



**Sistemas de Informação Geográfica e património
cultural subaquático: O caso da zona costeira entre
Alcácer do Sal e Sines**

Miguel Ângelo Marcão Rodrigues da Silva

Dissertação de Mestrado em Gestão do Território

Dezembro 2021

Dissertação apresentada para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Gestão do Território, Especialização em Detecção Remota e Sistemas de Informação Geográfica, realizada sob a orientação científica da Professora Doutora Rossana Estanqueiro e coorientação do Professor Doutor Miguel Martins.

O trabalho desenvolvido no âmbito desta dissertação de mestrado enquadra-se nas atividades do projeto “Um Mergulho na História”, financiado pelo Orçamento Participativo Portugal 2018 e acolhido pela Direção Geral do Património Cultural, com o apoio de diversas instituições, incluindo a Força Aérea Portuguesa.

A produção deste estudo não constitui um aval do seu conteúdo, refletindo unicamente o ponto de vista do autor.

Agradecimentos

Agradeço, em especial, à Francisca, pelo apoio incessante em todos os meus projetos e pelo tempo que dispensou para me ajudar a concretizar esta dissertação. Aos meus pais, que sempre priorizaram, incentivaram e apoiaram os meus estudos. Aos meus avós, pela motivação e apoio durante toda a minha vida. Agradeço, também, a toda à restante família, pelo constante incentivo oferecido.

Agradeço à minha Orientadora, Rossana Estanqueiro, pela disponibilidade constante, apoio interminável e atenção que me concedeu durante este processo. A sua orientação foi imprescindível no decorrer desta longa e árdua jornada. O meu sincero obrigado!

Agradeço, ainda, ao meu coorientador, Miguel Martins, pelo apoio, ajuda e integração no projeto UMH, o qual me forneceu tema para a presente dissertação.

Ao Flávio Biscaia e ao Joaquim Parrinha, pelo apoio e partilha de conhecimento durante as diversas reuniões, para tratamento dos dados presentes.

Ao IPMA, que forneceu os dados integrantes da presente dissertação.

À Força Aérea Portuguesa, por me permitir visitar um dos seus complexos.

Por último, mas nunca menos importante, à minha segunda família, os meus amigos, que sempre me apoiaram e torceram por mim.

Muito Obrigado!

Resumo

A Arqueologia utiliza, como base do seu conhecimento, dados que são definidos com base em dois pilares: o espaço e o tempo. O primeiro reflete a origem dos dados que trabalha e o segundo tem em conta a história do mesmo. Qualquer que seja a proveniência do objeto em estudo, um naufrágio ou um artefacto encontrado em terra, necessita de ser considerado como uma componente da paisagem, sendo que, qualquer elemento arqueológico requer um contexto espacial.

Os objetivos principais desta dissertação prendem-se à explicação dos temas-chave de SIG com aplicação à arqueologia, a conceptualização da aquisição e tratamento de dados e, por fim, a conceptualização de uma base de dados para a produção de informação geográfica, pertinente e útil para a salvaguarda e proteção do património cultural subaquático.

Esta dissertação pretende abordar os conceitos de PCS e SIG aplicado ao mesmo, bem como a conceptualização de uma base de dados que possa apoiar na gestão e proteção do PCS. Para tal efeito, foram analisadas várias referências bibliográficas e projetos de referência, tanto a nível nacional como mundial, extraíndo destes ideias, para a aplicação na metodologia da dissertação. Foi também vantajoso para a conclusão da dissertação a opinião de especialista da área da Arqueologia para um maior entendimento da mesma.

Com este estudo, pretende-se desenvolver uma abordagem simples, porém aprofundada, dos diversos componentes que constituem os SIG e a sua aplicação ao PCS: tipos de dados e aquisição dos mesmos, conceptualização de uma base de dados, análise espacial e mapeamento pertinente.

O resultado esperado desta dissertação consiste na produção de um documento explicativo e metodológico, servindo de auxílio em trabalhos futuros na área.

Palavras-Chave: Sistemas de Informação Geográfica; Arqueologia; Património Cultural Subaquático; Metodologia; Dados Arqueológicos; Base de Dados

Abstract

Archaeology employs, as the basis of its knowledge, data which is defined based on two pillars: space and time. The first reflects the origin of the data it works with; the second pillar, however, considers its history. Whatever the provenance of the object under study, a shipwreck or an artifact found on land, it needs to be considered as a component of the landscape, given that any archaeological element requires a spatial context.

The main objectives of this dissertation are related to the explanation of key GIS themes with application to archaeology, the conceptualization of data acquisition and processing, and finally, the conceptualization of a database for the production of geographic information, relevant and useful for the safeguarding and protection of underwater cultural heritage.

This dissertation aims to address the concepts of Underwater Cultural Heritage (UCH) and the subsequent Geographic Information Systems (GIS) applied, as well as the conceptualization of a database which can support the management and protection of UCH. For this purpose, several bibliographic references and reference projects were analysed, both nationally and worldwide, from which ideas for application in the dissertation methodology were extracted. The opinion of specialists in the field of Archaeology was also advantageous for the conclusion of the dissertation for a greater understanding of the latter.

Throughout the development of this dissertation, it was intended to undertake a simple, yet thorough approach of the various components which constitute GIS and its application to the UCH: types of data and their acquisition, conceptualization of a database, spatial analysis, and relevant mapping.

The expected result of this dissertation consists of the production of an explanatory and methodological document, helping in future work in the area.

Keywords: Geographic Information Systems; Archaeology; Underwater Cultural Heritage; Methodology; Archaeological Data; Database

Acrónimos

AWOIS – *Automated Wreck and Obstruction Information Systems*

BDG – Base de Dados Geográfica

BLOBs – Objetos Binários Grandes

CAD – *Computer Aided-Design*

CHAM – Centro de História Além-Mar

CNANS – Centro Nacional de Arqueologia Náutica e Subaquática

DANS – Divisão de Arqueologia Náutica e Subaquática

DBMS – *Database Management System*

DEM – Modelos de Elevação Digital

DGPC - Direção Geral do Património Cultural

DRaC - Direção Regional da Cultura dos Açores

DRCLVT - Direção Regional de Cultura de Lisboa e Vale do Tejo

ESRI – *Environmental Systems Research Institute*

FOSS – *Free Open Source Software*

GDB - *GeoDatabase*

GIS – *Geographic Information Systems*

GML – Linguagem de Marcação Geográfica

GPR – *Ground-Penetrating Radar*

GPS – *Global Positioning System*

GUIDs – Identificadores Globalmente Exclusivos

ID - *Identification*

IGESPAR – Instituto de Gestão do Património Arquitetónico e Arqueológico

IMC – Instituto dos Museus e Conservação

IPA – Instituto Português da Arqueologia

IPMA - Instituto Português do Mar e da Atmosfera

IPPAR – Instituto Português do Património Arquitetónico

LiDAR – *Light Detection and Ranging*

MACHU – *Managing Cultural Heritage Underwater*

MAG - Magnetómetro

NDVI – *Normalized Difference Vegetation Index*

NOAA – *National Oceanic and Atmospheric Administration*

PC - Património Cultural

PCS - Património Cultural Subaquático
POI – *Point of Interest*
RCAAP - Repositório Científico de Acesso Aberto de Portugal
ROVs – *Remotely Operated Vehicles*
RUN - Repositório da Universidade Nova
SGBD – Sistema de Gestão de Base de Dados
SIG – Sistemas de Informação Geográfica
SQL – *Structured Query Language*
SVL – Sonar de Varrimento Lateral
TB - *Terabyte*
TINs – Redes Irregulares Trianguladas
UAV - *Unmanned Aerial Vehicles*
UCH – *Underwater Cultural Heritage*
UMH – Um Mergulho na História
UNESCO – *United Nations Educational Scientific and Cultural Organization*
URL – *Uniform Resource Locator*
XML – *Extensible Markup Language*
ZEE – Zona Económica Exclusiva

Índice Geral

Agradecimentos	iv
Resumo	v
Abstract	vi
Acrónimos	vii
Índice Geral	ix
Índice de Tabelas	xii
Índice de Figuras	xiii
Capítulo 1 – Introdução	1
1.1. Proposta de Investigação	1
1.2. O papel do autor no Projeto Um Mergulho na História e o seu contributo	3
1.3. Justificação do tema	3
1.4. Metodologia	4
Capítulo 2 – Enquadramento	7
1. Quadro conceptual	7
1.1. Património Cultural	7
1.2. Património Cultural Subaquático	9
1.3. Prospeção Arqueológica	11
2. Quadro legal e institucional no contexto nacional e internacional	13
2.1. Contexto nacional	14
2.2. Quadro internacional	15
3. O património cultural subaquático e os Sistemas de Informação Geográfica	17
Capítulo 3 – Sistemas de Informação Geográfica aplicados ao Património Cultural Subaquático	25
1. Conceitos e princípios sobre Sistemas de Informação Geográfica	25
1.1. Definições de Sistemas de Informação Geográfica	25
1.2. Modelos fundamentais de Dados em SIG	26
1.2.1. Modelo de dados vetorial	29
1.2.2. Modelo de dados raster	32

1.3. Aquisição dos Dados.....	35
1.3.1. Dados provenientes de atividades piscatórias.....	35
1.3.2. Dados provenientes de evidências documentais	37
1.3.3. Dados provenientes de equipamentos sísmicos e geofísicos.....	38
1.3.4. Recolha de dados proveniente de trabalho de campo: mergulho, ROV e campanhas em água e terra	40
1.4. Georreferenciação	42
1.5. Base de Dados Geográfica	43
1.5.1. Estrutura da Geodatabase.....	45
1.5.1.1. Noções básicas de <i>feature class</i>	46
1.5.2. Tipos de geodatabases	47
1.5.2.1. <i>File geodatabases</i>	48
1.6. Análise espacial em SIG – abordagem exploratória.....	49
1.6.1. Análise espacial.....	49
1.6.2. Estatística Espacial.....	52
1.6.3. Mapeamento temático	55
Capítulo 4 – Metodologia em SIG para gestão do PCS: o caso da zona costeira entre Alcácer do Sal e Sines.....	59
1. Enquadramento da Área de Estudo.....	59
2. Metodologia geral.....	60
2.1. Dados.....	61
2.1.1. Dados provenientes de atividades piscatórias e mergulho	61
2.1.2. Dados provenientes de evidências documentais	63
2.1.3. Dados provenientes de deteção remota	64
2.1.3.1. SVL – Tróia 1.....	64
2.1.3.2. MAG.....	66
2.1.3.3. Deteção Remota Ativa.....	67
2.1.4. Dados provenientes de trabalho de campo.....	68
2.2. Tratamento dos Dados.....	70
2.2.1. Rotas piscatórias e mergulho.....	70

2.2.2.	Dados provenientes de diferentes fontes	74
2.2.3.	Corredores de prospeção geofísica através da Força Aérea.....	77
2.3.	Conceptualização de uma Base de Dados aplicada ao PCS	79
2.3.1.	Achados isolados	81
2.3.2.	Naufrágios	82
2.3.3.	Prospeção	84
2.4.	Análise exploratória de Dados	85
2.5.	Mapeamento Temático	87
	Capítulo 5 – Considerações finais	91
	Referências Bibliográficas	95

Índice de Tabelas

Tabela 3.1. Exemplar dos Dados Arqueológicos Brutos do Projeto	26
Tabela 3.2. Tipo de Formatos de Dados e respectivas características – Raster e Vetorial.	28
Tabela 3.3. Tipos de Geodatabase	47
Tabela 4.1. Formato das Coordenadas em Graus e Minutos	61
Tabela 4.2. Formato das Coordenadas em Graus Decimais	62
Tabela 4.3. Exemplar dos Dados de prospeção trabalhados	73

Índice de Figuras

Figura 3.1. Mapa por Camadas em SIG	27
Figura 3.2. Mapa ilustrativo de base formato raster com pontos arqueológicos e limites administrativos em formato vetorial	29
Figura 3.3. Ilustração de diferentes tipos de relações topológicas	32
Figura 3.4. Ilustração de comparação entre formato raster e formato vetorial.....	33
Figura 3.5. Imagem raster com o mesmo cenário – aumento da resolução da imagem ..	33
Figura 3.6. Ilustração da pesca de arrasto	36
Figura 3.7. Exemplar de uma Imagem Eletromagnética	40
Figura 3.8. Imagem exemplar de Melides	40
Figura 3.9. Ilustração de mergulho profissional em zona de naufrágio	41
Figura 3.10. Ilustração de um ROV (veículo submarino não tripulado).....	42
Figura 3.11. Exemplar de pontos com coordenadas.....	43
Figura 3.12. Operações e Componentes suportadas por uma Base de Dados Geográfica	44
Figura 3.13. Diagrama de estrutura de uma Geodatabase	46
Figura 3.14. Operação União em software SIG	50
Figura 3.15. Operação de Interseção em software SIG	50
Figura 3.16. Operação Corte em software SIG	51
Figura 3.17. Operação Buffer	52
Figura 3.18. Operação Próximo (Near) em software SIG.....	52
Figura 3.19. Ilustração da operação Kernel Density	55
Figura 4.1. Mapa da Área de Estudo	59
Figura 4.2. Diagrama de metodologia em SIG para realização de um projeto aplicado ao PCS	61
Figura 4.3. Evidência documental referente ao navio Santo António.....	64
Figura 4.4. Ilustração de uma imagem proveniente de Sonar de Varrimento Lateral	65
Figura 4.5. Ilustração de uma imagem eletromagnética.....	67
Figura 4.6. Ilustração de uma imagem LiDAR	68
Figura 4.7. Mapa de localização do achado “Duna K7”	59
Figura 4.8. Diagrama ilustrativo do tratamento dos dados em software SIG.....	70
Figura 4.9. Ilustração exemplar de dados de prospeção em formato bruto	71
Figura 4.10. Ilustração do resultado de uma operação “Clip”	71

Figura 4.11. Mapa de localizações para os três tipos de prospeção arqueológica	74
Figura 4.12. Diagrama ilustrativo da Análise espacial de imagens raster	74
Figura 4.13. Operação Slope sobre uma imagem raster	75
Figura 4.14. Operação Hillshade sobre uma imagem raster	76
Figura 4.15. Diagrama ilustrativo do processo de análise e tratamento de dados provenientes de evidências documentais e trabalho de campo	77
Figura 4.16. Operação Copy Parallel	78
Figura 4.17. Operação Create Points along a line	79
Figura 4.18. Diagrama ilustrativo da Conceptualização de uma Geodatabase em software SIG	80
Figura 4.19. Dados inseridos na geodatabase do projeto UMH	81
Figura 4.20. Feature Dataset “Achados isolados”	82
Figura 4.21. Feature Dataset “Naufragios”	83
Figura 4.22. Operação Create Relationship Classes	84
Figura 4.23. Feature Dataset “Prospeção”	85
Figura 4.24. Operação Kernel Density	86
Figura 4.25. Operação Select Layer by Location	86
Figura 4.26. Localização dos pontos para prospeção geofísica	87
Figura 4.27. Localização dos pontos para prospeção através de mergulho	88
Figura 4.28. Localização dos pontos para prospeção com auxílio de ROV	89
Figura 4.29. Trajeto de prospeção com auxílio de UAV	89
Figura 5.1. Ilustração de uma ficha informativa em ambiente WebGIS	93

Capítulo 1 – Introdução

1.1. Proposta de Investigação

O presente estudo visa o desenvolvimento de uma abordagem metodológica, com recurso a Sistemas de Informação Geográfica (SIG) adequada e útil no âmbito da realização de trabalhos de prospeção subaquática, inventariação de património, análise geoespacial e comunicação patrimonial. Tendo por base os objetivos e área espacial definida para o Projeto Um Mergulho na História, o qual foi financiado pelo Orçamento Participativo Portugal 2018, este estudo pretende contribuir para a construção de uma metodologia essencial no aprofundamento de conhecimento e gestão do património cultural náutico existente no Litoral alentejano. Para além disto, este estudo tem como objetivo a construção de uma metodologia cientificamente suportada, que permita a sua aplicação em outros projetos e noutras ciências.

Este estudo tem como principais objetivos os seguintes pontos: a) identificação dos requisitos para a construção da base de dados sobre património; b) criação de modelos de teste que comportem dados de diversas proveniências; c) aperfeiçoamento dos métodos de consulta; e, e) criação de mecanismos que permitam reduzir os tempos de resposta no apoio à decisão /gestão do património cultural náutico e subaquático.

Os modelos de análise geoespacial que se pretendem construir neste estudo assentaram no processamento e gestão de dados obtidos durante a execução do projeto acima referido, de modo a proporcionar a realização de análises quantitativas de informação e a criação de uma proposta de base de dados inteiramente georreferenciada, capaz de permitir a análise crítica dos dados disponíveis.

Os dados tratados e apresentados neste estudo estão incluídos em diversos níveis de confidencialidade, uma vez que se relacionam com o naufrágio de navios, os quais transportavam materiais produzidos de diversas matérias-primas.

Considerando os pressupostos vertidos na Convenção para a Proteção do Património Cultural Subaquático (PCS) da *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* (UNESCO), em 2001, ratificada em Portugal, aprovada e ratificada pela Resolução da Assembleia da República n.º 51/2006, a preservação *in situ* do património cultural será considerada opção primária antes de ser autorizada ou iniciada qualquer intervenção sobre o património (alínea 5, do art.º 2 – Regra 1); o património cultural subaquático não será objeto de exploração comercial (alínea 7, do Art.º 2 – Regra 2); a informação arqueológica deverá ser inventariada através de um inventário

pormenorizado (Regra 27; e, deverá ser promovido a acesso a este património sempre que possível através da apresentação de resultados (Regra 35).

Deste modo, torna-se imprescindível a criação de bases de dados onde a informação possa ser inserida, analisada e gerida de uma forma metódica e eficiente. Para o efeito, o presente estudo apresenta uma proposta de solução onde os dados obtidos de diversas proveniências permitiram a construção de um modelo teórico-prático em que os dados possam ser integrados em diferentes aplicabilidades. Assim sendo, os dados poderão ser transmitidos eficientemente para diferentes públicos, áreas e temáticas, a partir da produção de informação geográfica pertinente e útil no âmbito do património cultural subaquático.

O objetivo fundamental da dissertação prende-se no desenvolvimento de uma abordagem metodológica, com recurso aos SIG, aplicado ao domínio da Arqueologia, com especial enfoque no PCS.

Este estudo tem ainda por objetivo dotar os investigadores em Arqueologia de um modelo melhorado daqueles que se encontram em prática em determinados países europeus, como Holanda, Reino Unido, entre outros. Tais modelos, e bases de dados respetivas, podem ser encontrados nos seguintes sítios *online*: 1) <https://www.nationalarchives.gov.uk/help-with-your-research/research-guides/ships-wrecked-sunk/>; 2) <https://www.noordzeeloket.nl/en/policy/noordzee-2050/wrakken-noordzee/>; e, 3) <https://wrecks.nauticalcharts.noaa.gov/viewer/>.

Para colmatar tal lacuna, é necessário entender o contributo que os SIG podem oferecer à arqueologia e, conseqüentemente, contribuir para a divulgação de duas ciências que apresentam um grande potencial, quando combinadas. Para ser possível atingir o objetivo, pretende-se, mais especificamente:

- i. Desenvolver um documento base, onde estejam cimentados os temas chave de SIG com aplicação à arqueologia;
- ii. Conceptualizar a aquisição e tratamento de dados; e,
- iii. Conceptualizar uma base de dados para a produção de informação geográfica, pertinente e útil para a salvaguarda e proteção do património cultural subaquático.

Para alcançar os mencionados objetivos, foi compilada informação proveniente de documentação essencialmente internacional, visto que, em Portugal, existe uma enorme falha na quantidade de documentação publicada que aborde SIG e Arqueologia.

Em suma, pretende-se que esta dissertação seja o mais completa possível, em

temáticas de SIG que sejam de utilidade e de provável utilização pelo arqueólogo.

1.2. O papel do autor no Projeto Um Mergulho na História e o seu contributo

O Projeto Um Mergulho na História tem por objetivos “(...) identificar, localizar e relocalizar o património cultural náutico e subaquático existente no litoral alentejano. Nesse sentido, foram incluídas as paisagens marítimas, fluviais e de interface adjacentes, ou situadas, nos concelhos de Alcácer do Sal, Grândola, Santiago do Cacém, Sines e Odemira. Com vista a obter uma leitura integrada dos aspetos relacionados com a navegação e o impacto desta nas populações locais, será desenvolvida a pesquisa documental em arquivos e bibliotecas, bem como, a investigação arqueológica dos vestígios de embarcações e outras estruturas de apoio a navegação.” (Martins, et al., 2019: 13).

O papel do autor no projeto indicado compreende as seguintes ações: a) criação de uma base de dados georreferenciada que permita acolher dados de diversas proveniências; (b) criação de corredores de prospeção geofísica; (c) criação de áreas para prospeção sistemática em meio submerso; (d) organização e introdução de blocos de dados; e, (e) apresentação de oportunidades e desafios para a investigação do património cultural náutico e subaquático no Litoral alentejano.

1.3. Justificação do tema

Após a pesquisa bibliográfica, constatou-se que a existência de trabalhos relativos a esta temática é escassa. É, por isso, uma investigação aplicada muito pouco desenvolvida no âmbito nacional, pelo que este estudo terá uma forte aplicabilidade em projetos futuros, solucionando problemas identificados nas bases de dados atuais para gestão da informação relativa a PCS, uma vez que, na sua maioria, não se encontram georreferenciados.

Salienta-se, ainda, que a melhor maneira de evitar ameaças e destruição ao património cultural subaquático é através do estudo e divulgação do mesmo. A divulgação para evitar a destruição é uma medida que vem referida como preocupação na mencionada Convenção de 2001, “Convicta do direito do público de beneficiar das vantagens educativas e recreativas decorrentes de um acesso responsável e não intrusivo ao património cultural subaquático *in situ* da importância da educação do público para uma maior consciencialização, valorização e proteção desse património;” (UNESCO,

Convenção sobre a Protecção do Património Cultural Subaquático, 2001).

Considera-se, por este motivo, que este estudo se revela inovador, visto que permite o tratamento e gestão de dados de uma forma sustentável, eficiente e, sobretudo, num modelo que se apresenta como simplificado no âmbito da sua utilização. Por outro lado, a proposta desenvolvida neste estudo permite a sua adequação e ajuste a um futuro próximo, uma vez que o modelo a ser criado contempla um conjunto de características transversais à gestão geoespacial de um grande volume de dados, recolhidos por equipas em tempo-real no terreno e, em simultâneo, por blocos em laboratório.

1.4. Metodologia

Uma das primeiras etapas desta dissertação foi a abordagem conceptual e a estruturação e organização prática das atividades de investigação. Organizar de modo a conhecer a teoria, métodos e técnicas que a sustentam.

O primeiro passo envolveu recolha bibliográfica e pesquisa intensiva, para que fosse possível uma contextualização de todos os conceitos associados à temática em questão: Sistemas de Informação Geográfica e Património Cultural Subaquático, mais concretamente o contributo que os SIG podem oferecer à arqueologia subaquática, tendo sempre em conta que o trabalho realizado, não só oferece um contributo à arqueologia subaquática, mas também a todos os ramos da Arqueologia.

Para efetuar a pesquisa e recolha bibliográfica, utilizaram-se motores de pesquisa conhecidos como o Repositório Científico de Acesso Aberto de Portugal (RCAAP), o Repositório da Universidade Nova (RUN), em sítios oficiais das principais editoras científicas e bibliotecas digitais internacionais que contêm artigos e documentos científicos publicados sobre as temáticas. Por último, foram utilizados livros científicos, sendo alguns destes de difícil acesso. A pesquisa foi feita nas línguas portuguesa, inglesa e espanhola. As palavras-chave utilizadas para a pesquisa bibliográfica foram as seguintes: “SIG”; “Património Cultural Subaquático”; “Património Cultural”; “Arqueologia subaquática”; “Análise espacial”; “*Geodatabase*”; “Arqueologia”; “Cartografia”; “Inventariação”; “Protecção”; “Divulgação”. Com a combinação variada destas palavras-chave, foi possível uma recolha bibliográfica mais extensa e completa.

De toda a recolha bibliográfica, foram identificados autores de referência, quer de âmbito nacional, como internacional. Foram identificados como autores de referência pelo estudo conjunto de SIG associado à arqueologia e património cultural subaquático. Como autores de referência internacional destacaram-se David Wheatley, autor de um livro e

diversos documentos referenciando as aplicações de SIG à Arqueologia. Tal afirmação pode ser comprovada através do seguinte excerto: “Archaeology, in common with all disciplines concerned with the interpretation of geographically located material, has witnessed an unprecedented transformation of the methodological tools it uses for spatial records and analysis.” (Wheatley & Gillings, 2002: 1). Também Konnie L. Wescott é uma referência internacional nesta temática, autora do livro “Practical Applications Of GIS for Archaeologists – A Predictive Modeling Kit”. Por último, destacou-se Nilton Ricetti Xavier de Nazareno, com a sua tese de Doutorado denominada “SIG Arqueologia: Aplicação em Pesquisa Arqueológica”, publicada pela Universidade de São Paulo.

A identificação de autores de referência nacional, considerou trabalhos de âmbito académico em duas escolas: Nuno Miguel Pires Bandarra, autor da dissertação de Mestrado “Projeto Archimaria: Conceptualização de uma Base de Dados para o Património Cultural Subaquática em ambiente SIG” (2013) na Escola Naval, Departamento de Marinha. Foi também reconhecido Pedro José Leitão da Silva Santos, autor da dissertação de Mestrado “Aplicações de Sistemas de Informação Geográfica em Arqueologia” (2006), no Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação da Universidade Nova de Lisboa. Com esta bibliografia de referência, é possível ter um prévio conhecimento e abrangência da temática.

A pertinência do desenvolvimento desta temática prende-se, também, à possibilidade de esta servir de apoio a toda a comunidade científica, não só relativa à Arqueologia e PCS, como também a todas as áreas que apresentem necessidade de espacializar os seus dados. A seguinte citação serve como exemplo ao enunciado anteriormente: “Archaeological data is spatial and temporal in nature, and therefore especially suited to the basic principles driving the development and use of GIS.” (Wescott & Brandon, 2000: 1).

O método de investigação presente nesta dissertação é, maioritariamente, quantitativo. Este baseia-se na aplicação dos SIG ao PCS e a análise far-se-á a partir de dados quantitativos. Estes dados serão analisados e tratados para a obtenção de uma análise crítica (numérica) e visual, servindo de apoio a decisões futuras na prospeção, gestão, proteção e divulgação do PCS.

Cada vez mais os SIG têm tido um maior contributo para a Arqueologia, apesar de ainda não estarem implementados como suposto. Porém, é importante referir que os SIG contribuem para a Arqueologia em termos de consumo de tempo, ocupação de espaço, facilidade na visualização e conhecimento da mesma e, ainda, economicamente, como se

pode concluir através da seguinte citação: “GIS is proving itself to be a powerful and efficient managerial tool for spatial data sets, allowing the land resource manager the ability to access, analyze, and interpret large amounts of archaeological data in a fraction of the time previously required.” (Wescott & Brandon, 2000: 1). Os SIG permitem ainda a mudança de mapas estáticos que apenas informam a localização para mapas interativos com toda a informação associada ao objeto em questão.

O tema desta investigação foi escolhido devido a um *ongoing project* “Um Mergulho na História” (UMH), de onde provêm os dados que irão ser utilizados no decorrer desta dissertação. Foi também selecionado este tema dado que é pouco abordado, porém de grande interesse, não só para a comunidade histórica e científica, mas também para a população em geral, visto que o PCS pertence a todos e faz parte da nossa história.

Os dados arqueológicos utilizados nesta dissertação são provenientes de várias fontes e localizam-se na área de estudo, sendo esta a zona marítima de Alcácer do Sal até sul de Sines, incluindo zonas costeiras (praias), caso se observe alguma irregularidade a partir das imagens *Light Detection and Ranging* (LiDAR). Sendo que o projeto “Um Mergulho na História” está, ainda, em fase inicial, a maioria dos dados adquiridos são para prospeção arqueológica, sendo que apenas alguns se encontram identificados, que serão utilizados em exemplos práticos. A proveniência destes dados vai desde a atividade piscatória com embarcação (pontos demarcados ao longo dos percursos de pesca, quando encontram algum material), até imagens de leitura eletromagnética. Estas imagens permitem uma leitura de irregularidades no fundo do mar, facilitando a prospeção e o consumo de tempo.

Os *softwares* utilizados nesta dissertação foram os seguintes: Excel; ArcGIS 10.7 e ArcGIS PRO da ESRI. O primeiro, foi utilizado para receção das tabelas de dados de prospeção com as respetivas coordenadas, para depois poderem ser inseridas em ambiente SIG. Os seguintes foram utilizados para a análise dos dados e produção de informação geográfica e de cartografia temática. A escolha deste *software* teve como base os conhecimentos adquiridos, tanto na Licenciatura, como em Mestrado, do autor da presente dissertação.

Capítulo 2 – Enquadramento

Neste capítulo abordar-se-á a razão da necessidade da concretização de um estudo que correlacione os SIG e o PCS, esclarecendo os problemas associados, enquadrando a situação atual no país e no resto do mundo.

Este capítulo centra a sua abordagem no quadro conceptual e legal no contexto nacional e internacional e na revisão da literatura.

Abordar-se-ão conceitos como PCS e SIG, e o contributo dos mesmos para a prospeção e salvaguarda do PCS.

1. Quadro conceptual

Na parte conceptual, explicar-se-ão os conceitos de Património Cultural e PCS, bem como a origem do Património Cultural Subaquático e a subjacente importância que detém para Portugal. A proteção do PCS tem sido, cada vez mais, uma preocupação, não só por parte da comunidade científica, mas também pela comunidade em geral. Ainda assim, será possível entender na conclusão deste capítulo, que nem todas as medidas para a proteção do PCS são executadas, nem suficientes, para evitar a destruição do mesmo.

1.1. Património Cultural

Como refere o 2º artigo da Lei 107/2001: “1- Para os efeitos da presente lei integram o património cultural todos os bens que, sendo testemunhos com valor de civilização ou de cultura portadores de interesse cultural relevante, devam ser objeto de especial proteção e valorização.” (Decreto-Lei n.º 107/2001 de 6 de abril, 2001).

Património Cultural (PC) está, portanto, ligado a conceitos como povo, nação e identidade cultural. É de extrema importância referir que Portugal se destacou desde cedo, em relação a outros países europeus, na questão da proteção e salvaguarda do património cultural nacional. Portugal considerou leis que estabeleciam métodos e regulamentos relacionados com a proteção do PC. É exemplo disso o Alvará Régio de 20 de agosto de 1721, em que D. João V conferiu à Real Academia de História Portuguesa Eclesiástica e Secular a tarefa de proteger e conservar tudo o que fosse considerado património. Tal é descrito em regras inscritas no Alvará, como a seguidamente mencionada:

“(ii) apresentar uma noção de património muito alargada tipologicamente, ao englobar no seu articulado “Edifícios, Estatuas, Marmores, Cíppos, Laminas, Chapas, Medalhas, Moedas, e outros artefactos.” (Ramos, 2005: 94). Um dos maiores alvos da

Academia era a garantia da soberania sobre o PC português, tendo em vista a proteção e aplicação de medidas coercivas a quem desrespeitasse o Alvará e as suas regras. Esta lei não obteve o efeito desejado, pois tinha como objetivo medidas de coerção para quem profanasse o património, ao invés de ter como objetivo a divulgação, educação e consciencialização pública para a importância do assunto.

Contrariamente a algumas das maiores potências europeias, no século XX, durante o Estado Novo, existiu uma grande opressão em relação ao património cultural, “(...) esta questão no Estado Novo representa, sob este ponto de vista, uma inversão da valorização patrimonial (...)” (Rosa, 2008: 61). Esta opressão foi devida ao isolamento de Portugal no final da 2ª Guerra Mundial, que levou a um atraso em relação a esta matéria. Consequentemente, estas medidas opressivas apenas viram o seu fim após a revolução militar de 25 de abril de 1974.

De acordo com Jorge & Jorge, “O regime autoritário não procurou tirar partido da arqueologia para fins nacionalistas, como aconteceu com outros estados europeus. “(...) Basta dizer que só a partir dos anos 70, e sobretudo após o 25 de Abril de 1974, se começou a desenvolver a chamada “Arqueologia de Salvamento”; e que a carta arqueológica nacional, de forma centralizada, só arrancou na prática nos anos 80. (...) Também a arqueologia subaquática, ou a chamada “arqueologia industrial” só nos últimos anos se têm vindo a impor, sempre devido ao voluntarismo de alguns indivíduos ou associações.” (Jorge & Jorge, 1997: 14).

Em 1972, na Convenção para a Proteção do Património Mundial, Cultural e Natural da UNESCO, Portugal começou a preocupar-se novamente com o seu património cultural. Nesta Convenção, considerou-se que todos os países participantes eram obrigados a valorizar, conservar e proteger o seu património cultural e natural, criando medidas protecionistas em relação aos mesmos, tal como é referido na seguinte citação: “Cada um dos Estados parte na presente Convenção deverá reconhecer que a obrigação de assegurar a identificação, protecção, conservação, valorização e transmissão às gerações futuras do património cultural e natural referido nos artigos 1.º e 2.º e situado no seu território constitui obrigação primordial. Para tal, deverá esforçar-se, quer por esforço próprio, utilizando no máximo os seus recursos disponíveis, quer, se necessário, mediante a assistência e a cooperação internacionais de que possa beneficiar, nomeadamente no plano financeiro, artístico, científico e técnico.” (UNESCO, Convenção sobre a Proteção do Património Cultural Mundial e Natural, 1972). Portugal legitimou a Convenção mencionada através da aprovação do Decreto-Lei n.º 49/79 de 6 de junho de 1979.

Ainda na Convenção de 1972 foram iniciadas breves discussões em relação ao PCS. O Governo português ratificou esta convenção em 1979, porém, apenas em 1985 foi publicado o Decreto-Lei n.º 13/85, que apresentou a definição das bases do património cultural. Este património vê-se destacado nos primeiros dois artigos deste Decreto, estando estes transcritos nos seguintes parágrafos:

“ARTIGO 1.º

O património cultural português é constituído por todos os bens materiais e imateriais que, pelo seu reconhecido valor próprio, devam ser considerados como de interesse relevante para a permanência através do tempo.

ARTIGO 2.º

1 - É direito e dever de todos os cidadãos preservar, defender e valorizar o património cultural.

2 - Constitui obrigação do Estado e demais entidades públicas promover a salvaguarda e valorização do património cultural do povo português.” (Decreto-Lei n.º 13/85 de 6 de julho, 1985). Este Decreto inverte a regra, dando obrigação não só ao Estado, como também aos cidadãos, de conservar e proteger o património cultural português. O património é não só promovido como um bem material, mas também imaterial, que valoriza a identidade da população portuguesa.

1.2. Património Cultural Subaquático

Como é referido pela Convenção da UNESCO em 2001, “1—a) «Património cultural subaquático» significa todos os vestígios da existência do homem de carácter cultural, histórico ou arqueológico que se encontrem parcial ou totalmente, periódica ou continuamente, submersos há, pelo menos, 100 anos (...)” (UNESCO, Convenção sobre a Protecção do Património Cultural Subaquático, 2001).

É indispensável assumir a importância do PCS como parte constituinte do património cultural e da história dos povos. Os sítios arqueológicos subaquáticos atraem devido à sua localização submersa e devido ao seu difícil acesso, contendo também valiosa informação histórica. Fabiana Roeder considera no seu artigo de 2011 que “(...) é precisamente a hostilidade do ambiente (aquático) que torna a arqueologia nele praticada tão valiosa. Os objectos que jazem abaixo e fora da acção das ondas estão protegidos do mais destruidor de todos os agentes – o homem.” (Roeder, 2011: 789).

O mergulho em destroços de naufrágios começou a ser uma atração para mergulhadores amadores e para a indústria do turismo. A descoberta de uma zona de

naufrágio permite que se volte atrás na história. Esta atração, e a fragilidade destes sítios, obrigaram à criação de medidas protecionistas, devido a fatores como a visibilidade e a importância que o PCS tem vindo a ganhar na comunidade. Este crescimento de interesse, deve-se, não só, ao significado do PCS para a história do povo, mas também pela destruição da paisagem subaquática. É importante referir que o PCS pode ser pilhado, destruído e explorado de forma errada. Qualquer pesquisa científica nestes sítios deve ser crucialmente conduzida por equipas profissionais que tenham as competências e qualificações requeridas para a proteção e gestão dos mesmos.

Os dois fatores acima mencionados levaram à criação de medidas sustentáveis da preservação *in situ*, como a preferencial no PCS, tal como consta na Convenção da UNESCO de 2001, onde podemos concluir que “(...) o acesso responsável e não destrutivo para observar ou documentar *in situ* o património cultural subaquático deverá ser encorajado de modo a estimular a sensibilização do público, o gosto pelo património e a sua salvaguarda, excepto quando este acesso é incompatível com a sua protecção e gestão” (UNESCO, Convenção sobre a Protecção do Património Cultural Subaquático, 2001). A preservação *in situ* é a preferível, visto que, quando os achados são retirados do meio aquático, não só perdem parte do seu contexto, como podem deteriorar-se. Esta deterioração ocorre devido à reação química entre estes, a água e os sedimentos que o rodeiam, sendo que uma exposição prolongada ao ar pode levar a reações químicas não materiais, que levam à rápida destruição do mesmo. Para a proteção do património é indispensável utilizar a divulgação, essencialmente através da educação. Só com a adequada divulgação do PCS é possível educar a população para a preservação do mesmo.

A Ciência de Arqueologia tem como objetivo a produção de conhecimento e exploração de culturas e comportamentos passados dos humanos, através de artefactos, paisagens, estruturas, entre outros vestígios. A investigação do PCS leva este formato a um outro tipo de cenário, com desafios característicos, proporcionando resultados distintos e únicos ao investigador. Intervenções com falta de material, método e cariz científico podem levar à perda do contexto dos artefactos e, conseqüentemente, a perdas irreparáveis. Para os especialistas de Arqueologia Subaquática, a principal atenção incide sobre os sítios arqueológicos de naufrágios. Uma embarcação naufragada tem a representação de vivências do navio, da sua tripulação e de uma época.

1.3. Prospeção Arqueológica

A prospeção arqueológica é normalmente referida como a identificação de características e achados enterrados em sítios arqueológicos. Alguns arqueólogos começaram a pensar na prospeção arqueológica, como a descoberta de bens culturais, de materiais como metais, madeiras ou pedra, que já foram recuperados do solo, ou da água, e analisados segundo os processos químicos sofridos.

A prospeção química era utilizada muito antes da prospeção geofísica, tendo sido a sua primeira utilização em 1920, no continente europeu. O método mais praticado para a prospeção arqueológica é a identificação de ocupação antiga, a partir da interpretação de fotografias aéreas. Este método começou a meados do século XIX, quando os arqueologistas descobriram que a permanência de vestígios subterrâneos pode ser definida pelo efeito imediato que os achados no subsolo causam à superfície do solo. A resistividade elétrica começou a ser utilizada depois da Segunda Guerra Mundial, seguida de prospeção eletromagnética e, ainda, de *ground-penetrating radar* (GPR). Métodos mais recentes, como a prospeção eletromagnética e sísmica, são também bastante aplicados.

A prospeção arqueológica tem como principal preocupação a identificação de contraste entre materiais que se encontram dentro e fora de sítios arqueológicos. Caso existam vestígios no subsolo, estes podem ter impacto direto na superfície do solo, podendo causar variações na humidade do solo e no crescimento de vegetação. Se comparados com solos fora da zona dos vestígios enterrados, poderão observar-se diferenças na resistência e condutividade elétrica, bem como na suscetibilidade eletromagnética ou sísmica. Tendo em conta estas mudanças físicas, é possível detetar vestígios no subsolo.

Quando as diferenças nas constantes físicas dos solos são consideráveis, a prospeção através de Detecção Remota fica bastante facilitada. No entanto, continua dificultada a tarefa de descobrir vestígios que estejam enterrados a níveis mais profundos, independentemente do contraste que possam ter com os materiais que os rodeiam. Nestes casos, é necessária a tentativa de deteção de sinais muito fracos, apesar do método de prospeção geofísica aplicado. Sinais vindos de vestígios mais profundos contêm informação acerca dos solos que os rodeiam, o que também dificulta a descoberta de pequenos achados. Por outro lado, achados de pequena dimensão são geralmente detetados com facilidade, se estiverem enterrados perto da superfície do solo.

Alguns sítios arqueológicos não apresentam diferenças significativas no subsolo e na superfície, como é o caso de buracos de poste (*postholes*), fazendo com que estes sejam impossíveis de detetar. Nestes casos, estas características e achados são inclusive difíceis de identificar, mesmo depois de uma escavação “destrutiva”. Sítios arqueológicos contêm, raramente, dimensões horizontais ou verticais no solo. Assim sendo, a prospeção requer uma obtenção dos dados necessários em intervalos pequenos, para que se possa descobrir os sítios arqueológicos. A maior parte dos sítios arqueológicos não excedem os 5 metros de profundidade. Uma *ground probing* normal é uma ferramenta suficiente para esse tipo de profundidade.

Para a prospeção subaquática, o método mais utilizado é, também, a inspeção geofísica. Sondas de multifeixe, sondas de varrimento lateral, perfilador paramétrico de sub-fundo e magnetómetros são utilizados para prospeção arqueológica subaquática. Cada uma das mencionadas ferramentas fornece as suas vantagens e desvantagens em termos de resolução, custo e eficiência. *Remotely Operated Vehicles (ROVs)*, são veículos subaquáticos que gravam vídeo e imagem do fundo do oceano sendo, portanto, um melhor método para visualizar sítios arqueológicos subaquáticos. Todavia, este tipo de equipamento não está acessível a toda a comunidade de arqueologia.

Na prospeção subaquática são de ter em conta fatores ambientais como tipo de sedimento, temperatura da água, salinidade e nível de oxigénio são de extrema importância para a potencial preservação de um sítio arqueológico subaquático. Caso estes fatores não sejam precisos durante a prospeção, poderá levar a reações químicas no objeto e a perdas irreparáveis no mesmo.

A prospeção arqueológica possui três objetivos principais, sendo estes os seguintes: a informação preliminar anterior à escavação; a preservação do sítio arqueológico; uma intervenção não destrutiva. A informação preliminar à escavação é um dos pontos mais importantes na prospeção, sendo a aplicação de deteção remota um aspeto vital para esta fase. Esta importância advém do objetivo de uma escavação arqueológica ser a obtenção de informação histórica a partir de sítios arqueológicos, estruturas e relíquias enterradas no subsolo. Caso a prospeção seja feita de maneira a recolher o maior número de informação sobre a condição do sítio, os planos de escavação são executados eficientemente, podendo coletar uma maior quantidade de informação com maior precisão. Este processo consegue economizar tempo e recursos no procedimento de descobrir e entender um sítio arqueológico. Escavação significa que se irá escavar e “mover” terra. Uma vez removida a terra num sítio arqueológico, este não

poderá voltar ao seu estado original. Em suma, uma escavação arqueológica é um trabalho que requer um elevado nível de especialização e importância, sendo que não pode ser repetido caso ocorram erros. Se for possível determinar as condições do subsolo e do sítio antes da escavação, esta determinação permitirá que uma escavação se efetue sem qualquer erro ou possível perda de informação.

Quanto à preservação dos sítios arqueológicos, caso seja necessária a implementação de medidas de forma a preservar um sítio, depois de escavado, não é possível entender se este já tinha sido parcialmente destruído durante a escavação. Apenas será possível perceber a história total de um sítio se este estiver intacto. Para estes casos, é possível obter a informação pertinente utilizando um método não destrutivo de prospeção. Maior parte da informação retirada durante uma escavação também pode ser obtida remotamente através da prospeção. A prospeção é extremamente útil para descobrir a informação essencial sobre um sítio não escavado e, deste modo, poder ser preservado ao máximo. No caso de preservação de sítios arqueológicos designados como sítios históricos, é primeiramente essencial determinar os seus limites, algo que também pode ser realizado através da prospeção.

Tendo em conta que a prospeção é um método não destrutivo dos sítios, caso um tipo de prospeção geofísica não seja suficiente para detetar aquilo que está no sítio arqueológico, é sempre possível voltar a tentar com um método geofísico distinto, sem que o sítio seja destruído ou que exista perda de informação. Assim, deste modo, é de extrema importância que se execute uma prospeção o mais completa possível, para que, nas fases seguintes, não exista uma perda de informação e destruição significativas.

2. Quadro legal e institucional no contexto nacional e internacional

O PCS é abrangido por um quadro legal de âmbito nacional e internacional. Nesta fase realizar-se-á uma introdução às instituições que promovem a legislação para o património cultural subaquático, sendo estas a Direção Geral do Património Cultural (DGPC) e a Convenção de Paris de 2001 da UNESCO. Ser-se-á explicada a criação da DGPC e, conseqüentemente, a restauração do Centro Nacional de Arqueologia Náutica e Subaquática (CNANS), explicando qual o contexto no património cultural subaquático. Relativamente à convenção da UNESCO de 2001, explicar-se-á a sua implicação e importância a nível mundial e ainda a sua transposição para o nível nacional.

2.1. Contexto nacional

O grande impulsionador da Arqueologia subaquática e náutica em Portugal foi o Instituto de Gestão do Património Arquitetónico e Arqueológico (IGESPAR), criado em 2007. Este foi fundado a partir da junção do Instituto Português do Património Arquitetónico (IPPAR) com o Instituto Português da Arqueologia (IPA). O IPA, criado em 1997, trouxe uma novidade para a Arqueologia Subaquática, o CNANS, que ficou com a tutela da arqueologia subaquática em Portugal. Tal facto pode ser comprovado a partir do seguinte excerto: “Competências da CNANS - O CNANS exerce as competências do IPA em toda a atividade relacionada com a arqueologia náutica e a arqueologia em meio subaquático (...)” (Decreto-Lei n.º 117/97 de 14 de maio, 1997). Em 2007, com a criação do IGESPAR, o CNANS foi substituído pela Divisão de Arqueologia Náutica e Subaquática (DANS).

Através do Decreto-Lei 115/2012 de 25 de maio, foi criada a DGPC, ficando esta responsável por maior parte das atribuições do IGESPAR. A criação da DGPC foi feita através da fusão entre o IGESPAR, o Instituto dos Museus e Conservação (IMC) e a Direção Regional de Cultura de Lisboa e Vale do Tejo (DRCLVT). Além disto, a DGPC gerou, inclusive, a substituição da DANS pelo CNANS.

Desde a mudança, compete à DGPC, através do CNANS, a gestão, salvaguarda e divulgação do PCS, bem como as “(...) ações de fiscalização técnica e de peritagem e as intervenções no quadro de grandes obras do litoral, sem prejuízo das numerosas iniciativas no âmbito da divulgação científica e cultural, desenvolvidas tanto no plano nacional como internacional.” (Cultural, Património Cultural, s.d.).

A Arqueologia subaquática e náutica não possui potencial de progressão sem a ajuda dos utentes do mar, principalmente mergulhadores amadores, mas também da atividade piscatória, sendo que foi beneficiado desde início “(...) o reconhecimento do mérito e dos direitos dos achadores declarantes de descobertas fortuitas, a colaboração íntima com voluntários amadores e o estabelecimento de uma relação privilegiada com o mergulho amador. Disto são exemplo a criação de condições para a promoção do acesso do mergulho amador a sítios habitualmente interditados.” (Cultural, Património Cultural, s.d.).

A Arqueologia subaquática e náutica não possui potencial de progressão sem a ajuda dos utentes do mar, principalmente mergulhadores amadores, mas também da atividade piscatória, sendo que foi beneficiado desde início “(...) o reconhecimento do mérito e dos direitos dos achadores declarantes de descobertas fortuitas, a colaboração

íntima com voluntários amadores e o estabelecimento de uma relação privilegiada com o mergulho amador. Disto são exemplo a criação de condições para a promoção do acesso do mergulho amador a sítios habitualmente interditados.” (Cultural, Património Cultural, s.d.).

Segundo o sítio oficial da DGPC, compete ao CNANS:

- “- A definição de normas que deve obedecer o impacte arqueológico de obras públicas ou privadas, em meio subaquático.
- A fiscalização e acompanhamento técnico da realização dos trabalhos arqueológicos em meio aquático.
- A promoção da salvaguarda e valorização dos bens arqueológicos náuticos e subaquáticos, móveis e imóveis classificados ou em vias de classificação, bem como os não classificados situados ou não em reservas arqueológicas de proteção.
- Tratamento de bens arqueológicos móveis proveniente de meio subaquático e húmido - Laboratório de Conservação e Restauro do CNANS.
- A realização da Carta Arqueológica de Portugal para os sítios em meio aquático.” (Cultural, Património Cultural, s.d.).

2.2. Quadro internacional

É especificado, no artigo 1º da Convenção sobre a proteção do Património Cultural Subaquático da 31ª Conferência Geral da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura, que: “Património cultural subaquático significa todos os vestígios da existência do homem de carácter cultural, histórico ou arqueológico que se encontrem parcial ou totalmente, periódica ou continuamente, submersos há, pelo menos, 100 anos (...)” (UNESCO, Convenção sobre a Protecção do Património Cultural Subaquático, 2001).

É especificado, no artigo 1º da Convenção sobre a proteção do Património Cultural Subaquático da 31ª Conferência Geral da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura, que: “Património cultural subaquático significa todos os vestígios da existência do homem de carácter cultural, histórico ou arqueológico que se encontrem parcial ou totalmente, periódica ou continuamente, submersos há, pelo menos, 100 anos (...)” (UNESCO, Convenção sobre a Protecção do Património Cultural Subaquático, 2001). Esta Convenção da UNESCO, de 2 de novembro de 2001, surgiu devido à necessidade de proteção e salvaguarda do PCS, sendo que regras para a proteção

do mesmo estavam, até então, em falta. Com a falta de regras existentes, permitia-se a caçadores de tesouros que pilhassem e explorassem sítios arqueológicos para fins comerciais, o que causava uma perda insubstituível em património, património este que deveria ser considerado como cultural da humanidade. As regras definidas pela Convenção de 2001 colmataram essa falta, tendo sido iniciado o processo de salvaguarda do património para as gerações futuras.

Estas regras possuem um esquema de entreajuda entre os estados-membros, tal como é definido no artigo 2º da convenção:

“2—Os Estados Partes cooperarão entre si no tocante à proteção do património cultural subaquático.” (UNESCO, Convenção sobre a Protecção do Património Cultural Subaquático, 2001).

Somente com esta cooperação entre estados é possível garantir uma maior proteção e salvaguarda do mesmo.

Esta Convenção é constituída por duas partes. A primeira parte contempla 35 artigos, definindo o sistema de proteção a ser adotado para que os estados membros consigam, efetivamente, proteger o seu PCS. A segunda parte, integra 36 regras práticas para serem aplicadas a qualquer intervenção e investigação, sendo maioritariamente seguidas por profissionais que trabalham no ramo.

Os estados membros das Nações Unidas têm direito a legislar e regular atividades sobre o PCS nas suas águas interiores, arquipélagos e no mar territorial, desde que não cause prejuízo a outros acordos internacionais ou regras do direito internacional, tal como referido no artigo 7º da mencionada Convenção. É ainda estabelecida uma cooperação para a salvaguarda do PCS que esteja dentro da Zona Económica Exclusiva (ZEE), na Plataforma Continental e em Alto Mar, também sem desrespeitar acordos internacionais ou jurisdições internacionais, referido desde o artigo 8º ao 12º da mesma Convenção. Para além do mar territorial, é estabelecido que os Estados Membros deverão exigir às embarcações nacionais e internacionais o relato de qualquer descoberta relativa à arqueologia subaquática. Para além disto, deverão impor que não exerçam qualquer tipo de atividade não presente na Convenção.

Este tipo de regras é cada vez mais necessário, visto que a tecnologia evolui dia após dia, o que também influencia engenhos que permitem chegar ao fundo do mar com maior facilidade. Tal facto torna o PCS mais vulnerável a destruições e pilhagens. Os artefactos, sendo de elevado valor, convertem-se num alvo de vendas ilegais.

Portugal foi dos primeiros países a aderir a esta Convenção, tendo sido ratificada

pelo Presidente da República a 18 de junho de 2016 (Decreto-Lei n.º 65/2006 de 22 de março, 2006). Portugal demonstra, assim, a vontade em participar na proteção e salvaguarda do PCS. Deste modo, combater-se-iam as pilhagens e destruição do património cultural da humanidade.

Neste contexto, é também essencial a imposição de contra ordenações para quem violar as medidas impostas por cada Estado. Tal como refere o artigo 17º do Decreto acima mencionado:

“1—Cada Estado Parte imporá sanções pela violação das medidas por si tomadas com vista à implementação da presente Convenção.

2—As sanções aplicadas por qualquer violação deverão ser suficientemente severas por forma a garantir a observância da presente Convenção e a desencorajar a prática de infracções, onde quer que elas ocorram, e deverão privar os infractores do produto das suas actividades ilegais.” (Decreto-Lei n.º 65/2006 de 22 de março, 2006).

3. O património cultural subaquático e os Sistemas de Informação Geográfica

Portugal apresenta, ainda, falta de organização nos achados arqueológicos e respetiva documentação, tornando assim difícil a pesquisa de informação dos mesmos. Esta dissertação irá demonstrar como os SIG, que segundo Nuno Bandarra, são reconhecidos como uma mais-valia neste domínio, podem contribuir para colmatar essa falta de organização, dando exemplos práticos do projeto “Um Mergulho na História”.

Para desenvolver a presente dissertação, é necessário possuir conhecimento e entender projetos já desenvolvidos, tanto a nível nacional como internacional, sendo assim possível entender o tipo de abordagens, estruturas e organização para projetos associados aos SIG. A UNESCO apresenta no seu *website* uma lista com alguns dos projetos realizados para o PCS. Estes projetos são maioritariamente bases de dados desenvolvidas por vários países, sendo algumas georreferenciadas, enquanto outras apenas documentais. Em qualquer uma destas bases de dados não é possível encontrar um trabalho português. Este cenário necessita de mudança, sendo que Portugal é detentor de inúmeros achados arqueológicos em águas territoriais.

Na lista de *links* no *website* da UNESCO encontram-se projetos à escala mundial e nacional, bem estruturados e trabalhados. Sendo que alguns dos projetos são documentais, outros deles englobam SIG com património cultural subaquático, permitindo assim a localização e visualização dos achados arqueológicos e das relações

entre eles. Cada vez mais países estão a adotar a implementação de SIG nestes projetos, em virtude de ser uma ferramenta que permite maior velocidade de pesquisa, maior capacidade de análise e armazenamento e uma maior divulgação.

O projeto mais conhecido a nível europeu de inventariação e gestão de PCS com recurso aos SIG é denominado *Managing Cultural Heritage Underwater (MACHU) Project*, sendo este desenvolvido por sete países europeus (Bélgica, Alemanha, Holanda, Polónia, Portugal, Inglaterra e Suécia). Tal projeto reúne informação sobre naufrágios a nível mundial, cujo foco principal era encontrar novas e melhores formas de fazer a gestão do PCS e ter uma melhor via de divulgação do mesmo à comunidade científica, comunidade política e ao público geral. É essencial sublinhar que este plano foi possível devido à construção de uma aplicação *web-based GIS* e de um *website* interativo que possibilitou o aumento da divulgação do PCS ao público geral e aos cidadãos europeus. Por conseguinte, constatou-se um aumento do apoio público para a preservação do mesmo.

O mencionado *website* não detém informação disponível para o público geral, tendo, portanto, dois tipos de acesso. O primeiro, mais limitado para o indivíduo comum, apenas com sistema de pesquisa rápida para a obtenção de informações de naufrágios ou de notícias sobre o assunto. O segundo, *webGIS*, está apenas disponível sob a proteção de uma conta eletrónica, para especialistas ou organizações que trabalham na gestão e preservação do PCS. Neste *webGIS*, é possível, não só, observar a localização exata dos achados, mas também os atributos de cada um e imagens relacionadas com os mesmos. Neste projeto, o trabalho SIG é idêntico ao pretendido para o *webGIS* do projeto “Um Mergulho na História”. Os exemplos presentes nesta dissertação são provenientes do trabalho desenvolvido para o mesmo.

Dois outros projetos a nível europeu são, nomeadamente, o NAVIS I e NAVIS II, onde, mais uma vez, Portugal não está incluído. Estes dois projetos contam com a presença de 16 países europeus. São essencialmente bases de dados documentais, porém bastante completas. A informação que neles se pode constatar vai desde museus europeus, que contém PCS, a achados por toda a Europa.

No Brasil, foi também construída uma base de dados de PCS, incluindo SIG a partir de um *webGIS*, porém esta abrange mais áreas, sendo mais focada no mergulho. O *website* tem como nome “Brasil Mergulho” e possui como objetivo a divulgação de informação a qualquer indivíduo que se interesse por mergulho, dando a conhecer as bases de dados e mapas de naufrágios da costa brasileira. Deste modo, o mergulho

recreacional controlado e a exploração de zonas arqueológicas são incentivados que, por consequência, facilitam a conservação *in situ* e a procura por informações históricas sobre os achados. Neste caso, ao contrário do projeto citado anteriormente, as coordenadas dos naufrágios estão reveladas ao público geral.

Foi, também, elaborado um projeto para o Mar Báltico, denominado de BalticRIM, tendo como objetivo a integração de PCS com gestão espacial marítima. Deste modo, este projeto contribuiu para uma cultura de sustentabilidade, onde a acessibilidade das atrações e paisagens marítimas fortalecem o bem-estar dos visitantes, tendo em consideração a educação para a proteção do Mar Báltico. Para tal, foi criado um ambiente SIG, denominado de *MCH4blue*, onde são catalogados todos os tipos de PCS, com descrição e *Uniform Resource Locator* (URL), para mais informações sobre o achado em questão. Neste projeto nem todas as coordenadas são divulgadas no *webGIS*.

Nos Estados Unidos da América, foi criado um projeto *pelo National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) denominado *Automated Wreck and Obstruction Information System* (AWOIS). Este projeto é um *webGIS*, o qual contém informação de mais de 10000 naufrágios e obstruções nas águas costeiras dos Estados Unidos. A informação divulgada neste projeto inclui as coordenadas, informação descritiva e uma breve história.

Em Portugal, existem dois trabalhos deste âmbito, a Carta Arqueológica de Cascais e a Carta Arqueológica dos Açores. A carta arqueológica de Cascais pode ser encontrada no *site* da Câmara Municipal de Cascais, em que os SIG são aplicados à arqueologia subaquática local, de forma perceptível e bem organizada. Além disso, é de fácil acesso e manuseamento para qualquer tipo de utilizador. Este projeto foi apresentado nas segundas jornadas de engenharia hidrográfica em Lisboa, tendo sido realizado pelo Centro de História Além-Mar (CHAM) e pelo departamento de cultura da Câmara Municipal mencionada. Segundo autores, que apresentaram um trabalho nas mencionadas jornadas, o seguinte pode ser afirmado: “(...) Os programas de Carta Arqueológica subaquática aparecem como uma forma de gestão da costa e do litoral a partir das evidências da cultura marítima. Como fonte informativa e como ferramenta de pesquisa do conhecimento, estes programas têm nos sistemas de informação geográfica a interatividade necessária para realizar uma aproximação quantitativa no âmbito da investigação, na conservação, na valorização dos sítios e no ordenamento dos interfaces aquáticos.” (Freire, Bettencourt, & Fialho, 2012: 365).

O nome do projeto desenvolvido pela Câmara Municipal de Cascais é ProCASC, e a sua área de estudo é demarcada desde o Norte do Cabo da Roca até à Fortaleza de São Julião da Barra. Tem vários elementos de análise, entre os quais, vestígios humanos que se relacionam direta, ou indiretamente, com a atividade marítima e também zonas históricas de naufrágios. Adicionalmente, tem em conta os sítios terrestres de apoio a atividades marítimas (nomeadamente fortes, fortalezas, entre outros), dados de terreno (toponímia, cartografia, hidrodinâmica, entre outros) e o património cultural imaterial. Assim sendo, este projeto tem como principais objetivos a gestão do território e a análise da intervenção humana na costa, fazendo, deste modo, uma inventariação e salvaguarda do PCS.

Em relação à Carta Arqueológica dos Açores, esta foi iniciada com a publicação da Lei 19/2000 a 10 de agosto, transferindo a área da arqueologia para a Direção Regional da Cultura dos Açores (DRaC), estando, deste modo, obrigado a coordenar, gerir, proteger e salvaguardar o património arqueológico. Este projeto teve origem devido ao facto de se tratar de um arquipélago com mais de 500 anos de história de ocupação humana e da sua área costeira ser considerada uma das mais ricas em PCS. Tem como política de gestão dar continuidade aos trabalhos da Carta Arqueológica para a inventariação de sítios arqueológicos terrestres, porém também subaquáticos. Esta Carta Arqueológica não tem *webGIS*, pelo que não é possível a sua visualização. Contudo, possui um sistema de pesquisa de fácil manuseamento, divulgando a história e atributos do acontecimento. Ainda assim, possui apenas as coordenadas de alguns dos sítios. Sendo o turismo subaquático uma atração crescente, é do interesse da DRaC promover o mesmo, tal como referido no seu *site* oficial: “Considerando a importância e expressão dos vestígios do património subaquático existente nos Açores, a Direção Regional da Cultura apoia projetos de investigação na área, e tem vindo a adaptar alguns sítios já referenciados, à promoção turística tornando-os visitáveis.”. Em suma, com a promoção do turismo, conseguem também uma melhor salvaguarda dos sítios arqueológicos *in situ*.

Em termos de *software*, existe um, denominado “Site Recorder 4”, específico para arqueologia e arqueologia subaquática, tal como referido no *site* oficial, de seguida citado: “Site Recorder 4 (SR4) is mapping, recording and finds handling software for maritime, freshwater and intertidal archaeology projects. Combining versatility and flexibility with an easy-to-use style, this software is capable of integrating all of the information collected during a large-scale excavation but is just as useful for small scale mapping and evaluation projects. Site Recorder 4 is a geographic information system

(GIS), finds database, survey processing program, dive log and image management tool all rolled into one seamless program.” (Site Recorder 4 Software, s.d.). Este *software* é desenhado por arqueólogos, permitindo que a informação de cada naufrágio seja mais completa, com todas as suas características estudadas e descritas ao pormenor. Assim, proporciona a possibilidade de desenhar ao pormenor a forma como os destroços estão distribuídos no fundo do mar, com distâncias reais.

Alguma da literatura existente a nível internacional e nacional foi referência principal para esta dissertação. A nível internacional, um livro de referência denomina-se “Spatial Technology and Archaeology: The Archaeological Applications of GIS”, escrito por David Wheatley e Mark Gillings. Este aborda a forma como os SIG fornecem uma diferente abordagem, interpretação e gestão à arqueologia. Expõe ideias como arqueologia, espaço e SIG; funcionamento e estruturação das *Spatial Databases*; aquisição, manipulação e integração de dados. Segundo David W. e Mark G., o seguinte pode ser afirmado: “Unfortunately, the growth in availability of GIS software has not always been accompanied by a corresponding increase in the knowledge and technical capabilities of archaeologists.” (Wheatley & Gillings, 2002: 1). Assim sendo, de acordo com os autores, é possível verificar que nem sempre os arqueólogos acompanham o progresso tecnológico que lhes permite uma melhor gestão do trabalho. Isto pode ser confirmado, pois, nos cursos superiores de Arqueologia, não é transmitido conhecimento em *software* SIG. Este livro, ainda que não seja recente, mantém ideias e conhecimentos atuais.

O livro internacional “Geographical Information Systems in Archaeology” de James Conolly e Mark Lake, aborda questões similares ao livro citado no parágrafo antecedente. Este difere na sua abordagem teórica inicial, porém, apresenta uma abordagem mais prática. Tal afirmação é comprovada pela seguinte citação, retirada do mencionado livro: “We have adopted an approach that is both practical, because we recognize that many readers will be looking to get a particular job done with a minimum of fuss, and rigorous, because we are equally well aware that poorly described short cuts usually turn out to be the most tortuous routes of all. Practical means that we have focused on the kinds of problems that are routinely faced by archaeological users of GIS, in both cultural resource management and research.” (Conolly & Lake, 2006: 1). Este livro contém um suporte prático, juntamente com teoria, que permite retirar ideias de análise e estruturação dos trabalhos de uma forma mais eficaz.

A nível nacional, as referências principais para o presente projeto foram as seguintes dissertações: “Projeto Archimaria”, de Nuno Bandarra; “Aplicações de Sistemas de Informação Geográfica em Arqueologia”, de Pedro Santos (2006). A primeira tem como objetivo principal a conceptualização de uma base de dados para o PCS em SIG, como também o tratamento dos dados e uma abordagem teórica de SIG e PCS. A segunda dissertação possui uma abordagem teórica mais aprofundada, no que diz respeito ao conceito de SIG e da sua aplicação em Arqueologia (tipos de dados, bases de dados, cartografia, deteção remota e modelação).

Visto que a componente espacial da arqueologia tem, cada vez mais, crescido em importância, e que o desenvolvimento metodológico tem sido cada vez mais rápido e preciso, é interessante notar que os mecanismos utilizados para a apresentação, análise e interpretação da Arqueologia, tenham permanecido maioritariamente estáticos. A maioria dos meios explorados é evidentemente uniforme, sendo estes os mapas de distribuição estáticos. Embora estes mapas sejam úteis para destacar fenómenos espaciais, estão longe de serem satisfatórios como mecanismos de exploração de fenómenos espaciais complexos. É raro o interesse ser somente onde os sítios arqueológicos se localizam, tendo uma grande quantidade de informação associada aos artefactos em estudo. Todos os artefactos precisam, assim, de estar integrados durante o processo de análise e interpretação. Ao inserir apenas a dimensão espacial num mapa de distribuição, pode-se observar a sua localização, porém, esta revela muito pouco acerca do que é o artefacto e da sua história. Esta observação pode ser inversa, tal como acontece ao criar uma base de dados (exemplo Endovélico/DGPC) com informação. Contudo, sem a parte da visualização em mapa, é difícil ter a perceção total do que é o artefacto, da sua localização e do seu estado temporal. As estratégias tradicionais para integrar toda a informação apoiavam-se em mapas de distribuição. As mencionadas estratégias são o uso de símbolos e uma mistura destes com mapas. Estas soluções são satisfatórias, até ser necessário analisar grande quantidade de dados ou *datasets* mais complexos, sendo que, nestes casos, os investigadores acabam por ter dificuldade em lidar com dados tão complexos e, ao mesmo tempo, analisá-los em tempo útil. Como é ainda referido por Wheatley e Gillings: “Further problems arise if we want to incorporate information from outside of the artefactual sphere. For example, environmental factors such as the presence of particular types of soil, or cultural and ideological factors such as political boundaries or the optimum alignment needed to best capture the last rays of the setting midsummer sun.” (Wheatley & Gillings, 2002: 14).

Para que os arqueólogos obtenham o melhor resultado das suas investigações e dados, é necessário um ambiente dinâmico e flexível que integre, expresse e permita uma análise e exploração total dos dados espaciais e dos seus atributos. Tal ambiente permite a análise, gestão e visualização de grandes quantidades de dados. Os SIG potencializam a providência deste tipo de ambiente capaz de análise, gestão e exploração de dados arqueológicos.

Concluindo, é possível confirmar a existência de inúmeros projetos e trabalhos desenvolvidos que abordam as aplicações dos SIG na Arqueologia e, em menor número, alguns trabalhos que abordam a aplicação dos SIG no PCS. Não obstante, a falta de referência a Portugal em projetos europeus deste âmbito, referenciados pela UNESCO, apresenta-se como uma grande falha, como abordado anteriormente. Como foi possível verificar, o Endovélico não se encontra nesta lista de referências, devido à sua falta de organização e à sua vertente da divulgação, não devidamente solidificada. Adicionalmente, a informação encontra-se bloqueada com níveis de acesso, estando maior parte desta bloqueada ao público. A acrescentar, o motor de pesquisa é confuso e de difícil manuseamento.

Deste subcapítulo foram retiradas referências e ideias, tanto para a presente dissertação, como para o projeto “Um Mergulho na História”. Mais concretamente, é possível entender, a partir deste, as várias formas de analisar o assunto em questão, podendo abordar o trabalho de várias maneiras, desde que bem justificadas e estruturadas.

Capítulo 3 – Sistemas de Informação Geográfica aplicados ao Património Cultural Subaquático

1. Conceitos e princípios sobre Sistemas de Informação Geográfica

Neste ponto discutir-se-á os principais conceitos e componentes dos SIG e a tecnologia adjacente. O objetivo primordial é preparar um enquadramento teórico para um entendimento do que são os SIG e o contexto no qual se enquadram e contribuem para a Arqueologia.

1.1. Definições de Sistemas de Informação Geográfica

“Um Sistema de Informação Geográfica (SIG) permite-nos visualizar, questionar, analisar e interpretar dados para compreender relações, padrões e tendências. Com raízes na ciência da geografia, os SIG incorporam diversos tipos de dados. Analisa a localização espacial e organiza camadas de informação em visualizações através de mapas e cenas 3D. Através desta capacidade exclusiva, os SIG revelam conhecimentos profundos sobre dados, tal como padrões, relações e situações, ao ajudar os utilizadores a tomar decisões inteligentes.” (ESRI, O que são os SIG?, s.d.)

SIG é um conjunto bem estruturado de *hardware*, *software*, técnicos especializados e dados geográficos, feitos para registar, armazenar, manipular, atualizar, analisar e expor todas as formas de informação de cariz geográfico, da forma mais eficiente possível (ESRI, s.d.). A exploração de ambientes naturais e artificiais inicia-se com o meio mais básico de representação dos recursos no mundo. Os componentes base dos SIG integram elementos de mapeamento descritivo, estruturas de armazenamento, projeção e atributos em tabela. Os SIG integram informações heterogêneas de forma rápida e visual, contribuindo para a comunicação, colaboração e tomada de decisões.

Os dados em SIG integram *layers* temáticas que podem ser geridas com conjuntos independentes de informação de outros temas. Cada *layer* tem a sua própria representação (pontos, linhas, polígonos, superfícies e células (pixel)). Como todas as *layers* são georreferenciadas, podem sobrepor-se e ser combinadas numa visualização em mapa. Existem operações em SIG, como o *overlay*, que permitem a junção de diferentes camadas, concedendo assim uma fusão de diferentes informações, como também a aplicação de operações de análise espacial. Os dados geográficos são classificados em duas categorias principais: vetorial e *raster*. Dados vetoriais integram características geoespaciais representadas por elementos pontuais, lineares e poligonais.

Existem diferentes tipos de visão na definição de SIG, sendo que as mais comuns, os que entendem os SIG como ciência e os que entendem os SIG como uma ferramenta. De um ponto de vista científico, a definição é entendida como “«...a powerful set of tools for collecting, storing, retrieving at will, transforming, and displaying spatial data from the real world for a particular set of purposes.” (Burrough 1986)»” (Wheatley and Gillings, 2002: 8).

Por outro lado, o entendimento dos SIG como ferramenta é definido como “«An information system that is designed to work with data referenced by spatial or geographic coordinates. In other words a GIS is both a database system with specific capabilities for spatially-referenced data as well as a set of operations for working (analysis) with the data.” (Star and Estes 1990)»” (Wheatley and Gillings, 2002: 8).

1.2. Modelos fundamentais de Dados em SIG

O desenvolvimento de um SIG baseia-se na representação de uma realidade ou fenómeno com incidência espacial que se procura analisar e ainda com o objetivo de resolver problemas de índole geográfica. Esta representação facilitada da realidade, que é criada a uma escala e de fácil manuseamento, é realizada a partir de uma combinação de dados, para que se possa atingir o objetivo proposto. Os dados que se utilizam num SIG integram duas componentes principais, sendo estas a componente espacial (coordenadas) e os atributos (características das entidades). Tal é representado na Tabela 3.1.

OBJECTID	SHAPE	Latitude	Longitude	Time	Name	Symbol	Transparency
1	Point	0	-8.861849	24/04/2011 19:45:10	161	diamond,blue	<Null>
2	Point	25.061776	121.640263	05/11/2016 10:06:39	GRMTWN	circle,blue	<Null>
3	Point	25.061776	121.640263	05/11/2016 10:04:20	Garmin Taiwan	flagbuoy	<Null>
4	Point	38.855544	-94.799016	05/11/2016 10:06:39	GARMIN	circle,blue	<Null>
5	Point	34.946664	-76.401099	05/11/2016 10:06:39	TOUR1	circle,blue	<Null>
6	Point	34.984077	-76.395366	05/11/2016 10:06:39	TOUR2	circle,blue	<Null>
7	Point	35.02145	-76.41808	05/11/2016 10:06:39	TOUR3	circle,blue	<Null>
8	Point	35.072845	-76.412384	05/11/2016 10:06:39	TOUR4	circle,blue	<Null>
9	Point	35.212765	-76.514595	05/11/2016 10:06:39	TOUR5	circle,blue	<Null>
10	Point	38.855544	-94.799016	05/11/2016 10:06:39	Garmin	circle,blue	<Null>
11	Point	37.879619	-16.166341	06/06/2015 18:11:26	bico 17-30	circle,blue	<Null>
12	Point	34.870517	-6.296878	05/11/2016 10:04:20	mbt	flagbuoy	<Null>
13	Point	36.454515	-6.291163	03/12/2017 09:28:38	corbas	fish	<Null>
14	Point	36.673848	-6.424228	03/12/2017 09:28:38	esclape	fish	<Null>
15	Point	37.309465	-8.878154	05/11/2016 10:06:39	168	circle,blue	<Null>
16	Point	37.309465	-8.878154	05/11/2016 10:06:39	169	circle,blue	<Null>
17	Point	37.191493	-8.930324	31/08/2013 17:33:00	0312	circle,blue	<Null>

Tabela 3.1. Exemplo dos Dados Arqueológicos Brutos do Projeto. Fonte: Miguel Silva, 2021.

Ao representar estes dados, o indivíduo que os vai analisar trabalha com uma realidade simplificada, sendo que certos detalhes do mundo real não interferem com a sua análise. Assim sendo, obtém um trabalho mais manipulável e de fácil entendimento. Este tipo de trabalho permite aos analistas, não só o registo de novos dados arqueológicos no sítio em questão, como também o acréscimo de nova informação que surja para sítios identificados previamente. Desta forma, nestes trabalhos, nunca serão associados dados como restaurantes mais próximos, pois esse tipo de dados de nada serve para o cumprimento do objetivo final do trabalho. Esse tipo de dados informativos, como restaurantes, poderá estar disponível *a posteriori* de trabalhos arqueológicos, caso os mesmos sejam convertidos em turismo arqueológico.

Os mapas realizados de formas tradicionais, apesar de utilizarem sistema de camadas, estas não se podem subdividir ou separar. Exemplos destas camadas são vias de comunicação, topografia, habitação, sítios arqueológicos, hidrografia, entre outros. Por outro lado, um SIG é organizado de uma maneira mais eficaz, as camadas temáticas, em que cada uma destas contém um tipo distinto de dados e informação.

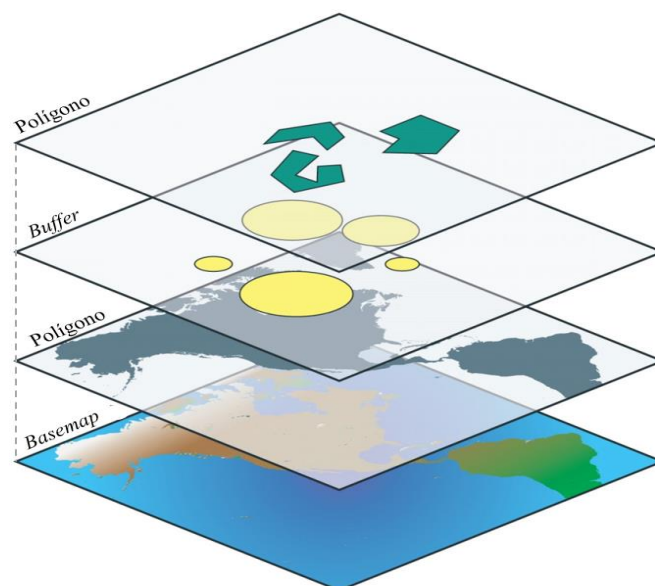


Figura 3.1. Mapa por Camadas em SIG. Fonte: Mangohelp, s.d. (Adaptado)

A divisão da informação num SIG possibilita o manuseamento apenas da informação necessária, facilitando assim certo tipo de etapas ao longo do trabalho e a visualização de operações em camadas isoladas. Apesar de a informação contida num mapa tradicional e num SIG possa ser exatamente a mesma, a forma como é representada e estruturada é alterada, de um conjunto único de dados representados na mesma folha,

para um conjunto de camadas com informação distinta em cada uma.

Num SIG, para que as camadas se possam relacionar de forma consistente, todas têm uma característica comum, a georreferenciação. Esta é a localização da informação a partir de coordenadas que se baseiam num sistema de projeção de coordenadas global ou nacional. A georreferenciação assume a posição relativa entre as *features* representadas visualmente, sendo que a distância entre elas no SIG é proporcional à distância real. O que fornece essa proporcionalidade é a escala usada para a representação dessa informação.

Os dados inseridos num SIG podem ter os seguintes formatos fundamentais, o formato vetorial e o formato *raster*.

Formato Raster	Formato Vetorial
Elemento de representação: célula (pixel).	Elementos de representação: pontos, linhas e polígonos.
Processo de atualização independente da complexidade da imagem.	Vetor exhibe tremulação quando o número de primitivas na imagem se torna demasiado grande.
Primitivas do formato são especificadas em termos de pontos finais e devem ser convertidas através de <i>scan</i> para os correspondentes pixéis.	Conversão de <i>scan</i> não é requerida.
Desenham curvas matemáticas, polígonos e limites de primitivas curvas apenas através de aproximação de pixéis.	Desenham linhas contínuas e suaves.
Menor custo.	Maior custo em comparação com o formato <i>raster</i> .
Ocupam mais espaço, o que depende da qualidade da imagem.	Ocupam menos espaço.
Extensão do ficheiro: .BMP; .TIF, .GIF, .JPG	Extensão do ficheiro: .SVG, .EPS, .PDF, .AI, .DXF

Tabela 3.2. Tipo de Formatos de Dados e respetivas características – Raster e Vetorial. Fonte: ESRI, s.d. (Adaptado)

Estes dois formatos de dados podem ser combinados para visualização, sendo que, por norma, a camada vetorial se encontra por cima da camada *raster*, como um mapa de base em formato *raster* com pontos arqueológicos em formato vetorial.

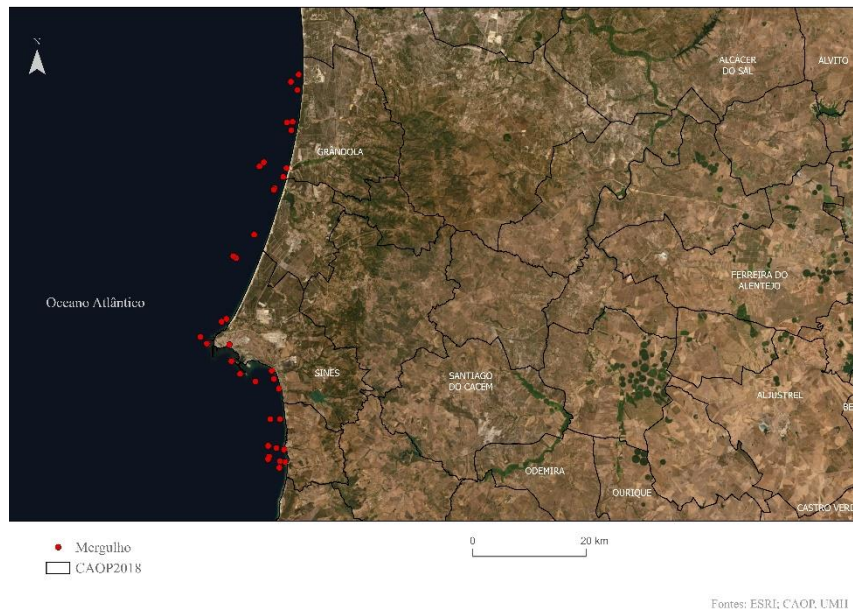


Figura 3.2. Mapa ilustrativo de base formato raster com pontos arqueológicos e limites administrativos em formato vetorial. Fonte: Miguel Silva, 2021.

Dados vetoriais e *raster* armazenam, representam e manipulam dados de diferentes maneiras. Maior parte dos dados, ou são representados em formato vetorial, ou em formato *raster*. Contudo, estes podem ser representados em ambos os formatos, como referido por James Conolly & Mark Lake na seguinte citação: “Certain types of entities are more typically represented in one format or the other, although much of the data that archaeologists routinely encounter can ultimately be represented using either structure.”. (Conolly & Lake, 2006: 24).

Até recentemente, os dois formatos mencionados eram virtualmente mutuamente exclusivos, sendo que os *softwares* de SIG se baseavam apenas num formato ou no outro. Os recentes *softwares* de SIG já permitem a mistura dos dois formatos por camadas temáticas, oferecendo deste modo uma liberdade para estruturar o trabalho da melhor forma possível. Os próximos subcapítulos demonstrarão a diferença entre dados vetoriais e *raster*, dando exemplos práticos do tipo de dados e como são utilizados.

1.2.1. Modelo de dados vetorial

Um vetor é um termo matemático que se refere a uma, ou mais, coordenadas utilizadas para definir um objeto no espaço cartesiano. Os dados em formato vetorial são normalmente representados como dados discretos. Neste, os dados obtêm uma

representação gráfica, assente em três formas primitivas:

- 1) Pontual – representa objetos que não têm dimensão (sendo um exemplo uma âncora no fundo do mar), que são definidos por coordenadas (x,y). São definidos por pontos quando não têm área suficiente na escala do trabalho para serem considerados como polígonos;
- 2) Linear – representa dados que não se consideram suficientemente largos para serem representados como polígonos. Estes são dados lineares, que são formados por dois ou mais pontos, sendo unidos por um segmento de reta, tendo como exemplos uma via de comunicação ou um caminho percorrido por um barco de pesca. Formatos lineares são ótimos para serem representados modelos de redes, como uma rede hidrográfica ou uma rede de vias de comunicação;
- 3) Polígono – representa espaços em área, delimitados não só por um espaço interior, espaço este que se refere aos dados, como também um espaço exterior. Um polígono pode representar uma habitação, uma área de dispersão de achados arqueológicos ou uma área de prospeção arqueológica.

Como acima mencionado, num mapa, um sítio arqueológico pode ser representado por um ponto ou polígono. Apesar disso, é preferível a utilização do ponto em vez de polígono para demarcar um sítio arqueológico, com as coordenadas aproximadas do centro de dispersão dos vestígios arqueológicos. Três razões para esse padrão são as seguintes:

- a) A escala de cartas arqueológicas e mapas é elevada, fazendo com que sítios arqueológicos sejam melhor identificados através de um ponto no centro de zonas de dispersão de achados arqueológicos;
- b) A área de dispersão de achados arqueológicos poderá ser um indicador da extensão do sítio arqueológico, porém, é difícil afirmar que será a verdadeira área do sítio, visto que poderão existir mais achados na área que ainda não sofreram prospeção ou escavação;
- c) A forma como as coordenadas dos sítios são obtidas é, normalmente, através de *Global Positioning System* (GPS), tendo apenas o ponto de referência indicado pelo mesmo.

A utilização de polígonos em sítios arqueológicos é fundamental caso se confirme alguma das seguintes condições:

- a) Seja um sítio com prospeção e escavação feita, no qual toda a área seja conhecida;
- b) A georreferenciação seja baseada na demarcação da área dos vestígios arqueológicos, podendo ser através de uma minuciosa recolha de dados GPS, bem como através do uso de fotografias aéreas de elevada resolução que seja suficiente para a sua visualização;
- c) A escala de representação seja significativa, para que possa ser representada por polígono em vez de ponto.

A natureza discreta dos dados vetoriais, significa que, para além de possuírem a sua geometria e localização única, é também imprescindível que possuam uma *identification* (ID), comumente dito como número identificativo. Baseado no ID, podem ser adicionados conjuntos de atributos não espaciais a todos os dados, atributos estes que descrevem propriedades adicionais do objeto. Estas propriedades consistem em variáveis quantitativas e qualitativas da realidade, que dão significado aos dados vetoriais dentro do SIG.

Um conceito de extrema importância, que fundamenta a estrutura vetorial, é a relação geométrica entre objetos vetoriais, sendo este definido pela topologia. Relações topológicas definem as conexões e relações entre objetos vetoriais, em vez da sua localização.

Exemplificando, quando duas estradas se cruzam, podem existir dois cenários diferentes relativos à sua relação topológica. Se as linhas se cruzarem sem partilharem um *node* (nó ou ponto de interseção), significa que não estão topologicamente conectadas. Tal é equivalente a um viaduto passar por cima de uma estrada e não ser possível passar, de uma para a outra, no ponto de interseção. Caso as estradas partilhem um *node*, tal significa que são topologicamente conectadas, sendo assim equivalente a ter duas estradas que se cruzam numa interseção, possibilitando a passagem de uma para a outra no ponto de interseção. Relações topológicas definem, ainda, a forma como os polígonos se relacionam entre si. Por exemplo, se dois polígonos adjacentes tiverem uma relação topológica, estes têm de partilhar um, ou mais, pontos de interseção ou arcos. Sem estes pontos de interseção comuns aos dois polígonos, esta relação não existe, sendo que, ou os polígonos estão sobrepostos ou possuem uma falha entre eles. Tanto uma sobreposição de polígonos, como uma falha, podem ser intencionais, de modo a refletir uma situação que assim seja na realidade. As mencionadas relações topológicas podem ser brevemente resumidas na seguinte Figura 3.3.

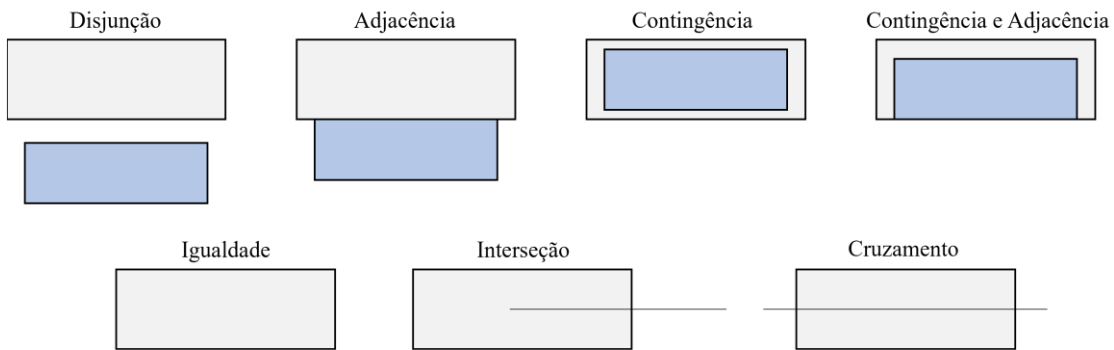


Figura 3.3. Ilustração de diferentes tipos de relações topológicas. Fonte: Iana Rufino, 2015. (Adaptado)

Grande parte dos softwares SIG, como ArcGIS (utilizado para exemplos práticos presentes nesta dissertação), inclui um conjunto de regras topológicas para assegurar que os objetos vetoriais estão sempre relacionados da maneira mais correta. Por exemplo, polígonos que definem áreas de prospeção, necessitam de uma regra definida como “*Must not Overlap*”, para que, caso ocorra uma sobreposição, o software faça a detecção imediata e possa corrigir automaticamente, caso não necessite de alteração manual.

Assim, tendo em conta o objetivo de um SIG quando aplicado à Arqueologia, que não pretende apenas apresentar um mapa de dispersão de sítios arqueológicos, mas pretende ser um auxiliar na gestão e preservação dos recursos associados. Sendo assim, a representação mais próxima da realidade torna-se mais útil do que uma mera representação pontual.

1.2.2. Modelo de dados *raster*

O formato *raster* traduz uma representação matricial de uma área ou região geográfica, que representa determinada característica dessa região. As imagens *raster* são representadas através de um determinado número de linhas e colunas, que incluem células de informação de dimensão constante. O elemento mínimo de uma matriz corresponde à célula (pixel) com uma determinada localização (linha, coluna). Cada uma dessas células corresponde a um quadrado de terreno com n metros de lado, sendo que essa medida representa a resolução espacial do *raster*. Num *raster*, os dados podem ser também georreferenciados por camadas temáticas. Porém, ao contrário dos formatos vetoriais, os dados em formato *raster* não se definem em camadas individuais (pontos, linhas ou polígonos). Neste caso, a área de estudo é coberta por uma grelha, em que cada célula é codificada consoante a sua posição, ou não, sobre um objeto. As imagens *raster* representam as três unidades fundamentais mapeáveis da seguinte forma: pontos por uma série de células individuais; linhas por um conjunto de células conectadas; polígonos por uma junção em bloco de um certo número de células. Na Figura 3.4, é possível visualizar

a comparação entre o formato *raster* e vetorial.

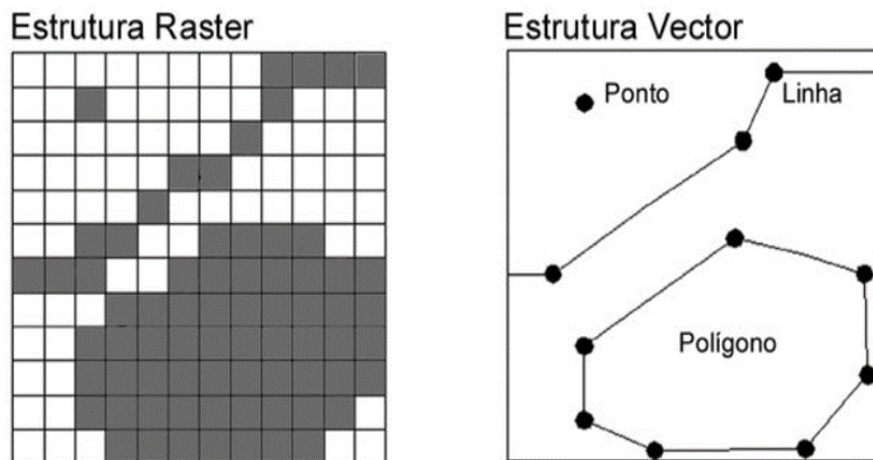


Figura 3.4. Ilustração de comparação entre formato raster e formato vetorial

A Figura 3.5. representa uma imagem *raster* contendo o mesmo cenário, todavia aumentando a resolução da imagem.

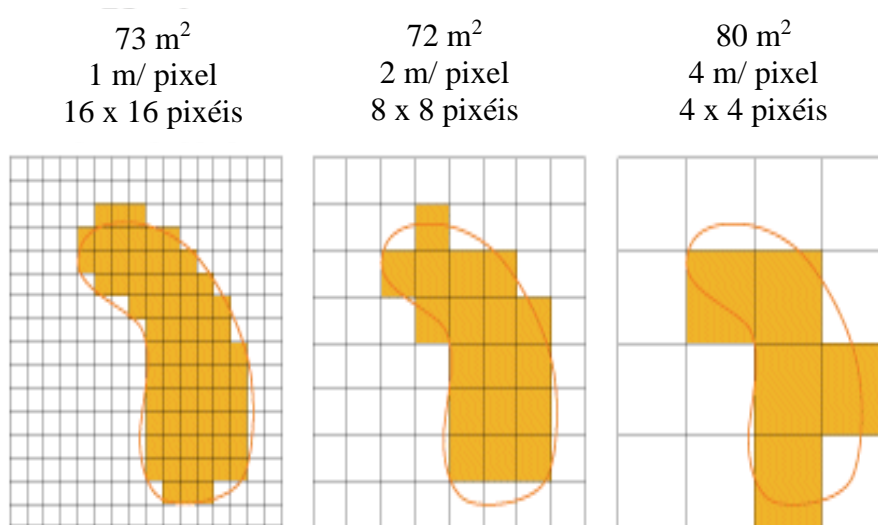


Figura 3.5. Imagem raster com o mesmo cenário – aumento da resolução da imagem. Fonte: ESRI, s.d. (Adaptado)

No exemplo acima demonstrado, é possível observar um maior nível de detalhe na imagem da esquerda, tendo células de 1 metro de lado, para representar uma parcela de terreno. Ao observar a imagem central, é notável uma perda de detalhe, sendo que cada célula tem 2 metros de lado. Esta perda de detalhe é ainda mais notória quando se observa a imagem da esquerda, em que cada célula tem 4 metros de lado. No caso de uma imagem *raster* real, é necessário atentar à resolução espacial, pois, em certos casos, a perda de detalhe é tão significativa que se torna impossível analisar a imagem. O mesmo cenário acontece ao analisar imagens *raster* de sítios arqueológicos. Sendo que certos achados

dentro de um sítio arqueológico são de pequenas dimensões, são necessárias imagens *raster* com células de menor dimensão, de muito alta resolução espacial. Esta alta resolução das imagens permite que cada célula capte um maior nível de detalhe. Imagens *raster* de alta resolução resultam sempre em *datasets* bastante maiores, para que possam representar uma superfície inteira, resultando assim em necessidade de mais espaço de armazenamento e mais tempo e poder de processamento. Exemplificando, um *raster* que represente uma área de 50x50km com células de 10x10m, requer uma grelha de 5000 colunas e 5000 linhas e uma capacidade de armazenamento para 25 milhões de células. A resolução de uma imagem *raster* é de grande importância quando se utiliza dados neste formato, pois o nível de detalhe tem de estar de acordo com a realidade que se vai analisar, de forma a beneficiar os resultados desta mesma resolução.

No que concerne uma célula, cada uma tem associado um valor de um atributo particular, por exemplo de um determinado tipo de solo que se está a analisar, é registado como o valor de cada célula. O valor numérico de cada célula pode corresponder a uma simples presença-ausência (por exemplo: 1=sítio arqueológico, 0=ausência sítio arqueológico), uma identificação de características (por exemplo: 1=floresta, 2=malha urbana, 3=oceano), um atributo qualitativo (por exemplo tipo de solo 1, 2, ..., *n*) ou, por fim, um atributo quantitativo (por exemplo 23m acima do nível médio das águas do mar).

Enquanto no formato vetorial, a georreferenciação é feita através de pares de coordenadas (x,y), no formato *raster* a georreferenciação é feita através dos limites da imagem em questão. Tendo estas imagens uma medida uniforme, cada uma das células é automaticamente localizada através da sua posição dentro da imagem.

A representação *raster* apresenta vantagens sempre que os dados são contínuos, facilitando a leitura e análise da imagem, em comparação com o formato vetorial que utiliza elementos individuais para representar a realidade.

Ao contrário do formato vetorial, o formato *raster* não apresenta relações topológicas que necessitem de estar associadas. Tal como referem Wheatley e Gillings (2002), “We are after all not recording individual spatial features but the behaviour of a particular attribute in space.” (Wheatley & Gillings, 2002: p.46).

Consequentemente, pode ser afirmado que o armazenamento *raster* é simples, porém necessita frequentemente de uma larga capacidade de armazenamento, a não ser que os dados sejam de baixa resolução ou reduzidos através do uso de compressão de dados. A menos que a resolução de uma temática de dados esteja predefinida, por exemplo quando os dados derivam de prospeção geofísica, é necessário um compromisso

entre uma alta resolução, que oferece melhor definição e visualização, e uma larga capacidade de armazenamento e capacidade de processamento que deriva desta. A análise de dados *raster* é relativamente simples de executar, porém, é mais limitada que a análise de dados vetoriais, derivada do facto das relações espaciais entre áreas geográficas não serem explicitamente representadas.

1.3. Aquisição dos Dados

Neste capítulo referir-se-ão todos os tipos de proveniência dos dados que sustentam esta dissertação. Estes dados foram obtidos através de atividades de pesca, mergulho profissional, informação documental, imagens eletromagnéticas, geofísicas e devido a trabalho de campo.

1.3.1. Dados provenientes de atividades piscatórias

A pesca pode representar um perigo para o PCS, derivado da pesca de arrasto. Esta pesca considera-se um perigo para o PCS pois, sendo que as redes utilizadas são de grande dimensão, por norma alcançando o fundo do mar, estas podem destruir sítios arqueológicos subaquáticos, arrastando parte dos destroços que ficam agarrados às mesmas. Tal fenómeno é observado na Figura 3.6. Não obstante, este perigo pode ser evitado, caso exista comunicação e troca de informação entre a autoridade responsável e pescadores. É natural considerar pescadores como potenciais aliados na proteção e preservação do PCS, visto que estes passam grande parte da sua vida no mar, havendo, consequentemente, uma elevada probabilidade de descobrir sítios arqueológicos. É de crucial menção que o interesse principal dos pescadores não é a preservação do PCS. Porém, com o conhecimento das zonas onde pescam, estes indivíduos devem ser considerados uma boa fonte de informação na descoberta de novos sítios arqueológicos subaquáticos. No caso de sítios arqueológicos se encontrarem sob plano de gestão, é importante informar os pescadores da zona, para que estes evitem certos métodos de pesca que possam contribuir para a destruição e perda de informação do sítio em questão.



Figura 3.6. Ilustração da pesca de arrasto. Fonte: Bárbara Chitas, 2018.

Muitos países consideram pescadores como aliados na gestão do PCS. Estes são convidados a partilhar as informações que detêm com as autoridades competentes da área, contribuindo para a criação de inventários mais completos. Arqueologistas subaquáticos possuem bastantes benefícios em contactar com pescadores da zona em estudo e, também, em consultar os mesmos o mais possível. Este contacto realiza-se tanto em relação às condições do meio marinho como à localização de características irregulares no fundo do mar. Inversamente, os arqueologistas devem, sempre que possível, informar os pescadores de áreas a evitar, de forma a prevenir a destruição de possível PCS. Certos casos de pescadores que não se apresentam como bons aliados advêm, normalmente, de reduzida comunicação com os mesmos. É responsabilidade dos que pretendem uma gestão do PCS, deixar os pescadores devidamente informados e conscientes da importância e da proteção do mesmo. É de extrema relevância que arqueologistas e a indústria piscatória se encontrem em sintonia e que exista entreajuda.

No caso dos dados obtidos para a presente dissertação, estes são provenientes de rotas piscatórias, realizadas por pescadores, de grande parte da costa portuguesa, como também de mergulhadores profissionais que praticam pesca submarina e mergulho recreativo.

Para a obtenção dos dados, os pescadores marcam um ponto no GPS sempre que encontram um *Point of Interest* (POI), traduzido para “Ponto de Interesse”, na língua portuguesa. Estes pontos podem ser representativos de zonas de pescada específico, para que os pescadores saibam onde existem ajuntamentos de um tipo específico de peixe. Os POI podem, também, representar rochas ou outros objetos naturais, que podem rasgar redes. Deste modo, é possível obter a localização dos objetos, para que as redes não sejam

lançadas nesta localização. Por último, POI podem representar um tipo de material arqueológico derivado de uma peça metálica. Tais pontos podem representar madeira presa a redes, marcando um ponto para comunicar às autoridades competentes, salientando a possibilidade de presença de objeto arqueológico numa determinada área.

1.3.2. Dados provenientes de evidências documentais

Para uma melhor recolha de dados e precisão na escolha dos sítios arqueológicos que requerem prospeção, é essencial incluir o estudo de evidências históricas e arqueológicas previamente reunidas. Esta pesquisa é uma componente essencial num projeto arqueológico, podendo contribuir com um adicional contexto histórico. Todavia, esta pesquisa nem sempre é de fácil acesso, tendo como desafios os seguintes pontos:

- i. Identificação de fontes fidedignas;
- ii. Aquisição de acesso ao tipo de fonte acima mencionado;
- iii. Qualificação necessária para fazer uso das fontes (compreensão técnica, descodificação de escrita de difícil leitura, qualificações linguísticas, entre outros).

Em termos de tipos de evidência a ter em consideração, é necessária uma distinção entre fontes primárias e secundárias. As fontes primárias representam documentos datados no tempo do evento ocorrido ou documentos datados das primeiras investigações ao local. Estas podem ser diários de bordo de navios, documentos originais transcritos ou registos de pesquisa antigos. Por outro lado, as fontes secundárias analisam um evento, um documento original ou evidenciam um relatório baseado em observações feitas em intervenções anteriores. A consulta de fontes secundárias fidedignas oferece uma visão inicial de um tópico. No entanto, é necessário o cruzamento de informação de fontes secundárias com fontes primárias.

Diversos arquivos a nível internacional ou local contêm variados tipos de informação histórica arqueológica relevantes para projetos de PCS. Os tipos de dados relevantes para a pesquisa sobre naufrágios nestes arquivos são os seguintes:

- a) Representações e iconografia (pinturas, desenhos, entre outros);
- b) Fotografias aéreas;
- c) Registos de testemunhas;
- d) Mapas;
- e) Planos de navios, como plantas de construção dos mesmos;

- f) Diários de bordo, listas de reparos, recibos de embarque, listas de passageiros e manifestos de carga;
- g) Registos de combate, diários de guerra e história dos navios; e,
- h) Cartas privadas, diários, jornais e correspondência entre diferentes companhias.

Não obstante, nem todos os arquivos possuem catálogos. Para além do mencionado facto, certo tipo de informação é de difícil seguimento. Existem vários *websites* que podem conter informação relevante. Contudo, é essencial existir um controlo de qualidade e autenticidade dos mesmos. Tipos de fontes relevantes e disponíveis na *Internet* podem ser bases de dados de museus ou arquivos oficiais, com catálogos *online* e jornais académicos, entre outros.

Independentemente das fontes consultadas, uma pesquisa científica rigorosa é fundamental para que se evitem erros e perpetuem mitos, que podem facilmente ser falsificados. Deste modo, qualquer informação obtida através de dados documentais deve ser suportada com evidências de fontes adicionais.

No contexto deste trabalho, não possuindo as qualificações essenciais para decifrar documentos antigos nesta área, o contacto contínuo com profissionais da área foi imperativo para complementar a base de dados com teor documental.

1.3.3. Dados provenientes de equipamentos sísmicos e geofísicos

Quando um navio se afunda, o processo que sofre é, fundamentalmente, um desencadear de eventos subtrativos. Tudo o que se encontra solto e pode flutuar é arrastado pelas correntes e pelo vento para diferentes sítios. Aquilo que permanece no local de naufrágio é, geralmente, o casco, que é fixado pelo peso do lastro, da carga e da artilharia. Caso a profundidade seja baixa, a passagem do tempo e a erosão derivada das correntes e da ondulação, leva à degradação de todas as partes do navio que não se encontrem protegidas por sedimentos. Adicionalmente, as mencionadas partes podem colapsar ou ser arrastadas para longe.

Os objetos que normalmente restam de um naufrágio (dependendo do nível de destruição prévia ao naufrágio e da localização) são as âncoras, artilharia, pedras de lastro e, eventualmente, o casco, caso este se mantenha parcialmente inteiro. Deste modo, fatores como a natureza do fundo do mar, a profundidade, a natureza das águas, o local e o tipo de embarcação (madeira ou metal), definem a maior ou menor sobrevivência dos destroços e a capacidade de estes serem identificados através de equipamentos geofísicos

e sísmicos. Neste caso, estes equipamentos são sonares de varrimento lateral (SVL) e magnetómetros (MAG).

Desde 1966, os arqueologistas marinhos têm utilizado equipamentos de deteção remota, os quais demonstram algum sucesso. Um desses equipamentos é o SVL. Para a leitura das imagens do SVL são necessários *softwares* específicos de simulação. Existe uma semelhança entre as imagens reais e as imagens simuladas nos *softwares*, porém ao encontrar vestígios arqueológicos poderão ocorrer problemas de interpretação.

O sensor do SVL atravessa a massa de água enquanto emite impulsos sonoros com determinada frequência. Estes impulsos são refletidos pelas irregularidades do fundo do mar, que são reenviados para a superfície como ecos, dando assim uma imagem sonora da natureza e morfologia do fundo do mar. Estas imagens sonoras, depois de processadas através de um computador, fornecem uma imagem de alta qualidade do fundo do mar. Deste modo, está pressuposto que os possíveis destroços do naufrágio, ou outras protuberâncias no fundo marinho sejam registadas digitalmente.

Por outro lado, o MAG é um instrumento que analisa a duração e a intensidade das variações do campo eletromagnético terrestre. Este regista as anomalias eletromagnéticas causadas por materiais ferrosos, que se situam acima, ou no interior, do fundo do mar. O MAG regista estes materiais sempre que as intensidades eletromagnéticas sejam superiores à média das variações para a zona em questão. Sendo o ferro o metal mais utilizado na construção naval moderna e contemporânea, este surge como uma anomalia eletromagnética assim que o MAG se aproxima do sítio onde está localizado o naufrágio, ou parte do mesmo.

Os dados obtidos através do SVL e do MAG são posteriormente georreferenciados.

Os dados obtidos para esta dissertação são provenientes do Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA) que, em colaboração com o projeto “Um Mergulho na História”, previamente mencionado, partilhou dados de origem eletromagnética. Um exemplar de uma imagem eletromagnética pode ser observado na Figura 3.7.

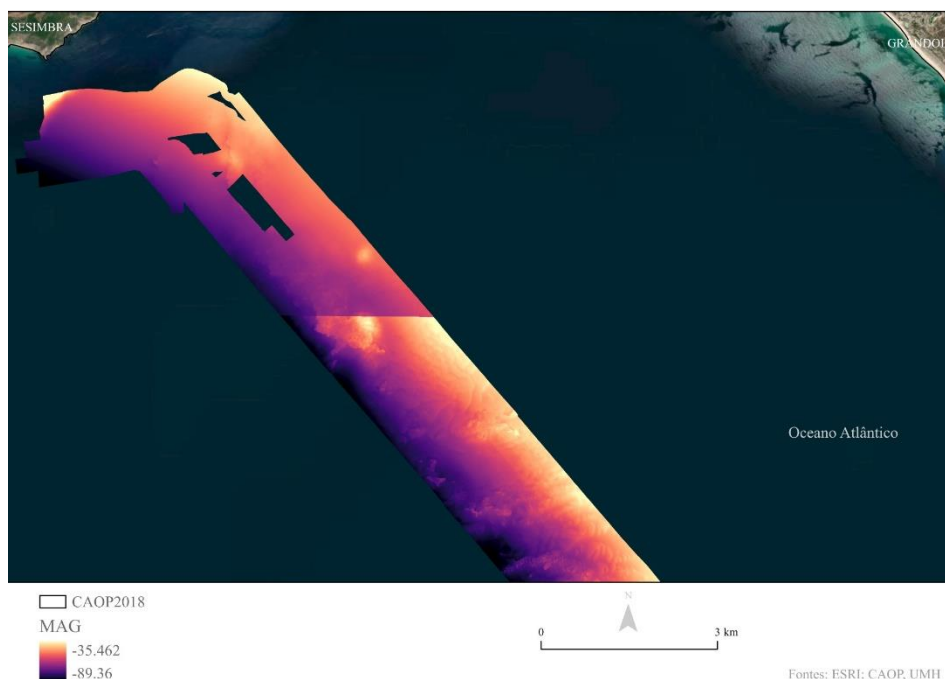


Figura 3.7. Exemplo de uma Imagem Eletromagnética. Fonte: Miguel Silva, 2021.

1.3.4. Recolha de dados proveniente de trabalho de campo: mergulho, ROV e campanhas em água e terra

Após realizada a recolha e tratamento dos dados para a prospeção arqueológica, é possível começar a fazer a recolha dos dados verídicos a partir de trabalho de campo, de forma a diminuir o campo de pesquisa e a retirar os pontos que não detêm interesse para o estudo. Este trabalho é executado a partir de mergulho em zonas onde este é possível, e viável, e de ROV em zonas onde o mergulho é dificultado devido à profundidade. O ROV, consegue, por sua vez, resultados mais rápidos e de forma mais eficaz. É também realizada uma recolha de dados a partir de campanhas feitas na água (com sistemas geofísicos, como os mencionados no subcapítulo anterior) e em terra, pois existem vestígios que são arrastados para a mesma e que necessitam de ser descobertos, como se pode observar na Figura 3.8.



Figura 3.8. Imagem exemplar de Melides. Fonte: Projeto UMH, 2021.

O mergulho é feito por uma equipa especializada e com qualificações de mergulho necessárias para o efeito, em pontos determinados na prospeção, através da recolha de dados obtida anteriormente. Este mergulho é feito até à batimétrica dos 40 metros. Os mergulhadores equipam-se com câmaras de alta resolução preparadas para fotografia subaquática, para que seja possível fotografar achados encontrados de forma nítida. Tal pode ser ilustrado pela Figura 3.9, onde se apresenta um mergulho em zona de naufrágio.



Figura 3.9. Ilustração de mergulho profissional em zona de naufrágio. Fonte: divessi, s.d.

O ROV, como ilustra a Figura 3.10, é transportado de barco até aos pontos de interesse e manuseado por uma equipa especializada e com formação para o manuseamento do mesmo. Este equipamento é carregado com câmaras, sondas e sensores de navegação (como compassos, medidores de profundidade, entre outros), bem como sistemas de posicionamento que são usados para a sua orientação e localização. O problema encontra-se, habitualmente, na navegação dos veículos com a precisão necessária, para que a recolha dos dados através dos sensores seja precisa. Por outro lado, devido ao seu fácil manuseamento, um ROV de pequena dimensão para trabalhos de menor dimensão é ideal para fotografias de distância curta e imagens acústicas de áreas de pequena dimensão. Este equipamento é utilizado essencialmente da batimétrica dos 40 até aos 100 metros. Poderá também ser utilizado até à batimétrica dos 40 metros, caso se verifique, com antecedência, que o mergulho em determinada área não compensará gastos monetários e de tempo.



Figura 3.10. Ilustração de um ROV (veículo submarino não tripulado). Fonte: emepc, s.d.

As campanhas em terra para a pesquisa em causa, iniciar-se-ão nas áreas laterais do rio Sado, na zona de Alcácer do Sal, consistindo num trabalho de prospeção, para que se possam marcar zonas de interesse que, posteriormente, serão inseridas no SIG. Pretende-se averiguar a articulação da população com o rio nos Séculos XIX e XX. Sendo um trabalho de prospeção, não serão realizadas escavações arqueológicas durante a realização desta dissertação. Alguns dos pontos de interesse detetados serão sobrevoados com um *drone*, para que se obtenham fotografias aéreas, a ser averiguadas e inseridas no SIG para visualização das mesmas. Sendo algumas zonas de interesse de difícil acesso por terra, poderá ser necessário recorrer a uma embarcação para realização da prospeção.

1.4. Georreferenciação

Georreferenciar consiste no posicionamento da informação, numa localização definida no espaço, com auxílio de um sistema de projeção específico. Tal como referido por António Cosme, “Esta tarefa compreende o registo (com translação e rotação da informação ou a retificação (ou *warping*, com a reamostragem da posição dos pontos da imagem através do ajuste a um polinómio de primeira, segunda, ou terceira ordem). A georreferenciação é fundamental para se obterem propriedades geométricas dos elementos como a posição, a área e o perímetro referenciado a um dado sistema de coordenadas definido.” (Cosme, 2012: 193).

A informação espacial constitui toda a informação que possa ser associada ao espaço, ou seja, georreferenciável. Tendo isto em conta, a informação e dados relativos ao PCS e Património Cultural têm, usualmente, características espaciais. Assim, uma potencialidade dos SIG perante o PCS, é o poder de georreferenciação de objetos

patrimoniais.

1.5. Base de Dados Geográfica

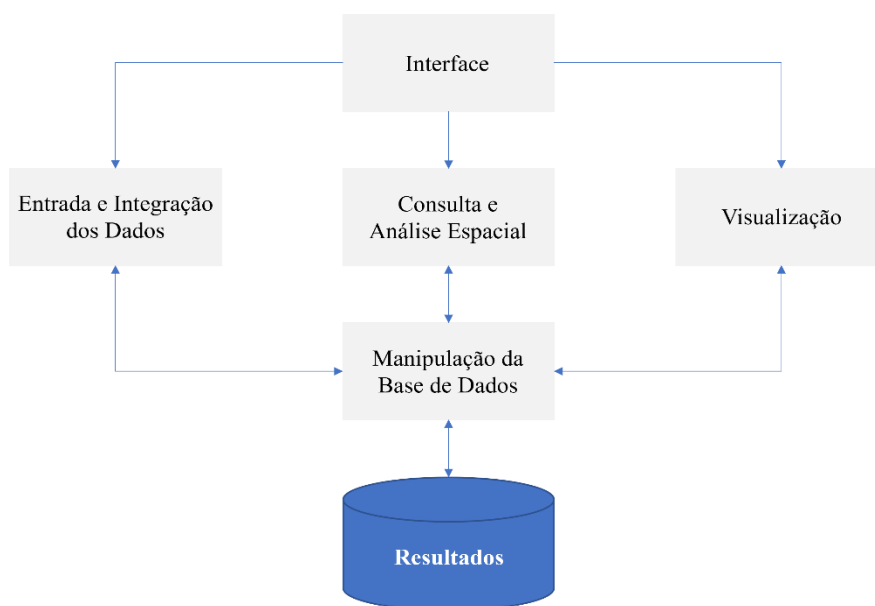
Uma Base de Dados Geográfica (BDG) é um conjunto de dados geográficos de diferentes tipos, armazenados em sistemas de arquivos comuns. Numa BDG, não só é possível armazenar, como também realizar inquirições e manipulações sobre os dados.

OBJECTID	Shape	Zona	POINT_X	POINT_Y
1	Point	Troia	-8.914683	38.450059
2	Point	Praia do Pinheirinho	-8.781428	38.227723
3	Point	Praia do Pinheirinho	-8.791256	38.220387
4	Point	Praia da Galé	-8.78284	38.212168
5	Point	Praia da Aberta Nova	-8.788739	38.179959
6	Point	Praia da Aberta Nova	-8.796167	38.178941
7	Point	Praia da Aberta Nova	-8.79032	38.171448
8	Point	Praia de Melides	-8.800307	38.123949
9	Point	Praia de Melides	-8.796117	38.132782
10	Point	Praia da Costa de Sant...	-8.81108	38.112676

Figura 3.11. Exemplo de pontos com coordenadas. Fonte: Miguel Silva, 2021

São observáveis na Figura 3.11, os atributos espaciais presentes nos campos “POINT_X” e “POINT_Y”, que representam os valores de coordenadas em x e y do ponto em questão. Neste exemplo, não são encontrados valores espaciais relativos a área e perímetro, sendo que o modelo de dados vetorial utilizado foi pontual e não poligonal. No caso de ser poligonal, os atributos seriam espaciais, relativos a x e y, representando o ponto central do polígono, a sua área e perímetro.

Uma BDG permite a implementação de modelos relacionais entre os diferentes tipos de dados (Figura 3.12.) .Considera-se, portanto, uma estrutura de dados especializada no armazenamento de dados geográficos, dos seus atributos e relacionamentos.



*Figura 3.12. Operações e Componentes suportadas por uma Base de Dados Geográfica.
Fonte: Cosme, 2012: pp.239.*

Conforme referido por António Cosme, em 2012, “um SIG permite a associação de dados espaciais (posicionais) a um conjunto de atributos de tipos diferenciados. Ligando o espaço, ou qualquer objeto georreferenciável a um dado espaço, real ou virtual, a um conjunto lato de informações desse mesmo objeto, o sistema possibilita a realização de consultas, análises, e simulações. A diferença para este tipo de operações sustentadas em bases de dados não geográficas é que existe um envolvimento de todo o tipo de informação ligada à variável com significado em termos de representação espacial, ou seja, em termos de espaço.” (Cosme, 2012: 239).

Atividades humanas estão, cada vez mais ligadas a componentes de espaço e tempo (dados espaciais, temporais e espaço-temporais), podendo salientar atividades como o fornecimento de energia elétrica ou um arqueólogo querer mapear um sítio arqueológico. Não obstante, interessa que o espaço e o tempo sejam convenientemente armazenados, para futura consulta e relacionamento.

Segundo Cosme, certos autores descrevem os primeiros SIG como especializados no fornecimento de ferramentas de visualização, produção cartográfica e análise espacial. Os sistemas não privilegiavam, assim, o suporte de dados alfanuméricos. A necessidade da integração destes dados, com dados espaciais, surgiu mais tarde.

A necessidade mencionada no parágrafo anterior, impulsionou a definição de diferentes estruturas de BDG. Esta integração permite a que as operações convencionais possam ser complementadas com a componente espacial. Sendo assim, a integração da componente espacial em campos de armazenamento de informação

referente à localização de objetos, com um conjunto de dados alfanuméricos que contêm informações de descrição dos objetos, tornaram-se num desafio para os Sistemas de Gestão de Bases de Dados (SGBD) e para as BDG.

Por outro lado, as BDG deram o passo seguinte, perante os SGBD relacionais, suportando dados espaciais e oferecendo a possibilidade de uma maior manipulação dos mesmos. Estas são necessárias para a gestão de dados georrefenciados, possibilitando respostas e perceção dos dados espaciais de forma mais eficaz.

As principais vantagens de uma BDG são frequentemente confundidas com as de outras bases de dados convencionais. Porém, estas são complementadas com a capacidade de dimensão espacial. Algumas destas vantagens são as seguintes: (i) armazenamento de uma coleção vasta e diversa de dados numa única base de dados; (ii) edição de dados de forma mais precisa; (iii) aplicação de regras e relações espaciais entre os diferentes dados; (iv) manutenção da integridade e consistência dos dados de um modo mais eficiente; (v) integração dos dados provenientes de outros *softwares*; e, (vi) integração de mais objetos diferenciados como, por exemplo, objetos ligados ao espaço que as bases de dados sem componente não permitem (Cosme, 2012).

1.5.1. Estrutura da *Geodatabase*

A primeira fase na estruturação de uma *geodatabase*, passa pela criação de um, ou mais, *datasets*, conforme necessário.

De forma exemplificativa, é de aludir o modo de atuação dos utilizadores de uma *geodatabase*, os quais começam, comumente, pela criação de diversos tipos de bases de dados. De seguida, as *Geodatabases* são adicionadas, ou estendidas, tendo como base recursos mais avançados, como o acrescento de topologias, redes ou subtipos. Por fim, é de salientar que estes recursos modelam o comportamento dos SIG, mantêm a integridade dos dados e trabalham, também, com um importante conjunto de relações espaciais.

A forma de armazenamento de uma *geodatabase* envolve o esquema e a regulamentação para cada *dataset* de dados geográficos, tal como o armazenamento tabular simples de dados espaciais e, também, de atributos. Os três *datasets* de dados primários na *geodatabase*, mencionados na secção anterior, são armazenados através da utilização de tabelas, bem como outros elementos. As representações espaciais em *datasets* de dados geográficos são armazenadas como modelos de dados vetoriais ou *raster*. Estas geometrias são armazenadas e geridas em campos, juntamente com atributos considerados tradicionais. De salientar que tabelas fornecem o mecanismo de armazenamento primário para *datasets* de dados geográficos.

Variados elementos de *geodatabases* são usados para estender tabelas simples, recursos e *rasters*, de forma a modelar relações espaciais, adicionar comportamentos interessantes, melhorar a integridade de dados e estender, ainda, os recursos de *geodatabase* para a gestão de dados.

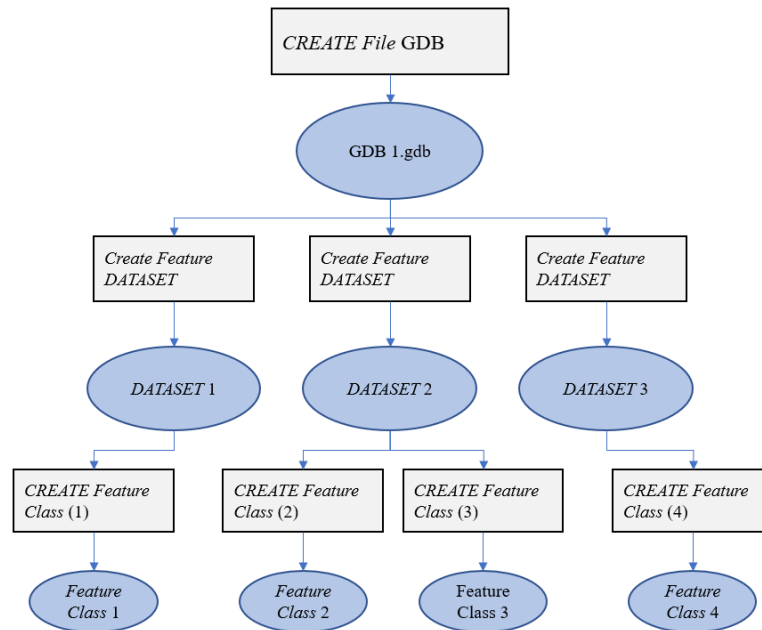


Figura 3.13. Diagrama de estrutura de uma Geodatabase. Fonte: Cosme, 2012. (Adaptado)

O esquema de uma *geodatabase* inclui tanto definições, como regras de integridade e comportamento para cada uma das *features*. Incluídas estão propriedades para sistemas de coordenadas, resolução de coordenadas, *feature classes*, topologias, redes, relações e domínios. As informações presentes no esquema acima, persistem numa coleção de tabelas de metadados geográficos no *Database Management System* (DBMS). Estas tabelas definem a integridade e o comportamento das informações geográficas.

1.5.1.1. Noções básicas de *feature class*

Para um melhor entendimento do que é desenvolvido na abordagem exploratória aplicacional da presente dissertação, considera-se de extrema importância o enfoque no conceito de *feature class*. As *feature classes* são coleções homogêneas de características comuns, tendo cada uma a mesma representação espacial e um conjunto comum de colunas de atributos como, por exemplo, uma *feature class* de tipo linear que representa eixos de via. As três classes de recursos mais comumente usadas são pontos, linhas e polígonos.

1.5.2. Tipos de *geodatabases*

Uma *geodatabase* é um recetor usado para armazenar uma coleção de *datasets*. Existem diferentes tipos de *geodatabases*, entre as quais se destacam as seguintes:

	<i>Personal Geodatabase</i>	<i>File Geodatabase</i>	<i>ArcSDE Geodatabase</i>
Descrição	BDG original em ArcGIS. Armazena os dados no Microsoft Access.	BDG que armazena todos os <i>datasets</i> numa pasta de ficheiros do sistema.	BDG que armazena vários tipos de <i>datasets</i> em tabelas de bases de dados relacionais.
Número de utilizadores	Utilizadores singulares e pequenos grupos com pequenos <i>datasets</i> . Vários leitores e apenas um editor.	Utilizadores singulares e pequenos grupos com pequenos <i>datasets</i> . Vários leitores e apenas um editor.	Multiuso - muitos leitores e muitos editores.
Formatos	Microsoft Access (.mdb).	Cada <i>dataset</i> é um ficheiro separado no disco. A BDG é uma pasta com ficheiros que contém todos os <i>datasets</i> .	Oracle, Microsoft SQL Server, IBM DB2, IBM Informix.
Capacidade	2 GB (com perda de <i>performance</i> da BDG a partir dos 250/500 MB).	1 TB para cada <i>dataset</i> . Pode conter inúmeros <i>datasets</i> .	Maior que os Sistemas de Base de Dados Relacionais.
Versionamento	Não Suporta.	Não Suporta.	Suporta todos os Sistemas de Base de Dados Relacionais.
Plataformas	Windows.	Plataforma própria.	Windows, Unix, Linux e ligação direta a outros Sistemas de Base de Dados Relacionais.

Tabela 3.3. Tipos de *Geodatabase*. Fonte: Cosme, 2012: 244.

De seguida, os *file geodatabases* serão introduzidos numa perspetiva individualizada, visto que este tipo de ficheiro está presente no decorrer do projeto.

1.5.2.1. File geodatabases

Os *file geodatabases* são projetados para que sirvam de apoio ao modelo de informações completas da *geodatabase*, a qual compreende *network datasets*, *datasets* de terreno, entre outros. Acrescentando, os *file geodatabases* são projetados para serem editados por um único utilizador e não oferecem suporte ao controlo de versões de *geodatabases*. Com um *file geodatabase*, é possível ter mais do que um utilizador a editar ao mesmo tempo, desde que editem em diferentes *feature datasets*, *feature classes* autónomas ou tabelas.

Refira-se, ainda, que este tipo de *geodatabase* apresenta as seguintes potencialidades:

- i. Solução de *geodatabase* amplamente disponível, simples e manuseável para todos os utilizadores;
- ii. *Geodatabase* transportável, a qual funciona em sistemas operacionais;
- iii. Escala para lidar com grandes *datasets*;
- iv. Alto desempenho e escalabilidade;
- v. Estrutura de dados eficiente, que é otimizada para desempenho e armazenamento. Os *file geodatabases* usam cerca de um terço do armazenamento de geometria de características exigido por *shapefiles* e *geodatabases* pessoais. Permitem aos utilizadores a compactação de dados vetoriais num formato de leitura, reduzindo, ainda mais, os requisitos de armazenamento;
- vi. Supera as *shapefiles* para operações envolvendo atributos e dimensiona os limites de tamanho dos dados além dos limites da *shapefile*; e,
- vii. Ideal para projetos GIS, uso pessoal e para pequenas organizações. Tem um forte desempenho e armazena volumes de dados extremamente grandes, sem que seja exigido o uso de um DBMS.

1.6. Análise espacial em SIG – abordagem exploratória

1.6.1. Análise espacial

As funções de análise espacial em modelos de dados vetoriais apresentam a similaridade da utilização de dados de entrada e de saída com estrutura vetorial. Estas podem obter resultados não espaciais. Sendo assim, como refere João Matos (2008), “De algum modo estas funções constituem uma extensão das funções de interrogação a uma base de dados construída por incorporação das relações espaciais.” (Matos, 2008: 113).

Estas podem dividir-se em cinco grupos, sendo esses os seguintes: (i) Funções de sobreposição – *join*, interseção, entre outros; (ii) Funções de proximidade – *buffer*, ponto mais próximo, entre outros; (iii) Funções sobre redes – rede acessível, caminho mais curto, entre outros; (iv) Funções de extração e fusão – extração por atributos, fusão por atributos, entre outros; e, (v) Funções estatísticas – sumários estatísticos e frequência. Estas funções vêm, usualmente, organizadas em menus e com designações semelhantes nos *softwares* SIG, sendo assim de fácil utilização.

Apesar destes cinco grupos, o número de funções espaciais não se limita a estes. Estas funções podem ser conjugadas, sendo que a conjugação das mesmas é considerada como uma função distinta. Por outro lado, a possibilidade de um conjunto de diferentes relações espaciais é muito superior e cada uma destas poderá ser considerada como uma função de análise espacial diferente. Por esta razão, foi decidido enumerar apenas aqueles que são considerados fundamentais e os mais utilizados pela comunidade SIG.

É de salientar, como referido por João Matos que “Os temas com estrutura vetorial podem ser convertidos para estruturas matriciais, passando no entanto um único valor para cada célula, correspondente a um atributo numérico selecionado. Cada célula ficará com o valor do elemento vetorial predominante na área coberta por esta.” (Matos, 2008: 114).

Explicar-se-á, detalhadamente, as funções de análise espacial, sendo que são as mais pertinentes ao tema da dissertação.

Relativamente às funções de sobreposição, são inseridos dois temas como *input*, obtendo-se um *output* com uma nova estrutura topológica, a qual integra elementos gráficos e atributos dos temas de *input*. A exemplo, considere-se a união de um conjunto de dados “A” com um conjunto “B”, a qual gera um conjunto de dados “C”, seguido da eliminação de todos os polígonos que pertencem ao conjunto “B” (Figura 3.14). A união é maioritariamente utilizada quando necessária a sobreposição de dois conjuntos de dados geográficos, mantendo todos os seus atributos e geometria de origem. No que concerne

este resultado, podem ser aplicadas operações de extração sobre os atributos, caso necessário. Esta operação é exclusivamente aplicável a polígonos.

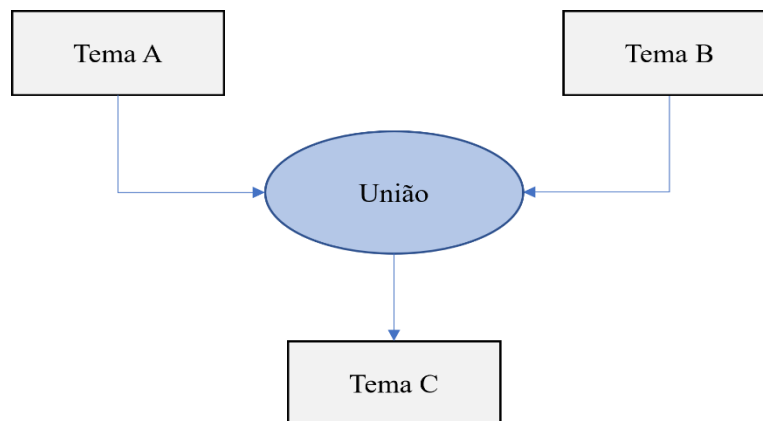


Figura 3.14. Operação União em software SIG. Fonte: Miguel Silva, 2021.

Na função de interseção, ilustrada na Figura 3.15, o processo é semelhante ao mencionado acima. Porém, esta função é aplicável em situações de ponto-polígono e linha-polígono. O resultado de uma interseção é considerado semelhante ao de uma união, sendo que esta fica restrita ao espaço coberto em simultâneo por ambos os conjuntos de dados geográficos. A interseção é maioritariamente utilizada quando pretendida a sobreposição de dois conjuntos de dados e manter os atributos referentes à zona sobreposta. É também utilizada para um maior número de conjuntos de dados, sendo que, assim, se pode obter a interseção presente em todos os conjuntos, ou quando necessária a criação de um subconjunto de um conjunto de dados maior. Por exemplo, “(...) quando se pretende trabalhar somente com os troços da rede viária nacional que existem num determinado concelho.” (Matos, 2008: 116). No exemplo mencionado, salienta-se que este também pode ser executado através de uma função de extração, nomeadamente, a operação *Clip*.

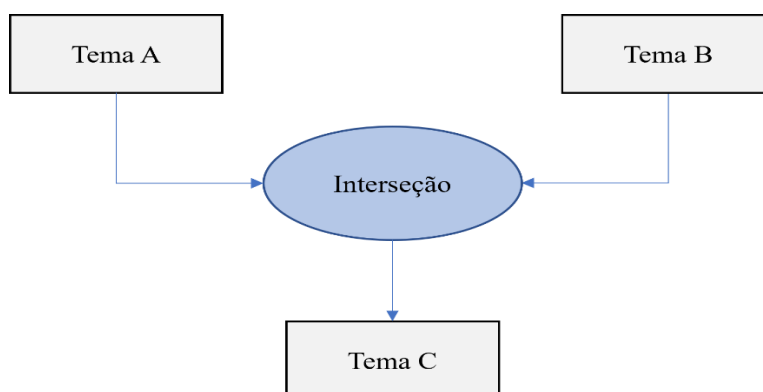


Figura 3.15. Operação de Interseção em software SIG. Fonte: Miguel Silva, 2021.

A operação de corte (*clip*), Figura 3.16, utiliza essencialmente um polígono para eliminar uma certa área de um outro conjunto de dados. Esta operação é aplicada a pontos, linhas ou polígonos, tendo sempre como base um polígono cujo objetivo é a definição da zona a apagar do conjunto de dados objeto da operação. Como exemplo a esta operação e aplicando ao PCS, considere-se um conjunto “A”, de pontos relativos a naufrágios, e um conjunto “B”, relativo a uma área de guerra do séc. XVIII. Com o corte “A-B”, obtem-se o resultado dos naufrágios, os quais aconteceram fora da zona de guerra.

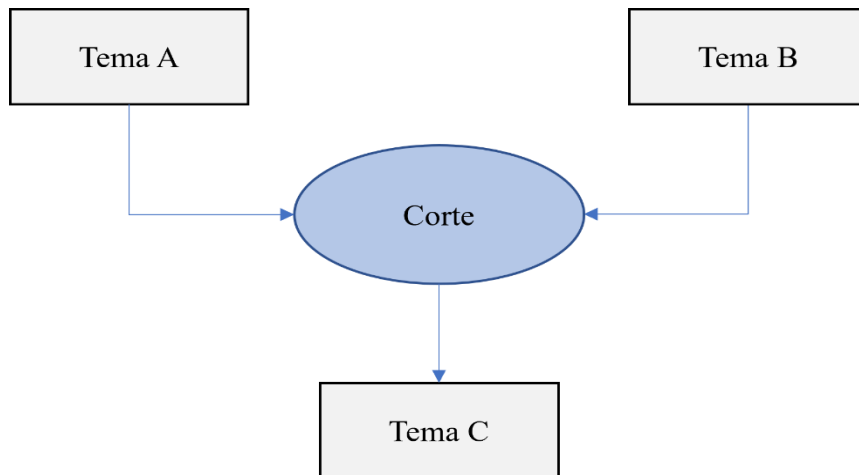


Figura 3.16. Operação Corte em software SIG. Fonte: Miguel Silva, 2021.

Quanto a funções de proximidade destacamos a operação *buffer* e a operação próximo (*near*). A operação *buffer* consiste numa das operações mais utilizadas para criar zonas de proximidade ou zonas envolventes. Para criação de *buffer* em pontos, consiste, essencialmente, no desenho de uma circunferência, com um raio previamente estipulado, em torno dos pontos. Por outro lado, a criação de um *buffer* para linhas e polígonos gera “uma circunferência auxiliar de raio igual a duas vezes o raio escolhido para o *buffer*. A circunferência é movimentada deslizando sobre as linhas do tema de entrada e traçando o limite do *buffer* com o seu centro, interrompendo o desenho sempre que toque numa outra linha do tema original.” (Matos, 2008: 121).

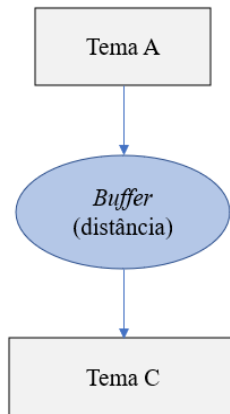


Figura 3.17. Operação Buffer. Fonte: Miguel Silva, 2021.

A operação próximo, ou *near*, pode ser aplicada a conjuntos de dados pontuais. O resultado desta operação consiste na distância entre o ponto mais próximo do conjunto “A” para o conjunto “B”. Esta fornece a indicação para um determinado conjunto de pontos, em relação ao ponto mais próximo de outro conjunto de pontos. Esta operação pode, também, ser aplicada a pontos do mesmo conjunto de dados.

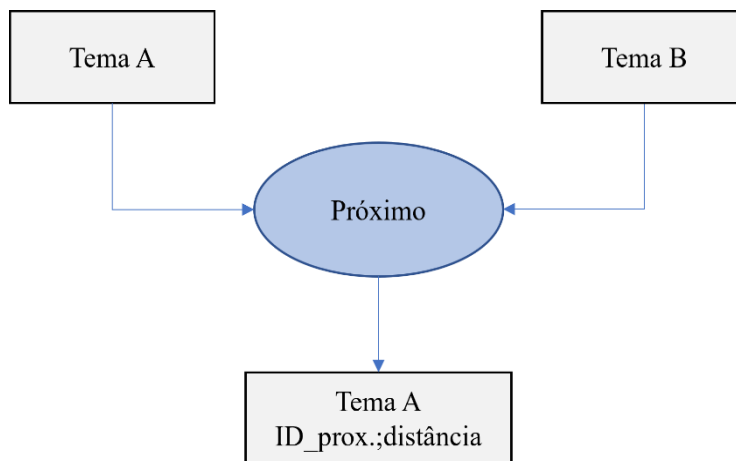


Figura 3.18. Operação Próximo (Near) em software SIG. Fonte: Miguel Silva, 2021.

1.6.2. Estatística Espacial

O termo “estatística espacial” refere-se à aplicação de conceitos e métodos estatísticos a dados que têm uma localização espacial ligada aos mesmos, nos quais este elemento de localização é utilizado como parte importante e necessária da análise. Tipicamente, tal análise é descritiva e exploratória, embora possa também utilizar todo o poder da teoria estatística para testar e/ou calibrar modelos dos processos espaciais detidos para operar.

Inerente aos dados em SIG, encontram-se os atributos das *feature classes* e a sua localização. Estas informações são utilizadas na criação de mapas, para poderem, posteriormente, ser visualmente analisadas. A estatística espacial apoia na extração de informação adicional dos dados que, possivelmente, não são perceptíveis ao visualizar um mapa. Este tipo de informação passa, primeiramente, pela forma como os valores dos atributos são distribuídos, seguida pela possível existência de tendências espaciais nos dados, ou, finalmente, pela formação de padrões espaciais nas *features*. De salientar que, contrariamente às *queries*, que utilizam funções de seleção ou identificação de *features* individuais, a estatística espacial apresenta características de um conjunto de *features* como um todo.

A estatística espacial é comumente utilizada na exploração de dados como, por exemplo, na examinação da distribuição de valores para atributos específicos ou, também, na deteção de valores com discrepâncias significativas. Este tipo de informação é de extrema utilidade quando a definição de classes e intervalos num mapa são necessários ou, ainda, na reclassificação de dados e procura por erros nos mesmos.

Outro uso para a estatística espacial é a capacidade de resumir informação dos dados. Esta capacidade é geralmente efetuada para categorias como, por exemplo, o cálculo da área total de diferentes tipos de naufrágio. A criação de resumos espaciais também é possível, dando como exemplo o cálculo da elevação média para cada bacia hidrográfica, ou o cálculo da área dos naufrágios ocorridos numa determinada área de estudo, tendo os resumos de dados utilidade para compreender as condições destas.

A estatística espacial poderá também ser utilizada para identificar padrões espaciais como o centro de um grupo de *features*, tendências, ou caso as *features* formem *clusters*. Apesar dos padrões poderem aparentar semelhanças num mapa, a tentativa de retirar conclusões do mesmo pode ser difícil. A maneira como os dados são classificados pode ser uma fonte de confusão ou enaltecimento dos padrões representados. As funções estatísticas de um SIG analisam os dados subjacentes e fornecem uma medida, podendo esta ser utilizada para a confirmação da existência e abundância de padrões.

Em SIG, esta análise pode apresentar dois tipos, a não espacial (tabular), ou espacial, contendo a localização.

A análise estatística não espacial é utilizada para analisar atributos de valor associados a uma *feature class*. Os valores são retirados diretamente da tabela de atributos de *layer*. Dois exemplos de estatística não espacial são o cálculo da média, tal como o desvio padrão. Os gráficos, tendo como exemplo um histograma, são outra das possíveis

formas de analisar dados não espaciais. Neste caso, apenas os valores são analisados, pois as localizações das *features* aos quais os valores estão associados e, por consequência, qualquer relação entre as mesmas, não é considerada.

Por outro lado, a estatística espacial destaca as relações espaciais entre *features*. Uma relação espacial não só é definida como distância, mas também como muitas outras formas de interação entre *features*. Alguns tipos de estatística espacial incluem tanto os relacionamentos espaciais, como também os atributos de valor das *features*. Estas são definidas como estatísticas ponderadas, nas quais a relação espacial é influenciada pelos valores. Este tipo de estatística espacial é utilizado para descobrir se *features* com valores semelhantes ocorrem relativamente juntas. Como exemplo, destacam-se a possível ocorrência de naufrágios de uma certa data, num local específico, com uma pequena distância entre eles.

“Em SIG as funções estatísticas podem também ser classificadas como descritivas ou inferenciais.” (Statistical Analysis, s.d.). As estatísticas descritivas resumem algumas características dos valores, ou das *features*, em análise. Estas estatísticas têm utilidade para a comparação de duas ou mais *features* na mesma área.

A estatística inferencial utiliza probabilidades para prever uma ocorrência de valores (utilizando uma amostra conhecida), ou para aferir a probabilidade de qualquer padrão ou tendência que se possa visualizar não ser aleatório. Esta função oferece uma medida do padrão ou relação entre as *features*. Em suma, para determinar uma probabilidade, a função estatística exerce uma comparação entre o valor das *features* existentes com os valores que são expectáveis de obter para o mesmo número de *features*, e na mesma área, porém distribuídas aleatoriamente.

Também como estatística espacial, é comumente utilizada a operação de *Kernel Density*. Esta calcula a densidade das características dos pontos em torno de cada célula *raster* de *output*. Conceptualmente, uma superfície suavemente curva é colocada sobre cada ponto. O valor da superfície é mais elevado na localização do ponto e diminui com o aumento da distância do ponto, chegando a zero na distância do raio de pesquisa a partir do mesmo. Apenas é possível uma vizinhança circular. A densidade em cada célula *raster* de *output* é calculada pela soma dos valores de todas as superfícies do núcleo onde se sobrepõem ao centro da célula *raster*. A ferramenta *Kernel Density* calcula a densidade das características de uma vizinhança em torno dessas características. Pode ser calculada tanto para *features* pontuais como lineares. Esta operação tem, cada vez mais, sido utilizada em arqueologia para examinar a distribuição espacial e a frequência de sítios

arqueológicos e artefactos em diferentes contextos (Conolly and Lake, 2000; Wheatley and Gillings, 2002). Na Figura 3.19, ilustra-se a operação descrita no presente parágrafo.

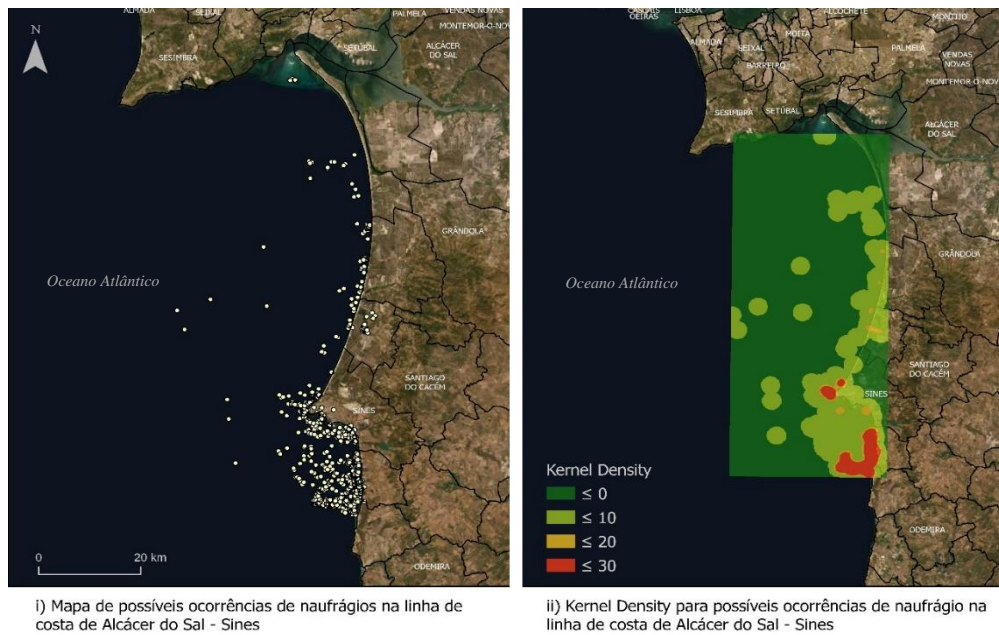


Figura 3.19. Ilustração da operação Kernel Density. Fonte: Miguel Silva, 2021.

1.6.3. Mapeamento temático

O mapeamento temático pertinente consiste na última fase de exploração e análise dos dados. Este é fundamental num projeto em SIG, pois fornece a possibilidade de visualização dos resultados das análises espaciais e produção de informação geográfica, constituindo forma de disponibilização e de divulgação a um determinado público-alvo, oferecendo uma leitura mais facilitada dos mesmos.

Um mapa temático é um mapa especializado, realizado para visualizar um fenómeno, ou tema, relativo a uma área geográfica. Estes mapas podem representar aspetos físicos, sociais, políticos, culturais, económicos, ou qualquer outro aspeto de uma cidade, região, país, continente, ou mesmo do mundo. Os mesmos mapas são realizados para servir um propósito, ou para ilustrar um tema específico, no qual diferentes temas estão sobrepostos, como é o caso do relevo, linhas de transporte, assentamentos, fronteiras políticas, entre outros. Estes estão em contraste direto com mapas de referência, ou mapas topográficos, que são especificamente desenhados para exibir a localização de características visíveis da paisagem, com uma interpretação mínima, e para serem utilizados para diversas finalidades. Salienta-se, também, que estes apresentam características mais comuns, como linhas costeiras, limites ou lugares, porém são apenas

pontos de referência de localização para o fenómeno a ser mapeado como, por exemplo, naufrágios ao longo de uma zona costeira.

Mapas temáticos enaltecem a variação espacial de uma, ou várias, distribuições geográficas. Estas distribuições podem referir-se a fenómenos físicos, como o clima, ou fenómenos causados pela atividade humana, como naufrágios. Na medida em que um mapa de referência tem o propósito de mostrar o local onde um objeto, ou sítio, se localiza no espaço, os mapas temáticos apresentam uma história sobre o lugar, ou objeto, em questão.

Tal como refere Santos, os elementos essenciais ao mapeamento temático são os seguintes:

- a) “Os objetos - o conteúdo da representação da carta ou mapa que se destacam por abstração de tudo o resto que, constando no mundo real, é retirado por insignificante para o tema representado e/ou redução da complexidade do mapa;
- b) A escala – a razão entre a dimensão da representação dos objetos e a sua dimensão real; e,
- c) A projeção cartográfica – conjunto de características que traduzem inequivocamente cada ponto da superfície terrestre num ponto da superfície de representação cartográfica.” (Santos, 2006: 60).

A maioria da cartografia arqueológica em Portugal, encontra-se em formato analógico. No passado, a demora da implementação dos SIG vocacionado para mapeamento temático em arqueologia prendeu-se ao facto de o preço dos *softwares* SIG serem incomportáveis para projetos de pequena dimensão. Por outro lado, é possível, atualmente, fazer a passagem para a cartografia digital, sendo que existem *softwares* abertos e sem custos (como o QGIS). Este tipo de mapeamento e cartografia comporta benefícios, tanto para a arqueologia como para a arqueologia subaquática, tornando mais fácil a gestão e divulgação do mesmo.

Adicionalmente, um mapa temático em arqueologia passa por variadas fases num projeto. Em primeiro lugar, é necessário o tratamento de informação, para que seja possível definir as zonas para prospeção arqueológica, facilitando algum trabalho de campo. Seguidamente, é imprescindível tratar, uma vez mais, os dados provenientes da prospeção, para que os sítios dos achados e os atributos dos mesmos sejam mapeados. Por consequência, um mapeamento temático pertinente pode ser criado para o tipo de projeto arqueológico que se está a realizar, desta vez com dados reais e verificados.

É de extrema importância reconhecer mapas na arqueologia, pois os elementos arqueológicos associados aos mapas possuem todas as qualidades associadas a exibições gráficas, como é referido por Clarke no seguinte excerto:

- i. “Elementos nos mapas apresentam distribuições que podem ser estatisticamente resumidas;
- ii. Elementos nos mapas apresentam valores qualitativos e quantitativos;
- iii. Os elementos nos mapas podem ser estruturais (não serem aleatórios ou apresentarem regularidade geométrica); e,
- iv. Os elementos nos mapas podem apresentar associações ou correlações com outros conjuntos de elementos dentro e fora do sistema em questão.” (Clarke, 1977: 10).

A próxima etapa cinge-se à identificação dos principais elementos numa escala selecionada de uma zona de estudo e as relações entre os mesmos. Em função disso, o interesse principal é baseado na estrutura espacial do sistema, ou seja, na forma como os elementos estão localizados no espaço e, por conseguinte, entender a sua interação espacial. A análise dos elementos de um mapa é a fase em que se efetua uma avaliação ligeira através de visualização. Não obstante, esta rápida visualização deve, maior parte das vezes, ser substituída por uma pesquisa intensiva das formas de distribuição, tendências, relações e resíduos quantitativos e qualitativos desses mesmos elementos. Tendo descoberto a natureza dos padrões de distribuição, tendências e relações espaciais dos elementos, outro tipo de informação pode surgir para apoiar na interpretação e explicação do tema em estudo.

Capítulo 4 – Metodologia em SIG para gestão do PCS: o caso da zona costeira entre Alcácer do Sal e Sines

1. Enquadramento da Área de Estudo

Localizada na zona costeira entre Alcácer do Sal e Sines (designada “área encharcada”), e englobando os concelhos de Alcácer do Sal, Grândola, Santiago do Cacém e Sines, situa-se a área de estudo, (Figura 4.1). Esta área apresenta uma extensão de costa de cerca de 84 quilómetros.

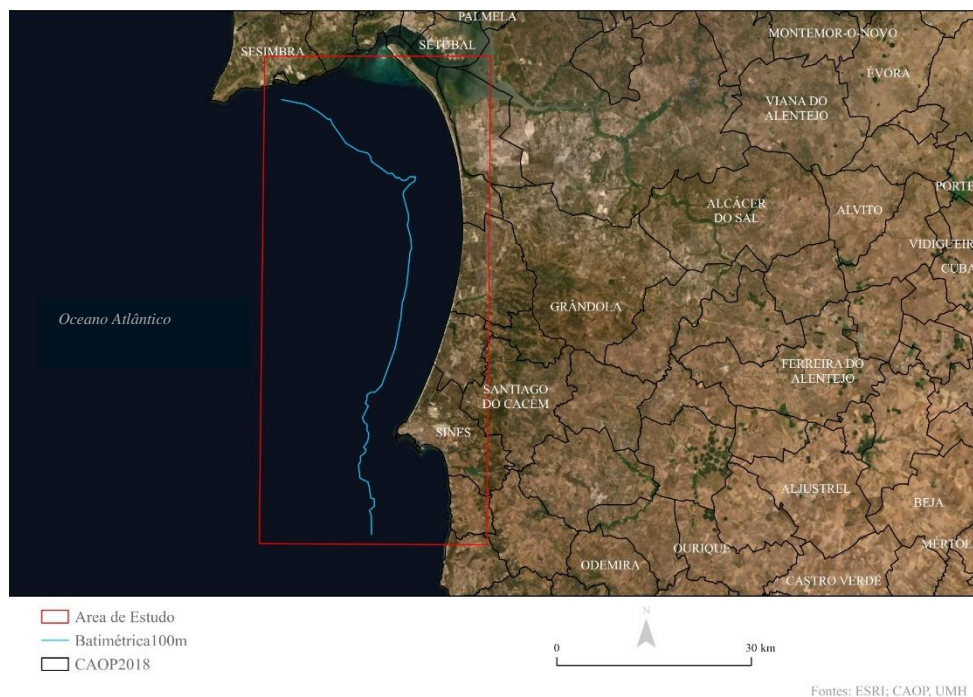


Figura 4.1. Mapa da Área de Estudo. Fonte: Miguel Silva, 2021.

Relativamente à batimétrica utilizada para este projeto, grande parte dos dados pode ser encontrada dentro da batimétrica dos 100 metros, à exceção de três pontos que se encontram fora do limite mencionado. A descrita zona costeira tem como principal característica a sua extensão de areal, que apresenta poucas interrupções ao longo da linha de costa, estendendo-se desde o norte da península de Tróia, até ao sul de Sines. Esta zona, estando protegida dos ventos predominantes de Norte, torna-se num abrigo natural à navegação, apesar de não possuir equipamentos de apoio aos navios que ali fazem a sua rota. Visto que esta zona não é uma exceção da restante costa portuguesa, apresenta um elevado registo de naufrágios. Da maioria dos casos desta extensa lista de naufrágios, apenas se conhecem vestígios de materiais de um número bastante reduzido destes. Dos que são conhecidos através de relatos de bordo, testemunhos das populações ou notícias

de jornais, nada mais se sabe “(...) a não ser que fazem parte da significativa história trágico-marítima portuguesa.” (Martins, et al., 2019).

A base de dados Endovélico, existente há várias décadas, conta com múltiplas referências relacionadas com a navegação. Nesta compilação, são apresentadas notícias de avistamentos, relatos de naufrágios, artefactos registados e recuperados, tal como muitos outros que carecem de localização exata ou descrições pormenorizadas.

2. Metodologia geral

O projeto de investigação no qual se desenvolveu parte dos trabalhos em apreço, obteve financiamento para a realização de missões de prospeção e localização de sítios arqueológicos submersos, ou de interface, no litoral alentejano. Este estudo destina-se à identificação, localização e realocação do património náutico e subaquático existente na zona de estudo. Neste sentido, incluem-se as paisagens marítimas, fluviais e de interface adjacentes aos concelhos inseridos na área de interesse. Para este fim, foi necessária uma extensa pesquisa documental em arquivos e bibliotecas, bem como investigação arqueológica com trabalho de campo.

Através das pesquisas documentais e de relatos, foi possível a construção de uma base de dados para prospeção arqueológica, facilitando aos investigadores a maximização do seu tempo de trabalho, bem como a gestão do mesmo. A base de dados foi preparada para registo de dados retirados da prospeção física, onde serão inseridas, posteriormente, as coordenadas exatas de cada naufrágio e infraestrutura de apoio. Estas coordenadas encontrar-se-ão não só acompanhadas por imagens, como também por todo o tipo de atributos inerentes às mesmas. O tipo de atributos, retirado da prospeção física, não será demonstrado na presente dissertação, visto que o projeto não alcançou essa fase até ao presente dia. Por outro lado, será elaborada uma demonstração da estruturação da base de dados relativa à prospeção, para que o registo da informação seja possível, e para que este sirva de apoio a futuros trabalhos relativos ao PCS. Neste sentido, este capítulo centra-se na conceção de uma metodologia em SIG para arqueologia subaquática, considerando os seguintes: i. dados, as suas características e o tratamento prévio dos mesmos, com posterior descrição da estruturação da base de dados; ii. fase exploratória dos dados com recurso a funções de análise espacial em SIG para produção de informação geográfica útil em arqueologia subaquática; e, iii. produção de saídas (mapeamento e/ou outros produtos resultantes).

2.1. Dados

Os dados que sustentam esta dissertação provêm de diversas origens. A exemplo, atividades piscatórias, mergulho profissional, evidências documentais, detecção remota ou trabalho de campo, tanto em terra como em mar, tal como referido anteriormente. Ser-se-ão demonstrados, neste capítulo, o tipo de dados e a forma através da qual os dados foram adquiridos.

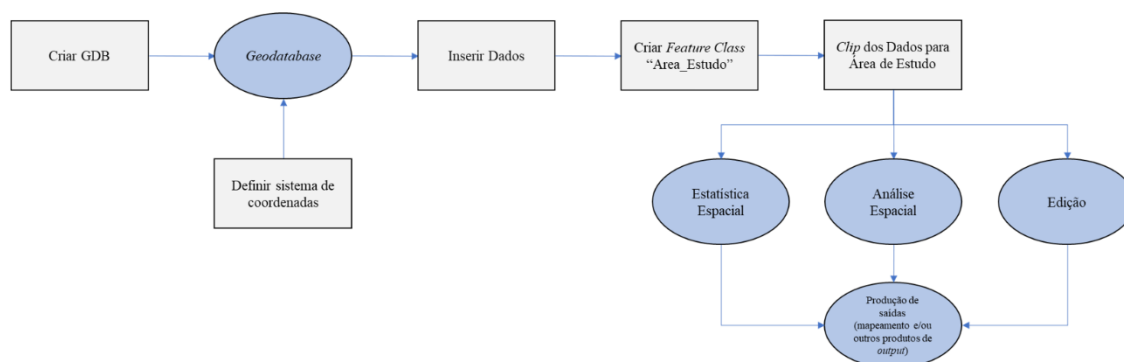


Figura 4.2. Diagrama de metodologia em SIG para realização de um projeto aplicado ao PCS. Fonte: Miguel Silva, 2021.

2.1.1. Dados provenientes de atividades piscatórias e mergulho

Os dados em formato bruto, provenientes de atividades piscatórias, foram fornecidos pelos pescadores, e mergulhadores, Pedro Patacas e Joaquim Parrinha. Com proveniência de Pedro Patacas, foram retirados dados através do sistema GPS da embarcação utilizada, sempre que a rede se encontrasse presa em algo, ou através de mergulho na área. Estes dados foram fornecidos em formato Graus e Minutos (DDD°MM.MMM'), como demonstrado na Tabela 4.1.

ID	COORD
0	N 38°05.421',W 08°48.815'
1	N 38°08.068',W 08°47.756'
2	N 38°22.142',W 08°49.143'
3	N 38°29.649',W 08°55.104'
4	N 38°25.456',W 08°56.070'
5	N 38°26.252',W 08°53.506'
6	N 38°25.631',W 08°52.948'

Tabela 4.1. Formato das Coordenadas em Graus e Minutos. Fonte: Miguel Silva, 2021.

Para que estes dados pudessem ser inseridos no *software* ArcGIS Pro, foi necessária a conversão do formato graus e minutos para graus decimais $\frac{(+-)DD.ddd}{(+-)DDD.ddd}$. O último formato mencionado é o mais utilizado em SIG e, ainda, o de menor dificuldade de manuseio. Neste formato de coordenadas não existe a necessidade de conversão para radianos. A orientação é omitida, para além de que os valores a Norte do Equador são positivos e a Sul, negativos. Relativamente à Longitude, encontram-se valores negativos a Oeste e positivos a Leste (*Greenwich*). A nova tabela, produzida em *Excel*, para posterior inserção em ArcGIS, pode ser observada na Tabela 4.2.

ID	POINT_X	POINT_Y
1	-8.81358	38.09035
2	-8.79593	38.13447
3	-8.81905	38.36903
4	-8.9184	38.49415
5	-8.9345	38.42427
6	-8.89177	38.43753
7	-8.88247	38.42718

Tabela 4.2. Formato das Coordenadas em Graus Decimais. Fonte: Miguel Silva, 2021.

Os dados fornecidos por Joaquim Parrinha foram obtidos com coordenadas em formato correto para posterior introdução em ArcGIS Pro. Joaquim Parrinha mostrou-se como a maior fonte de dados do projeto, contando com cerca de 6400 localizações. Deste grande número de localizações, foi necessária a aplicação de uma triagem à zona de estudo e, ainda, um tratamento dos dados para que fossem retirados aqueles que não eram de interesse para o PCS. As localizações acima indicadas são obtidas quando descoberto um indício de um possível objeto arqueológico através de pontos marcados em GPS durante as rotas de pesca, ou em mergulho profissional e turístico. Alguns dos dados são provenientes da troca de informação entre pescadores, para informação de zonas onde redes podem ficar presas em objetos, rocha, localização de pescado específico ou localização de património para cuidado redobrado. Tal é feito para que, ao passar, não sejam danificadas localizações até uma intervenção ser realizada. Estes pontos surgem com designações facultadas pelos pescadores, como *fish* ou *flagbuoy*, os quais necessitaram de ser trabalhadas, como demonstrado no capítulo seguinte.

2.1.2. Dados provenientes de evidências documentais

No que diz respeito a dados relativos a evidências documentais, estes mostram-se importantes visto que servem como complemento para a prospeção. Certas evidências documentais relatam acontecimentos passados, que podem apoiar na identificação de localizações, ou até na compreensão do que se encontra soterrado numa certa localização, antes de realizar qualquer tipo de prospeção física. O grande desafio, tal como referido anteriormente, está na identificação de fontes fidedignas, aquisição de acesso às mesmas e, por fim, a qualificação necessária para fazer uso destas. As fontes podem ser de variados tipos, como pinturas, fotografias aéreas, registos de testemunhas, mapas antigos, planos de navio, diários de bordo, registos de combate, jornais, entre outros. Embora estas fontes sejam de extrema importância, é necessária uma pesquisa científica intensiva para que se evitem erros, visto que podem ser facilmente falsificadas. Tendo em conta o referido anteriormente, os dados de informação documental devem ser acompanhados por evidências de fontes adicionais.

Através de um relato fornecido pelo projeto UMH, confirma-se a veracidade do constatado no parágrafo anterior, obtido através do contacto com o naufrágio de um navio em madeira ao largo de Santo André, em 2013. “Nesta abordagem preliminar resulta um relatório onde é discriminado o tabuado da embarcação com cavilhas que desaparecem no leito marinho e, a norte, estruturas de metal com 5 a 6 cm de espessura.” (Martins, et al., 2019). A história deste navio continua, até aos dias de hoje, por contar, bem como o seu desfecho. Não obstante, as evidências arqueológicas e documentais indicam que se trata da embarcação Gomizianes da Graça, um lugre construído em São Martinho do Porto. “O registo de bordo e os relatórios oficiais localizados relatam o afundamento de dois veleiros portugueses, o Correio de Sines e o Gomizianes da Graça, ao largo de Sines a 13 de setembro de 1917, abatidos por um submarino alemão *UB 50*.” (Martins, et al., 2019).

Outro exemplo de evidência documental está relacionado ao Bergantim Santo António, tendo esta sido uma embarcação tradicionalmente utilizada em Portugal, a qual terá naufragado em dezembro de 1816, sob o comando do mestre João Baptista de Campos, ao largo de Tróia. A referência mais antiga (Figura 4.3.) sobre o naufrágio do navio Santo António, foi encontrada durante trabalhos de investigação arqueológica do Concelho de Grândola. “A perda do Santo António é narrada a 27 de fevereiro de 1817 por João José da Costa da Silveira, Juiz da Alfândega de Ponta Delgada, numa carta endereçada ao secretário dos negócios da Marinha D. Miguel Pereira Forjaz. Em resposta

a esta missiva é solicitado ao Intendente da polícia que sejam tomadas as devidas providências para apurar o motivo do naufrágio.” (Martins, et al., 2019) .

Dado que o naufragio ocorreu na comarca de Setúbal, o corregedor daquela região ordenou que o capitão sobrevivente do navio se apresentasse para que prestasse testemunho sobre as causas do mesmo, bem como do paradeiro da carga a bordo, nomeadamente “o destino que havia dado a quatro contos de reis que tinha tomado a seu cargo, para entregar na Tesouraria da Junta da Real Fazenda da capitania Geral da Junta dos Açores”. Na hipótese de se apurar responsabilidade do capitão o mesmo devia ser detido e julgado. Se se



concluisse que estaria livre de qualquer culpa, o processo deveria ser devolvido à intendência com a apurada. Sabe-se, entretanto, que só foi possível interrogar o mestre do bergantim já em Lisboa, pois o mesmo havia partido para a capital. Aí, e após serem tomadas as devidas diligências e ser conduzido o processo pelo corregedor, foi ilibado de qualquer responsabilidade no sucedido.

Figura 4.3. Evidência documental referente ao navio Santo António. Fonte: Projeto UMH, s.d.

2.1.3. Dados provenientes de detecção remota

A detecção remota e os dados obtidos pela mesma, são de extrema importância para a visualização de objetos, os quais podem estar soterrados no fundo do mar, dependendo sempre do tipo de material. Estas imagens foram adquiridas, no presente caso, através de SVL, MAG e LiDAR.

2.1.3.1. SVL – Tróia 1

Imagens retiradas de SVL, como referido e explicado em detalhe previamente, emitem impulsos sonoros, que refletem as irregularidades do fundo do mar. Na eventualidade de certos materiais não se encontrarem excessivamente soterrados, é possível que os destroços do naufrágio, ou qualquer outro tipo de irregularidade, sejam registados digitalmente. A Figura 4.4 representa uma imagem de SVL da embarcação naufragada (ampliada na imagem à esquerda) em Tróia, denominada “Tróia 1”.

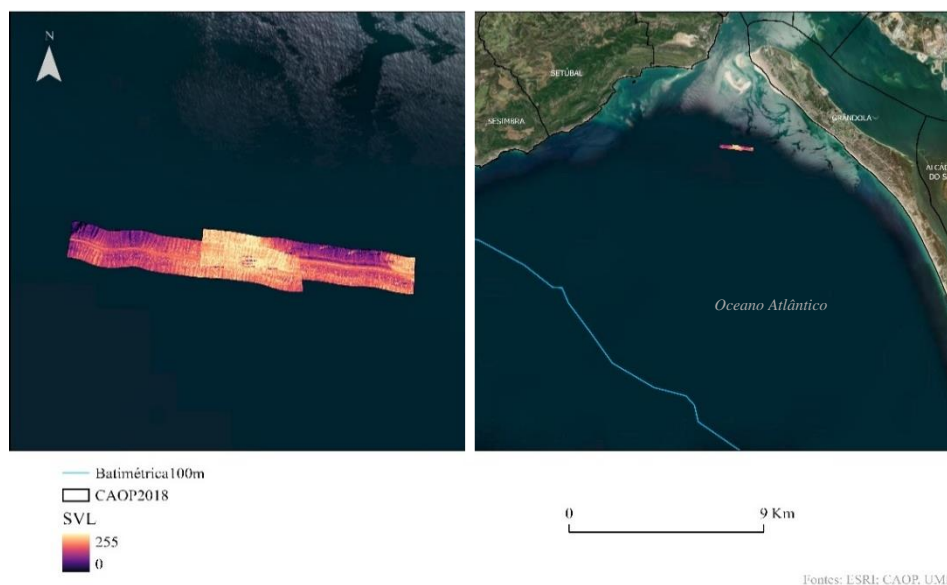


Figura 4.4. Ilustração de uma imagem proveniente de Sonar de Varrimento Lateral. Fonte: Miguel, Silva, 2021.

Esta embarcação é a mais conhecida com detalhe, objeto de análise nesta dissertação, sendo que os restantes dados servirão para prospeção, sendo ainda são desconhecidos. Ainda assim, não é conhecida a história completa de “Tróia 1”. Este naufrágio foi estudado por Adolfo Miguel Martins, na sua dissertação para obtenção do grau de Mestre em História, Arqueologia e Património, intitulada “Contributo para o estudo das rotas marítimas e comerciais: Região Sado, no séc. XIX.”

As características hidrográficas da zona onde a embarcação naufragou são semelhantes às da restante costa portuguesa. Os ventos, correntes marítimas e ondulação da zona são influenciados pelo anticiclone dos Açores e pelas baixas pressões do Atlântico Norte, sendo que estas ocorrem com maior frequência de novembro a fevereiro. Em situações de temporal a Norte e Noroeste, a costa portuguesa apresenta algumas localizações abrigadas, porém, se o temporal acontecer a Sul, apenas os portos possibilitam abrigo e estabilidade para os navios. Em termos de contexto geológico da zona onde sucedeu o naufrágio, “foi realizado em duas vertentes distintas. Numa primeira abordagem, abordou-se uma escala mais abrangente em que se optou por caracterizar de forma mais generalista o estuário do Sado, onde se faz referência aos principais elementos morfo-estruturais da área em questão da plataforma continental. De seguida, a abordagem focou-se numa escala mais reduzida por forma a caracterizar mais detalhadamente o delta da vazante do estuário do Sado.” (Martins A. M., Contributo para o estudo das rotas marítimas e comerciais: Região Sado, no séc. XIX, 2014: 102).

O estado do destroço, o posicionamento dos vestígios e a ausência de partes estruturais do casco da embarcação, sugerem que o naufrágio sucedeu após uma aproximação falhada ao delta do Sado. Nesta localização, o solo apresenta uma variação da coluna de água, podendo esta ir de 4 a mais de 20 metros num curto espaço de tempo. Tal poderá ser a causa do embate da embarcação e consequente destruição de grande parte do casco. Pensa-se que esta embarcação tenha sido um lugre, ou uma escuna, como é auferido por Martins no seguinte excerto: “Sem ter sido obtida uma resposta conclusiva, pelo facto de não terem sido localizados quaisquer vestígios da carga, ou estruturas que permitam o seu acondicionamento, tais como caixas de contentorização ou de protecção destas. Mas tendo por base os registos presentes em Arquivo, nomeadamente os apontamentos sobre as saídas e entradas do Porto de Setúbal, as rotas pesqueiras e comerciais que se encontravam à data estabelecidas, e mais especificamente a exportação do *ouro branco*, chegámos à conclusão de que a embarcação *Tróia I* por se tratar de um lugre ou escuna, a sua atividade principal estaria relacionada com o transporte de sal, peixe ou de outros bens a granel.” (Martins A. M., Contributo para o estudo das rotas marítimas e comerciais: Região Sado, no séc. XIX, 2014: 107).

2.1.3.2. MAG

Como referido previamente, imagens provenientes de MAG analisam a duração e intensidade das variações do campo eletromagnético terrestre. Esta análise regista anomalias eletromagnéticas causadas por materiais ferrosos situados no fundo do mar, havendo possibilidade, ou não, de se encontrarem soterrados. De mencionar que o ferro é um material muito utilizado em construção naval moderna e contemporânea.

Neste caso específico, foram fornecidos dados provenientes de MAG (Figura 4.5.) porém, não foram adquiridos resultados para a presente pesquisa. Os dados foram fornecidos pelo IPMA, através do projeto MINEPLAT. O projeto MINEPLAT não foi concluído até ao presente dia, de modo que a zona de estudo ainda não foi abrangida na sua totalidade. Uma breve descrição do projeto, tal como referido no documento oficial de apresentação “A partir de um conjunto de dados geofísicos, sedimentológicos, mineralógicos e geoquímicos, este projeto pretende avaliar os recursos minerais da plataforma continental alentejana nomeadamente no potencial em metais estratégicos a partir de depósitos de *placers* e no potencial em inertes passíveis de ser utilizados na alimentação artificial de praias, contribuindo para um futuro desenvolvimento económico do sector extrativo na plataforma.” (IPMA, 2020: 1).

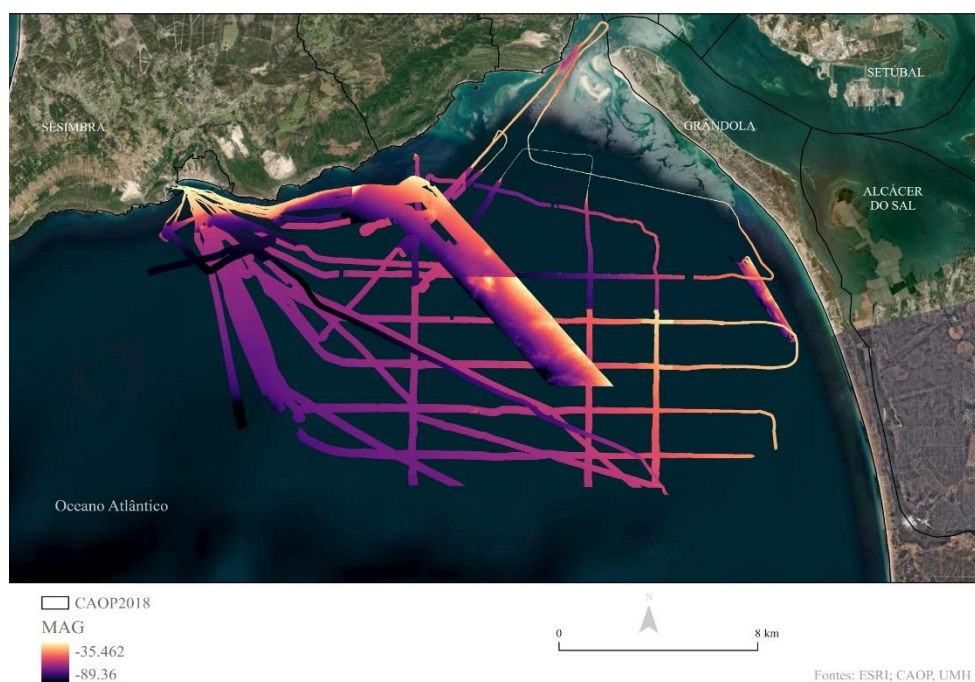


Figura 4.5. Ilustração de uma imagem eletromagnética. Fonte: Miguel Silva, 2021.

Assim que todos os dados do projeto MINEPLAT possam ser partilhados, será possível averiguar novos potenciais naufrágios ou objetos metálicos perdidos, através da análise deste tipo de imagem para a restante costa alentejana.

2.1.3.3. Detecção Remota Ativa

A tecnologia LiDAR explicar-se-á teoricamente neste capítulo por, efetivamente, não ser parte integrante dos dados trabalhados nesta dissertação. Por outro lado, como faz parte de um estudo futuro, e é parte integrante no contributo dos SIG para o PCS, é oportuno abordá-la de forma breve, demonstrando um exemplo de contributo.

As imagens LiDAR perdem alguma da sua viabilidade e nitidez quando capturadas em meio aquático. Estas imagens, fornecidas pelo projeto UMH, servirão para verificação da existência de vestígios de estruturas de apoio às embarcações ao longo da zona costeira da área de estudo. Estas não foram, até ao momento, analisadas, todavia auxiliarão no encontro de localizações, como a *Duna k7*, a qual será referida de seguida.

Este tipo de imagem é das ferramentas mais modernas na arqueologia. A deteção e o alcance da luz transformam a arqueologia, tornando possível a medição e mapeamento de objetos que podem estar ocultos. Esta tecnologia utiliza sensores a laser, sendo estes implementados no ar, recorrendo a aviões, ou unidades portáteis. Com os disparos destes sensores a laser, são emitidos pulsos de luz. O tempo que estes pulsos demoram a ser refletidos é lido por um sistema GPS, que regista a informação derivada do reflexo do feixe de luz na superfície e retrata a informação em imagem. Estas imagens permitem a

reconstrução 3D, ou visualização 2D, de estruturas e objetos que podem ser encontrados no subsolo.

Ainda assim, a tecnologia LiDAR, como ilustra a Figura 4.6, detém as suas limitações, sendo que não consegue capturar imagens nítidas do fundo do mar a partir de certas profundidades, tendo em conta o seu alcance. Em zonas de grande densidade arbórea, alguns objetos podem não ser detetados. Ainda que detenha estas limitações, a precisão destas imagens é fundamental para os arqueólogos. Entre outras finalidades, são utilizadas para mapear topografia, planos de escavação e descobrir sítios arqueológicos que, de outra forma, seriam indetetáveis. Comparativamente a uma ação de escavação, esta tecnologia é um método mais rápido e de baixo custo.

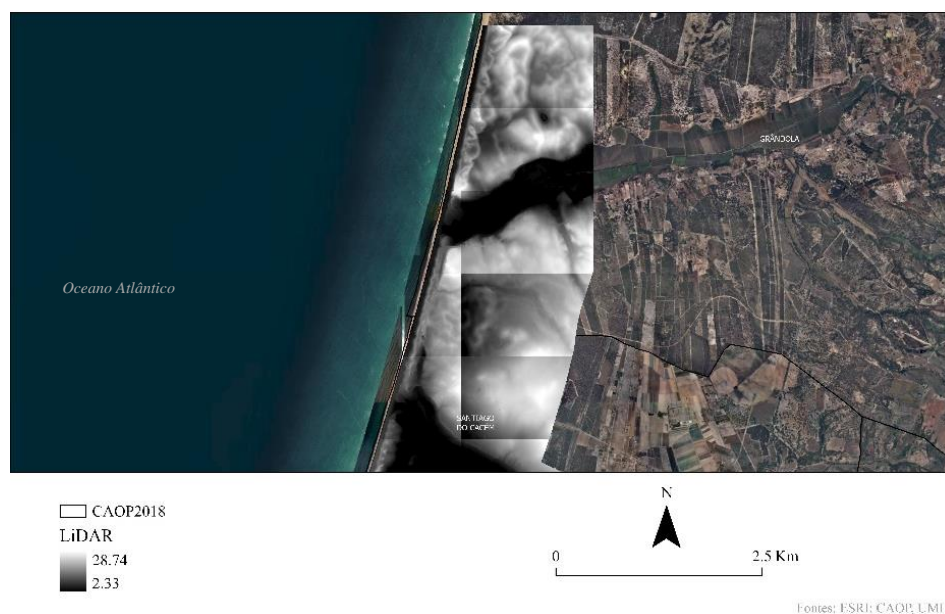


Figura 4.6. Ilustração de uma imagem LiDAR. Fonte: Miguel Silva, 2021.

Não é possível exibir toda a extensão da costa em imagem LiDAR, sendo que necessitar-se-ia uma elevada capacidade de processamento para carregar todas as imagens no mapa.

2.1.4. Dados provenientes de trabalho de campo

Alguns dos dados utilizados nesta dissertação provêm de trabalho de campo como, por exemplo, a *Duna k7*.

Nesta localização, já foi anteriormente reportada uma elevada dispersão de objetos arqueológicos, resultante das atividades quotidianas da presença de pessoas, durante a segunda metade do século XIX. Tal pode-se afirmar de acordo com materiais arqueológicos recuperados. Os materiais recuperados nas recolhas de superfície, ou seja, sem recorrer a escavação invasiva, correspondem a um ambiente doméstico, como

também a materiais úteis no quotidiano. Os tipos de materiais encontrados podem ser classificados em cerâmicas de diferentes tipos, metais e vidros. Exemplificando, podiam ser encontradas panelas, pratos, garrafas, ou alguidares, sendo que a maioria destes eram fabricados em Portugal, e os restantes importados de Inglaterra. Estes recipientes apresentam evidências de uso recorrente, fazendo então correspondência com um assentamento doméstico (Martins, et al., 2019).

A *Duna k7*, representada na Figura 4.7, é, por enquanto, o único assentamento conhecido para o projeto, sendo que os restantes dados são relativos à prospeção, e não conhecidos fisicamente. Outros dados que podem ser considerados de origem em trabalho de campo são os dados provenientes de mergulho. Alguns dados de mergulho recebidos não são objetos encontrados ao acaso durante um mergulho. Contrariamente, são pontos conhecidos, de zonas em que as redes de pesca se prendem. Por consequência, há uma verificação de possível existência de um pegulho/rocha, ou de um objeto arqueológico.



Figura 4.7. Mapa de localização do achado "Duna K7". Fonte: Miguel Silva, 2021.

2.2. Tratamento dos Dados

No presente subcapítulo, demonstrar-se-á a conceptualização da compilação e tratamento dos dados, de modo a possibilitar a passagem para a construção da base de dados. Esta será composta de uma melhor triagem e separação entre aquilo que mais interessa e o que pode ser considerado sem interesse para o PCS (Figura 4.8).

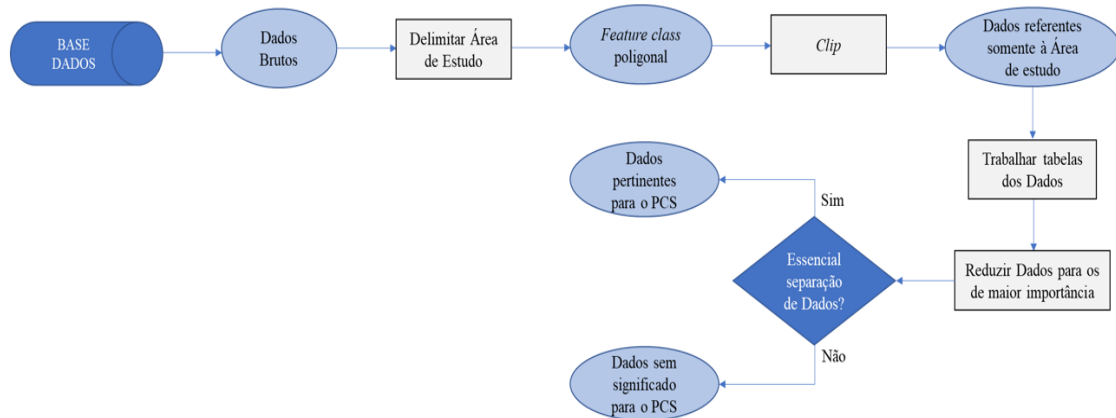


Figura 4.8. Diagrama ilustrativo do tratamento dos dados em software SIG. Fonte: Miguel Silva, 2021.

2.2.1. Rotas piscatórias e mergulho

Tendo em conta a receção dos dados recebidos em formato bruto, e não trabalhados, foi necessária uma separação entre o relevante e o insignificante (para o presente estudo). Para que este objetivo fosse alcançado, tanto o *software* ArcGIS Pro, como a ajuda dos profissionais de mergulho e pescadores, foram imprescindíveis para que fosse facultada informação em relação ao essencial à finalidade do projeto.

Na Figura 4.9, observam-se os dados provenientes de rotas de pesca e mergulho profissional, tendo a tabela sido inserida em ArcGIS Pro. Estes dados contam com mais de 6000 localizações, sendo que a maior parte destas engloba pontos de pesca, avisos de zonas condicionadas por redes rasgadas e algumas rotas demarcadas. Apenas algumas destas localizações representam material arqueológico de naufrágio, sendo que (i) algumas presumem a certeza de que se descobrirá informação concreta; (ii) outras pressupõem alguma incerteza no que se vai descobrir; e (iii) outras ainda estão por descobrir. Os locais ainda por descobrir podem ser zonas demarcadas por pegulhos/rocha, sendo que esta demarcação deixa o aviso de que, naquela zona, as redes de pesca podem rasgar. Na realidade, o material cortante pode ser um pedaço de metal, ou madeira, derivado de um naufrágio.

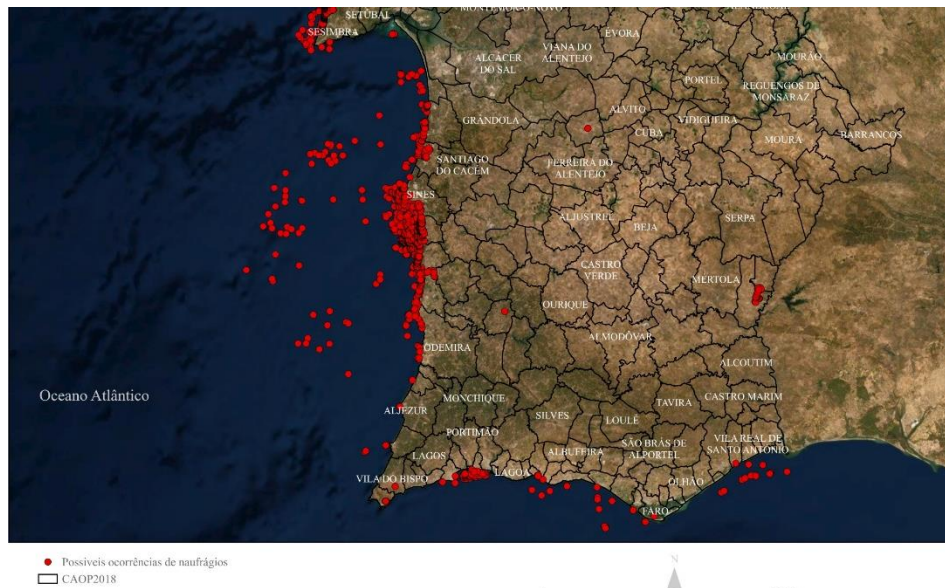
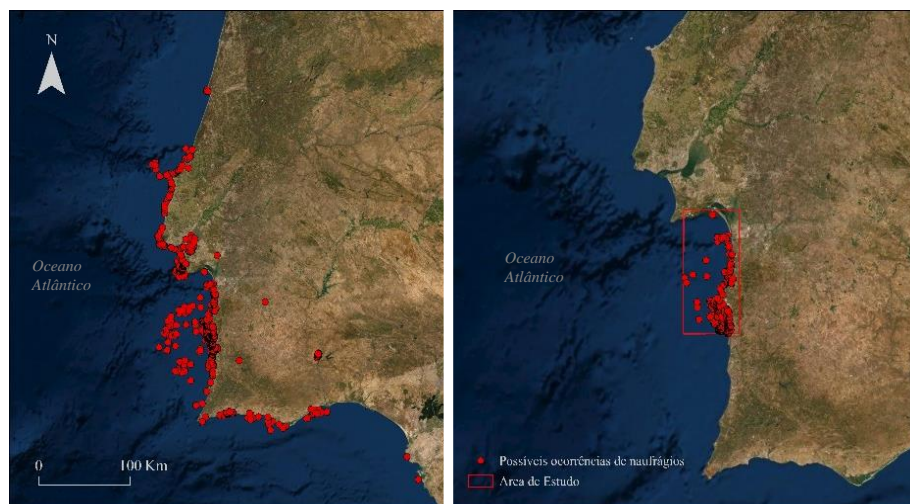


Figura 4.9. Ilustração exemplar de dados de prospeção em formato bruto. Fonte: Miguel Silva, 2021.

A primeira etapa para todo o trabalho realizado em *software* ArcGIS Pro, constituiu a criação de uma base de dados denominada “UHM_GDB”, a qual será explicada nos próximos subcapítulos. Esta base de dados foi criada com o sistema de coordenadas WGS 1984 Web Mercator. Para que os pontos sem interesse fossem retirados para o presente estudo, foi imprescindível a criação de uma área de estudo com as delimitações necessárias, como demonstrado na Figura 4.1. Para que a delimitação fosse criada em ArcGIS Pro, foi utilizada a função de criação de *feature class* dentro da base de dados, com formato poligonal, como demonstrado na figura abaixo.



i) Dados brutos sem a operação CLIP, para reduzir à Área de Estudo

ii) Dados brutos depois da operação CLIP efetuada na Área de Estudo

Fontes: ESRI; CAOP, UMI

Figura 4.10. Ilustração do resultado de uma operação “Clip”. Fonte: Miguel Silva, 2021.

Depois de definida a área pretendida, a função *clip* foi utilizada para que, da totalidade de pontos fornecidos, permanecessem apenas pontos referentes à área em questão, eliminando pontos sem interesse no mapa. Esta função extrai *input features*, as quais se sobrepõem à área do *clip*. É ainda utilizada para cortar uma área em específico de um conjunto de dados, utilizando uma *feature class* que representa a área a cortar. Tal é particularmente útil quando se tem uma *feature class* com dados dispersos, e se necessita estudar apenas uma pequena área. Desta forma, não só é possível visualizar somente os dados pretendidos sem danificar o documento original, como, no caso de ser um *dataset* muito pesado, se passa apenas a trabalhar com uma *feature class* mais leve e de fácil manuseamento e análise. No presente caso, foram utilizados os pontos assinalados para prospeção como *input*, demonstrado na Figura 4.10. Como *clip feature*, foi utilizada a área de estudo. O resultado desta função pode ser observado na imagem abaixo.

Apesar de se possuir, unicamente, os dados relativos à área de estudo, alguns destes foram ainda considerados sem interesse, sendo que se contabilizavam cerca de 2500 localizações. Para fazer uma triagem destes dados, foram necessárias duas fases. Na primeira fase, a análise da tabela, foi necessária a verificação de todos os nomes e simbologia dada às localizações. Estes nomes e simbologia podem ser de variados tipos, como âncoras, zonas de pesca (comumente denominadas por numeração), montanhas (representativas de pegulhos), entre outros. O objetivo primário consistiu na eliminação de todos os nomes que não interessavam e deixar apenas possíveis representantes de material de naufrágio. Para que este objetivo fosse atingido, foi fornecida ajuda de Joaquim Parrinha e Pedro Patacas, para que, em conjunto, informassem sobre as localizações conhecidas e as mais prováveis de serem material de naufrágio, consoante as designações e simbologia da tabela (designações partilhadas entre pescadores, facilmente entendidas entre estes). Após análise e separação dos dados de interesse para o projeto, o número de localizações decresceu, sendo que, de cerca de 2500, restaram 123 localizações de prospeção arqueológica. A tabela exemplar das 123 localizações finais pode ser observada na Tabela 4.3.

OBJECTID	SHAPE	Latitude	Longitude	Time	Name	Symbol
27	Point	37.875614	-9.01605	27/06/2013 18:59:10	CASCO	circle,blue
28	Point	37.875962	-9.016131	27/06/2013 18:59:10	WRECK1	wreck
81	Point	37.813761	-8.876406	25/07/2014 07:04:43	432	anchor
345	Point	37.812373	-8.844823	07/09/2014 16:54:20	168	wreck
346	Point	37.811953	-8.845886	12/07/2015 10:01:45	MIGUEL BARCO	wreck
743	Point	37.83979	-8.855188	20/08/2014 16:45:53	101	wreck
800	Point	37.840765	-8.8158	05/09/2014 15:45:15	156	wreck
801	Point	37.837647	-8.816755	30/06/2015 10:27:17	228	wreck
802	Point	37.837512	-8.817098	30/06/2015 10:31:49	229	wreck
821	Point	37.851214	-8.817413	20/08/2014 16:02:08	100	wreck
1028	Point	37.829147	-8.80292	16/07/2014 16:32:30	PEDRA MANEL	anchor
1072	Point	37.834586	-8.79597	07/09/2014 20:02:53	170	anchor
1100	Point	37.834544	-8.794429	16/07/2014 12:14:46	084	anchor
1101	Point	37.834551	-8.794438	07/09/2014 19:02:36	169	boat
1103	Point	37.83354	-8.795484	24/08/2017 15:00:03	ANC5	anchor
1151	Point	37.835967	-8.80283	27/06/2013 19:01:45	WCAVALO	circle,blue
1156	Point	37.849043	-8.806759	05/11/2016 10:06:39	CASCALHO	circle,blue
1225	Point	37.878566	-8.815052	29/06/2014 13:07:09	064	anchor
1350	Point	37.878758	-8.802406	15/07/2015 16:04:37	231	wreck
1362	Point	37.83569	-8.800531	06/09/2014 09:13:24	164	wreck
1389	Point	37.835426	-8.79643	25/08/2014 09:59:11	107	wreck
1390	Point	37.836067	-8.795844	07/09/2014 12:17:45	165	anchor
1391	Point	37.83633	-8.795772	07/09/2014 12:18:45	166	anchor
1554	Point	37.847114	-8.795961	04/07/2014 12:17:32	034	skullandcrossbones

Tabela 4.3. Exemplo dos Dados de prospeção trabalhados. Fonte: Miguel Silva, 2021.

Destes 123 pontos, nem todos sofrerão prospeção de imediato. Tendo isto em conta, os pontos que passarão por prospeção nas primeiras ações foram divididos em três tipos díspares, sendo estes (i) a prospeção geofísica; (ii) mergulho; e, (iii) com auxílio de ROV. Os mencionados tipos foram ilustrados na Figura 4.11. A decisão da divisão dos pontos por três tipos deriva da profundidade a que se espera encontrar objetos de cariz arqueológico nas diferentes localizações. Este é o caso dos pontos inseridos na prospeção geofísica, pelo tipo de material e a probabilidade de se encontrar soterrado. Assim sendo, um SVL terá maior probabilidade de detetar objetos de certo tipo de material arqueológico. A decisão foi derivada, também, da experiência e informação que os pescadores forneceram em diversas reuniões.

Os pontos criados para prospeção, com auxílio de ROV, englobam um total de 8 localizações, sendo estas de maior profundidade, onde o mergulho apresenta dificuldade acrescida e requer experiência adicional dos mergulhadores. O SVL, por sua vez, apresenta menor capacidade de deteção em zonas de maior profundidade. Os pontos relativos à prospeção em mergulho contam com 37 localizações, enquanto aqueles relativos às prospeções geofísicas contam com 18. Estas localizações consistem nas de menor profundidade, onde o mergulho é mais facilitado, não requerendo alto nível de experiência. Os dados referentes à prospeção a partir de SVL foram escolhidos pelo tipo de material que se espera encontrar nas localizações em causa.

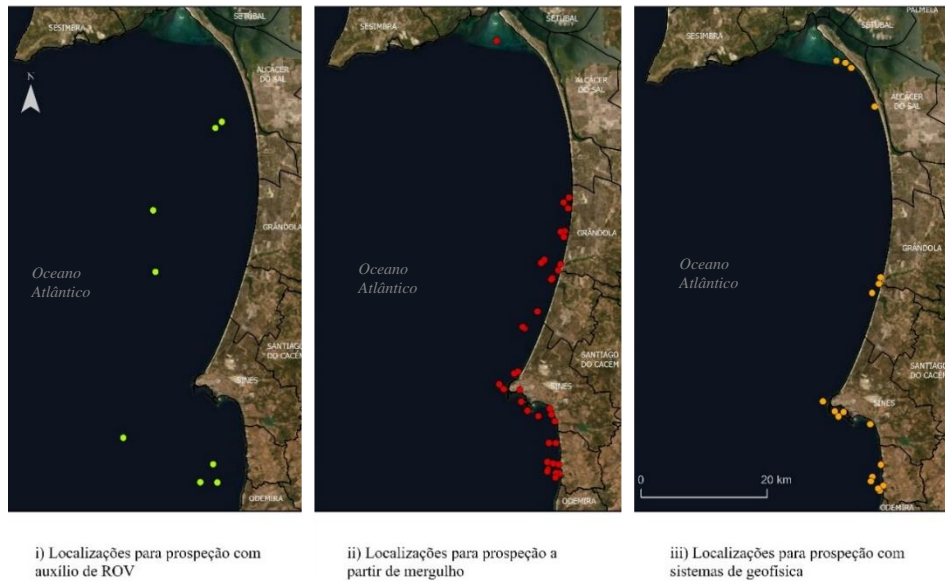


Figura 4.11. Mapa de localizações para os três tipos de prospeção arqueológica. Fonte: Miguel Silva, 2021.

2.2.2. Dados provenientes de diferentes fontes

Sendo que o projeto UMH se encontra em fase inicial de desenvolvimento, as restantes proveniências de dados não foram analisadas, em completo, até ao momento. Estas serão apenas demonstradas a título de exemplo e como apoio a possíveis trabalhos futuros. Estes dados, previamente mencionados, são provenientes de Detecção Remota, trabalho de campo e evidências documentais.

Os dados de Detecção Remota são provenientes de SVL, MAG e LiDAR que, para serem analisados, necessitam da utilização do conjunto de ferramentas *3D Analyst Tools*, do programa ArcGIS Pro. Dentro deste conjunto de ferramentas, são utilizadas duas subferramentas, designadas *slope* (declive) e *hillshade* (sombra). O processo de utilização destas ferramentas pode ser observado na Figura 4.12.

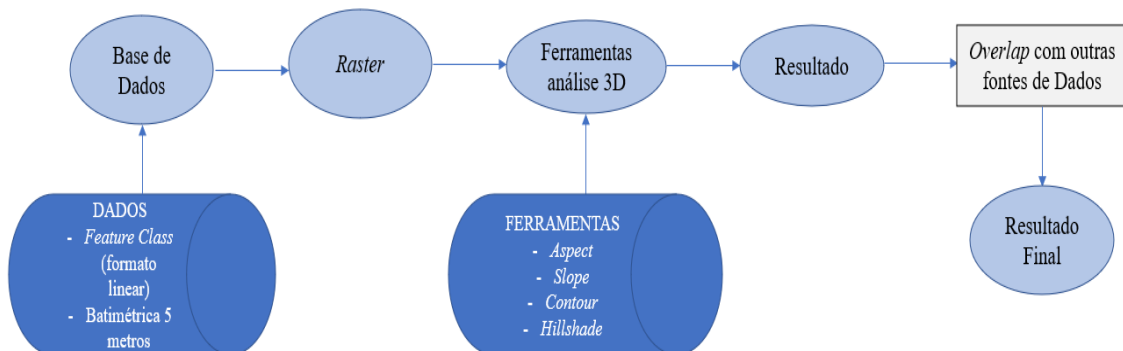


Figura 4.12. Diagrama ilustrativo da Análise espacial em imagens raster. Fonte: Miguel Silva, 2021.

A ferramenta *slope* identifica o declive de cada célula de uma imagem *raster*. Quanto menor o valor do declive, mais plano o terreno. Por outro lado, quanto maior o valor do declive, mais íngreme o terreno. Esta ferramenta é utilizada com maior frequência em conjuntos de dados de elevação, como é o caso das imagens utilizadas para esta dissertação, também como para o projeto. Desta forma, o *slope* permite que se consiga visualizar com maior precisão o formato de qualquer tipo de elevação no fundo do mar. Caso exista um navio naufragado numa determinada localização, este aparecerá, seguramente, como elevação, em que será possível determinar as dimensões e o formato do mesmo. A facilidade de identificação de objetos arqueológicos a partir de imagens *raster*, ajuda imensamente numa prospeção mais assertiva, em locais já detetados por este tipo de imagens. A título de exemplo, na imagem abaixo, é possível observar os dados retirados de MAG, tendo estes sido fornecidos pelo IPMA. Aqui, foi utilizada a ferramenta *slope* para se descobrir algum formato suspeito de objeto arqueológico.

Nesta prospeção detetou-se um possível objeto, com formato oval, podendo este ser uma pequena embarcação naufragada, como visível na Figura 4.13 (com ampliação na imagem à direita). Da maneira como está disposto, aparenta ser um casco de barco virado ao contrário. Adicionalmente, como se observa na imagem infra, a envolvente da localização é peguilho. Por consequência, pode ser considerada uma zona de risco, podendo esta rasgar redes de pesca.

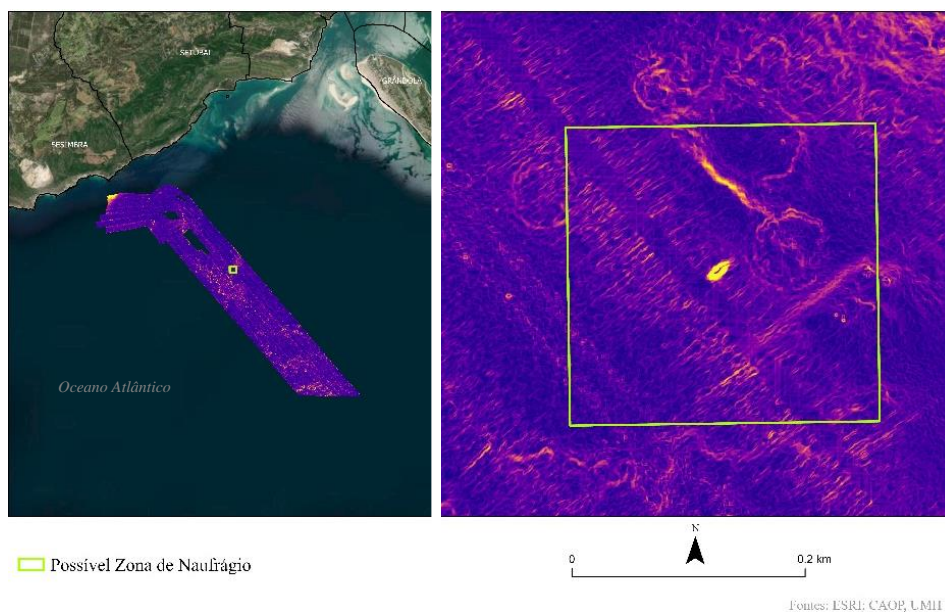


Figura 4.13. Operação *Slope* sobre imagem *raster*. Fonte: Miguel Silva, 2021.

Quanto à ferramenta *Hillshade* (Figura 4.14.), com visível ampliação na imagem à direita, esta obtém a pressuposta iluminação de uma superfície, determinando os valores de iluminação de cada célula de um *raster*. Tal é possível pois esta define uma posição para uma iluminação hipotética, calculando os valores de iluminação de cada célula, em relação às células vizinhas. De salientar que pode facilitar bastante a visualização de uma superfície para análise, melhorando a definição do contorno dos objetos que podem, eventualmente, ser encontrados na mesma. Neste caso, esta ferramenta facilitou a confirmação da possível embarcação detetada, tal como observável na figura abaixo.

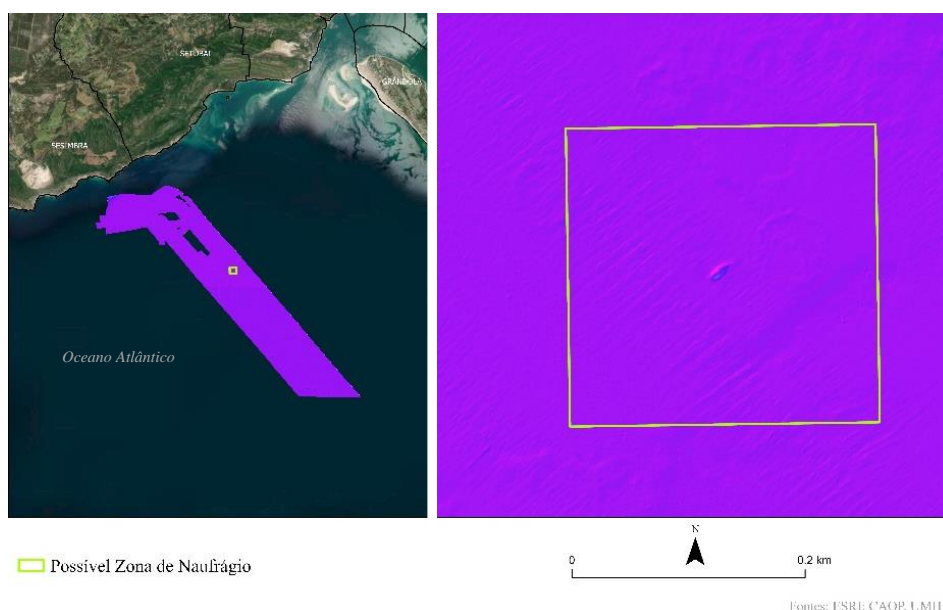


Figura 4.14. Operação *Hillshade* sobre uma imagem raster. Fonte: Miguel Silva, 2021.

Estas duas ferramentas, quando utilizadas em conjunto, podem fornecer uma melhor análise, pois existe um meio de comparação e confirmação. Tal como referido anteriormente, este é um exemplo da aplicabilidade de ferramentas de análise espacial em SIG, a partir da demonstração por abordagem aplicada a um objeto. Por conseguinte, estes são apenas exemplares da forma como se pode tratar este tipo de dados e as ferramentas a utilizar para auxílio à análise dos mesmos. Nas restantes imagens provenientes de Detecção Remota, os dados foram trabalhados do mesmo modo, pelo que não serão demonstrados mais exemplos dos mesmos.

Para os restantes tipos de dados, trabalho de campo e evidências documentais, o essencial é georreferenciar os mesmos, para que a informação possa ser trabalhada em *software*. Trabalhar esta informação desta forma permite que os arqueólogos possam saber a localização com maior precisão dos sítios designados para prospeção, facilitando, deste modo, o seu trabalho. Este processo é descrito, em ambiente SIG, na Figura 4.15

(abaixo ilustrada).

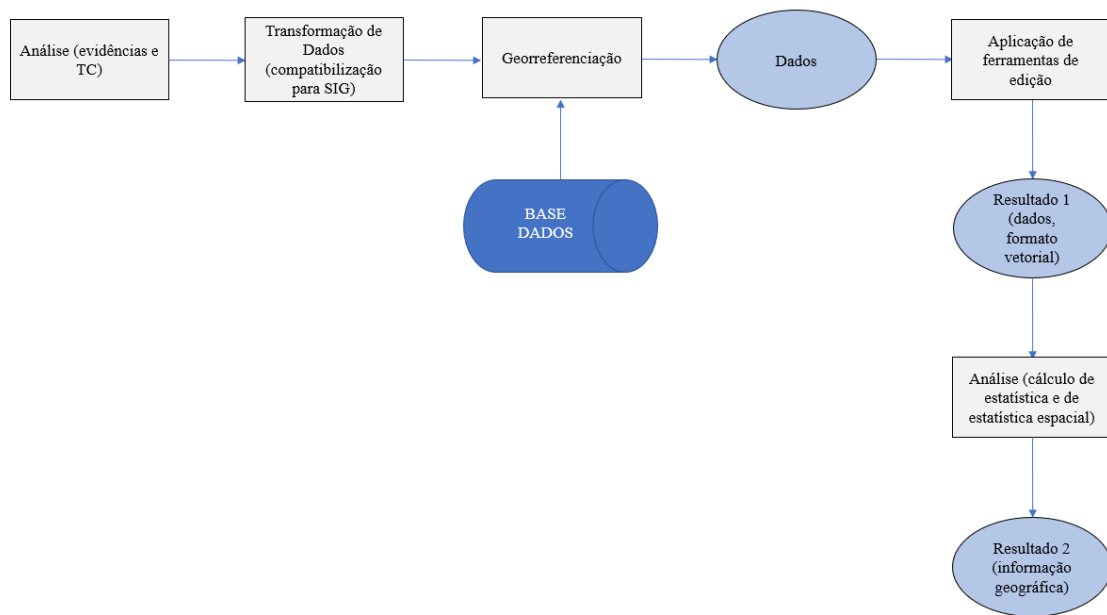


Figura 4.15. Diagrama ilustrativo do processo de análise e tratamento de dados provenientes de evidências documentais e trabalho de campo. Fonte: Miguel Silva, 2021.

2.2.3. Corredores de prospeção geofísica através da Força Aérea

Através da parceria entre o projeto UMH e a Força Aérea Portuguesa, foi possível a criação de corredores para prospeção geofísica, para que estes fossem sobrevoados por *Unmanned Aerial Vehicles* (UAV) com aparelhos montados para a medição em causa. Estes aparelhos fazem medições em faixas de cobertura com 250 metros de largura.

Para trabalhar estes dados, foi necessária a criação de uma linha ao longo da batimétrica dos 5 metros, sendo que consiste na zona mais provável à existência de destroços de naufrágio. Tendo estes aparelhos uma largura de medição de 250 metros, e sendo o objetivo a medição de 500 metros de largura (250 metros para cada lado da batimétrica de 5 metros), recorreu-se à ferramenta *Copy Parallel* (Figura 4.16.), a qual permite copiar linhas iguais a uma distância especificada.

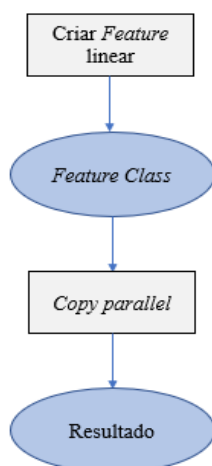


Figura 4.16. Operação Copy Parallel. Fonte: Miguel Silva, 2021.

Primeiramente, utilizou-se a mencionada ferramenta para definir as linhas referentes ao trajeto do UAV que, por sua vez, estariam a uma distância de 125 metros do centro. De seguida, foram criados os limites totais da largura da medição, desta vez a 250 metros do centro. No sistema de GPS dos UAV, que são utilizados nesta ação de prospeção, não existe a possibilidade de inserção de dados de formato linear. Existe, porém, a possibilidade de inserir dados em formato pontual com coordenadas associadas. Tal deve-se ao facto do sistema GPS dos mesmos, necessitar de menor espaçamento entre coordenadas para seguir uma linha. Os dados em formato linear, apenas apresentam as coordenadas do início e do fim de cada linha, logo, foi necessária a criação de novos dados, em formato pontual, com a mesma distância entre eles, denominados “Corredores_Aviões”. Para a criação destes pontos, foi empregue a ferramenta de edição do ArcGis, “*Create Points Along Line*” (Figura 4.17). Esta função permite criar pontos ao longo de linhas ou polígonos, a partir do número de pontos desejado por linha, ou até pela distância entre pontos desde o início da linha até ao fim desta. No atual caso prático, escolheu-se ter um ponto no início e no fim da linha, a uma distância de 1000 metros entre cada ponto. A distância entre pontos foi decidida a 1000 metros, através de informação fornecida pela Força Aérea Portuguesa, a qual considerava esta distância como ótima para o sistema GPS do UAV.

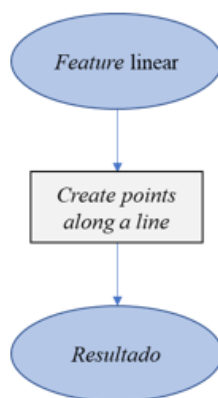


Figura 4.17. Operação *Create Points along a line*. Fonte: Miguel Silva, 2021.

Por sua vez, o trajeto de voo foi criado na batimétrica dos 5 metros. Aqui, encontra-se a maior probabilidade de achar objetos provenientes de naufrágios, devido ao facto de as correntes marítimas estarem direcionadas para a costa. Desta forma, mesmo que os naufrágios aconteçam em batimétricas mais profundas, a possibilidade de objetos de menor dimensão serem transportados pelas correntes até à área de costa é superior. Grande parte dos dados presentes no projeto estão localizados dentro desta batimétrica, ou seja, estima-se que, através da mencionada prospeção, seja possível encontrar novas localizações de objetos arqueológicos provenientes de naufrágios.

2.3. Conceptualização de uma Base de Dados aplicada ao PCS

Quer se trabalhe com pequenos ou grandes conjuntos de dados, uma *file geodatabase*, que é otimizada para o *software* ArcGIS, é ideal para o armazenamento e gestão de dados espaciais. Quer se considerem trabalhos com projetos de utilizador único, ou projetos que envolvem um pequeno grupo, como o presente caso, é crucial considerar o uso deste tipo de *geodatabase*, ao invés de uma *personal geodatabase*, ou de uma coleção de *shapefiles*, por exemplo. *Geodatabases* oferecem estrutura, *performance* e uma melhor gestão dos dados, tal como melhorias na sua versatilidade e manuseamento. Por sua vez, os dados são armazenados numa pasta que contém ficheiros binários, os quais armazenam e gerem dados espaciais. Uma *file geodatabase* está disponível a todos os níveis de licença de ArcGIS. Este armazenamento é baseado em princípios relacionais e providencia um simples modelo de dados para armazenar e trabalhar informação em tabelas, *shapefiles*, *raster*, entre outros. Abrindo uma *file geodatabase* numa pasta do explorador de ficheiros do sistema *Windows*, é possível constatar todo o tipo de dados que contém, da mesma forma que no *software* ArcGIS (Childs, 2009).

O mencionado tipo de base de dados oferece também um desempenho otimizado e poucas limitações de espaço de armazenamento. É de fácil migração para outras bases de dados e *softwares* de SIG, apresentando uma grande facilidade de edição dos mesmos.

No decorrer do desenvolvimento desta dissertação, foi criada uma *file geodatabase* em ArcGIS Pro, a qual foi incluída na pasta de ficheiros relativos à dissertação, denominada “UHM_GDB”. De mencionar que este foi o primeiro passo na parte prática desta dissertação, sendo que serviu para armazenar todos os dados referentes à mesma e, desta forma, possibilitou a manutenção de todos os dados organizados no mesmo local. Uma ilustração da conceptualização de uma *File Geodatabase* é apresentada na Figura 4.18.

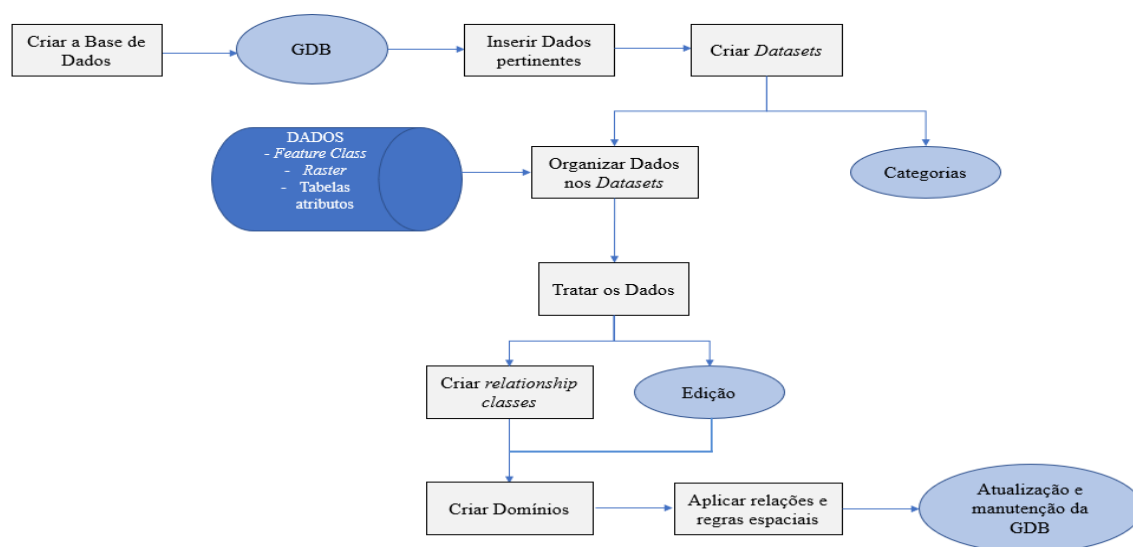


Figura 4.18. Diagrama ilustrativo da Conceptualização de uma Geodatabase em software SIG. Fonte: Miguel Silva, 2021.

De forma a aceder à base de dados no *software*, utiliza-se o *Catalog* para navegar nas pastas e bases de dados guardadas no computador. Dentro desta base de dados, foram inseridos todos os dados relativos ao projeto e, a partir da mesma, trabalhados.

Após trabalhar os dados, consideraram-se *feature datasets* para uma melhor organização e manuseamento dos dados. Tem-se como *feature dataset* uma coleção de *feature classes* relacionadas, que partilham um sistema de coordenadas comum. São utilizadas para integrar *feature classes* que se relacionam tanto a nível espacial, como temático. No caso desta dissertação, o sistema de coordenadas utilizado foi o *WGS 1984 Web Mercator (auxiliary sphere)*.

Tendo em conta os objetivos do projeto UMH, foram seguidamente criadas quatro *feature datasets*, sendo estes os seguintes: “Achados_Isolados”; “Naufragios”;

“Terra_Achados”; e, por último, “Prospeção”. Apesar de apenas a prospeção ter sido trabalhada, com dados inseridos, as restantes *feature datasets* foram criadas por questões de organização e, para que assim, se possibilitasse a gestão dos dados em tempo real em futuros trabalhos.



Figura 4.19. Dados inseridos na geodatabase do projeto UMH. Fonte: Miguel Silva, 2021.

Como observável na Figura 4.19, todos os dados trabalhados podem ser encontrados na base de dados mencionada. Dados relativos a Deteção Remota do projeto UMH não estão inseridos até ao presente dia, visto que ainda não foi elaborada a triagem dos dados verdadeiramente úteis ao projeto. Tendo em conta que uma base de dados deve estar o mais organizada possível, apenas foram inseridos dados que se encontrassem trabalhados.

2.3.1. Achados isolados

Em primeiro lugar, dentro da *feature dataset* “Achados_Isolados”, foi criada uma *feature class* denominada “Achados_Isolados”. Dentro desta, serão, futuramente, inseridos dados derivados da prospeção, relacionados com qualquer achado isolado de naufrágio relativo ao mesmo. A tabela de atributos desta *feature class* é composta pelos atributos demonstrados na Figura 4.20.

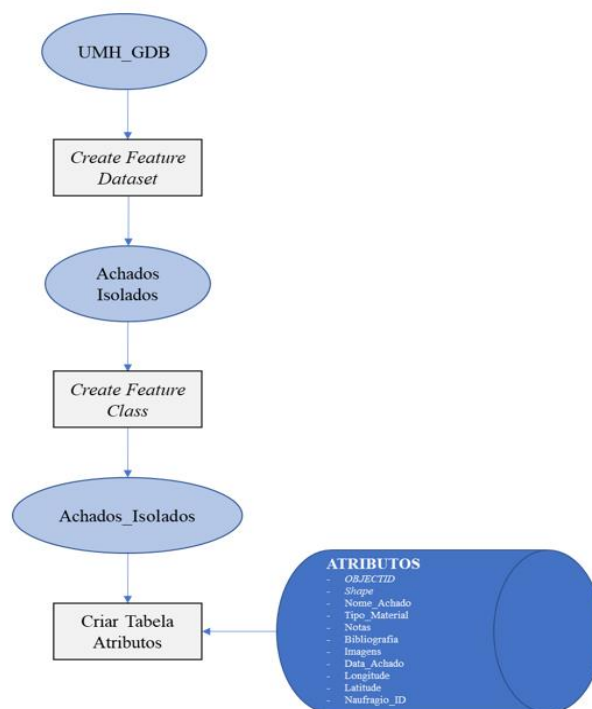


Figura 4.20. Feature Dataset “Achados isolados”. Fonte: Miguel Silva, 2021.

Neste caso, seguindo a ordem da Figura acima, os atributos consistem numa designação de qualquer achado como, por exemplo, uma âncora. O tipo de material de que o achado é feito poderá, por sua vez, ser de ferro, madeira, entre outros. De seguida, inserir-se-á qualquer tipo de nota adicional relevante à história, ou ao estado de conservação, do objeto. Adicionalmente, caso exista, inclui-se bibliografia que possa mencionar o achado. Feita a prospeção física dos locais, ser-se-á possível a inserção de imagens em formato JPEG como atributo. A data do descobrimento para manter registo, as coordenadas (Longitude e Latitude) e, por último, o ID do naufrágio a que pertence, caso esteja identificado na área de estudo, farão, também, parte da descrita tabela. De seguida, este último será explicado detalhadamente.

2.3.2. Naufrágios

A *feature dataset*, denominada “Naufragios” (Figura 4.21.), servirá para, sempre que descoberto um local de naufrágio, depois da prospeção física ser realizada, poder ser registado com todos os atributos possíveis. Dentro desta *feature dataset*, foi criada uma *feature class* intitulada “Naufrágios”. Aqui, foram definidos diferentes tipos de atributos, tal como solicitado pelo projeto UMH. Devido ao tamanho da tabela, não foi possível apresentar a mesma em imagem, pelo que será ilustrada na seguinte Figura 4.21.

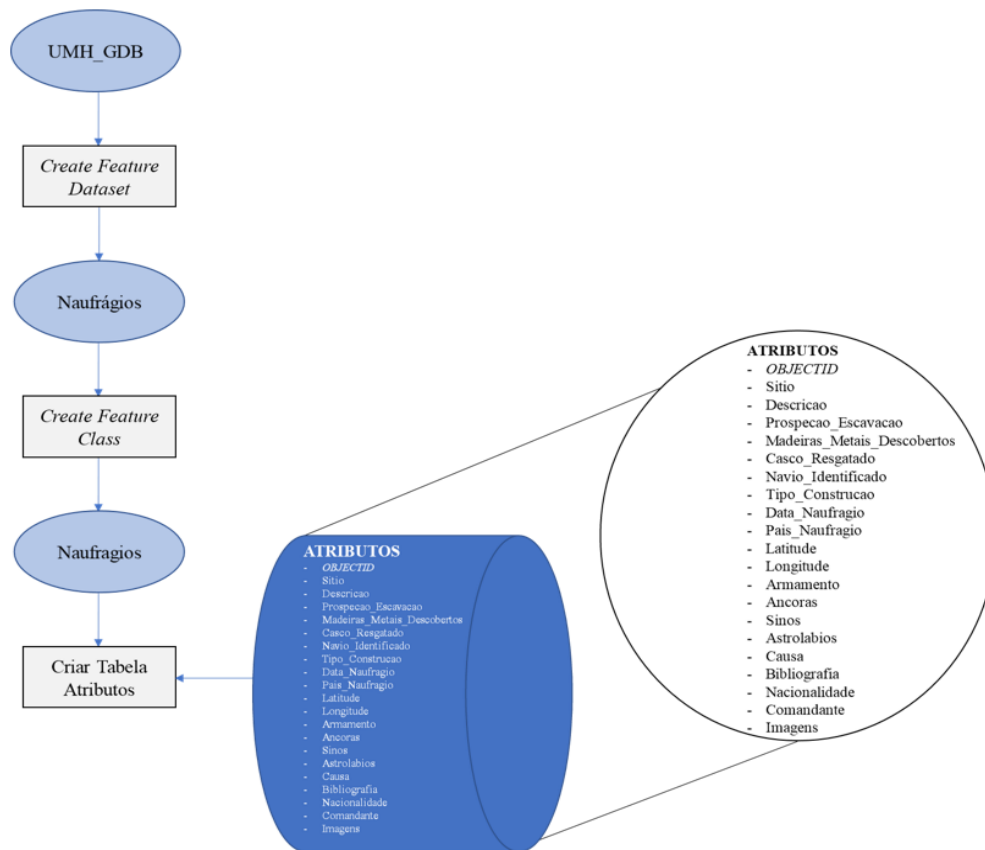


Figura 4.21. Feature Dataset “Naufragios”. Fonte: Miguel Silva, 2021.

Estando esta tabela definida, foi crucial, para facilitar a gestão de dados, a criação de duas relações espaciais, Naufragios/Achados_Isolados e Naufragios/Terra_Achados. Ambas relações são de um para muitos (1: N). Este tipo de relação indica que uma determinada ocorrência de uma entidade se relaciona com diversas ocorrências de outra entidade, e vice-versa. Tendo isto em conta, pode explicar-se que um achado isolado pertence somente a um naufrágio, porém, um naufrágio pode englobar diferentes achados isolados. Neste caso, a chave primária da *feature class* relativa a naufrágios (lado 1) transpõe-se para as outras duas entidades (lado N), como chave estrangeira. Assim sendo, a *feature* de “Achados_Isolados” e “Terra_Achados” recebe a chave primária da *feature* “Naufragios” que, por sua vez, se torna a chave secundária das duas primeiras *features* referidas.

Com isto, é permitida a relação entre as tabelas dos naufrágios e dos achados, tanto isolados, como em terra, para que possam estar devidamente associados ao naufrágio a que pertencem.

Antes de utilizada a ferramenta *Create Feature Class*, como demonstrado na Figura 4.22, foi criada uma nova coluna nas *features classes* relativas aos achados isolados e aos achados em terra, denominada “NaufragioID”. Esta coluna passou, assim,

a ser a chave estrangeira de cada uma destas *features*. De seguida, foi possível a utilização da ferramenta de criação de relações espaciais, a qual exerce a passagem da coluna “OBJECTID” da *feature class* relativa a naufrágios como chave primária, para a coluna “NaufragioID” como chave estrangeira nas *features* relativas a achados isolados e achados em terra. À relação espacial relativa aos achados isolados, designou-se “Naufragios_Achados_Isolados” e, relativamente aos achados em terra, intitulou-se “Naufragios_Terra_Achados”.

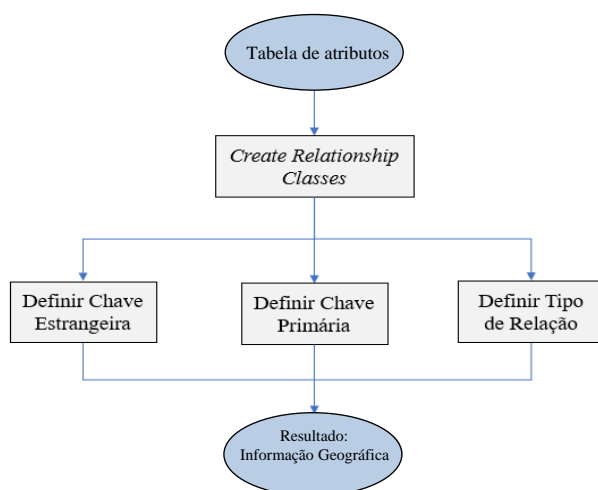


Figura 4.22. Operação *Create Relationship Classes*. Fonte: Miguel Silva, 2021.

2.3.3. Prospeção

Relativamente à *feature dataset* (Figura 4.23.) denominada “Prospeção”, esta é a mais trabalhada, pois, já se tinham obtido dados para prospeção.

Nesta *feature dataset* foram desenvolvidas seis *feature classes*. A primeira, em formato poligonal, define a área relativa às duas fiadas de 250 metros de largura (corredores percorridos pelos aviões teleguiados na prospeção geofísica aérea), designada “Area_Corredores”. Outra, em formato linear, que define a trajetória da prospeção geofísica aérea denominada “Corredores”. A terceira *feature* criada, em formato pontual, através de pontos de coordenadas, para inserir no sistema GPS do UAV, apelidada “Corredores_Aviões”. Seguidamente, foi criada uma outra *feature*, novamente em formato pontual, relativa à prospeção geofísica recorrendo a SVL. Esta, por sua vez, intitulou-se “Geofísica”. A quinta *feature* é relativa à prospeção em mergulho, tendo sido concebida em formato pontual, bem como a sexta *feature*, relativa a prospeção com auxílio de ROV, tendo as últimas sido denominadas “Mergulho” e “ROV”, respetivamente. Este conjunto de *feature classes* permitirá uma melhor gestão dos dados.

Os atributos destas apresentam, também, a possibilidade de serem alterados a qualquer momento, permitindo, assim, a adição de novos atributos, à medida que a prospeção física avança. Tal auxiliará na passagem da informação para *feature classes* referentes a naufrágios, achados isolados e achados em terra.

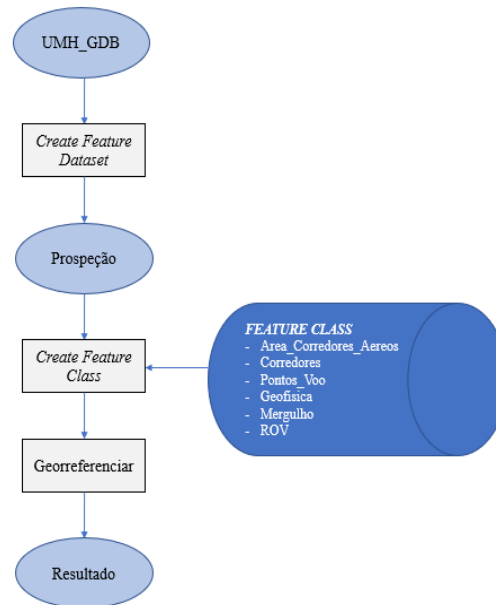


Figura 4.23. Feature Dataset “Prospeção”. Fonte: Miguel Silva, 2021.

2.4. Análise exploratória de Dados

Sendo que os dados trabalhados não são concretos até então, não foi possível realizar distintos tipos de análise de dados. Sendo estes de prospeção, não apresentam relações entre eles, pelo que foi possível realizar dois tipos de análise. A primeira análise consistiu num *Kernel Density*; e, a segunda num *Select by Location*.

Kernel Density (Figura 4.24.) calcula a densidade de uma *feature class*, tendo em conta a vizinhança da mesma. Neste caso, foi aplicada a presente função para as *feature classes* referentes a prospeção geofísica, de mergulho e com auxílio de ROV. Neste caso o *Kernel Density*, como previamente mencionado no final do Capítulo 3, é de utilidade ao PCS para examinar a distribuição espacial e a frequência de sítios arqueológicos e artefactos em diferentes contextos.

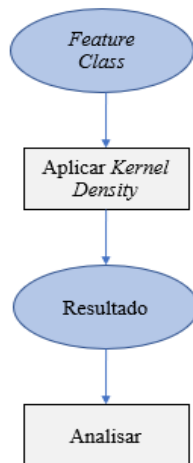


Figura 4.24. Operação Kernel Density. Fonte: Miguel Silva, 2021.

A ferramenta *Select by Location* (Figura 4.25) foi utilizada para entender as localizações que se encontravam inseridas, sendo que estariam englobadas nos corredores dos UAV. Com esta função, foi possível selecionar apenas os pontos pretendidos e, desta forma, criar uma nova *feature class*. Das 63 localizações finais para prospeção, 29 encontram-se englobadas dentro da área dos corredores do UAV. Tal significa que, para além das descobertas que se esperam encontrar, poderá ser possível (uma vez que os voos serão realizados antes da prospeção física de mergulho e SVL) levar informação prévia do que se poderá encontrar nessas 29 localizações.

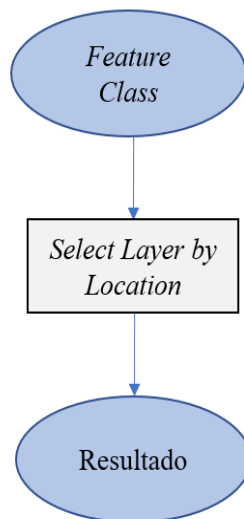


Figura 4.25. Operação Select Layer by Location. Fonte: Miguel Silva, 2021.

Seria, também, de interesse acrescido, na eventualidade de existir uma quantidade relativa de naufrágios registados, entender as tendências de datas de naufrágio nas distribuições dos mesmos. Igualmente, mostrar-se-ia vantajoso decifrar a nacionalidade dos naufrágios que se encontrassem a pouca distância uns dos outros. Assim, poder-se-

ia, por inquirições (*queries*) mistas (*select by attributes* e *select by location*), a partir de tabelas alfanuméricas, fazer consultas para responder a questões que combinam características distintas dos objetos. As mesmas análises podem ser aplicadas aos achados isolados, para que sejam criadas conexões a eventos de guerra ou acidentes. No caso dos achados em terra, um tipo de análise que poderá ser colocada em prática é a compreensão da eventual importação dos materiais arqueológicos encontrados, a qual poderia ser feita através de *queries*. Com esta análise, seria possível entender se certas construções costeiras de apoio a embarcações podem estar associadas a algum naufrágio ao largo dessa localização. Tal é conseguido através dos materiais encontrados nas embarcações.

2.5. Mapeamento Temático

Neste subcapítulo apresentar-se-á o mapeamento temático pertinente à dissertação, bem como ao projeto UMH.

O primeiro mapa a ser demonstrado (Figura 4.26.), é relativo à prospeção geofísica. Neste mapa, é possível observar que o maior número de possíveis ocorrências se encontra a sul de Sines. Este tipo de mapa é de utilidade extrema, sendo que auxilia os arqueólogos na preparação para os trajetos a realizar, tal como tem em atenção o nível de importância de cada uma das localizações. Este nível de importância é medido pelo que se espera descobrir, bem como, no caso de existir alguma informação quanto ao estado de conservação do objeto em questão, a possível necessidade de intervenção urgente deste.

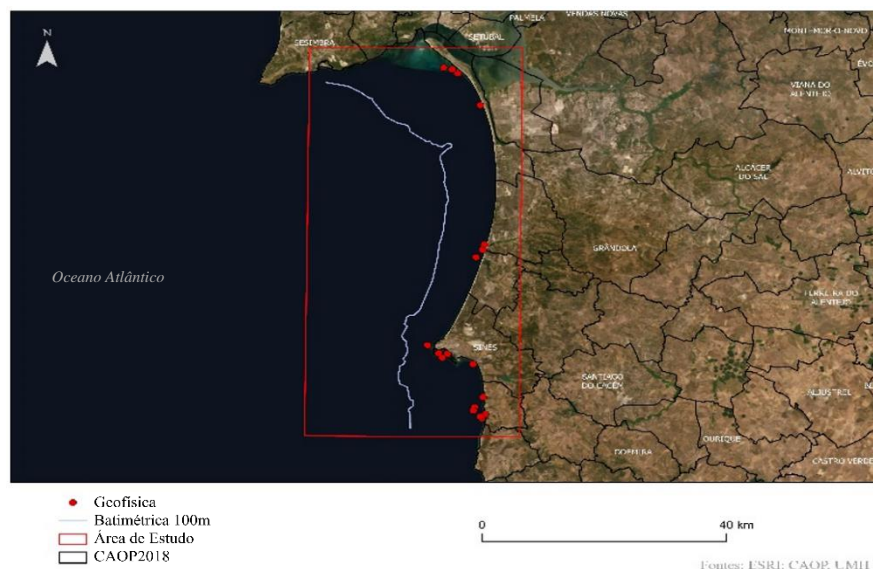


Figura 4.26. Localização dos pontos para prospeção geofísica. Fonte: Miguel Silva, 2021.

O segundo mapa a ser realizado (Figura 4.27.), aparece relativamente à prospeção através de mergulho. Neste caso, observa-se uma mudança relativa à dispersão dos dados, comparativamente ao mapa demonstrado acima. Apesar de os pontos (identificados a amarelo) se localizarem ainda mais a sul de Sines, também se encontra um número considerável de possíveis ocorrências na zona costeira de Grândola. Este mapa, conjuntamente com as informações pertinentes facultadas pelos pescadores responsáveis pela aquisição e divulgação dos dados, os quais já mergulharam em algumas das localizações, facilita a escolha de localizações para primeiras prospeções.

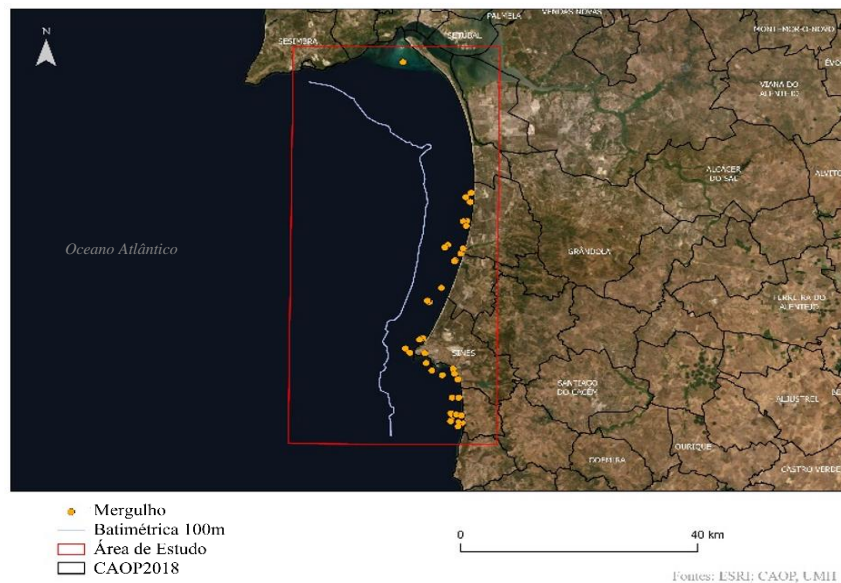


Figura 4.27. Localização dos pontos para prospeção através de mergulho. Fonte: Miguel Silva, 2021.

O terceiro mapa realizado (Figura 4.28.) relaciona-se com a prospeção com auxílio de ROV. Tendo em conta que estes dados aparecem em menor quantidade, não existe possibilidade de ser conduzida uma análise. Neste caso, o presente mapa serve apenas de apoio para conhecer a exata localização dos pontos de prospeção através de ROV. Esta prospeção é realizada nas zonas mais profundas, sendo que o ROV alcança grandes profundidades, conseguindo imagens nítidas do fundo do mar.

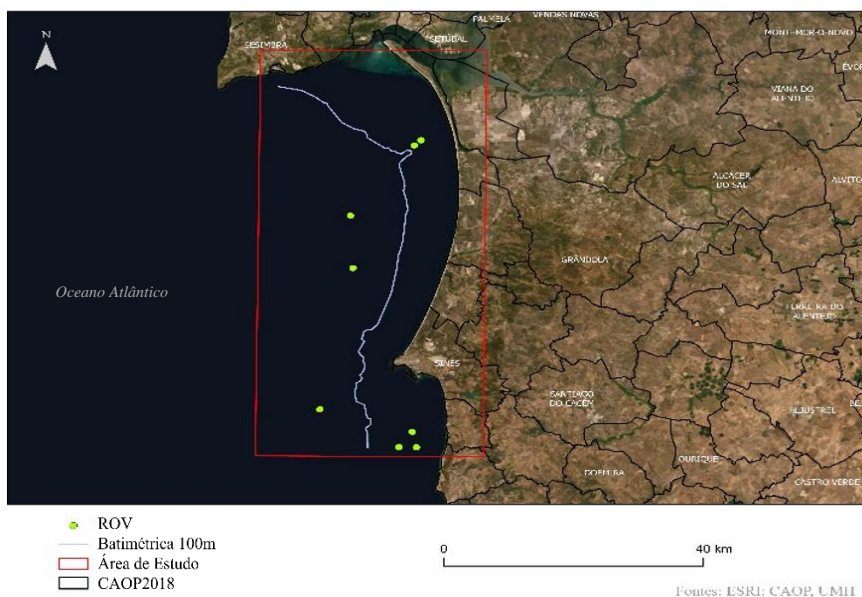


Figura 4.28. Localização dos pontos para prospeção com auxílio de ROV. Fonte: Miguel Silva, 2021.

O último mapa a ser apresentado, Figura 4.29, é referente à prospeção geofísica aérea. Este mapa é meramente informativo, com pontos de coordenadas, para que o UAV execute o trajeto pretendido e, desta forma, obtenha imagens de geofísica para obtenção de novos dados. Sendo a Costa Alentejana alvo de informação documental de um número considerável de naufrágios, o objetivo é registar o maior número possível destes, tendo em conta os dados facultados.

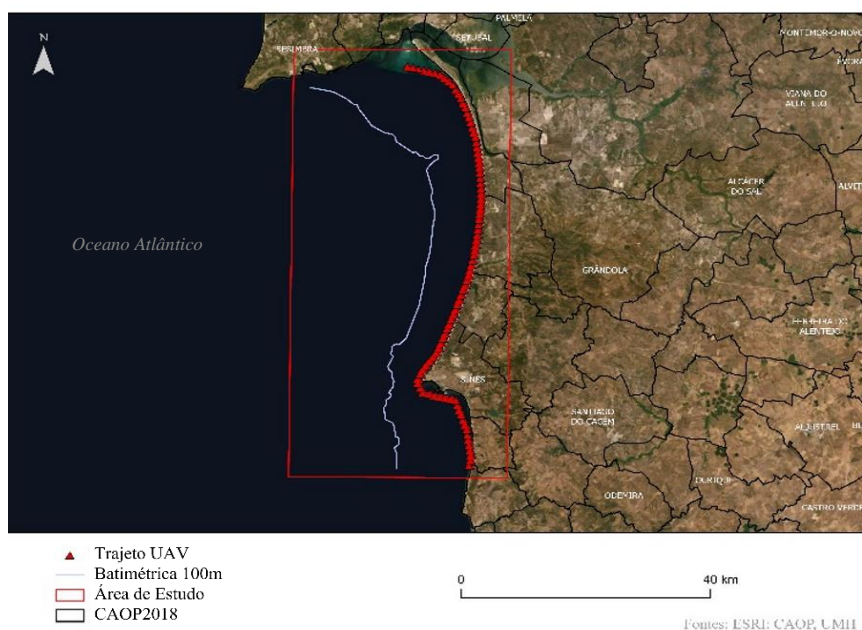


Figura 4.29. Trajeto de prospeção com auxílio de UAV. Fonte: Miguel Silva, 2021.

Capítulo 5 – Considerações finais

Pela particularidade espacial e geográfica dos dados com que a Arqueologia lida, a utilização dos SIG é um colossal benefício. Não só esta utilização é benéfica na investigação arqueológica, mas também na administração e planeamento do território, bem como na gestão e proteção dos vestígios arqueológicos.

Alguns dos exemplos que provêm do estrangeiro, como mencionados no ponto 3 do Capítulo 2, demonstram o tanto que a Arqueologia tem a ganhar com o aumento do investimento em SIG. Conforme analisado nesta dissertação, a base de dados Endovélico apresenta falta de organização, presenteando, também, dificuldade na pesquisa, divulgação e disseminação do tema. Deste modo, para que sejam evitados crimes e destruição do PCS, é de extrema importância a divulgação e sensibilização do tema entre a população geral e as autoridades nacionais responsáveis. Desta forma, esta dissertação poderá servir de catalisador para projetos e trabalhos futuros, no que toca à gestão e proteção do PCS.

Esta interdisciplinaridade é agora realidade em alguns países da Europa e da América do Norte, embora o mesmo não se aplique a Portugal, sendo que os primeiros casos de realização de projetos SIG aplicados ao PCS são bastante recentes.

Os SIG, nos diferentes aspetos que englobam, constituem um grande apoio à análise e interpretação de dados arqueológicos, podendo assim servir como um complemento essencial às ferramentas de um Arqueólogo. Tendo isto em conta, procurou-se dividir esta dissertação de forma a facilmente abordar a forma de conceptualizar um projeto em SIG com aplicação à Arqueologia, atravessando a explicação da teórica relativa ao PCS e SIG, tendo concluído na aplicação de metodologias SIG aplicadas ao PCS.

Nesta dissertação, foram identificados os conceitos SIG considerados pertinentes de aplicação ao PCS. Sendo que não existe apenas um conceito para o termo, foram abordados vários conceitos e abordagens, as quais podem estar ligadas a SIG. Seguidamente, foram explicados os modelos fundamentais de dados em SIG: modelo de dados vetoriais e *raster*.

A presente dissertação é de interesse para qualquer indivíduo que deseje estudar a aplicabilidade dos SIG ao PCS, explicando os diferentes tipos de aquisições de dados possíveis para um projeto associado ao PCS, sendo estes: dados provenientes de atividades piscatórias; dados provenientes de evidências documentais; dados

provenientes de equipamentos sísmicos e geofísicos; e, dados provenientes de trabalho de campo. Seguido destas introduções, e não menos importante, explicou-se o conceito de georreferenciação, sendo este de extrema importância para qualquer tipo de dados em SIG.

É também esclarecida a forma de estruturação de uma *Geodatabase* e os tipos de análise e estatística espacial que podem ser aplicados ao PCS. Todos os conceitos foram nomeados para que fosse exequível a explicação de conceptualização de um projeto.

Na conceptualização do projeto, descreveu-se a abordagem metodológica que um projeto SIG aplicado ao PCS pode replicar.

Desde a demonstração dos diferentes tipos de dados, inseridos em *software* e acompanhados de imagens e diagramas exemplificativos, até ao processo de tratamento dos mesmos, também estes acompanhados de diagramas explicativos com os diferentes passos em *software* ArcGIS.

É de referir que no presente caso foram apresentados os procedimentos em ArcGIS, sendo este um *software* afeto a subscrição. Porém, existem alguns *Free Open Source Software* (FOSS), como o QGIS, que podem ser utilizados. Os diagramas explicativos nesta dissertação podem, e são, de fácil aplicação em qualquer *software* SIG, sendo as ferramentas e operações muito semelhantes em qualquer tipo de *software*.

A utilização de ficheiros de dados para armazenamento é justificada quando o universo de dados é reduzido. No caso de o universo de dados apresentar maior grau de complexidade, contemplando informação alfanumérica e imagens derivadas de prospeção arqueológica e, sendo possível representar relações espaciais entre diferentes entidades de dados, é justificada a utilização de uma *Geodatabase* para armazenamento e gestão dos dados. Apesar da implementação deste tipo de *software* poder apresentar custos elevados, no caso de se utilizar *software* afeto a subscrição paga, é essencial ter em conta as suas vantagens ao longo de um projeto. Apesar do seu custo, estas mesmas vantagens podem amortizar este custo ao longo do projeto. É de salientar, também, que para um maior aproveitamento dos SIG, é necessária uma uniformização dos dados com que se trabalha, para que seja possível utilizar as mesmas metodologias para qualquer projeto SIG. Dando um exemplo concreto, esta dissertação foi desenvolvida com aplicabilidade ao PCS, porém, a metodologia desenvolvida, é aplicável a qualquer tipo de projeto Arqueológico.

Nesta dissertação foi desenvolvido um modelo conceptual, apresentado em diagrama, e explicado, de um exemplar de construção de uma base de dados completa

aplicada ao PCS, com todos os tipos de atributos para cada uma das categorias da mesma.

Da mesma forma, foi realizado um modelo conceptual para possível análise espacial pertinente aplicada ao PCS, com exemplos dos dados obtidos pelo projeto UMH. Sempre que possível os exemplares foram acompanhados de diagramas explicativos e mapeamento de suporte.

Como considerações futuras, é de interesse e elevada relevância que a base de dados criada possa ser atualizada com os naufrágios existentes na área de estudo. Isto poderá ser feito após a prospeção física ser realizada.

De importante referência que a criação de um *WebGIS* para divulgação dos dados, consistiria numa ótima escolha. Este tipo de mapa interativo permite a criação de fichas informativas (Figura 5.1) relativas a naufrágios, contendo, neste caso, toda a informação relativa ao mesmo. Como exemplar de uma ficha informativa, a Figura 5.1. (abaixo presente), poderá servir de exemplo. Note-se que os dados e a localização do naufrágio em causa, são fictícios, servindo meramente de exemplo.

Seria de interesse acrescido a realização de um, ou mais, *story maps* de diversas guerras ou trajetos comerciais, de modo a contar uma história através de um conjunto de mapas. A utilização de um *dashboard* alimentado pela base de dados, para atualização em tempo real e pesquisa rápida de, por exemplo, quantidade de naufrágios e quantidade de achados isolados reportados, entre outras informações úteis para divulgação, seria uma outra origem de interesse.

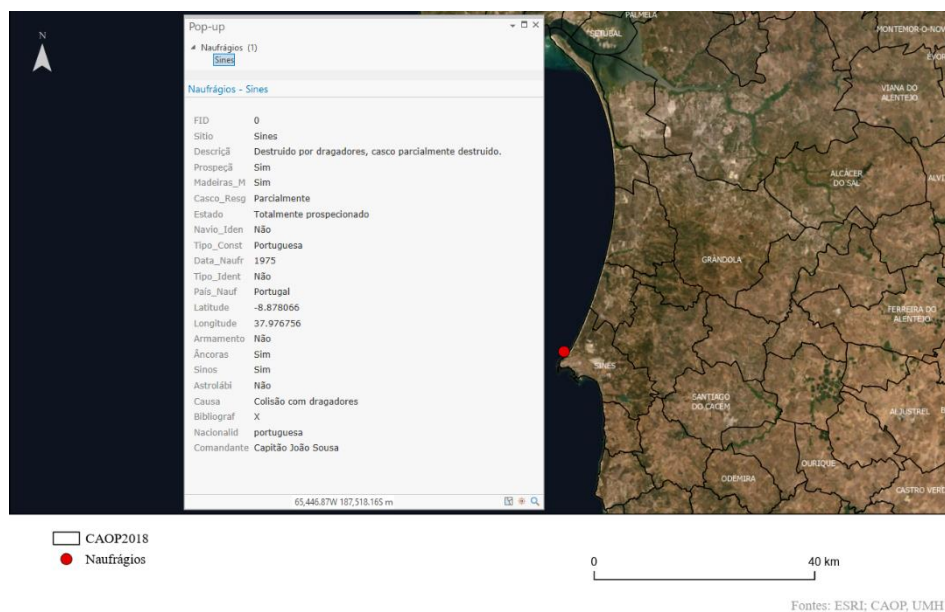


Figura 5.1. Ilustração de uma ficha informativa em ambiente WebGIS. Fonte: Miguel Silva, 2021.

Em forma de terminar este estudo, o qual procurou envolver as múltiplas funções e aplicações de SIG aplicado ao PCS, fica o desejo e o interesse de observar um aumento de novas tendências e trabalhos interdisciplinares entre SIG e Arqueologia, e que esta dissertação e as metodologias da mesma, possam vir a ser aplicadas aos mesmos.

Referências Bibliográficas

- +Lisboa, F. (27 de junho de 2017). *Antes da Unesco, Lisboa já protegia o seu património*. Obtido de FCSH +Lisboa: <https://maislisboa.fcsh.unl.pt/da-unesco-lisboa-ja-protegia-patrimonio/>
- Almeida, A., Castro, F., Monteiro, A., & Magalhães, I. (2017). *PROSPECÇÃO GEOFÍSICA E VERIFICAÇÃO DE ANOMALIAS ARQUEOLÓGICAS SUBAQUÁTICAS*. Divisão de Ação Cultural da Câmara Municipal de Esposende; Instituto de Arqueologia e Paleociências da FCSH-UNL (IAP); ShipLAB da Universidade A&M doTexas (TAMU).
- Almeida, F. P.-P. (2005). *O património Cultural no Planeamento e no Desenvolvimento do Território*. Porto: MPPAU.
- Anastácio, R. F., Oosterbeek, L., & Rosina, P. (2015). *Gestão integrada do território e do património: a importancia dos Sistemas de Informação Geográfica*. SÉMATA.
- ArcGIS Pro*. (s.d.). Obtido de ESRI: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/2.7/help/data/geodatabases/overview/what-is-a-geodatabase-.htm>
- ArcMap*. (s.d.). Obtido de ESRI: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/cell-size-of-raster-data.htm>
- Artioli, G. (2010). *Scientific Methods and Cultural Heritage*. Oxford: Oxford University Press.
- Bandarra, N. M. (2013). *PROJETO ARCHIMARIA Conceptualização de uma Base de Dados para o Património Cultural Subaquático em ambiente SIG*. Escola Naval.
- Barceló, J. A., & Pallares, M. (1996). *A Critique of GIS in Archaeology. From Visual Seduction to Spatial Analysis*. Barcelona: Archeologia e Calcolatori.
- Burrough, P. A., McDonnell, R. A., & Lloyd, C. D. (1986). *Principles of GIS for land resources assessment*. Oxford: Clarendon Press.
- Campana, S. (2008). *Archaeological site detection and mapping*. Sena: Università degli Studi di Siena.
- Campana, S. R. (2018). *Mapping the Archaeological Continuum: Filling 'Empty' Mediterranean Landscapes*. Cham: Springer.
- Cerasetti, B. (2008). A GIS for the Archaeology of the Murghab Delta. Em S. Salvatori, & M. Tosi, *The Bronze Age and Early Iron Age in the Margiana Lowlands* (pp 29-37). BAR International Series 1806.
- Chacon, R. (6 de dezembro de 2016). *Geographic Information Systems (GIS) Analysis in*

Archaeology. Obtido de Digital Heritage: <https://medium.com/digital-heritage/geographic-information-systems-gis-analysis-in-archaeology-fcd160d72876>

- Champion, T. (1992). Theoretical Archaeology in Britain. Em I. Hodder, *Archaeological Theory in Europe* (pp. 129-155). Londres: Routledge.
- Chapman, H. (2006). *Landscape Archaeology and GIS*. Stroud: Tempus Publishing.
- Childs, C. (2009). *The Top Nine Reasons to Use a File Geodatabase: A scalable and speedy choice for single users or small groups*. ESRI.
- Clarke, D. L. (1977). *Spatial Information in Archaeology*. Nova Iorque: Academic Press.
- Cleuziou, S., Coudart, A., Demoule, J.-P., & Schnapp, A. (1992). The Use of Theory in French Archaeology. Em I. Hodder, *Archaeological Theory in Europe* (pp. 91-119). Londres: Routledge.
- Coelho, S. V. (2012). *Nação e Património Cultural - dois conceitos, uma Defesa*. Instituto da Defesa Nacional.
- Comer, D. C., & Harrower, M. J. (2013). *Mapping Archaeological Landscapes from Space*. Nova Iorque: Springer.
- Conolly, J., & Lake, M. (2006). *Geographical Information Systems in Archaeology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Cosme, A. (2012). *Projetos em Sistemas de Informação Geográfica*. Lisboa: Lidel.
- Croff, K. (2005). *GIS and Underwater Archaeology*.
- Cultural, D.-G. d. (s.d.). Obtido de Património Cultural: <http://www.patrimoniocultural.gov.pt/pt/>
- Cultural, D.-G. d. (s.d.). *Portal do Arqueólogo*. Obtido de Património Cultural: <https://arqueologia.patrimoniocultural.pt/index.php>
- Decreto-Lei n.º 107/2001 de 6 de abril. (2001). *Diário da República - Série I-A*. Ministério do Trabalho e da Solidariedade. Lisboa.
- Decreto-Lei n.º 117/97 de 14 de maio. (1997). *Diário da República Série I-A*. Ministério da Cultura. Portugal.
- Decreto-Lei n.º 13/85 de 6 de julho. (1985). *Diário da República Série I*. Assembleia da República. Portugal.
- Decreto-Lei n.º 164/2014 de 4 de novembro. (2014). *Diário da República Série I*. Presidência do Conselho de Ministros. Portugal.
- Decreto-Lei n.º 49/79 de 6 de junho. (1979). *Diário da República Série I*. Ministério dos Negócios Estrangeiros - Direção-Geral dos Negócios Políticos. Portugal.

- Decreto-Lei n.º 65/2006 de 22 de março. (2006). *Diário da República Série I-A*. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Portugal.
- Decreto-Lei n.º 164/97 de 27 de junho. (1997). *Diário da República Série I-A*. Ministério da Cultura. Portugal.
- Dias, C. (14 de fevereiro de 2021). *Destroços do navio que naufragou frente a Melides em 1626 terão sido encontrados*. Obtido de Público: <https://www.publico.pt/2021/02/14/culturaipsilon/noticia/destrococos-encontrados-lagoa-melides-podem-navio-holandes-seculo-xvii-1950683>
- Djindjian, F. (1998). *GIS Usage in Worldwide Archaeology*. Archeologia e Calcolatori.
- English, M. (2008). *Geodatabase Design for Resource and Land Management GIS: Missoula Field Office BLM Case Study*. Montana: The University of Montana.
- ESRI. (2009). *GIS Best Practices*. Redlands: ESRI.
- ESRI. (2013). *The Language of spatial analysis*. Redlands: ESRI Press.
- ESRI. (s.d.). *How Spatial Autocorrelation (Global Moran's I)*. Obtido de ArcMap: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-statistics-toolbox/h-how-spatial-autocorrelation-moran-s-i-spatial-st.htm>
- ESRI. (s.d.). *O que são os SIG?* Obtido de ESRI Portugal: <https://www.esri-portugal.pt/pt-pt/o-que-sao-os-sig/overview>
- Fernandes, D., Alonso, J., Julião, R. P., Lourenço, J., & Ramos, R. A. (2014). *O uso de SIG no património cultural: O caso do Alto Douro Vinhateiro*. Universidade do Minho.
- Feuer, B. (2016). *Boundaries, Borders and Frontiers in Archaeology*. Jefferson: McFarland & Company, Inc.
- Figueiredo, A. (2010). *The Importance of GIS in Underwater Archaeology*. Tomar: Instituto Politécnico de Tomar.
- Firth, A., & Dapling, T. (11 de maio de 2020). *Fishing for Heritage*. Obtido de Historic England: <https://historicengland.org.uk/whats-new/research/back-issues/fishing-for-heritage/>
- Fonte, J. M. (2009). *Aplicações dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) à Gestão dos Recursos Patrimoniais: o Caminho Primitivo de Santiago*. Porto: Faculdade de Letras da Universidade do Porto.
- Ford, B. (2011). *The Archaeology of Maritime Landscapes*. New York: Springer.
- Freire, J., Bettencourt, J., & Fialho, A. (20-22 de junho de 2012). *Sistemas de Informação*

- Geográfica na gestão do Património Cultural Subaquático: a experiência da Carta Arqueológica Subaquática de Cascais. *2as Jornadas de Engenharia Hidrográfica*, pp. 365-368.
- Gillings, M., Hacıgüzeller, P., & Lock, G. (2019). *Re-Mapping Archaeology: Critical Perspectives, Alternative Mappings*. Abingdon: Routledge.
- Gillings, M., Halls, P., Lock, G., Miller, P., Phillips, G., Ryan, N., . . . Wise, A. (1998). *GIS Guide to Good Practice*.
- GISGeography. (s.d.). *What is a Geodatabase?* Obtido de <https://gisgeography.com/geodatabase-personal-file/>
- Gomes, A. S., Leite, S., Neto, F., Oliveira, C., & Bragança, F. (2012). *Inventariação e gestão do património imóvel na Direção-Geral do Património Cultural*. DISEGNARECON.
- Grilo, J. S. (2017). *Reabilitação Urbana e Desenvolvimento Local: Operacionalização da ARU de Alcácer do Sal*. Lisboa: Faculdade de Ciências Sociais e Humanas da Universidade Nova de Lisboa.
- Hadjimitsis, D. G., Themistocleous, K., Cuca, B., Agapiou, A., Lysandrou, V., Lasaponara, R., . . . Schreier, . G. (2020). *Remote Sensing for Archaeology and Cultural Landscapes*. Cham: Springer.
- Härke, H. (1991). All quiet on the western front? Paradigms, Methods and Approaches in West German Archaeology. Em I. Hodder, *Archaeology Theory in Europe* (pp. 187-213). Routledge.
- Herries, J. (2020). *Better Breaks Define Your Map's Purpose*. ESRI.
- Hodder, I. (1991). Archaeological Theory in Contemporary European Societies: the Emergence of Competing Traditions. Em I. Hodder, *Archaeological Theory in Europe* (pp. 1-23). Londres: Routledge.
- Hodder, I. (1992). *Theory and Practice in Archaeology*. Londres: Routledge.
- Holt, P. (2007). *The Use of GIS in Maritime Archaeology - the Cattewater Wreck Case Study*. Plymouth.
- IPMA. (2020). *MINEPLAT - Determinação do potencial em recursos minerais na plataforma continental do Alentejo e as condicionantes naturais impostas pelo soerguimento da margem continental no Plio-Quaternário*. Instituto Português do Mar e da Atmosfera.
- Johnson, J. K. (2006). *Remote Sensing in Archaeology*. Tuscaloosa: The University of Alabama Press.

- Jorge, S. O., & Jorge, V. O. (1997). *Arqueologia: percursos e interrogações*. Lisboa: Gradiva Publicações.
- Kalaf, A., Sharaa, H. A., Hatem, I., & Mohammed, H. (2018). *Building archaeology geodatabase in Iraq using GIS*. Baghdad: University of Technology, Baghdad.
- Koutsis, D., & Stratigea, A. (2019). *Unburying Hidden Land and Maritime Cultural Potential of Small Islands in the Mediterranean for Tracking Heritage-Led Local Development Paths*. Atenas: National Technical University of Athens.
- L., R. B., Schwindingera, P., Castelli, A., Ciarlo, N. C., Torres, R., Manders, M., . . . Furuta, R. (2020). *Seeking a Common Ground for the Nautical Archaeology Digital Library (NADL). Reflections on Science, Method, Theory and Templates*. Virtual Archaeology Review.
- Lasaponara, R., & Masini, N. (2012). *Satellite Remote Sensing*. Tito: Springer.
- Lyons, J. (3 de março de 2021). *Geodatabase vs Geospatial Database: What's the Difference?* Obtido de Safe Software: <https://www.safe.com/blog/2021/03/geodatabase-vs-geospatial-database-whats-difference/>
- Mahaxay, M., Brouwers, W., & Manders, M. R. (s.d.). *Geographical Information Systems (GIS) in Underwater Archaeology*. Bangkok: UNESCO.
- Manders, M. R. (2012). *Management of Underwater Cultural Heritage*. Bangkok: UNESCO.
- Martins, A. M. (2014). *Contributo para o estudo das rotas marítimas e comerciais: Região Sado, no séc. XIX*. Lisboa: Universidade Autónoma de Lisboa.
- Martins, A. M., Castro, F., Casemiro, T., Medina, S., Monteiro, A., & Bombico, S. (2019). Projeto "UMH". Unpublished.
- Martins, M. (s.d.). *Técnicas de Trabalho de Campo e Laboratório*. Universidade Autónoma de Lisboa; Instituto Politécnico de Tomar .
- Martins, M., Monteiro, A., & Castro, F. (2019). *Contribuição para a Carta Arqueológica Subaquática de Portugal*.
- Matos, J. (2008). *Fundamentos de Informação Geográfica*. Lisboa: Lidel.
- McCarthy, J. K., Benjamin, J., Winton, T., & Duivenvoorde, W. v. (2019). *3D Recording and Interpretation for Maritime Archaeology*. Cham: Springer Open.
- Mehrer, M. W., & Wescott, K. L. (2006). *GIS and Archaeological Site Location Modeling*. Boca Raton: Taylor & Francis.
- Meide, C. (2013). *The Development of Maritime Archaeology as a Discipline and the*

Evolving Use of Theory by Maritime Archaeologists.

- Mlekuz, D. (2010). *Time geography, GIS and archaeology*. Ljubljana: University of Ljubljana.
- Monteiro, A. (1999). *Carta Arqueológica Subaquática dos Açores*. Porto: Universidade de Trás-os-Montes.
- Monteiro, P. (s.d.). *A carta arqueológica subaquática dos Açores*. Nautical Archaeology Program - Texas A&M University.
- Nazareno, N. R. (2005). *SIG ARQUEOLOGIA: Aplicação em pesquisa arqueológica*. São Paulo: Universidade de São Paulo.
- Neubauer, W. (2004). *GIS in Archaeology - the Interface Between Prospection and Excavation*. Viena: John Wiley & Sons, Ltd.
- O homem que se agarrou a um cachucho para não morrer no mar (1926)*. (26 de agosto de 2018). Obtido de Um Mergulho na História: <https://www.mergulho-na-historia.pt/l/o-homem-que-se-agarrou-a-um-cachucho-para-nao-morrer-no-mar/>
- Osório, M. (2013). *Aplicações SIG em Arqueologia no Território Nacional*. Coimbra: Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra .
- Parcak, S. H. (2009). *Satellite Remote Sensing for Archaeology*. Abingdon: Routledge.
- Pedra & Cal. (2001). 280 anos da primeira lei do Património Cultural. p. 37.
- Perencsik, A., Woo, S., Booth, B., Crosier, S., Clark, J., & MacDonald, A. (2005). *ArcGIS 9: Building a Geodatabase*. Redlands: ESRI.
- Praça, M. A. (2014). *A Valorização do Património na Gestão do Território – o caso de Olhão*. Lisboa: Faculdade de Ciências Sociais e Humanas da Universidade Nova de Lisboa.
- Ramos, P. O. (2005). O alvará régio de 20 de Agosto de 1721 e D. Rodrigo Anes de Sá Almeida e Meneses, o 1º Marquês de Abrantes: uma leitura. ISSN 0872-0738. S. 3, nº 6. *Discursos [Em linha] : língua, cultura e sociedade*, (pp. 87-97). Lisboa.
- Robertson, E. C., Seibert, J. D., Fernandez, D. C., & Zender, M. U. (2006). *Space and Spatial Analysis in Archaeology*. Calgary: University of Calgary Press.
- Roeder, F. (2011). Património Arqueológico Subaquático: um mar de oportunidades em Portimão. Em *Book of Proceedings Vol. I - International Conference on Tourism & Management Studies* (pp. 787-795). Faro: Universidade do Algarve.
- Rosa, L. I. (2008). *Arqueologia e Património Subaquático: as relações entre Ciência, Estado e Sociedade em Portugal*. Faro: Faculdade de Ciências Sociais e Humanas da Universidade do Algarve.

- Salcedo, R. F. (2008). *GESTÃO DO PATRIMÔNIO CULTURAL E NATURAL*. São Paulo: OLAM.
- Santos, P. J. (2006). *Aplicações de Sistemas de Informação Geográfica em Arqueologia*. Lisboa: Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação da Universidade Nova de Lisboa.
- Sarris, A., & Déderix, S. (2014). GIS for Archaeology and Cultural Heritage Management in Greece. Quo Vadis? University of the Peloponnese.
- Scianna, A., & Villa, B. (2011). GIS Applications in Archaeology. *Archeologia e Calcolatori*.
- Silva, R. E. (2011). *Análise Espacial da Forma Urbana em Sistemas de Informação Geográfica*. Lisboa: Faculdade de Ciências Sociais e Humanas da Universidade Nova de Lisboa.
- Site Recorder 4 Software. (s.d.). Obtido de 3H Consulting: <http://www.3hconsulting.com/ProductsRecorderMain.html>
- Star, J., & Estes, J. (1990). *Geographic information systems*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Statistical Analysis. (s.d.). Obtido de ESRI: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/analyze/commonly-used-tools/statistical-analysis.htm>
- Texas A&M University. (2006). Obtido de The Nautical Archaeology Digital Library: <https://shiplib.org/>
- The Geodatabase: Modeling and Managing Spatial Data*. (2009). Obtido de ESRI: <https://www.esri.com/news/arcnews/winter0809articles/the-geodatabase.html>
- Trepal, D., & Lafreniere, D. (2019). *Understanding Cumulative Hazards in a Rustbelt City: Integrating GIS, Archaeology, and Spatial History*. Houghton: Michigan Technological University .
- UNESCO. (1972). Convenção sobre a Proteção do Património Cultural Mundial e Natural. Paris.
- UNESCO. (2001). Convenção sobre a Protecção do Património Cultural Subaquático. Paris.
- UNESCO. (2013). *Manual for Activities directed at Underwater Cultural Heritage*. Paris.
- UNESCO. (s.d.). *Prospecção*. Obtido de <http://www.unesco.org/new/pt/culture/themes/underwater-cultural-heritage/about-the-heritage/protection/underwater-archaeology/surveying/>
- USC Dornsife. (10 de fevereiro de 2021). *GIS is Rewriting Archaeology Approaches*.

- Obtido de <https://gis.usc.edu/blog/gis-is-rewriting-archaeology-approaches/>
- VanPool, T. L., & Leonard, R. D. (2011). *Quantitative Analysis in Archaeology*. Chichester: Wiley-Blackwell.
- Varela, J. M., & Risch, R. (1991). Theory in Spanish Archaeology Since 1960. Em I. Hodder, *Archaeological Theory in Europe* (pp. 24-47). Londres: Routledge.
- Vincent, M. L., Bendicho, V. M.-M., Ioannides, M., & Levy, T. E. (2017). *Heritage and Archaeology in the Digital Age: Acquisition, Curation, and Dissemination of Spatial Cultural Heritage Data*. Cham: Springer.
- Wescott, K. L., & Brandon, R. J. (2000). *Practical applications of GIS for archaeologists: A predictive modeling kit*. Londres: Taylor & Francis.
- Wheatley, D., & Gillings, M. (2002). *Spatial Technology and Archaeology, The Archaeological Applications of GIS*. Londres: Taylor and Francis.
- Wright, D. J. (2002). *Undersea with GIS*. Redlands: ESRI Press.
- Yasushi, N. (2002). *Archaeological Prospection*. Acoustical Society of Japan.