal, navios/embarcações e viaturas, gerando produtos de auxílio à decisão para seleção das melhores praias para o desembarque, considerando, exclusivamente, os aspectos ambientais.

Porém, para usufruir das potencialidades do sistema para geração de informações fidedignas e oportunas, é fundamental dispor-se de dados geográficos atualizados e compatíveis com as necessidades da MB. Para isso, o pleno funcionamento do SisGEODEF será essencial ao permitir a padronização, o acesso e o compartilhamento das informações, provenientes de diferentes fontes. Desse modo, entende-se que os esforços do MD e das forças singulares devem ser mantidos e incrementados, a fim de que o País disponha de uma infraestrutura de dados espaciais de defesa, possibilitando a interoperabilidade, economia de recursos e a disponibilidade de informações confiáveis para o planejamento eficaz das operações.

A relevância inicial apontada, que consistiria na disponibilização de um banco de dados ambientais próprio do CFN, no momento, não foi percebida como fundamental, em virtude da atual demanda de estudos. Essa necessidade poderá ser suprida, no futuro, pelo SisGEODEF.

Por fim, como oportunidade de melhoria para aprimoramento do uso do SIG e suas capacidades, recomenda-se a realização de Estudos de Praias em outros locais da costa brasileira, além das costumeiras Itaoca, Marambaia e Guajibim, com a geração de produtos

semelhantes aos realizados por Fleming *et al* (2009), Façôco (2021) e Solla *et al.* (2020). Tal capacidade servirá não apenas visando à seleção de regiões adequadas para exercícios de desembarque, mas também para eventuais necessidades de emprego limitado da força ou em atividades benignas, como situações em que cidades e povoados encontrem-se isolados, devido ao bloqueio de estradas por deslizamentos de terra ou calamidades.

REFERÊNCIAS

ALEXANDER, Joseph H. A Bloody Proving Ground. *Naval History Magazine*. Annapolis, Maryland: U.S. Naval Institute, v. 22, n. 6, December 2008. Disponível em: <<https://www.usni.org/magazines/naval-history-magazine/2008/december/bloody-proving-ground>>. Acesso em: 10 jun. 2023.

ALEXANDER, Joseph H. *Utmost Savagery: The Three Days of Tarawa*. Annapolis, Maryland: U.S. Naval Institute, 1995. 304 p.

BLITZKOW, Denizar; MATOS, Ana Cristina Oliveira Cancoro de; GUIMARÃES, Gabriel do Nascimento; COSTA, Sônia Maria Alves. O Conceito Atual dos Referenciais Usados em Geodésia. Uberlândia: Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 63, n. 5, p. 633-648, 2011. Disponível em: <<https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/download/43758/23022/0>>. Acesso em: 20 jul. 2023.

BRASIL. Exército Brasileiro. Estado-Maior do Exército. *Manual de Campanha C 6-40: Técnica de Tiro de Artilharia de Campanha. Volume 1*. 5. ed. Brasília: 2001. Disponível em: <<https://bdex.eb.mil.br/jspui/bitstream/123456789/393/1/C-6-40-Volume-I.pdf>>. Acesso em: 21 jun. 2023.

BRASIL. Marinha do Brasil. Comando-Geral do Corpo de Fuzileiros Navais. *CGCFN-1-1: Manual de Operações da Força de Desembarque*. Rio de Janeiro: 2021a.

BRASIL. Marinha do Brasil. Comando-Geral do Corpo de Fuzileiros Navais. *CGCFN-60.4: Manual de Planejamento dos Grupamentos Operativos de Fuzileiros Navais*. Rio de Janeiro: 2022.

BRASIL. Marinha do Brasil. Estado-Maior da Armada. *EMA-305: Doutrina Militar Naval (DMN)*. Brasília: 2017.

BRASIL. Marinha do Brasil. Estado-Maior da Armada. *Plano Estratégico da Marinha (PEM 2040)*. Brasília: 2020a, 88 p. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/sites/all/modules/pub_pem_2040/book.html>. Acesso em: 10 maio 2023.

BRASIL. Ministério da Defesa. *MD35-G-01: Glossário das Forças Armadas*. 5. ed. Brasília: 2015a, 288 p. Disponível em: <<https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/legislacao/emcfa/publicacoes/doutrina/md35-G-01-glossario-das-forcas-armadas-5-ed-2015-com-alteracoes.pdf/@@download/file>>. Acesso em: 12 jun. 2023.

BRASIL. Ministério da Defesa. *MD33-I-01: Instruções para Emprego das Forças Armadas em Apoio à Defesa Civil*. Brasília: 2015b, 26 p. Disponível em: <https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/legislacao/emcfa/publicacoes/doutrina/md33a_la_01a_insta_empa_ffaaa_apoioa_defesaa_civila_1a_ed_2015.pdf>. Acesso em: 10 maio 2023.

BRASIL. Ministério da Defesa. *Política Nacional de Defesa (PND) e Estratégia Nacional de Defesa (END) encaminhadas, em 22 de julho de 2020, para apreciação do Congresso Nacional*. Brasília: 2020b, 79 p. Disponível em: <https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/copy_of_estado-e-defesa/estrategia-nacional-de-defesa>. Acesso em: 31 maio 2023.

BRASIL. Ministério da Defesa. Portaria GM-MD nº 2.445 de 1º de junho de 2021. Institui, no âmbito do Ministério da Defesa, o Sistema de Geoinformação de Defesa (SisGEODEF), dispõe sobre a sua Infraestrutura de Dados Espaciais de Defesa (IDE-Defesa) e cria o Conselho de Geoinformação de Defesa (ConGEODEF). *Diário Oficial da União*, Brasília, 07 jun. 2021. Ed. 104. Seção 1. p. 16, 2021b. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm-md-n-2.445-de-1-de-junho-de-2021-323886679>>. Acesso em: 03 ago. 2023.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Comissão Nacional de Cartografia. *Plano de Ação para Implantação da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais*. Rio de Janeiro: 2010, 203 p. Disponível em: <<https://inde.gov.br/pdf/PlanoDeAcaoINDE.pdf>>. Acesso em: 26 jun. 2023.

BURROUGH, Peter A.; McDONNELL, Rachael A. *Principles of Geographical Information Systems*. New York: Oxford University Press, 1998, 333 p.

BUSINESSWIRE. *Esri lança plataforma ArcGIS*. Redlands, Califórnia: 27 jan. 2021. Disponível em: <<https://www.businesswire.com/news/home/20210127006025/pt/>>. Acesso em: 02 ago. 2023.

CÂMARA, Gilberto; CASANOVA, Marco A.; HEMERLY, Andrea S.; MAGALHÃES, Geovane C.; MEDEIROS, Claudia M. B. *Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica*. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 1996, 193 p. Disponível em: <<http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/10.07.13.36/doc/anatomia.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2023.

CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. *Introdução à Ciência da Geoinformação*. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2001. Disponível em: <<http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/04.22.07.43/doc/publicacao.pdf>> Acesso em: 23 maio 2023.

CÂMARA, Gilberto; ORTIZ, Manoel Jimenez. Sistemas de Informação Geográfica para Aplicações Ambientais e Cadastrais: uma Visão Geral. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA: CARTOGRAFIA, SENSORIAMENTO E GEOPROCESSAMENTO, 27, 1998, Poços de Caldas. *Anais...* Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1998. p. 59-88.

Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/papers/analise.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2023.

CENTRO DE EXCELÊNCIA PARA O MAR BRASILEIRO (CEMBRA). *O Brasil e o Mar no Século XXI: subsídios para o aproveitamento sustentável do mar brasileiro*. 3. ed. Rio de Janeiro: Quiteriense Serviços Gráficos e Editoriais, 2022, 771 p.

D'AMOURS, Caroline. Training for Operation Jubilee Tactics and Training in the Fusiliers Mont-Royal and the Dieppe Raid, 1939-1942. *Canadian Military History*. Waterloo, Ontario: Scholars Commons @ Laurier, v. 22, n. 4, p. 17-33, 2013. Disponível em: <<https://scholars.wlu.ca/cgi/viewcontent.cgi?article=1701&context=cmh>>. Acesso em: 10 jun. 2023.

DANGERMOND, Jack. *GIS in the Defense and Intelligence Communities*. Redlands, Califórnia: Environmental Systems Research Institute (ESRI), v. 2, 2005, 71 p. Disponível em: <<https://www.esri.com/content/dam/esrisites/sitecore-archive/Files/Pdfs/library/brochures/pdfs/gis-in-defense-vol2.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2023.

FAÇÔCO, João Manuel França da Rocha Saavedra. *Planeamento Assistido com Base na Fusão de Dados Georreferenciados*. 2021. 93 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Miliars Navais, na especialidade de Fuzileiros). Escola Naval, Almada, Portugal, 2021. Disponível em: <<https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/38087/1/531%20-%20ASPOF%20FZ%20Saavedra%20Façôco.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2023.

FERREIRA, Nilson Clementino. *Apostila de Sistema de Informações Geográficas*. Goiânia: Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás, 2006, 111 p. Disponível em: <http://www.faed.udesc.br/arquivos/id_submenu/1414/apostila_sig.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2023

FITZ, Paulo Roberto. *Geoprocessamento sem Complicação*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008, 160 p.

FLEMING, S.; JORDAN, T.; MADDEN, M.; USERY, E.L.; WELCH, R. GIS Applications for Military Operations in Coastal Zones. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. Hannover, Germany: International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS), v. 64, n. 2, p. 213-222, 2009. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/222886758_GIS_applications_for_military_operations_in_coastal_zones>. Acesso em: 25 mar. 2023.

GILBERT, Martin. *A Segunda Guerra Mundial: os 2.174 dias que mudaram o mundo*. Tradução de Ana Luísa Faria e Miguel Serras Pereira. Rio de Janeiro: Casa da Palavra, 2014, 976 p.

HAMADA, Emília. *Sistema de Informações Geográficas*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/agricultura-e-meio-ambiente/politicas/analise-espacial/sistema-de-informacoes-geograficas>>. Acesso em: 05 jun. 2023.

HEINL, Robert D. The Inchon Landing: A Case Study in Amphibious Planning. *Naval War College Review*. Newport, Rhode Island: U.S. Naval War College Press, v. 51, n. 2, p. 117-134, 1998. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/44638141>>. Acesso em: 07 jul. 2023.

HØIBACK, Harald. Dieppe All Over Again: The Quandaries of Combined Joint Operations. *Joint Forces Quarterly*. Washington, D.C.: National Defense University (NDU) Press, v. 73, 2nd Quarter, p. 111-117, 2014. Disponível em: <<https://archive.org/details/jfq-73-nsia/mode/2up?view=theater>>. Acesso em: 15 de jun. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Atlas Geográfico das Zonas Costeiras e Oceânicas do Brasil*. Diretoria de Geociências. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. 176 p. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv55263.pdf>>. Acesso em: 30 maio 2023.

JARDIM, Rafael; SANTOS, Marcos dos; NETO, Edgard; MURADAS, Fernando Martins; SANTIAGO, Bruna; MOREIRA, Miguel. Design of a Framework of Military Defense System for Governance of Geoinformation. *Procedia Computer Science*. Amsterdam: Elsevier, v. 199, p. 174-181, 2022. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050922000229>>. Acesso em: 04 ago. 2023.

KENNEDY, Paul. *Engenheiros da Vitória: Os Responsáveis pela Reviravolta na Segunda Guerra Mundial*. Tradução de Jairo Arco e Flexa. São Paulo: Companhia das Letras, 2014, 485 p.

LAGE, Rogério Ramos. Projeção Anfíbia. *Revista Âncoras e Fuzis*. Rio de Janeiro: Centro de Instrução Almirante Sylvio de Camargo (CIASC), ano X, n. 42, p. 13-16, 2011. Disponível em: <<https://portaldeperiodicos.marinha.mil.br/index.php/ancorasefuzis/article/view/4446/4322>>. Acesso em: 15 mar. 2023.

LORENZZETTI, J. A. *Princípios Físicos de Sensoriamento Remoto*. São Paulo: Blucher, 2015, 292 p.

McKIERNAN, Patrick. L. Tarawa: The Tide that Failed. *Proceedings of U. S. Naval Institute*. Annapolis, Maryland: U.S. Naval Institute, v. 88/2/708, p. 210-218, February 1962. Disponível em: <<https://www.usni.org/magazines/proceedings/1962/february/tarawa-tide-failed>>. Acesso em: 12 jun. 2023.

MIGUENS, Altineu Pires *Navegação: A Ciência e a Arte. Navegação Costeira, Estimada e em Águas Restritas*. Niterói: Diretoria de Hidrografia e Navegação, v. 1, 2019, 520 p. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/dhn/sites/www.marinha.mil.br.dhn/files/Volumel_1.zip>. Acesso em: 24 abr. 2023.

PADOLFI, A. S.; Ramaldes, G. P.; Santos, O. L. Análise de Índice de Vegetação Através de Imagens Obtidas por Vant. *Revista Científica da FAESA*, v. 14, p. 145-165, 2018. Disponível em: <<http://revista.faesa.br/revista/index.php/Faesa/article/view/267/144>>. Acesso em: 03 maio 2023.

PANDEY, Jatin; PATHAK, Darshana. *Geographic Information System*. New Delhi: The Energy and Resources Institute (TERI) Press, 2014, 151 p.

PEREIRA, Guilherme Antônio Dias. Coreia - A Guerra que Nunca Terminou. *Revista do Instituto de Geografia e História Militar do Brasil*. Rio de Janeiro: Instituto de Geografia e História Militar do Brasil, ano 77, n. 105, p. 90-99, 2018. Disponível em: <https://www.ighmb.org.br/_files/ugd/d3aee0_6e17ea07bd244c6abbe6fb07185bd8e4.pdf>. Acesso em: 06 jul. 2023.

PEUQUET, Donna J.; MARBLE, Duane F. *Introductory Readings in Geographic Information Systems*. Taylor & Francis e-Library, 1990, 424 p.

PIROLI, Edson Luís. *Introdução ao Geoprocessamento*. Ourinhos, São Paulo: UNESP/Campus Experimental de Ourinhos, 2010, 46 p. Disponível em: <http://vampira.ourinhos.unesp.br:8080/cediap/material/livro_introducao_ao_geoprocessamento.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2023.

PRECIADO, Jose Miguel Santos. *Sistemas de Información Geográfica*. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), 2004, 460 p.

ROCHA, Raymundo Sant'Anna. Operações Anfíbias. *A Defesa Nacional*. Rio de Janeiro: Biblioteca do Exército Editora, n. 718, p. 27-44, 1985. Disponível em: <<http://www.ebrevistas.eb.mil.br/ADN/article/view/5171/4435>>. Acesso em 25 abr. 2023.

ROTTMAN, Gordon L. *Inch'on 1950: The Last Great Amphibious Assault*. Oxford, United Kingdom: Osprey Publishing, 2006.

SHAFFER, Ryan. Marine Corps Intelligence Activity. *Marine Corps Gazette*. Quantico, Virginia: Marine Corps Association Foundation, v. 103, n. 9, p. 23-25, September 2019. Disponível em: <<https://www.hqmc.marines.mil/Portals/61/Marine%20Corps%20Gazette%202019.pdf>>. Acesso em: 31 jul. 2023.

SHAW JR., Ronald R. *Reinventing Amphibious Hydrography: The Inchon Assault and Hydrographic Support for Amphibious Operations*. Newport, Rhode Island: Naval War Colleg, 2008, 21 p. Disponível em: <<https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA494287.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2023.

SINGH, Nisha. *Geographic Data Structure: Vector Data and Raster Data*. Pan Geography. May 21, 2022. Disponível em: <<https://pangeography.com/geographic-data-structure-vector-data-and-raster-data/>>. Acesso em: 25 jun. 2023.

SMITH, Terence R.; MENON, Sudhakar; STAR, Jeffrey L.; ESTES, John E. Requirements and Principles for the Implementation and Construction of Large-scale Geographic Information Systems. *International Journal of Geographical Information System*. Taylor & Francis, v. 1, n. 1, p. 13-31, 1987.

SOLLA, Mercedes; CASQUEIRO, Carlos; DEL CUVILLO, Ignacio del. Approach to Generate 3D-Printed Terrain Models Using Free Software and Open Data Sources: Application to Military Planning. *Computer Applications in Engineering Education*. Wiley Periodicals LLC, v. 28, n. 3, p. 477-489, 2020.

TILL, Geoffrey. *Seapower: A Guide for the Twenty-First Century*. Abingdon, United Kingdom; New York: Routledge, 4. ed, 2018, 458 p.

UNITED STATES. Department of Defense. *Joint Publication 1-02: Dictionary of Military and Associated Terms*. Washington D.C.: 15 February 2016. Disponível em: <https://irp.fas.org/doddir/dod/jp1_02.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2023

UNITED STATES. Department of Defense. *Military Units: Marine Corps*. Washington D.C.: 2023a. Disponível em: <<https://www.defense.gov/Multimedia/Experience/Military-Units/Marine-Corps/>>. Acesso em: 11 jul. 2023.

UNITED STATES. Department of the Army. *ATP 2-01.3: Intelligence Preparation of the Battlefield*. Headquarters. Washington D.C.: March 2019. Disponível em: <https://armypubs.army.mil/epubs/DR_pubs/DR_a/ARN31379-ATP_2-01.3-001-EBOOK-5.epub>. Acesso em: 06 maio 2023.

UNITED STATES. Department of the Army, Department of the Air Force. *MCRP 3-17.7A: Air Planning and Design of Roads, Airfields, and Heliports in the Theater of Operations - Road Design*. Headquarters, Department of the Army Department of the Air Force. Washington D.C.: v. 1, 26 August 1994. Disponível em: <<http://www.marines.mil/portals/1/MCRP%203-17.7A%20z.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2023

UNITED STATES. Intelligence Community. *The Intelligence Community's mission*. Office of the Director of National Intelligence. Washington, D.C.: 2023b. Disponível em: <<https://www.intelligence.gov/mission>>. Acesso em: 02 ago. 2023.

UNITED STATES. Joint Chiefs of Staff. *Joint Publication 3-02: Amphibious Operations*. Washington D.C.: 21 January 2021. Disponível em: <https://www.jcs.mil/Portals/36/Documents/Doctrine/pubs/jp3_02.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2023

UNITED STATES. United States Marine Corps. *MCDP 1-0 (w/change 1, 2, 3): Marine Corps Operation*. Headquarters. Washington D.C.: 9 August 2011. Disponível em: <<http://www.marines.mil/Portals/1/Publications/MCDP%201-0%20w%20Ch%201-3.pdf?ver=KugfXDOHFuRQmxSmTiUJwg%3d%3d>>. Acesso em: 11 jul. 2023.

UNITED STATES. United States Marine Corps. *MCRP 2-10B.1: Intelligence Preparation of the Battlefield/Battlespace*. Headquarters. Washington D.C.: November 2014. Disponível em: <<https://www.marines.mil/portals/1/MCRP%202-10B.1.pdf?ver=2018-10-04-131000-610>>. Acesso em: 25 jul. 2023.

UNITED STATES. United States Marine Corps. *MCRP 2-10B.4: Geospatial Information and Intelligence*. Headquarters. Washington D.C.: 4 April 2018a. Disponível em: <<https://www.marines.mil/portals/1/Publications/MCRP%202-10B.4%20GN.pdf?ver=2019-02-07-122726-017>>. Acesso em: 24 jul. 2023.

UNITED STATES. United States Marine Corps. *MCRP 5-12D: Organization of Marine Corps Forces*. Headquarters. Washington D.C.: October 1998. Disponível em: <<https://www.marines.mil/Portals/1/Publications/MCRP%205-12D%20Organization%20of%20Marine%20Corps%20Forces.pdf>>. Acesso em: 11 jul. 2023.

UNITED STATES. United States Marine Corps. *MCTP 2-10B: MAGTF Intelligence Production and Analysis*. Headquarters. Washington D.C.: 4 April 2018b. Disponível em: <<https://www.marines.mil/portals/1/Publications/MCTP%202-10B%20GN.pdf?ver=2019-01-31-111956-437>>. Acesso em: 27 jul. 2023.

UNITED STATES. United States Marine Corps. *Order 11000.25A: Installation Geospatial Information and Services*. Headquarters. Washington D.C.: 3 July 2013. Disponível em <<https://www.marines.mil/portals/1/MCO%2011000.25A.pdf>>. Acesso em: 27 de jul. 2023.

VEIGA, Luis Augusto Koenig; ZANETTI, Maria Aparecida Z.; FAGGION, Pedro Luis. *Fundamentos de Topografia*. [S.l.: s.n.], 2007, 195 p. Disponível em: <<http://www.gpeas.ufc.br/disc/topo/apost04.pdf>>. Acesso em: 01 maio 2023.

UTZ, Curtis A. *Assault from the Sea: The Amphibious Landing at Inchon*. Washington, D.C.: Naval History and Heritage Command, 1994, 56 p. Disponível em: <<https://www.history.navy.mil/content/dam/nhhc/research/publications/Publication-PDF/Assault%20from%20Sea%20508.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2023.

WAGNER, Wolfgang; ULLRICH, Andreas; DUCIC, Vesna; MELZER, Thomas; STUDNICKA, Nick. Gaussian Decomposition and Calibration of a Novel Small-footprint Full-waveform Digitising Airborne Laser Scanner. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. Hannover, Germany: International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS), v. 60, n. 2, p. 100-112, 2006.

WINTERS, Harold A. *Battling the Elements: Weather and Terrain in the Conduct of War*. Baltimore, Maryland: Johns Hopkins University Press, 2001, 336 p.

ANEXO – FIGURAS

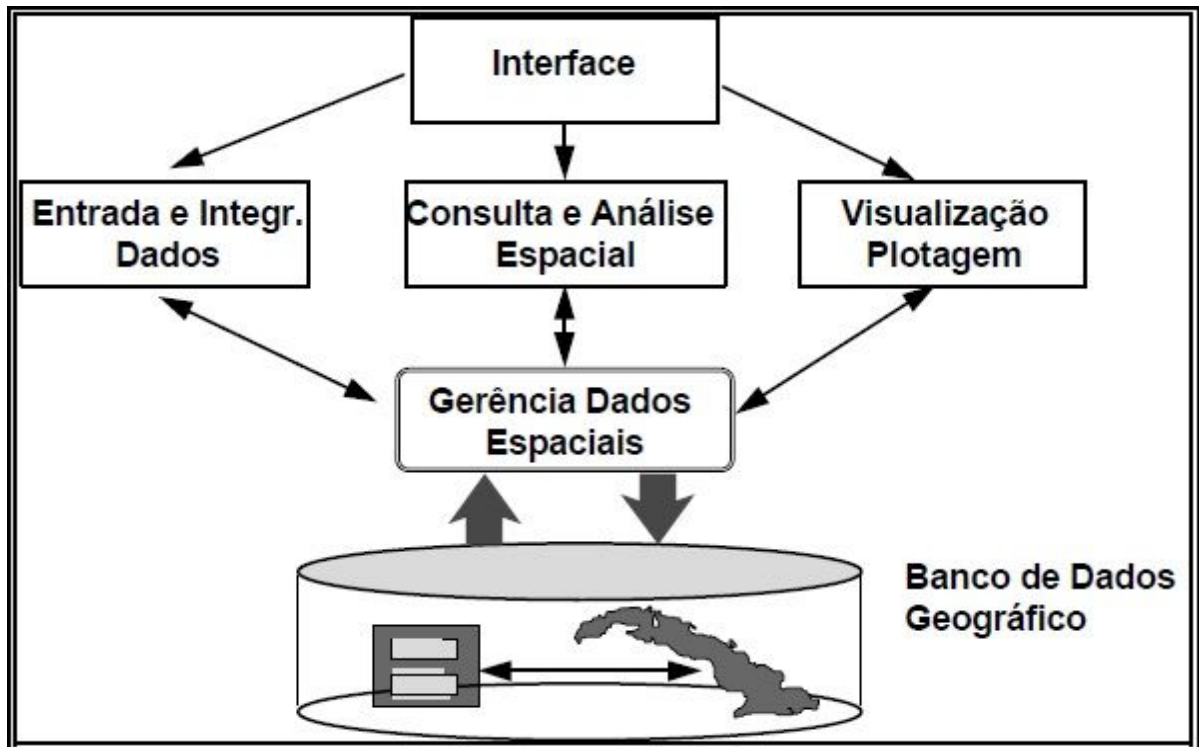


FIGURA 1 - Partes componentes de um SIG.
 Fonte: Câmara e Ortiz (1998).

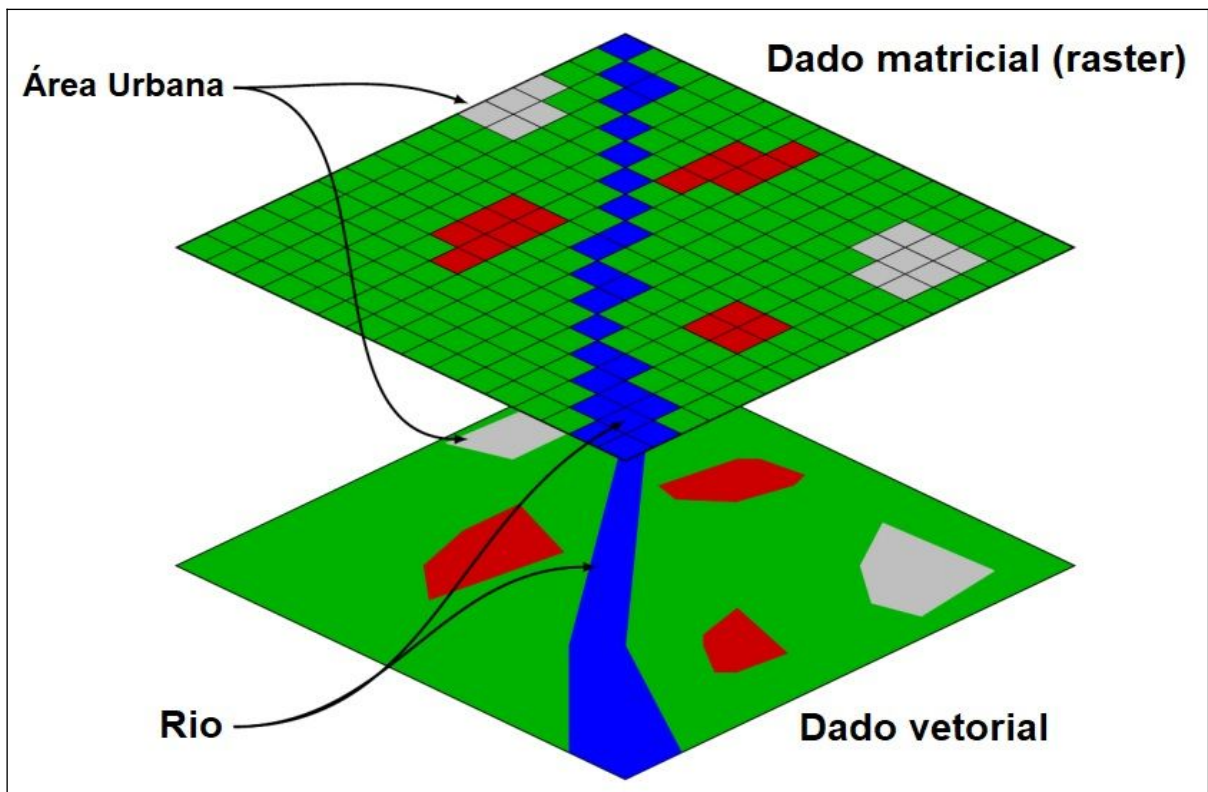


FIGURA 2 - Representação de dados nos modelos matricial e vetorial.
 Fonte: Adaptado de Singh (2022).

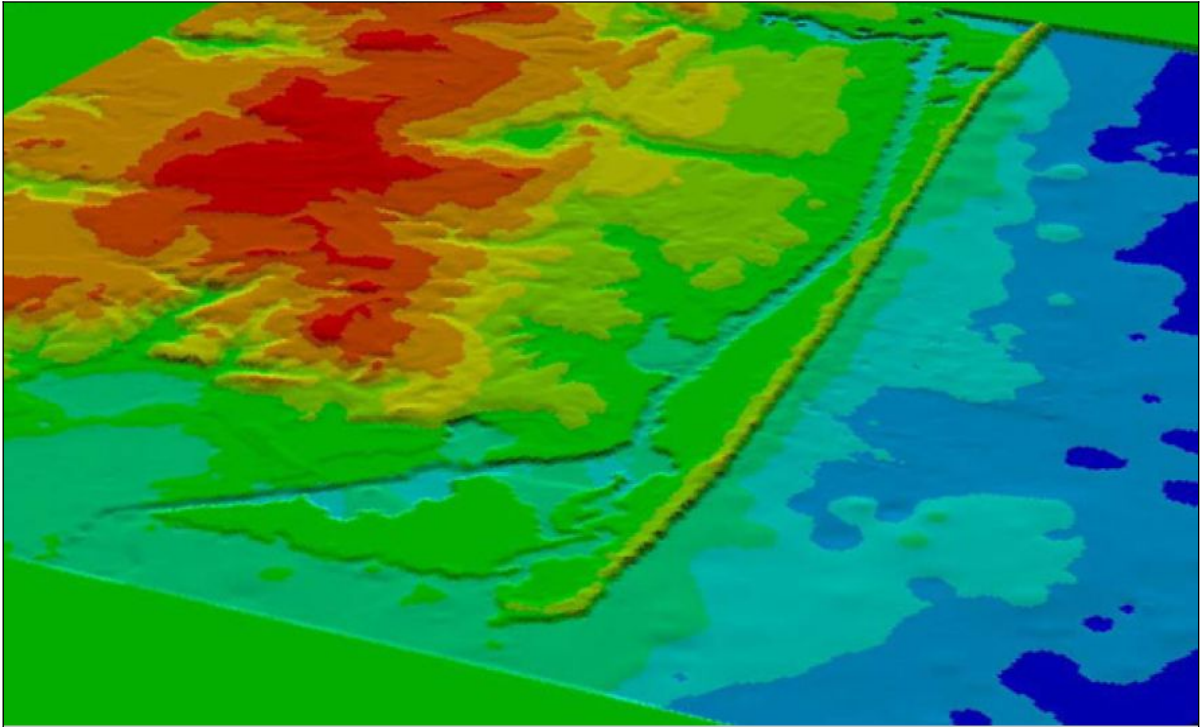


FIGURA 3 - MDE mar-terra, gerado a partir de informações de profundidade e de altitude. Tons de azul mostram a variação da batimetria, cor verde mais clara representa as elevações da zona entre as marés e tons verdes mais escuros e vermelho indicam as elevações do terreno.

Fonte: Fleming *et al.*, 2009, p. 216.

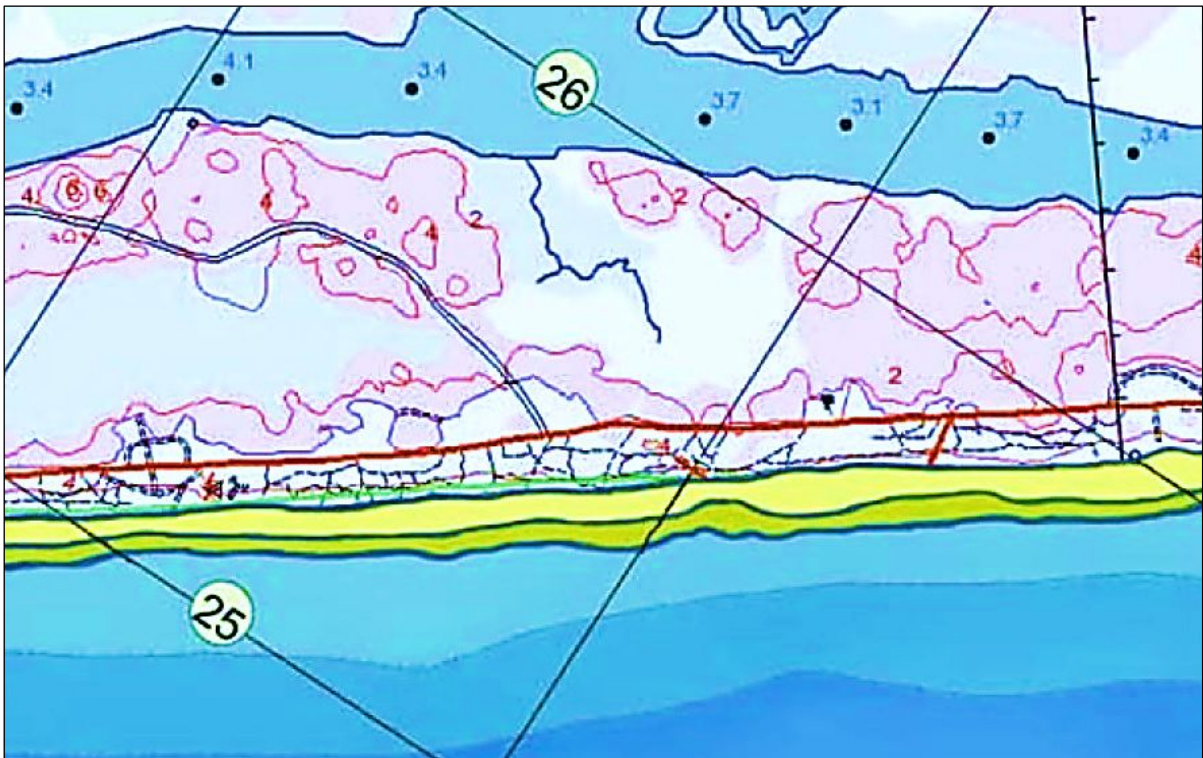


FIGURA 4 - Mapa representando as linhas de costa, de acordo com 3 estágios da maré no dia 20 de maio de 2003. A cor amarela mais clara representa a praia, a partir do nível médio do mar até a preamar. O tom amarelo-escuro indica a faixa de areia da baixa-mar até o nível médio do mar.

Fonte: Fleming *et al.*, 2009, p. 218.

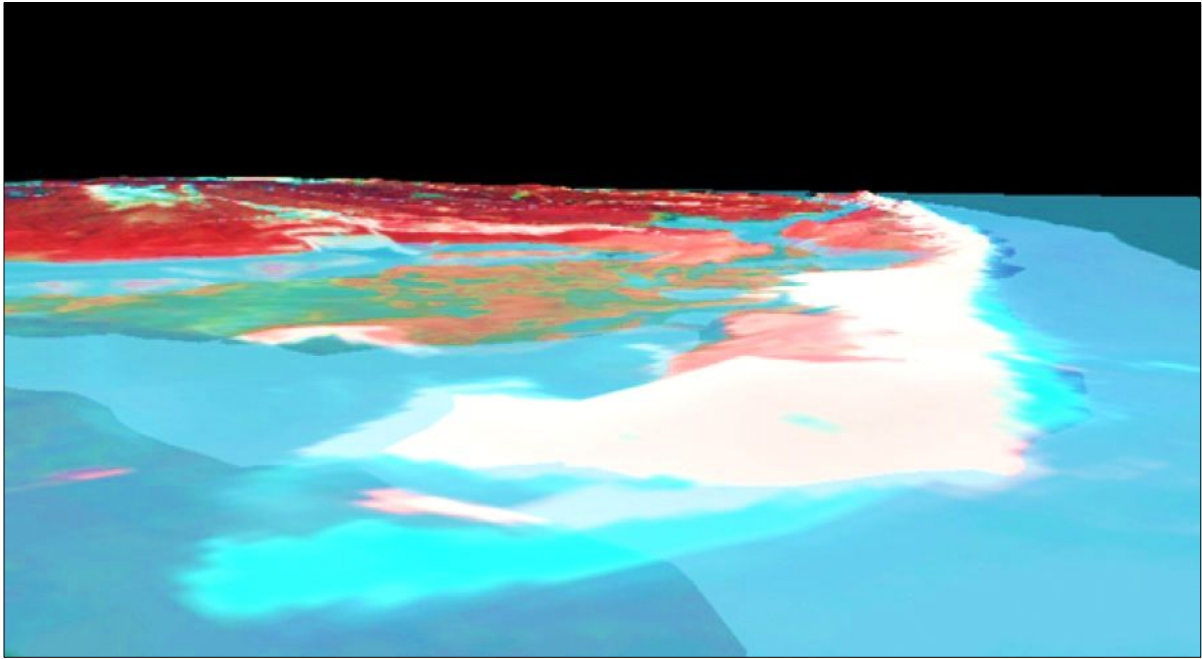


FIGURA 5 - Simulação tridimensional da maré no nível médio do mar, elaborada no SIG. Visualização útil para determinar áreas que podem estar expostas ou alagadas em diferentes momentos de um determinado dia.
Fonte: Fleming *et al.*, 2009, p. 218.

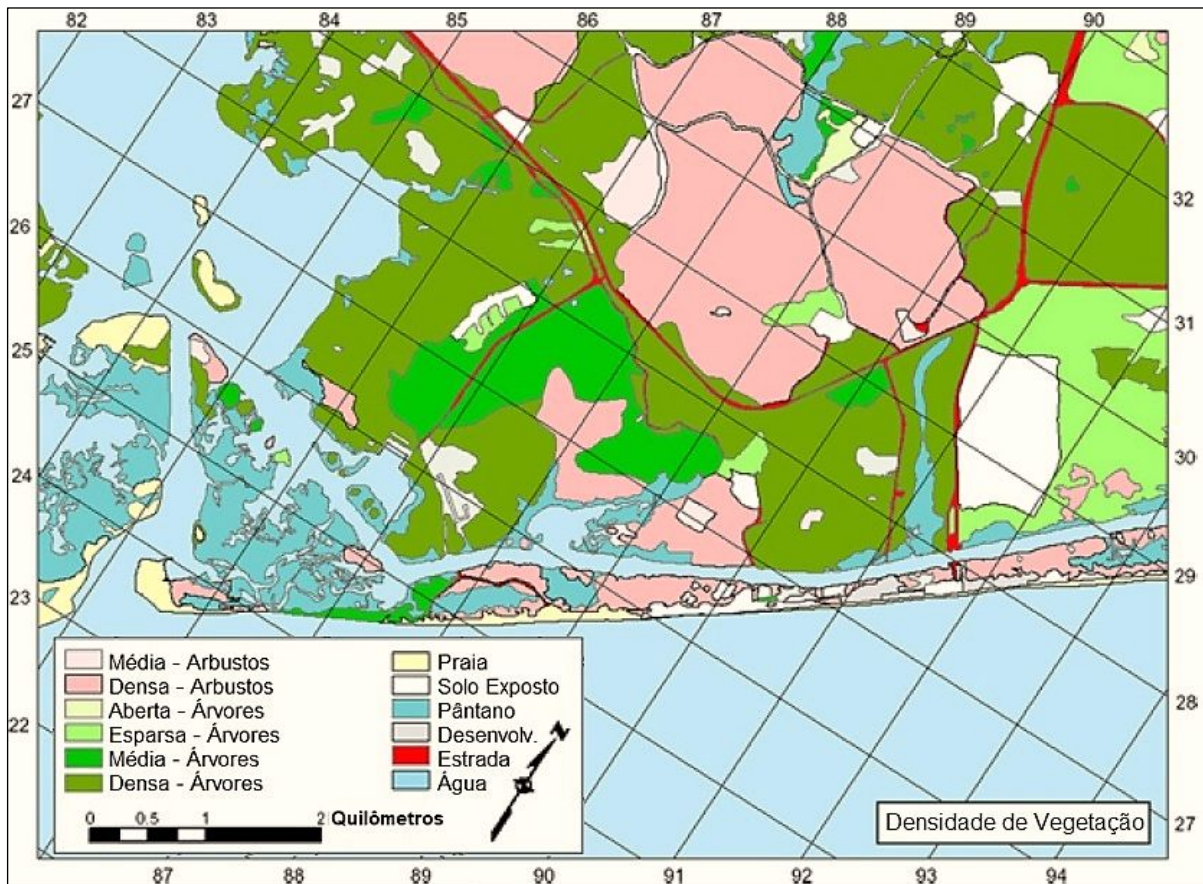


FIGURA 6 - Densidade de vegetação e natureza do terreno.
Fonte: Adaptado de Fleming *et al.*, 2009, p. 218.

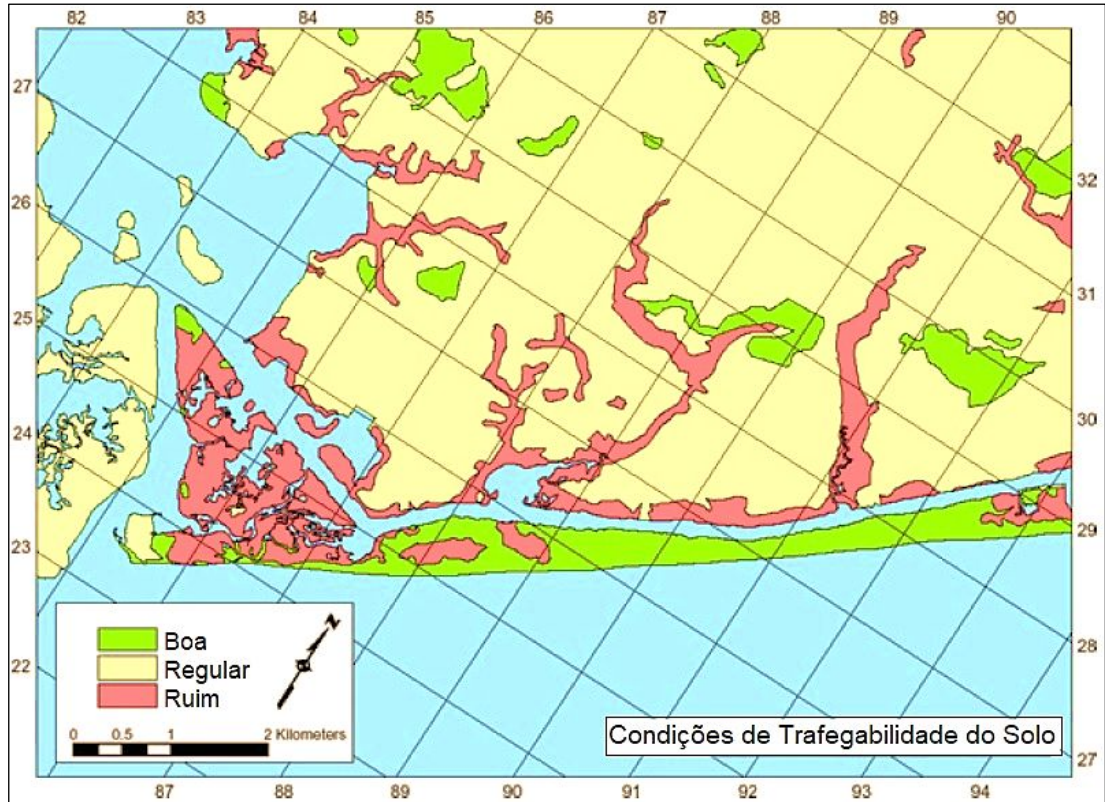


FIGURA 7 - Mapa de trafegabilidade do solo.
 Fonte: Adaptado de Fleming *et al.*, 2009, p. 219.

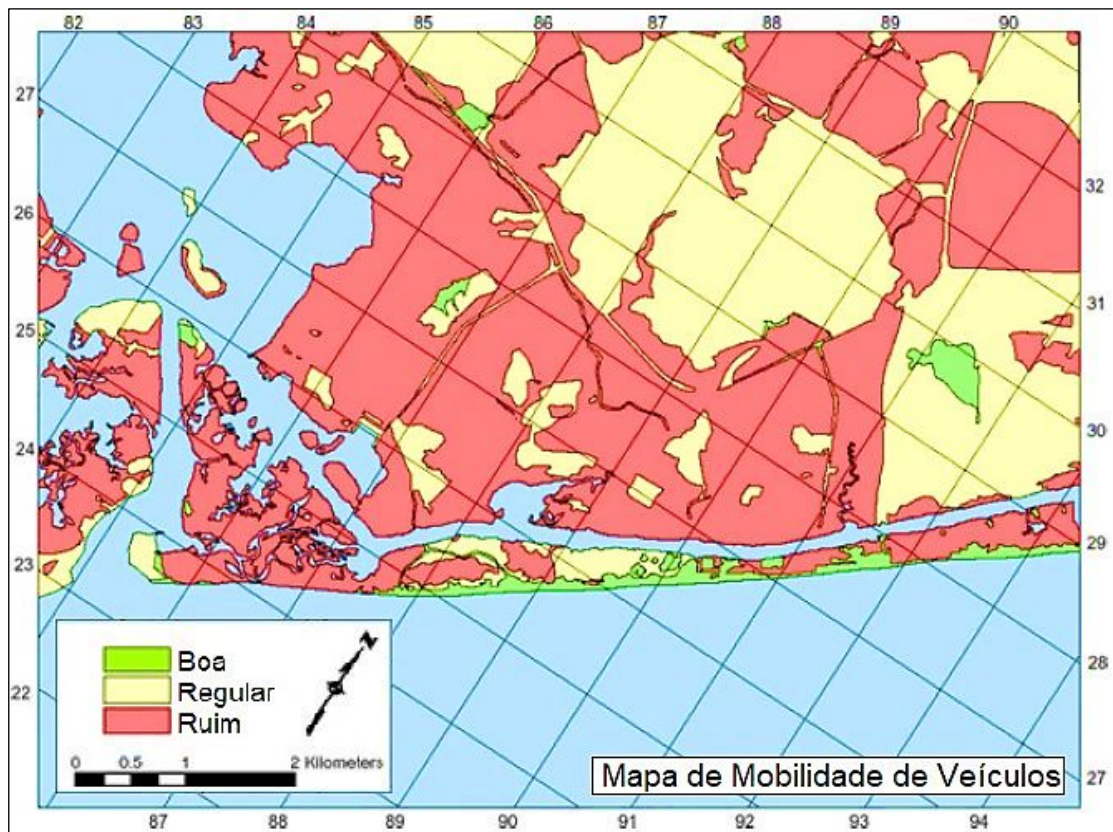


FIGURA 8 - Mapa de mobilidade de veículos.
 Fonte: Adaptado de Fleming *et al.*, 2009, p. 219.

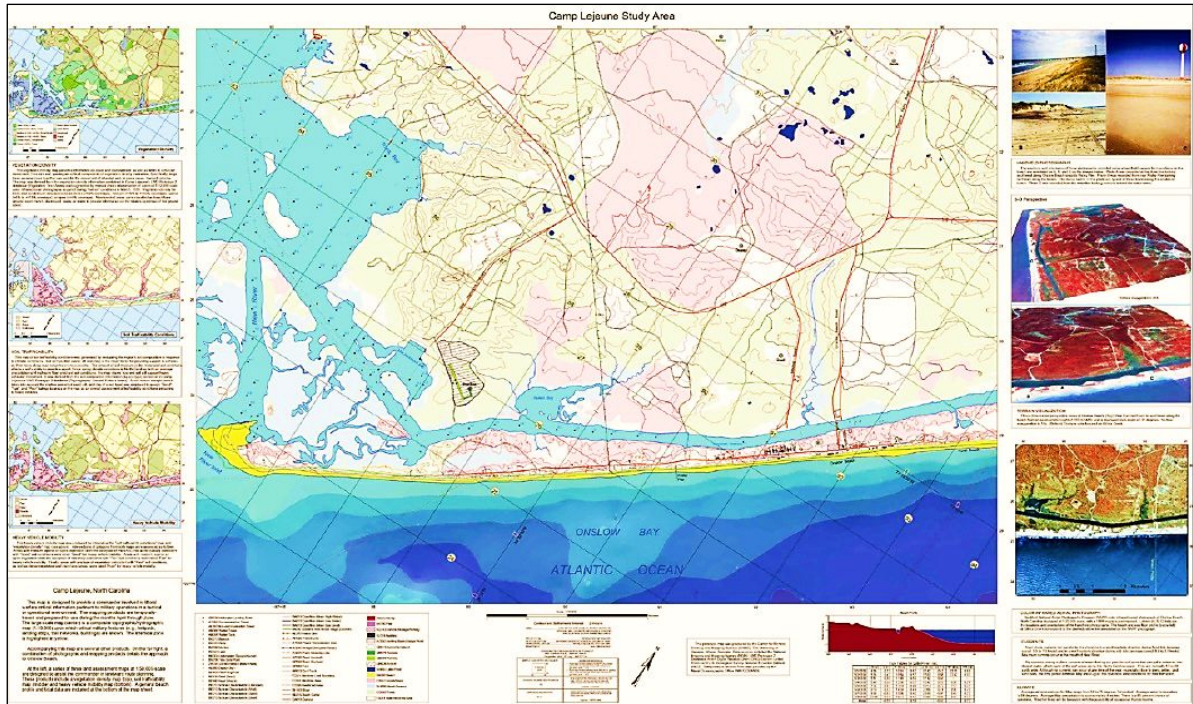


FIGURA 9 - Mapa final com informações da região de operação.

Fonte: Fleming *et al.*, 2009, p. 221.

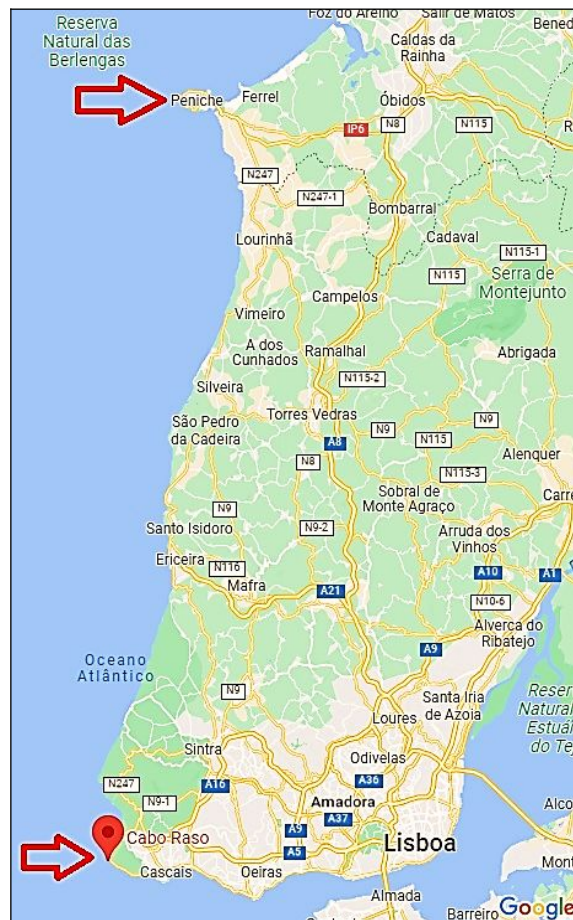


FIGURA 10 - Área de estudo de Façôco (2021), de Peniche ao Cabo Raso, em Portugal.

Fonte: Adaptado de Google Maps (2023).

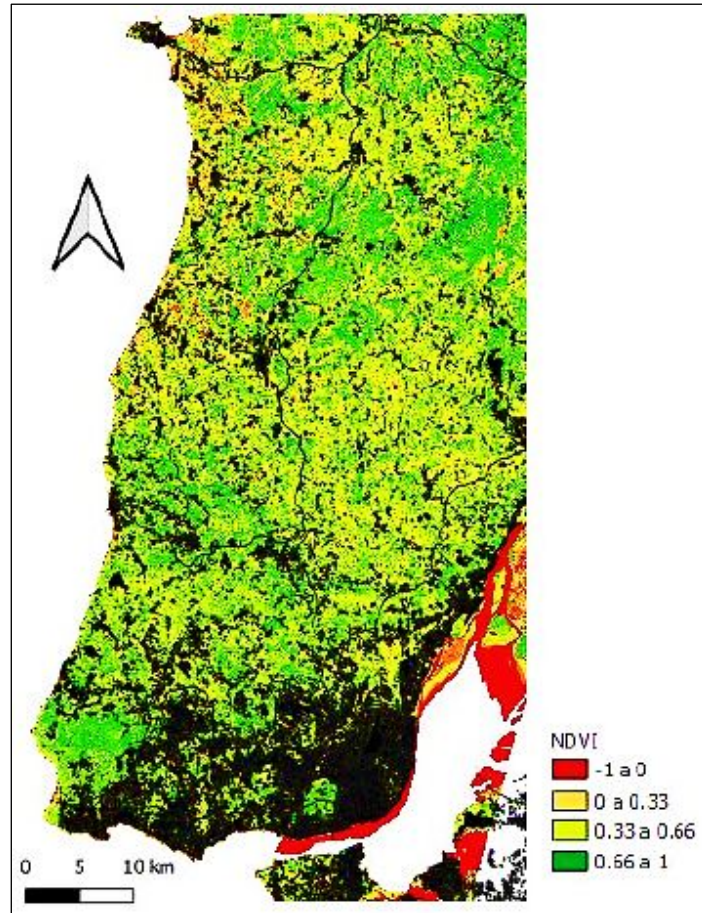


FIGURA 11 - Mapa de densidade de vegetação, estimado a partir do IVDN. Áreas urbanas e construções representadas na cor preta.

Fonte: Façôco (2021, p. 66)

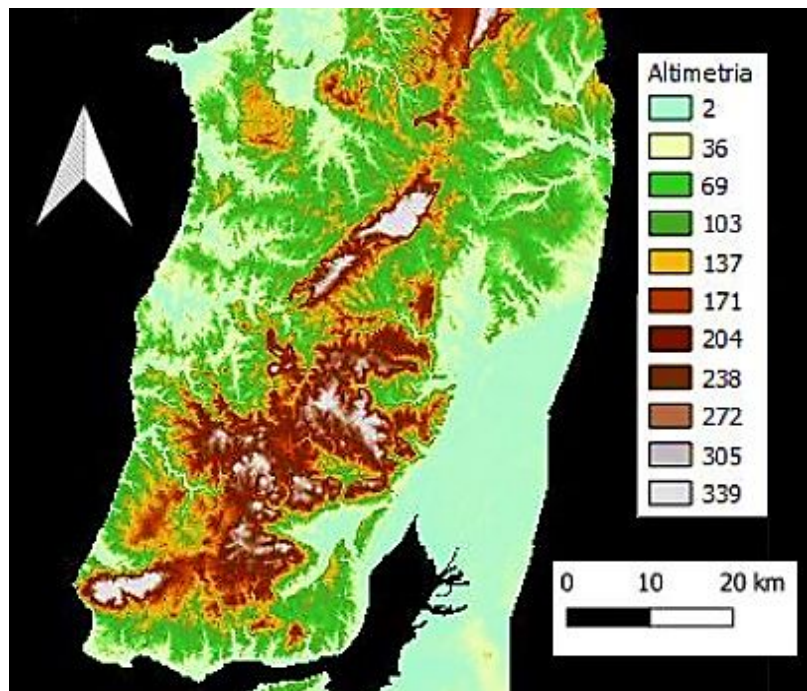


FIGURA 12 - Mapa de relevo, com as altitudes do terreno em metros.

Fonte: Façôco (2021, p. 67)

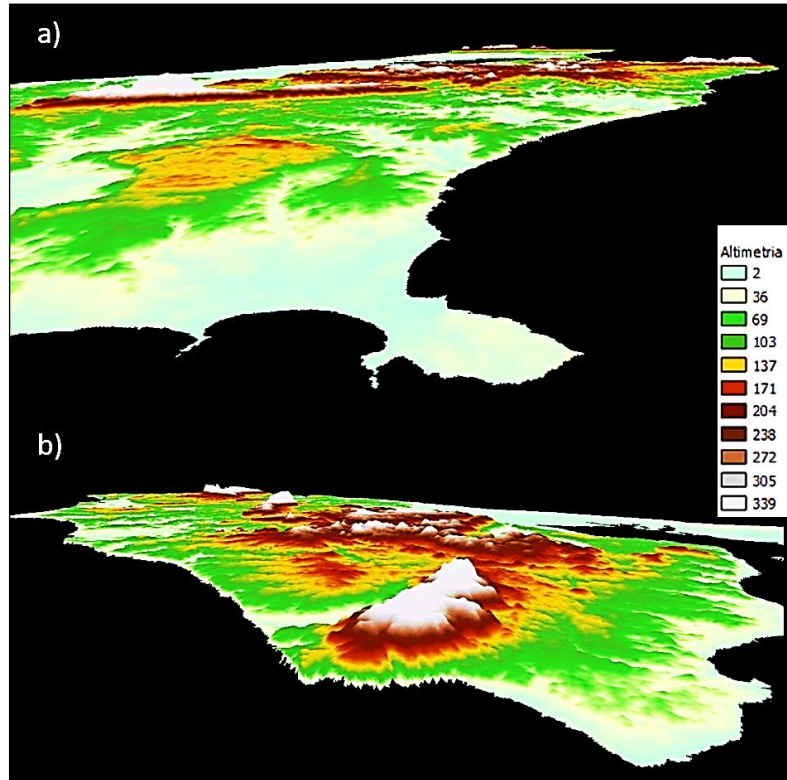


FIGURA 13 - Visão tridimensional da área de estudo. Visada de noroeste (a) e de sudoeste (b). Valores em metros.
Fonte: Façôco (2021, p. 68)

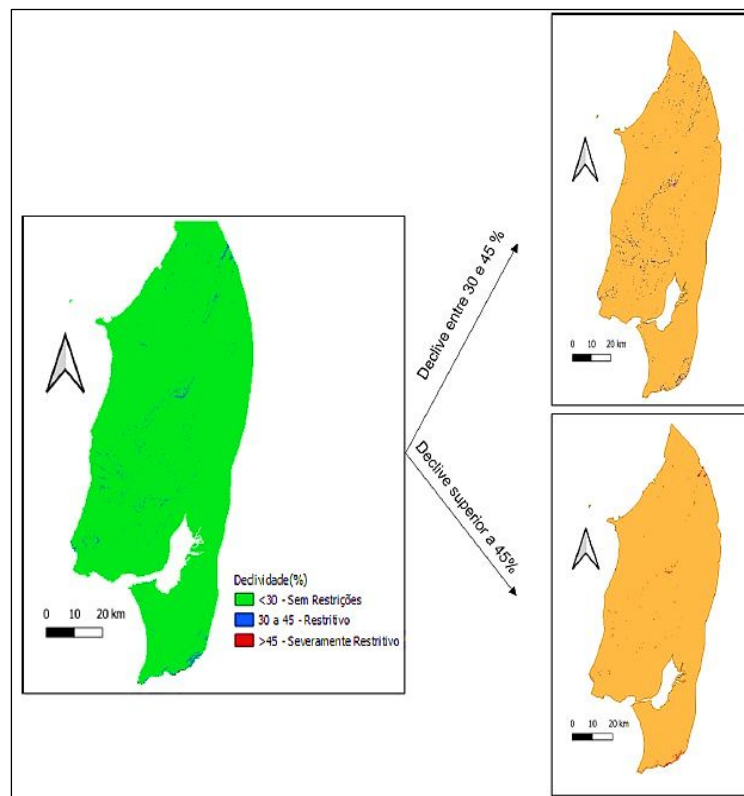


FIGURA 14 - Mapa de mobilidade para viaturas mecanizadas, baseado em 3 faixas de declividade do terreno.
Fonte: Façôco (2021, p. 70)

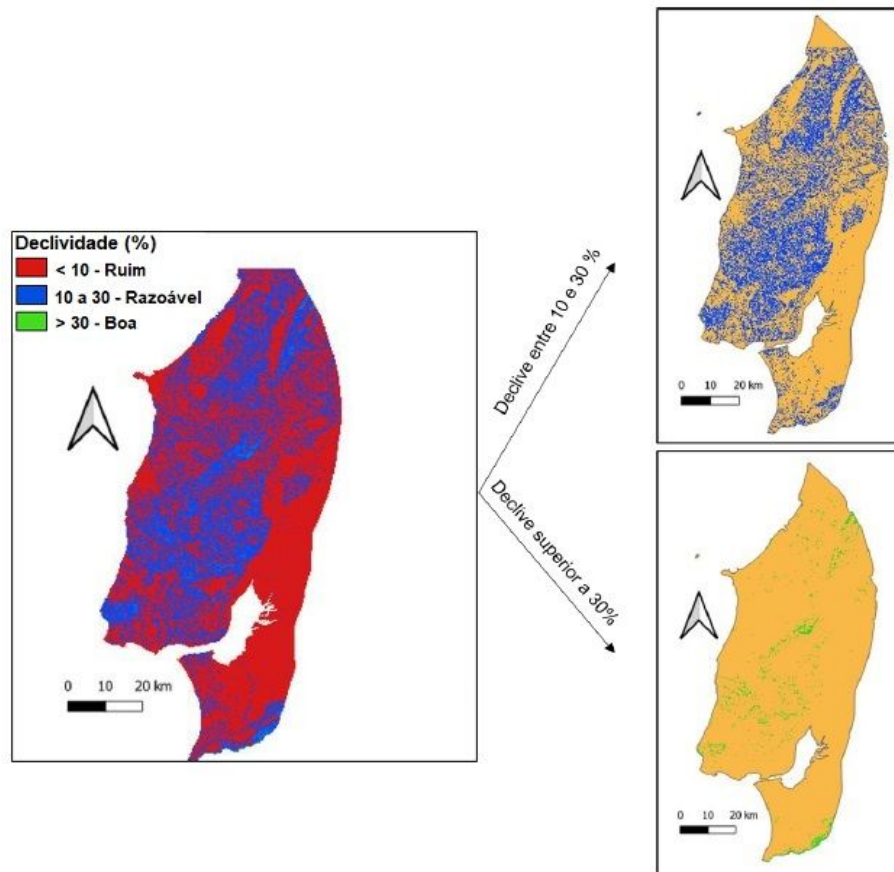


FIGURA 15 – Mapa de proteção contra tiro tenso, baseado na declividade.
 Fonte: Adaptado de Façôco (2021, p. 70).

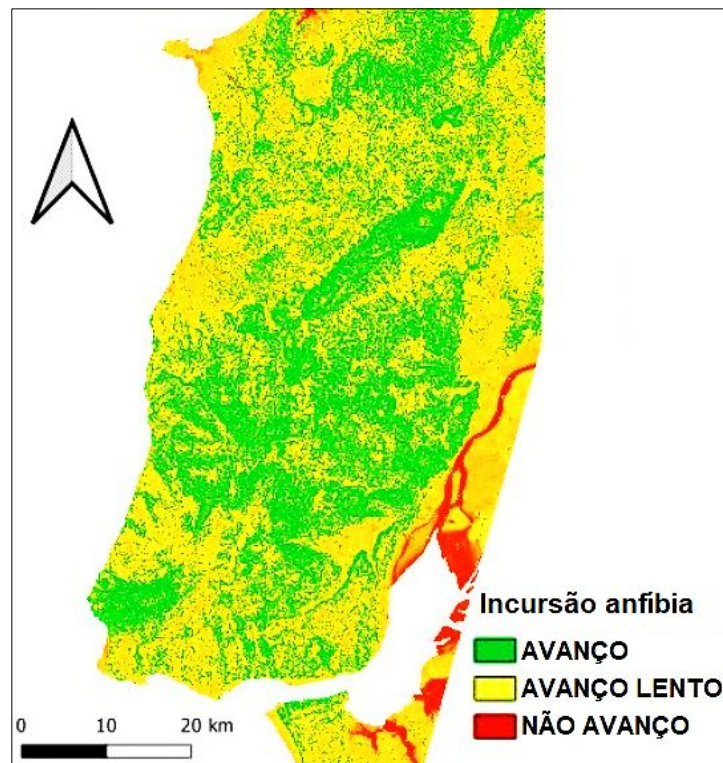


FIGURA 16 - Mapa de condições de deslocamento para incurção anfibia, obtido da fusão de critérios.
 Fonte: Adaptado de Façôco (2021, p. 75)

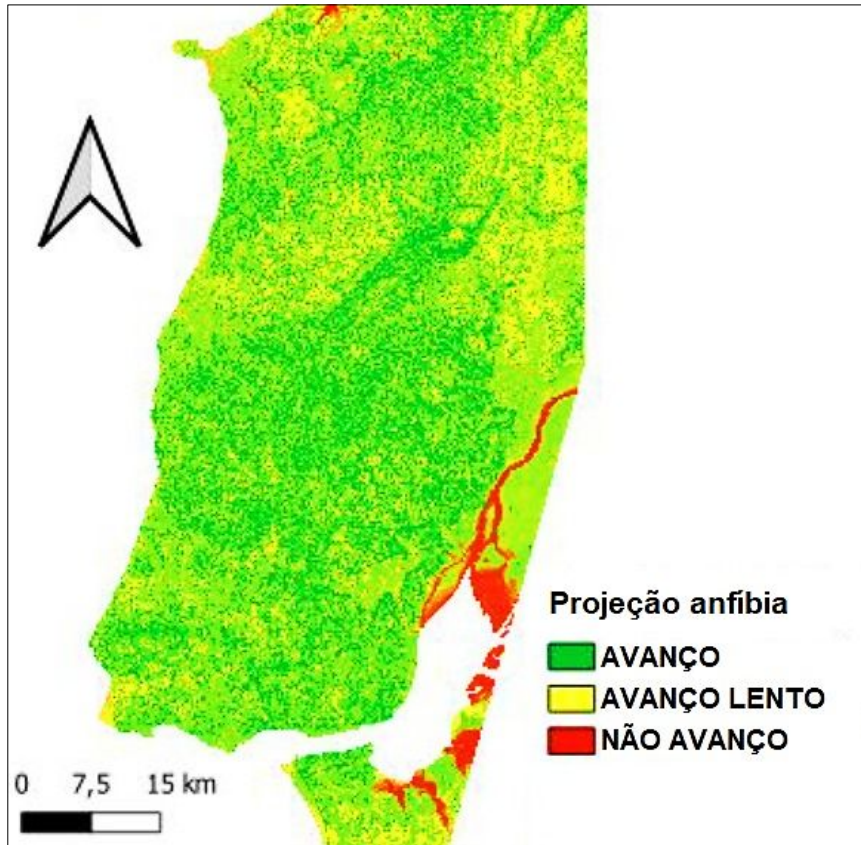


FIGURA 17 - Mapa de condições de deslocamento para projeção anfíbia, obtido da fusão de critérios.

Fonte: Adaptado de Façôco (2021, p. 77)

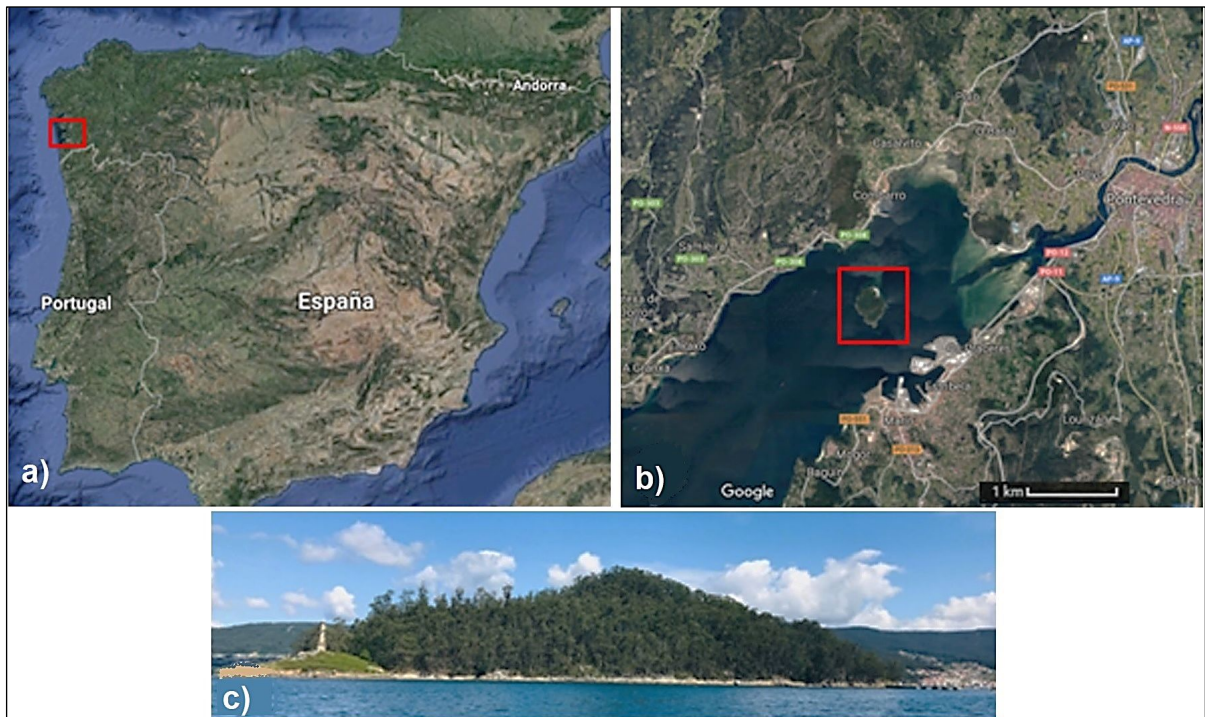


FIGURA 18 - Localização da Ilha de Tambo na Espanha em (a) e (b). Fotografia da ilha em (c).

Fonte: Adaptado de Solla *et al.* (2020), p. 478.

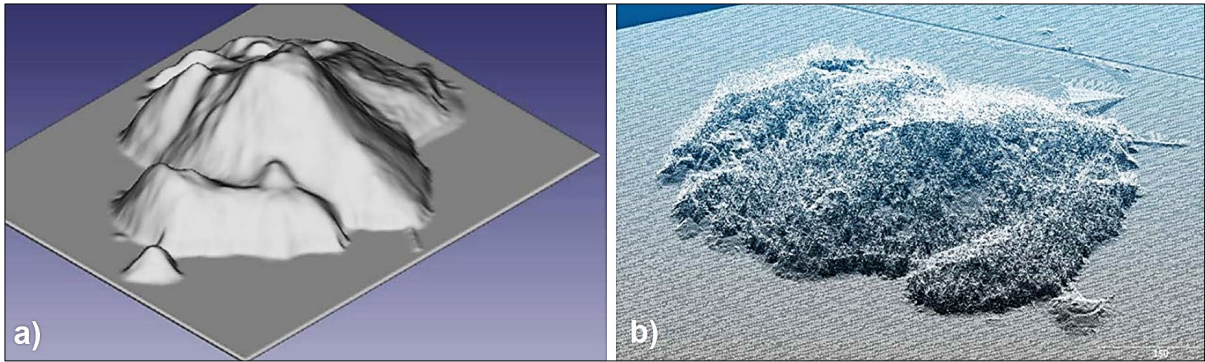


FIGURA 19 - Modelos digitais do terreno (a) e de elevação (b) da Ilha de Tambo.
Fonte: Adaptado de Solla *et al.* (2020), p. 481 e 482.

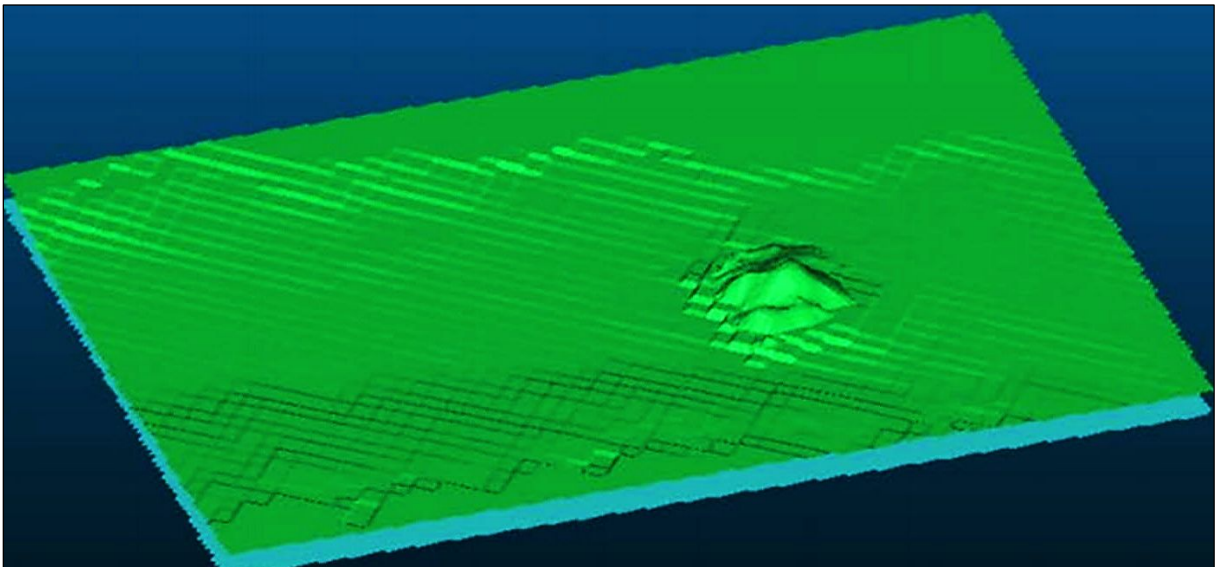


FIGURA 20 - Modelo digital gerado da fusão do modelo de terreno com os dados batimétricos.
Fonte: Solla *et al.* (2020), p. 484.

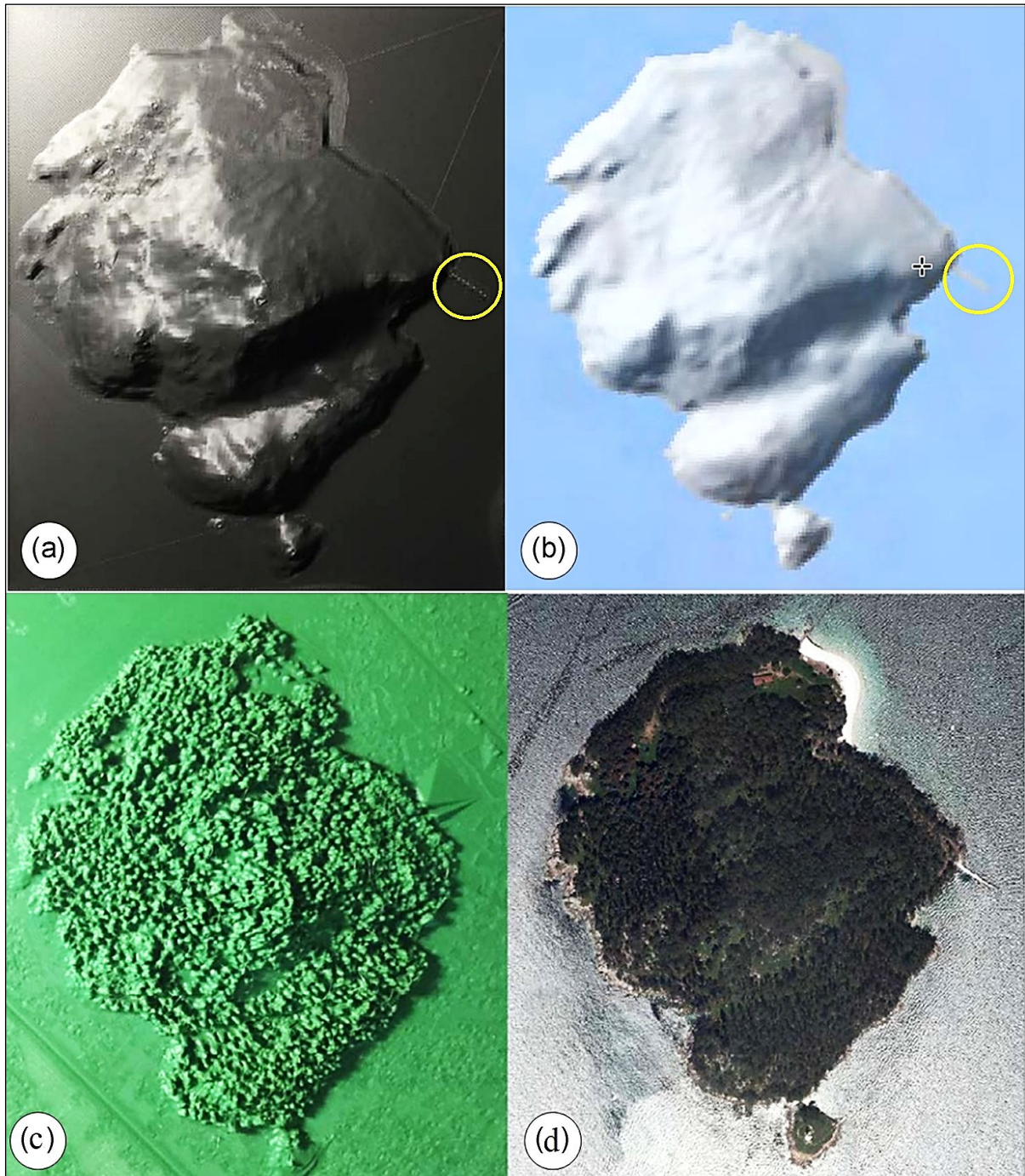


FIGURA 21 - Modelo físico de terreno (a) e modelo digital altimétrico obtido por LiDAR (b) da Ilha de Tambo, destacando-se o molhe no setor leste, com o círculo amarelo. Modelo físico de elevação (c) e a fotografia aérea da ilha (d).

Fonte: Adaptado de Solla *et al.* (2020), p. 485.

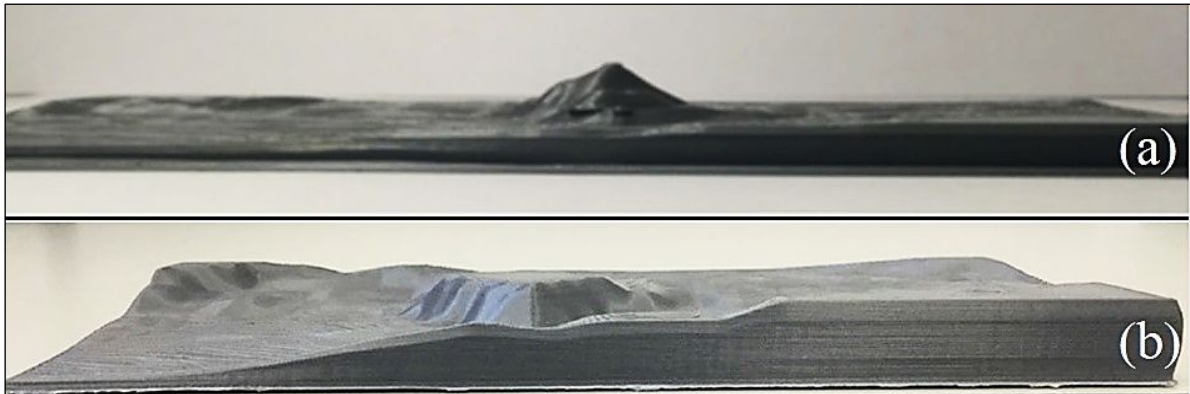


FIGURA 22 - Modelos físicos batimétricos da Ilha de Tambo, com fatores de escala vertical 2 (a) e 10 (b).
Fonte: Adaptado de Solla *et al.* (2020), p. 486.

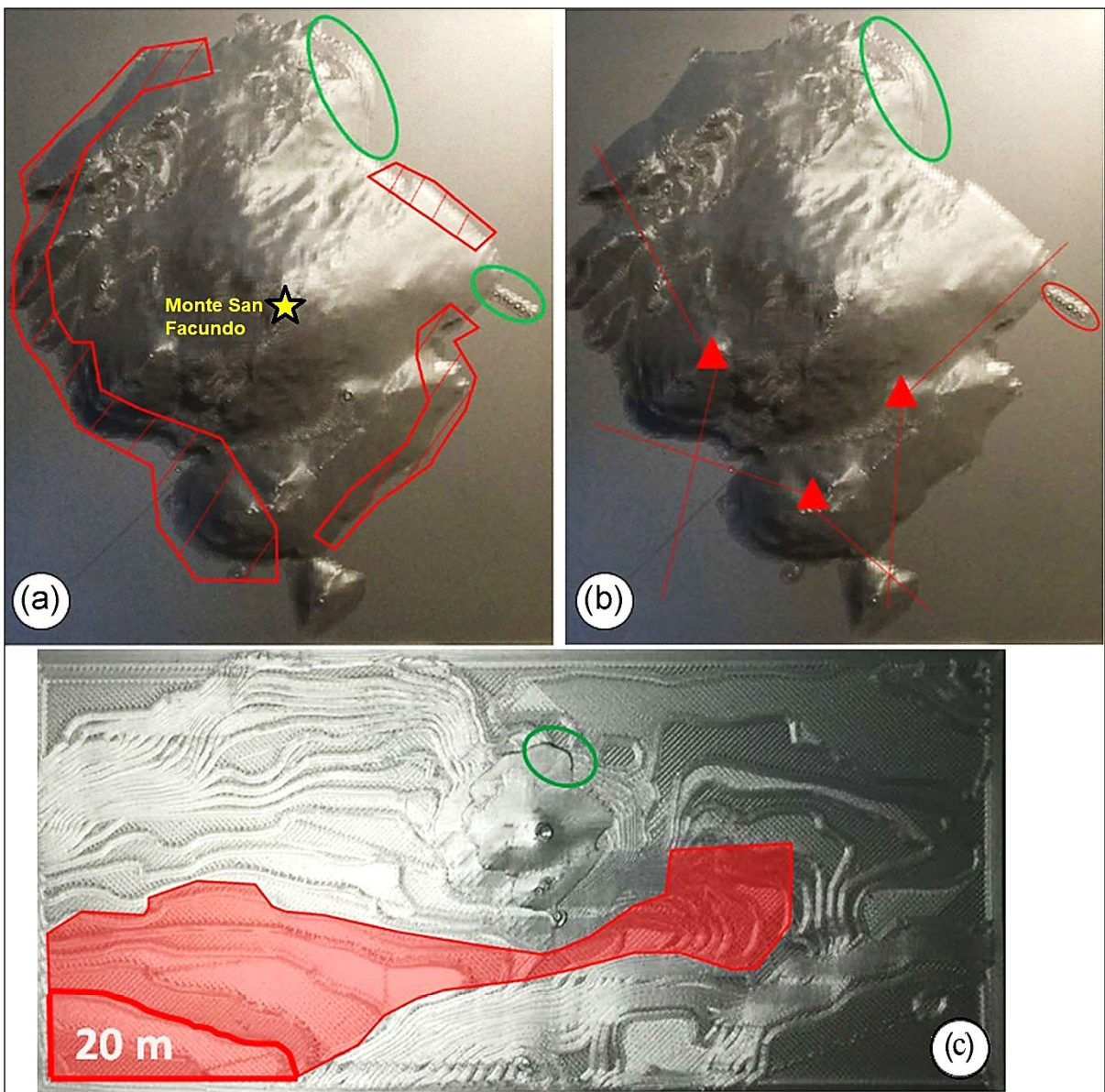


FIGURA 23 – Modelo físico da Ilha de Tambo e área marítima adjacente: (a) zonas adequadas (verde) e não adequadas (vermelha) para desembarque; (b) pontos críticos identificados por triângulos vermelhos e suas visadas para o mar; e (c) batimetria com áreas favoráveis (profundas) à aproximação de navios em vermelho, com a praia de desembarque assinalada na cor verde.

Fonte: Adaptado de Solla *et al.* (2020), p. 487.

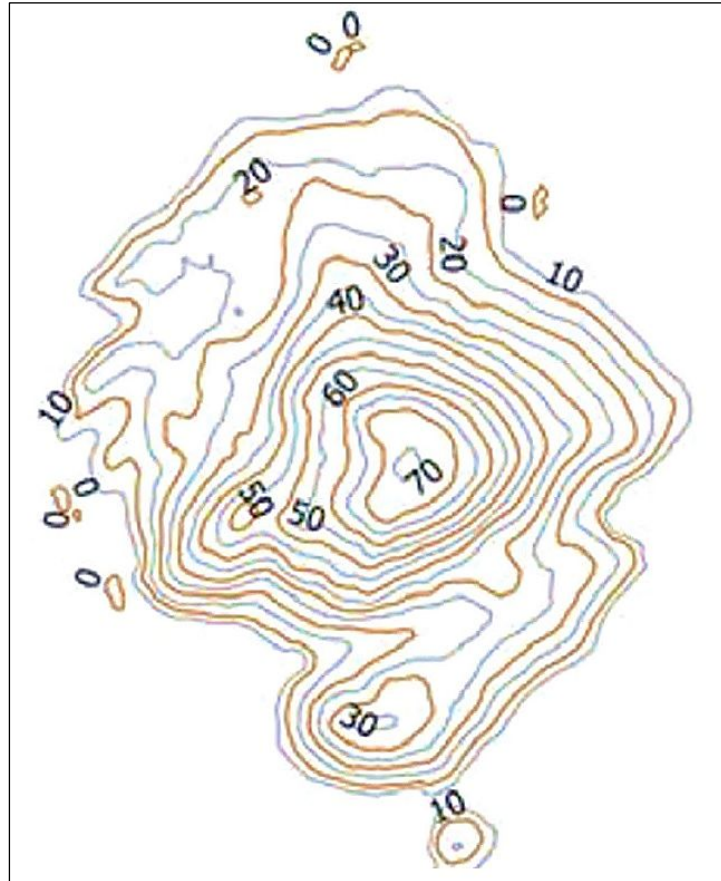


FIGURA 24 - Mapa altimétrico da Ilha de Tambo.
Fonte: Solla *et al.* (2020), p. 486.

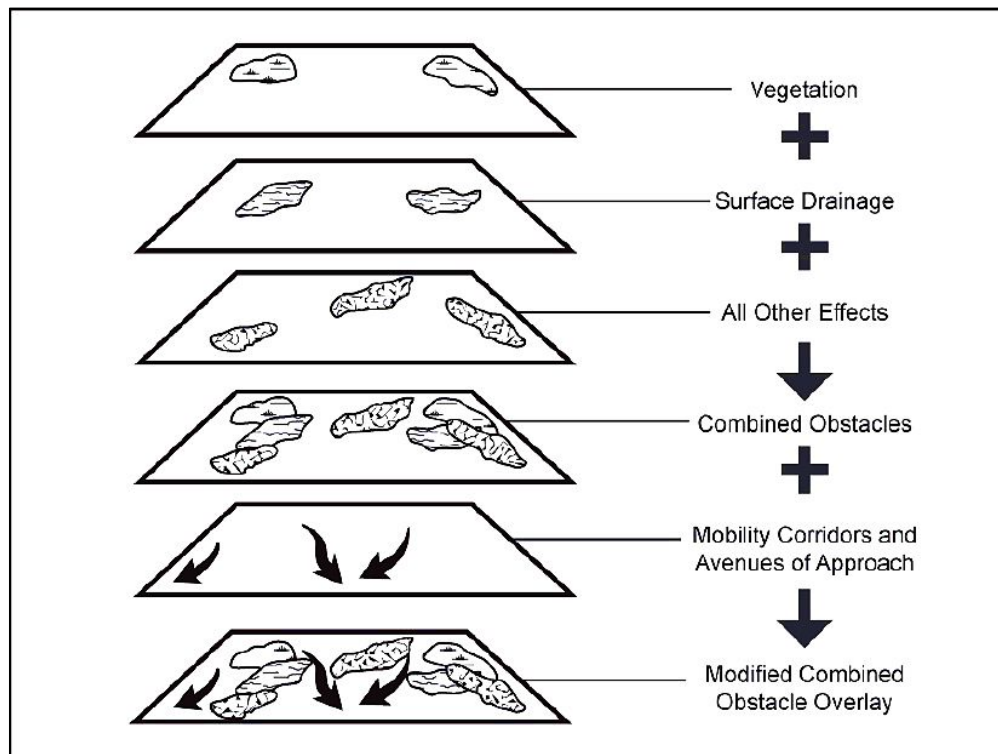


Figura 25 - Exemplo do produto Sobreposição de Obstáculos Combinados Modificados.
Fonte: United States (2014), p. A-3.

APÊNDICE – Entrevista com o Capitão-Tenente (FN) Dalvan Pagani Vieira

Uso de Dados Ambientais pela FFE

1) Como são obtidos os dados ambientais para uso no planejamento das operações anfíbias?

Em fontes abertas de instituições governamentais como o Exército Brasileiro, Centro de Hidrografia da Marinha, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Departamento Nacional de Infraestrutura Terrestre. Imagens de satélite são coletadas na página do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Programa Brasil Rede Mais (Polícia Federal) e Google Earth.

2) As informações são armazenadas em banco de dados geográfico? Como são feitas as atualizações dos dados?

As informações ficam nos próprios projetos de estudo realizados pela Seção de Inteligência. Os projetos são arquivados em um dispositivo externo de armazenamento (storage) para consultas posteriores. Os dados não ficam armazenados em bancos de dados geográficos, pois não há demanda considerável que justifique manter um banco sendo atualizado constantemente, além de não haver espaço no disco rígido dos computadores de trabalho. À medida que surge a demanda por um estudo, os dados necessários são coletados novamente das fontes de interesse, para o processamento e geração dos produtos solicitados pelas forças e unidades, a fim de obter os dados mais atualizados disponíveis

3) São utilizados Sistemas de Informações Geográficas (SIG) para processamento dos dados?

Qual a capacitação do pessoal que trabalha nesse serviço?

As informações são processadas nos SIG QGIS, de código aberto, e no ArcGIS, com licença de uso paga. São realizados os cursos de Estágio Básico de QGIS (5º Centro de Geoinformação do Exército); Curso Especial Básico de Geointeligência (EsIMar); Curso Especial Intermediário de Geointeligência (EsIMar); Estágio de Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas (2º Centro de Geoinformação do Exército); Analista em ArcGIS PRO (Geo Sem Fronteiras); Analista de QGIS (Geo Sem Fronteiras); e Analista em Geoprocessamento (Geo Sem Fronteiras), os quais habilitam o pessoal a realizar as principais operações de processamento em um SIG, como cruzamento e combinações de camadas de informação, por meio de operações geométricas, com geração de novos dados, além da produção de cartas.

4) Quais os produtos mais comuns elaborados pela Seção?

Normalmente são produzidos mapas, croquis e cartas temáticas. Para visualização desses produtos na forma digital, são elaborados arquivos na extensão “.kml” que possibilitam seu carregamento no aplicativo Google Earth pelo usuário.

5) Ao receber a tarefa para estudar possíveis praias que seriam adequadas para realização de um desembarque, quais seriam os procedimentos e ações da Seção de Inteligência?

Após identificado a Área do Objetivo Anfíbio (AOA), são identificadas Áreas Gerais de Desembarque (AGDbq) que tenham objetivos estratégicos de interesse (na ausência de uma missão). Identificadas as AGDbq, os estudos das Linhas de Desembarque (LDbq) são iniciados. Esses estudos são elaborados utilizando-se de fontes de informações cartográficas, imagens e fotos disponíveis em fontes abertas. Caso haja trabalhos anteriores realizados no mesmo local, esses estudos são utilizados para cruzar, confrontar e/ou combinar com as informações encontradas em fontes abertas. Ao final, os dados são encaminhados às Forças e/ou Unidades subordinadas para ratificação, retificação e complementação das informações necessárias para o planejamento e escolha dos locais adequados para o desembarque.

6) Teria alguma sugestão para melhoria do serviço, no que diz respeito ao fornecimento de informações geográficas para apoio ao planejamento de operações anfíbias, sobretudo para a seleção de praias para desembarque?

A disponibilidade de um sistema governamental que integre todos os bancos de dados cartográficos (principalmente os estaduais e municipais) em um único ambiente, facilitaria a identificação de disponibilidade de informações atualizadas. No aprofundamento dos estudos, a identificação de obstáculos, vegetação, hidrografia e estrutura urbana são fundamentais ao planejamento. As aquisições dessas informações atualizadas são possíveis por meio de sensoriamento remoto. Dessa forma, a disponibilidade de imagens de satélite ou fotos aéreas, ambas de alta resolução, permitiria a coleta desses dados de forma remota e ágil.

DALVAN PAGANI VIEIRA
Capitão-Tenente (FN)
Oficial de Sensoriamento Remoto
Comando da Força de Fuzileiros da Esquadra