



**UNIVERSIDADE DO ALGARVE**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**  
**MESTRADO EM GEOMÁTICA**

# **PAISAGEM PRÉ-HISTÓRICA SUBMERSA DA BAÍA DE ARMAÇÃO DE PÊRA**

(Dissertação para a Obtenção do Grau de Mestre em Geomática -  
Ramo Análises de Sistemas Ambientais)

**LEANDRO INFANTINI**

FARO

2012

**UNIVERSIDADE DO ALGARVE**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**  
**MESTRADO EM GEOMÁTICA**

**PAISAGEM PRÉ-HISTÓRICA SUBMERSA DA**  
**BAÍA DE ARMAÇÃO DE PÊRA**

(Dissertação para a Obtenção do Grau de Mestre em Geomática -  
Ramo Análises de Sistemas Ambientais)

**LEANDRO INFANTINI**

FARO

2012

## AGRADECIMENTOS

Expresso aqui minha profunda gratidão:

A Delminda Moura (UAlg) e Nuno Bicho (UAlg) pela orientação e ajuda no desenvolvimento deste trabalho. A Miguel Rodrigues (Divespot) e Pedro Neves (UAlg), pelo fornecimento de amostras e de imagens subaquáticas.

A minha companheira de todas horas e meu ombro amigo, Rita Juliana. Sem ela, o caminho teria sido intransponível.

A minha família, que muito me ajudou nessa difícil caminhada e que ainda que muito distante, ajuda a me manter firme em meu objetivo.

E por fim a todos que de uma forma ou de outra auxiliaram neste tortuoso caminho em uma nova área do conhecimento.

**RESUMO**

Durante o Último Máximo Glacial (UMG) vastas porções das plataformas continentais encontravam-se emersas devido à regressão marinha de grande amplitude. Deste modo, uma grande parte da paisagem e consequentemente do património pré-histórico e paleoambiental está presentemente submerso e potencialmente preservado, sendo necessárias investigações no sentido de estudar e recuperar este património. Neste contexto, e de forma a contribuir para o conhecimento de paisagens submersas, o objetivo deste trabalho é apresentar e discutir os dados preliminares da investigação efetuada na área submersa da Baía de Armação de Pêra (Sul de Portugal). Contudo, devido a dificuldades inerentes ao trabalho em zonas submersas, desde a caracterização morfológica à recolha de amostras para análise textural, foram necessárias novas abordagens metodológicas para a caracterização da área de estudo. A caracterização e análise morfológica da área de estudo, foi realizada em ambiente SIG utilizando um Modelo Digital de Terreno (MDT) da região construído a partir de dados batimétricos obtidos por deteção remota. Com base nesta análise, a zona submersa da Baía de Armação de Pêra apresenta uma morfologia compatível com o desenvolvimento de um sistema lagunar durante o Plistocénico, abrigado por uma restinga arenosa. Tal como observado nas análises sedimentológicas e petrográficas, realizadas em amostras colhidas em mergulho, as areias da restinga sofreram uma rápida cimentação por carbonato de cálcio que lhes conferiu resistência mecânica à erosão pelas ondas e correntes.

**Palavras-chave:** SIG, Modelo Digital de Terreno, Morfologia, Linha de Costa, Pré-História.

**ABSTRACT**

During the Last Glacial Maximum (LGM) large portions of the continental shelves were emerged due to a wide marine regression. Accordingly, the landscape and therefore prehistoric heritage and palaeoenvironmental indicators are currently submerged and potentially preserved, being necessary investigations in order to study and restore this heritage. Aiming to contribute for the understanding of the underwater landscape, this work presents preliminary data about research in the submerged area of the Armação de Pêra bay (Southern Portugal). However, due to difficulties on working in underwater areas, from the morphological characterization to sampling for textural analysis, new approaches were needed to investigate this area. Characterization and morphological analysis of the study area were performed in GIS environment using a Digital Terrain Model (DTM) built from bathymetric data obtained by remote sensing. Based on this analysis, the submerged area of the Bay of Armação de Pera has a morphology compatible with the development of a coastal lagoon system during the Pleistocene, sheltered by a spit bar. As observed in petrographic and sedimentological analysis carried out in samples taken in diving, the sands of the sedimentary body have suffered a rapid cementation by calcium carbonate that gave them strength to erosion by waves and currents.

**Keywords:** GIS, Digital Terrain Model, Morphology, Coastline, Prehistory.

## SUMÁRIO

<b>I – INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1 ALTERAÇÕES DO NÍVEL DO MAR .....	2
1.2 ARQUEOLOGIA .....	8
<b>II – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b> .....	10
2.1 LOCALIZAÇÃO .....	10
<b>III – MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	15
3.1 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA .....	16
<b>3.1.1 Definição</b> .....	16
<b>3.1.2 Free and Open Source Software</b> .....	17
<b>3.1.3 Sistema Operativo e Softwares</b> .....	19
3.1.3.1 <i>Ubuntu GNU/Linux</i> .....	20
3.1.3.2 <i>SPRING</i> .....	21
3.1.3.3 <i>Quantum GIS</i> .....	22
3.2.3.4 <i>Mirone</i> .....	22
<b>3.1.4 Fontes de Informação</b> .....	23
3.1.4.1 <i>Modelo Digital de Terreno</i> .....	23
3.1.4.2 <i>LandSat-7</i> .....	24
3.1.4.3 <i>Cartas geológicas e militares</i> .....	25
3.1.4.4 <i>Base de dados arqueológicos</i> .....	25
3.2 AMOSTRAGEM .....	27
3.3 ANÁLISES TEXTURAIIS .....	31

<b>IV – RESULTADOS</b> .....	32
4.1 MORFOLOGIA .....	32
<b>4.1.1 Declives</b> .....	32
<b>4.1.2 Rede de Drenagem</b> .....	33
4.2 ANÁLISES TEXTURAIS .....	34
4.3 DATAÇÕES .....	35
<b>V – DISCUSSÃO</b> .....	38
5.1 MORFOLOGIA .....	38
5.2 CARACTERÍSTICAS DO SEDIMENTO .....	40
5.3 EVOLUÇÃO DA RESTINGA ARENOSA .....	41
5.4 EVOLUÇÃO PALEOAMBIENTAL .....	42
5.5 IMPLICAÇÕES ARQUEOLÓGICAS .....	44
<b>VI – CONCLUSÃO</b> .....	46
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	49
<b>ANEXO 1 – TABELAS</b> .....	59
<b>ANEXO 2 – EVOLUÇÃO DA LINHA DE COSTA</b> .....	60
<b>ANEXO 3 – SIG</b> .....	61
<b>ANEXO 4 – MAPA</b> .....	66

## I - INTRODUÇÃO

Este trabalho, requisito para a obtenção do grau de mestre em Geomática no ramo de análise de sistemas ambientais, pretende contribuir para a investigação paleoambiental do Algarve, sul de Portugal, integrando parte da investigação do autor sobre a evolução da linha de costa sob uma perspetiva arqueológica em conjunto com a utilização dos chamados Sistemas de Informação Geográfico (SIG) na Baía de Armação de Pêra devido ao potencial de preservação de paleolinhas de costa ou morfologias relacionadas com a variação do nível do mar. Neste sentido, este trabalho tem como motivação a utilização da formação de base do autor em Arqueologia e em mergulho autónomo associada à aprendizagem de uma ferramenta SIG. Deste modo também se pretende contribuir para o conhecimento das áreas de grande potencial para a investigação arqueológica e paleoecológica subaquática no âmbito da ação SPLASHCOS (Submerged Prehistoric Archaeology and Landscapes of the Continental Shelf) que é uma rede de investigação a nível europeu, da qual o autor e orientadores fazem parte.

As alterações na linha de costa ao longo do passado resultaram de processos de erosão, transporte e deposição. Várias evidências de antigas linhas de costa, como plataformas litorais, arribas e ruturas de declive, podem ser identificadas utilizando sistemas de deteção remota (Bird, 2008). Na sequência da análise da batimetria efetuada no âmbito deste trabalho e das descrições de Vanney e Mougnot (1981) que referem um corpo de construção Plio-Plistocénica, paralelo à linha de costa, o presente trabalho visa investigar a zona submersa da baía de Armação de Pêra, uma vez que, esta zona apresenta uma morfologia compatível com o desenvolvimento de uma restinga arenosa atualmente preservada.

Uma restinga arenosa pode ser definida como um tipo de barreira, formada na direção

predominante da deriva longilitoral pela acumulação de sedimentos e moldado em grande parte pelo padrão dominante das ondas. A formação de uma restinga arenosa ocorre quando a capacidade de transporte do sedimento decresce devido a fatores como a morfologia do fundo ou a mudança de direção da linha de costa e que induzem a refração e reflexão das ondas, permitindo a deposição do sedimento transportado. Parte dessas restingas têm a extremidade encurvada, devido à deposição do sedimento na parte final da restinga, e podem indicar tanto a posição da linha de costa quanto a evolução da própria restinga (Ciavola, 1997; Davis Jr & Fitzgerald, 2004; Jewell, 2007; Lindhorst *et al.*, 2008).

Estes sistemas de barreira podem proteger baías, lagunas e sapais, e são habitats de grande importância para a reprodução de organismos marinhos, além de uma importante fonte de nutrientes (Davis Jr & Fitzgerald, 2004). Deste modo, a identificação destes paleoambientes, para além de fornecer um indicador da evolução da linha de costa, do nível médio do mar, das correntes e direção preferencial das ondas, pode contribuir para o conhecimento da exploração de recursos aquáticos para a dieta das comunidades humanas pré-históricas.

## **1.1 ALTERAÇÕES DO NÍVEL DO MAR**

Nos últimos anos, tem-se intensificado o debate global sobre a subida do nível médio do mar (NMM) e as alterações climáticas devido ao efeito estufa. O debate prende-se principalmente no papel da ação antrópica no efeito estufa através, principalmente, da queima de combustíveis fósseis por veículos automotivos e pela indústria.

Contudo, é possível observar que a temática da variação do nível do mar já despertava o interesse de investigadores em Portugal desde o do século XIX. Paul Choffat e José Leite de Vasconcelos,

entre outros autores, escreveram acerca do assunto no Boletim da Sociedade de Geografia de Lisboa e na revista o Arqueólogo Português (Choffat & Vasconcelos, 1896).

De facto, é importante destacar que as alterações do nível do oceano e as alterações climáticas são os fenómenos naturais de maior impacto geológico e ambiental ocorridos durante o período Quaternário (últimos 2.6 milhões de anos). A expansão das calotes polares e glaciares continentais durante as grandes glaciações do Plistocénico teriam provocado uma retração no volume de água dos oceanos provocando o rebaixamento do nível do mar em todo o globo (fig. 1). Por outro lado, em períodos mais quentes, a fusão parcial dos glaciares provocaram um aumento no nível do mar (e.g. Ponzi, 2004). Este fenómeno é conhecido por Glacio-Eustasia.

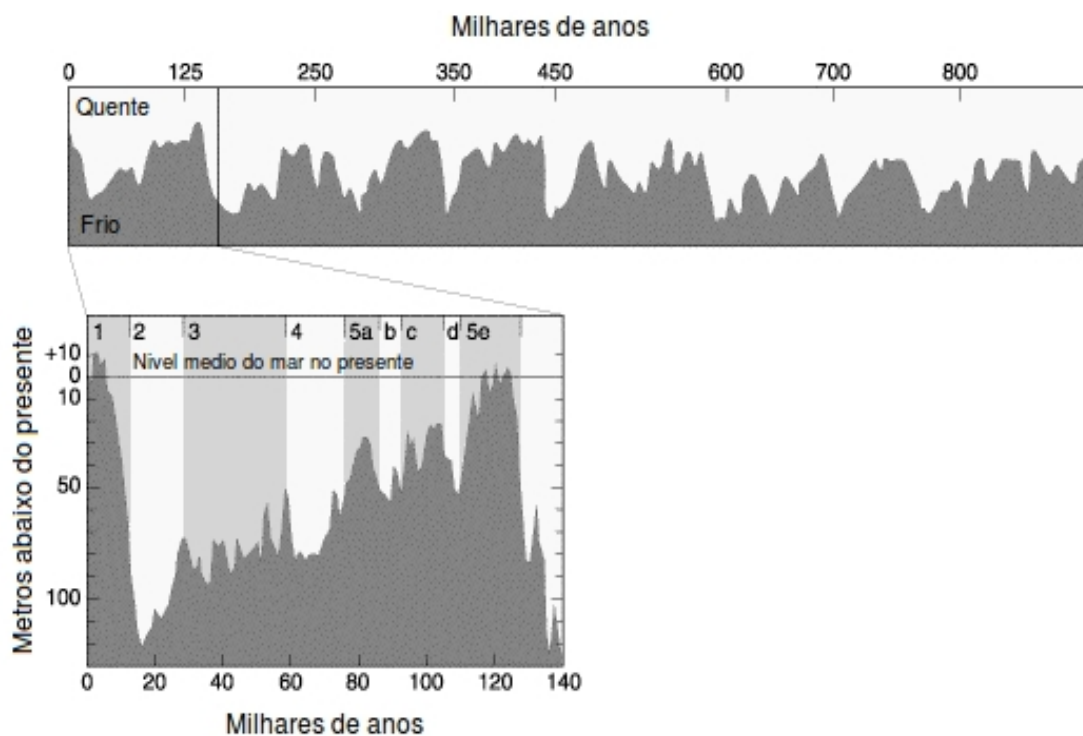


Figura 1: Variação da temperatura global e a relação com o nível médio do mar (abaixo) em conjunto com estádios OIS-1 (Oxygen Isotope Stage) a OIS-5 (último interglacial). Adaptado de NOAA (2011).

Contudo, outros fenómenos geológicos são responsáveis pelas variações do nível do mar como por exemplo a glacio-isostasia, que é o reajuste da litosfera causado pela variação do volume dos

glaciares (e.g. Magalhães, 2001). O recuo dos glaciares em períodos quentes provoca um alívio da carga sobre os continentes provocando a subida das massas continentais e conseqüentemente o aparente rebaixamento do nível médio do mar, enquanto a expansão dos glaciares provoca o oposto.

Para além dos processos já referidos anteriormente e que influenciam as variações do nível médio mar existem outros como por exemplo os fenómenos tectono-eustáticos, que são fenómenos de movimentação da litosfera por tectonismo, os fenómenos hidro-isostáticos causado pela variação da espessura da coluna de água sobre a plataforma continental, os fenómenos sedimento-eustáticos, causados pela acumulação de sedimentos modificando a capacidade das bacias, assim como os fenómenos geóide-eustáticos, causados por variações gravitacionais ou rotacionais do planeta provocando deformidades na superfície do geóide (e.g. Magalhães, 2001).

A explicação para os fenómenos climáticos, principalmente para o aquecimento e resfriamento, pode ser definida pela quantidade de radiação solar recebida pelo planeta. Ao longo do Quaternário, os fenómenos de avanço e recuo das calotas polares, campos de gelo e glaciares foram cíclicos devido à conjugação de fenómenos astronómicos tais como a variação na órbita e eixo terrestre. O astrónomo húngaro Milankovitch sintetizou os conhecimentos sobre a ciclicidade das glaciações do Quaternário ao estabelecer como provável causa forçadora três parâmetros astronómicos: a excentricidade da órbita terrestre, a obliquidade do eixo de rotação da Terra e a precessão na rotação, no que é hoje chamado de teoria ou ciclos de Milankovitch (Aitken, 1999; Holliday, 2001).

As variações na excentricidade da órbita terrestre, que provocam um alongamento da elipse descrita pela terra ao redor do Sol, provocam uma ciclicidade de fenómenos na ordem dos 100 000 e 413 000 anos, enquanto que variações no eixo de rotação da terra induzem ciclos mais curtos de 41 000 anos. A precessão é um fenómeno relacionado com o movimento do eixo de rotação da terra, de

forma semelhante a um giroscópio, e tem uma ciclicidade entre os 19 000 a 23 000 anos (Aitken, 1999; Holliday, 2001).

Neste contexto, percebe-se as dificuldades em se estabelecer o nível marinho com precisão, visto que não há um comportamento único e global nas flutuações do nível dos oceanos. Clark *et al.* (1978) concluem que não há regiões estáveis onde o nível eustático do mar possa ser medido para todo o globo. Entretanto, segundo os referidos autores, um modelo numérico (fig. 2) pode ser elaborado definindo seis principais zonas de comportamento eustático do oceano desde o último máximo glacial (LGM).

Além disso, os comportamentos referentes às migrações da linha de costa durante as transgressões e as regressões não dependem apenas do nível do mar. Para além da variação eustática do nível médio do mar, são também importantes outras variáveis como o transporte de sedimento, resultante da força do fluido (ondas e correntes) em combinação com a taxa de sedimentos fornecidos ao litoral pelos rios. No caso da taxa de sedimentação ser maior que a subida do nível do mar, não haverá migração da linha de costa no sentido do continente (Swift & Thorne, 1991; Magalhães, 2001).

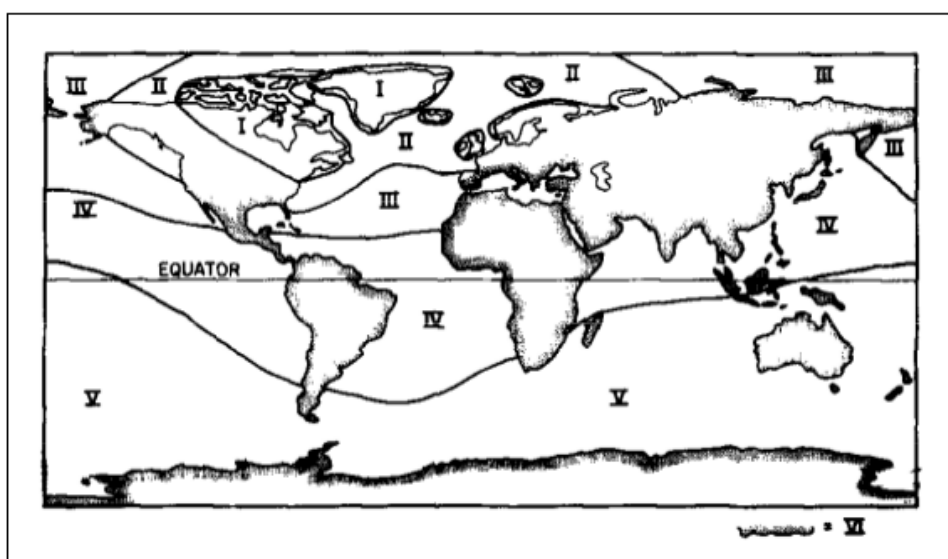


Figura 2: Seis zonas eustáticas do nível do mar, a partir do modelo numérico de Clark *et al.* (1978).

No caso do abaixamento do nível do mar, os rios debitam grandes quantidades de sedimento para a plataforma continental devido ao ajustamento do novo nível de base do rio. Esse sedimento pode ser granulometricamente grosseiro, podendo constituir acidentes morfológicos com possibilidade de resistir a erosão em uma posterior e rápida transgressão. Contudo, no caso da elevação do nível do mar, ocorre o inverso, predominando a receção e deposição de sedimentos nos estuários sem exportação para a plataforma continental (e.g. Magalhães, 2001).

As relações entre o balanço sedimentar e a variação do nível médio do mar (NMM) ao longo do Holocénico na área de estudo do presente trabalho evidenciam a sua mútua dependência (Moura *et al.*, 2007). Ainda, o referido trabalho demonstra, por comparação de dados de estuários do Algarve (Boski *et al.*, 2002) que, mesmo para o mesmo sinal eustático se podem verificar variações locais do NMM devido a variação no balanço sedimentar.

Nos trabalhos desenvolvidos acerca da variação do nível médio do mar e linha de costa em Portugal, destacam-se os estudos desenvolvidos por Dias (Dias, 2004; Dias *et al.*, 2000), que situam o nível do mar há 18.000 anos BP a um nível de aproximadamente 120-130 metros abaixo do nível atual, com uma tendência geral de subida ainda que não linear, até a atualidade. Os referidos trabalhos demonstram que grandes extensões da plataforma continental estiveram emersas durante o último máximo glacial, devido sobretudo a retenção de grandes volumes da água oceânica sob a forma de gelo.

A curva de variação do nível do mar dos últimos vinte milénios (fig. 3) foi estabelecida por Dias para a plataforma norte de Portugal (Dias, 1987), mas que pode aplicada, segundo o autor, a todo o território Português. Os dados utilizados para o referido trabalho foram sobretudo os elementos morfológicos e sedimentológicos da plataforma continental associados a paleolitorais como por

exemplo depósitos relíquia, que significam sedimentos depositados no passado em condições hidrodinâmicas diferentes do presente no local da plataforma onde foram cartografados.

Para a plataforma continental do Algarve foram identificados cinco intervalos de profundidades onde se encontram indícios de paleolitorais com base nas características dos depósitos sedimentares (Magalhães, 2001). Com base na variação da média granulométrica das areias destes depósitos, encontram-se indícios de paleolitorais nas profundidades de -30, -60, -90, -120 e -150 metros para a plataforma ocidental algarvia (Barlavento) e nas profundidades de -30, -70, -100, -120 e -150 metros para a plataforma oriental algarvia (Sotavento) (Magalhães, 2001).

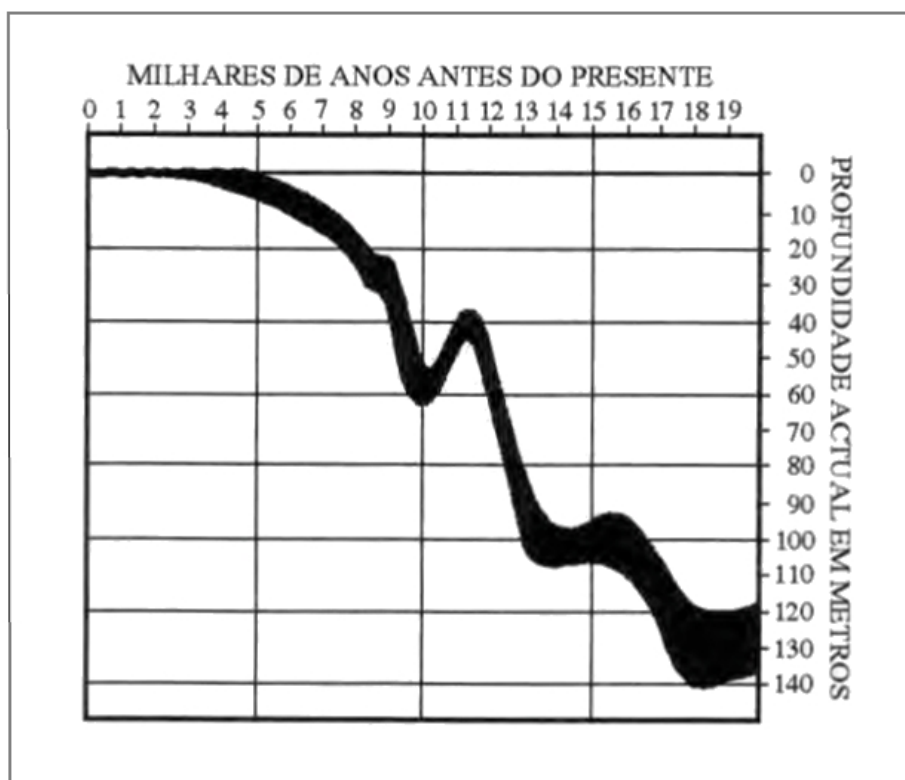


Figura 3: Curva de variação do nível do mar nos últimos 20.000 anos em Portugal. Adaptado de Dias (2004).

É de destacar que, apesar desta curva (Dias et al, 2000; Dias, 2004) ser a única proposta para os últimos 20.000 anos, a definição de quando ocorreu a estabilização do nível do médio do mar próximo ao atual é ainda motivo de debates.

## 1.2 ARQUEOLOGIA

A questão das alterações do nível do mar no passado já estimulava o debate desde o século XIX. Em 1896, Choffat e Vasconcelos publicam em *O Arqueólogo Português* um pedido aos leitores da revista intitulado *Mudança do nível do oceano*:

*“Provas geológicas e historicas dão testemunho indubitavel de que nas nossas costas se tem effectuado mudanças de nível do oceano.*

*Citaremos como exemplos: em geologia os vestígios de antigas praias em um nível que o oceano já não attinge actualmente (Viana do Castello, Porto); em archeologia as ruínas romanas das costas do Algarve. (...)*

*Dirigimo-nos, pois, por meio do Archeologo Português, a todas as pessoas de boa vontade, pedindo que nos enviem o que souberem á cêrca d'este assumpto.(...)*

*A nossa intensão é reunir nesta revista tudo quanto diz respeito a este assumpto, quer sejam observações novas, quer factos já publicados. [...]” (Choffat & Vasconcelos, 1896)*

Devido ao avanço da tecnologia do século XX, as pesquisas em torno das alterações do nível do mar tiveram grande crescimento devido ao desenvolvimento de técnicas de datação e de deteção remota do leito submarino, entre outras. Neste sentido, volta a ser debatida a questão da pré-história humana e a relação com as flutuações do nível do mar, destacando o trabalho pioneiro de Bailey e Parkington (1988) sobre a Arqueologia das linhas de costa pré-históricas.

A importância das alterações da linha de costa para a Arqueologia reside na sua definição como um ecótono, ou seja, uma área de transição entre dois grandes ecossistemas onde comunidades ecológicas diferentes estão em contacto. Para a subsistência humana, as vantagens deste ecótono residem na variedade de recursos marinhos e terrestres, assim como organismos únicos da zona

intertidal como moluscos, crustáceos, e macroalgas, ou mesmo mamíferos marinhos e pássaros, assim como maiores condições produtivas para plantas e animais e maiores condições de uniformidade climática assim como o efeito de borda florestal, entre outros fatores (Bailey & Parkington, 1988).

Em Portugal, esta abordagem ainda tem pouco alcance, sendo poucos os autores que se dedicam ao assunto. Segundo Bicho (Bicho, 2004; Bicho & Haws, 2008) o registo arqueológico em Portugal apresenta uma realidade diferente da curva de variação do nível do mar proposta para o território, visto que muitos sítios arqueológicos pré-históricos do Algarve, sobretudo no Barlavento, apresentam explorações de recursos aquáticos em períodos onde a linha de costa proposta distava vários quilómetros destes sítios. Além disso, em termos de Arqueologia Subaquática em contextos pré-históricos, não há quaisquer trabalhos de referência a nível nacional, uma vez que não há registo de sítios arqueológicos pré-históricos totalmente submersos.

### 2.1 LOCALIZAÇÃO

O Algarve (fig. 4) é a região mais meridional de Portugal, limitado a Sul e Oeste pelo oceano Atlântico e a Este pelo rio Guadiana, ocupando uma faixa aproximadamente retangular com uma distância média de 135 km no direção EW e de 40 km na direção NS, abrangendo uma área de cerca de 4 991 km<sup>2</sup>, repartida por 16 concelhos (Protalgarve, 2004).

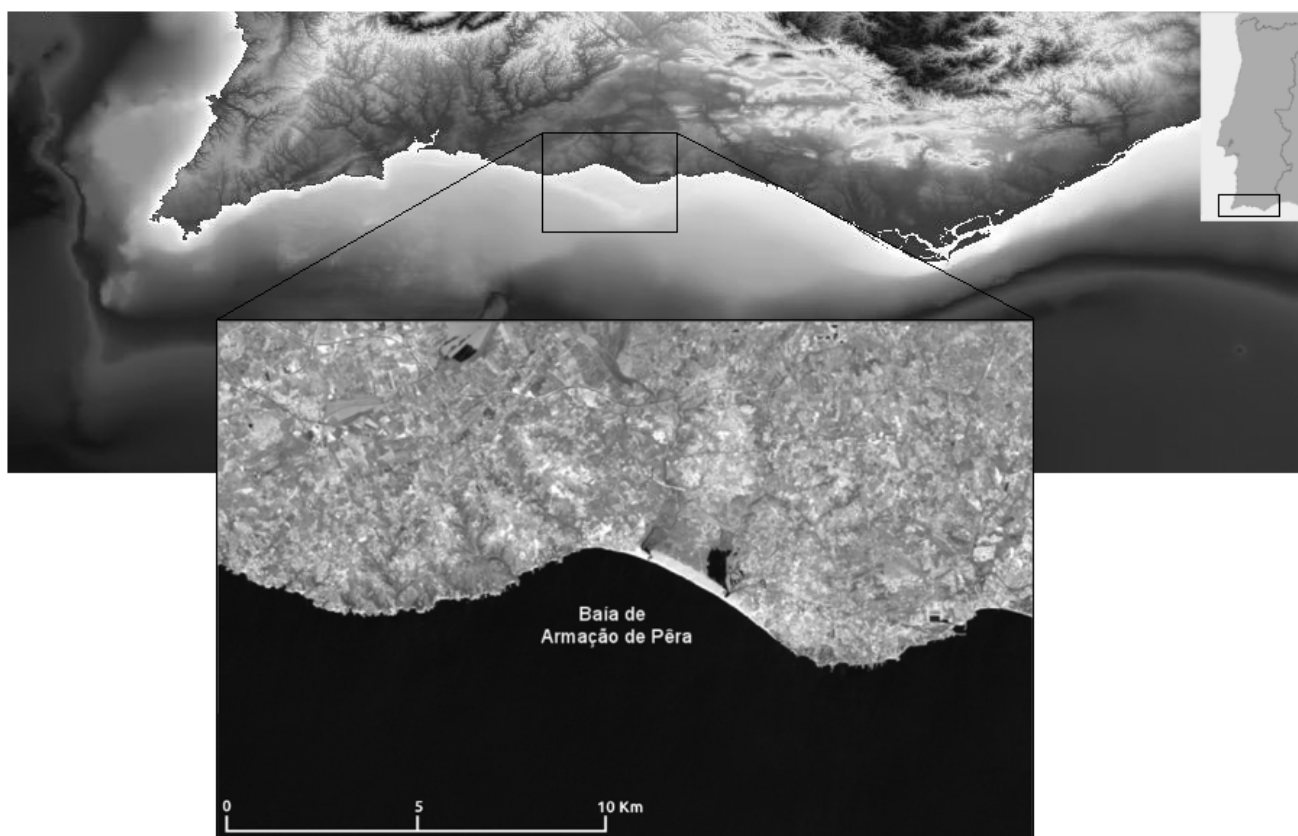


Figura 4: Localização da área de estudo.

A região do Algarve é definida, genericamente, por três distintas unidades geológica, morfológica e pedológica: a Serra, o Barrocal e o Litoral. No caso da orografia, a região é composta pelas serras

de Espinhaço de Cão, Monchique, Caldeirão e Monte Figo, sendo a altitude média de 182 metros e o ponto mais alto, de 902 metros, na serra de Monchique. (Protalgarve, 2004).

Apesar da faixa costeira ser geomorfologicamente muito diversa, pode ser delimitada em três grandes segmentos (Protalgarve, 2004):

a) Costa Vicentina: onde predominam as formas de erosão dominadas por arribas subverticais talhadas em rochas paleozóicas e mesozóicas ;

b) Barlavento: com morfologia mista e variada, onde se conjugam segmentos de arribas verticais talhadas em rochas carbonatadas do Miocénico e segmentos de acumulação associados a sistemas estuarino-lagunares holocénicos;

c) Sotavento: onde domina a morfologia de acumulação com barreiras arenosas extensas, destacando-se o sistema de ilhas barreira da Ria Formosa e a planície costeira de Vila Real de Santo António.

O Barlavento Algarvio situa-se entre Sagres e Albufeira. É um litoral de arribas rochosas nas quais se encontram ancoradas pequenas praias encastradas ou Baías de maior extensão quando abrigadas das ondas por cabos e alimentadas sedimentologicamente por ribeiras que nelas desaguam. A composição das rochas desta costa consistem basicamente em calcário, margas e calcarenitos abrangendo desde Jurássico ao Miocénico, além de serem fortemente carsificados e afetadas por falhas. Além disso, os paleocarsos costeiros apresentam-se fossilizados por sedimentos detríticos do Pliocénico e do Plistocénico (Moura *et al.*, 2007).

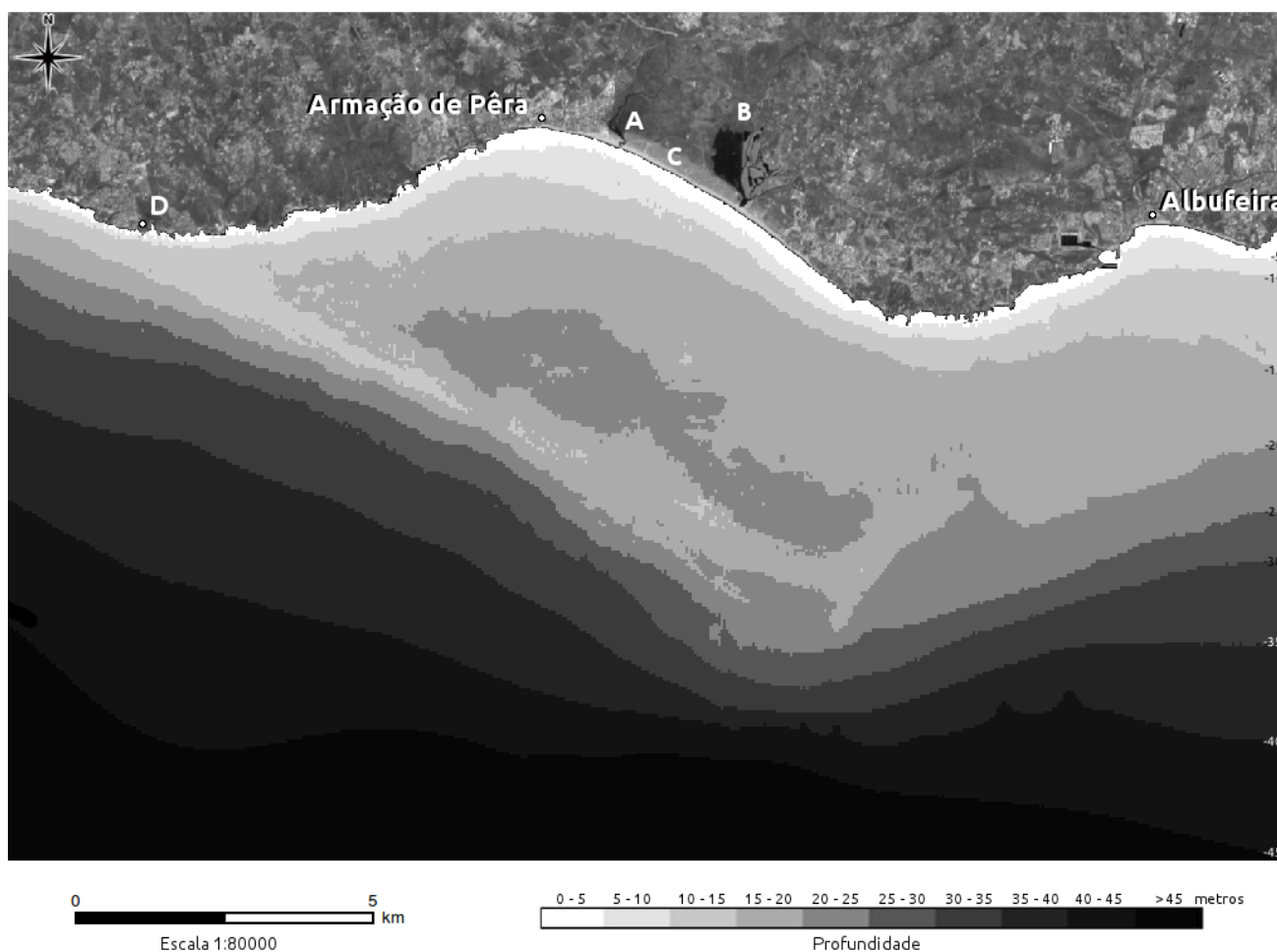
A costa do Algarve tem um regime de marés mesotidal, variando entre 1.3 e 3.5 m em marés mortas e vivas respetivamente. As ondas aproximam-se da costa predominantemente de WSW (72 % de ocorrências) sendo a sua altura significativa geralmente inferior a 1m podendo raramente atingir alturas superiores a 3 m (2% de ocorrência anual) durante as tempestades (Costa *et al.*, 2001).

A baía de Armação de Pêra (fig. 5) situa-se ao largo da vila de Armação de Pêra, no Barlavento Algarvio. É uma baía em forma de zeta, onde se acumula uma praia contínua de, aproximadamente, cerca de 6 km paralelamente à linha de costa, interrompida apenas pelas desembocaduras das ribeiras de Alcantarilha e de Espiche. A praia é limitada no lado continental por um campo dunar ativo que atinge 200-300 metros de largura sobreposto a um paleossistema dunar, que, associado à ocorrência de rochas de praia testemunham um paleolitoral holocénico com estabilização do nível do mar desde há aproximadamente 5000 anos (Moura *et al.*, 2007; Teixeira, 1999).

Na zona submersa adjacente ocorre uma crista rochosa com cerca de 1 km de largura e, tal como a linha de costa atual, também orientado na direção NW-SE, situada entre os 14 e 25 metros de profundidade, formado por calcarenitos de grão médio com cimento carbonatado (Teixeira, 1999). Uma depressão, com um máximo de -23 metros de profundidade, que representa provavelmente uma paleolaguna, separa o referido relevo da linha de costa. De acordo com trabalhos anteriores (Teixeira, 1999; Teixeira e Pinto, 2002) a formação deste relevo teria ocorrido no Plistocénico final.

A baía é limitada nas suas extremidades por arribas e na parte continental por calcarenitos miocénicos carsificados, sendo o paleorrelevo preenchidos por areias vermelhas pliocénicas e plistocénicas. É neste complexo cársico que se encaixam as ribeiras de Alcantarilha e de Espiche. Estas ribeiras drenam, respetivamente, bacias hidrográficas da ordem dos 204 e 41 km<sup>2</sup>, que

desaguam na baía, e podem debitar um volume de sedimentos da ordem dos  $6,9 \times 1000 \text{ m}^3/\text{ano}$  (Pinto & Teixeira, 2002). As zonas estuarinas daquelas linhas de água exibem uma morfologia de lagoa costeira, devido aos estados terminais de colmatação dos sistemas estuarino-lagunares holocénicos, atualmente mantidos isolados do meio marinho devido à presença de barreiras arenosas contínuas, mas que podem ser abertas naturalmente ou artificialmente por tempo determinado (Protalgarve, 2004).



**Figura 5:** Localização da zona de estudo, utilizando o Modelo Digital de Terreno (MDT) para a zona submersa e uma imagem em pancromática (Banda 8) do Landsat7 para a zona continental. No MDT as profundidades foram agrupadas em 10 classes de profundidades. Na imagem Landsat, os alvos de maior absorção do espectro do visível (verde e vermelho) e do infravermelho (IV Próximo), como as ribeiras, lagoas e vegetação densa estão em tons escuros enquanto alvos de maior refletância, como dunas, praias e construções, estão em tons claros. Em: **A** – Ribeira de Alcantarilha; **B** – Ribeira de Espiche (e Lagoa dos Salgados); **C** - Campo dunar (Praia de Armação de Pêra); **D** – Cabo Carvoeiro.

A morfologia da zona submarina da Baía de Armação de Pêra até à profundidade dos -25 metros é marcada pela presença de afloramentos rochosos, constituídos sobretudo por calcarenitos de granulidade variável (Teixeira e Pinto, 2002). Além disso, Magalhães (2001) no trabalho sobre os sedimentos de toda a plataforma continental portuguesa, destaca, entre outras regiões do Algarve, a deteção de rochas de praia submersas nesta zona.

Segundo Teixeira (1999), a zona submersa é composta por seis zonas geomorfológicas: A praia, a plataforma de abrasão natural, a plataforma de abrasão herdada, cornijas, bacia e barreira consolidada. Esta caracterização resultou da prospeção da zona, através de sonar de varrimento lateral complementada por mergulhos para observações *in situ* e recolha de amostras da superfície, para eventual exploração de areias para a alimentação artificial de praias.

Segundo Teixeira (1999), a barreira consolidada é uma crista de relevo a sul situada entre os 14 e 24 metros de profundidade, com aproximadamente 1 km de largura e 11km de comprimento, e com uma orientação NW-SE, ancorada próximo a Benagil (Lagoa) até as proximidades da praia do Castelo (Albufeira). Além disso, há uma depressão entre a crista e o continente. A formação da zona é incerta, mas abarcaria o Plistocénico final de acordo com trabalhos anteriores (Teixeira, 1999; Teixeira & Pinto, 2002).

A zona de maior importância para este trabalho é a área da barreira consolidada e a zona depressionada. Isto porque, devido à morfologia, pode-se tratar de um sistema paleolagunar semelhante ao sistemas atuais (Ria Formosa e Alvôr), desenvolvido durante as flutuações do nível médio do mar durante o Plistocénico, e que poderia ter grande atratividade para as comunidades humanas de caçadores-recolectores.

### III – MATERIAIS E MÉTODOS

A zona submersa da Baía de Armação de Pêra foi identificada e selecionada para investigação, no âmbito do projeto *SIGPAL* (Infantini, no prelo), devido à potencial preservação de paleolinhas de costa. Este projeto tem como objetivo a recolha, tratamento e gestão de informações geoespaciais como imagens e Modelos Digitais de Terreno (MDT) e de sítios arqueológicos paleolíticos e mesolíticos do Algarve.

Devido a dificuldades logísticas de se investigar em zonas submersas, foi necessário o desenvolvimento de duas abordagens de pesquisa. Por um lado, foi necessário desenvolver uma metodologia para a recolha de amostras em contexto subaquático, e, por outro lado, o desenvolvimento e gestão de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) para a caracterização, análise morfológica e para a definição de um plano de amostragem na região a ser investigada.

Numa primeira abordagem, recorreu-se aos chamados Sistemas de Informações Geográficas (SIG), que podem ser definidos como ferramentas computacionais do geoprocessamento e que permitem a realização de análises complexas, ao integrar diversas fontes de dados e a criação de bases de dados georreferenciadas (Câmara *et al.*, 2001). Neste contexto, utilizaram-se diversas ferramentas computacionais de acesso livre, como o sistema operativo GNU/Linux Ubuntu e os softwares SPRING, Mirone e Quantum GIS, em conjunto com a utilização de dados de diversas fontes de acesso livre como imagens do satélite Landsat 7 e o Modelos Digitais de Terreno. Neste sentido, com base no SIG, várias operações foram realizadas a partir do modelo digital do terreno (DTM), como o cálculo de inclinação de vertentes, reconstrução da rede de drenagem da região e o planeamento de missões de recolha de amostras subaquáticas (anexo 3).

### 3.1 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Nos últimos anos tem-se intensificado a utilização de ferramentas ligadas aos chamados Sistemas de Informação Geográfica (SIG) em diversos campos científicos como a Geografia, Geologia, Arqueologia, entre outros, para atividades tão díspares como o planeamento urbano ou a reconstituição paleoambiental.

Este facto deve-se em grande parte ao desenvolvimento a partir de meados do século XX da tecnologia informática, que possibilitou o armazenamento e a representação da informação geográfica em ambiente computacional, abrindo espaço para o aparecimento do Geoprocessamento (Câmara *et al*, 2001).

Nesse sentido, o termo Geoprocessamento significa a disciplina do conhecimento que se utiliza de técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica. Os chamados Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são as ferramentas computacionais do geoprocessamento que permitem a realização de análises complexas, ao integrar diversas fontes de dados e a criação de bases de dados georreferenciadas (Câmara *et al*, 2001) .

#### 3.1.1 Definição

Um Sistema de Informação Geográfica pode ser definido como:

*“O termo Sistemas de Informação Geográfica (SIG) é aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos e recuperam informações não apenas com base em suas características alfanuméricas, mas também através de sua localização espacial; oferecem ao administrador (urbanista, planejador, engenheiro) uma visão inédita de seu*

*ambiente de trabalho, em que todas as informações disponíveis sobre um determinado assunto estão ao seu alcance, interrelacionadas com base no que lhes é fundamentalmente comum – a localização geográfica. Para que isto seja possível, a geometria e os atributos dos dados num SIG devem estar georreferenciados, isto é, localizados na superfície terrestre e representados numa projeção cartográfica. ” (Câmara et al., 2001).*

Pode também ser simplesmente definido como um sistema de informação que contém informação georreferenciada, ou seja, uma informação associada a uma posição (Matos, 2008). São estes atributos que definem a miríade de utilizações em diferentes campos do conhecimento.

De facto, os SIGs têm desempenhado diversas funções em diversos segmentos do conhecimento, permitindo inclusive a interligação de diversas ciências, demonstrando uma faceta inter e multidisciplinar na ciência.

Neste sentido, o presente trabalho cruza informações de diversos campos científicos, como Geologia, Geomorfologia e Arqueologia para, em última análise, tentar reconstituir as condições paleoambientais da zona em estudo e analisar as implicações deste paleoambiente sobre as comunidades humanas que habitavam este território.

Neste contexto, preconizou-se a utilização de dados de diversas fontes, como modelos digitais de terreno, imagens de satélite, cartas militares, em conjunto com a utilização de diversas ferramentas computacionais de acesso livre (*Open Source*), como os softwares Spring e Quantum GIS, de modo a atingir estes objetivos.

### **3.1.2 Free and Open Source Software**

Uma das prerrogativas deste trabalho foi a utilização total de softwares livres ou de código aberto para a elaboração de todos os processos de desenvolvimento deste trabalho, tanto por questões ligadas a chamada “*open source initiative*”, quanto por questões financeiras, de aprendizagem e divulgação.

A origem do movimento software livre pode ser atribuída a Free Software Foundation (FSF), fundada por Richard Stallman em 1985. Anos antes, Stallman iniciou um projeto de um sistema similar ao sistema operacional Unix, o GNU, construído coletivamente devido a problemas de licenciamento do Unix.

A Licença Pública Geral, ou GPL (General Public License) criada pela FSF funciona de forma distinta das que regulam o uso da maioria dos softwares (softwares restritivos ou proprietários), estabelecendo, previamente, que todos têm o direito de **utilizar, copiar, alterar, distribuir** o código dos softwares livres, desde que a autoria seja mantida. Estas quatro liberdades fundamentais estão no cerne do movimento do software livre (e.g. Evangelista, 2005).

O “movimento” difundiu-se principalmente durante a década de 1990 devido à grande expansão da Internet que possibilitou a troca de informações e a criação de uma “cultura”. Neste contexto, surge em 1991 a primeira versão de um sistema operacional livre de alcance internacional, o GNU/Linux, devido a criação do *kernel* Linux por Linus Torvalds, que completou o projeto iniciado pela FSF (Evangelista, 2005).

Entretanto, a nomenclatura *software livre* e *código aberto* está envolta em um debate ético e político. Ambos seguem as quatro prerrogativas fundamentais criados por Stallman e pela FSF. Contudo, a denominação software livre (*Free software*) está ligada a um discurso acerca dos

direitos, liberdades e questões éticas, enquanto a denominação código aberto (*Open source*), criado pela Open Source Initiative (OSI), tenta evitar principalmente a errada relação que se estabelece entre o termo livre e grátis, de modo sustentar uma imagem alternativa ao modelo de negócio da indústria de softwares. Uma forma de se referir na generalidade as duas nomenclaturas é a utilização do termo “FOSS” ou “FLOSS” (Free/Libre and Open Source Software) (e.g. Evangelista, 2005).

São inúmeras as vantagens em relação aos softwares livres, entre as quais podemos citar:

- Custo zero em relação a aquisição de softwares, o que torna viável a aplicação de fundos em outras áreas de um projeto.
- Maior ligação entre utilizadores e desenvolvedores através da Internet através de fórum e comunidades de utilizadores e desenvolvedores
- Desenvolvimento de ferramentas e funcionalidades específicas mediante as necessidades individuais ou coletivas, a partir do código-fonte aberto
- Atualização e correção de “bugs” mais rápida e eficiente, uma vez que há maior contributo dos utilizadores e desenvolvedores. Deste modo, pode-se afirmar que o software evolui mais rapidamente.
- Maior segurança, uma vez que há maior supervisão da comunidade do código-fonte do software

### **3.1.3 Sistema Operativo e Softwares**

Para este trabalho foram utilizados vários softwares para a gestão de informações georeferenciadas, tendo em comum o princípio de software livre ou de código aberto, incluindo o sistema operativo.

Sistema operacional ou operativo pode ser definido simplesmente como um conjunto de aplicativos, ou programas, com a função de gerir os recursos do sistema tais como processador, memória, sistema de ficheiros, entre outros, assim como fornecer uma interface destas operações entre o utilizador e o computador.

### 3.1.3.1 *Ubuntu GNU/Linux*

O Ubuntu é um sistema operativo *open source*, construído em torno do núcleo GNU/Linux baseado na distribuição (distro) Debian, sendo atualmente o sistema operativo livre mais popular do mundo. O sistema utilizado neste projeto foi o Ubuntu v11.10 (Oneiric Ocelot).

O sistema é desenvolvido pela comunidade Ubuntu, patrocinado pela Canonical Ltd., e tendo como filosofia o oferecimento de um sistema em que qualquer pessoa, independente da nacionalidade, nível de conhecimento ou limitação física possa utilizar sem dificuldades. O sistema operativo é oferecido com um pacote de software livres, como navegador de Internet, aplicativos de edição de texto, planilhas, apresentação, entre outros, além de oferecer o centro de programas Ubuntu, que permite descarregar gratuitamente outros softwares não específicos indisponíveis na versão básica como aplicativos SIG, base de dados e software científicos, entre outros.

Outra vantagem na utilização do Linux é a possibilidade de utilização de software e aplicativos do Windows no ambiente de trabalho através da utilização do software Wine. O Wine, ou **Wine Is Not Emulator**, é um projecto que permite a execução de softwares *for Windows* através da implementação livre de bibliotecas do Windows.

### 3.1.3.2 SPRING

Um dos Sistemas de Informação Geográficos utilizado neste trabalho foi o SPRING versão 5.1.8 para Linux. O SPRING, ou Sistema de **P**rocessamento de **I**nformações **G**eorreferenciadas, é um SIG com funções de processamento de imagens, análise espacial, modelação numérica de terreno e consulta a bancos de dados espaciais, desenvolvido pela Divisão de Processamento de Imagens (DPI) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) do Brasil (Câmara *et al.*, 1996).

O SPRING é um banco de dados geográfico de segunda geração, criado para ambientes UNIX e Windows com a característica de operar como um banco de dados geográfico sem fronteiras e suportando um grande volume de informações (sem limitações de escala, projeção e fuso), mantendo a identidade dos objetos geográficos (INPE, 2009).

O SPRING administra tanto dados matriciais quanto vetoriais, sendo capaz de também de realizar a integração de dados de detecção remota, além de prover um ambiente de trabalho amigável em combinação com uma linguagem espacial de fácil utilização (LEGAL - Linguagem Espaço-Geográfica baseada em Álgebra) (INPE, 2009). Além disso, é capaz de operar com toda sua funcionalidade em ambientes diversos como microcomputadores a estações de trabalho RISC de alto desempenho. Esta característica, de extrema importância, é a de que, a estrutura de dados é a mesma quando se trabalha em um micro computador e em uma máquina RISC (Estações de Trabalho UNIX), não havendo necessidade de conversão de dados. O mesmo ocorre com a interface do SPRING, não existindo diferença no modo de operação do SPRING (INPE, 2009).

O SPRING é distribuído com os módulos SCARTA e IMPIMA, que são módulos responsáveis por produzirem cartas para impressão e para a leitura de imagens de satélite. Além disso, o SPRING

conta com um suporte virtual como um fórum e uma comunidade virtual, sendo possível o esclarecimento de questões on-line.

### 3.1.3.3 *Quantum GIS*

O Quantum GIS, ou QGIS (Quantum GIS Development Team, 2011), é um Sistema de Informação Geográfica open source multiplataforma licenciado sob a GNU/General Public License e é um projeto oficial da Open Source Geospatial Foundation (OSGeo).

O QGIS suporta numerosos formatos vetoriais e matriciais (raster), além de bases de dados espaciais, geodatabases e outras funcionalidades. Este SIG também permite a integração com outros módulos (plugin) open source como o GRASS, Sextante, PostGIS, MapServer, entre outros, além de poder integrar bases de dados como o PostgreSQL e o MySQL. A versão utilizada neste projeto foi a versão 1.7.3 *Wroclaw*.

### 3.1.3.4 *Mirone*

Mirone é uma ferramenta baseada em MATLAB (software interativo para cálculo numérico) que permite a visualização e manipulação de um grande número de formatos da grid e imagens através de sua interface com a biblioteca de dados geoespaciais (GDAL). O seu objetivo principal é fornecer aos utilizadores uma interface gráfica de fácil utilização para manipulação de malhas GMT (Generic Mapping Tools) (Luis, 2007). Apesar de não ser um sistema de informação geográfico, o Mirone conta com inúmeras aplicações para as geociências e outras ciências, como georeferenciación de imagens, medições de distâncias e áreas, entre outras utilizações.

O Mirone é disponibilizado em versões *source code* para utilização em conjunto com o MATLAB e a versão *Standalone* para utilização sem o MATLAB para o sistema Windows, entretanto para MAC e Linux estão disponíveis apenas as versões *source code*. A versão utilizada neste projeto foi a Mirone 2.0 para Windows standalone, utilizando para tal o software Wine 1.4rc5 para permitir a execução do Mirone em ambiente Linux, visto que o MATLAB é um software restritivo em relação a licença.

### **3.1.4 Fontes de Informação**

As mais importantes fontes de informações georreferenciadas utilizadas neste projeto foram as a seguir indicadas:

#### *3.1.4.1 Modelo Digital de Terreno*

Um Modelo Digital de Terreno (MDT) ou Modelo Numérico de Terreno (MNT) pode ser definido como um conjunto de dados em suporte numérico que permita associar, em qualquer ponto definido sobre o plano cartográfico, um valor correspondente à sua altitude (Matos, 2008).

As vantagens destes modelos, no respetivo projeto, residem na capacidade de produzirem, além da sua altitude em qualquer ponto, perspetivas em três dimensões que auxiliam em simulações de paisagem. No caso das simulações do Nível Médio do Mar (NMM) durante a Pré-História, é preciso informações de carácter altimétrico e batimétrico da margem continental, devido às variações do NMM.

Desta forma, para a altimetria da zona do Algarve, recorreu-se primeiramente aos dados do SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) (Jarvis *et al.*, 2008). Estes dados consistem na aplicação de um

sistema de Radar para a obtenção de um modelo digital de terreno que cobre grande parte do globo terrestre. Este MDT conta com uma resolução espacial (ou cada pixel da imagem) de 90 metros, sendo satisfatório para a análise em questão.

Por outro lado, para a caracterização do leito submarino foi utilizada a batimetria da região do Algarve, com uma resolução espacial de 50 metros (Luís, 2010). Apesar deste MDT atingir profundidades abissais ao largo da costa algarvia, estas informações foram eliminadas, visto que a área de interesse se situa acima da profundidade de -200 metros.

Tendo em consideração os dados mencionados, foi então possível construir um modelo digital da plataforma continental da região em estudo, no qual é possível representar a morfologia submarina, calcular e comparar os declives que, podem ser correlacionados com alguns processos costeiros como por exemplo, a acumulação de dunas e observar claramente a relação geométrica dos aspetos morfológicos com a presente linha de costa. Estes dados constituem a primeira aproximação ao estudo de áreas submersas, já que, através da fisiografia é, muitas vezes possível determinar em que tipo de ambiente se acumularam os corpos sedimentares. Não menos importante, permite delinear uma campanha de amostragem subaquática onde, perante as dificuldades associadas, é crucial uma boa aproximação a morfologia da área de estudo.

#### *3.1.4.2 Landsat-7*

O programa Landsat é o mais antigo programa de observação da terra sendo gerido pela NASA e pelo USGS dos Estados Unidos, tendo sido lançado o LandSat-1 em 1972 e o último lançamento, o Landsat-7, em 1999. Grande parte das imagens deste programa estão disponíveis gratuitamente.

O Landsat-7 conta com o sensor ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) que conta com sete

bandas espectrais que registam informações nas bandas (espectro electromagnético) do Vermelho, Verde e Azul, Infravermelho próximo, Infravermelho médio (2) e Infravermelho térmico, além de uma banda pancromática. A resolução espacial destas imagens, ou seja, a menor dimensão de imagem registada, é de 30 metros, exceto a banda termal (60 metros) e a banda pancromática (15 metros) (Matos, 2008). Estas imagens espectrais registam além das formas dos objetos na superfície terrestre, algumas das propriedades biológicas, físicas e químicas (Florenzano, 2008). Neste sentido, auxiliam na identificação de corpos como lagoas e rios, assim como areais de dunas, entre outros. A imagem utilizada foi adquirida no dia 25 de Maio de 2003.

#### *3.1.4.3 Cartas Geológicas e Militares*

As cartas Geológicas e militares oferecem um recurso extra para a identificação de morfologias e topónimos, assim como as principais características geológicas da região como a composição das formações, identificação de falhamentos, entre outros.

As cartas militares da Série M888 tem uma escala 1/25000 e conta com uma exatidão da ordem dos 2,5 m, enquanto que as cartas geológicas estão disponíveis na escala 1/50000. As cartas em formato matricial (raster), derivadas de imagens do formato em papel poder ser georreferenciadas de modo a serem utilizadas nos SIGs, sendo utilizadas neste trabalho as cartas militares 604 e 605, e a carta geológica 52-B.

#### *3.1.4.4 Base de Dados Arqueológicos*

Do ponto de vista arqueológico, o Algarve é uma região que conta com um considerável número de sítios arqueológicos de diversas cronologias. Em termos pré-históricos, há um elevado número de

sítios arqueológicos do Paleolítico Superior, sobretudo situados no Barlavento algarvio e descobertos devido a projetos de cartas arqueológicas e projetos financiados de prospeção de sítios (Bicho, 2004).

Tais sítios estão atualmente catalogados na maior base de dados de sítios arqueológicos existente em Portugal, o Endovélico – Sistema de informação e gestão arqueológica. Este sistema, gerido atualmente pelo IGESPAR (Instituto de Gestão do Património Arquitectónico e Arqueológico), foi constituído principalmente no contexto de criação do IPA (Instituto Português de Arqueologia) em 1997 através da sua Divisão de Inventário (Divisão de Inventário do IPA, 2002).

Contudo, o Endovélico foi dimensionado para gerir todos os períodos históricos dentro do território português. Para uma melhor gestão das informações sobre os sítios arqueológicos pré-históricos da região do Algarve, tornou-se necessário a criação de uma base de dados específica sobre estes mesmos sítios em conjunto com um Sistema de Informação Geográfica (SIG).

Em relação aos sítios arqueológicos, as informações básicas, como a localização espacial dos mesmos, foram inseridas numa base de dados espacial. Esta foi desenvolvida em linguagem SQL de modo a seleccionar e armazenar os dados provenientes do Endovélico, visto que as informações são provenientes de tabelas distintas, tendo em comum o CNS (Código Nacional de Sítio). A escolha desta base deveu-se à sua facilidade de interação com os SIG's. Os mais de 3.000 registos contendo todos os sítios paleolíticos e mesolíticos de Portugal foram comparados com todos os sítios arqueológicos da região do Algarve e resultaram na seleção de 155 sítios destes períodos no Algarve, distribuídos em 185 cronologias, visto que alguns sítios têm ocupações sucessivas (Infantini, no prelo).

Nas as imediações da Baía de Armação de Pêra destacam-se dois sítios arqueológicos de importância para o presente trabalho (anexo 3). O sítio Praia da Galé com dois níveis arqueológicos atribuídos ao Paleolítico Médio (*ca.* 150ka - 30ka) e ao Magdalenense Médio (16ka - 14ka), e Praia da Albandeira, classificado como um sítio de cronologia do Magdalenense Final ao Terminal, isto é, entre 14.000 a 9.000 anos (Bicho, 2004; Mendonça, 2009; Infantini e Mendonça, no prelo).

### 3.2 AMOSTRAGEM

Tendo em vista a dificuldade para a obtenção de amostras de rochas em contexto subaquático e da dimensão deste projeto, teve que ser desenvolvido um amostrador para a recolha de amostras em profundidades acessíveis.

Foi necessário estabelecer alguns critérios necessários para o desenvolvimento deste equipamento:

- a)** Ser possível recolher amostras em contextos submersos através de mergulho, em contexto de rochas carbonatadas.
- b)** Ser capaz de recolher amostras além da camada superficial, de modo a reduzir os efeitos de organismos aquáticos nas amostras.
- b)** Ter reduzida dimensão e peso, além de ter mobilidade e ser de fácil manuseio quando em operação.
- c)** Ter um valor económico reduzido para ser utilizado em pequenos projetos e recolhas, permitindo pequenas missões

Deste forma, o desenvolvimento centrou-se na utilização de uma broca acionada a ar comprimido através da utilização de um segundo cilindro ou garrafa de mergulho. O sistema desenhado utilizada

as mesmas prerrogativas do sistema SCUBA de mergulho autónomo, utilizando um regulador de pressão para a redução da pressão de ar do garrafa de mergulho.

De uma maneira geral, no sistema SCUBA, as garrafas utilizam uma pressão de 200 BAR e há um regulador de pressão em dois estágios para fornecer ar ao mergulhador na pressão ambiente. Um primeiro estágio reduz a pressão de 200 BAR para uma pressão intermediária de aproximadamente 10 BAR, enquanto um segundo estágio regula esta pressão de 10 BAR para uma pressão ambiente.

No sistema de recolha, foi utilizado uma broca ou berbequim a ar comprimido que utiliza uma pressão de trabalho de 6 BAR, utilizando apenas o primeiro estágio do regulador para a redução da pressão a 10 BAR, e a utilização de um outro regulador de pressão variável para uma regulação da pressão de 0 até 10 Bar, não sendo necessário o segundo estágio.

A conveniência neste tipo de utilização é que, é possível regular a pressão de trabalho da broca a pressões mais baixas de trabalho do equipamento, traduzindo-se na possibilidade da redução da rotação conforme a necessidade do operador. Por outro lado, o inconveniente foi a redução do caudal de ar fornecida a broca. Para a segurança, foi incluída uma torneira após o adaptador, de maneira a que todo o suprimento de ar possa ser fechado imediatamente através do fecho desta torneira.

Podem ser utilizadas as mais diversas brocas ou craniais neste sistema. No presente projeto optou-se pela utilização de brocas ou serras craniais de 30 mm de espessura, soldadas em um tubo de aço também de 30mm de espessura, embora o comprimento possa ser variável, consoante a necessidade de amostras mais profundas.

O amostrador (fig. 6) então é composto por :

- 1- Regulador de pressão (primeiro estágio) SCUBA;
- 2- Mangueira de baixa pressão – até 12 BAR;
- 3- Adaptador para a conexão de um segundo estágio para a rosca de ¼” em conjunto com torneira;
- 4- Regulador de pressão variável com manómetro (0 a 10 BAR);
- 5- Berbequim a ar comprimido;
- 6- Brocas de 30 mm;

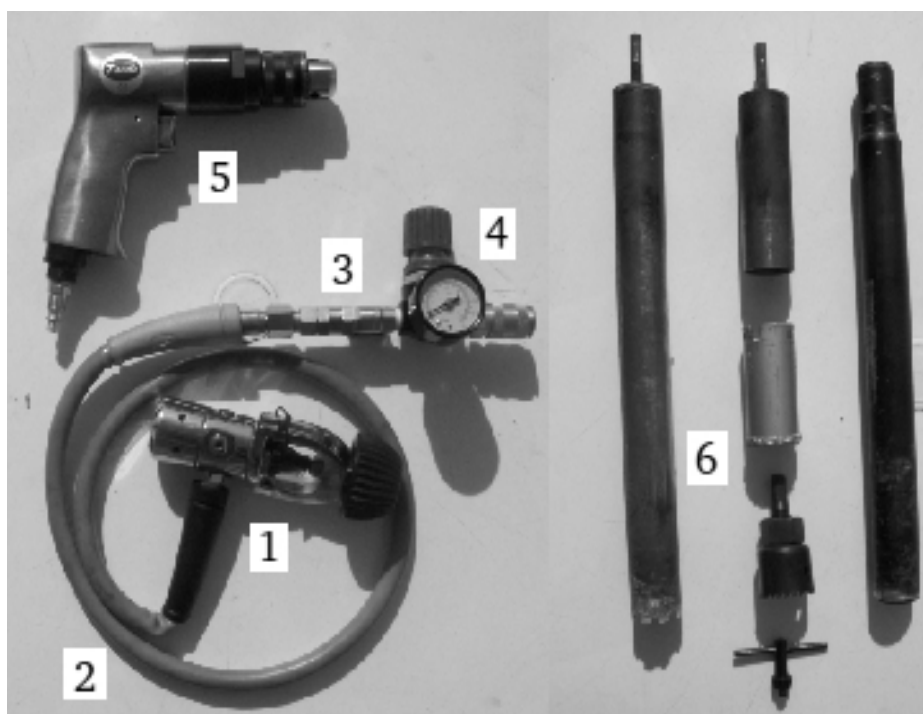


Figura 6: Caracterização do sistema de amostragem e seus principais componentes

Em uma primeira missão de recolha de amostras e de teste do equipamento, foram feitos 6 furos entre 7 e 10 metros de profundidade no fundo rochoso ao largo da Praia da Albandeira, no concelho de Lagoa. Foram utilizados duas garrafas de aço de 15 litros, uma para o equipamento e outra para o suprimento de ar para o operador, permitindo um mergulho de aproximadamente 40 minutos e a retirada de 6 amostras em com aproximadamente 5 cm de comprimento e 2,8 cm de espessura.

Outra missão de recolha de amostras foi executada ao largo da Baía de Armação, entre os 25 e 14 metros de profundidade, obtendo-se duas amostras pelo sistema descrito acima e outras amostras recolhidas na superfície rochosa (fig. 7). Além disso, foram obtidas nesta missão imagens subaquáticas da zona de estudo.

Os locais de amostragem foram seleccionados em perfis batimétricos previamente elaborados a partir do SIG e do MDT. Utilizámos ainda quatro amostras de outras localizações fornecidas pela Divespot Lda (Miguel Rodrigues) e pelo Centro de Mergulho Científico da UAlg (Pedro Neves), perfazendo um total de nove amostras estudadas (tabelas 1, 2 e 3 – anexo 1).



Figura 7: 1- Imagens dos trabalhos de amostragem, com o sistema pneumático desenvolvido acima, a 16 metros de profundidade; 2 (esquerda), 4, 5 e 6 (abaixo)- Amostras retiradas com o amostrador; 2 (direita), 3 - Amostras recolhidas a superfície; 6 – Case em PVC para a proteção da amostra obtida com o sistema pneumático de extração.

### 3.3 ANÁLISES TEXTURAIS

As amostras recolhidas foram tratadas com  $H_2O_2$  a 110 v. para a limpeza de organismos marinhos vivos. Posteriormente, foram imersas numa solução de HCl a 20% para determinar a quantidade de carbonato de cálcio total (por diferença de peso, antes e depois da digestão em ácido). A fração detritica foi peneirada mecanicamente num jogo de crivos com intervalo de malha de  $\frac{1}{2} \Phi$  (tabela 1 – anexo 1). A análise dos parâmetros estatísticos foi realizada através da aplicação Gradistat (Blott, 2010). Além disso, foi calculada a porosidade (tabela 2 – anexo 1) da areia através da adição de água e medição do volume.

Duas amostras foram datadas por radiocarbono no laboratório Waikato, Nova Zelândia. As restantes amostras não foram enviadas para datação, pois, por observação macroscópica verificou-se que a atividade biológica atual afeta toda a amostra, como por exemplo, tubos carbonatados de poliquetas.

Neste capítulo, pretende-se analisar os principais resultados da investigação obtidos a partir da utilização dos sistemas de informação geográfica.

### 4.1 MORFOLOGIA

#### 4.1.1 Declives

Com a utilização do Modelo Digital de Terreno (MDT) da zona submersa (Luís, 2010) foi possível construir um mapa de declives da zona (fig. 8), reclassificando as classes de declives em quatro grupos principais a fim de se identificar as principais ruturas de declive e plataformas litorais (zonas rochosas aplanadas).

A zona de estudo (submersa) é composta predominantemente por categorias de declive entre os 0 a 2%, gradiente comum em plataformas continentais. Contudo, a existência de ruturas no pendor, com declives entre os 2 a 4% associados às profundidades de -15, -18, -21, -24 e -26 m indicam que estas profundidades estão ligadas ao sucessivo processo de formação do cordão litoral através da deposição de sedimentos, ou podem ter sido esculpidos pelas mudanças do nível do mar depois da consolidação deste cordão.

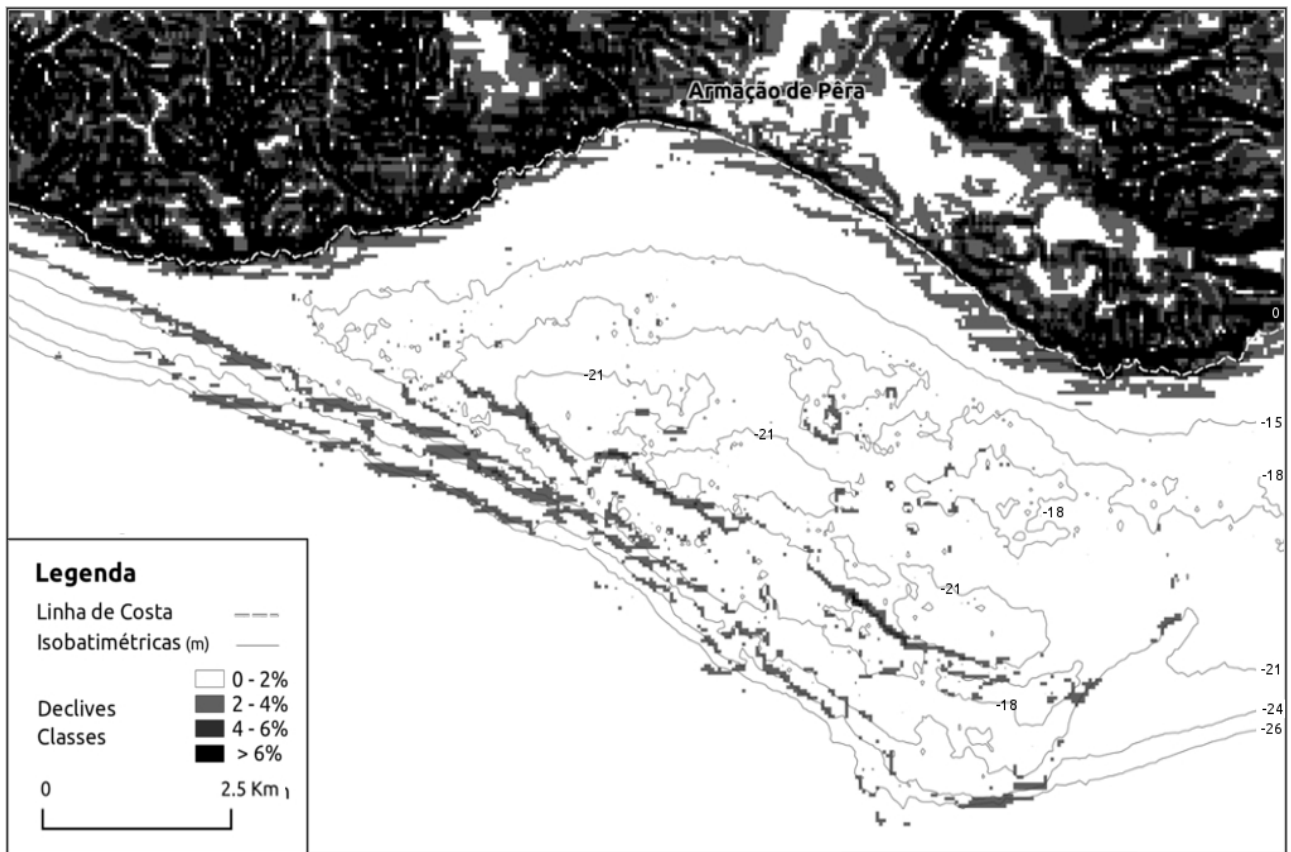


Figura 8: Mapa de declives do sector, agrupados em 4 classes, em conjunto com as isobatimétricas dos -15m, -18m, -21m, -24m, -26m e metros de profundidade.

#### 4.1.2 Rede de drenagem

Com o módulo de extensão GRASS do QGIS, foi criada a rede de drenagem da zona emersa e submersa (fig. 9), a partir do MDT. Deste modo, foi colocada em evidência a existência de paleocanais da rede de drenagem na zona submersa da baía, que foram possivelmente esculpidos quando o nível médio do mar foi mais baixos que o presente.

A validade desta rede de drenagem pode ser verificada pela proximidade e pela continuidade da rede construída com a rede atual através das cartas militares e imagens de satélite. Contudo, a partir dos -40 metros há deterioração dos resultados, devido tanto a morfologia da plataforma quanto da resolução espacial do MDT. Por outro lado, devido a características matemáticas, o modelo não leva em conta depressões no terreno, onde pode ter havido o acúmulo de massas de água (ver anexo 2).

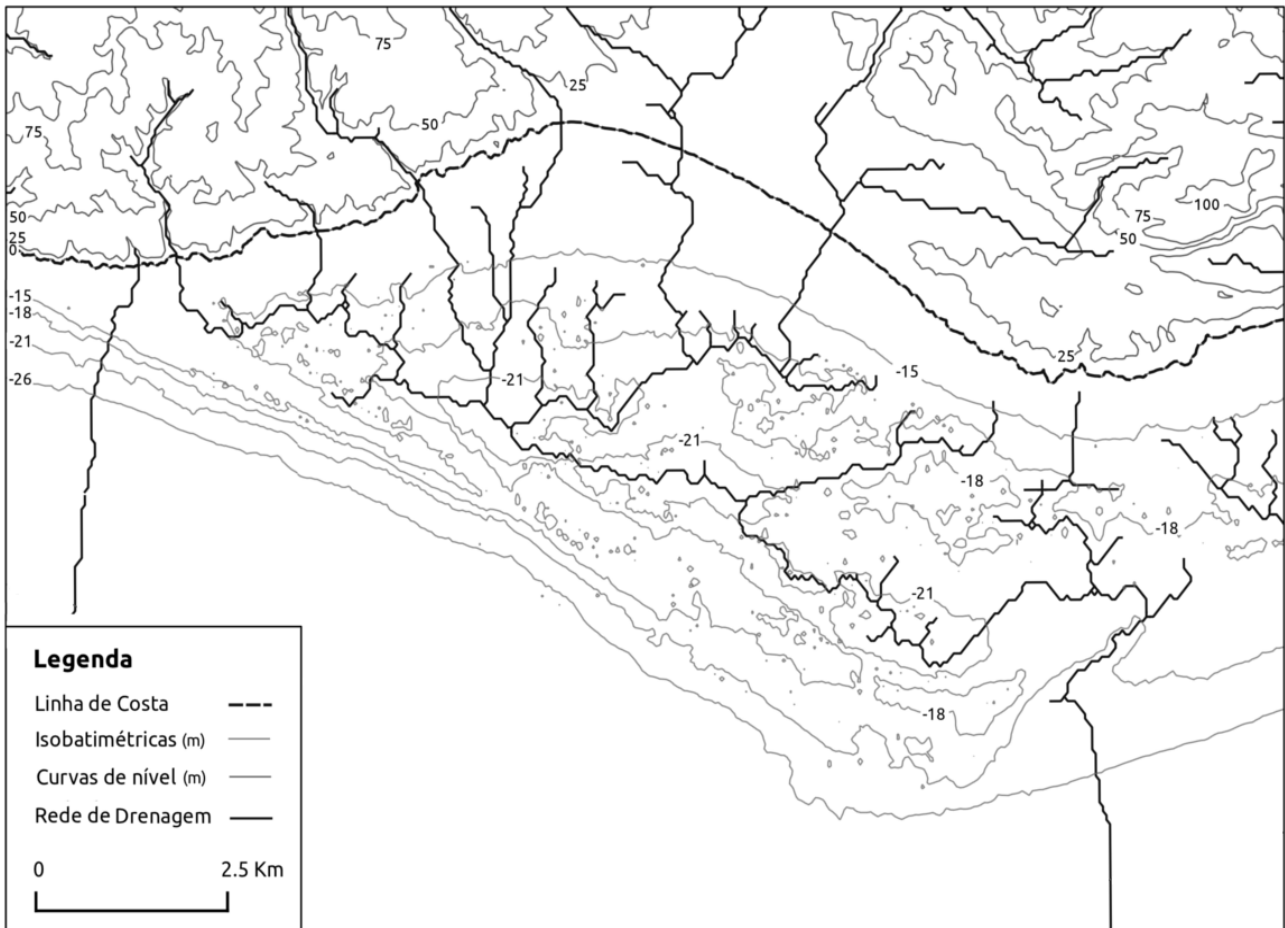


Figura 9: Rede de drenagem em conjunto com as isobatimétricas dos -15m, -18m, -21m, -26m e curvas de nível com espaçamento de 25 metros.

#### 4.2 ANÁLISES TEXTURAIS

A percentagem de carbonato de cálcio total das amostras analisadas varia entre 47% a 80% (tabela 1 – anexo 1; anexo 3). As amostras com teor em carbonato mais elevado são AL-01 e AL-02 localizadas em Praia de Albandeira a uma profundidade de aproximadamente -7 metros.

Em termos de granulometria, a média variou entre 1,14 a 2,78  $\Phi$ , isto é entre areia fina e areia média variando de moderadamente calibrada a bem calibrada (tabela 1 – anexo 1). A assimetria situa-se entre 0.7 e -3.6, sendo nas amostras PC-SL e PT-1F maiores que 0.1.

Foi realizada uma análise morfoscópica dos grãos de quartzo, nas frações granulométricas 0.500, 0.355 e 0.250 mm. Nas amostras PT-1F, PT-1S, PT-2B, PC-SL e PC-SP (tabela 1 – anexo 1; anexo 3) o quartzo é principalmente hialino com precipitação de óxidos de ferro na superfície. Os grãos de quartzo são sub-angulosos a muito angulosos. Após limpeza com ultra-sons, os grãos revelaram-se brilhantes com frequentes marcas de dissolução e marcas de impacto em crescente e em cúpula com figuras de cisalhamento em feixe. No interior de algumas cavidades de dissolução ocorrem ocasionais inclusões de pirite. Não foram observados minerais pesados nestas frações granulométricas. Foram estudadas lâminas delgadas produzidas numa sub-amostra da amostra que foi datada. Os cristais de calcite entre os grãos de quartzo são de pequenas dimensões e irregulares. As amostras AL-01 e AL-02 (tabela 1 – anexo 1; anexo 3) são compostas por areia fina vasosa cinzenta com ocasionais grãos de pirite e abundantes tubos de vermes construídos com o sedimento detrítico aglutinado.

Em relação a porosidade do sedimento, estimou-se este parâmetro nas amostras PT-1S, PT-2B e PC-SP, com uma média de 54% de porosidade.

### **4.3 DATAÇÕES**

No decorrer deste trabalho, foram executadas até o momento, uma missão de recolha de superfície de sedimentos e rochas para datação por radiocarbono. Nesta primeira missão não foi utilizado o sistema de recolha de amostras referido anteriormente, tratando-se mais da recolha de amostras de rocha (AP-01) na superfície das crista rochosa e a recolha de areias biogénicas (AP-02), ambas a uma profundidade de aproximadamente -18 metros (anexo 3).

As areias biogénicas (AP-02) tem uma idade bastante recente (tabela 3 – anexo 1). A realização

desta datação resultou do facto de o sedimento recolhido durante mergulho pudesse conter elementos biogénicos bem preservados. Tal facto só é possível quando ficam preservados abaixo do nível de base das ondas. Assim, existia uma hipótese de constringer temporalmente o fecho da provável paleolaguna à erosão pelas ondas e contribuir assim para a reconstituição da evolução desta zona costeira.

Em contraste, a datação AP-01 (tabela 3 – anexo 1), proveniente de parte da crista rochosa aponta para a sua formação em um intervalo compreendido entre os 19 618 a 20 145 cal BP ( $1\sigma$ ). Esta data calibrada (fig. 10) foi obtida pelo software Oxcal (Bronk Ramsey, 2001; Reimer *et al*, 2009) utilizando o efeito reservatório de  $380 \pm 30$  anos obtido por Soares (1993) para Portugal.

Contudo na amostra AP-01 foi datada a rocha total (cimento) pelo que esta datação tem que ser interpretada com precaução, uma vez que há uma série de problemas associados à datação deste contexto, como por exemplo, contaminação por atividade biogénica, assim como efeitos de carbonatos fósseis.

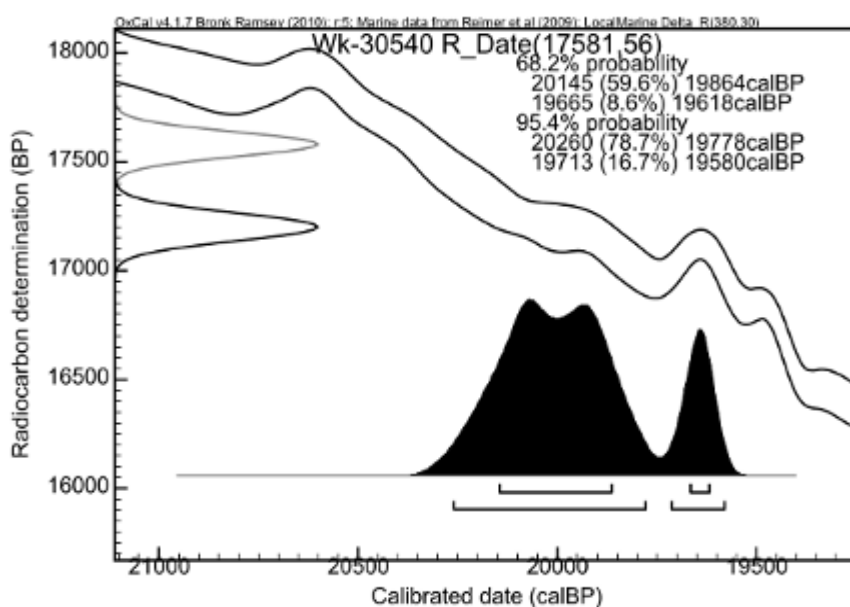


Figura 10: Resultado da calibração da amostra AP-01 pelo software OxCal v4.1.7.

Nos trabalhos de Teixeira e Pinto (2002), foram obtidas outras duas datações de radiocarbono para a zona submersa, de um total de cinco amostras para a baía de Armação de Pera. As amostras de rocha submersas foram obtidas a profundidades de -9 e -15 metros, e obtendo resultados de  $42710 \pm 670$  e  $>51030$  BP, respetivamente. Contudo, foram datadas conchas dos calcarenitos submersos, e como citado anteriormente, estes resultados também devem ser vistos com cautela.

### 5.1 MORFOLOGIA

A estrutura sedimentar submersa aproximadamente paralela à linha de costa (praia de Armação de Pêra) e dela afastada de cerca de 4 km apresenta fisiografia compatível com uma paleorrestinga arenosa (posteriormente litificada) construída aproximadamente a partir do Cabo Carvoeiro/Benagil, onde se encontra ancorada (fig. 5).

As restingas arenosas resultam da acreção sedimentar em meio subaquático abaixo do nível de base das ondas e encontram-se frequentemente a barlamar de desembocaduras de rios (Ciavola, 1997; Simms *et al.*, 2006; Costas & FitzGerald, 2011). O Cabo Carvoeiro é um obstáculo natural à deriva longilitoral predominantemente de W (Dias, 1988) pelo que, a perda de eficácia de transporte teve como consequência a acumulação de uma restinga arenosa até aproximadamente ao paleoestuário das ribeiras de Alcantarilha e de Espiche onde encurva para o continente (fig. 8 e 9). De facto, analisando o prolongamento subaquático da rede de drenagem aérea, pode situar-se localização da principal descarga fluvial na extremidade leste da restinga, aos -19 metros de profundidade. A instalação desta restinga teve como consequência o desenvolvimento de uma laguna abrigada das ondas, bem marcada na morfologia, a uma máxima profundidade de aproximadamente -22 metros, sendo que acima dos -19 metros há uma sensível abertura para o mar (ver anexo 2).

Destaca-se ainda que os declives na zona interna da barreira, em direção ao continente, estão associados apenas a profundidade de -18 metros, o que poderia indicar que este seria um dos níveis do mar no período de formação deste cordão litoral. Contudo, parece plausível que estes declives tenham sido criados na parte interna devido à exposição ao clima de agitação. De facto, em

mergulho observou-se declives mais acentuados e a preservação de formas cársticas nesta zona, ao contrário da zona externa (em direção ao mar) que é constituída por plataformas de abrasão. Além disso, verifica-se que no nível dos -19 metros de profundidade (fig. 3) a morfologia da zona de estudo apresenta uma configuração semelhante a um sistema lagunar. Nesta mesma profundidade, é possível perceber o perfil curvado deste cordão, o que, conjuntamente com a orientação NW-SE da paleorrestinga, indica que as condições de corrente longilitoral e direção preferencial das ondas eram semelhantes as atuais durante a sua génese.

Ainda, em mergulho, foram observadas várias formas cársticas, designadamente algares, a uma profundidade aproximada de -18 metros (fig. 11), sugerindo que este relevo esteve exposto a erosão subaérea.

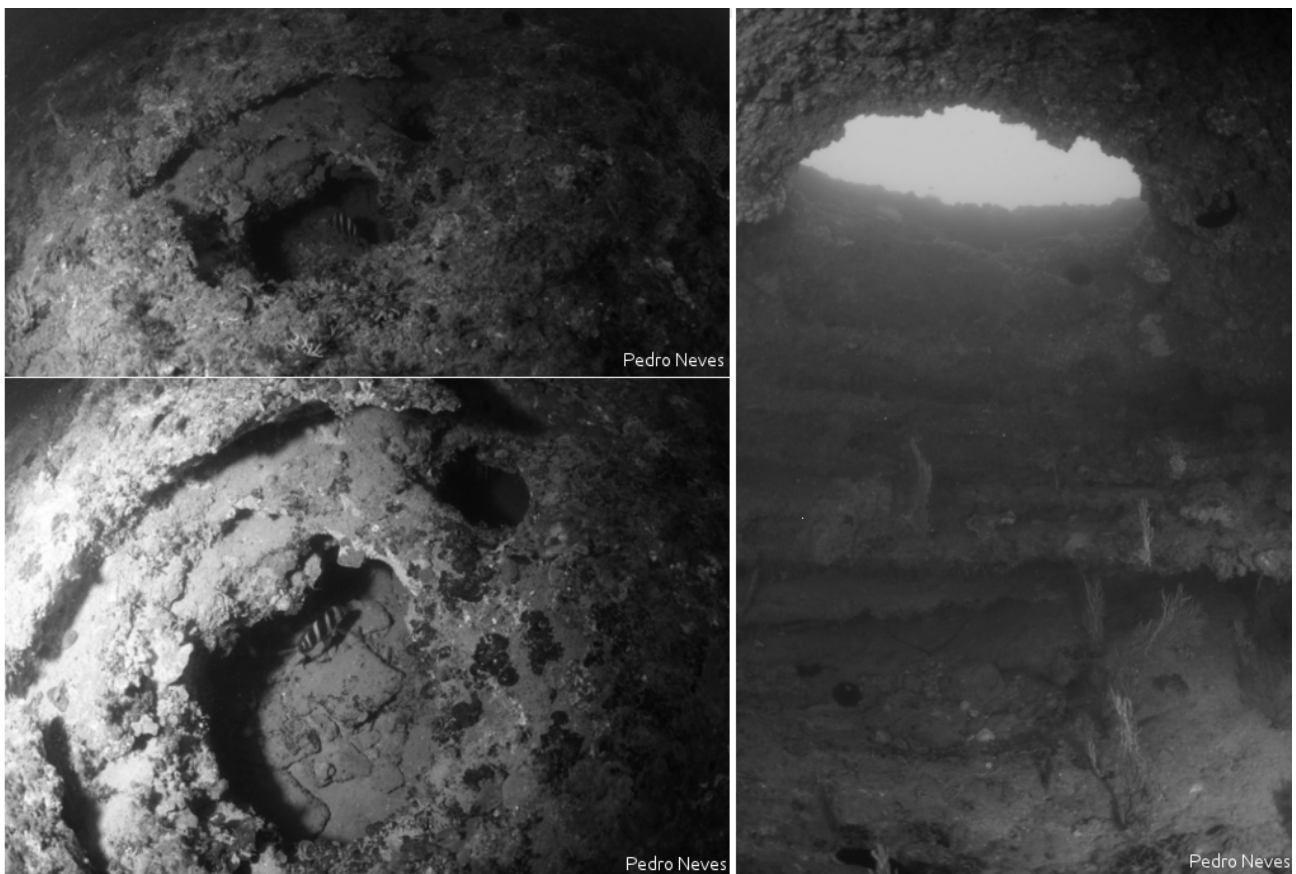


Figura 11: Formas cársticas fotografadas em mergulho, situadas nas proximidades dos locais de amostragem PC-SP e PC-SL (anexo 3).

## 5.2 CARACTERÍSTICAS DO SEDIMENTO

Assimetrias da distribuição granulométrica, inferiores a 0.1 tais como a das amostras PT-2B; PC-SP; PT-1S são características de sedimentos de praia (Tanner, 1995). As assimetrias superiores a 0.1 (amostras PT-1F e PC-SL) são características de sedimentos eólicos ou bacias marinhas restritas (Tanner, 1995). Porém, a conjugação das marcas de impacto em crescente e em cúpula com figuras de cisalhamento em feixe tal como identificadas em morfoscopia, são características de meios aquáticos de elevada energia (Azevedo, 1983). Se bem que, algumas dessas marcas possam também surgir em grãos de transporte eólico, a calibragem e as marcas de dissolução são características incompatíveis com este tipo de transporte. A dissolução dos grão de quartzo caracteriza ambientes marinhos sub-saturados em sílica principalmente em ambientes energéticos (Azevedo, 1983). O desvio padrão entre 0.3 e 0.5 é característico de praias maduras, isto é, com sedimento longamente trabalhado pelas ondas. Contudo, nenhuma das amostras está nestas condições. De facto, os grãos de quartzo são maioritariamente subangulosos a muito angulosos, mais compatíveis com a rápida deposição a partir de um fluxo desacelerado do que com o sucessivo transporte pelas ondas. Segundo Allen (1965) e Flemming (1977) médias granulométricas entre 2,3 e 3,2  $\phi$  estão associadas a sedimentos que resultam da deposição da carga de fundo partir de um fluxo que desacelera para velocidades inferiores a  $24 \text{ cm/s}^{-1}$ . O valor obtido para a curtose nas amostras analisadas é inferior a 3.25 (tabela 1 - anexo 1) o que, segundo Allen (1965), é indicativo de que foram depositadas durante uma subida do nível médio do mar, uma vez que este parâmetro granulométrico é função da energia, sendo que existe uma relação inversa entre a curtose e a energia do meio.

De acordo com o anteriormente expresso, os sedimentos analisados (amostras PT-2B; PC-SP, PT-1S, PT-1F e PC-SL) são compatíveis com a deposição em restinga arenosa em meio subaquático. O cimento carbonatado de grão não equigranulares e de pequenas dimensões é compatível com rápida

cimentação em ambiente subaquático pouco profundo ou sub-aéreo.

### 5.3 EVOLUÇÃO DA RESTINGA ARENOSA

O crescimento e a geometria de uma restinga arenosa depende de parâmetros físicos e geológicas tais como o clima de agitação das ondas, o sedimento disponível a ser transportado e morfologia costeira. A taxa de crescimento da restinga é inversamente proporcional à largura da mesma e relaciona-se com a altura de restinga e com parâmetros de sedimentos através da expressão Kraus (1999):

$$Q=v*W*h(1-n)$$

Onde:

**Q** - capacidade de transporte de sedimentos

**v** - taxa de crescimento

**W** - Largura da restinga

**h** - Média da altura do perfil

**n** – Porosidade da areia

Com auxílio do SIG, determinaram-se os valores aproximados da largura e altura da paleorrestinga em 12000 m e 10 m, respetivamente. Os valores obtidos para a porosidade de três amostras indicam uma porosidade média de 54% (tabela 2 – anexo 1). Por outro lado, os valores para a capacidade de transporte anual atual na costa do Algarve variam entre os 6000 e 300000 m<sup>3</sup>/ano, de acordo com diferentes autores e métodos utilizados (Andrade, 1990 *in* Vila-Concejo *et al.*, 2004; Bettencourt, 1994 *in* Vila-Concejo *et al.*, 2004). Neste caso, estabelecemos um valor médio para a capacidade de transporte em 150000 m<sup>3</sup>/ano, assumindo que as condições de transporte e clima de agitação do período seriam semelhantes aos atuais. Com os valores acima indicados, estima-se que a taxa de crescimento da paleorrestinga arenosa tenha sido próxima dos 27 metros/ano, ou seja, seriam necessários cerca de 440 anos para a acumulação de aproximadamente 12km daquele corpo sedimentar.

As amostras AL-01 e AL-02 foram depositadas em ambiente completamente distinto das amostras acima descritas. É uma areia fina vasosa cinzenta na qual se encontram preservados abundantes tubos direitos de poliquetas construídos com sedimento aglutinado. Estes vermes concentram seletivamente os grãos de sedimento de acordo com a sua granulometria e aglutinam-os com um muco orgânico. São comuns nas planícies litorais intermareais onde vivem em colónias (Fournier *et al.*, 2010). Nestas amostras ocorrem, embora raros, grãos de pirite. Atendendo às características descritas, são compatíveis com ambiente marinho restrito, como por exemplo, baía abrigada adjacente a um estuário.

#### 5.4 EVOLUÇÃO PALEOAMBIENTAL

O índice de rebentação das ondas definido como a razão entre a altura da onda e a profundidade da coluna de água, varia entre 0.78 e 0.82 (Goda, 2010). Se considerarmos as ondas de 3 m que caracterizam presentemente as tempestades associadas a agitação de WSW (Costa *et al.*, 2001), a coluna de água sobre a restinga arenosa em formação deveria ter sido pelo menos de 4 m para que os sedimentos não fossem remobilizados. Assumindo que não se verificou movimentação tectónica nem eventos erosivos significativos, durante a fase final de acreção sedimentar da restinga arenosa em análise, cujo topo se encontra a -14 m, o NMM teria de estar pelo menos a cerca de -10 m relativamente ao presente, além de uma duração de cerca de 450 anos.

Uma hipótese plausível é a de que a formação desta restinga arenosa ocorreu durante o OIS3, entre os 25 ka e os 30 ka associado a um nível elevado do mar. Gracia *et al.*, (2008) indicam que entre 20-30 ka, o nível médio do mar estaria no golfo de Cádiz a não menos do que -30 m relativamente ao actual. Além disso, Dabrio *et al.* (2000) também indicam um nível do mar elevado entre os 25-30 ka

para o sudoeste espanhol (Cádiz e Huelva). Ainda, o preenchimento sedimentar do estuário do Rio Guadiana revelou que, os primeiros sedimentos estuarinos anteriores a ca. 17 ka BP, são provavelmente do OIS3 ou OIS 5 (Boski *et al.*, 2002). Na costa atlântica dos EUA, encontram-se formações associadas ao *Middle Wisconsin* (OIS3) que apontam o nível do mar a uma cota próxima da atual (Rodrigues *et al.*, 2000), sendo que Curray (Curray, 1965 *in* Komar, 1976) estima, baseado em uma curva de variação do nível do mar desde 40 ka, um nível próximo aos -10 de profundidade entre os 25ka e 30ka.

Uma vez que a paleorrestinga arenosa se encontra cimentada por carbonato de cálcio e carsificada (fig. 11), provavelmente esteve exposta a alteração sub-aérea. Durante o Último Máximo Glacial (UMG), cerca de 18ka, grande parte da a plataforma continental ficou emersa, pelo que a fase de cimentação e carsificação deverá ter ocorrido nesse período, o que remete a gênese da restinga arenosa para um evento climático anterior. Assim, a idade obtida de 17581 BP para a cimentação da paleorrestinga está provavelmente subestimada, o que pode ser explicado por contaminação da amostra por atividade biogénica atual. Deste modo, é necessário investir em novas campanhas de amostragem a fim de se coletar um maior número de amostras, tanto para a datação da formação da restinga arenosa quanto para a caracterização e análise textural.

Por outro lado, uma vez que a restinga foi formada e litificada provavelmente ainda antes do UMG, a zona deve ter permitido a formação novamente de uma laguna, aproximadamente aos -19 metros de profundidade (anexo 2), uma vez que o nível do mar elevou-se desde os -130/-140 m (UMG) até o nível atual, segundo a curva de variação do nível do mar (Dias *et al.*, 2000). Embora seja difícil de indicar a duração deste evento, este teria ocorrido, segundo a mesma curva em contexto holocénico. Este evento, provavelmente, produziu os declives da restinga associados as profundidades dos -26, -24, -21, -18, e -15 m (fig. 8), uma vez que o regime de marés na região é de aproximadamente 3 m.

## 5.5 IMPLICAÇÕES ARQUEOLÓGICAS

Em termos arqueológicos, a hipótese do período de formação da restinga acima discutida, poderia explicar as explorações de recursos marinhos em sítios arqueológicos do Algarve, defendido previamente por Bicho (2004).

Em contexto Gravetense, situado temporalmente entre 33-24 ka cal BP (Bicho *et al.*, no prelo), há uma grande utilização de recursos marinhos, sobretudo moluscos, diminuindo durante o Solutrense (próximo ao UMG) e praticamente inexistente no Magdalenense (Tardiglacial), retornando a ter grande importância apenas durante o Mesolítico, há aproximadamente 9 ka BP (Bicho & Haws, 2007, 2008).

Neste sentido, esta questão indicaria que as explorações dos recursos marinhos estariam, entre outras questões, relacionados com as distâncias entre os sítios arqueológicos e a linha de costa, sendo que durante o Gravetense o nível do mar estaria mais elevado e a linha de costa deveria estar ainda próximo o suficiente para a exploração destes recursos, declinando nas etapas posteriores devido ao rebaixamento do nível do oceano e sua consequente maior distância entre o sítio arqueológico e a linha de costa.

Destaca-se neste contexto o sítio arqueológico de Vale Boi, situado no concelho de Vila do Bispo. O sítio situa-se a 2 km da atual linha de costa, em um declive de uma zona de vale fluvial aberto, e se caracteriza por diferentes explorações de recursos alimentares marinhos ao longo da Pré-História. O sítio é composto por uma longa sequência cronológica, incluindo todo o Paleolítico Superior desde o Gravetense Inicial ao Magdalenense Tardio (Bicho & Haws, 2007, 2008). Utilizando o SIG e o MDT do Algarve e simulando um nível médio do mar durante o Gravetense na cota atual a partir

dos -30 m de profundidade, verifica-se que devido a morfologia submarina da zona próxima ao sítio de Vale Boi e ao largo da localidade de Boca do Rio composta por um declive mais acentuado, a linha de costa estaria nestas condições a pouco mais de 1 km da costa atual. Desse modo, aplicando a hipótese discutida anteriormente, permite-se supor que para o Gravetense, a linha de costa estaria a pouco mais de 3 km de distância do sítio de Vale Boi (Infantini *et al*, no prelo).

Em relação aos sítios arqueológicos próximos, há sítios de diferentes cronologias que podem ter conexão tanto com a formação da restinga quanto com a elevação do nível do mar plistocénica/holocénica, embora não haja clara datação absoluta de quase a totalidade das estações arqueológicas. Apesar de, segundo a base de dados *endovélico*, haver uma série de sítios arqueológicos nas proximidades de Armação de Pêra, os sítios mais importantes e com maiores registos e atribuição cronológica são os sítios da Praia da Galé e Praia da Albandeira. Contudo, devemos destacar que tanto na Baía de Armação quanto adjacências, outros sítios poderão estar submersos e por isso ainda não encontrados.

O sítio arqueológico Praia da Galé apresenta duas cronologias diferentes. Embora não tenha nenhuma datação absoluta, através da análise da tecnologia lítica foram atribuídas duas cronologias distintas. Primeiramente apresenta um nível identificado como indústria Moustierense (Bicho, 2004), indicando a primeira ocupação deste sítio por populações neandertais, que poderiam ser contemporâneas a formação da zona, uma vez que na parte meridional da península ibérica há a indicação de sítios Mustierenses posteriores aos 30ka BP (e.g. Cardoso, 2007). Por outro lado, foi identificado outro nível como Magdalenense Médio (Bicho, 2004; Mendonça, 2009), situado entre 16ka a 14ka, mas provavelmente sem conexão com o evento da nova formação da laguna em contexto holocénico (anexo 2) (Infantini e Mendonça, no prelo).

O sítio Praia da Albadeira, classificado como Magdalenense Final ao Terminal/Epipaleolítico, com uma baliza cronológica entre os 14ka aos 9ka BP, pode estar conectado com o evento lagunar holocénico, uma vez que o sítio é entendido como uma ocupação ligada a exploração de recursos marinhos (Mendonça, 2009). A baliza cronológica da indústria lítica nele encontrada pode incluir a ocupação deste sítio durante a formação da laguna em contexto holocénico. Embora não tenha sido encontrada malacofauna *in situ* ou mesmo datações absolutas da ocupação, o sítio está implantado no topo arriba sobranceira ao mar próximo a praia da Albadeira, com ampla visibilidade da zona em estudo.

## VI - CONCLUSÃO

Os Sistemas de Informação Geográfica são uma ferramenta de extrema importância para a investigação paleoambiental, na medida em que permite a detecção de morfologias de interesse para investigação, como plataformas e ruras de declives, assim como a identificação de paleocanais do sistema de drenagem de um determinado local de análise, permitindo a integração de diversos tipos de informação.

Este trabalho foi desenvolvido, sobretudo, sobre um modelo digital de terreno. Os MDT's utilizados neste trabalho foram de grande importância, possibilitando revelar mais pormenores da zona de pesquisa. Contudo, a fim de fornecer maiores detalhes da região, seria fulcral o desenvolvimento de MDT's com maior resolução, principalmente em relação a batimetria, através de utilização de sistemas de detecção remota de maior resolução espacial, como sonar multi-feixe.

No entanto, os dados preliminares aqui apresentados, baseados sobretudo na morfologia da região, nas análises granulométricas e nas imagens coletadas, indicam que o cordão litoral identificado na Baía de Armação de Pêra provavelmente se formou e se solidificou antes do Último Máximo Glacial. Pelas diversas evidências apontadas, parece razoável supor que a formação deste sistema se deu no OIS3, provavelmente entre os 25ka e os 30ka, em um período onde poderíamos situar o nível do mar entre os -26 aos -10 m de profundidade.

Contudo, devido a falta de datações absolutas da formação e consolidação deste relevo aliada a falta de datações absolutas a sítios arqueológicos das proximidades, não foi possível estabelecer relações seguras em relação a este ambiente. Deve-se destacar que é de grande importância o estabelecimento de datações absolutas neste contexto afim de se perceber se há uma relação direta

entre o nível do mar durante o período proposto para a formação deste relevo e as ocupações humanas no território, uma vez que durante este período se deu a substituição (ou assimilação) das populações de Neandertais remanescentes por populações humanas anatomicamente modernas. Por outro lado, a datação absoluta de sítios posteriores a UMG permitiria relacionar as ocupações humanas com o nível do mar.

Destaca-se ainda, a necessidade de se avaliar e de se refinar a curva de variação do nível do mar para o território português dos últimos 20 ka. Além disso, se a hipótese do nível do mar for confirmada e datada de modo mais preciso, seria de grande importância a conjugação de esforços a fim de se construir uma curva de variação do nível do mar, local e regional, que abrangesse os últimos 25-30 ka BP.

Deste modo, tendo em conta os dados e conclusões preliminares aqui apresentados, a região de Armação de Pêra apresenta grande potencial para a reconstrução paleoambiental, sobretudo acerca do nível do mar e da linha de costa, além de sua grande importância para a relação com a Arqueologia durante a Pré-História, sendo necessárias maiores investigações nesta região.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, J.R.L., (1965). A review of the origin and characteristics of recent alluvial sediments. *Sedimentology*, 5, p. 89-191.

AITKEN, M. J., (1999). Archaeological dating using physical phenomena. *Reports on progress in Physics*. Vol: 62, p. 1333-1376.

AZEVEDO, M. T. M., (1983). Exoscopia. *Textos e Documentos de Apoio ao Ensino*, Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, p. 24.

BAILEY, G. & PARKINGTON, J. (Org.), (1988). *The archaeology of prehistoric coastlines*. Cambridge: Cambridge University Press, p. 154.

BICHO, N., (2004). As comunidades humanas de caçadores-recolectores do Algarve Ocidental: Perspectiva Arqueológica. In: TAVARES, A. A., TAVARES, M. J. F. & CARDOSO, J. L., *Evolução Geohistórica do litoral português e fenómenos correlativos: Geologia, História, Arqueologia e Climatologia*, Lisboa: Europress. p. 359-396.

BICHO, N. F. (2009). On the Edge. Early Holocene adaptations in Southwestern Ibéria. *Jornal of Antropological Research*, Vol. 65, N° 2.

BICHO, N. F., HAWS, J., (2007). Sea level changes and the impact on late Pleistocene and Early Holocene Portuguese Prehistory. *Actas do IV Congresso de Arqueologia Peninsular. Promontória Monográfica 7*, Universidade do Algarve, Faro. p. 37-55.

BICHO, N. F., HAWS J., (2008). At the land's end: Marine resources and the importance of fluctuations in the coastline in the prehistoric hunter-gatherer economy of Portugal . *Quaternary Science Reviews*, Volume 27, issues 23-24, p. 2166–2175 .

BICHO, N. F., HAWS J., MARREIROS, J., (no prelo). Desde el Mondego al Guadiana: la ocupación Gravetiense de la fachada atlántica portuguesa. *Actas do congresso El Gravetiense Cantábrico*. Museo de Altamira.

BIRD, E., (2008). *Coastal Geomorphology: an introduction*. Second Edition, Wiley ed., Chichester, p. 436.

BLOTT, S., (2010). *GRADISTAT: A Grain Size Distribution and Statistics Package for the Analysis of Unconsolidated Sediments by Sieving or Laser Granulometer (v. 4.0)*.

BOSKI, T., MOURA, D., VEIGA-PIRES, C., CAMACHO, S., DUARTE, D., SCOTT, D., FERNANDES, S.G., (2002). Postglacial sea-level rise and sedimentary response in the Guadiana Estuary, Portugal/Spain border. *Sedimentary Geology*, 150, p. 103-122.

BRONK RAMSEY, C., (2001). Development of the radiocarbon calibration program OxCal. *Radiocarbon*, 43(2A), p. 355-363.

CÂMARA, G., DAVIS, C., MONTEIRO, A. M. V., (2001). *Introdução à Ciência da Geoinformação*. São José dos Campos, DPI/INPE, p. 345. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>

CÂMARA, G., SOUZA, R. C. M., FREITAS, U. M., GARRIDO, J., (1996). SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. *Computers & Graphics*, 20: (3), p. 395-403.

CARDOSO, J. L., (2007). *Pré-História de Portugal*. Editorial Verbo, Lisboa, p. 456.

CIAVOLA, P., (1997). Coastal dynamics and impact of coastal protection works on the Spurn Head spit (UK). *Catena*, 30, p. 369-389.

CLARK, J., FARREL, W., PELTIER, W., (1978). Global Changes in Postglacial Sea Level: A Numerical Calculation. *Quaternary Research* 9, p. 265-287.

COSTA, M. , SILVA, R. & VITORINO, J. (2001). Contribuição para o estudo do clima de agitação marítima na costa portuguesa. 2ª Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária. Associação Nacional de Navegação. Sines, p. 20.

COSTAS, S., FITZGERALD, D., (2011). Sedimentary architecture os a spit-end (Salisbury Beach, Massachusetts): The imprints of sea-level rise and inlet dynamics. *Marine Geology*, 284, p. 203-216.

CHOFFAT, P., VASCONCELLOS, L., (1896). Mudança do nível do oceano. *O Arqueólogo Português*. Lisboa, 1º Série, Vol. 2, p. 301.

DABRIO, C.J., ZAZO, C., GOY, J.L., SIERRO, F.J., BORJA, F., LARIO, J., GONZALEZ, J.A., FLORES, J.A., (2000). Depositional history of estuary infill during the last postglacial transgression

(Gulf of Cadiz, Southern Spain). *Marine Geology* 162, p. 381–404.

DAVIS JR, R. & FITZGERALD, D., (2008). *Beachs and coasts*. Blackwell publishing, Oxford, p. 420.

DIAS, J. M. A., (1987). *Dinâmica sedimentar e evolução recente da plataforma continental portuguesa setentrional*. Tese de doutoramento, Universidade de Lisboa, Lisboa, p. 384.

DIAS, J. M. A., (1988). Aspectos geológicos do Litoral Algarvio. *Geonovas*, Vol. 10, Lisboa, p. 113-128.

DIAS, J. A., (2004). A história da evolução do litoral português nos últimos vinte milénios. In: CARDOSO, L. C., TAVARES, A. A. & TAVARES, M. J. F. *Evolução Geohistórica do litoral português e fenómenos correlativos: Geologia, História, Arqueologia e Climatologia*, Lisboa, Europress, p. 157-170.

DIAS, J. M. A., BOSKI, T., RODRIGUES, A., MAGALHÃES, F., (2000). Coast line Evolution in Portugal since the Last Glacial Maximum until Present – A Synthesis. *Marine Geology*, 170, p. 177-186.

DIVISÃO DE INVENTÁRIO DO INSTITUTO PORTUGUÊS DE ARQUEOLOGIA, (2002). Endovélico: Sistema de Gestão e Informação Arqueológica, *Revista Portuguesa de Arqueologia*, Lisboa: IPA, Vol. 5, No 1, p. 277-283.

EVANGELISTA, R. A., (2005). *Política e Linguagem nos debates sobre software livre*. Tese de

mestrado, Universidade de Campinas, Campinas, p. 206.

FLEMMING, B.W., (1977). Depositional processes in Saldanha By and Langebaan Lagoon. PhD thesis, Faculty of Science, University of Cape Town, p. 215.

FLORENZANO, T. G., (2008). Geomorfologia: Conceitos e tecnologias atuais. Oficina de textos, São Paulo, p. 318.

FOURNIER, J., ETIENNE, S., LE CAM, J.B., (2010). Inter- and intraspecific variability in the chemical composition of the mineral phase of cements from several tube-building polychaetes. *Geobios* 43, p. 191–200.

GODA, Y., (2010). Reanalysis of regular and random breaking wave statistics. *Coastal Engineering Journal*, 52 (1), p. 71-106.

GRACIA, F. J., RODRÍGUEZ-VIDAL, J., CÁCERES, L. M., BELLUOMINI, G., BENAVENTE, J., ALONSO, C., (2008). Diapiric uplift of an MIS 3 marine deposit in SW Spain: Implications for Late Pleistocene sea level reconstruction and palaeogeography of the Strait of Gibraltar. *Quaternary Science Reviews*, Volume 27, issues 23-24, p. 2219-2231.

HOLLIDAY, V. T., (2001). Quaternary Geoscience in Archaeology. IN GOLDBERG, P., HOLLIDAY, V. T., AND FERRING, C. R. (Eds.), *Earth Sciences and Archaeology*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, p. 3-35.

INFANTINI, L. R., (no prelo), Sistema de Informação Geográfica para a Pré-história do Algarve.

Actas da IV Jornadas de Jovens em Investigação Arqueológica, Faro.

INFANTINI, L. R., MENDONÇA, C., (no prelo). As linhas de costa e a tecnologia lítica durante o tardiglaciário do algarve. Actas do V Congresso de Arqueologia do Sudoeste Peninsular, Almodôvar.

INFANTINI, L. R., MOURA, D., BICHO, N., (no prelo). Utilização de ferramentas SIG para o estudo da morfologia submersa da Baía de Armação de Pêra (Algarve). Actas da IV Jornadas do Quaternário, APEQ, Coimbra.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE), (2009). SPRING Básico. INPE, São José dos Campos, p. 82.

JARVIS, A., H.I. REUTER, A. NELSON, E. GUEVARA, (2008). Hole-filled SRTM for the globe Version 4, available from the CGIAR-CSI SRTM 90m. Disponível em: <http://srtm.csi.cgiar.org>.

JEWELL, P.W., (2007). Morphology and paleoclimatic significance of Pleistocene Lake Bonneville spits. Quaternary Research, 68, p. 421-430.

KRAUS, N. C., (1999). Analytical model of spit evolution at inlets. Coastal Sediments'99. In: Kraus, N.C., McDougal, W.G. (Eds.), Proceedings of the 4th International Symposium on Coastal Engineering and Science of Coastal Sediment Processes. Long Island, New York, vol.3, p. 1739-1754.

KOMAR, P. D., (1976). Beach processes and sedimentation. Prentice-Hall, New Jersey, p. 429

LINDHORST, S., BETZLER, C., HASS, H.C., (2008). The sedimentary architecture of a Holocene barrier spit (Sylt, Germany Bight): Swash-bar accretion and storm erosion. *Sedimentary Geology*, 206, p. 1-16.

LUIS, J. F., (2007). Mirone: A multi-purpose tool for exploring grid data. *Computers & Geosciences*, 33, p. 31-41.

LUIS, J. F., (2010). GMT grid with the topo and bathymetry of the Algarve at ~50 m. Disponível em: <http://w3.ualg.pt/~jluis/misc/algarve50.zip>.

MAGALHÃES, F., (2001). Os sedimentos da plataforma continental portuguesa: Contrastes espaciais, perspectiva temporal, potencialidades económicas. Lisboa, Instituto Hidrográfico, p. 287.

MATOS, J., (2008). Fundamentos da Informação Geográfica. Lisboa: Lidel edições técnicas, 5ª edição, p. 424.

MENDONÇA, C., (2009). A Tecnologia lítica no Tardiglaciar do Algarve. Tese de Mestrado em Arqueologia, Teoria e Métodos pela Universidade do Algarve, Faro, p. 277.

MOURA, D., VEIGA-PIRES, C., ALBARDEIRO, L., BOSKI, T., RODRIGUES, A.L., TARECO, H., (2007). Holocene sea level fluctuations and coastal evolution in the central Algarve (southern Portugal). *Marine Geology*, 237, p. 127-142.

NOAA (NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERE ADMINISTRATION). Acessado em 20/09/2011. Disponível em: <http://www.ngdc.noaa.gov/paleo/ctl/clisci100k.html>

PINTO, C.A., TEIXEIRA, S., (2002). Avaliação preliminar do balanço sedimentar tardi-holocénica do litoral da Baía de Armação de Pêra (Algarve-Portugal). PANGAEA'02, Évora, p. 87–94.

PONZI, V. R. A., (2004). Sedimentação Marinha. In: NETO, J. A. B., PONZI, V. R. A. & SICHEL, S. E., (Org.). *Introdução à Geologia Marinha*. Rio de Janeiro, Editora Interciência, p. 219-241.

PROTALGARVE, (2004). Plano Regional de Ordenamento do Território – Algarve. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional.

QUANTUM GIS DEVELOPMENT TEAM, (2011) - Quantum GIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org>

REIMER, P. J., BAILLIE, M. G. L., BARD, E., BAYLISS, A., BECK, J. W., BLACKWELL, P. G., BRONK RAMSEY, C., BUCK, C. E., BURR, G. S., EDWARDS, R. L., FRIEDRICH, M., GROOTES, P. M., GUILDERSON, T. P., HAJDAS, I., HEATON, T. J., HOGG, A. G., HUGHEN, K. A., KAISER, K. F., KROMER, B., MCCORMAC, F. G., MANNING, S. W., REIMER, R. W., RICHARDS, D. A., SOUTHON, J. R., TALAMO, S., TURNEY, C. S. M., VAN DER PLICHT, J., & WEYHENMEYER, C. E. (2009). IntCal09 and Marine09 radiocarbon age calibration curves, 0-50,000 years cal BP. *Radiocarbon*, 51(4), p. 1111-1150.

RODRIGUEZ, A.B., ANDERSON, J.B., BANFIELD, L.A., TAVIANI, M., ABDULAH, K., AND SNOW, J.N., (2000). Identification of a -15 m middle Wisconsin shoreline on the Texas inner continental shelf: *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, v. 159, p. 25-43.

SIMMS, A.R., ANDERSON, J.B., BLUM, M., (2006). Barrier-island aggradation via inlet migration: Mustang Island, Texas. *Sedimentary geology*, 187 (1-2), p. 105-125.

SOARES, A. M., (1993). The  $^{14}\text{C}$  content of marine shells: evidence for variability of the coastal upwelling of Portugal during the Holocene. In: *Isotope Techniques in the Study of Past and Current Environmental Changes in the Hydrosphere and Atmosphere*. Viena: International Atomic Energy Agency, p. 471-485

SWIFT, D. J. P., THORNE, J. A., (1991). Sedimentation on continental margins, Part I: A general model for shelf sedimentation. In: SWIFT, D. J. P, TILLMAN, R. W., OERTEL, G. F., THORNE, J. A. (eds.), *Shelf sand and sandstone bodies: geometry, facies and sequence stratigraphy*. Int. Assoc. Sedimentologists Special Publ. 14., p. 3-31.

TANNER, W. F., (1995). *Environmental clastic granulometry*. Florida Geological Survey, Special publication N° 40, p. 148.

TEIXEIRA, S. B., (1999). Geomorfologia da zona submarina ao largo de Armação de Pêra (Algarve-Portugal). *Actas da V Jornadas de Silves*. Silves, p. 107-128.

TEIXEIRA, S. B., PINTO, C. A., (2002). Idades radiocarbono de calcarenitos emersos e submersos na Baía de Armação de Pêra (Algarve – Portugal). *Actas do XI Seminário Ibérico de Química Marinha*, Universidade do Algarve, Faro, p. 72-73.

VANNEY, J., MOUGENOT, D., (1981). La plateforme continentale du Portugal et les provinces adjacentes: Analyse geomorphologique. *Memória dos Serviços Geológicos de Portugal*, 28, p. 145.

VILA-CONCEJO, A., MATIAS, A., FERREIRA, Ó., DIAS, J.M.A., (2006). Inlet sediment bypassing to a downdrift washover plain. *Journal of Coastal Research*, SI(39), p. 401-405.

## ANEXO 1 - TABELAS

Tabela 1: Profundidade das amostras, percentual de carbonatos, e análise estatística (método Folk & Ward) realizada através do Gradistat (Blott, 2010).

Amostras	Prof. (m)	CaCO <sub>3</sub> %	Média $\Phi$	Calibragem $\sigma$	Assimetria $S_k$	Kurtose $K$
AL-01	-7	80,7	2,78 Areia Fina	0,75 Moderadamente calibrada	-0,36 Muito negativa	1,59 Muito leptocúrtica
AL-02	-7	76,11	2,55 Areia Fina	0,92 Moderadamente calibrada	-0,36 Muito negativa	1,14 Leptocúrtica
PT-2B	-15	61,35	2,44 Areia Fina	0,52 Moderadamente bem calibrada	-0,26 Negativa	1,38 Leptocúrtica
PC-SP	-18	63,03	1,84 Areia média	0,81 Moderadamente calibrada	-0,26 Negativa	0,70 Platicúrtica
PC-SL	-18	57,09	1,15 Areia média	0,69 Moderadamente bem calibrada	0,71 Positiva	2,75 Muito leptocúrtica
PT-1F	-25	60,16	1,19 Areia média	0,64 Moderadamente bem calibrada	0,60 Positiva	0,82 Platicúrtica
PT-1S	-25	63,18	2,08 Areia fina	0,89 Moderadamente calibrada	-0,35 Muito negativa	0,83 Platicúrtica

Tabela 2: Peso, volume e porosidade de três amostras provenientes de três diferentes profundidades.

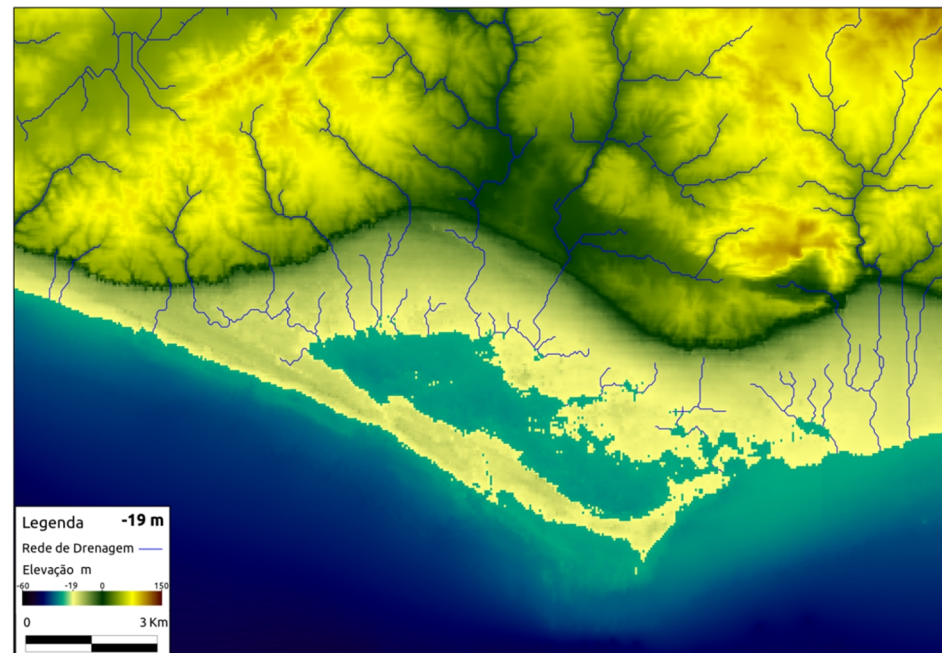
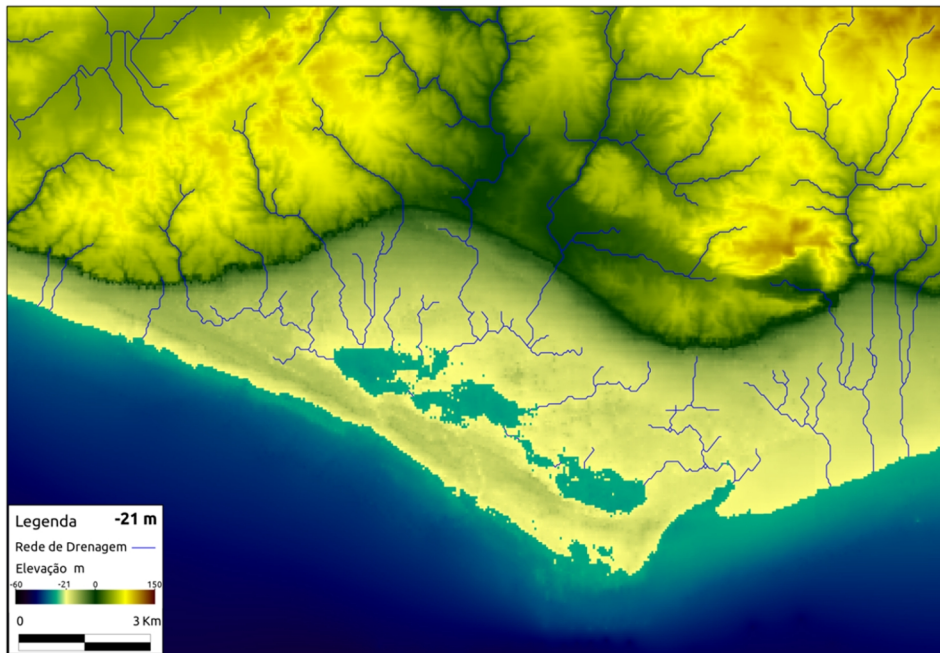
Amostras	Profundidade (m)	Peso (g)	Volume (ml)	Porosidade (%)
PT-2B	-16	25,68	18,5	46,19
PC-SP	-18	30,18	20,0	54,08
PT-1S	-25	65,37	46,0	58,75

Tabela 3: Resultados das datações obtidas nas duas primeiras amostras, através do método AMS pelo Laboratório de Radiocarbono de Waikato, Nova Zelândia.

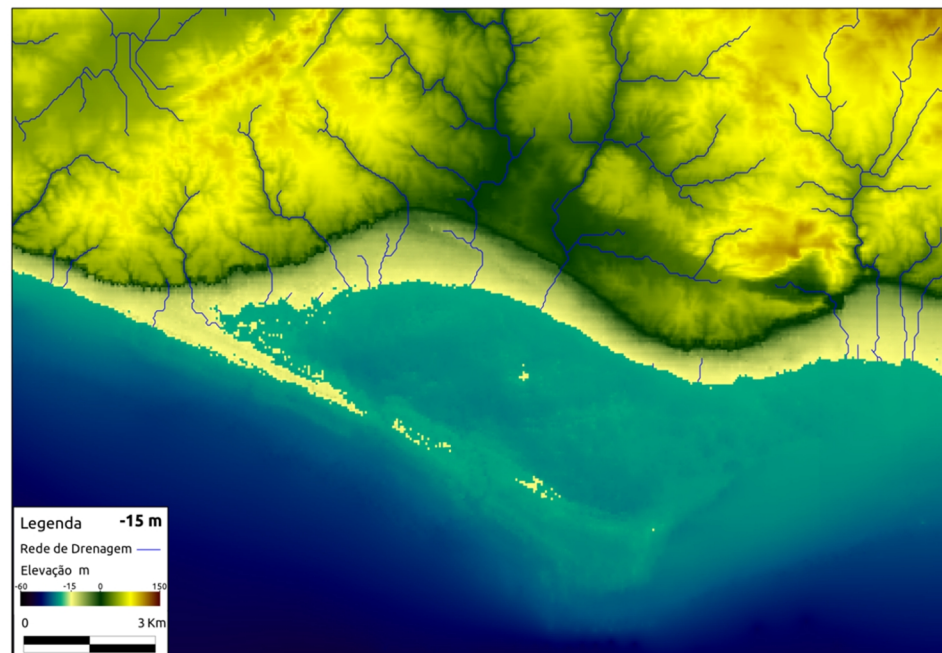
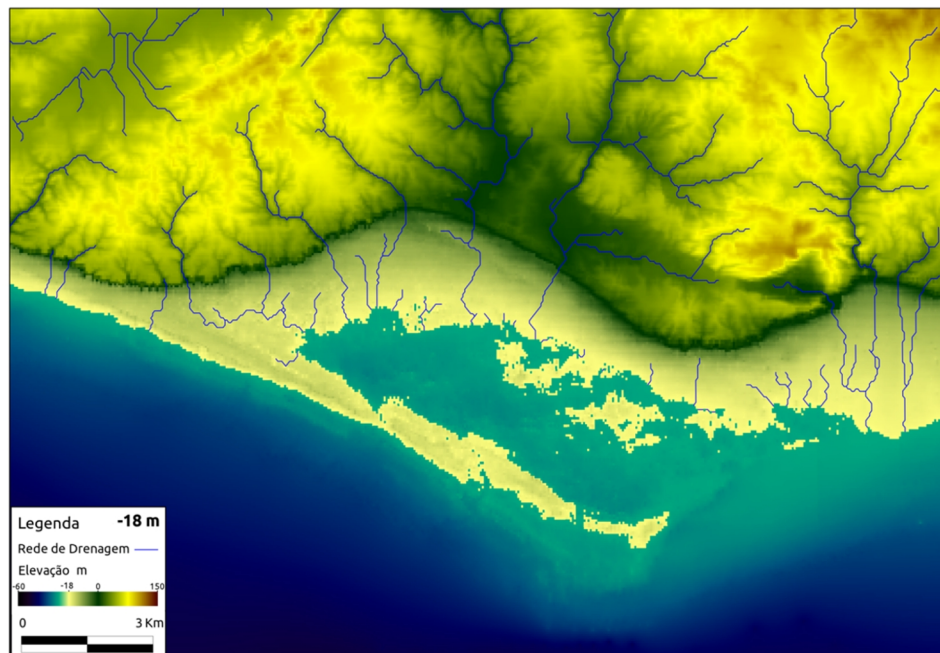
Amostras	Lab.	Prof. (m)	Material	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	F <sup>14</sup> C*	Resultado (BP)	cal BP (1 $\sigma$ )
AP-01	Wk-30540	-18	Cimento (CaCO <sub>3</sub> )	-4,9 ± 0,2	11,2 ± 0,1	17581 ± 56	20145 - 19618
AP-02	Wk-30541	-18	Concha	1,4 ± 0,2	108,8 ± 0,4	108,8 ± 0,4*	350 - 410

\*pMC ou percent Modern Carbon.

## Anexo 2 - EVOLUÇÃO DA LINHA DE COSTA



Modelo da evolução da linha de costa na Baía de Armação de Pêra a partir dos -21, -19, -18 e -15 metros de profundidade.



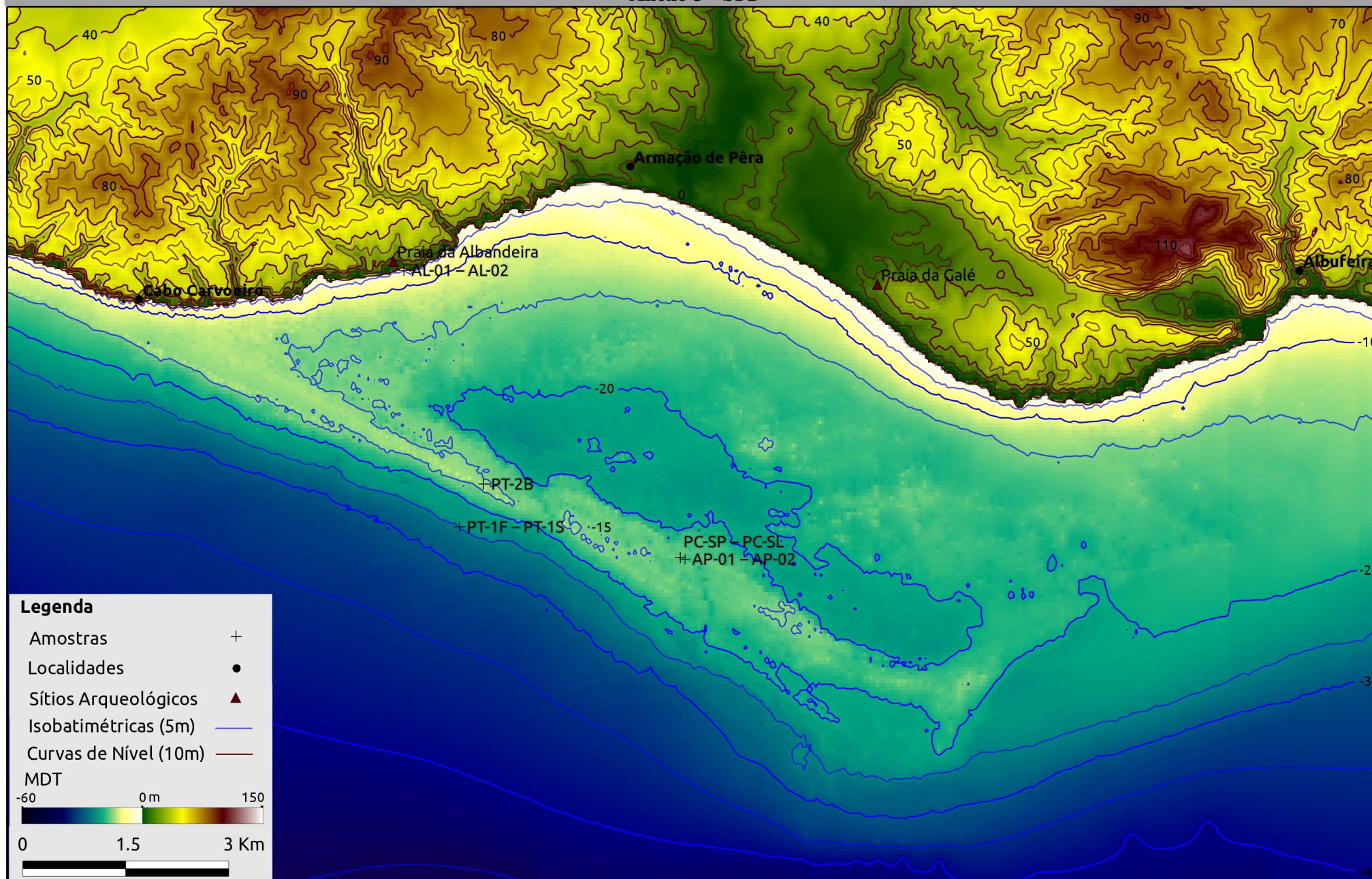
Nota:

Na versão impressa, as páginas 61, 62, 63 e 64 do Anexo 3 foram impressas em acetato transparente de forma a se sobreporem em camadas como em um SIG. A página 65 foi impressa em papel formato A3, e dobrada ao meio e a margem oposta da imagem colada com o restante dos texto, de forma que a imagem pode ser desdobrada e ser inserida entre qualquer uma das páginas anteriores citadas.

Na versão digital foram incluídas, devido a impossibilidade de se reproduzir o mesmo efeito, duas imagens (a seguir) que exemplificam o resultado obtido da sobreposição de pelo menos três páginas.

Em ambas as versões, o Anexo 4 (página 66) foi impresso em formato A3.

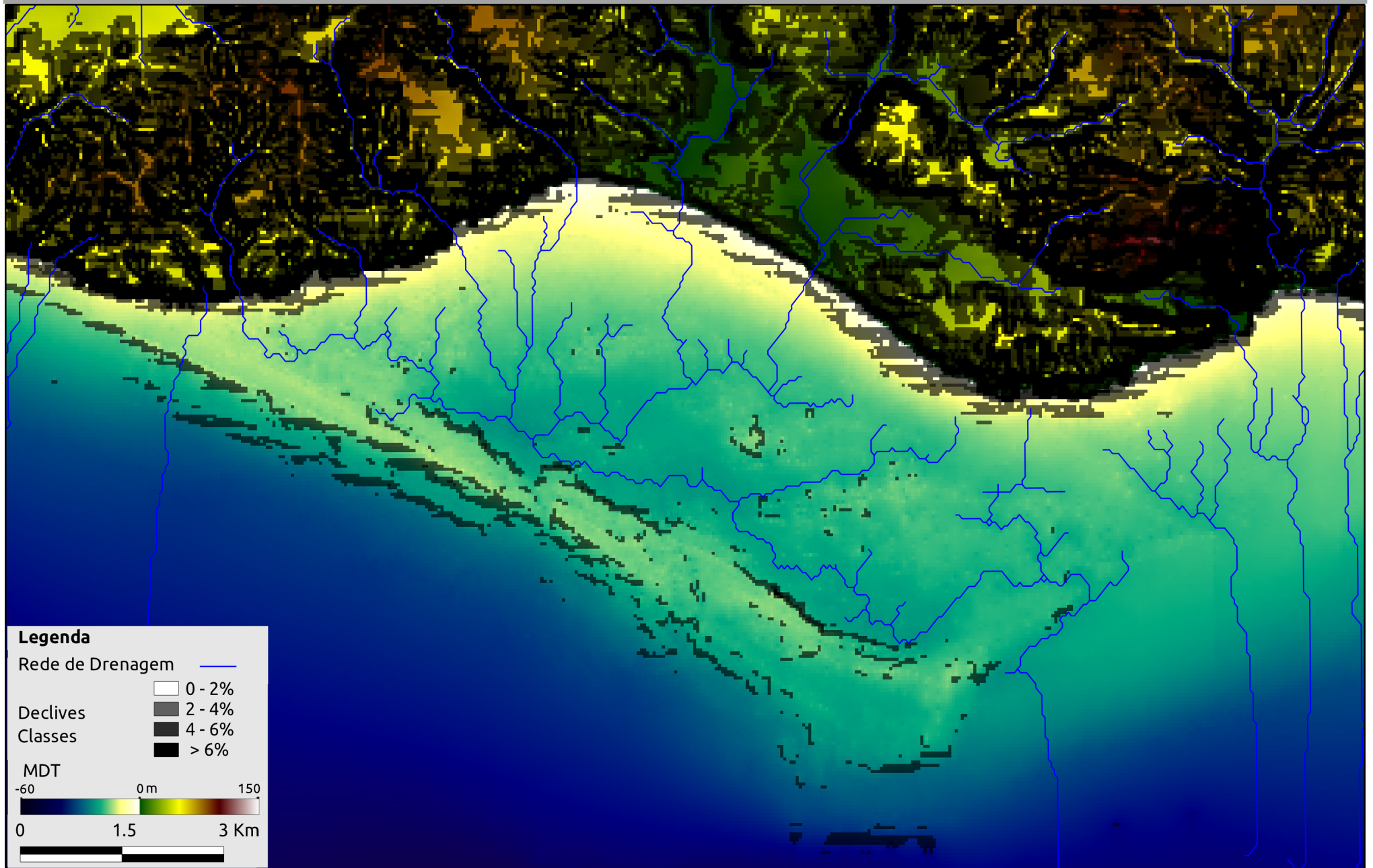
### Anexo 3 - SIG



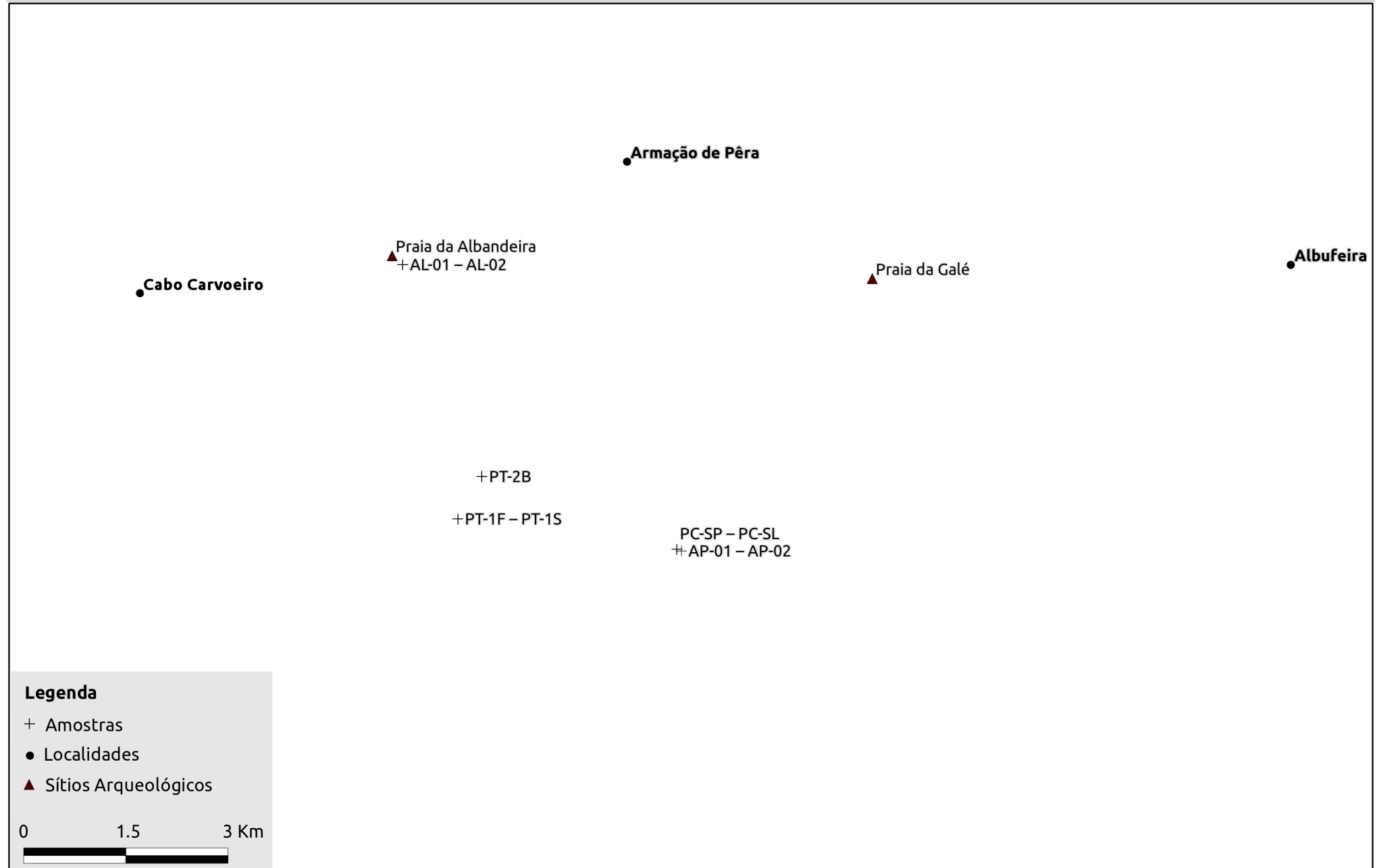
#### Legenda

- Amostras +
  - Localidades ●
  - Sítios Arqueológicos ▲
  - Isobatimétricas (5m) —
  - Curvas de Nível (10m) —
- MDT
- 60 0m 150
- 0 1.5 3 Km

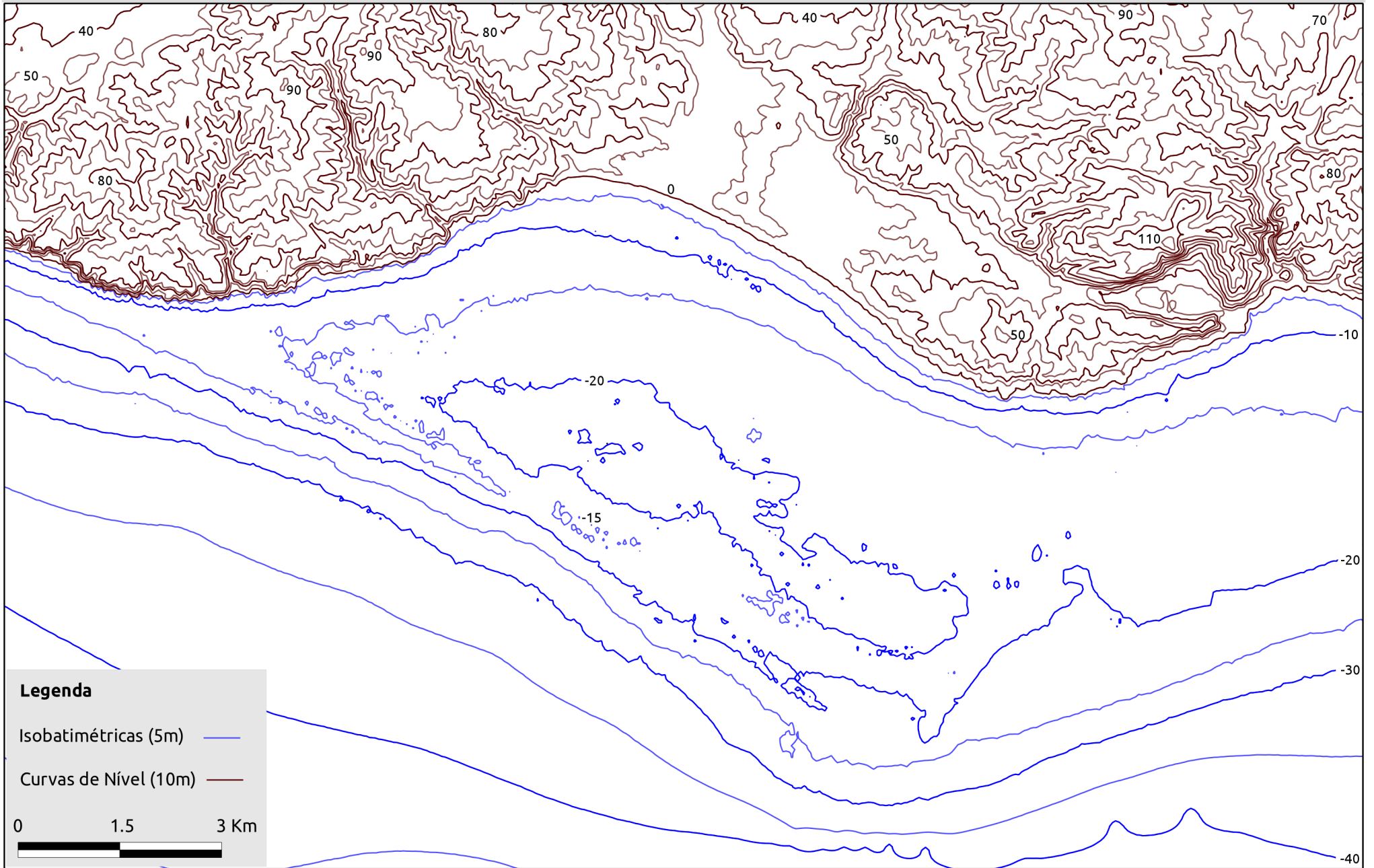
Anexo 3 - SIG



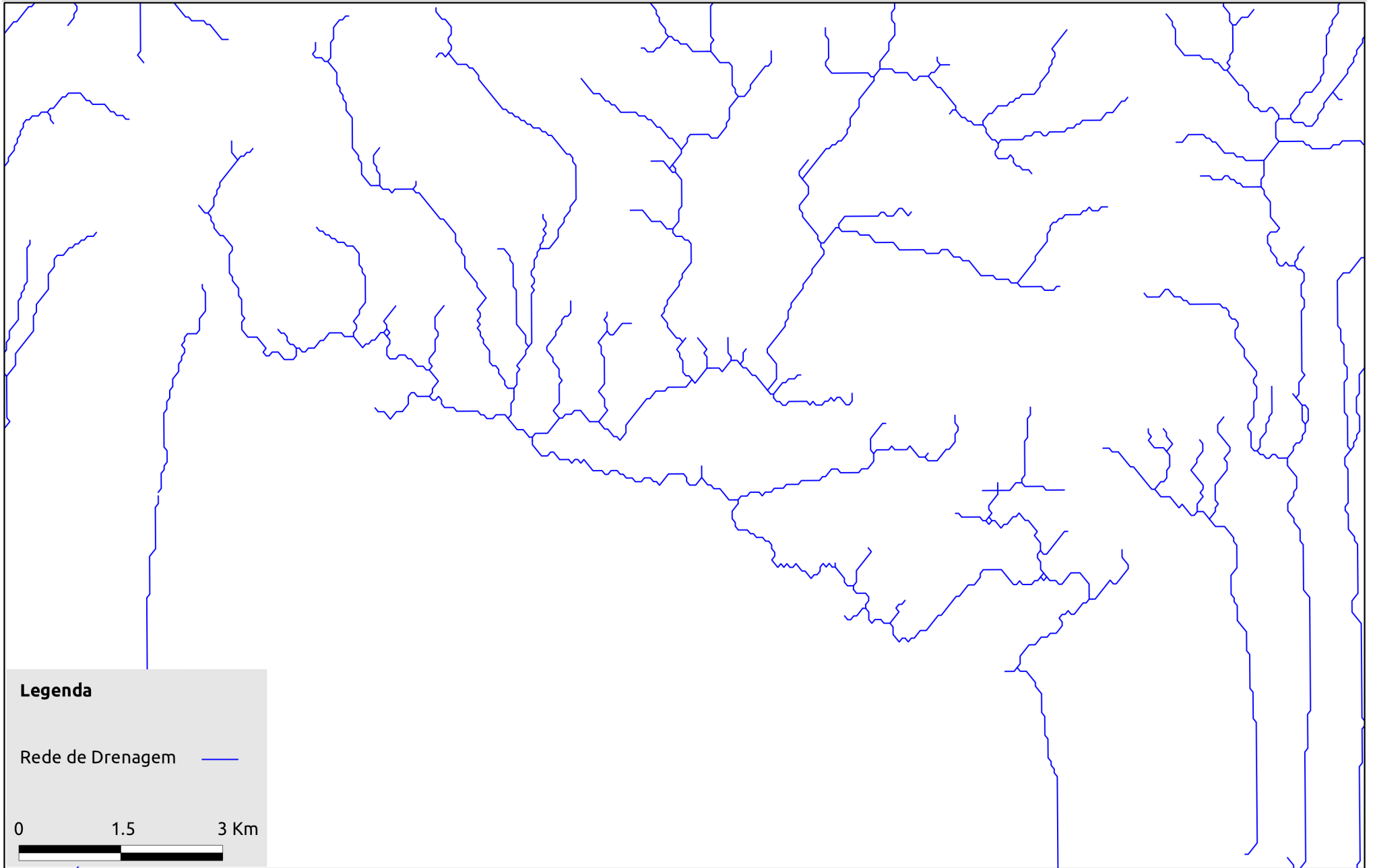
### Anexo 3 - SIG



### Anexo 3 - SIG



Anexo 3 - SIG



Anexo 3 - SIG

