



ESCOLA NAVAL

talant de bi-faire



João Manuel França da Rocha Saavedra Façôco

Planeamento assistido com base na fusão de dados georreferenciados

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Ciências Miliars
Navais, na especialidade de Fuzileiros



Alfeite

2021



ESCOLA NAVAL

talantõe biê-faire



João Manuel França da Rocha Saavedra Façôco

***Planeamento assistido com base na fusão de dados
georreferenciados***

**Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Ciências Miliars
Navais, na especialidade de Fuzileiros**

Orientação de: Aldino Manuel dos Santos de Campos

Coorientação de: Guida Maria Mendes Henriques

O Aluno Mestrado



Saavedra Façôco

ASPOF FZ

O Orientador

Santos de Campos

CFR EH REF

Alfeite

2021

Epígrafe

“The empires of the future are the empires of the mind” –

Winston Churchill, Político Britânico 1874-1965

Agradecimentos

Começo, como não podia deixar de ser, por agradecer aos meus familiares, em especial aos meus pais e irmã por todo o apoio e amor incondicional ao longo de todos estes longos anos.

Ao orientador, Aldino Manuel dos Santos de Campos, e coorientadora, Guida Maria Mendes Henriques, pela disponibilidade, contributos e compreensão que me foram fornecendo ao longo de todo o processo de elaboração da dissertação de mestrado.

Ao CTEN FZ Franco Preto por se ter disponibilizado para uma conversa que, apesar de curta, foi essencial para dar início, pois me auxiliou a perceber o que é que pretendia.

Como não podia deixar de ser, um agradecimento especial a todos os amigos e camaradas que me têm acompanhado ao longo dos anos.

Resumo

O exercício de comando exige, fruto da complexidade associada a essa função, uma enorme capacidade de perceber a área em que se pretende trabalhar, assim sendo as ferramentas digitais podem facilitar este processo, pois tornam o tempo entre o momento em que se identifica e resolve o problema mais curto, aumentando, inevitavelmente a capacidade de resposta. Assim, existe a necessidade de se criarem ferramentas que diminuam o espaço de tempo entre a recolha dos dados e a tomada de decisão.

Para tal, este projeto piloto, que se pretende criar, com base em *software* de sistemas de informação geográfica, tem como principal objetivo desenvolver todos os processos desde o momento em que se adquirem os dados através de fontes diversificadas, até ao momento em que se entregam informações trabalhadas aos decisores. Originando-se uma lógica de procedimentos que vão desde o armazenamento de dados num servidor geográfico, até à aplicação do método de análise hierárquica (*Analytic Hierarchy Process - AHP*). Desenvolvendo-se critérios e métodos constantes, para que os resultados finais sejam independentes de quem aplica este modelo, pois é necessário que os resultados finais não sejam sujeitos às preferências de cada um, tornando-os únicos, obrigando a uma constante aprendizagem. Neste caso, constância é primordial uma vez que, assim, se aumenta rapidez de planeamento e decisão, melhorando-se conseqüentemente o exercício de comando.

Palavras-chave: Planeamento, tomada de decisão, projeto piloto, sistemas de informação geográfica

Abstract

The exercise of command requires, because of the complexity associated with this function, an enormous ability to perceive an area in which he intends to work, as well as digital tools can facilitate this process, as it makes the time between the moment you identify and solve the problem shorter, inevitably increase responsiveness. Thus, there is a need to create tools that reduce the time between data collection and decision-making.

Thus, this pilot project, which is intended to be created, based on geographic information systems software, has as main objective to develop all processes from the moment they acquire the data through diversified sources to the moment when information worked to decision makers is delivered. It originates a logic of procedures ranging from storing data on a geographic server to applying the hierarchical analysis method (AHP). Developing, constant criteria and methods, so that the results are independent of who applies this model, because it is necessary that the results are not subject to the preferences of each one, making them unique, forcing a constant learning. In this case, constancy is paramount since, thus, rapid planning and decision-making increases, thereby improving the exercise of command.

Keywords: *Planning, decision making, pilot project, geographic information systems*

Índice

Epígrafe	i
Agradecimentos.....	iii
Resumo	v
<i>Abstract</i>	vii
Índice de Figuras	xi
Índice de tabelas.....	xiii
Lista de Acrónimos e Abreviaturas	xv
Introdução.....	1
Pertinência	1
Objetivos.....	1
Metodologia	2
Parte I – Revisão da Literatura.....	5
1. Operações Anfíbias.....	7
1.1. Planeamento em operações Anfíbias.....	9
1.2. Informações	12
2. Sistemas de informação geográficos	15
2.1. Fontes de Dados.....	16
2.1.1. Deteção Remota.....	16
2.1.2. Cartografia topográfica	22
2.1.2.1. Referenciação e projeções cartográficas	22
2.1.3. Hidrografia	25
2.1.4. Outras fontes de dados.....	27
2.2. <i>Geospatial Intelligence</i>	28
2.3. Datums e sistemas de coordenadas	29
2.3.1. Sistemas de projeção em Portugal	35
2.3.2. Transformações.....	37
2.4. Classificação dos dados	41
Parte II - Conceptualização e experimentação do modelo.....	45
3. Desenvolvimento do modelo.....	47
3.1. Aquisição dos dados.....	47
3.2. <i>Armazenamento dos dados – GeoServer</i>	48
3.3. <i>Análise dos dados – Software Quantum GIS (QGIS)</i>	49
3.3.1. Desenvolvimento do modelo.....	49

3.4 Tomada de decisão / Fusão dos dados.....	53
3.4.1 Método de análise hierárquica	53
3.4.1.1 Aplicação do método AHP ao modelo	56
3.4.2 Decisão.....	58
4. Estudo de cenário entre Peniche e o Cabo Raso.....	59
4.1 Recolha e implementação dos dados no Geoserver.....	59
4.2 Preparação inicial dos dados	61
4.2.1 Análise de resultados.....	64
4.3 Aplicação do método AHP	73
4.3.1 Operações de incursão.....	74
4.3.2 Operações de apoio anfíbio a resposta a crises e outras operações	76
Conclusões e trabalhos futuros	79
Conclusões.....	79
Desenvolvimentos futuros.....	80
Bibliografia.....	83
APÊNDICE A – Fontes de Dados	87
Apêndice B – Folha de cálculo AHP (exemplo utilizado para as operações de apoio anfíbio a resposta a crises e outras operações)	88
APÊNDICE C – Rampa de cores utilizadas	89
Anexo A – Diferentes perspetivas tendo em conta superfícies cilíndricas	90
Anexo B – Orientações quanto à superfície de projeção.....	91
Anexo C – Fontes e serviços suportados pelo Geoserver	92
Anexo D – Parâmetros da projeção Transversa de Mercator	93

Índice de Figuras

Figura 1 - Etapas do IPB.....	13
Figura 2 - Sistemas de informação geográfica.....	15
Figura 3 - Sensores ativos vs. sensores passivos.....	16
Figura 4 - Tipos de refletância	17
Figura 5 - Tipos de órbitas dos satélites.....	18
Figura 6 - Mecanismos de retrorreflexão.....	19
Figura 7 - Zonas de sombra.....	20
Figura 8 - Correções das distorções de escala	20
Figura 9 - Matriz de valores radiométricos	21
Figura 10 - Representação de curvas de nível na carta.....	23
Figura 11 - Triangulação de uma rede geodésica numa superfície de referência	23
Figura 12 - Sondadores acústicos de feixe-simples e multifeixe	26
Figura 13 - Imagem LIDAR	27
Figura 14 - Exemplo de uma imagem panorâmica.....	27
Figura 15 - Geospatial Intelligence.....	28
Figura 16 - Parâmetros de um elipsóide	30
Figura 17 - Coordenadas esféricas; elipsoidais; astronómicas.....	31
Figura 19 – Sistema de projeção do território nacional Hayford-Gauss-Lisboa, Hayford-Gaus-Melriça, Hayford-Gauss-Militar	33
Figura 20 - Datum geodésico.....	34
Figura 21 - Latitude e Longitude relativa a diferente datums geodésicos.....	34
Figura 22 - Alturas relativas ao elipsóide e geóide.....	35
Figura 23 - Método dos sete parâmetros	38
Figura 24 – Densificação dos pontos de controle até se encontrar um padrão	39
Figura 25 - Interpolação bilinear	40
Figura 26 – Nível de detalhe tendo em conta o tamanho do píxel.....	42
Figura 27 - Representações dos dados vetoriais e matriciais	43
Figura 28 - Sequência de trabalhos	47
Figura 29 - Modelo para preparação inicial dos dados.....	50
Figura 30 - Valores do NDVI	52
Figura 31 - Hierarquia de planeamento.....	57
Figura 32 - Criação do espaço de trabalho	59
Figura 33 - Stores criadas.....	60

Figura 34 - Criação da camada relativa à altimetria de Portugal	60
Figura 35 - Visualização dos dados relativos à altimetria.....	61
Figura 36 - Ligações URL para descarregar dados do Geoserver	61
Figura 37 - Resultados das ligações	62
Figura 38 - Linha de costa (vermelho) e polígono (verde)	63
Figura 39 - Gráfico de Ocupação do Solo	64
Figura 40 - Ocupação do Solo - Zona Norte	65
Figura 41 - Ocupação do Solo - Zona Sul.....	65
Figura 42 – NDVI e Territórios artificializados	66
Figura 43 – Altimetria da área de estudo	67
Figura 44 - Altimetria 3D, onde a) vista de NW e b) vista de SW	68
Figura 45 - Zonas habitadas utilizando a máscara para visualização.....	69
Figura 46 - Declive para a utilização de viaturas utilizando a máscara para visualização	70
Figura 47 - Declive para a cobertura das armas de tiro tenso utilizando a máscara para visualização	71
Figura 48 - Hidrografia utilizando a máscara para visualização	72
Figura 49 - Rede ferroviária (esquerda) e rede rodoviária (direita), utilizando a máscara para visualização	73
Figura 50 - Implementação dos pesos na calculadora raster (incursão)	75
Figura 51 - Critérios de progressão (incursão).....	75
Figura 52 - Implementação dos pesos na calculadora raster	77
Figura 53 - Critérios de progressão.....	77

Índice de tabelas

Tabela 1 -Matriz de decisões básicas.	10
Tabela 2 -Sistemas de projeção em Portugal Continental.....	36
Tabela 3 - Vantagens e desvantagens dos dados matriciais e vetoriais	43
Tabela 4 - Requisitos de dados para o modelo.....	51
Tabela 5 - Tipos de Terreno para forças mecanizadas ou blindadas	53
Tabela 6 - Cobertura das armas de tiro tenso.....	53
Tabela 7 - Escala de Saaty.....	54
Tabela 8 - Valores de RI.....	56
Tabela 9 - Alcances da artilharia.....	63
Tabela 10 - Tabela de comparações de alternativas (incursão)	74
Tabela 11 - Pesos e rácio de consistência (incursão)	74
Tabela 12 - Tabela de comparações de alternativas.....	76
Tabela 13 Pesos e rácio de consistência.....	76

Lista de Acrónimos e Abreviaturas

AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
AO	Operação anfíbia
AOA	Área do objetivo anfíbio
ATF	<i>Amphibious task force</i>
C2	Comando e controlo
CATF	<i>Commander of amphibious task force</i>
CLF	<i>Commander of landing force</i>
CONOPS	Conceito de operações
DR	Deteção remota
ESA	<i>European Space Agency</i>
FD	Força de desembarque
GEOINT	<i>Geospatial Intelligence</i>
IPB	<i>Intelligence Preparation of the Battlefield</i>
LIDAR	Light Detection and Ranging
MDT	Modelo Digital de Terreno
NDVI	<i>Normalized Difference Vegetation Index</i>
QGIS	<i>Quantum GIS</i>
RADAR	Radio Detecting and Raging
REM	Radiação eletromagnética
SIG	Sistemas de informação geográfica
SNIG	Sistema Nacional de Informação Geográfica
SRC	Sistema de Referência de Coordenadas

Introdução

O Oceano cobre aproximadamente 363 milhões de quilómetros quadrados, o equivalente a 72% da superfície da terra. Das cerca de 7,8 mil milhões de pessoas, atualmente quase 2,4 mil milhões vivem a menos de 100 km da costa. (Nações Unidas, 2017). Por isso, “é preciso controlar os litorais, ter forças prontas para atacar aqueles que ameaçam a segurança dos mares, proteger forças amigas e populações civis. O litoral apresenta-se como campo de batalha do século XXI”. (Correia, 2010)

A costa portuguesa tem cerca de 2601 km de extensão. (Agência Portuguesa do Ambiente , 2018) Desta forma, a Marinha Portuguesa necessita de ter a capacidade, através dos Fuzileiros, de constituir “Forças-Tarefa de natureza anfíbia, caracterizada por grande flexibilidade, mobilidade, poder de combate e com capacidade para projetar poder em terra”. (Marinha Portuguesa, 2020) Estas características para além de permitirem operar forças numa elevada gama de conflitos, torna, no entanto, necessário fornecer informação fiável e de fácil interpretação aos decisores militares.

Pertinência

A Resolução de Ministros n.º 19/2013, o Conceito Estratégico de Defesa Nacional, refere-se que se deve “promover a investigação, o desenvolvimento e a inovação como passo fundamental para o fomento de um nível tecnológico elevado no setor da defesa, que melhore a operacionalidade das Forças Armadas”.

Assim sendo, a criação de uma ferramenta digital, baseada na fusão de informação provenientes de diversas fontes, auxiliará os decisores no planeamento, comando, controlo e tomada de decisão, pois torna todo o espetro de fontes de dados mais simples, perceptível e, fundamentalmente, visual.

Objetivos

A utilização de ferramentas digitais na visualização e implementação de conceitos militares torna-se indispensável, principalmente em teatros de operações que envolvam uma componente marítima e terrestre, e onde a dificuldade do terreno e a elevada manobrabilidade das forças é uma constante. Consequentemente, a criação de um

modelo viável e amplamente aplicável a diversos cenários, agrega não só, na sua base um fator intrínseco de viabilidade, pois os cenários de emprego militar são variados e mutáveis, permitindo, também, ter uma ferramenta que disponibilize dados em tempo oportuno. Apesar destas ferramentas já estarem a ser amplamente utilizadas, o Corpo de Fuzileiros ainda não dispõe de uma equipa centralizada, focada e com um conhecimento aprofundado no desenvolvimento deste tipo de capacidades. É com isto em mente que se pretende criar um projeto piloto, para gerar um modelo não só eficaz, mas ao mesmo tempo, também, eficiente, que demonstre a importância e as potencialidades de os Fuzileiros disporem de conhecimento nesta área de desenvolvimento.

Para tal, durante o desenvolvimento do modelo base, e, por forma a dar uma maior credibilidade ao trabalho, foi selecionada uma área na costa continental portuguesa que exige uma enorme coordenação e integração de diversas fontes de dados, com o intuito de dificultar a análise e a decisão. Assim, foi escolhida a área costeira compreendida entre Peniche e o Cabo Raso, com uma distância de linha costeira, em linha reta, de aproximadamente 73 km. Esta escolha depreendeu-se com o facto de existirem diversas zonas habitacionais próximo da costa, que fará variar o nível de força a utilizar; zonas com arribas muito acentuadas e, portanto, dificultarão o avanço; pouca vegetação, que, inevitavelmente, dificulta a aproximação camuflada de forças à zona costeira.

Metodologia

Para um encadeamento lógico todo este trabalho será dividido em duas partes distintas: revisão da literatura e conceptualização e experimentação do modelo.

Primeiramente, serão apresentados todos os métodos através de uma explicação profunda e concisa da revisão da literatura, capítulo 1 e 2. Com isto pretende-se que o leitor verifique os conceitos considerados chave para o desenvolvimento do modelo. Por conseguinte, durante todo este desenvolvimento são apresentados conceitos do fórum militar, que darão uma visão ampla do planeamento e recolha de informação, principalmente no âmbito das operações anfíbias. Seguidamente, no capítulo 2 são apresentados de uma forma compartimentada, subcapítulos, os princípios associados aos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), bem como as diversas fontes, as transformações e a georreferenciação, possíveis de ser empregues, sobre os dados.

Na segunda fase, capítulo 3, é construído um modelo que se pretende que possa ser aplicado a qualquer cenário e terreno, com vista a criar uma formatação e análise de resultados constantes, para tal, dividimo-lo em quatro etapas: aquisição dos dados, armazenamento dos dados, análise dos dados e tomada de decisão. Finalmente, no capítulo 4, este modelo estudado e desenvolvido no capítulo anterior é aplicado num cenário real, entre a costa de Peniche e o Cabo Raso, com vista a testar o modelo edificado, dando mais peso e credibilidade ao mesmo.

Parte I

Revisão da Literatura

Capítulo 1

1. Operações Anfíbias

“Desembarcar numa costa hostil estrangeira sempre foi uma das mais difíceis operações de militares” - Captain Sir Basil H. Liddell Hart

Considera-se uma operação anfíbia (OA) como “uma operação militar lançada a partir do mar por forças navais e de desembarque embarcadas em navios ou embarcações, com o propósito de projetar taticamente a força de desembarque (FD) em terra num ambiente que pode ir de permissivo a hostil”. (Nato Standardization Office, 2017)

Com o recrudescer da população é expectável que “as operações militares no litoral se tornem predominantes, especialmente à medida que megacidades e centros logísticos são atraídos para mais perto da costa e são influenciados pelo mar. Desde a guerra convencional à assimétrica, o litoral oferece espaço de manobra que pode ser explorado por forças anfíbias”. (Nato Standardization Office, 2017)

Para colmatar as dificuldades inerentes às OA é necessário um bom planeamento, por forma a se alcançar unidade de esforço¹, aumento da velocidade de ação e a capacidade de projetar poder em terra. Para tal é preciso que “a força anfíbia manobre para uma posição de vantagem em relação ao inimigo (...) Tal manobra deve ser direcionada para um ponto decisivo ou uma vulnerabilidade que afete o seu centro de gravidade²”. (Nato Standardization Office, 2017)

As forças constituídas para estes cenários têm a capacidade de conduzir operações de combate; conquistar posições importantes, tais como portos; negar o uso de uma área ou instalações ao inimigo; participar em operações de resposta a crises e apoio humanitário. Com vista a satisfazer estes cenários, as OA dividem-se em várias tipologias (Nato Standardization Office, 2017):

¹ Unidade de esforço refere-se à coordenação e cooperação entre todas as forças, a fim de se alcançar o objetivo comum (NATO Standardization Office, 2019)

² Centro de gravidade é a fonte primária de poder que proporciona liberdade de ação e/ou vontade de lutar (NATO Standardization Office, 2019)

- Demonstração: enganar a força opositora através da exibição de força, com a expectativa de induzi-lo a tomar linhas de ação³ desfavoráveis.
- Incursão: com o intuito de criar perdas ou danos, obter informações, criar uma diversão, capturar ou evacuar pessoas e/ou equipamentos. Para tal, é necessária uma ocupação temporária de um objetivo seguida de uma retirada planeada.
- Assalto: estabelecimento de uma força numa costa hostil ou com potencial hostil. Esta inclui o estabelecimento de uma FD em terra.
- Retirada: extração de forças por mar para navios ou embarcações a partir de uma costa hostil ou potencialmente hostil.
- Apoio anfíbio a resposta a crises e outras operações: operações que incluem evacuação de não combatentes e apoio humanitário.

Para se dar início à OA é emitida uma diretiva iniciadora⁴ onde, entre outras é definida a missão, designado o comandante da força anfíbia e o comandante da força de desembarque, comumente designados, respetivamente, de *commander of amphibious task force (CATF)* e *commander of landing force (CLF)*. É também nesta diretiva que é definida a área do objetivo anfíbio⁵ (AOA), tendo em conta alguns fatores, tais como: a topografia e hidrografia, capacidade de C2 da força, posições inimigas, entre outras.

Como todas as operações militares se dividem em diferentes fases com vista a nos guiar espacialmente e temporalmente, as OA dividem-se em (Nato Standardization Office, 2017):

- Planeamento: realização da estimativa anfíbia por parte do estado maior do CATF e do CLF, onde será gerado uma série de decisões básicas nas quais se basearão os esquemas de manobra;
- Embarque: período durante o qual a força de desembarque, com o seu equipamento e abastecimentos embarcam nos navios;

³ Linha de ação é uma opção que irá realizar ou contribuir para o cumprimento de uma missão ou tarefa (NATO Standardization Office, 2019)

⁴ Ordem emitida pelo comandante com a responsabilidade total sobre a operação (Nato Standardization Office, 2017)

⁵ “Área geográfica tridimensional dentro da qual estão localizados os objetivos a serem alcançados” (Nato Standardization Office, 2017)

- Ensaio: fase onde se treina os planos da operação, com o propósito de testar a adequação dos planos, a sequência da operação e a prontidão das forças; garantir que todos os escalões estão familiarizados com os planos; testar as comunicações;
- Movimento: as componentes da *amphibious task force* (ATF) movimentam-se para a AOA;
- *Shaping Operacions*: compreende atividades que visam preparar o campo de batalha para a operação, tais como: operações de apoio (decorrem fora da AOA), operações de força avançada (antes de chegar a ATF à AOA) e operações de pré-desembarque (após a chegada da ATF à AOA);
- Ação: inicia-se com a chegada a força anfíbia à AOA, e engloba o cumprimento da missão e termina quando a operação acaba;
- Termino: quando o CATF e o CLF sentirem que estão reunidas as condições para o cumprimento da missão, propõem o encerramento da operação ao comandante que a iniciou.

Tendo em vista o objetivo do trabalho é necessário perceber como se efetua o planeamento de forma mais pormenorizada, tendo em atenção toda a informação necessária no auxílio da tomada de decisão.

1.1. Planeamento em operações Anfíbias

“Na formulação de um plano de campanha, é necessário prever tudo o que o inimigo pode fazer e estar preparado com os meios necessários para combatê-lo. Os planos de campanha podem ser modificados ad infinitum de acordo com as circunstâncias, a genialidade do general, o carácter das tropas e as características do país” – Napoleão (Bonaparte, 1862)

Como já referido anteriormente, a fase de planeamento começa logo após ser entregue a diretiva iniciadora. Durante esta, o CATF e CLF ocupam o mesmo nível na cadeia hierárquica, devendo-se conduzir os esforços de forma “paralela e concorrente”, (NATO, 2017) para que se crie um “plano coordenado e completo”. (Nato Standardization Office, 2017)

Durante esta fase é essencial serem tomadas algumas decisões básicas⁶, estas dividem-se entre decisões primárias⁷ e decisões de suporte⁸, que consoante a função podem ser ou não determinadas pelos CATF e CLF ao mesmo tempo, ou apenas por um (Nato Standardization Office, 2017).

Matriz de decisões básicas	
Decisões primárias	
Determinar a missão da força anfíbia	CATF/CLF
Determinar os objetivos da força anfíbia	CATF/CLF
Selecionar as linhas de ação	CATF/CLF
Decisões de suporte	
Selecionar o método de entrada	CATF/CLF
Determinar os objetivos da FD	CLF
Formular o conceito de operações da FD	CLF
Selecionar locais e áreas de desembarque	CATF
Selecionar as praias de desembarque	CATF/CLF
Seleção de Landing Zones e Drop Zones	CLF
Determinar as áreas marítimas	CATF

Tabela 1 -Matriz de decisões básicas. Fonte (adaptado): (Nato Standardization Office, 2017)

1. Determinar a missão da força anfíbia: é atribuída através da iniciativa iniciadora, no entanto, o CATF e o CLF devem analisá-la para confirmar e sincronizar um entendimento comum;
2. Determinar os objetivos da força anfíbia: o CATF e o CLF devem determinar os objetivos a cumprir para atingir o sucesso, caso já não tenham sido atribuídas na diretiva iniciadora;
3. Desenvolvimento das linhas de ação: desenvolvimento de alternativas militares que preveem, dentro dos tempos limites, o estabelecimento de forças e a sua sustentação; avaliação da força, percebendo-se quais os seus défices. As linhas de ação devem ser “credíveis e alcançáveis”. Prevendo-se também as linhas de ação mais perigosas e as mais prováveis por parte do inimigo;

⁶ Decisões que devem ser feitas no nível hierárquico mais elevado de uma força anfíbia, antes que o planeamento detalhado possa prosseguir (Nato Standardization Office, 2017)

⁷ Decisões sem as quais o planeamento não pode avançar.

⁸ São decisões que suportam e que vão de encontro às decisões primárias.

4. Selecionar as linhas de ação: após o CATF e o CLF compararem todas as linhas de ação possíveis, devem selecionar aquela que melhor cumpra a missão;
5. Selecionar o método de entrada: podem ser selecionados três métodos de entradas: estabelecimento de uma cabeça de praia, isto é, conquistar uma área hostil ou potencialmente hostil que, quando sobre nossa posse, facilita o desembarque de pessoal e material para operações subsequentes; manobra navio-objetivo permitindo projetar a força de desembarque por pontos de entrada para manobrar em direção ao objetivo, sem a necessidade de garantir uma cabeça de praia; combinação dos métodos de entrada;
6. Determinar os objetivos da FD: objetivos que facilitem a conquista dos objetivos, estes incluem objetivos cuja captura é necessária ao cumprimento da missão;
7. Formular o conceito de operações (CONOPS) da FD: apresentação escrita e gráfica das intenções do CLF;
8. Selecionar locais e áreas de desembarque: esta relacionada com o CONOPS e tem o intuito de definir os locais de onde o pessoal, equipamento e os abastecimentos são descarregados pelos meios de superfície;
9. Selecionar as praias de desembarque: é normalmente uma porção de costa necessária para o desembarque. “Selecionando múltiplas praias de desembarque permite à FD ganhar uma vantagem sobre o inimigo, pois obriga a força opositora a distribuir poder de fogo, permitindo a manobra em direção ao objetivo”. No entanto, devemos ter em atenção que “deve-se evitar o desembarque em praias que não possam ser alcançadas de múltiplas direções”;
10. Seleção de *Landing Zones*⁹ e *Drop Zones*¹⁰: locais onde os meios aéreos vão apoiar o desembarque;
11. Determinar as áreas marítimas: definição dos locais onde se irão posicionar os meios navais, por forma a minimizar a interferência entre os vários elementos da força anfíbia e da força de apoio ao desembarque.

⁹ Áreas onde meios aéreos aterram para desembarque de pessoal e equipamentos. (NATO Standardization Office, 2019)

¹⁰ Áreas onde pessoas e equipamentos são lançadas a partir do ar. (NATO Standardization Office, 2019)

Ao longo de todos estes processos de decisões as informações ocupam um papel central nas escolhas, pois “as informações são uma capacidade cujo valor é amplamente percebido ao conduzir o planeamento”. (NATO Standardization Office, 2014) Onde “as complexidades operacionais atuais exigem que os comandantes considerem as informações um pré-requisito crítico nas operações, em vez de simplesmente um meio de determinar os obstáculos para o cumprimento da missão”.(NATO Standardization Office, 2014) Contudo, a sua abundância torna difícil a sua procura e tratamento em tempo útil, exigindo a criação de ferramentas expeditas, que ajudem a coordenar o seu fluxo de uma forma eficaz e eficiente. No entanto, quando bem empregue “as informações auxiliam na compreensão de um assunto, pessoa ou evento específico. Esta compreensão é utilizada pelo comandante para tomar decisões baseadas nas informações”.(NATO Standardization Office, 2014) Podemos dizer que “com melhor informação o comandante terá maior grau de certeza no resultado da sua decisão”. (Estado Maior do Exército, 2007)

1.2. Informações

Antes de obtermos as informações viáveis e prontas para nos dar respostas, existe todo um processo de recolha e análise, pois informação consiste em “dados que foram moldados de uma forma significativa e útil para os seres humanos”. (Laudon & Laudon, 2014) Assim, podemos considerar os dados como sendo produtos que foram recolhidos por sensores ou outros meios, que necessitam de ser organizados e trabalhados para que possam ser perceptíveis para as pessoas os poderem entender e utilizar. (Laudon & Laudon, 2014)

A função primária das informações é o desenvolvimento de conhecimento sobre o ambiente, os atores presentes no campo de batalha e a previsão de possíveis movimentações inimigas, por forma a que um comandante mantenha a iniciativa(NATO Standardization Office, 2014). Como tal, é necessário seguir alguns princípios orientadores que facilitam a criação de conhecimento (NATO Standardization Office, 2014):

- **Acessibilidade:** as informação deve ser prontamente disponíveis e acessível a quem necessite dela;

- Partilha: criação de mecanismos de partilha, aplicando as políticas de segurança e protegendo as fontes de informação;
- Capacidade de resposta: deve-se estar pronto para fazer uma análise rápida, fundir, processar e apresentar produtos aos decisores;
- Flexibilidade: compilação da situação que dê, em tempo, informação relevante, integrada e focada nos desafios;
- Interoperabilidade: processos comuns e interoperáveis necessários para apoiar o ciclo de informações¹¹, evitando-se duplicação de esforços e garantir uma utilização eficiente e económica de todos os recursos;
- Compreensiva: deve ser abrangente e explicar os elementos inter-relacionados de um ambiente operacional¹² complexo de forma imparcial e não distorcida.

Com base nestes conceitos deve-se fazer a preparação do espaço de batalha pelas informações, mais conhecido como *Intelligence Preparation of the Battlefield* (IPB), esta consiste num “processo contínuo e sistemático de análise do ambiente operacional e do inimigo numa área geográfica específica. (...) Permitindo determinar onde e quando é mais vantajoso aplicar o potencial de combate¹³ da unidade” (Estado Maior do Exército, 2007). Esta preparação divide-se em três etapas distintas:

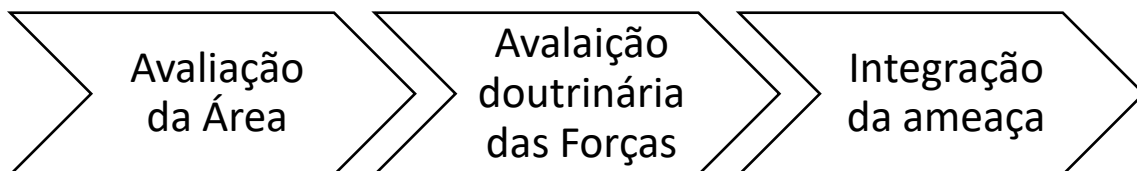


Figura 1 - Etapas do IPB. Fonte (adaptado): (NATO Standardization Office, 2014)

¹¹ Sequência de atividades em que os dados são obtidos e transformados em informação e disponibilizado aos utilizadores. Dividindo-se em quatro etapas cíclicas: orientação do esforço de pesquisa, pesquisa/recolha, processamento e disseminação. (NATO Standardization Office, 2014)

¹² “Condições, circunstâncias e influências que afetam o emprego das capacidades e influenciam as decisões dos comandantes” (NATO Standardization Office, 2014)

¹³ Capacidade máxima que pode ser aplicada, a qualquer momento, sobre o adversário.

O principal objetivo da primeira é avaliar os efeitos que o ambiente operacional pode ter nas atividades conduzidas pelas forças presentes, incluindo-se possíveis ameaças às operações militares e não militares. Algumas das considerações a ter são, por exemplo, o terreno, infraestruturas, áreas protegidas, condições meteorológicas, entre outras. A segunda etapa serve para identificar a doutrina tática e métodos de operação utilizados pelas forças opositoras. Finalmente, com a avaliação da área e a doutrina pretende-se perceber quais serão as atitudes e escolhas do inimigo. No entanto, devemos ter em atenção que o IPB pode, com a chegada de novos dados, sofrer algumas alterações, sendo necessário fazer correções e ajustes (NATO Standardization Office, 2014).

Associado a estes princípios, a rápida evolução da tecnológica tem tornado estes processos de recolha e análise de dados cada vez mais rápido e essenciais na procura por obter a melhor informação possível pois “a tecnologia não mudou apenas a forma como as guerras são travadas, mas a sua utilização tornou-se um fator chave na obtenção de poder militar” (Longley, 2005).

Uma das verentes que, atualmente, está a emergir e a ter cada vez mais peso é a utilização de sistemas de informação geográfica (SIG) pois permitem “receber, reformatar, criar, armazenar, recuperar, atualizar, manipular e condensar dados digitais”, (Longley, 2005) possibilitando, deste forma, atualizar e fornecer informação viável ao planeamento militar.

Capítulo 2

2. Sistemas de informação geográficos

Os sistemas de informação são “um sistema que reúne, guarda, processa e facilita informação relevante para a organização (...), de modo que a informação fique acessível e útil para aqueles que a querem utilizar” (Amaral & Varajão, 2007). Quando associamos este conceito à georreferenciação dos dados, obtemos então um sistema de informação “que realiza o tratamento computacional de dados geográficos e recupera informação não apenas com base nas suas características alfanuméricas, mas também através da sua localização espacial (...) onde todas as informações disponíveis sobre determinado assunto ficam ao nosso alcance e interrelacionadas com base no que lhes é comum – a localização geográfica”. (Câmara, 1989) Constituindo-se como “um sistema de suporte à decisão que integra dados referenciados espacialmente num ambiente de resposta a problemas”. (Cowen, 1998)



Figura 2 - Sistemas de informação geográfica

As geotecnologias tem tido uma crescente evolução associada à evolução computacional e consequente capacidade de trabalho com grandes quantidades de dados, permitindo adquirir, armazenar e visualizar dados provenientes de diversas fontes (Piroli, 2010).

2.1. Fontes de Dados

2.1.1. Detecção Remota

Detecção remota (DR) é “uma forma de obter informações acerca dos objetos, recolhendo e analisando dados sem que o instrumento usado esteja em contacto direto com eles”. (European Space Agency, 2015)

A radiação eletromagnética (REM) é a chave para a aquisição de imagens por DR, pois é possível deduzir as características físicas e químicas dos objetos à superfície da Terra através da REM emitida por esses objetos e posterior recolha e gravação pelos sensores a bordo dos satélites. Ao mesmo tempo, os próprios objetos emitem radiação, dependendo da sua temperatura, com uma intensidade e composição espectral própria. (Fonseca & Fernandes, 2004)

A maior parte dos sensores de DR são passivos pois detetam a REM refletida e emitida pela superfície da Terra – através da energia solar refletida (durante o dia) ou da energia terrestre (de dia e de noite). Quando é o próprio satélite que tem a sua fonte de iluminação, designa-se sistemas de DR ativos. (Fonseca & Fernandes, 2004)

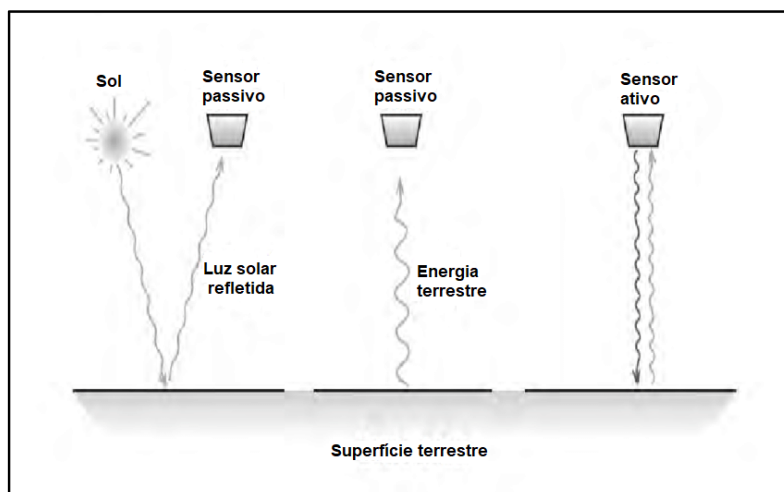


Figura 3 - Sensores ativos vs. sensores passivos

Assim sendo, a REM ao incidir sobre os objetos pode interagir com a matéria de três formas diferentes (Fonseca & Fernandes, 2004):

- Absorção: energia que entra num objeto após esta incidir sobre ele;
- Reflexão: mudança da direção de propagação da energia;

- Transmissão: a energia passa nos objetos sem ter qualquer contacto com as suas partículas, sendo recuperada na face oposta à face de incidência.

Maioritariamente, os “sistemas passivos de DR registam a REM refletida pela superfície terrestre, o parâmetro refletância¹⁴ vai ser fundamental na análise da interação entre a REM e a superfície terrestre”, (Fonseca & Fernandes, 2004) esta radiação ao atingir os sensores é armazenada sobre a forma de valor numérico, após a sua deteção e conversão. No entanto, este é dependente do ângulo de vista do sensor, das características do objeto, da orientação do Sol e da sua altura.

Os valores da refletância variam, de objeto para objeto, consoante a sua composição e textura, tendo em conta o mesmo ângulo de incidência.

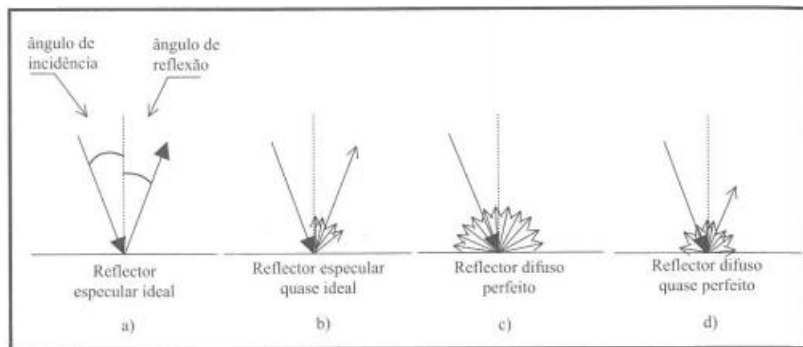


Figura 4 - Tipos de refletância. Fonte: (Fonseca & Fernandes, 2004)

Para a DR é importante perceber a refletância difusa dos objetos, pois é mais “seletiva em relação ao comprimento de onda do que a reflexão especular, que leva, por vezes, à saturação do sensor”. (Fonseca & Fernandes, 2004) Assim sendo, conseguimos perceber as características físicas do objeto, detetando só alguns comprimentos de onda.

Contudo, durante todo o caminho que a energia percorre esta sofre alterações, provocando atenuações da imagem:

- Absorção: faz com que parte da energia refletida ou emitida pelos objetos não atinjam os sensores;
- Dispersão: a propagação da radiação altera a sua direção.

¹⁴ Porção entre o fluxo de REM incidente e o fluxo que é refletido numa superfície.

Os sensores, transportados pelos satélites, deslocam-se a altitudes e velocidades diferentes. Estas características e o tipo de órbitas (figura 4) condicionam as imagens adquiridas. (Fonseca & Fernandes, 2004)

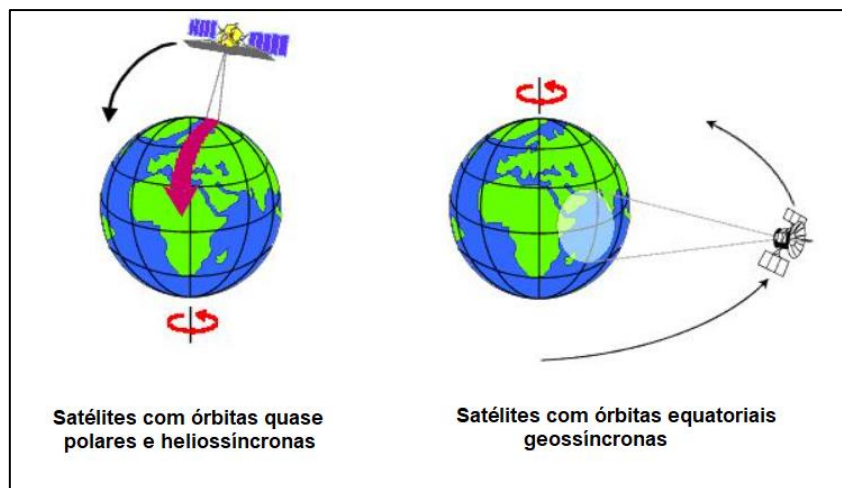


Figura 5 - Tipos de órbitas dos satélites

Os satélites que recolhem imagens têm órbitas quase polares e heliosíncronas, pois permitem uma melhor cobertura da superfície terrestre e, para uma mesma zona, possibilitam iguais condições de luminosidade. (Fonseca & Fernandes, 2004)

À medida que os satélites viajam pela sua órbita vão observando parte da superfície da Terra, estas áreas são denominadas de faixa (*swath*) e podem variar de dezenas a centenas de quilômetros de largura. Devido à rotação da Terra parece que o satélite se está a deslocar para Oeste, este movimento permite cobrir uma nova área a cada passagem. Quando o satélite executa um ciclo orbital passa exatamente pelo mesmo ponto na superfície da Terra, chamado ponto nadir, pela segunda vez. No entanto, é possível, através de sensores direcionáveis, visualizar faixas antes e depois da passarem pelo alvo, permitindo acompanhar um alvo durante um período prolongado. (Government of Canada, 2015)

Os detetores de DR operam normalmente na banda das micro-ondas, com comprimento de onda de 1cm a 1m. Como estes comprimentos de onda mais altos não são, em comparação com os mais baixos, afetados pelas dispersões atmosféricas, sendo, é assim possível operar através da nuvens, nevoeiro, poeiras e chuva, permitindo, deste modo, recolher imagens em todas as condições atmosféricas. (Fonseca & Fernandes, 2004)

No caso da DR passiva todos os objetos emitem energia nesta banda, embora em pequena quantidade, desta forma, as imagens costumam ser de baixa resolução¹⁵ espacial. Contrariamente, a DR ativa tem as suas próprias fontes de radiação na banda das micro-ondas para iluminar os alvos. O mais comum é o Radio Detecting and Raging (RADAR) permitindo emitir um sinal em direção ao alvo e detetar a porção de sinal reenviada. Podemos classificar os detetores de sinal de duas formas (Fonseca & Fernandes, 2004):

- Detetores de imagem: medem numa dimensão bidimensional os alvos;
- Detetores que não geram imagens: são dispositivos que medem numa dimensão linear como, por exemplo, os altímetros que servem para medir o atraso médio do percurso até ao alvo, para detetar a distância ao alvo, e os refletómetros que fazem medições quantitativas de energia retrorefletida¹⁶ pelos alvos, podendo servir, entre outros, para estimar a velocidade do vento, com base na rugosidade da superfície do mar.

Os dados adquiridos variam consoante a superfície e a rugosidade do solo. Superfícies lisas geram pouco retorno do sinal ao contrário das superfícies rugosas que têm um maior retorno (figura 5).

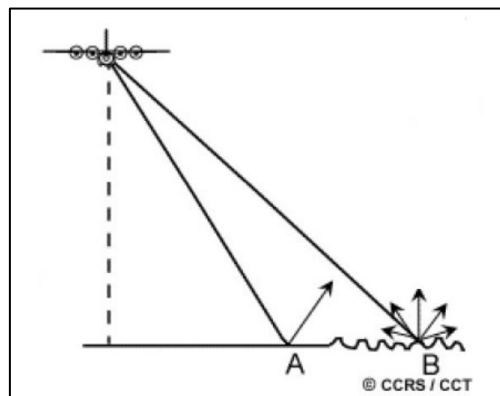


Figura 6 - Mecanismos de retroreflexão

¹⁵ Medida da capacidade que o detetor tem em distinguir sinais próximos.

¹⁶ Energia que retorna ao detetor

Outro fator importante é a distorção das imagens fruto da topografia do relevo e da distância ao sensor, podendo provocar zonas de sombra¹⁷ (figura 6) e distorções de escala¹⁸ (figura 7), que necessitam de ser corrigidas.

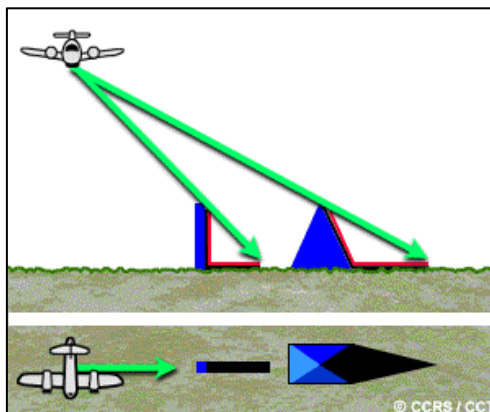


Figura 7 - Zonas de sombra

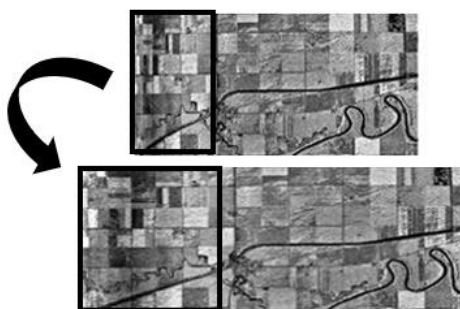


Figura 8 - Correções das distorções de escala

É também fundamental compreender o processamento e análise da imagem para se perceber o funcionamento do armazenamento dos dados recolhidos.

A imagem obtida por sensores remotos é constituída por um conjunto de matrizes de valores numéricos que registam os níveis radiométricos captados pelo sensor.

¹⁷ Aparecem como zonas escuras na imagem, pois não há energia retrorrefletida.

¹⁸ Ocorrem quando o RADAR mede a distância para os alvos na direção do alcance oblíquo e não a distância horizontal no solo.

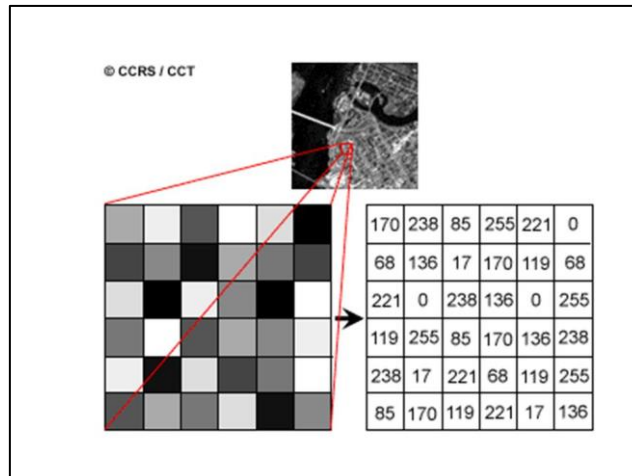


Figura 9 - Matriz de valores radiométricos

Após a recolha das imagens pelos sensores, estas sofrem algumas operações de processamento para se obter a informação essencial e adequada às necessidades. Podemos dividi-las em três operações (Fonseca & Fernandes, 2004):

- Pré-processamento: eliminar distorções presentes na imagem;
- Transformação: introdução de alterações na imagem original com o intuito de realçar a informação mais importante;
- Exploração da imagem: extrair a informação adequada às necessidades dos utilizadores.

As imagens extraídas são usualmente complementadas com outras fontes de informação, maioritariamente georreferenciadas, o que obriga a ter uma grande qualidade geométrica, quer interna como externa. A qualidade geométrica interna permite ter uma boa fidelidade de reprodução de objetos, permitindo medir comprimentos ou áreas de objetos, por exemplo. A qualidade geométrica externa tem a ver com a capacidade de sobrepor a imagem com outras fontes de informação, tais como, uma carta ou outra imagem. (Fonseca & Fernandes, 2004)

Para a realização de correções geométricas das imagens em relação à cartografia é necessário conhecer as relações entre as coordenadas das imagens e as coordenadas geográficas e cartográficas. Para tal existem dois métodos possíveis: utilização de pontos de controlo geométricos como pontos de referência entre a geometria das imagens e geometria de referência; e o outro método é o modelo de geometria de aquisição de imagem para estabelecer a relação entre as coordenadas da imagem e as coordenadas geográficas ou cartográficas. O primeiro é normalmente

usado para sobrepor cartografia ou outras imagens, e, também, eliminar distorções residuais. O segundo método é utilizado normalmente para eliminar as distorções devido à altura da plataforma e ao movimento dos satélites. (Fonseca & Fernandes, 2004)

2.1.2. Cartografia topográfica

Chama-se mapa uma “qualquer figuração plana da superfície da Terra, (...), na qual são representadas as posições relativas dos vários objetos, numa determinada escala e numa projeção cartográfica.” (Gaspar, 2000) Assim sendo, estas têm o intuito de fornecer ao utilizador informação sobre os objetos cartográficos, quer sejam naturais ou artificiais, e sobre a relação entre eles.

A grande diferença entre as cartas e as fotografias aéreas/DR prende-se pelo facto de as primeiras serem uma seleção de objetos geográficos, visíveis ou invisíveis, por forma a cumprir com o seu propósito, diminuindo a informação com o intuito de as tornar mais legíveis e eficazes, possuindo uma simbologia própria, com vista a tornar a sua leitura mais fácil; a segunda mostra-nos apenas a informação captada, não sofrendo qualquer tipo de arranjo posterior. (Gaspar, 2000)

Cartografia topográfica é produzida tendo em conta o objetivo da mesma, assim sendo, esta varia consoante os objetivos e finalidades da sua construção, tendo uma proporcionalidade direta entre o nível de detalhe e a escala, maiores escalas sofrem, naturalmente, uma diminuição no nível de detalhe. Por isso, a leitura das cartas requer algum conhecimento base pois pressupõe-se que a simbologia seja corretamente interpretada e, considerada e conhecida a geometria da superfície terrestre. (Gaspar, 2000)

2.1.2.1. Referenciação e projeções cartográficas

As cartas, como representação plana de uma realidade tridimensional, requerem uma representação, o mais fidedigna possível, do relevo. Uma das formas usualmente utilizadas é a sua representação através das curvas de níveis, consistindo este método na união de pontos com igual altitude por segmentos curvilíneos, fornecendo uma informação quantitativa mensurável. As curvas de nível representadas são mais bem representadas quanto menor a distância entre elas, no entanto, escolha de valores muito pequenos faz com que a carta fique sobrecarregada, dificultando a sua leitura. Complementarmente, também se pode, quando se achar conveniente, recorrer ao

método das cores hipsométricas, colorindo as áreas compreendidas entre os limites das curvas de nível. (Gaspar, 2000)

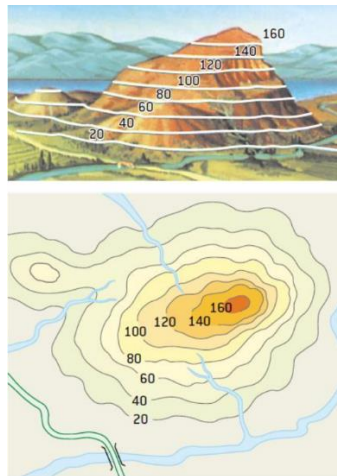


Figura 10 - Representação de curvas de nível na carta

Outro fator preponderante a ter em conta na construção de cartas topográficas é a rede geodésica, representando-se como um “conjunto de pontos distribuídos de forma homogênea num determinado território, formando uma malha triangular, e cujas posições relativas e coordenadas geográficas (...) são conhecidas com grande exatidão” (Gaspar, 2000)

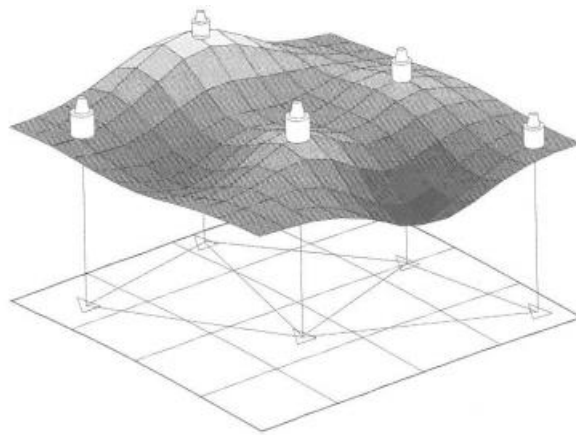


Figura 11 - Triangulação de uma rede geodésica numa superfície de referência. Fonte: (Gaspar, 2000)

Esta rede de vértices geodésicos encontra-se geralmente localizada no topo de colinas ou sobre os depósitos de água, apresentando-se com tamanhos e aspetos diversos. Existem 3 ordens de grandeza para os caracterizar:

- Rede geodésica primordial ou de 1ª ordem: dispostos numa grande malha triangular, com lados que medem de 30 a 60 Km, e cujas coordenadas geográficas são conhecidas com a maior exatidão possível;
- Rede geodésica de 2ª ordem: adensa a malha de 1ª ordem e encontram-se afastados entre si 20 a 30 Km;
- Rede geodésica de 3ª ordem: são os mais numerosos, adensando a malha de 2ª ordem, encontrando-se espaçados entre 5 a 10 Km entre si.

Outra questão relevante é a projeção cartográfica, constituindo-se como uma “transformação que faz corresponder a cada ponto P numa superfície de referência um ponto P’ no plano. O termo é utilizado, não só para designar este processo de transformação, mas também a sua materialização sobre as cartas, na forma de uma rede de meridianos e paralelos”. (Gaspar, 2000) Estas projeções consistem em duas operações independentes: através da aplicação de um fator de redução constante, reduzindo-se uniformemente a superfície de referência cartográfica a dimensões constantes, este passo não implica deformações, mantendo-se as posições relativas de todos os pontos e as distâncias. Seguidamente, é feita a planificação desse modelo por processos geométricos ou fórmulas matemáticas. Assim, dizer que a carta tem uma escala de 1:25 000, significa que na construção da carta a Terra foi reduzida 25 000 vezes antes de aplicar as fórmulas de projeção. (Gaspar, 2000)

Durante este processo de construção podem ocorrer diversas deformações:

- Ângulos: ângulos medidos como iguais são representados como diferentes;
- Área: iguais em diferentes locais da Terra são representados como diferentes;
- Distância: relações de distância entre vários pontos à superfície da Terra nunca são conservados;
- Azimute: os azimutes das direções das linhas que unem todos os lugares da superfície da Terra não se preserva.

As projeções cartográficas podem ser classificadas de três formas distintas (ver anexo A e B):

1. Quanto à forma de construção

- Projeções geométricas: baseiam-se no princípio de projeção, sobre o qual pontos são projetados;

- Projeções geométricas modificadas: apesar de utilizarem o conceito de superfície de projeção geométricas, são introduzidas transformações geométricas;
 - Projeções convencionais: concebidas segundo critérios matemáticos.
2. Quanto à superfície de projeção
 - Cónicas: a superfície de projeção é um cone;
 - Azimutais: a superfície de projeção é um plano;
 - Cilíndricas: a superfície de projeção é um cilindro;
 3. Quanto ao tipo de perspetiva
 - Centrográficas ou gnomónicas: o centro de perspetiva é o centro do modelo;
 - Estereográficas: o centro de perspetiva se situa sobre a superfície do modelo;
 - Ortográfica: o centro de perspetiva situa-se no infinito.

2.1.3. Hidrografia

“Hidrografia é o ramo da ciência que aplicada que trata da medição e descrição das características físicas dos oceanos, mares, zonas costeiras, lagos e rios, bem como da previsão das alterações ao longo do tempo, com o propósito primordial de segurança da navegação e apoio a todas as outras atividades marinhas, incluindo desenvolvimento económico, segurança e defesa, pesquisa científica e proteção ambiental”. (Hydrographic Dictionary Working Group, 2019)

O conhecimento da área envolvente à zona de desembarque é uma característica fundamental no planeamento nas operações anfíbias, como já foi explorado anteriormente, uma das decisões que tem de ser feitas pelo CATF e CLF é a determinação das áreas onde os navios se irão posicionar para o desembarque da FD. Para tal, é necessário conhecer muito bem a zona costeira e de rebentação da ondulação, permitindo, saber, entre outros até onde os navios podem avançar, tendo em consideração o seu calado e zonas de possível perigo para as embarcações de desembarque.

Existem diferentes métodos para identificar a geomorfologia costeira, algumas delas são: sondadores acústicos de feixe-simples, sondadores acústicos multifeixe e o sistema LIDAR (Light Detection and Ranging).

A sondadores acústicos de feixe-simples, utilizam a reflexão do feixe no fundo submarino para determinar a profundidade, tendo em conta o intervalo de tempo entre a transmissão de um impulso acústico e a sua receção. Permitindo apenas determinar a profundidade segundo uma direção fixa. Por outro lado, os sondadores acústicos multifeixe conseguem medir a profundidade em várias direções, permitindo, desta forma, ter “uma grande produtividade e permitem uma cobertura total do fundo.” (Artilheiro, 2006)

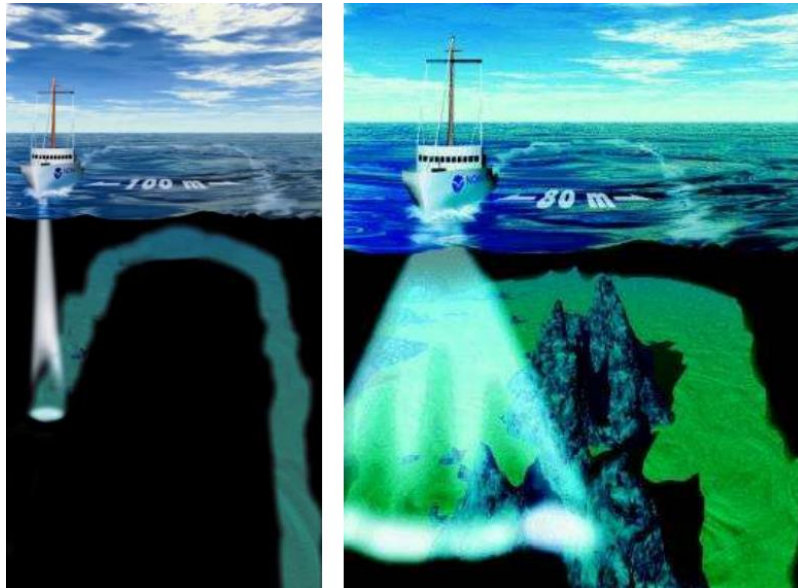


Figura 12 - Sondadores acústicos de feixe-simples e multifeixe

O sistema LIDAR é utilizado normalmente em profundidades baixas, inferiores a 40 metros, sendo “um meio ideal em operações de reconhecimento e efetuam simultaneamente a cobertura topográfica e batimétrica de zonas costeiras”. (Artilheiro, 2006) Estes sensores podem ser utilizados em satélites ou aeronaves, tendo uma lógica de funcionamento parecida à DR. Utilizando a “luz na forma de um laser pulsado para medir distâncias até à Terra. Esses pulsos de luz – combinados com outros dados registados pelos sistemas – geram informação precisas e tridimensionais sobre a forma da Terra e as características da superfície”, permitindo desenvolver modelos digitais de terreno, produzir mapas costeiros, entre outros. (National Oceanic and Atmospheric Administration, 2020)



Figura 13 - Imagem LIDAR. Fonte: (HEXAGON, 2020)

2.1.4. Outras fontes de dados

Para além das fontes de dados referenciadas anteriormente, os SIG's permitem incorporar outros dados, consoante os objetivos e prioridades definidas pelos utilizadores.

As imagens panorâmicas representam um método eficaz de representar uma área, pois permite ao utilizador ter uma visão bastante clara do que encontrará num determinado local, apesar de serem representadas de forma bidimensional, dado que são resultado de uma série de fotografias, acedidas através de máquinas fotográficas panorâmicas ou digitais comuns, permitindo bastante realismo. Este tipo de imagens facilita a compreensão e orientação geográfica, constituindo-se como uma fonte de informação operacional rica. (Akçay et al., 1998) Ao mesmo tempo, os avanços científicos neste campo permitem através de alguns cálculos simples ajustar e orientar as imagens por forma a tornar possível medir distâncias e ângulos. (IOPscience, 2016)

A integração deste tipo de imagens em ambiente digital pode corroborar os dados armazenados/recolhidos através das curvas de nível/perfil topográfico de uma área, dando uma melhor visualização da área, fornecendo, desta forma, melhor informação aos decisores.



Figura 14 - Exemplo de uma imagem panorâmica. Fonte: (Krauss, 2019)

Outros dados podem ser a rede de estradas numa área de interesse, densidade populacional, ou qualquer outro tipo de dados, desde que possam ser geograficamente referenciados.

2.2. Geospatial Intelligence

Geospatial Intelligence (GEOINT) consiste na “exploração e análise de imagens e informações geoespaciais para descrever, avaliar, e representar visualmente características físicas e geograficamente referenciadas à superfície da Terra.” (National System for Geospatial Intelligence, 2006) Esta é fruto da integração de três componentes:

- Imagens: constituem-se como a base e são fruto da recolha por fontes, tais como deteção remota e imagens panorâmicas;
- Informação de imagens: informações que derivam da interpretação ou análise de imagens e informações recolhidas;
- Informação geoespacial: informação que identifica a localização geográfica, bem como as características naturais e limites, tais como a rede de estradas, hidrografia, geomorfologia, entre outras.

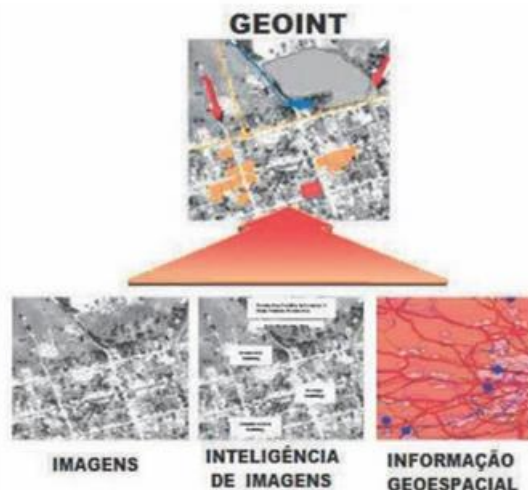


Figura 15 - Geospatial Intelligence. Fonte:(National System for Geospatial Intelligence, 2006)

Esta capacidade permite fundir, num só sistema, dados do terreno, climatológicos, zonas costeiras, facultando aos comandantes um aumento do conhecimento sobre a situação local, auxiliando, desta forma, a análise das áreas de operações, percebendo-se os limites e constrangimentos quer para as nossas forças, quer para o inimigo.

Esta capacidade aumenta consideravelmente a capacidade de avaliação da área e consequente integração da ameaça, no IPB, porque fornece maior exatidão na precisão e detalhe.

2.3. Datums e sistemas de coordenadas

A possibilidade de implementar nos SIG's grande quantidade de dados e fontes de informação acarreta dificuldades que devem ser ultrapassadas, tais como (Ilfie & Lott, 2008):

- Combinar mapas digitais de duas fontes diferentes, por exemplo, fronteiras geográficas com a rede de estradas;
- Combinar imagens obtidas através da DR com cartografia.

A Terra é um corpo irregular, pois contém planícies, montanhas e vales, o que torna difícil os cálculos e projeções. O geóide, introduzido por Johann Listing, em 1878, tenta facilitar esta representação, utilizando o conceito de “superfície de nível equipotencial (superfície de potencial gravitacional constante) aproximadamente coincidente com o nível médio do mar, prolongado sob os continentes” (Journal of Integrated Coastal Zone Management, 2007)

No entanto, devido a algumas irregularidades locais provocadas por mudanças de gravidade, foi necessário encontrar uma aproximação que se ajustasse melhor às necessidades computacionais e de cálculo. Desta forma, começou-se a utilizar uma melhor aproximação da Terra através do elipsóide de revolução, mais conhecido apenas por elipsóide. (Ilfie & Lott, 2008) Esta transformação resulta “da rotação de uma elipse em torno de um dos seus eixos”. (Gaspar, 2000) Definindo-se o elipsóide por dois parâmetros, a – semi-eixo maior e b – semi-eixo menor.

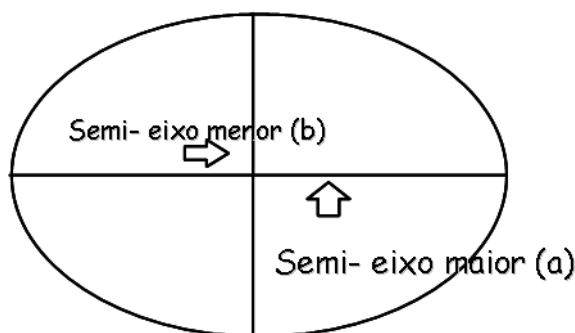


Figura 16 - Parâmetros de um elipsóide

Estes dois parâmetros permitem também obter o achatamento, f , e a excentricidade, e , do elipsóide:

$$f = \frac{a - b}{a} \quad (2.1)$$

$$e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2} \quad (2.2)$$

“Um sistema de coordenadas é um meio de referenciar posições no espaço através de medidas de comprimentos, de ângulos, ou de ambos, tomadas a partir de origens determinadas” (Gaspar, 2000)

Os sistemas de coordenadas geográficas utilizam o conceito de latitude e longitude como forma de referenciar posições à superfície de Terra.

Se considerarmos que a Terra assume a forma de uma esfera podemos considerar, uma vez que todos os pontos são equidistantes do centro, bastando definir dois ângulos para definir a sua posição.

Como vimos anteriormente, podemos considerar a Terra um elipsóide, neste caso, e, devido ao facto de os meridianos serem elípticos, a latitude de um ponto neste caso, passa a ser o ângulo formado entre a normal ao elipsóide nesse lugar e o plano do equador. Desta forma, as normais ao lugar não são sempre concorrentes com o centro do elipsóide. Assim, foi necessário definir um novo parâmetro, a latitude geocêntrica, definida como o ângulo entre o centro do elipsóide e a posição à superfície.

As coordenadas astronómicas surgiram muito antes de se conhecer a verdadeira forma e dimensões da Terra, no entanto, este método permitia determinar a nossa latitude astronómica através do ângulo formado entre a vertical do lugar e o plano do equador.

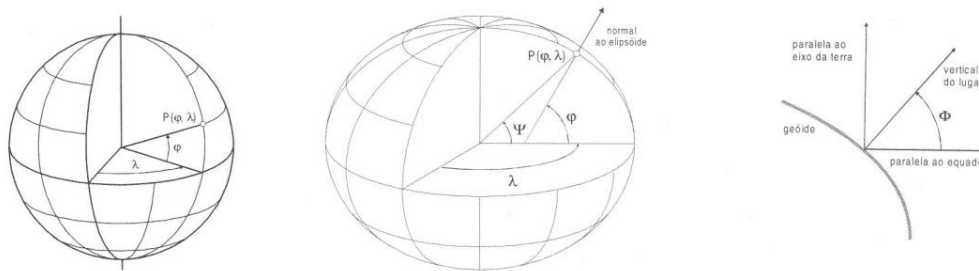


Figura 17 - Coordenadas esféricas; elipsoidais; astronómicas. Fonte: (Gaspar, 2000)

Estes três métodos apresentados anteriormente não são as únicas formas de representar uma posição à superfície da Terra, existem outros métodos, entre eles destacam-se as grades geográficas e as grades cartesianas ou quadrículas cartográficas.

As grades geográficas destinam-se a referenciar e designar, com base nos meridianos e paralelos, áreas e posições. A grande diferença entre estas e as grades cartesianas é o facto de serem “independentes da projeção cartográfica, na medida em que utilizam a rede de meridianos e paralelos sobre a superfície curva da Terra”. (Gaspar, 2000) O sistema de grades geográficas mais utilizado é o sistema UTM.

O sistema UTM (Universal Transverse Mercator) divide a Terra em 60 fusos de 6° de amplitude longitudinal, limitando pelos meridianos dos 84° Norte e 80° Sul. Os fusos são depois subdivididos em zonas com 8° em latitude, identificando cada um com uma letra. Posteriormente, cada zona é subdividida em quadrados com 100 Km de lado, com uma identificação de duas letras cada. Este sistema é usualmente utilizado na produção de cartas náuticas.

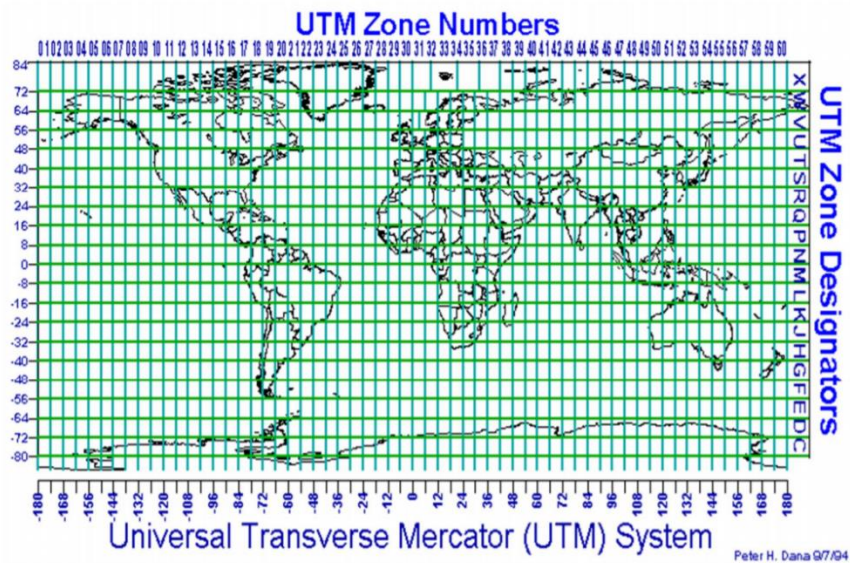


Figura 18 - Universal Transverse Mercator

As grades cartesianas surgiram na 1ª Guerra Mundial, com a necessidade de simplificar os cálculos de ângulos e distâncias e são um sistema de coordenadas retangulares, normalmente graduados em metros, com o objetivo de facilitar a marcação de posições, cálculo de azimutes e distâncias. (Gaspar, 2000)

Para se evitar a utilização de números negativos, pode-se deslocar a origem do referencial, de modo que toda a área de projeção se situe no 1º quadrante. Assim sendo, o Sistema Militar Português, baseada no sistema Hayford-Gauss-Militar, sofreu uma translação da origem de 200 Km para Oeste e 300 Km para Sul, de forma que todo o território nacional continental se situe no 1º quadrante, ficando assim, o ponto fictício situado a Oeste do Cabo de S. Vicente.

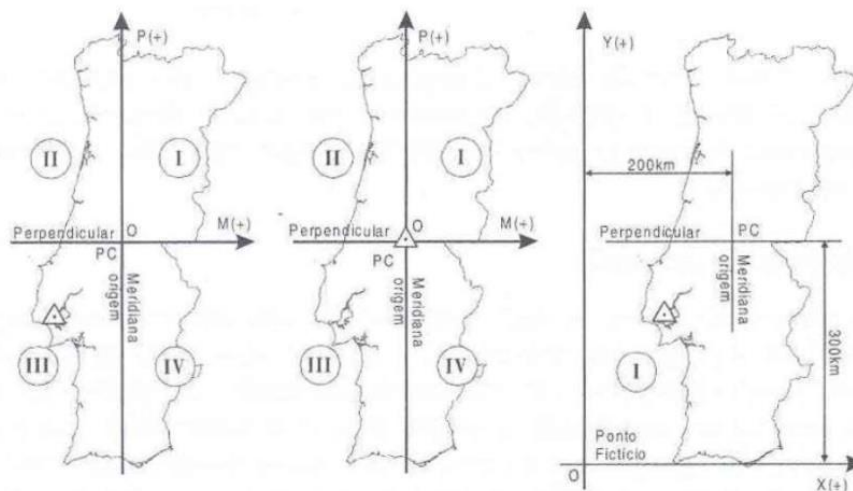


Figura 19 – Sistema de projeção do território nacional Hayford-Gauss-Lisboa, Hayford-Gauss-Melriça, Hayford-Gauss-Militar. Fonte: (Venâncio, 2014)

Como podemos ver na figura anterior, existe um triângulo que se situa na primeira e terceira figura na zona de Lisboa e, na segunda, posiciona-se em Melriça, isto tem a ver com o datum de referência.

O datum é “a informação requerida para fixar o sistema de coordenadas num ponto à superfície da Terra”. (Iliffe & Lott, 2008) Pode-se identificar os datum de quatro maneiras diferentes: datum geodésico, datum vertical, *engineering* datum e datum de imagem.

O datum geodésico define a relação existente entre o geóide e a elipsóide, dividindo-se entre dois tipos: os datum locais, “nos quais a posição do elipsóide de referência é estabelecida através da latitude, longitude, altura de um ponto de fixação, bem como de um azimute medido, a partir deste, para uma outra posição¹⁹” (Gaspar, 2000); e os datum globais, onde a posição é escolhida de forma a abranger toda a superfície do geóide, fazendo coincidir o máximo possível o centro de massa da Terra com o centro geométrico do elipsóide. (Gaspar, 2000)

¹⁹ “O elipsóide é posicionado de forma a fazer coincidir, nesse ponto, as coordenadas astronómicas com as coordenadas geodésicas”. (Gaspar, 2000)

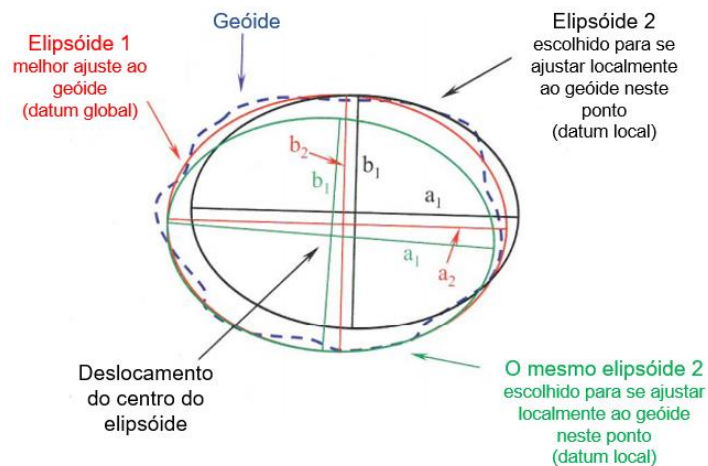


Figura 20 - Datum geodésico. Fonte: (Iliffe & Lott, 2008)

A utilização de datums locais torna necessário perceber que muitas vezes, apesar de utilizarmos o mesmo elipsóide, a sua rotação torna, inevitavelmente, as suas coordenadas diferentes.



Figura 21 - Latitude e Longitude relativa a diferente datums geodésicos. Fonte: (Iliffe & Lott, 2008)

Os datums verticais são a superfície de referência que definem altitudes de pontos à superfície da Terra. Isto é feito através da determinação do nível médio do mar, pois como vimos anteriormente, o geóide é definido como a superfície equipotencial que corresponde aproximadamente ao nível médio do mar. (Iliffe & Lott, 2008)

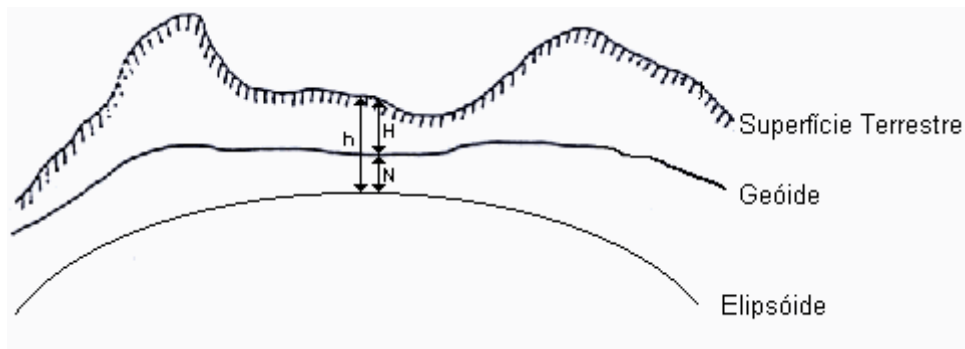


Figura 22 - Alturas relativas ao elipsóide e geóide

Com isto podemos concluir que:

$$h = H + N \quad (2.3)$$

Onde h é a altitude elipsoidal – a altura entre o elipsóide e a superfície terrestre; H a altitude ortométrica – distância entre o geóide e a superfície da Terra; N representa a distância entre o elipsóide e o geóide, medida em relação à normal ao elipsóide;

O *engineering datum* são utilizados em estruturas fixas, tais como: edifícios e offshores permanentes ou em plataformas em movimento, como por exemplo: veículos, navios ou aeronaves. Os datum são fixados ao corpo que está sendo medido, quando os sistemas são fixos à Terra, geralmente há uma marca física como ponto de referência local. Em geral podemos dizer que um *engineering datum* é qualquer um que não seja geodésico nem vertical. (Iliffe & Lott, 2008)

Os datum de imagens descrevem posições respetivamente a um objeto e não à superfície da Terra. (Iliffe & Lott, 2008)

2.3.1. Sistemas de projeção em Portugal

A escolha da projeção cartográfica e o *datum* geodésico a implementar durante o processo de desenvolvimento da cartografia são dois aspetos indissociáveis, devido ao “facto de duas cartas partilharem a mesma projeção cartográfica não significar necessariamente que as respetivas coordenadas (...) sejam compatíveis entre si, uma vez que as referências fundamentais podem ser distintas” (Universidade Nova de Lisboa, 2011)

Em Portugal Continental os sistemas mais utilizados são apresentados na tabela a seguir.

Sistema	Projeção	Datum
BBL	Bonne	Bessel-Lisboa
HGL	Gauss	Hayford-Lisboa
HGM	Gauss	Hayford-Lisboa
HG73	Gauss	Datum 73
ETRS89 Gauss	Gauss	ETRS89
ED50 UTM	UTM	ED50
WGS84 Gauss	Gauss	WGS84

Tabela 2 -Sistemas de projeção em Portugal Continental. Fonte (adaptado):(Universidade Nova de Lisboa, 2011)

A necessidade da navegação marítima faz com que existam algumas diferenças entre a cartografia topográfica e a náutica, variando o *datum* consoante a área a representar, a escala, fontes e o período em que foi desenvolvida. No entanto, a sua projeção é maioritariamente a de Mercator. Ao mesmo tempo, representações das mesmas áreas podem ter diferentes *datums*, uma vez que a segurança e a exatidão da navegação têm maior veemência quanto mais próximo de costa se estiver. Outro fator importante a ter em consideração, é o facto de a cartografia náutica não utilizar, de forma comummente, as quadrículas cartográficas, uma vez que a navegação marítima é realizada ao longo de grandes distâncias, sendo, portanto, inevitável, ter em consideração a curvatura da Terra e considerada como referência o Norte geográfico como parâmetro para a orientação no mar. (Universidade Nova de Lisboa, 2011) Assim sendo, em Portugal maioritariamente a produção cartográfica náutica utiliza a coordenadas geográficas referentes ao elipsóide de Hayford, excetuando o WGS84, utilizado na Carta Eletrónica de Navegação Oficial. Relativamente aos *datums* no continente português optou-se por utilizar o sistema ED50, apesar de as mais antigas estarem a utilizar o *Datum* Hayford-Lisboa. No entanto, com a massificação da utilização do GPS e da Carta Eletrónica de Navegação, com o objetivo de melhorar a compatibilidade, existe “a intenção de passar a utilizar o WGS84 em toda a cartografia náutica impressa”(Universidade Nova de Lisboa, 2011)

2.3.2. Transformações

Apesar de se definir o datum a implementar aquando da seleção do sistema de coordenadas, é possível alterar as coordenadas de referência com base nos datums escolhidos. (Iliffe & Lott, 2008)

Existem diferentes formas de se conseguir estas transformações, no entanto podemos dividi-las em dois métodos principais:

1. Método baseado em equações:
 - Método dos três parâmetros;
 - Método dos sete parâmetros;
 - Método Molodensky;
 - Método Molodensky resumido.
2. Método baseado em grades.

O método dos três parâmetros modela a diferença entre dois sistemas, onde é definido as coordenadas iniciais (X_S, Y_S, Z_S) e as coordenadas objetivo (X_T, Y_T, Z_T).

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_T = \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_S \quad (2.4)$$

Sendo ($\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$) a distância, média em metros, entre os sistemas de coordenadas iniciais e as coordenadas objetivo.

Este método, no entanto, acarreta muitos erros porque não tem em consideração possíveis desalinhamentos dos eixos de rotação, nem o efeito da propagação de diferentes comprimentos. Desta forma, o método dos sete parâmetros veio dar resposta a este problema, implementando dois novos conceitos ao anterior método, o fator de escala entre os dois sistemas, μ ; e matriz de rotação, R . (Iliffe & Lott, 2008)

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_T = \mu R \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_S + \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} \quad (2.5)$$

Onde,

$$R = \begin{bmatrix} 1 & -\alpha_Z & \alpha_Y \\ -\alpha_Z & 1 & \alpha_X \\ \alpha_Y & -\alpha_X & 1 \end{bmatrix} \quad (2.6)$$

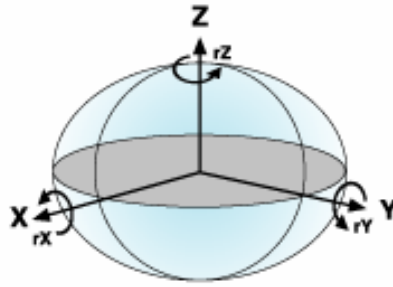


Figura 23 - Método dos sete parâmetros. Fonte: (ArcGIS DesktoK, 2020c)

O método de Molodensky converte “diretamente entre dois sistemas de coordenadas geográficas”. (ArcGIS DesktoK, 2020c)

$$\begin{bmatrix} \varphi \\ \lambda \\ h \end{bmatrix}_T = \begin{bmatrix} \varphi \\ \lambda \\ h \end{bmatrix}_s + \begin{bmatrix} \Delta\varphi \\ \Delta\lambda \\ \Delta h \end{bmatrix} \quad (2.7)$$

Onde,

$\Delta\varphi$

$$= \frac{-\Delta X \sin \varphi \cos \lambda - \Delta Y \sin \varphi \sin \lambda + \Delta Z \cos \varphi + \Delta a \frac{(ve^2 \sin \varphi \cos \varphi)}{a} + \Delta f \left(\rho \frac{a}{b} + v \frac{b}{a} \right) \sin \varphi \cos \varphi}{(\rho + h) \sin 1} \quad (2.8)$$

$$\Delta\lambda = \frac{-\Delta X \sin \lambda + \Delta Y \cos \lambda}{(v + h) \cos \varphi} \quad (2.9)$$

$$\Delta h = \Delta X \cos \varphi \cos \lambda + \Delta Y \cos \varphi \sin \lambda + \Delta Z \sin \varphi - \Delta a \frac{a}{v} + \Delta f \frac{b}{a} v \sin^2 \varphi \quad (2.10)$$

- φ – latitude
- λ – longitude
- h – altura do elipsóide
- a – semi-eixo maior do elipsóide
- b – semi-eixo menor do elipsóide
- f – achatamento do elipsóide
- e – excentricidade do elipsóide

Sendo que, v , representa o raio da curvatura vertical principal (direção Este-Oeste), e, ρ , é o raio da curvatura meridional (direção Norte-Sul). (Iliffe & Lott, 2008):

$$v = \frac{a}{\sqrt{(1 - e^2 \sin^2 \varphi)}} \quad (2.11)$$

$$\rho = \frac{a(1 - e^2)}{\sqrt[3]{(1 - e^2 \sin^2 \varphi)}} \quad (2.12)$$

O método Molodensky resumido simplifica as fórmulas anteriores ($\Delta\varphi, \Delta\lambda, \Delta h$), permitindo uma computação mais eficiente, (Iliffe & Lott, 2008) pois:

$$\Delta\varphi = \frac{-\Delta X \sin \varphi \cos \lambda - \Delta Y \sin \varphi \sin \lambda + \Delta Z \cos \varphi + (a\Delta f + f\Delta a) \sin 2\varphi}{\rho \sin 1} \quad (2.13)$$

$$\Delta\lambda = \frac{-\Delta X \sin \lambda + \Delta Y \cos \lambda}{v \cos \varphi \sin 1} \quad (2.14)$$

$$\Delta h = \Delta X \cos \varphi \cos \lambda + \Delta Y \cos \varphi \sin \lambda + \Delta Z \sin \varphi + (a\Delta f + f\Delta a) \sin^2 \varphi - \Delta a \quad (2.15)$$

A transformação de diferentes fontes de dados gera, naturalmente, distorções. Seria possível contornar esta dificuldade ao aplicar transformações apenas a pequenas áreas, no entanto, gerar-se-iam parâmetros diferentes em áreas sobrepostas. A solução para este problema é arranjar uma transformação multiparâmetro universal, implicando-se um esforço inicial elevado, mas aumentando a eficiência e clareza. (Iliffe & Lott, 2008)

Primeiramente são identificados o maior número de pontos de controlo possíveis. Isto pode ser conseguido através da hierarquização: são observados pontos espaçados, inicialmente, e, seguidamente, deriva-se uma transformação de similaridade. “Ao examinar os vetores da transformação inicial, podemos identificar a correlação espacial: onde os vetores mudam bruscamente de um ponto de controlo para outro, sendo que as observações precisam de ser densificadas para detetar o padrão da distorção.” (Iliffe & Lott, 2008)

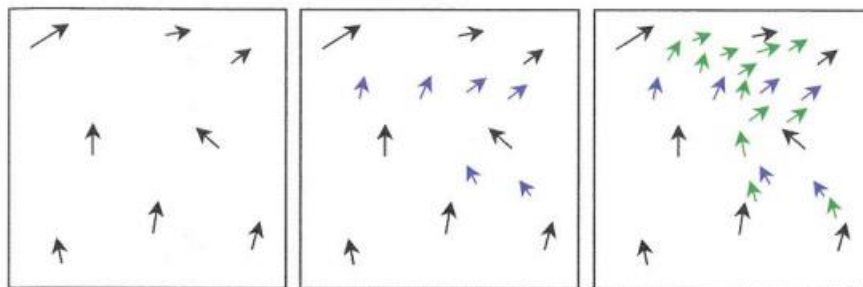


Figura 24 – Densificação dos pontos de controlo até se encontrar um padrão. Fonte: (Iliffe & Lott, 2008)

Após serem identificados os pontos em comum, entre as diferentes fontes, é sobreposta uma grade. Interpolando os valores de latitude e longitude separadamente, em cada ponto, P, utilizando as coordenadas do sistema que queremos transformar, T, e o sistema original, S. (Iliffe & Lott, 2008)

$$\varphi_T = \varphi_S + \Delta\varphi \quad (2.16)$$

$$\lambda_T = \lambda_S + \Delta\lambda \quad (2.17)$$

As variáveis $\Delta\varphi$ e $\Delta\lambda$ são encontradas através da interpolação bilinear: (Iliffe & Lott, 2008)

$$\Delta\varphi_P = \Delta\varphi_A + (\Delta\varphi_B - \Delta\varphi_A)m + (\Delta\varphi_D - \Delta\varphi_A)n + (\Delta\varphi_A - \Delta\varphi_B + \Delta\varphi_C - \Delta\varphi_D)mn \quad (2.18)$$

$$\Delta\lambda_P = \Delta\lambda_A + (\Delta\lambda_B - \Delta\lambda_A)m + (\Delta\lambda_D - \Delta\lambda_A)n + (\Delta\lambda_A - \Delta\lambda_B + \Delta\lambda_C - \Delta\lambda_D)mn \quad (2.19)$$

Onde,

$$m = \frac{\lambda_P - \lambda_A}{\lambda_B - \lambda_A} \quad (2.20)$$

$$n = \frac{\varphi_P - \varphi_A}{\varphi_B - \varphi_A} \quad (2.21)$$

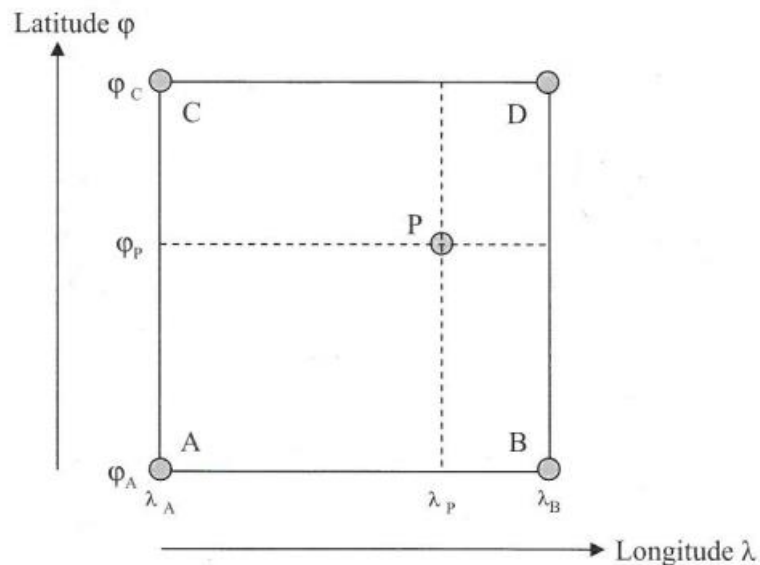
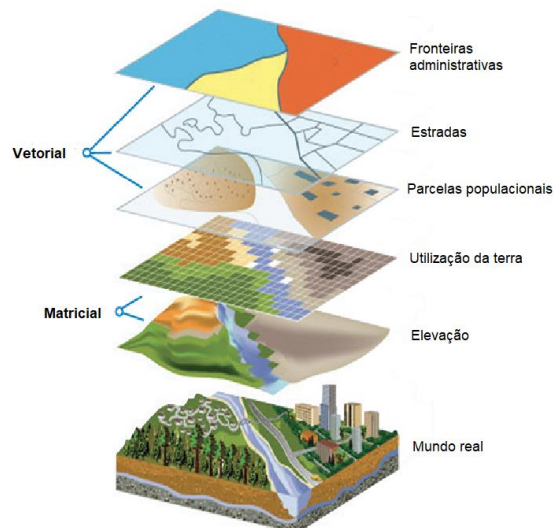


Figura 25 - Interpolação bilinear. Fonte: (Iliffe & Lott, 2008)

Comparando os dois métodos, o baseado em equações e em grades, normalmente, o das grades fornece uma melhor precisão, porque, “tipicamente, o método dos três parâmetros tem uma precisão de 5m, o método dos sete parâmetros uma precisão de 1m, e a interpolação bilinear uma precisão de 0.1m”. (Iliffe & Lott, 2008) No entanto, o método baseado em grades não preserva a forma original dos dados, o que faz com que, quando este for um parâmetro importante nas transformações, se opte pelo método baseado em equações. (Iliffe & Lott, 2008)

2.4 Classificação dos dados

Os dados podem ser classificados de duas formas distintas: dados vetoriais ou matriciais.



Os dados vetoriais estão associados a “dados de natureza discreta, onde os dados são caracterizados por fronteiras geográficas bem definidas, e por informação ausente na sua vizinhança, i.e., apenas existe informação onde os dados desta natureza se localizam” (Silva et al., 2016) Baseando-se nos elementos geométricos (pontos, linhas, polígonos), georreferenciados. Onde os pontos representam um par de coordenadas, as linhas são definidas por pelo menos dois pares de coordenadas e os polígonos são um conjunto de linhas com ponto de origem e final coincidentes, permitindo representar áreas e perímetros. (Piroli, 2010)

Por outro lado, os dados matriciais são divididos “numa matriz de células ou píxeis às quais se atribuem propriedades ou atributos. Esta matriz representa, assim, a variação das propriedades ao longo de todo o espaço representado”. (Silva et al., 2016)

Estes dados estão diretamente relacionados com o tamanho do píxel. Sendo que quanto maior for a célula menor será o seu detalhe, e, conseqüentemente, a sua resolução espacial. No entanto, é necessário encontrar um ponto de equilíbrio entre o nível de resolução que se pretende e a capacidade de armazenar e de computação dos dados.

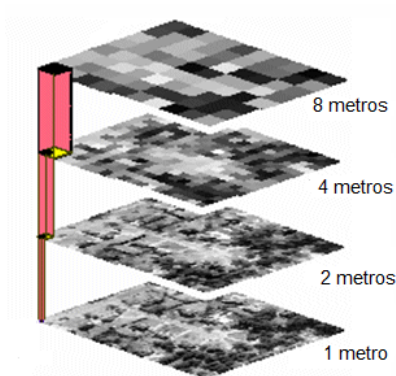


Figura 26 – Nível de detalhe tendo em conta o tamanho do píxel. Fonte: (ArcGIS Desktop, 2020a)

“A célula normalmente representa a característica ou fenómeno predominante da área coberta por uma célula, enquanto os dados vetoriais podem delinear ou identificar com precisão características individuais.” (ArcGIS Desktop, 2020c) Por isso, a representação de características geográficas leva à perda de identidade exclusiva de alguns objetos, pois cada célula não armazena atributos adicionais. Como resultado, os dados matriciais são geralmente empregues em variação geral de relevo, temperatura, imagens obtidas através da DR, entre outros. (Silva et al., 2016)

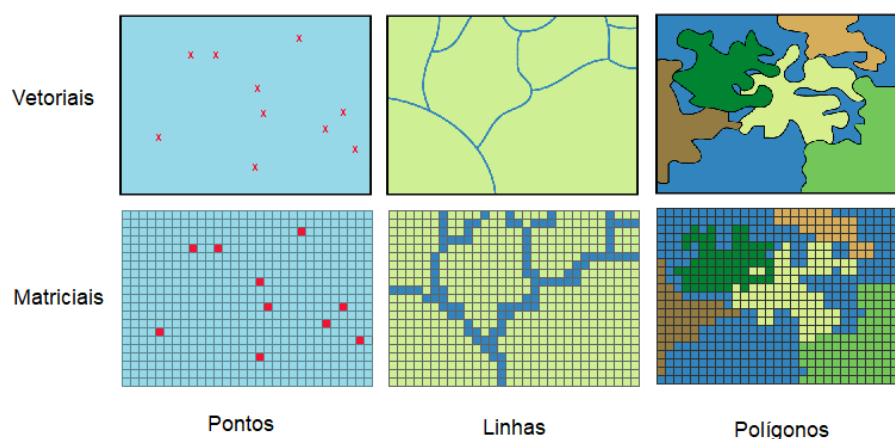


Figura 27 - Representações dos dados vetoriais e matriciais. Fonte (adaptado): (ArcGIS Desktop, 2020d)

	Vantagens	Desvantagens
Matriciais	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil de produzir • Fácil análise • Rápido processamento de dados 	<ul style="list-style-type: none"> • Difícil de representar objetos mais pequenos que as células • Escalas pequenas requerem maior armazenamento de dados • Representação altamente generalizada de dados discretos²⁰
Vetoriais	<ul style="list-style-type: none"> • Geometria discreta simples • Fácil de editar • Preserva o tamanho e a escala dos objetos • Fácil de conferir atributos a objetos 	<ul style="list-style-type: none"> • Difícil de representar dados contínuos²¹ • Necessário editar muitos dados manualmente • Processamento complexo

Tabela 3 - Vantagens e desvantagens dos dados matriciais e vetoriais.

Fonte (adaptado): (Alam, 2012)

²⁰ Dados discretos são objetos com “limites conhecidos e definíveis: é fácil definir com precisão onde o objeto começa e acaba”. (ArcGIS Desktop, 2020b)

²¹ Dados contínuos representam “fenômenos nos quais cada localização à superfície é medida num ponto de concentração ou relacionado com um ponto fixo no espaço.” (ArcGIS Desktop, 2020b)

Parte II

Conceptualização e experimentação
do modelo

Capítulo 3

3. Desenvolvimento do modelo

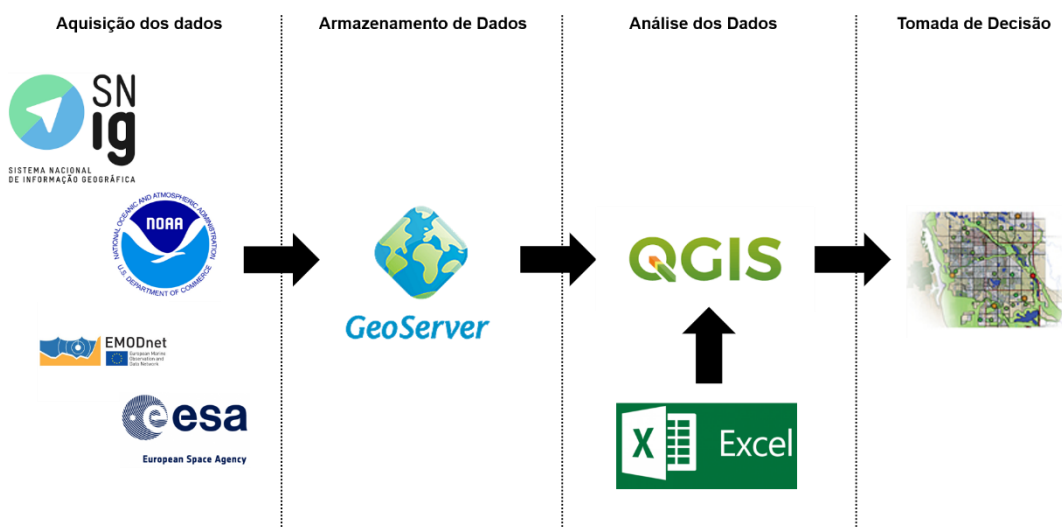


Figura 28 - Sequência de trabalhos

3.1 Aquisição dos dados

Todo este trabalho perderia a sua essência sem uma base forte e confiável de dados. No entanto, existe uma quantidade imensurável de dados disponíveis, sendo necessário identificar os melhores locais para os aceder, não só em termos de qualidade, mas também em credibilidade. Assim sendo, através do Sistema Nacional de Informação Geográfica (SNIG), que se apresenta como uma “Infraestrutura Nacional de Informação Geográfica que permite o registo e pesquisa de dados e de serviços de dados geográficos produzidos por entidades públicas e privadas em Portugal” (Direção Geral do Território, 2019). Por outras palavras, podemos dizer que esta plataforma agrega um vasto leque de dados recolhidos em Portugal, disponibilizando-os ao público de forma simples, tornando-se, assim, a pesquisa e a recolha de dados centralizada.

Esta plataforma digital foi desenvolvida em linha com a Diretiva INPIRES²² que veio fazer com que se criasse uma “Infraestrutura Europeia de Informação Geográfica, que pretende promover a disponibilização de informação de natureza espacial, utilizável na formulação, implementação e avaliação das políticas ambientais da União Europeia” (Direção Geral do Território, 2019a).

No entanto, existem igualmente outras plataformas que disponibilizam dados viáveis e que podem ser facilmente aplicáveis em projetos de desenvolvimento de SIG, tais como: a NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*); a ESA (*European Space Agency*); entre outras.

3.2 Armazenamento dos dados – GeoServer

No início de 2001, o *The Open Planning Project*, iniciou o desenvolvimento da ferramenta *GeoServer*. Fundamentalmente, este servidor utiliza o conceito de código aberto, que permite uma interoperabilidade entre a produção e a partilha de dados espaciais (GeoServer, 2018).

A escolha deste *software* deve-se ao facto deste servidor conseguir utilizar dados de um enorme leque não só de fontes, mas também disponibilizando uma ampla gama de serviços (ver anexo C).

A base para o funcionamento do servidor são os dados, por isso, o *GeoServer* utiliza as seguintes ferramentas para o armazenamento:

- Espaços de trabalho (*Workspace*): São utilizados para organização, pois podemos relacionar várias camadas a um mesmo espaço de trabalho.
- Lojas (*Stores*): É aqui que se conecta os dados ao local onde eles estão armazenados. Sendo que cada uma está associada a um espaço de trabalho definido por nós.
- Camadas (*Layers*): Aqui são armazenados os metadados. Sendo que sempre que se acrescenta um novo dado, é criada uma nova camada.
- Grupos de camadas (*Layer groups*): Permite combinar diferentes camadas em grupos, originando uma melhor organização em sistemas complexos.

(Iacovella & Youngblood, 2013)

²² Entrou em vigor em Portugal em 15 de maio de 2007, após a Diretiva 2007/2/EC do Parlamento Europeu e do Conselho. (Direção Geral do Território, 2019a)

3.3 Análise dos dados – *Software Quantum GIS (QGIS)*

Para a análise e tratamento dos dados será utilizado o software QGIS que se constitui como uma plataforma de código aberto e gratuito à comunidade, possuindo capacidade de manusear e adaptar os dados às necessidades dos utilizadores (Baisantry & Saxena, 2017).

Este *software* foi desenvolvido em 2002 e tem vindo a ser, progressivamente, melhorado e corrigido por voluntários, pertencendo à *Open Source Geospatial Foundation (OSGeo)*²³. Permitindo trabalhar com uma enorme quantidade de ferramentas internas ou externas, acessadas através de *plugins* disponibilizados pela comunidade (Lira et al., 2002).

Para além de tudo isto, a interface gráfica é simples e intuitiva, oferecendo, também, uma conexão a bases de dados; e a diversos aplicativos de visualização e manipulação de dados.

3.3.1 Desenvolvimento do modelo

A preparação inicial dos dados para, posteriormente, ser utilizado na fusão dos mesmos, foi feita através da ferramenta *Model Designer*. Para a sua implementação é necessário perceber que existem três formatos diferentes e que significam:

- Amarelo: dados de entrada;
- Branco: algoritmos de análise;
- Verde: dados de saída.

²³ “Organização sem fins lucrativos cuja missão é promover a adoção global da tecnologia geoespacial aberta” (OSGeo, 2021)

A implementação inicial deste modelo tem algumas particularidades que devem ser tidas em consideração para que a sua utilização seja feita de forma eficiente. Constituem-se como requisitos essenciais à execução do modelo:

Tabela 4 - Requisitos de dados para o modelo

	Fontes externas (GeoServer)	Utilizador
Obrigatório	Imagens Satélite ²⁴ Massas de água Dados altimetria e batimetria Carta de Ocupação do Solo (COS)	Selecionar linha de costa para a área de estudo Criar polígono que englobe toda a área de estudo Escolher a distância em relação à linha de costa
Opcional	Rede rodoviária Rede ferroviária Lidar	

Para a obtenção de bons resultados nesta preparação inicial dos dados é primordial estabelecer muito bem a área de estudo, para tal, é fulcral: definir, logo no início, o Sistema de Referência de Coordenadas, uma vez que o modelo irá sempre que for necessário reprojeter uma camada utilizar o SRC do projeto; que os utilizadores selecionem a linha de costa, pois é com base nesta que será feito, através de uma distância selecionada pelo utilizador - Distância (Buffer), todos os recortes dos dados, com vista à seleção apenas do terreno que se pretende estudar. Da mesma forma, a criação inicial de um polígono com dimensões superiores ao *buffer*, servirá, para a criação de uma máscara, que irá facilitar a visualização dos produtos que conseguirmos obter nos dados de saída.

Após este trabalho inicial, está-se pronto para o trabalho com os restantes dados. Como tal, existem alguns conceitos indispensáveis, apresentados de seguida.

As cartas de ocupação do solo, descrevem de forma pormenorizada não só a forma como o terreno está a ser utilizado, como também a área que cada um ocupa, por isso é constituída por um número elevado de polígonos, que resultam muitas vezes em algumas invalidades na sua geometria. Estes erros podem ocorrer devido ao facto de os polígonos apresentarem falhas, tais como: polígonos não fechados; polígonos a

²⁴ Nas bandas de frequência próximas do Infravermelho (NIR) e do Vermelho (RED).

intersectarem-se entre si; existência de buracos nos polígonos mal definidos, pelo que é necessário validar as geometrias.

O dado de saída da COS não nos permite definir, inequivocamente, a densidade da vegetação da área do desembarque. Para tal, existe uma ferramenta muito utilizada na agricultura de precisão, e que podemos explorar neste projeto, o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), também conhecido como Índice de Vegetação por Diferença Normalizada. Este conceito permite “delinear a distribuição da vegetação e do solo com base nas características padrão de refletância da vegetação verde.”(Gandhi et al., 2015)

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \quad (3.1)$$

- NDVI – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada
- NIR – Reflexão próximo do Infravermelho
- RED – Reflexão na faixa vermelha do espectro

Deste cálculo resulta um valor compreendido entre os valores [-1,1], sendo que para áreas onde a vegetação é mais saudável os valores são mais elevados.

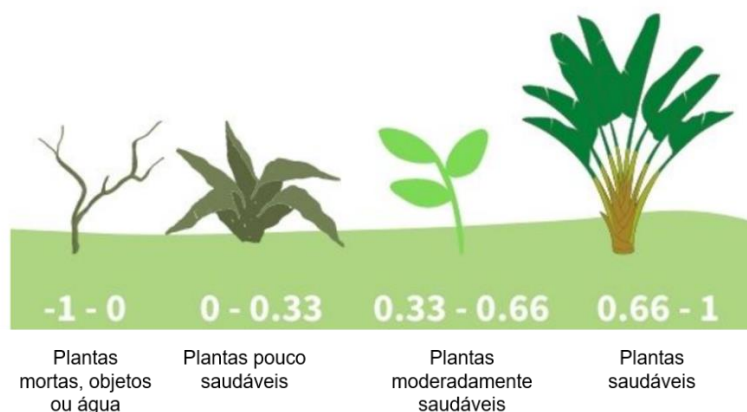


Figura 30 - Valores do NDVI. Fonte (adaptado): (Marwaha, 2020)

Estes índices serão assumidos de uma forma mais prática para o estudo, assim sendo, será considerado que quanto mais elevado forem os valores maior a dificuldade de transpor essa área por pessoal apeado ou viaturas. Tendo isto em mente, foi aplicado o calculador raster. Após o seu recorte, obtemos os dados de saída NDVI.

O estudo das variações de declive assume durante as manobras militares um fator importante, pois escolher os melhores eixos de aproximação pode ser um parâmetro desequilibrador no campo de batalha.

Devido a esta grande importância existem alguns parâmetros que são utilizados neste modelo.

Tabela 5 - Tipos de Terreno para forças mecanizadas ou blindadas. Fonte (adaptado): (Headquarters, 2019)

Tipo de Terreno	Declive (%)	Ficheiros de saída
Sem restrições	<30	FM_B_INF_30
Restritivo	30 a 45	FM_B_30_45
Severamente restritivo	>45	FM_B_SUP_45

Outra análise que podemos fazer, através do declive, é a análise das melhores áreas que ofereçam cobertura às nossas forças do fogo das armas de tiro tenso²⁵ utilizadas pelas forças opositoras. Os parâmetros para esta análise são apresentados na tabela seguinte.

Tabela 6 - Cobertura das armas de tiro tenso. Fonte (adaptado): (Headquarters, 2019)

Parâmetros	Declive (%)	Ficheiros de saída
Bom	>30	PTT_SUP_30
Razoável	10 a 30	PTT_10_30
Mau	<10	PTT_INF_10

Estes parâmetros são conseguidos aplicando-se a ferramenta de cálculo do declive do dado de entrada *Análise_MDT* e, posteriormente, isolando cada percentagem dentro de um novo ficheiro de saída.

3.4 Tomada de decisão / Fusão dos dados

3.4.1 Método de análise hierárquica

A fusão dos dados será realizada tendo por base o método de análise hierárquica (*Analytic Hierarchy Process - AHP*).

Este método foi desenvolvido pelo professor Thomas Lorie Saaty, professor da Universidade de Pittsburgh, Estados Unidos da América, e tem como “objetivo quantificar a prioridade relativa de um determinado conjunto de acordo com a escala de valores apropriados (...) permitindo avaliar a relevância dos critérios, no caso de

²⁵ “Armas de fogo que disparam predominantemente o projétil ao longo de uma trajetória relativamente plana” (Carlucci & Jacobson, 2014)

problemas complexos com múltiplos parâmetros e com um número grande de alternativas” (Delcev et al., 2014).

De forma parcelar, podemos dividi-lo em quatro fases:

1. Deve-se desenvolver um esquema hierárquico para o qual iremos tomar as decisões. No topo da hierarquia está o nosso objetivo final, acrescentando-se progressivamente níveis de critérios, ficando na parte inferior as alternativas possíveis;
2. Para cada nível, faz-se uma comparação em pares, onde se atribuem importâncias, de um em relação ao outro, utilizando a escala de Saaty;

Tabela 7 - Escala de Saaty. Fonte (adaptado): (Delcev et al., 2014)

Importância	Definição	Explicação
1	Igualmente importante	Ambos os elementos têm igual importância para o objetivo.
3	Moderadamente importante	Vantagem moderada de um elemento em relação ao outro.
5	Fortemente importante	Forte importância de um elemento em relação ao outro
7	Muito forte e comprovada importância	Um elemento tem vantagem e dominação prática em relação ao outro elemento
9	Extrema importância	Um elemento é favorecido em comparação com o outro, baseado em factos e provas.
2,4,6,8	Valores intermédios	

3. São aplicados critérios matemáticos tendo em conta os níveis de importância escolhidos;
4. É feita uma análise percetiva dos dados.

(Delcev et al., 2014)

Outros fatores que se deve ter em atenção durante a aplicação deste método são os seguintes axiomas:

- Axioma da reciprocidade: “se o elemento A é n vezes mais importante do que o elemento B, então o elemento B é 1/n vezes mais importante do que A” (Delcev et al., 2014);
- Axioma da homogeneidade: “a comparação só faz sentido apenas se os elementos poderem ser comparáveis. Um elemento não pode ser muito melhor que o outro” (Delcev et al., 2014);
- Axioma de dependência: “deve permitir comparar os grupos de elementos de um nível com elementos do nível superior” (Delcev et al., 2014);
- Axioma de expectativa: “qualquer mudança na estrutura da hierarquia requer um novo cálculo das prioridades na nova hierarquia” (Delcev et al., 2014).

Da análise comparativa entre os diferentes pares surge, conseqüentemente, uma matriz de valores:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nm} \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

Nesta matriz de valores é aplicado o axioma da reciprocidade. Assim sendo, temos:

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \quad (3.2)$$

O próximo passo é a normalização dos dados, para tal:

$$W_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (3.3)$$

De onde podemos concluir que o valor normalizado, W_{ij} , é obtido através da divisão do elemento pela soma dos restantes na coluna. Desta feita, temos uma nova matriz, B, com os valores normalizados. De onde vamos calcular o valor médio de cada linha, por forma a obtermos os pesos, ou seja, o autovetor.

$$W_i = \frac{\sum_{j=1}^n b_{ij}}{n} \quad (3.4)$$

Uma vez que este método se baseia na percepção dos seus utilizadores é necessário averiguar a sua coerência, para tal Saaty propôs o cálculo do rácio de consistência:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3.5)$$

Onde,

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (3.6)$$

Simbolizando n o número de critérios estudados e λ_{max} o valor máximo próximo da matriz de comparação, que consiste na multiplicação do somatório das linhas da matriz pelo autovalor.

O valor RI representa um valor fixo retirado da seguinte tabela, tendo em consideração o número de critérios, n , utilizados:

Tabela 8 - Valores de RI. Fonte: (Delcev et al., 2014)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49

Para que os níveis de consistência sejam aceitáveis $CR \leq 0.1$. Se isto não se verificar, teremos de tomar novas decisões e reajustar os valores comparativos da matriz A, para que a consistência desça para valores aceitáveis, inferiores a 10%.

3.4.1.1 Aplicação do método AHP ao modelo

Tendo em conta a teoria anteriormente apresentada, para a aplicação do método de análise hierárquica desenvolveu-se a hierarquia que se pretende utilizar.

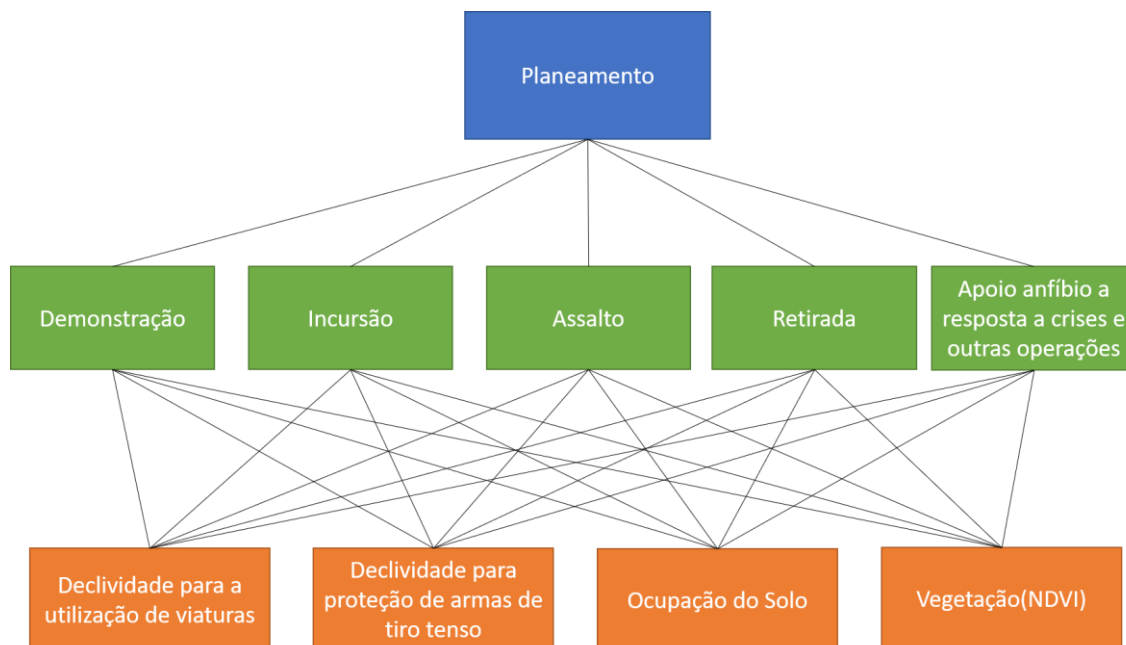


Figura 31 - Hierarquia de planeamento

Como podemos ver pelo esquema apresentado na figura anterior, temos como critérios para o planeamento as cinco tipologias de operações anfíbias. Para as alternativas definiu-se os produtos do modelo que mais peso podem ter no planeamento. O racional para esta decisão prendeu-se pelo facto de para cada tipologia de operação, em termos comparativos, podemos dizer, por exemplo, que numa operação de apoio anfíbio a resposta a crises e outras operações a importância do declive para proteção de armas de tiro tenso tem, comparativamente, uma importância muito menor do que uma operação de incursão, pois em termos de possibilidade de contacto com o inimigo, este último tem uma probabilidade muito superior. Outros dos fatores que levou à escolha destes elementos foi o axioma da homogeneidade pois estes são fatores aos quais podemos atribuir uma importância comparativa. Já se tivéssemos escolhido alternativas como a rede ferroviária em operações de incursão ou de assalto, iríamos querer valores de velocidade muito rápidos e não dava tempo para utilizar a rede ferroviária pois a logística associada iria atrasar muito as operações, o que em termos comparativos iria haver uma hegemonia de um elemento em relação ao outro.

Seguidamente e, por forma a melhorar os cálculos, tornando-os mais acessíveis e fáceis de implementar, foi construída uma folha de cálculo em Excel. A escolha deste *software*, desenvolvido pela *Microsoft*, disponibiliza uma forma fácil de organizar dados, criando-se, intuitivamente folhas de cálculo, tornando-se o processo de visualização e resolução de problemas mais fácil (Microsoft, 2021).

Após se ter os pesos, ou autovalor, que cada elemento representa para a tipologia de operações será aplicada a seguinte fórmula:

$$S = (OS_w * OS_r) + (N_w * N_r) + (M_w * M_r) + (TT_w * TT_r) \quad (3.7)$$

- S – Tipologia da operação
- OS – Ocupação do solo
- N – Vegetação (NDVI)
- M – Declividade para utilização de viaturas
- TT – Declividade para proteção de armas de tiro tenso

Onde, o 'w' representa os dados que se encontram no QGIS e o 'r' o peso calculado pelo método AHP. De realçar que os dados 'w' devem ser, antes de aplicar a fórmula, normalizados.

3.4.2 Decisão

Após se aplicar a fórmula anteriormente apresentada, os dados resultantes devem ser apresentados segundo os critérios:

- *Go* – As características do terreno facilitam a sua utilização, facilitando a progressão das forças;
- *Slow Go* – Apesar de não apresentar as melhores características, continua a ser viável operar na área.
- *No Go* – O terreno dificulta muito a sua utilização, pelo que deve, a todo o custo, ser evitado.

A última fase deste trabalho é entrega destes produtos finais aos decisores. Se analisarmos o IPB, tal como explicado no capítulo 1, este trabalho integra-se na primeira etapa: avaliação da área, sendo, portanto, necessário ainda haver uma avaliação doutrinária das forças e a integração da ameaça.

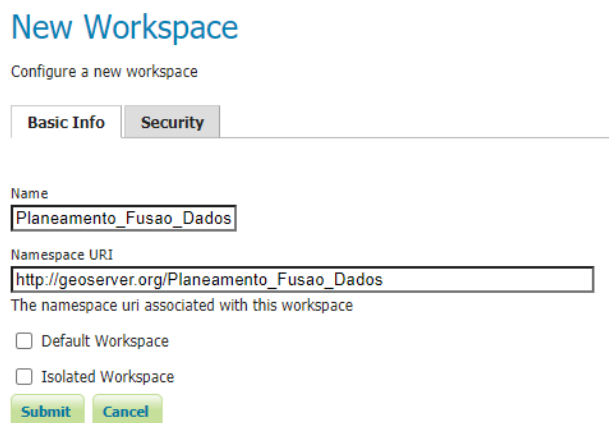
Capítulo 4

4. Estudo de cenário entre Peniche e o Cabo Raso

4.1 Recolha e implementação dos dados no Geoserver

As recolhas dos dados foram feitas maioritariamente no SNIG, também sendo utilizadas outras fontes, como a ESA, ESRI – Portugal e a EMODnet. No apêndice A estão discriminados mais pormenorizadamente.

De seguida, desenvolveu-se o servidor. Este foi iniciado com a criação do espaço de trabalho: *Planeamento_Fusao_Dados*. A opção de se escolher um espaço único prende-se pela necessidade de se ter um local onde seja mais fácil de aceder a todos os dados, uma vez que o modelo necessita de alguns dados base para que possa correr. Caso se optasse pela criação de vários espaços de trabalho distribuídos pelo tipo de dados iríamos estar a reparti-los, o que iria, inevitavelmente, dificultar o acesso aos mesmos.



The image shows a web form titled "New Workspace" for configuring a workspace in Geoserver. The form has two tabs: "Basic Info" (selected) and "Security". Under "Basic Info", there are two text input fields: "Name" with the value "Planeamento_Fusao_Dados" and "Namespace URI" with the value "http://geoserver.org/Planeamento_Fusao_Dados". Below these fields, there are two radio button options: "Default Workspace" and "Isolated Workspace", both of which are currently unselected. At the bottom of the form, there are two buttons: "Submit" and "Cancel".

Figura 32 - Criação do espaço de trabalho

Associado a este espaço de trabalho criou-se 10 *stores*, onde em cada uma está vertido um dado.

Stores

Manage the stores providing data to GeoServer

 Add new Store

 Remove selected Stores

<< < 1 > >> Results 1 to 10 (out of 10 items)

<input type="checkbox"/>	Data Type	Workspace	Store Name	Type	Enabled?
<input type="checkbox"/>	raster	Planeamento_Fusao_Dados	Altimetria_Portugal	GeoTIFF	true
<input type="checkbox"/>	raster	Planeamento_Fusao_Dados	Batimetria	GeoTIFF	true
<input type="checkbox"/>	raster	Planeamento_Fusao_Dados	Lidar	GeoTIFF	true
<input type="checkbox"/>	raster	Planeamento_Fusao_Dados	Sentinel-2 NIR	GeoTIFF	true
<input type="checkbox"/>	raster	Planeamento_Fusao_Dados	Sentinel-2 RED	GeoTIFF	true
<input type="checkbox"/>	vector	Planeamento_Fusao_Dados	Carta da Ocupação do Solo 2018	Shapefile	true
<input type="checkbox"/>	vector	Planeamento_Fusao_Dados	Linhas de costa internacional	Shapefile	true
<input type="checkbox"/>	vector	Planeamento_Fusao_Dados	Massas de água	Shapefile	true
<input type="checkbox"/>	vector	Planeamento_Fusao_Dados	Rede Ferroviária Portugal	Shapefile	true
<input type="checkbox"/>	vector	Planeamento_Fusao_Dados	Rede Rodoviária Portugal	Shapefile	true

<< < 1 > >> Results 1 to 10 (out of 10 items)

Figura 33 - Stores criadas

Uma vez os dados no servidor, procedeu-se à sua publicação. Podemos ver na figura abaixo, como exemplo, a publicação dos dados relativos à altimetria de Portugal continental.

Edit Layer
Edit layer data and publishing
Planeamento_Fusao_Dados:PT3030
Configure the resource and publishing information for the current layer

Data | Publishing | Dimensions | Tile Caching | Security

Edit Layer
Basic Resource Info

Name: PT3030
Enabled:
Advertised:
Title: PT3030
Abstract: Representação da altimetria de Portugal continental com uma resolução de 30m.

Keywords
Current Keywords: PT3030, VICS, Altimetria
New Keyword:
Vocabulary:
Add Keyword

Coordinate Reference Systems
Native SRS: UTM/ETRS
Declared SRS: EPSG:31466
SRS handling: Force declared

Bounding Boxes
Native Bounding Box: Min X: -123.2518045951, Min Y: 42.0395170400956, Max X: 173.12082810985, Max Y: 277.91463112491
Compute from data
Compute from SRS bounds
Lat/Lon Bounding Box: Min X: -6.0244033984726, Min Y: 36.0457087723431, Max X: 16.0395170400956, Max Y: 42.170419522000

Coverage Parameters
Data type: Signed 16 bits
min/range: 12.787

Coverage Band Details

Band	Data type	Null values	min/range	min/range	Unit
GRAY_INDEX	Signed 16 bits		12.787		

Save Cancel

Figura 34 - Criação da camada relativa à altimetria de Portugal

Por forma a termos a confirmação dos dados publicados, podemos aceder à visualização da camada (*layer preview*) e constatar se os dados foram bem publicados. Se acedermos à coluna *All Formats* conseguimos escolher o formato que pretendemos baixar, entre eles: GeoTiff, JPEG, PDF, shapfile, KML, entre outros.

Layer Preview

List of all layers configured in Geoserver and provides previews in various formats for each.

Type	Title	Name	Common Formats	All Formats
■	BAT	Planeamento_Fusao_Dados:BAT	OpenLayers KML	Select one
■	COS2018_v1	Planeamento_Fusao_Dados:COS2018_v1	OpenLayers GML, KML	Select one
■	Lidar	Planeamento_Fusao_Dados:Lidar	OpenLayers KML	Select one
✓	Linha_Costa	Planeamento_Fusao_Dados:Linha_Costa	OpenLayers GML, KML	Select one
■	PT3030	Planeamento_Fusao_Dados:PT3030	OpenLayers KML	Select one
✓	Rade_Ferrovitaria	Planeamento_Fusao_Dados:Rade_Ferrovitaria	OpenLayers GML, KML	Select one
✓	Rade_Rodoviaria	Planeamento_Fusao_Dados:Rade_Rodoviaria	OpenLayers GML, KML	Select one
■	sentinel_04	Planeamento_Fusao_Dados:sentinel_04	OpenLayers KML	Select one
■	sentinel_08	Planeamento_Fusao_Dados:sentinel_08	OpenLayers KML	Select one
✓	visu_vvz_surfacewaterbody_river_line_ptcont	Planeamento_Fusao_Dados:visu_vvz_surfacewaterbody_river_line_ptcont	OpenLayers GML, KML	Select one

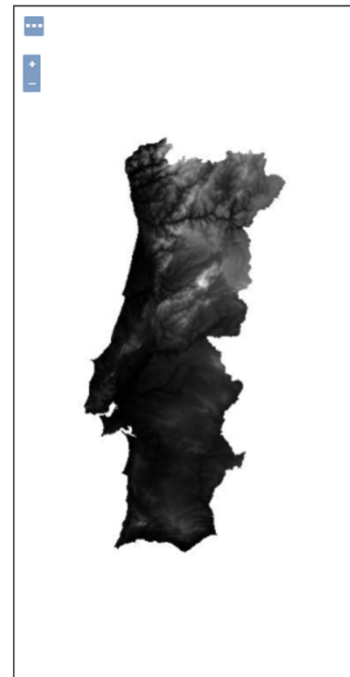


Figura 35 - Visualização dos dados relativos à altimetria

4.2 Preparação inicial dos dados

A conexão dos dados disponíveis no Geoserver é feita através de ligações *Uniform Resource Locator* (URL), que nos permite descarregar diretamente os dados raster e vetoriais no QGIS.

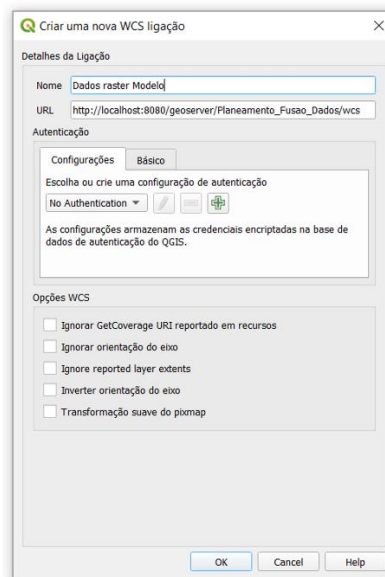
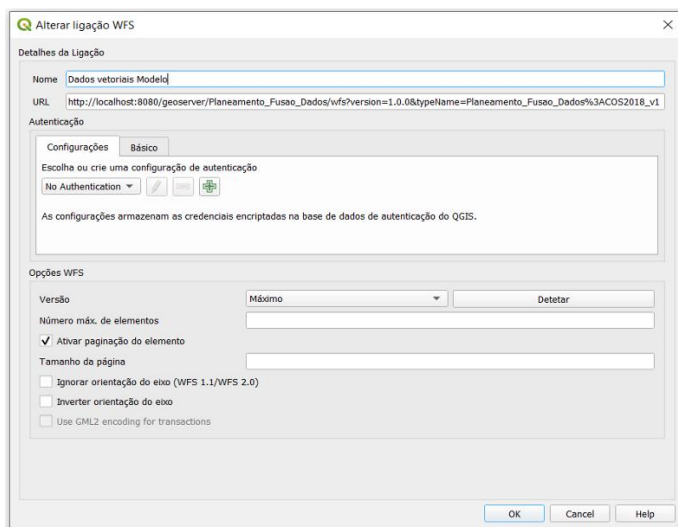


Figura 36 - Ligações URL para descarregar dados do Geoserver

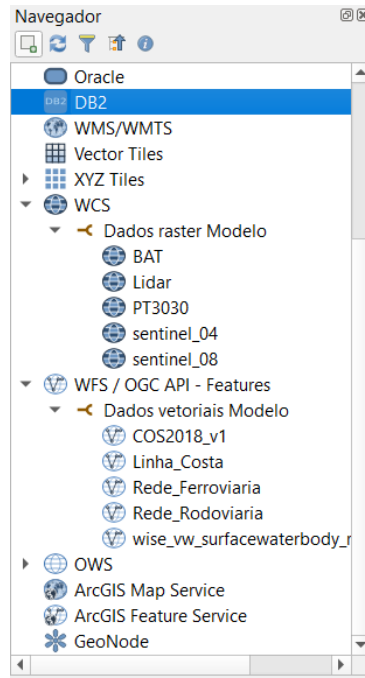


Figura 37 - Resultados das ligações

Com a ligação destes dois *softwares* foram descarregadas todas as camadas necessárias para o desenvolvimento do modelo criado.

Iniciou-se por definir o SRC do projecto. Após alguma pesquisa percebeu-se que o melhor é o ETRS89 / Portugal TM06, pois O ETRS89 é um “sistema global de referência recomendado pela EUREF (*European Reference Frame*) estabelecido através de técnicas espaciais de observação” (Direção Geral do Território, 2021). E o Portugal TM06, refere-se ao facto de a projeção cartográfica utilizar a Transversa de Mercator. Sendo que, desde 2006, é o sistema que “deverá substituir completamente os anteriores usados, que se consideram obsoletos” (Direção Geral do Território, 2021).

De seguida, seleccionou-se a linha de costa a estudar a partir da camada *linha_costa*, construindo-se, de seguida, um polígono com umas dimensões superiores à área de estudo.

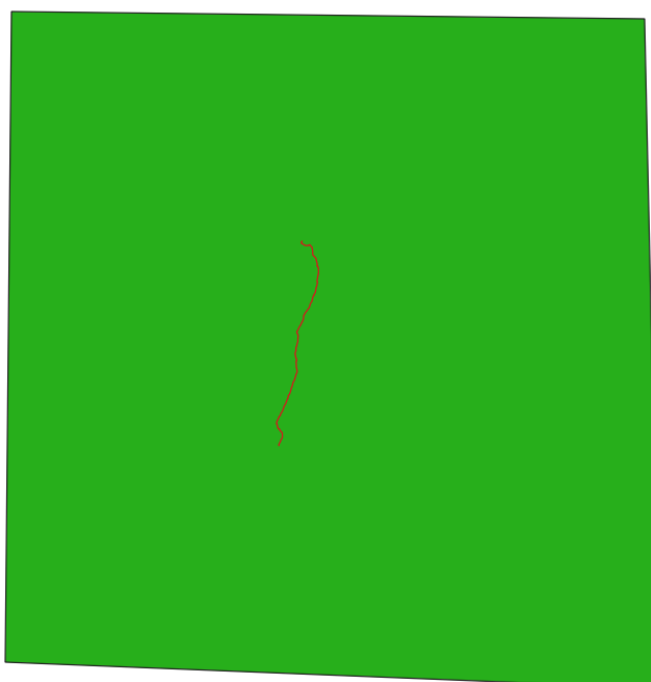


Figura 38 - Linha de costa (vermelho) e polígono (verde)

Com estes dois parâmetros desenvolvidos, é necessário, antes de colocar o modelo para a preparação inicial dos dados a correr, escolher a distância relativamente à linha de costa que se pretende. Para seleccioná-la foi utilizado como pressuposto a utilização de artilharia pela força opositora como principal componente defensiva de longo alcance, assim sendo, foram estudados alguns alcances das munições de artilharia, para podermos concluir qual seria a que melhor se adequa.

Tabela 9 - Alcances da artilharia. Fonte (adaptado): (Rocha, 2008)

Denominação	Alcance máximo
XM 982 Excalibur	60 000 m
Sistema Caesar	42 000 m
M109A7	30 000 m
Vulcano (<i>Guided Long Rang</i>)	80 000 m
Vulcano (<i>Ballistic Extend Range</i>)	50 000 m
Obus M109 A5 155mm autopropulsor	40 000 m

Tendo em conta estes valores de alcance, foi considerada uma distância à linha de costa de valor médio de 50 000 m.

Com estes três parâmetros podemos colocar o modelo a correr.

4.2.1 Análise de resultados

Utilizando os dados de saída *AREA DE ESTUDO (COS)*, podemos selecionar a área, e as diferentes formas de ocupação do solo, iniciando-se uma análise mais pormenorizada através de um gráfico circular, produzido com o *plugin DataPlotly*.

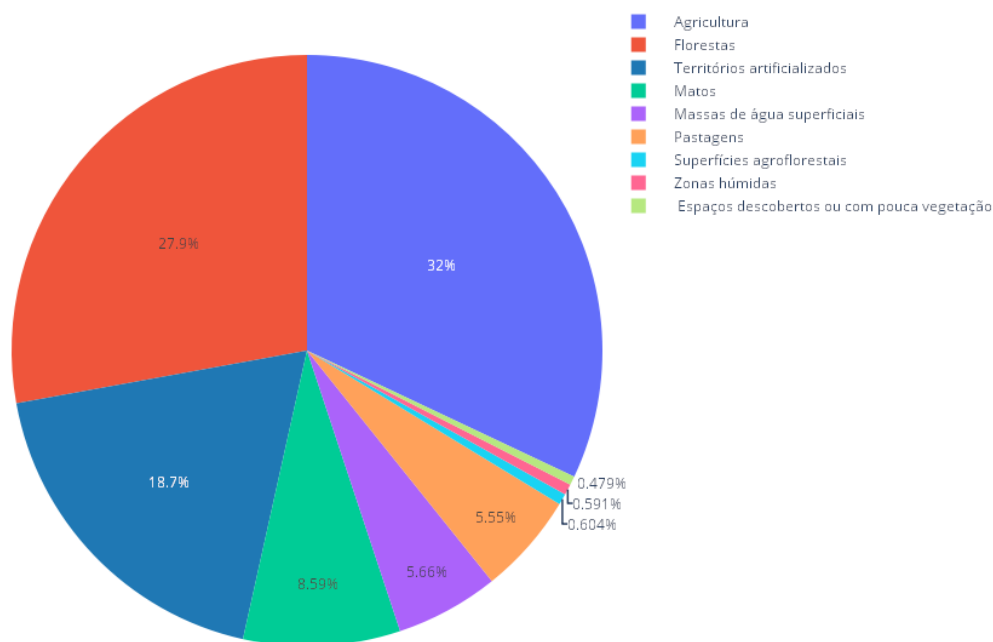


Figura 39 - Gráfico de Ocupação do Solo

Constatamos que para a área que pretendemos estudar, nos encontramos perante uma zona onde o solo é ocupado maioritariamente por agricultura e floresta (59.9%) e que apenas 18.7% são ocupadas por construções humanas.

Desta análise surgiu então a necessidade de perceber como é que os terrenos junto à zona litoral entre Peniche e o Cabo Raso se distribuía. Consequentemente, através da categorização dos dados por múltiplas cores (ver apêndice C), conseguimos perceber que ao longo de toda a costa existem algumas variações consideráveis, principalmente se dividirmos em dois, uma parte relativa à zona Norte e outra a Sul. Destes resultado, percebemos que a Norte estamos perante construções humanas esparsas e pouco densas, sendo que a agricultura e a floresta ocupa grande parte do território litoral, havendo grandes áreas florestais na zona central.

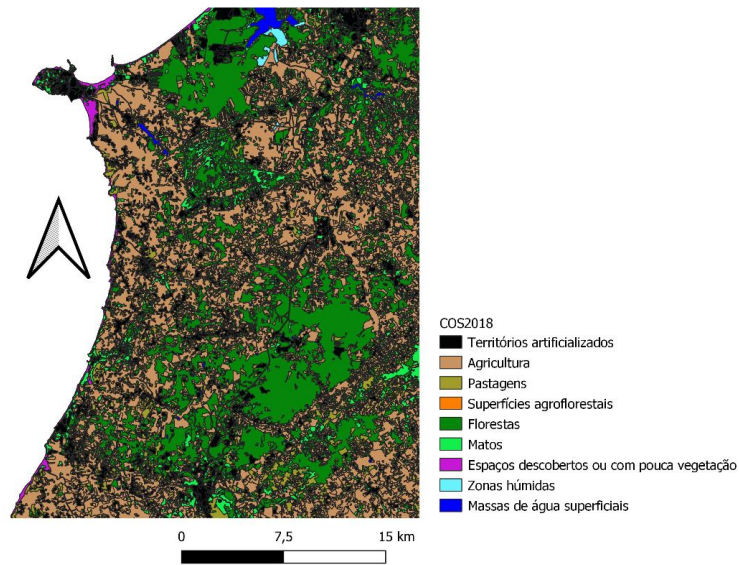


Figura 40 - Ocupação do Solo - Zona Norte

Por outro lado, na zona Sul encontram-se, principalmente a Sudeste, uma enorme massificação de territórios artificializados, havendo, por conseguinte, uma diminuição de floresta e espaços utilizados para a agricultura. No entanto, podemos aferir a existência de uma área densamente ocupada por floresta e mato a Sudoeste.

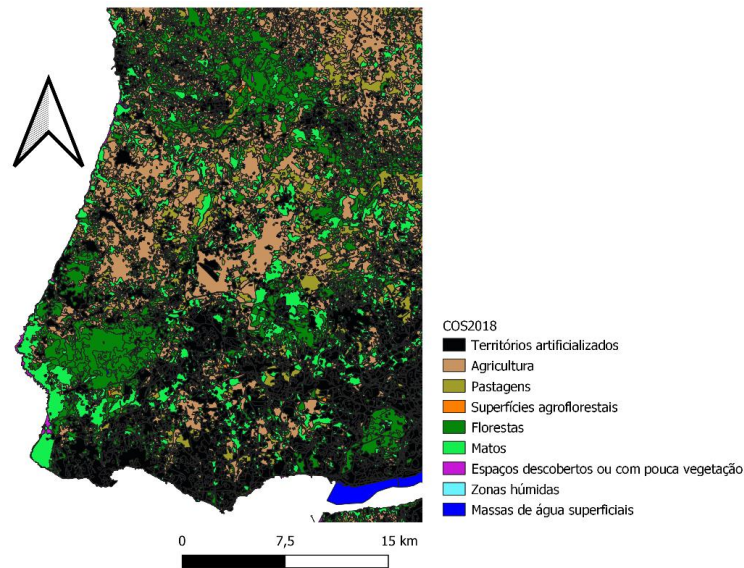


Figura 41 - Ocupação do Solo - Zona Sul

Relativamente ao NDVI, após aplicar uma rampa de cores tendo em consideração os valores anteriormente apresentados (ver apêndice C), conseguimos ver a densidade da vegetação na área. Mas, como já visto anteriormente, existem diferentes posições

com construções humanas, para tal, foram exportados apenas esses dados vetoriais, a preto, resultando na imagem apresentada, por forma a facilitar a visualização.

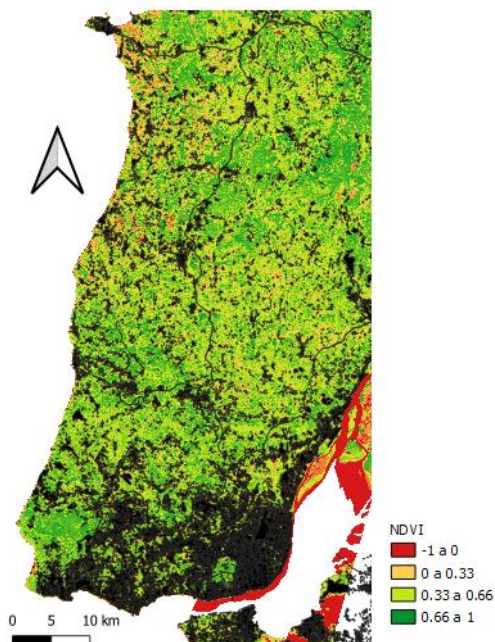


Figura 42 – NDVI e Territórios artificializados

Desta informação, percebe-se que a movimentação de pessoal de viaturas é facilitada na zona Noroeste, pois apresenta valores mais baixos, compreendidos entre 0 - 0,66 de NDVI, enquanto a Sudoeste os valores tendem para 1, dificultando, assim, a passagem e a velocidade de deslocamento.

O estudo da altimetria, fundamentalmente, na linha de costa e no espaço envolvente assume-se como um dos pontos fulcrais no desenvolvimento de planos eficazes nas operações anfíbias, pois este é um fator preponderante na seleção das praias de desembarque e subseqüentes operações terrestres.

Assim, com os dados *Analise_3D_AreaEstudo*, após se selecionar a rampa de cores, obtivemos os dados apresentados na imagem a seguir. De realçar que foi utilizado um fundo preto, para facilitar a visualização das fronteiras terrestres.

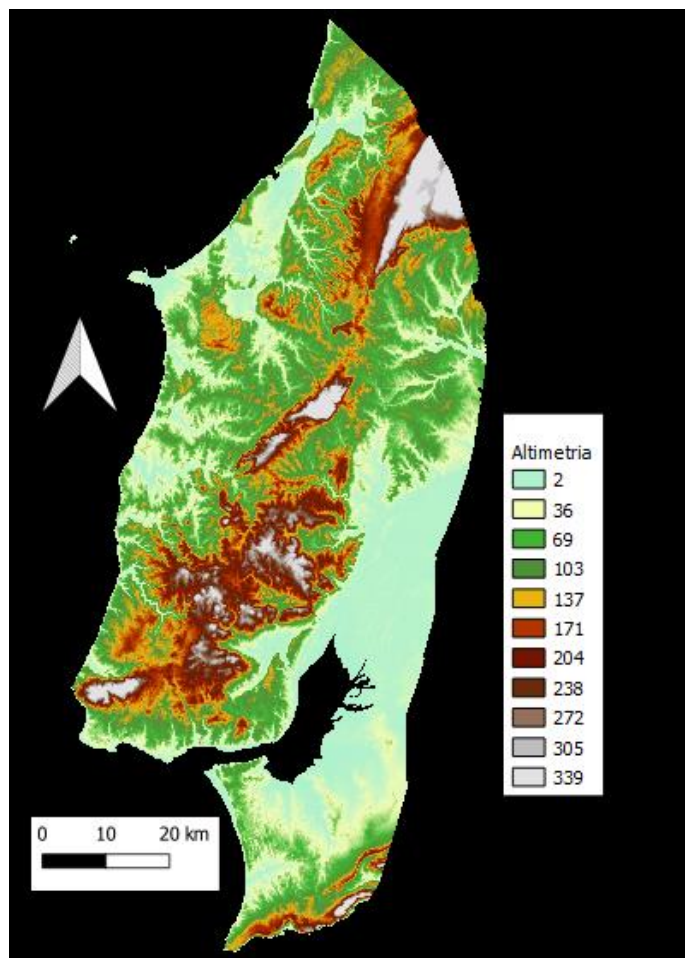


Figura 43 – Altimetria da área de estudo

Desta imagem podemos dizer que a zona Sudeste apresenta uma maior altitude, que, inevitavelmente, dificultará a progressão de forças militares. De realçar, que existem algumas áreas que parece que apresentam valores muito baixos, o que pode sugerir que são zonas alagadas. No entanto, devemos perceber que estes valores estão compreendidos entre os valores de 2 e 36 metros e, portanto, são área acima do nível médio do mar.

Com estes dados, também podemos fazer uma visualização em 3D. Os resultados mantêm-se em relação aos anteriores já apresentados: maior prevalência de altimetria a Sul.

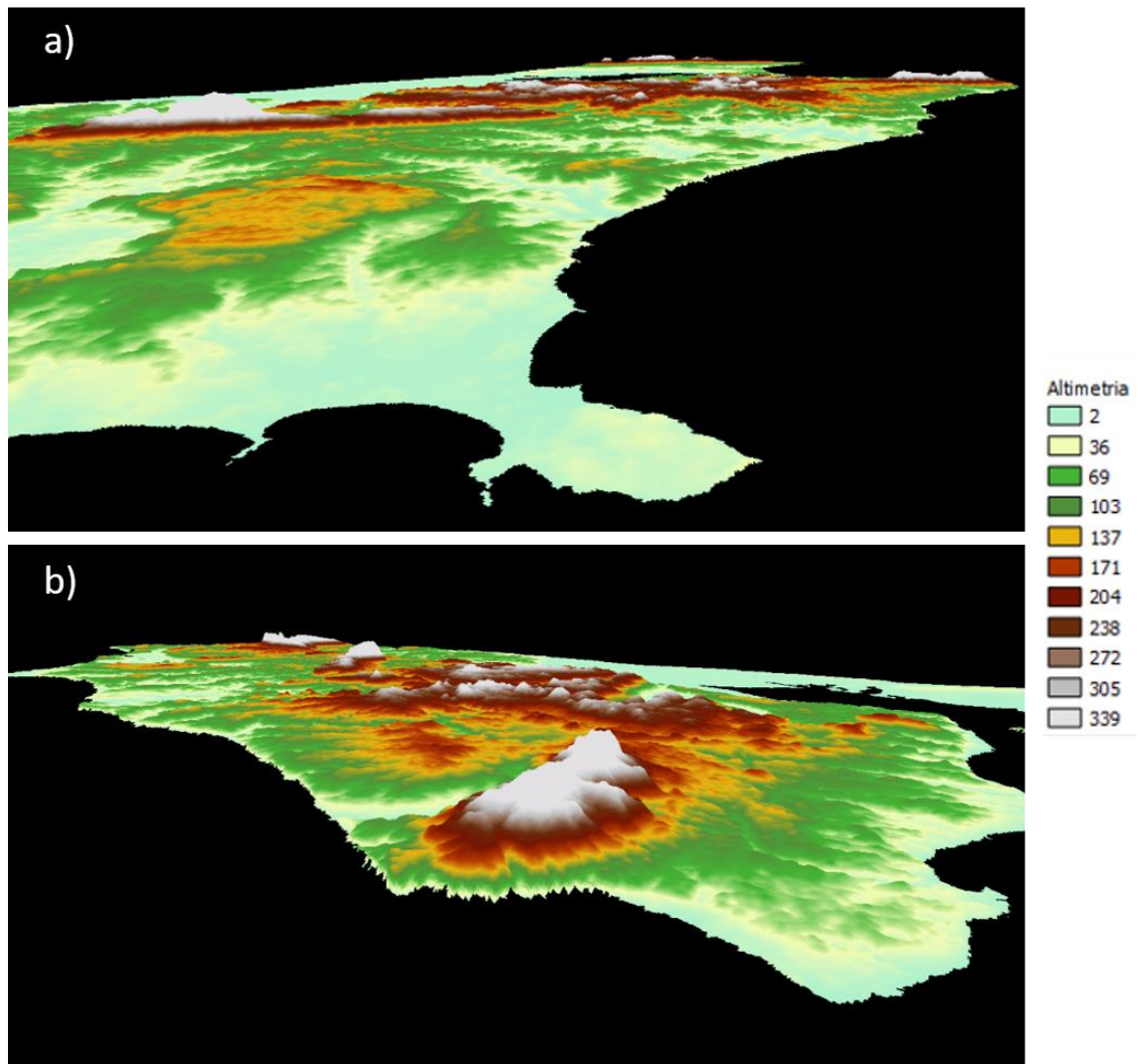


Figura 44 - Altimetria 3D, onde a) vista de NW e b) vista de SW

Como a resolução dos píxeis dos dados utilizados para a visualização da altimetria da área de estudo foi conseguida de um ficheiro com píxeis de resolução de 30m, quando tentamos analisar mais pormenorizadamente a linha de costa, temos pouca resolução para as exigências de planeamento de uma operação anfíbia. Por isso, a utilização de dados lidar de alta resolução pode colmatar esta falha.

Como visto anteriormente, existem variações bruscas em alguns locais e que, inevitavelmente, condicionam o normal decorrer de uma operação anfíbia. Desta forma, através dos parâmetros seguintes conseguimos perceber quais as melhores zonas para se proceder a um desembarque contínuo e sem dificuldades iniciais. Este tipo de análise pode ser visualizado através da utilização de diferentes ferramentas simples de visualização do QGIS. Para melhor visualizar os dados, quando necessário, foi utilizada a máscara, que delimita a área de estudo.

Estes dados, a preto, foram seleccionados da COS2018, depois de serem categorizados. Conseguimos aferir que após o desembarque a progressão das forças será consideravelmente melhorada se forem utilizadas as zonas mais a Norte, pois o contacto com as populações é mais reduzido, porque existem menores áreas habitadas. No entanto, conseguimos também perceber, que ao contrário do que era expectável, as zonas artificializadas pelo Homem, vão-se mantendo consideravelmente constante à medida que vamos mais para o interior.



Figura 45 - Zonas habitadas utilizando a máscara para visualização

Relativamente ao declive, antes de se iniciar a sua análise foi necessário eliminar os valores nulos que resultaram do modelo. Este processo é simples, pois basta se aceder às *propriedades* – *sem valores de dados* para os eliminar. Seguidamente, aplicando uma rampa de cores (ver apêndice C) obtemos o seguinte:

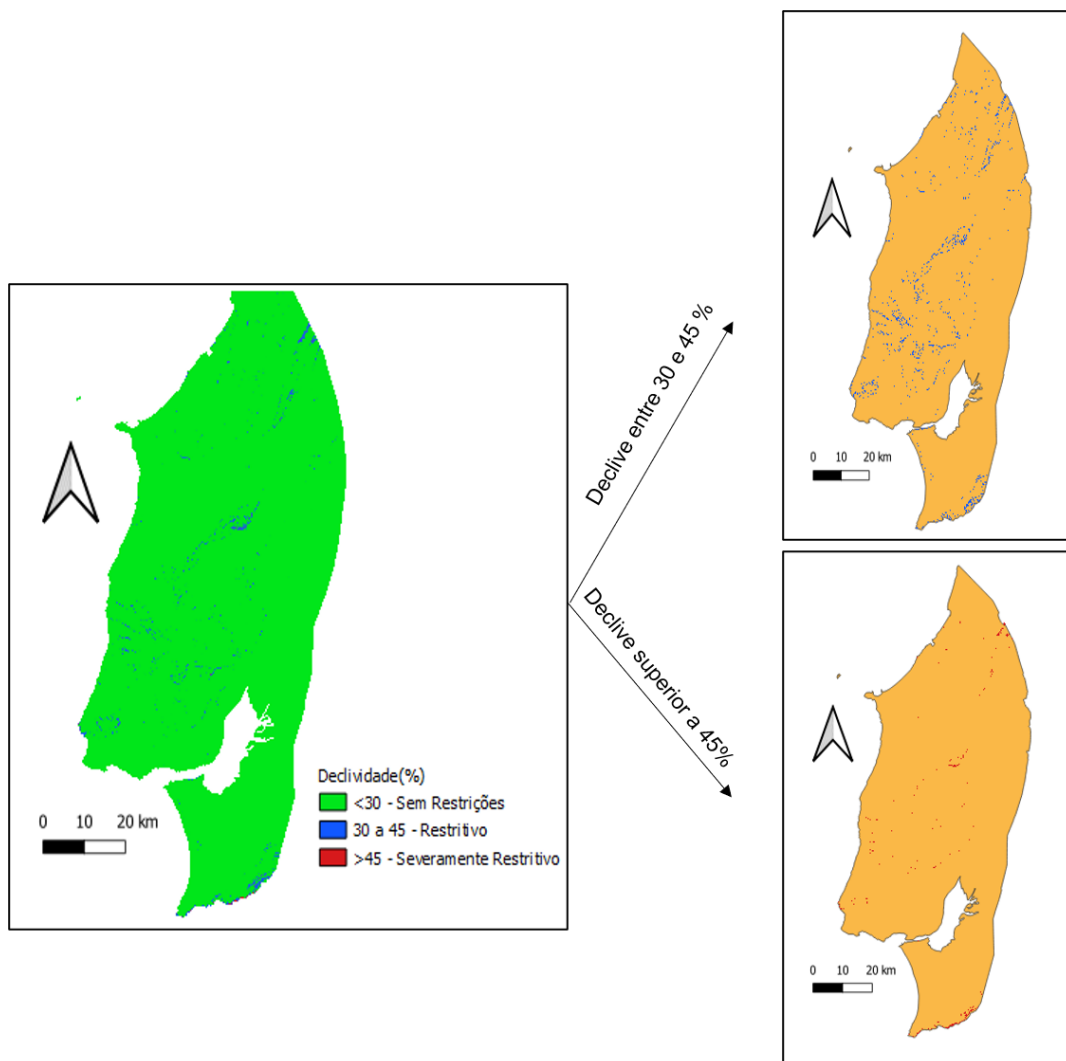


Figura 46 - Declive para a utilização de viaturas utilizando a máscara para visualização

Como podemos averiguar das imagens apresentadas, e tendo em conta as percentagens apresentadas anteriormente, maioritariamente, a movimentação por viaturas mecanizadas ou blindadas não é severamente restritiva na área. No entanto, no centro existem algumas restrições que podem atrasar a progressão das forças e, portanto, devem ser tidas em consideração durante o planeamento.

Para a análise das melhores áreas que ofereçam cobertura às nossas forças do fogo das armas de tiro tenso utilizadas pelas forças opositoras foram utilizados os mesmos procedimentos adotados para o estudo do declive para a utilização de viaturas. Para ver a rampa de cores ver apêndice C.

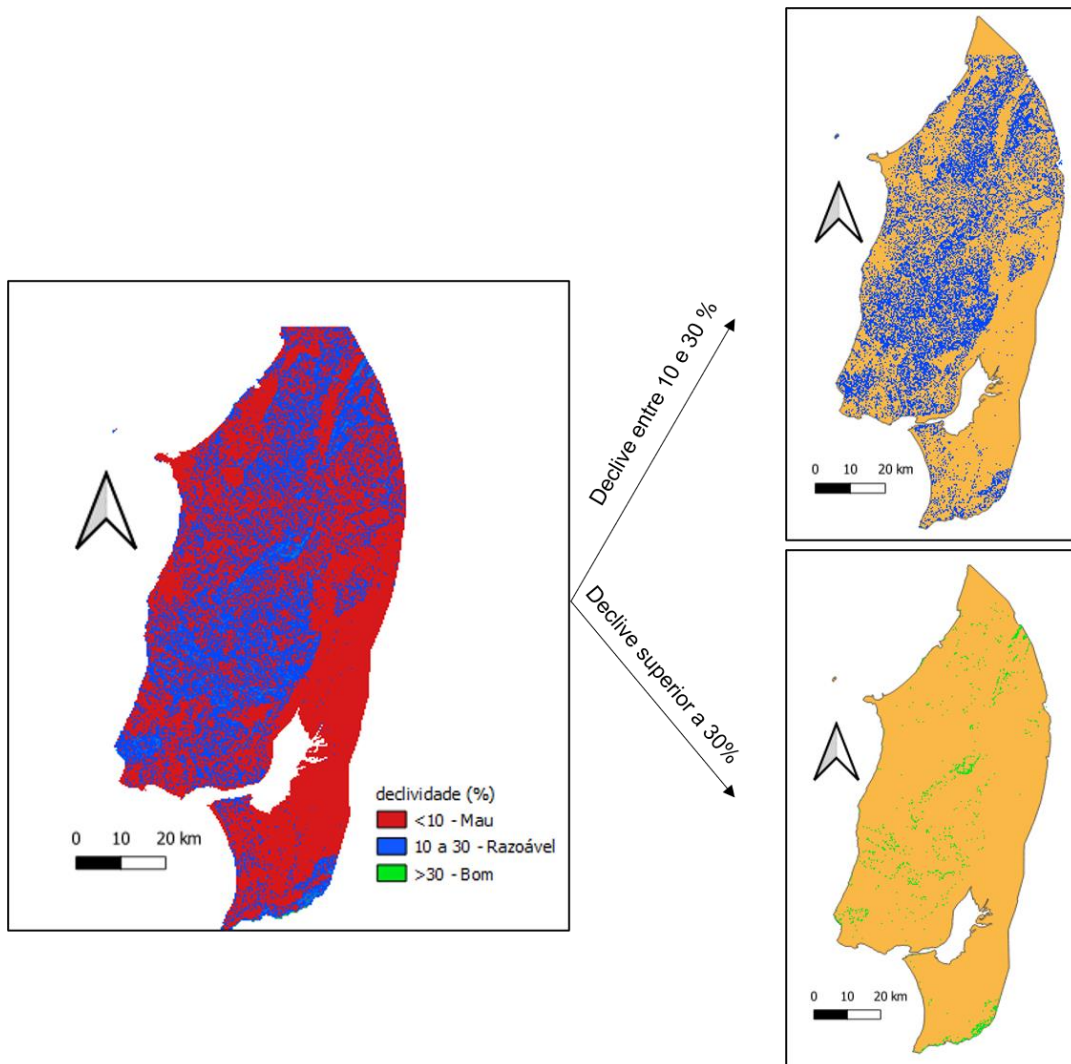


Figura 47 - Declive para a cobertura das armas de tiro tenso utilizando a máscara para visualização

Diferentemente das conclusões tiradas nos dados anteriores, para a proteção das nossas forças, predominantemente, todas as áreas apresentaram valores razoáveis para a progressão abrigada das armas utilizadas pelo inimigo. Sendo que as áreas centrais apresentam melhor cobertura, pois apresentam uma melhor densidade de valores superiores a 10%.

O estudo das zonas húmidas na área foi feito através dos dados de saída HIDROGRAFIA.

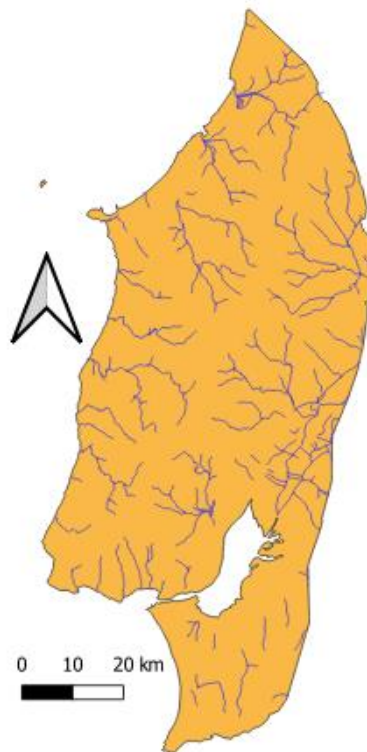


Figura 48 - Hidrografia utilizando a máscara para visualização

Através desta informação conseguimos perceber que existem diferentes áreas que se constituem como um entrave à natural progressão das forças, uma vez que por toda a costa estão várias linhas de água e que, portanto, requerem durante uma fase mais avançada do planeamento uma maior averiguação de sua transitabilidade.

Apesar de serem considerados opcionais os requisitos de dados rede ferroviária e a rede rodoviária, nesta análise utilizámo-los, sendo que obtivemos os resultados seguidamente apresentados. De realçar que estes dados não representam a totalidade das redes existentes, uma vez que foram descarregados de fontes abertas e, portanto, só apresentam as principais linhas de ferrovia e de estradas.

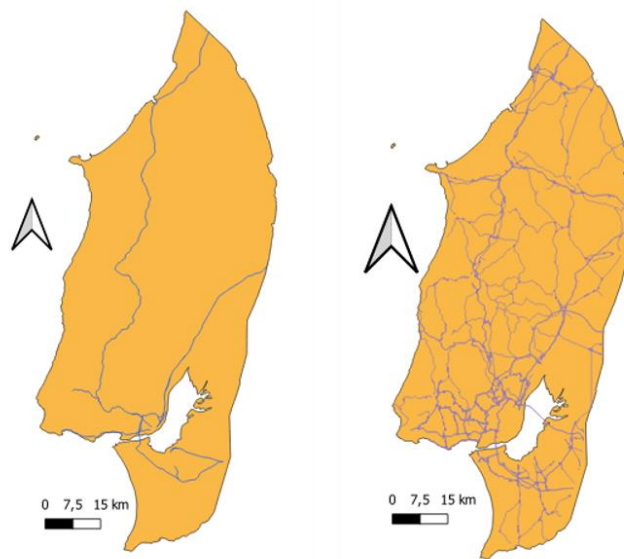


Figura 49 - Rede ferroviária (esquerda) e rede rodoviária (direita), utilizando a máscara para visualização

Como podemos ver destas duas análises existem poucas estradas principais de acesso direto à linha de costa entre Peniche e o Cabo Raso, no entanto, elas alargam-se havendo uma enorme rede de acessos ao interior da área de estudo. Por outro lado, as linhas ferroviárias, como era de esperar, convergem para a cidade de Lisboa, na zona Noroeste, não existindo nenhuma com acesso direto à costa de desembarque.

O passo seguinte é a aplicação do método AHP para a obtenção dos pesos de cada elemento, para que se aplique a fórmula apresentada em 3.7.

4.3 Aplicação do método AHP

De seguida iremos aplicar o método para dois cenários contrastantes: o primeiro será para as operações de apoio anfíbio a resposta a crises e outras operações; e o segundo para as operações de assalto.

4.3.1 Operações de incursão

Tabela 10 - Tabela de comparações de alternativas (incursão)

	Decl. FM	Decl. PTT	Ocupação do solo	Vegetação (NDVI)
Decl. FM	1	2	3	3
Decl. PTT	0,5	1	2	2
Ocupação do solo	0,333	0,5	1	0,333
Vegetação (NDVI)	0,333	0,5	3	1

Tabela 11 - Pesos e rácio de consistência (incursão)

	Autovalor (Peso)	λ_{max}	CI	RI	CR
Decl. FM	0,442	4,168	0,056	0,89	0,063
Decl. PTT	0,255				
Ocupação do solo	0,111				
Vegetação (NDVI)	0,193				

Para a comparação das alternativas utilizou-se como pressuposto que a ajuda às populações não era o primordial, pois estamos numa situação de combate e, por isso, o mais importante é a progressão da força e proteção da mesma. Por esse motivo, o *Decl. FM* assume o peso mais alto pois queremos rapidez de ação, ao mesmo tempo, o *Decl. PTT* bem logo a seguir pois queremos explorar o máximo possível as zonas que nos oferecem maior proteção de possíveis ataques inimigos. De realçar que o valor CR assume um valor baixo, por essa razão, em termos de consistência, as comparações entre as alternativas são viáveis.

Após se determinar os pesos para cada alternativa, utilizamos a fórmula apresentada em 3.7, implementando-a na calculadora raster. Por isso mesmo, uma vez que os dados da ocupação do solo estão no formato vetorial foi necessário utilizar a ferramenta *Raster – Conversão – Rasterizar (vetor para raster)*. Com os dados todos no formato raster passamos a calcular:

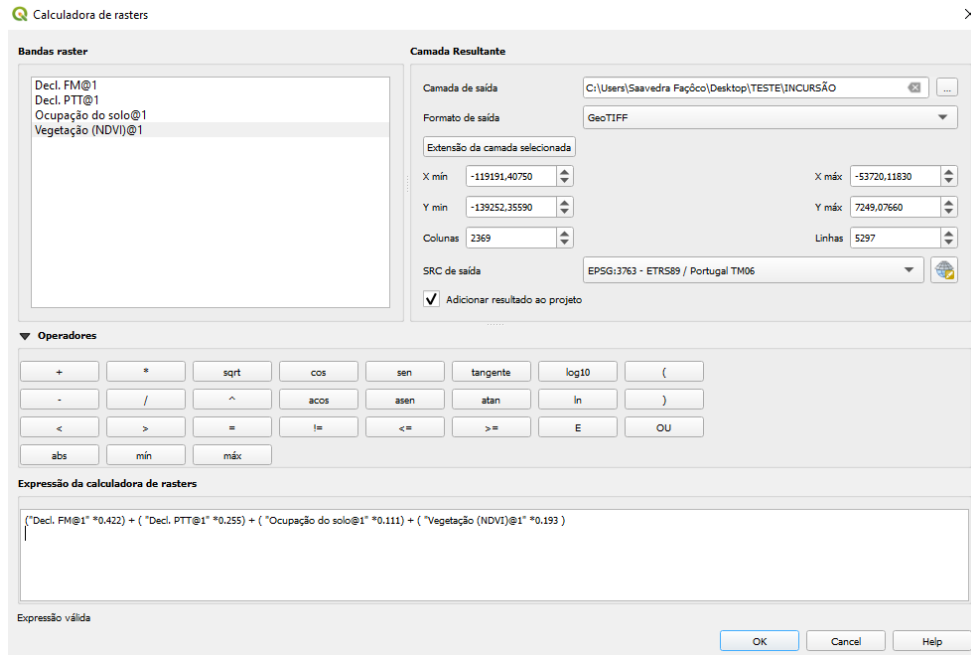


Figura 50 - Implementação dos pesos na calculadora raster (incursão)

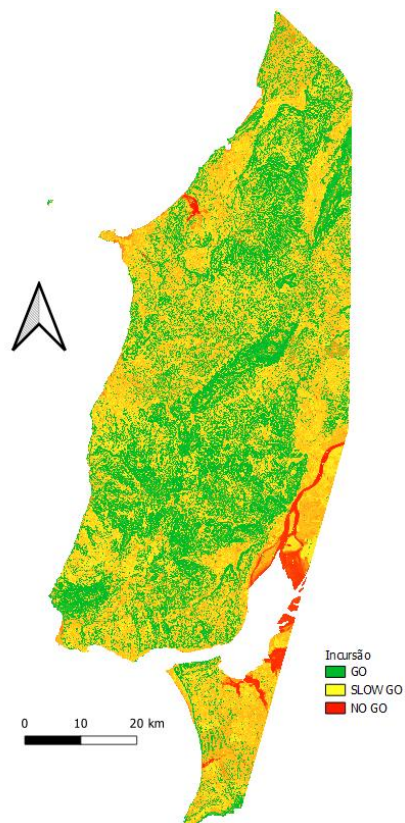


Figura 51 - Critérios de progressão (incursão)

4.3.2 Operações de apoio anfíbio a resposta a crises e outras operações

Tabela 12 - Tabela de comparações de alternativas

Comparação das alternativas				
	Decl. FM	Decl. PTT	Ocupação do solo	Vegetação (NDVI)
Decl. FM	1	1	0,333	3
Decl. PTT	1	1	0,5	2
Ocupação do solo	3	2	1	2
Vegetação (NDVI)	0,333	0,5	0,5	1

Tabela 13 - Pesos e rácio de consistência

	Autovalor	λ max	CI	RI	CR
Decl. FM	0,232	4,200	0,067	0,89	0,075
Decl. PTT	0,218				
Ocupação do solo	0,421				
Vegetação (NDVI)	0,128				

Para este caso, como podemos ver, assume-se como mais importante a ocupação do solo. Nesta tipologia de operações o contacto com as populações e a forma que tratamos a sua área de residência é primordial, pois não se quer criar atritos e problemas que venham a dificultar a nossa missão. Por isso, o peso de ocupação do solo assume valores tão elevados, no entanto, é preciso ter em conta que, independentemente de tudo, nem sempre as pessoas colaboram, podendo existir grupos organizados que não nos assumem como ajuda e, portanto, é necessário contar com alguma presença inimiga, daí a necessidade de se manter algum cuidado com a rapidez e proteção das nossas forças.

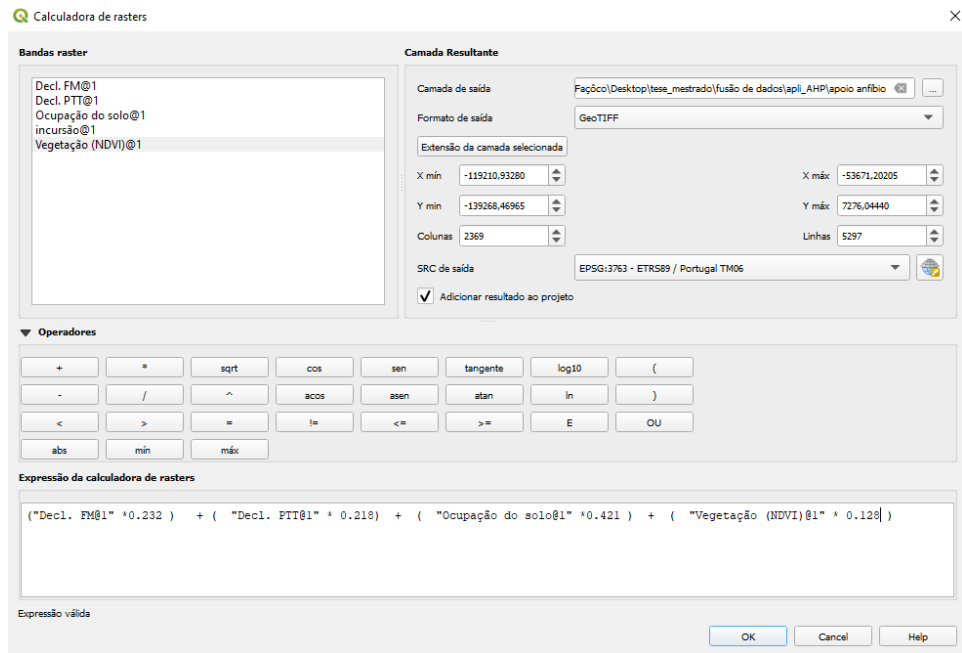


Figura 52 - Implementação dos pesos na calculadora raster

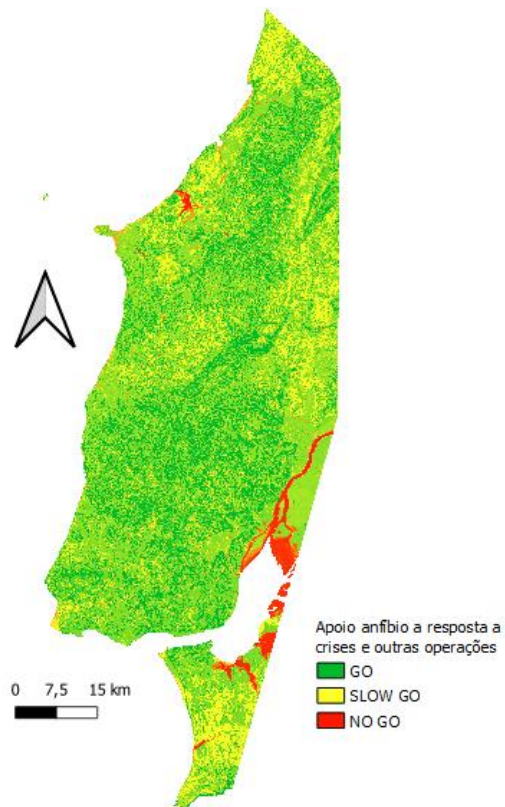


Figura 53 - Critérios de progressão

Conclusões e trabalhos futuros

Conclusões

O presente trabalho começou por tentar dar um enquadramento geral sobre as operações anfíbias, apresentando-se de uma forma global o que elas representam e as várias tipologias que podem assumir, tendo em consideração o objetivo final da missão. Considerou-se fundamental nas fases das operações anfíbias explicar um pouco melhor o planeamento, bem como o papel que as informações assumem durante os processos de tomada de decisão.

Após esta apresentação dos conceitos de operações anfíbias passamos à análise dos sistemas de informação geográficos que são, na realidade, a base para o desenvolvimento deste projeto piloto que queremos criar. Assim sendo, depois de uma pequena explicação do que eles representam no mundo atual e as suas potencialidades, passou-se à descrição dos conceitos base associados a algumas fontes de dados, apresentando-se os conceitos de *datums* e sistemas de coordenadas. Finalizando-se com as transformações possíveis de ser aplicadas para se modificar as coordenadas de referência com base no *datum* escolhido. De realçar que estas transformações são executadas com base em ferramentas disponibilizadas pelo *software* QGIS e, portanto, não depende de nós a aplicação das fórmulas descritas. De notar que não foram utilizadas todas as fontes de dados explicados no capítulo 2, no entanto, estão explicados pois podem servir de base para continuações deste projeto.

De seguida, foi criada uma sequência de trabalhos que se inicia na recolha dos dados e finaliza-se com a entrega de produtos para a tomada de decisão. Após a aquisição dos dados é necessário proceder ao seu armazenamento num servidor, não só para dar acesso a qualquer pessoa interessada nos dados para planeamentos futuros, mas também para centralizar e tornar a sua recolha mais acessível e fácil. O próximo passo é a análise dos dados que se divide em duas partes: primeiramente através de um modelo que serve para preparar os dados, aplicando-se alguns recortes nos dados e fórmulas matemáticas, com vista a criar um padrão de dados de saída. Procedendo-se, de seguida, à realização de uma análise AHP que se baseia em comparações entre pares de alternativas, dando-se a cada um deles uma importância, tendo em consideração uma escala pré-elaborada. Finalmente, são definidos três critérios, que servem para categorizar os dados de saída da aplicação do método AHP:

Go, *Slow Go* e *No Go* que representam uma escala que facilita a seleção das áreas mais vantajosas para se progredir no terreno, podendo facilitar, por exemplo, a elaboração de esquemas de manobra.

Para terminar, decidiu-se aplicar o modelo criado num cenário entre Peniche e o Cabo Raso. Desta análise provou-se que é possível através da metodologia desenvolvida, armazenamento em servidores, aplicação de critérios padrão e análise AHP obter resultados viáveis e que auxiliam a decisão. No entanto, uma vez que estudamos uma área muito grande, por vezes as imagens podem parecer que não são as melhores, no entanto, se for necessária uma melhor visualização basta apenas aproximar no QGIS para a área que se pretende, tal como foi feito para a visualização da ocupação do solo na zona Norte e Sul da área de estudo.

Na aplicação do método AHP houve dados que resultaram do modelo de preparação de dados que não foram utilizados, mas que podem, aliás, devem ser tidos em consideração, como por exemplo: a rede rodoviária pode ser explorada em operações de retirada, pois facilita o deslocamento em direção à costa, por forma a se proceder ao reembarque das tropas. Por este motivo basta apenas pegar neste dado em formato vetorial e, uma vez que já se encontra georreferenciado, sobrepor as camadas estudando quais as estradas que se encontram dentro dos critérios *Go*, facilitando assim a retirada.

No final desta análise é indubitável que temos de aumentar a nossa pesquisa e investimento neste tipo de sistemas, pois a rapidez na obtenção de resultados, heterogeneidade de ferramentas a empregar é imensa. Poder-se-á dizer que, desde que se cumpram com os objetivos da missão, o limite a explorar e as capacidades de análise são inesgotáveis.

Desenvolvimentos futuros

Este modelo criado, representando-se como um projeto piloto serve em última instância para provar que este conceito é viável, demonstrando-se que vale a pena investir na utilização de ferramentas informáticas, com vista a melhorar a *performance* dos decisores, evitando-se falhas desnecessárias que resultem do trabalho manual e monótono. Contudo, este modelo está muito longe de ser viável para ser utilizado em

cenários reais, pois ainda apresenta falhas que devem ser corrigidas e melhoradas, como tal, para desenvolvimentos futuros será necessário:

- Criar um Servidor com um nível de segurança elevado, que permita armazenar dados de índole confidencial;
- Criar um novo modelo com parâmetros apenas para a seleção das praias, tendo em conta fatores padrões escolhidos;
- Implementar a parte aquática das operações anfíbias, podendo-se entre outros, através do estudo da batimetria definir áreas específicas que os navios podem utilizar, tendo em conta o seu calado;
- Conectar o QGIS com um *software* que atualize fatores meteorológicos, pois as condições climáticas são um parâmetro importante e podem condicionar as decisões;
- Implementar capacidade de introduzir imagens recolhidas, georreferenciando-as;
- Introduzir no modelo cartografia topográfica, tentando comparar, por exemplo índices de vegetação, tendo-se uma visão mais atual, pois a cartografia militar existente tende a ser antiga, não representando a atualidade.

A longo prazo pretende-se ter um sistema funcional e que consiga ser empregue em qualquer cenário, fornecendo informação completa, viável e segura.

Bibliografia

- Akcay, Duran, et. al. (1998). *PANORAMIC IMAGE INTEGRATION WITHIN A WEB-BASED GIS APPLICATION*.
<https://www.isprs.org/proceedings/xxxv/congress/comm2/papers/156.pdf>
- Alam. (2012). *Modeling Wetland Connectivity and Vulnerability Wetland - Corridor Loss* [Oregon State University].
file:///C:/Users/Saavedra Façôco/Downloads/MahabubMastersThesis.pdf
- Amaral, Luís, & Varajão, João. (2007). *Planeamento de Sistemas de Informação* (4ª Edição). FCA.
- ArcGIS Desktok. (2020a). *Cell size of rater data*. Fundamentals of Raster Data.
<https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/manage-data/raster-and-images/cell-size-of-raster-data.htm>
- ArcGIS Desktok. (2020b). *Discrete and continuous data*. Fundamentals of Raster Data.
<https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/manage-data/raster-and-images/discrete-and-continuous-data.htm>
- ArcGIS Desktok. (2020c). *Equation-based methods*. Geographic Transformations.
<https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/map/projections/equation-based-methods.htm>
- ArcGIS Desktok. (2020d). *How features are represented in a raster*. Fundamentals of Raster Data.
<https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/manage-data/raster-and-images/how-features-are-represented-in-a-raster.htm>
- Artilheiro, Fernando. (2006, April). Fundamentos de Hidrografia. *Documento de Trabalho*, 50.
- Australian Institute of Marine Science. (2019). *What is GeoServer? Why would I use it?* EAtlas. <https://eatlas.org.au/node/300>
- Baisanry, Munmun, & Saxena, Vivek. (2017). Removal of ladder effects by smoothening the integer format elevation layer via development of a QGIS plugin. *Proceeding - IEEE International Conference on Computing, Communication and Automation, ICCCA 2016*, 1054–1058. <https://doi.org/10.1109/CCAA.2016.7813898>
- Bonaparte, Napoleão (1862). *Napoleon's Maxims of War*. Pantianos Classica.
- Câmara, Gilberto. (1989). *Arquitetura De Sistemas De Informação Geográfica*.
- Carlucci, Donald, & Jacobson, Sidney. (2014). Theory and Design of Guns and Ammunition Second Edition BALLISTICS. In *CRC Press*.
- Cowen, David. (1998). *GIS versus CAD versus DBMS: what are the differences?* Photogrammetric Engineering and Remote Densing.
- Delcev, Goce., & Lapevski, Martin. (2014). Analytical Hierarchical Process (AHP) Method Application in the Process of Selection and Evaluation. *International Scientific Conference, November*, 373–380.
- Direção Geral do Território. (2019a). *O SNIG e a implementação da Diretiva INSPIRE*. SNIG. <https://snig.dgterritorio.gov.pt/saber-mais/inspire/diretiva-e-disposicoes-execucao/diretiva>

- Direção Geral do Território. (2019b). *Saber mais sobre SNIG*. SNIG. <https://snig.dgterritorio.gov.pt/saber-mais>
- Direção Geral do Território. (2021). *PT-TM06/ETRS89. SISTEMAS DE REFERÊNCIA*. <https://www.dgterritorio.gov.pt/geodesia/sistemas-referencia/portugal-continental/PT-TM06-ETRS89>
- Estado Maior do Exército. (2007). *PDE 5-00 Planeamento tático e tomada de decisão*.
- European Space Agency. (2015). *Deteção Remota*. https://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_PT/SEM9S365P1G_0.html
- Fonseca, Ana, & Fernandes, João. (2004). *Deteção Remota* (1ª edição). LIDEL - EDIÇÕES TÉCNICAS, Lda.
- Gandhi, Meera, *et al.* (2015). Ndvi: Vegetation Change Detection Using Remote Sensing and Gis - A Case Study of Vellore District. *Procedia Computer Science*, 57(August), 1199–1210. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.07.415>
- Gaspar, Joaquim. (2000). *Cartas e Projeções Cartográficas* (1ª edição). LIDEL - EDIÇÕES TÉCNICAS, Lda.
- GeoServer. (2018). *GeoServer User Manual*. <https://docs.geoserver.org/2.13.2/user/>
- Government of Canada. (2015). *Satellite Characteristics: Orbits and Swaths*. <https://www.nrcan.gc.ca/maps-tools-publications/satellite-imagery-air-photos/remote-sensing-tutorials/satellites-sensors/satellite-characteristics-orbits-and-swaths/9283>
- Headquarters, Departement of the Army. (2019). *ATP 2-0.1.3 Intelligence Preparation of the Battlefield* (Vol. 4, Issue MARCH).
- HEXAGON. (2020). *Leica Chiroptera II Sensor LiDAR Topobatimétrico*. Geosystems Division. <https://leica-geosystems.com/pt-br/products/airborne-systems/bathymetric-lidar-sensors/leica-chiroptera>
- Hydrographic Dictionary Working Group. (2019). *S-32 Hydrographic Dictionary* (International Hydrographic Organization (ed.)). http://iho-ohi.net/S32/engView.php?page=114&quick_filter=Hydrography&quick_filter_operator=Contains
- Iacovella, Stefano, & Youngblood, Brian. (2013). *GeoServer beginner's guide : share and edit geospatial data with this open source software server*.
- Iliffe, Jonathan, & Lott, Roger. (2008). *Datums and Map Projections for Remote Sensing, GIS and Surveying* (2nd editio). Whittles Publishing.
- IOPscience. (2016). *Panoramic Images Mapping Tools Integrated Within the ESRI ArcGIS Software*. 1–6. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/17/1/012261>
- Journal of Integated Coastal Zone Management. (2007). *Glossary*. Glossary. <https://www.aprh.pt/rgci/glossario/geoide.html>
- Krauss, Susana. (2019). *ESTA É A PRIMEIRA FOTOGRAFIA DE VISTA PANORÂMICA DE TODA A COSTA PORTUGUESA, COM 943 QUILOMETROS*. SAPO. <https://viagens.sapo.pt/viajar/noticias-viajar/artigos/esta-e-a-primeira-fotografia-de-vista-panoramica-de-toda-a-costa-portuguesa-com-943-quilometros>

- Laudon, Kenneth, & Laudon, Jane. (2014). *Management Information Systems Managing The digital Firm Thirteen Edition Global Edition (SIB)*.
- Lira, Cristina, et. al. (2002). *Sistemas de Informação Geográfica*.
- Marwaha, N. (2020). *5 Things to know about NDVI*. UP42. <https://up42.com/blog/tech/5-things-to-know-about-ndvi>
- Microsoft. (2021). *Microsoft Excel*. <https://www.microsoft.com/pt-pt/microsoft-365/excel>
- National System for Geospatial Intelligence. (2006). *Geospatial Intelligence (GEOINT) Basic Doctrine*. National Geospatial-Intelligence Agency.
- Nato Standardization Office. (2017). *ATP-08 - Doctrine for Amphibious Operations: Vol. I (Issue D)*.
- NATO Standardization Office. (2009). ATP-3.2.1 Allied land tactics. In *ATP-3.2.1 Allied land tactics* (Issue November).
- NATO Standardization Office. (2014). *AJP-2 ALLIED JOINT DOCTRINE FOR INTELLIGENCE, COUNTER-INTELLIGENCE AND SECURITY* (Issue September).
- NATO Standardization Office. (2019). *AAP-6 Glossary of terms and definitions*.
- National Oceanic and Atmospheric Administration. (2020). *What is LIDAR?* Ocean Facts. <https://oceanservice.noaa.gov/facts/lidar.html>
- OSGeo. (2021). *About OSGeo*. <https://www.osgeo.org/about/>
- Longley, Maguie, et. al. (2005). Military applications of GIS. In *Geographical Information Systems 2nd ed. Abridged*.
- Pirolí, Edson. (2010). *Introdução Ao Geoprocessamento*. Universidade estadual Paulista, Campos Experimental de Ourinhos. http://vampira.ourinhos.unesp.br:8080/cediap/material/livro_introducao_ao_geoprocessamento.pdf
- Rocha, Teixeira. (2008). Academia Militar. In *Academia Militar*.
- Silva, Ana, et. al. (2016). *Sistemas de Informação Geográfica: Análise Espacial* (Issue December).
- Universidade Nova de Lisboa. (2011). *Ciências Cartográficas*. Nova e-learning.
- Venâncio, Pedro. (2014). *Transformação De Coordenadas E Utilização Das Grelhas NTV2 No QGIS*. QGIS PT. <https://www.qgis.pt/transformacao-de-coordenadas-e-utilizacao-das-grelhas-ntv2-no-qgis/>










APÊNDICE A – Fontes de Dados





Nº	Fonte	Dados	Classificação dos Dados	Observação
1	SNIG	Linha de Costa Internacional	Vetorial	“Informação geográfica cedida pela Direção-Geral do Território”
2	SNIG	Carta de Uso e Ocupação do Solo – 2018 (COP2018)	Vetorial	“Informação geográfica cedida pela Direção-Geral do Território”
3	ESA	Imagens Sentinel-2	Raster	B4 – Banda Vermelha B8 – Banda próximo do Infravermelho
4	ESRI - Portugal	Modelo Digital de Terreno	Raster	Resolução de 30metros
5	EMODnet	Batimetria	Raster	Resolução 90x115 metros
6	SNIG	Modelo Digital do Terreno (Resolução 2m) – Zonas Costeiras de Portugal Continental – 2011	Raster	“Informação geográfica cedida pela Direção-Geral do Território”
7	SNIG	Massas de Água Superficiais Rios de Portugal Continental: conjunto de dados geográfico SNIAmb	Vetorial	“Massas de água Rios reportadas à Comissão Europeia no âmbito da Diretiva Quadro da Água (DQA), 2.º ciclo de planeamento 2015-2021 (PGRH-2)”




Apêndice B – Folha de cálculo AHP (exemplo utilizado para as operações de apoio anfíbio a resposta a crises e outras operações)




Comparação das alternativas					AUTOVALOR* [Comparação das alternativas]							
	Decl. FM	Decl. PTT	Ocupação do solo	Vegetação (NDVI)		Decl. FM	Decl. PTT	Ocupação do solo	Vegetação (NDVI)	soma coluna	soma coluna/autovalor	λ max
Decl. FM	1	1	0,333	3	Decl. FM	0,231837846	0,21848326	0,14034479	0,384669203	0,97534	4,206971018	4,20041
Decl. PTT	1	1	0,5	2	Decl. PTT	0,231837846	0,21848326	0,210727913	0,256446135	0,9175	4,199384227	
Ocupação do solo	3	2	1	2	Ocupação do solo	0,696209748	0,436966519	0,421455827	0,256446135	1,81108	4,297195846	
Vegetação (NDVI)	0,333	0,5	0,5	1	Vegetação (NDVI)	0,077279282	0,10924163	0,210727913	0,128223068	0,52547	4,098107327	
Total	5,336336336	4,5	2,333	8								
Normalização dos dados												
	Decl. FM	Decl. PTT	Ocupação do solo	Vegetação (NDVI)	Autovalor	RI	CI	CR				
Decl. FM	0,187394485	0,222222222	0,142734676	0,375	0,232	0,89	0,066804868	0,07506165				
Decl. PTT	0,187394485	0,222222222	0,214316331	0,25	0,218							
Ocupação do solo	0,562746201	0,444444444	0,428632662	0,25	0,421							
Vegetação (NDVI)	0,062464828	0,111111111	0,214316331	0,125	0,128							
				TOTAL	1							

APÊNDICE C – Rampa de cores utilizadas

Rampa de cores para ocupação do solo		
Código de cores	Cor	Característica
#000000		Territórios artificializados
#ad7f54		Agriculturas
#4f4c15		Pastagens
#703600		Superfícies agroflorestais
#07a50c		Floresta
#011105		Matos
#c718d7		Espaços descobertos ou com pouca vegetação
#69f3ff		Zonas húmidas
#0000ff		Massas de água superficiais

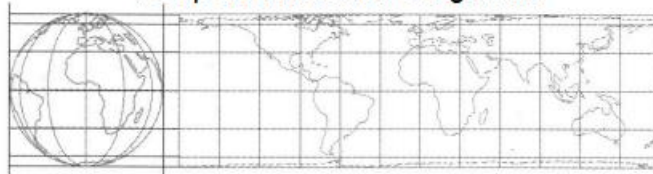
Rampa de cores para NDVI		
Código de cores	Cor	Intervalo de valores
#d7191c		-1 a 0
#fedd96		0 a 0.33
#68f05d		0.33 a 0.66
#2ba12b		0.66 a 1

Rampa de cores para utilização de viaturas		
Código da cor	Cor	Intervalo de valores
#00e61a		< 30 - Sem Restrições
#1158ff		30 a 45 - Restritivo
#d7191c		> 45 - Severamente Restritivo

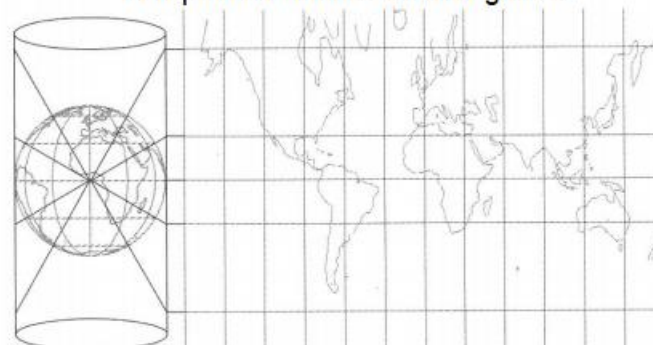
Rampa de cores para cobertura das armas de tiro tenso		
Código da cor	Cor	Intervalo de valores
#d7191c		< 10 - Mau
#1158ff		10 a 30 - Razoável
#00e61a		> 30 - Bom

Anexo A – Diferentes perspectivas tendo em conta superfícies cilíndricas

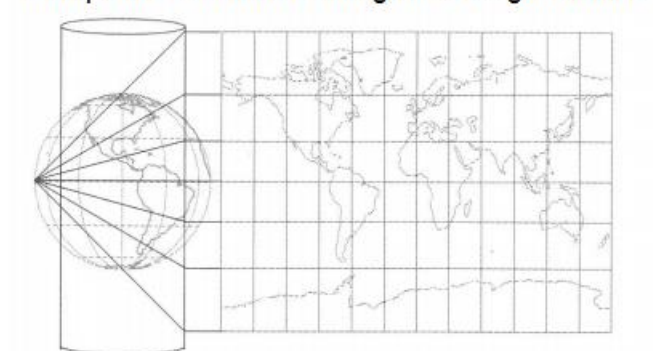
Perspetiva cilíndrica ortográfica



Perspetiva cilíndrica estereográfica

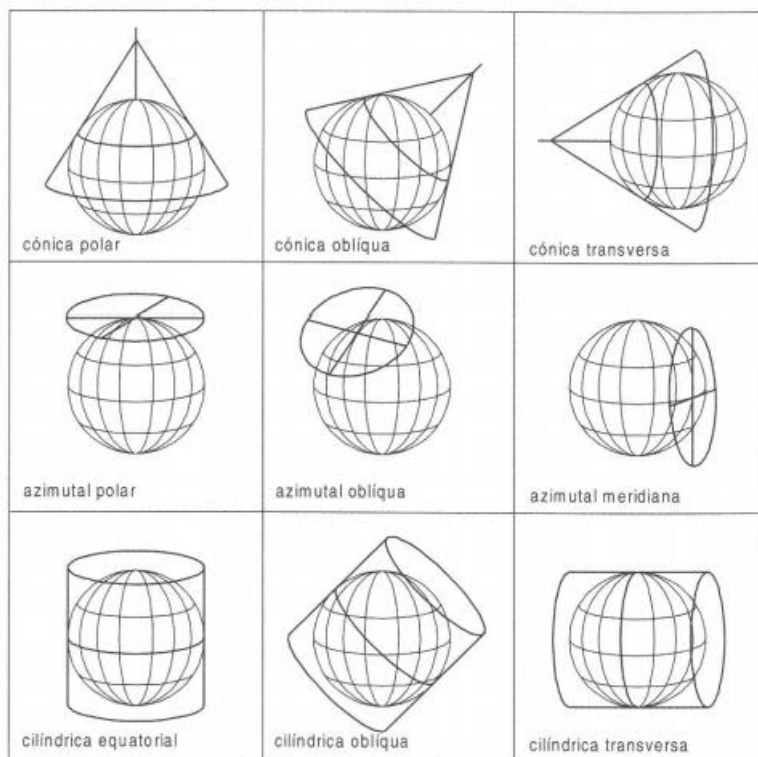


Perspetiva cilíndrica centrográfica ou gnomónica



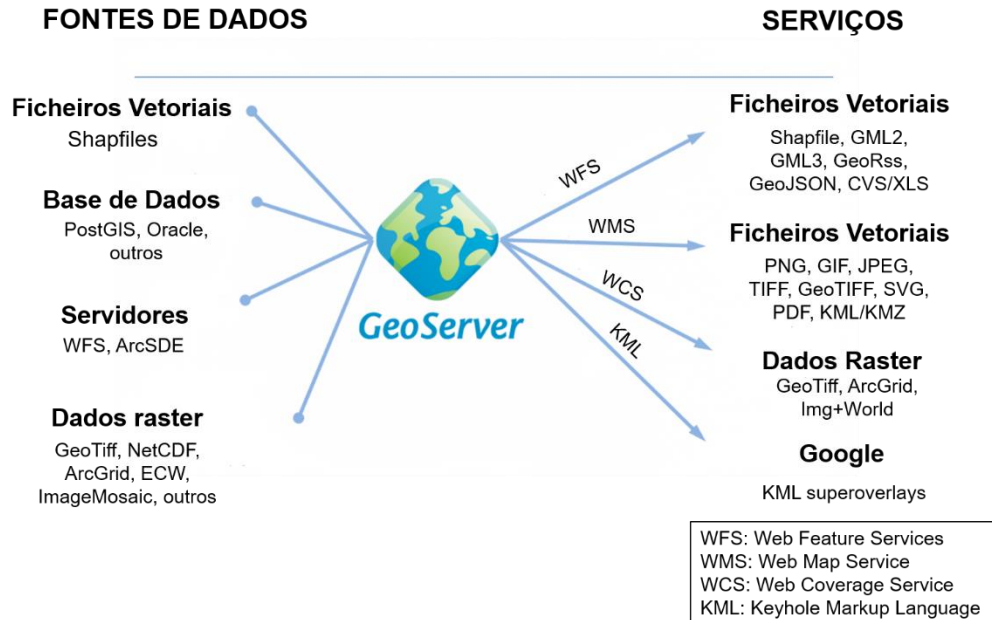
Fonte: (Gaspar, 2000)

Anexo B – Orientações quanto à superfície de projeção



Fonte: (Gaspar, 2000)

Anexo C – Fontes e serviços suportados pelo Geoserver



Fonte (adaptado): (Australian Institute of Marine Science, 2019)

Anexo D – Parâmetros da projeção Transversa de Mercator

Elipsóide de referência	GRS80	Semi-eixo maior: a = 6 378 137 m
		Achatamento: f = 1/ 298,257 222 101
Projeção cartográfica	Transversa de Mercator	
Latitude da origem das coordenadas	39° 40' 05",73 N	
Longitude da origem das coordenadas	008° 07' 59",19 W	
Falsa origem das coordenadas	Em M (distância à Meridiana): 0m Em P (distância à Perpendicular): 0m	
Coeficiente de redução de escala no meridiano central	1.0	

Fonte: (Direção Geral do Território, 2021)