



UNIVERSIDADE DE COIMBRA
FACULDADE DE LETRAS

VULNERABILIDADE E RISCO FACE À EROSÃO
COSTEIRA ENTRE AGUDA-PARAMOS: DUAS
METODOLOGIAS DE ANÁLISE

Cacilda da Mota Freitas Pinto Basto

2009

UNIVERSIDADE DE COIMBRA
FACULDADE DE LETRAS

**VULNERABILIDADE E RISCO FACE À EROSÃO
COSTEIRA ENTRE AGUDA-PAMOS: DUAS
METODOLOGIAS DE ANÁLISE**

Cacilda da Mota Freitas Pinto Basto

Dissertação de Mestrado em Geografia, especialidade em Geografia Física, Ambiente e Ordenamento do Território, apresentada à Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, sob a orientação do Professor Doutor António Campar de Almeida e do Professor Doutor António de Sousa Pedrosa.

2009

Ao Carlos e pais pela presença e apoio incondicional, bem como por tudo o que não se consegue agradecer.

À Luzia e Andreia pelo encorajamento contínuo.

Aos demais que estiveram presentes nesta “caminhada”.

Agradecimentos

O desenvolvimento deste trabalho não seria possível sem as valiosas sugestões e total disponibilidade demonstrada nos momentos de discussão e transmissão de conhecimentos científicos do Professor Doutor António Campar de Almeida na qualidade de orientador científico. Agradeço ainda o seu encorajamento constante.

Ao Professor Doutor António de Sousa Pedrosa, co-orientador científico, agradeço a cedência de diversos elementos bibliográficos, as críticas e sugestões dadas que contribuíram para melhorar o trabalho e o seu total apoio e amizade demonstrada.

Resumo

Desde a década de 80, as questões relacionadas com a vulnerabilidade e o risco das áreas costeiras perante a intensificação do ritmo de recuo da linha de costa têm sido amplamente discutidas a nível mundial e nacional.

Em Portugal e no mundo tem-se assistido ao desenvolvimento e aplicação de técnicas e métodos que permitam a obtenção de dados cada vez mais precisos sobre a evolução do sistema natural e do sistema antrópico, permitindo um ordenamento do território com maior sustentabilidade.

No presente trabalho propõe-se a aplicação de duas propostas metodológicas, para analisar a vulnerabilidade e uma proposta de análise do risco, adaptadas aos dados disponíveis e à especificidade na faixa costeira situada entre Aguda (concelho de Vila Nova de Gaia) e Paramos (concelho de Espinho).

Nestas propostas foram utilizadas as seguintes variáveis: altimetria, geomorfologia, variação da posição histórica da linha de costa (m/ano), condições de artificialização da linha de costa, tipo de ocupação do solo, número de habitantes, distância do edificado, tipo de estruturas rodoviárias e caminho-de-ferro, retracção da linha de costa em 50 anos e 100 anos e valor da superfície de terreno segundo o IMI.

As variáveis resultaram da análise e vectorização da informação retirada através de cartas militares topográficas dos anos de 1970, 1993 e 1998, de fotografias aéreas de 1965 e 1967, de ortofotomapas de 1988, 2003 e 2005 e de levantamentos CAD e de terreno. O tratamento das variáveis e a avaliação da vulnerabilidade e do risco foram realizados com o Sistema de Informação Geográfica (SIG).

A análise da vulnerabilidade e do risco partiu da aplicação dos índices aos segmentos costeiros em estudo, na qual se verificou que o sector I apresenta níveis moderados e elevados da vulnerabilidade e um risco moderado perante o recuo da linha de costa. No sector II toda a linha de costa apresenta níveis de vulnerabilidade e de risco elevados a muito.

Palavras-chave: Erosão Costeira, Vulnerabilidade, Risco, Aguda-Paramos

Abstract

Since the eighties the problems related to the vulnerability and the risk of coastal areas, having to do with the increasing retreat movement of coastline, have been largely discussed worldwide as well as in our country.

In Portugal and all over the world we have seen the development and application of techniques and methods allowing the acquisition of more and more precise data about the evolution of the natural system and the anthropic system, leading to a more sustainable territory management.

At the present work we propose the use of two methodological approaches to analyze the vulnerability and one methodology to analyze the risk, adapted to the available data and the specificity of the coastline situated between Aguda (Vila Nova de Gaia municipality) and Paramos (Espinho municipality).

In what concerns these proposals were used the following variables: altimetry, geomorphology, historical variation of coastline (m/year), ways of turning it artificial, type of soil occupation, number of inhabitants, distance from the buildings, type of road and railway structures, backward movement of coastline within fifty and one hundred years and ground value according to IMI (soil monetary value for the financial system in Portugal).

The variables were a result of the analysis and vectorization of the information taken from topographical military maps from 1970, 1993 and 1998, from aerial photos from 1965 and 1967, from ortophotomaps from 1988, 2003 and 2005 and from CAD surveys. The treatment of these variables and the vulnerability and risk evaluation were made through the Geographic Information System (SIG).

The vulnerability and risk analysis set out from the application of the given indices to the coastal areas, in which we verified that the sector I presents moderate and high levels of the vulnerability and a moderate risk to the coastline retreat. In the sector II all coastline presents levels of high and very vulnerability and risk.

Keywords: Coastline Erosion, Vulnerability, Risk, Aguda-Paramos

ÍNDICE GERAL

| | |
|---|-----------|
| AGRADECIMENTOS..... | 2 |
| RESUMO | 3 |
| ABSTRACT | 4 |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | 8 |
| ÍNDICE DE TABELAS | 13 |
| LISTA DE SÍMBOLOS E ACRÓNIMOS | 15 |
| | |
| 1. INTRODUÇÃO | 17 |
| 1.1. OBJECTIVO | 18 |
| 1.2. CONCEITOS E MÉTODOS..... | 18 |
| 1.2.1. Conceitos..... | 18 |
| 1.2.2. Métodos e Estratégias de Análise da Vulnerabilidade e do Risco | 22 |
| | |
| 2. METODOLOGIA | 24 |
| 2.1. MATERIAIS E MÉTODOS | 24 |
| | |
| 3. ÁREA DE ESTUDO | 32 |
| 3.1. ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO: LOCALIZAÇÃO E DELIMITAÇÃO | 32 |
| 3.2. ENQUADRAMENTO GEOMORFOLÓGICO | 32 |
| 3.2.1. As formas litorais | 41 |
| 3.3. FEIÇÕES CLIMÁTICA, OCEANOGRÁFICA E MAREGRÁFICA | 42 |
| 3.4. OCUPAÇÃO HUMANA | 61 |
| | |
| 4. VARIAÇÃO HISTÓRICA DA POSIÇÃO DA LINHA DE COSTA | 73 |
| 4.1. GEOREFERENCIAÇÃO DA CARTOGRAFIA BASE – FIABILIDADE E ERROS | 73 |
| 4.2. EVOLUÇÃO DA POSIÇÃO DA LINHA DE COSTA | 74 |
| 4.2.1. Trabalhos Anteriores | 74 |
| 4.2.2. Análise das Taxas de Recuo..... | 76 |
| 4.2.2.1. Sector Aguda-Granja..... | 78 |
| 4.2.2.2. Sector Espinho-Paramos | 80 |
| 4.3. TENDÊNCIA A LONGO-PRAZO DA EVOLUÇÃO DA LINHA DE COSTA..... | 84 |

| | |
|--|------------|
| 5. ANÁLISE DA VULNERABILIDADE E DO RISCO..... | 88 |
| 5.1. RESULTADOS..... | 88 |
| 5.2. DISCUSSÃO..... | 94 |
| 6. CONCLUSÃO | 97 |
| 7. BIBLIOGRAFIA..... | 100 |
| 8. ANEXO | 111 |
| Anexo A | 111 |
| Anexo B | 131 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|-----|
| Figura 1 - Localização geográfica das zonas de estudo: sector I Aguda-Granja (Fotografias: <i>a</i>) Praia de Aguda e <i>b</i>) Praia da Granja); sector II Espinho-Paramos (Fotografias: <i>c</i>) Espinho, <i>d</i>) Silvalde e <i>e</i>) Lugar de Paramos) | 33 |
| Figura 2 - Excerto da Carta de Tectónica fracturante no Norte de Portugal Continental. (Fonte: ex-Instituto Geológico e Mineiro, actual INETI)..... | 34 |
| Figura 3 – Mapa Litológico da área de estudo. (Fonte: Atlas do Ambiente)..... | 35 |
| Figura 4 – Distribuição das classes de altitude na áreas de estudo... .. | 132 |
| Figura 5 - Mapa de declives da área de estudo..... | 132 |
| Figura 6 - Variação da altitude do relevo marginal no NW de Portugal Continental. (Fonte: Araújo, 1991)..... | 36 |
| Figura 7 – Afloramento do depósito sedimentar de origem marinha de “nível 3” na praia da Granja..... | 39 |
| Figura 8 – Afloramento do depósito de origem marinha de “nível 3” junto às piscinas da Granja a) e b); c) pormenor macroscópico do depósito | 40 |
| Figura 9 – Geoformas presentes na área de estudo | 133 |
| Figura 10 – Principais classes da altura significativa de onda (m) (entre Outubro 1981 e Dezembro 2005). Fonte: I.H. | 44 |
| Figura 11 – Principais classes de direcção média associada ao período de pico (entre Outubro de 1981 e Dezembro de 2005). Fonte: I.H. | 44 |
| Figura 12 – Direcção média associada ao pico de onda por classes de altura significativa de onda (m) (entre Outubro de 1981 e Dezembro de 2005). Fonte: I.H. | 45 |
| Figura 13 - Número de registos de temporais identificados no período entre Outubro de 1981 e Dezembro de 2005, segundo o critério adoptado no presente trabalho. Fonte: I.H. | 45 |
| Figura 14 - Comparação da direcção média anual de ondulação associada ao período de pico com as situações de temporal, no período entre Outubro de 1981 e Dezembro de 2005. Fonte: I.H. | 46 |
| Figura 15 – Principais ocorrências por duração do evento (entre Outubro 1981 e Dezembro 2005). Fonte: I.H. | 46 |

| | |
|--|----|
| Figura 16 - Situações sinópticas, de Inverno, associadas ao Mar de NW: a) agitação marítima gerada nas áreas do bordo NE do Anticiclone dos Açores; b) agitação marítima gerada por situações de circulação de NW pós-frontal ou depressionária. Fonte: IM (2004). | 48 |
| Figura 17 - Situações sinópticas, de Inverno e períodos de transição, associadas ao Mar de SW: a) agitação marítima gerada pela aproximação de superfícies frontais frias; b) agitação marítima gerada por depressões quase estacionárias e centradas a SW da Península Ibérica. Fonte: IM (2004). | 48 |
| Figura 18 - Situação sinóptica, de Inverno, associada ao Mar de W: agitação marítima gerada por perturbações frontais que se deslocam rapidamente para o sentido E. Fonte: IM (2004)..... | 49 |
| Figura 19 - Situação sinóptica, de Inverno, associada ao Mar de Fora: agitação marítima gerada pela presença de um anticiclone de bloqueio mesmo em áreas distantes da costa. Fonte: IM (2004). | 49 |
| Figura 20 - Situação sinóptica associada ao Mar Branzeiro. Fonte: IM (2004). | 50 |
| Figura 21 - Esquema de estruturas paralelas à costa (Coelho, Carlos, 2005, p.112). | 53 |
| Figura 22 - Obra longitudinal aderente, em Cortegaça e Esmoriz (Coelho, 2005). | 54 |
| Figura 23 - Exemplo de Cortegaça. Fonte: EUrosion, 2003..... | 54 |
| Figura 24 – Quebramar destacado de Aguda. | 55 |
| Figura 25 - Esquema de estruturas perpendiculares à costa (Coelho, 2005, p.). | 56 |
| Figura 26 - Esporão isolado e esporão em continuidade com revestimento longitudinal (Coelho, 2005, p. 117). | 56 |
| Figura 27 - Esquema de intervenções de alimentação e reperfilamento das praias. | 58 |
| Figura 28 – Processo de reperfilamento da praia em Espinho (Junho de 2008) e da Granja (2008). | 58 |
| Figura 29 – Consequências do reperfilamento na praia da Granja (Abril, 2009). | 59 |
| Figura 30 - Plantação de vegetação em dunas e colocação de paliçadas, como formas de retenção de areias (Coelho, 2005). | 59 |
| Figura 31 - Artificialização do cordão dunar frontal na Granja | 60 |
| Figura 32 - Passadiço ao longo das praias entre Espinho e Granja. | 60 |
| Figura 33 - Palheiros na praia de Aguda na freguesia de Arcozelo (Dias, 1994). | 61 |
| Figura 34 - Evolução da taxa de crescimento anual da população residente, nas freguesias em estudo, para o período temporal de 1950 a 2001. Fonte: Instituto Nacional de Estatística..... | 63 |
| Figura 35 - Distribuição da população residente por subsecção, nas freguesias em estudo, no ano de 2001. Fonte: Instituto Nacional de Estatística. | 64 |

| | |
|---|-----|
| Figura 36 - Evolução da taxa de crescimento anual do edificado, nas freguesias em estudo, para o período de 1960-2001. Fonte: Instituto Nacional de Estatística..... | 65 |
| Figura 37 - Evolução da taxa de crescimento anual do edificado, nas subsecções das freguesias em estudo, para o período de 1919-1945. | 66 |
| Figura 38 - Evolução da taxa de crescimento anual do edificado, nas subsecções das freguesias em estudo, para o período de 1945-1960. | 67 |
| Figura 39 - Evolução da taxa de crescimento anual do edificado, nas subsecções das freguesias em estudo, para o período de 1960-1970. | 68 |
| Figura 40 - Evolução da taxa de crescimento anual do edificado, nas subsecções das freguesias em estudo, para o período de 1970-1980. | 69 |
| Figura 41 - Evolução da taxa de crescimento anual do edificado, nas subsecções das freguesias em estudo, para o período de 1980-1990. | 70 |
| Figura 42 - Evolução da taxa de crescimento anual do edificado, nas subsecções das freguesias em estudo, para o período de 1990-2001. | 71 |
| Figura 43 - Possível configuração da linha de costa há 10.000, 13.000 e 16.000 anos BP. (Dias, 1989). | 75 |
| Figura 44 – Taxa de variação da linha de costa por década, no sector I | 77 |
| Figura 45 - Taxa de variação da linha de costa por década, no sector II | 77 |
| Figura 46 – a) Taxa de variação anual da linha de costa; b) variação da posição da linha de costa na frente marítima de Aguda, no período 1940-1965. | 134 |
| Figura 47 - Galgamento marítimo na praia de Aguda em 1940 (Weber, M.; Jesus, P. e Santos, A., 2002). | 78 |
| Figura 48 – a) Taxa de variação anual da linha de costa; b) variação da posição da linha de costa no sector Arcozelo-Paramos, no período 1965/67-1970. | 135 |
| Figura 49 – a) Taxa de variação anual da linha de costa; b) variação da posição da linha de costa no sector Arcozelo-Paramos, no período 1970-1988. | 136 |
| Figura 50 – a) Taxa de variação anual da linha de costa; b) variação da posição da linha de costa no sector Arcozelo-S. Félix da Marinha, no período 1988-19933. | 137 |
| Figura 51 – a) Taxa de variação anual da linha de costa; b) variação da posição da linha de costa no sector Arcozelo-S. Félix da Marinha, no período 1993-2003. | 138 |
| Figura 52 – a) Taxa de variação anual da linha de costa; b) variação da posição da linha de costa no sector Arcozelo-Granja, no período 2003-2005. | 139 |
| Figura 53 – Número de episódios de “invasões do mar” no sector II de estudo (período 1834-1995). | 140 |
| Figura 54 – a) Taxa de variação anual da linha de costa; b) variação da posição da linha de costa em Espinho, no período 1900-1933. | 141 |

| | |
|---|-----|
| Figura 55 - Capela N ^a S ^a da Ajuda e conjunto habitacional destruídos pela acção das águas do oceano, em 1908 (Silva, 1997)..... | 80 |
| Figura 56 - Cidade de Espinho em 1930. A letra A indica a área desaparecida nos anos 40 (Dias <i>et al.</i> , 1994). | 81 |
| Figura 57 - Aspecto da “muralha” após a acção das águas do oceano em 1910 (Dias <i>et al.</i> , 1994). | 81 |
| Figura 58 - Esporão experimental em madeira e pedra construído em 1912 (Silva, 1997). | 81 |
| Figura 59 - O mar impõe o seu limite actual, rua 2, ano 1936 (Silva, 1997) | 82 |
| Figura 60 – a) Taxa de variação anual da linha de costa; b) variação da posição da linha de costa em Espinho, no período 1933-1967 | 142 |
| Figura 61 – Síntese das diversas intervenções de protecção da linha de costa no concelho de Espinho-Paramos até à década de 70 | 143 |
| Figura 62 – Síntese das diversas intervenções de protecção da linha de costa no concelho de Espinho-Paramos, durante as décadas de 80 e de 90 | 144 |
| Figura 63 – a) Taxa de variação anual da linha de costa; b) variação da posição da linha de costa no concelho de Espinho-Paramos, no período 1988-1998..... | 145 |
| Figura 64 – a) Taxa de variação anual da linha de costa; b) variação da posição da linha de costa no concelho de Espinho-Paramos, no período 1998-2003..... | 146 |
| Figura 65 – Previsão da posição da linha de costa em Aguda..... | 86 |
| Figura 66 – Previsão da posição da linha de costa na frente de Granja | 86 |
| Figura 67 – Previsão da posição da linha de costa em Espinho. | 86 |
| Figura 68 – Previsão da posição da linha de costa em Silvalde. | 86 |
| Figura 69 – Previsão da posição da linha de costa em Paramos. | 87 |
| Figura 70 - Estado dos vestígios do cordão dunar frontal junto à piscina da Granja. | 87 |
| Figura 71 - Representação dos valores médios (%) de cada um dos 3 sub-índices para cada freguesia em estudo..... | 89 |
| Figura 72 – Índice de vulnerabilidade costeira em Aguda..... | 90 |
| Figura 73 – Índice de vulnerabilidade Costeira na Granja..... | 90 |
| Figura 74 – Índice de vulnerabilidade costeira em Espinho..... | 91 |
| Figura 75 – Índice de vulnerabilidade costeira em Silvalde. | 91 |
| Figura 76 – Distribuição espacial do imposto municipal sobre imóveis..... | 147 |

Figura 77 – Índice de vulnerabilidade: a) em Aguda, b) na Granja, c) em Espinho, d) em Silvalde e e) em Paramos. 92

Figura 78 – Distribuição dos níveis de risco: a) em Aguda e Granja, b) em Espinho e Silvalde e c) em Paramos. 93

ÍNDICE DE TABELAS

| | |
|---|-----|
| Tabela 1- Definições de linha de costa existentes na literatura. Fonte: adaptado de Oliveira (2005, pp.28)..... | 22 |
| Tabela 2 – Principais informações utilizadas na primeira metodologia de análise da vulnerabilidade..... | 112 |
| Tabela 3- Principais dados utilizados no presente trabalho para determinar os índices segundo a metodologia de Mazzer (2007) | 113 |
| Tabela 4 - Parâmetros e níveis de vulnerabilidade correspondentes a cada sub-índice e aplicados ao caso de estudo Espinho..... | 114 |
| Tabela 5 – Níveis de vulnerabilidade aplicado nos sub-índices que compõem a primeira metodologia de análise da vulnerabilidade. | 115 |
| Tabela 6 – Valores de ponderação utilizados na aplicação da segunda metodologia | 30 |
| Tabela 7 - Principais características das praias que se encontram nos sectores em estudo..... | 116 |
| Tabela 8 - Número total de registos efectuado pela bóia ondógrafo de Leixões. n.c. meses não considerados neste estudo; (-) meses sem registo na bóia de Leixões. Dados do Instituto Hidrográfico | 116 |
| Tabela 9 - Síntese dos episódios de “invasão marinha” na costa litoral em estudo | 117 |
| Tabela 10 - Períodos de retorno de acordo com Ferreira (1993)..... | 50 |
| Tabela 11 - Classificação do tipo de marés de acordo com Coelho (2005) | 51 |
| Tabela 12 - Carta de Levantamento da Cidade de Espinho, ano de 1900 | 124 |
| Tabela 13 - Carta de Levantamento da Cidade de Espinho, ano de 1933 | 124 |
| Tabela 14 - Carta Militar Topográfica do Concelho de Espinho, sector Norte, ano de 1970 ... | 124 |
| Tabela 15 - Carta Militar Topográfica do Concelho de Espinho, sector Centro, ano de 1970. ... | 124 |
| Tabela 16 - Carta Militar Topográfica do Concelho de Espinho, sector Sul, ano de 1970 | 125 |
| Tabela 17 - Ortofotomapa das freguesias de Espinho e Silvalde, Concelho de Espinho, ano de 1965/67..... | 125 |
| Tabela 18 - Ortofotomapa das freguesias de Silvalde e Paramos, Concelho de Espinho, ano de 1965/67..... | 126 |
| Tabela 19 - Ortofotomapa das freguesias de Arcozelo e S. Félix da Marinha e do Concelho de Espinho, ano de 1988 | 126 |

| | |
|--|-----|
| Tabela 20 - Carta Militar Topográfica do Concelho de Espinho, ano de 1998..... | 127 |
| Tabela 21 - Ortofotomapa do Concelho de Espinho, ano de 2003..... | 127 |
| Tabela 22 - Fotografia Aérea da Freguesia de Arcozelo, lugar de Aguda, ano de 1940..... | 127 |
| Tabela 23 - Ortofotomapa das Freguesias de Arcozelo e S. Félix da Marinha, ano de 1965.... | 128 |
| Tabela 24 - Carta Militar Topográfica das Freguesias de Arcozelo e S. Félix da Marinha, ano de 1970..... | 128 |
| Tabela 25 - Ortofotomapa da Freguesia de S. Félix da Marinha, sector Sul, ano de 2003 | 128 |
| Tabela 26 - Ortofotomapa das Freguesias de Arcozelo e de S. Félix da Marinha, ano de 2003. | 129 |
| Tabela 27 - Ortofotomapa da Freguesia de Arcozelo, ano de 2003 | 129 |
| Tabela 28 - Valores do erro médio quadrático para cartografia proposto pela ASPRS (in: Oliveira, 2005) | 130 |
| Tabela 29 - Intervenções efectuadas nos últimos 10 anos no sector de costa em estudo. Fonte: http://www.inag.pt/inag2004/port/a_intervencao/obras/int_o_costeira_01.html | 130 |
| Tabela 30 - Taxas médias de recuo da linha de costa. Os valores positivos correspondem a uma situação de acreção da linha de costa e os negativos a uma situação de recuo | 84 |
| Tabela 31 - Valores de correlação encontrados para as variáveis em estudo..... | 130 |

LISTA DE SÍMBOLOS E ACRÓNIMOS

ASPRS - American Society of Photogrammetry and Remote Sensing

°C - Graus Celsius

D_p - Direcção Média do Período de Pico de Onda

DSAS - Digital Shoreline Analysis System

EMQ - Erro Médio Quadrático

EMQr – Erro Médio Quadrático Relativo

EPR – End Point Rate

H_{smax} - Altura Significativa Máxima

H_{s0} - Altura Significativa da Onda ao Largo

IH – Instituto Hidrográfico

IHRH – Instituto de Hidráulica e Recursos Hídricos

IM – Instituto de Meteorologia

INAG - Instituto Nacional da Água

IPCC – Instituto Português de Cartografia e Cadastro

ISDR - International Strategy for Disaster Reduction

N – Norte

NNE - Nordeste

NNE - Nor-nordeste

NNW - Nor-noroeste

NW - Noroeste

S - Sul

SE - Sudeste

SIG - Sistemas de Informação Geográfica

SSE - Su-sudeste

SSW - Su-sudoeste

SW - Sudoeste

TIN – Modelo Numérico de Terreno

T_s - Período Significativo da Onda

UNDRO – United Nations Disaster Relief Organization

USGS - US Geological Survey

W - Oeste

WNW - Oés-noroeste

WSW - Oés-sudoeste

1. INTRODUÇÃO

A zona costeira é uma área em constante evolução por enquadrar-se numa área de transição entre dois domínios distintos, o continente e o oceano, dos quais emanam forças construtivas e destrutivas na procura de um equilíbrio dinâmico. Esta zona, nos últimos séculos, tem sido submetida a imensas transformações económicas, sociais e culturais, em resultado da concentração de um grande número de actividades humanas, turismo, indústria, exploração marítima, entre outras, que contribuem para a riqueza sócio-económica e para o bem-estar quer a nível local quer nacional. A estas transformações associam-se fortes pressões e modificações no ambiente físico, tendo muitas delas provocado perdas irreparáveis.

Nas últimas décadas, a erosão costeira tem-se generalizado a nível mundial e no litoral português, com tendência para se agravar junto das concentrações populacionais que, têm exigido melhores e mais soluções no sentido de reduzir as consequências e fomentar a mitigação de problemas futuros em vários sectores da economia. São vários os factores que têm contribuído para a erosão e conseqüente recuo da linha de costa: as acções antropogénicas, em especial as que interferem e contribuem para a degradação do abastecimento sedimentar, a destruição das estruturas defensivas naturais através de intervenções pesadas de defesa costeira para a protecção de pessoas e bens e as alterações climáticas (Dias *et al.*, 2000). A ocupação permanente e rígida dos espaços costeiros bem como a implementação de diversas infra-estruturas de estabilização da linha de costa têm-se revelado incompatíveis com a dinâmica inerente a um espaço de interface entre os três subsistemas. Deste modo, entende-se a razão do aumento da vulnerabilidade humana face a dinâmicas costeiras, em especial a erosão costeira que se traduz no recuo da linha de costa e no “*emagrecimento*” das praias, colocando as construções e populações num grau de exposição crescente.

Pelo exposto, o estudo do litoral, no que concerne à dinâmica costeira, a processos físicos associados a morfologias específicas e à evolução da vulnerabilidade, tem constituído o “objecto” de estudo de grande pertinência perante a tendência do aumento da vulnerabilidade de sectores económicos e das populações locais.

Nas últimas décadas, o desenvolvimento de estudos desta temática assistiu a um amplo recurso a fotografia aérea, a imagens de satélite e a mapas históricos, bem como a uma optimização progressiva das tecnologias, como os Sistemas de Informação Geográfica, que tem permitido recolher dados relativos à evolução e ao comportamento da linha de costa, às

consequências e ao tipo de resposta da linha de costa a eventos mais energéticos, à evolução do tipo de ocupação do solo e do seu valor económico entre outras informações.

Perante um esforço crescente de consolidação das áreas costeiras, torna-se igualmente imperativo definir estratégias de sustentabilidade regional e local. Há, no entanto, ainda dificuldades em integrar o conhecimento científico nas questões de ordenamento do território, tal como sugere Granja no seu estudo (1996).

1.1. OBJECTIVO

No seguimento do exposto, surge como objectivo do presente trabalho a análise e discussão do conjunto de dados e informações de diversa natureza que se encontram disponíveis e que podem ser utilizados na avaliação da susceptibilidade e da vulnerabilidade sócio-económica da faixa costeira em estudo. Tendo por base duas abordagens metodológicas da vulnerabilidade diferentes, objectiva-se discutir a eficácia de cada uma delas na avaliação da vulnerabilidade à erosão/recuo da linha de costa induzida por vários eventos, bem como a avaliação do risco de ocupação antrópica, na área de estudo compreendida entre Aguda e Paramos.

1.2. CONCEITOS E MÉTODOS

1.2.1. Conceitos

O estudo da vulnerabilidade das áreas costeiras ao risco de erosão tem sido uma problemática pertinente e debatida a nível mundial nas últimas décadas, em resultado da inquietação para com as consequências de fenómenos como a subida do nível médio do mar, inundações marinhas e galgamentos, poluição ambiental e elevada pressão demográfica e económica destes espaços, independentemente do grau de desenvolvimento do país ou região que se esteja a analisar. O aumento da pressão demográfica, da actividade industrial e turística provocou profundas alterações no tipo de ocupação do solo e nos ecossistemas naturais, impossibilitando por vezes, uma resposta adaptativa dos mesmos e revelando um sério conflito entre os objectivos do Homem e o comportamento e a dinâmica natural destas áreas.

a) Vulnerabilidade

A vulnerabilidade é um conceito amplamente utilizado quer no nosso quotidiano quer na investigação científica, em diversas áreas disciplinares. Segundo o Dicionário de Língua Portuguesa da Porto Editora (2009) *Vulnerabilidade* “é um substantivo feminino que traduz a qualidade de vulnerável, que por sua vez, vulnerável, adjectivo uniforme, significa algo que

pode ser atingido ou ferido, frágil; que tem poucas defesas; significa o ponto fraco de uma pessoa, questão ou coisa”.

Conforme a ISDR, International Strategy for Disaster Reduction, para as Nações Unidas (2004), o conceito de vulnerabilidade foi inicialmente utilizado pelos engenheiros referindo-se aos níveis/ graus de resistência dos materiais e edifícios perante a ocorrência de um terramoto/sismo, acção do vento e da água. Já na década de 80, o conceito foi sendo aplicado em relação ao impacto de fenómenos e eventos naturais e/ou antrópicos referindo-se ao seu local de ocorrência.

Quando aplicado o termo de vulnerabilidade nas Geociências, Ciências e Engenharia da Terra, este exprime a sensibilidade de um sistema, neste caso um sistema costeiro, a alterações hidromorfológicas (Coelho, 2005 e Veloso-Gomes e Taveira-Pinto, 1997). Já Alcántara-Ayala (in: Rudorff, 2005) define a vulnerabilidade como sendo o grau de probabilidade de um elemento sofrer perdas ou danos perante a actuação de um perigo. Assim, a vulnerabilidade depende da existência de uma ameaça de um perigo natural e da presença humana. A ISDR para as Nações Unidas (2004) considera que a vulnerabilidade é determinada por factores ou processos físicos, sociais, económicos e ambientais que aumentam a susceptibilidade de uma comunidade ao impacto da ocorrência de um fenómeno.

Na literatura estrangeira, nomeadamente na língua inglesa, o termo *vulnerability* define-se como: 1. enquanto nome, é o estado de ser vulnerável ou exposto, “exposto ao ridículo” ou ser vulnerável ao confronto, 2. a susceptibilidade a um ferimento ou a um ataque; 3. no âmbito da administração pública: a vulnerabilidade é o grau de perda de um determinado elemento em risco, ou um conjunto desses elementos, que resulta da ocorrência de um fenómeno natural com uma determinada magnitude e expressa numa escala de 0 (sem danos) a 1 (perda total)¹.

Os estudos de vulnerabilidade englobam necessariamente outros conceitos e termos que importa esclarecer: a susceptibilidade, o perigo e o risco.

b) Susceptibilidade, Perigo e Risco

A susceptibilidade corresponde ao grau de sensibilidade que o sistema natural revela perante os efeitos de um fenómeno inesperado, das intervenções antrópicas e depende da sua capacidade de resposta a esses efeitos adversos.

O perigo ou *peligrosidad* (espanhol), *pericolosità* (italiano), *hazard* (inglês) ou *aléas* (francês) é um conceito que transmite o sinal da presença do risco, ou seja, a probabilidade espacial e temporal de ocorrência de um fenómeno natural com consequências negativas para o Homem e para a sociedade (Rebelo, 2001).

¹ <http://www.websters-online-dictionary.org/definition/vulnerability>

O risco envolve a análise de duas dimensões, a que se relaciona com a dinâmica natural e enquadra o conceito de perigo e a que se refere à vulnerabilidade humana, consequente das características demográficas, do poder económico, da forma de organização política e do estatuto social e cultural (Cunha e Dimuccio, 2002).

O primeiro trabalho científico que pretendeu avaliar o risco surgiu em 1985, da autoria de Varnes, debruçou-se sobre a avaliação do risco nos deslizamentos e movimentos gravitacionais de massa. A sua proposta pode ser enquadrada na avaliação do risco relativo à ocorrência de qualquer outro tipo de eventos perigosos (Mazzer, 2007). O risco pode assim ser traduzido pela seguinte expressão:

$$R = (H \times V) \times (E)$$

em que o R é o risco, H o perigo, V a vulnerabilidade e E os elementos de risco (Varnes, 1985).

No entanto, segundo Rebelo (1999) a definição de risco para alguns autores franceses e ingleses traduz-se por:

$$R = A + V \text{ ou } R = H + V$$

em que o A é o perigo ou *aléas*, V a vulnerabilidade e H o *hazard*.

Em 2000, Greve *et al.* no seu trabalho sobre a elevação do nível médio do mar na costa leste da Austrália, definem o risco como a função da probabilidade de ocorrência de um fenómeno e da vulnerabilidade/exposição a agentes erosivos e a perigos decorrentes de processos naturais. Na mesma linha de desenvolvimento Dauphiné (in: Cunha e Dimuccio, 2002) e Rudorff (2005) traduziram o risco pela fórmula:

$$R = f(P, V)$$

onde, P é o perigo e V a vulnerabilidade.

Mais recentemente, Coelho (2005), no trabalho desenvolvido na faixa litoral do distrito de Aveiro, define o risco como sendo o produto da probabilidade de ocorrência de um acontecimento indesejado (temporal, erosão), pela sua consequência igualmente indesejada (mortes, ferimentos, perdas de território, inundações, destruição do edificado, perda de actividades económicas, afectação de um ecossistema). O risco será então avaliado pela fórmula:

$$R = (A \times C)$$

sendo A o acontecimento indesejado e C a consequência indesejada.

Deste modo, é a combinação funcional entre o factor *aléas* (ou *hazard*) e o factor vulnerabilidade que traduz o conceito de risco (Cunha e Dimuccio, 2002).

c) Litoral/Costa, Praia e Linha de Costa

Perante a diversidade de estudos sobre a vulnerabilidade costeira torna-se pertinente distinguir os elementos que vão orientar a aplicação da metodologia de trabalho, sobretudo pelo facto de que a maioria das vezes a abordagem realizada está sujeita à disponibilidade de dados.

As primeiras dúvidas, ao nível da escala e dimensão espacial, surgem quando se coloca a questão no âmbito do estudo do litoral ou da costa litoral. O termo *costa* refere-se à porção de terra com largura indefinida que se estende desde a *linha de costa* para o interior, no sentido do continente, até alcançar uma modificação topográfica natural marcada por dunas frontais, arribas rochosas ou linha de vegetação permanente (Baptista, 2006). O *litoral* é um conceito com maior amplitude que se refere ao domínio que inclui o perfil de praia, bem como uma porção mais interna materializada por dunas e arribas, no continente e, no lado do mar, delimitado pela profundidade de fecho. Esta última é também um conceito que pode ser definido a partir de índices que se encontram na literatura científica (Baptista, 2006).

A área de estudo enquadra doze praias. O termo *praia* (Shepard, 1963 in: Baptista, 2006) refere-se à zona litoral coberta de sedimentos cuja granulometria pode variar entre a areia e o cascalho. O termo *praia*, neste trabalho, é aplicado como sinónimo de praia arenosa, uma vez que é este tipo de praias que se encontram na área de estudo. Porém, em termos práticos esta definição é pouco precisa perante a necessidade de se proceder à sua delimitação, pelo que iremos utilizar o termo *praia* emersa referindo-nos ao domínio compreendido entre o contacto da *duna frontal* ou arriba talhada na duna frontal ou elementos fixos antrópicos e a linha de costa. A *duna frontal* é uma forma arenosa gerada por processos eólicos e desenvolve-se, geralmente, no sentido paralelo à *linha de costa*.

No que se refere ao conceito de *linha de costa*, vários autores portugueses e estrangeiros têm realizado estudos com base em técnicas aerofotogramétricas e de geodesia clássica para quantificação da sua evolução. Todavia, estes estudos têm contribuído para uma multiplicidade de definições do conceito de *linha de costa* (Tabela 1). Por outro lado, a capacidade de utilização destas definições depende não só dos dados de base, bem como dos meios utilizados para o seu estudo.

Considerando o facto da área de estudo se caracterizar principalmente por uma costa litoral arenosa e de baixa altitude, a definição de referência para a determinação da posição da *linha de costa* incidirá na *Linha Fronteira Seco/Molhado* que marca a mudança de cor das areias nas fotografias aéreas e nos ortofotomapas (Leatherman, 2003 in: Oliveira, 2005 e Mazzer, 2007).

Tabela 1- Definições de linha de costa existentes na literatura. Fonte: adaptado de Oliveira (2005, pp.28)

| Definições de linha de costa | |
|-------------------------------------|--|
| Linha Média das Preia-Mar Vivas | Relaciona-se com um datum mareográfico. A linha corresponde a uma média de todas as situações de preia-mar viva que ocorrem num período de 19 anos. |
| Linha de Preia-mar | Não corresponde a nenhum datum altimétrico específico. A linha é identificada a partir de critérios geomorfológicos: linha de berma, crista da praia, base das dunas ou de arribas. |
| Fronteira Seco/Molhado | Não corresponde a nenhum datum vertical específico. A definição da linha depende da própria praia, do nível do mar, ondulação, regime de ventos, etc, verificada a partir da mudança de tonalidade das areias visíveis nas fotografias aéreas. |
| Linha de Água | Não possui nenhum datum vertical. A linha de costa corresponde à linha de contacto entre a areia da praia e a água, e relaciona-se com um nível de maré. Porém, também depende do tipo de ondulação e de outros movimentos da água do mar junto à costa. |
| Linha definida por dunas ou arribas | Não corresponde a nenhum datum mareográfico. No caso do cordão dunar frontal a linha corresponde à linha média das preia-mar vivas, onde a praia é estreita e não possui berma. No caso dos sectores de arriba corresponde ao topo. |

1.2.2. Métodos e Estratégias de Análise da Vulnerabilidade e do Risco

Perante a complexidade na busca de soluções para o problema da erosão costeira, fenómeno generalizado a nível mundial e reconhecido desde 1985 com o trabalho de Bird (1985), o tratamento da mesma deu origem a várias abordagens na bibliografia nacional e estrangeira.

No âmbito desta problemática vários métodos e estratégias têm sido desenvolvidos e aplicados nas últimas décadas. Em 1991, o IPCC Common Methodology propôs uma metodologia de avaliação da vulnerabilidade das áreas litorais perante as alterações climáticas e a consequente subida do nível médio do mar. A metodologia propõe a realização de sete etapas fundamentais: 1. Definição da área de estudo; 2. Inventário das características da área; 3. Identificação dos factores de desenvolvimento sócio-económicos relevantes; 4. Avaliação das alterações físicas; 5. Formulação das estratégias de resposta; 6. Avaliação do perfil de vulnerabilidade e 7. Identificação das necessidades futuras.

Desde então, várias metodologias de avaliação da vulnerabilidade e do risco têm tido como suporte a construção de bases de dados cada vez mais complexas, envolvendo informação oceanográfica, como altura da onda na quebra, presença/intensidade de correntes na zona de *surf*, profundidade do trecho praiar (Short, 1999), balanço sedimentar, complementada com as

características meteorológicas, os levantamentos topo-hidrográficos (Gornitz *et al.*, 1992), a presença de aglomerados populacionais, os dados demográficos, culturais e sócio-econômicos (McLaughlin, S.; McKenna, J. e Cooper, J. A. G., 2002), o tipo de solo e a geologia subjacente e o tipo de estruturas de defesa costeira (Coelho, 2005), toda esta informação integrada em sistemas de informação geográfica.

A referida complexificação da base de dados acarretou também novas exigências em relação à qualidade visual dos dados, à escala temporal e espacial utilizada e ao tipo de erros associados ao tratamento de dados, entre outras.

No que diz respeito à análise da perda territorial, em consequência da variação da posição da linha de costa, esta tem beneficiado de uma melhoria na qualidade dos dados manipulados que acompanhou os próprios avanços tecnológicos. Deste modo, o levantamento e mapeamento sistemático da posição da linha de costa, bem como o acompanhamento das suas mudanças ao longo do tempo permitem a produção de informações de grande valor para o planeamento e gestão costeira.

O recurso a fotografias aéreas e ortofotomapas desde cedo revelou ser uma ferramenta indispensável ao estudo da dinâmica costeira. Diversos trabalhos têm sido realizados, a nível nacional, abrangendo parte da área de estudo, dos quais importa referir os trabalhos de Ângelo (1991), Ferreira (1993), Diogo (2004). No entanto, outras tecnologias têm sido utilizadas para a obtenção de dados, tais como DGPS (Baptista *et al.*, 2008), sensores Laser (LIDAR) (Leathermann, 2003 in: Oliveira, 2005) e Aerial Videotape (Coelho, 2005).

No entanto, a leitura de vários trabalhos, nacionais e internacionais, revelou que a generalidade dos autores continua a destacar a dificuldade em avaliar a vulnerabilidade e o risco devido à diversidade e complexidade de alguns parâmetros da análise, bem como do tipo de disponibilidade de dados a integrar a base de dados. Ainda existem problemas, para já incontornáveis, ao nível da incompatibilidade do grau de precisão dos dados e da recolha temporal.

2. METODOLOGIA

Após um enquadramento do que se pretende desenvolver a partir do objectivo delineado, propomo-nos neste momento a apresentar as diversas fases metodológicas utilizadas no domínio da análise da vulnerabilidade e da avaliação do risco no presente trabalho.

2.1. MATERIAIS E MÉTODOS

A construção da proposta metodológica baseou-se em quatro aspectos fundamentais:

1. Construção da base de dados em SIG (Sistemas de Informação Geográfica),
2. Análise da variação da posição da linha de costa a partir de cartografia de base de escalas temporais distintas,
3. Aplicação de duas propostas metodológicas de análise da vulnerabilidade;
4. Aplicação de uma proposta de análise do risco,
5. Recolha e tratamento estatístico de dados não espaciais relativos à ocorrência de episódios de temporais e galgamentos marítimos na área de estudo bem como das suas consequências.

1. A geração da base dados inicia-se com a organização dos vários dados recolhidos, tratamento e produção dos resultados finais para análise. A análise da susceptibilidade e da vulnerabilidade partiu de um conjunto diversificado de dados que foram integrados na base de dados em ambiente SIG ArcInfo Desktop 9.2. os quais estão caracterizados nas Tabelas 2 e 3 (Anexo A).

Depois de reunida a informação cartográfica em suporte digital procedeu-se à sua georeferenciação com base no sistema de projecção Datum 73 Hayford-Gauss do IPCC. A georeferenciação correcta das imagens raster é umas das mais importantes fases do trabalho pois irá condicionar todos os resultados obtidos nas fases seguintes. Por outro lado, a existência de incerteza numa análise em ambiente SIG não é passível de ser eliminada por completo, daí a necessidade de se conhecer o melhor que possível o grau de incerteza ou de imprecisão associada aos dados com que estamos a trabalhar. O processo de georeferenciação desenvolveu-se a partir da definição de pontos comuns de controlo a toda a cartografia digital, tendo o cuidado destes se distribuírem de modo uniforme em toda a área de estudo, de forma a proporcionar um ajustamento homogéneo da imagem raster. Os pontos comuns de controlo

referem-se a esquinas de casas, de muros ou de equipamentos como campos de futebol, que à partida são perenes, sendo facilmente identificáveis ao longo dos anos na cartografia e se encontram relativamente afastados da linha de costa. No presente trabalho, a georeferenciação teve por base o levantamento vectorial à escala 1/2 000, do ano 2001, adquirido junto do INAG (Instituto Nacional da Água). No ambiente SIG o procedimento foi executado com recurso à ferramenta *Georeferencing* do ArcGis 9.2.. Definiram-se os pontos comuns de controlo entre as fotografias aéreas (1965/1967), as cartas topográficas (1970, 1993 e 1998) e os vários ortofotomapas (1988, 2002, 2003 e 2005) considerando o mínimo de 4 pontos e o máximo de 20 pontos. Ao longo deste processo quanto mais pontos de controlo se utilizar menor será o EMQ (Erro Médio Quadrático), o que significa uma redução da margem de erro relativa à distância entre o ponto de coordenadas conhecidas e o ponto cujas coordenadas têm de ser atribuídas/transformadas. O EMQ é o grau de precisão da transformação de todos os pontos de controlo que pode ser medido matematicamente através da comparação entre a posição real da coordenada do mapa e a posição transformada na imagem raster. A distância entre estes dois pontos é conhecida como o erro residual. O erro total é calculado fazendo a raiz quadrada da média da soma de todos os erros residuais. Este valor mostra a consistência da transformação entre os diferentes pontos de controlo (*links/ligações*). Embora o EMQ seja uma boa avaliação da precisão da transformação, não se deve confundir um baixo valor de EMQ com uma boa precisão, pois a transformação pode ainda conter erros significativos devido a uma deficiente introdução de pontos de controlo. Conhecido o valor do EMQ de todos os pontos considerados, conhecemos o grau de proximidade entre a informação posicional, geralmente em coordenadas, da representação e a posição real, isto é, a diferença de coordenadas e distâncias entre pontos. Para conhecer as diferenças de coordenadas calcula-se a raiz quadrada do erro médio quadrático segundo as direcções X e Y, de acordo com as fórmulas que se seguem,

$$REM_{Q}(X) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\overline{X}_i - X_i)^2}{n}} \qquad REM_{Q}(Y) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\overline{Y}_i - Y_i)^2}{n}}$$

\overline{X}_i e \overline{Y}_i - valores supostamente correctos

X_i e Y_i - valores observados

n - número de pontos onde feita a medição.

2. Após o processo de georeferenciação concluído, ainda em ambiente SIG, procedeu-se à vectorização da linha de costa para os vários períodos em questão. Cada posição da linha de costa corresponde a uma *shapefile*, com os seguintes atributos/campos de informação: nome,

fonte, data, grau de precisão. Estes campos de informação serão de maior importância para o processo de avaliação das taxas erosão da costa com suporte no DSAS 3.2. (*Digital Shoreline Analysis System*). Esta extensão foi desenvolvida na década de 90, pelo *US Geological Survey* com o principal objectivo de se quantificar as variações da posição da linha de costa ao longo do tempo.

O DSAS versão 3.2. é uma extensão para ESRI ArcGIS v.9.2. que permite ao utilizador o cálculo da taxa de variação histórica da linha costa e realizar um tratamento estatístico a partir de múltiplas posições, bem como determinar a fiabilidade dos resultados calculados. A sua utilização está também adequada para uma qualquer aplicação genérica (elementos móveis como os limites de topos de arribas, de glaciares, de canais de rios e de usos do solo) calculando as variações posicionais ao longo do tempo (Thieler, E.R.; Himmelstoss, E. A.; Miller, T. L. e Zichichi, J., 2005).

Numa primeira fase, o utilizador estipula a posição da linha de base (*baseline*), sendo esta a referência que permite a comparação da evolução da linha de costa em diferentes períodos de tempo. A *baseline* traçada partiu de dois pressupostos, tendo por base os ortofotomapas mais recentes da área em estudo, de 2005 para o sector I e 2002 para o sector II, à escala 1/5 000, bem como do trabalho de campo, com recolha de pontos com o GPS (Topcon GMS 2) em áreas onde a interpretação do ortofotomapa era dificultada pela sua resolução. Numa primeira fase a *baseline* era numa linha paralela à linha de costa, considerando a presença de elementos naturais e antrópicos. Contudo, partindo dos elementos referidos a posição da *baseline* denuncia uma situação de acreção comparando com a posição da linha de costa nas décadas de 60 e 70, no sector localizado em frente à cidade de Espinho. Deste modo, numa segunda fase optou-se por estipular um *buffer* de 22 metros para Este, estipulando o seu limite, para o interior do continente, a posição da *baseline* utilizada no presente trabalho.

A determinação das taxas de erosão partiu da comparação entre as posições das linhas de costa dos levantamentos cartográficos, cartas militares topográficas, fotografias aéreas e ortofotomapas presentes nas Tabelas 2 e 3 (Anexo A), com base no lançamento de perfis perpendiculares à posição da linha de costa e da “*baseline*”, gerando uma análise anual obtida pelo método simples “*End point rate*”. Este método parte da seguinte fórmula:

$$EPR = (q_n - q_1) / (p_n - p_1)$$

em que q_1 é a posição inicial da linha de costa; q_n é a posição da linha de costa no tempo n; p_1 é a data inicial da linha de costa; p_n é a data final (tempo n) da posição da linha de costa. O “*End point rate*” consiste num método simples de avaliação por exigir apenas duas posições da

linha de costa (Dolan *et al.*, 1991), permitindo realizar uma análise anual das alterações na posição da linha de costa.

A análise das variações da posição da linha de costa por década teve por base o método *Jackknife*. Este é um método iterativo de regressão linear que permite calcular a recta mais provável partindo da combinação de todos os pontos da linha de costa, deixando de fora um ponto, a cada iteração. A média dos declives das rectas de regressão linear obtidas é a taxa *jackknife*. Segundo Thieler, E.R.; Himmelstoss, E. A.; Miller, T. L. e Zichichi, J. (2005) as vantagens do método *jackknife* são muito semelhantes às da regressão linear, este método é também menos influenciado por pontos afastados da média ou de grupos de dados “clusters”.

No que se refere aos procedimentos para a previsão da posição da linha de costa, para este caso de estudo recorreu-se ao um método simples devido à escassez de outros dados pertinentes, como o balanço sedimentar. Deste modo, foi aplicada a proposta sugerida por R. Li et al (2001). Partindo da análise dos valores de *Jackknife* de 1965-2005 (Gaia) e 1967-2003 (Espinho) devido às oscilações acentuadas verificadas no cálculo do *EPR*. Deste modo, extrapolou-se a posição da linha de costa a 50 e 100 anos Δp 2055, 2105, para o sector de Gaia, 2053 e 2103, para o sector de Espinho, respectivamente, partindo do pressuposto de que o *Jackknife* médio ($\overline{Jackknife}$) será constante, considerando o período de tempo para cada sector. A linha de costa prevista para daqui a 50 e 100 anos será:

$$\Delta q = \overline{Jackknife} \times \Delta p$$

em que Δq será a projecção da posição da linha de costa para o período Δp .

Para cartografar a posição futura da linha de costa acrescentou-se na *Tabela do Intersect Events dos Transeptos* 3 colunas: uma para o valor da taxa média de recuo, outra para o intervalo de anos a considerar e uma para a aplicação da fórmula cujos resultados servirão para lançar *Buffer*.

3. No presente trabalho foram contempladas duas propostas metodológicas de análise da vulnerabilidade a fim de se comparar os resultados e qual a sua eficácia ao serem aplicadas na área de estudo.

Em 2007, *Pedrosa et al.*, no projecto Littorisk aplicaram o modelo de análise da Vulnerabilidade proposto por McLaughlin, S., McKenna, J. et Cooper, J.A.G. (2002), com adaptações propostas in “Climate Change in Portugal, Scenarios, Impacts and Adaptations Measures” (2002), devido à disponibilidade de dados e às características da área em estudo. O modelo aplicado é composto por três sub-índices que caracterizam:

a) Aspectos Naturais (dados de altimetria, largura da praia, geologia e taxa média de recuo observadas na área);

b) Condições de Protecção da Linha de Costa (dados relativos ao tipo de estruturas presentes para protecção da linha de costa);

c) Aspectos Socio-económicos (dados do tipo do uso do solo, presença de estruturas de caminho-de-ferro, presença e tipo de arruamentos e a densidade populacional).

A cada sub-índice foi atribuído cinco níveis de vulnerabilidade, sendo o nível 1, o mais baixo e o 5, o nível mais elevado (Tabela 4, Anexo A).

Porém, McLaughlin, S., McKenna, J. et Cooper, J.A.G. (2002) chegaram à conclusão de que não seria muito eficaz a aplicação do mesmo valor de ponderação a todas as variáveis, uma vez que impedia uma percepção mais real da exposição da área de estudo ao risco de erosão da costa. Acresce ainda o facto de que a utilização de valores de densidade populacional também não permitiu efectuar uma avaliação real da vulnerabilidade humana.

Deste modo, a primeira metodologia aplicada para análise da vulnerabilidade teve por base a proposta adaptada de McLaughlin, S., McKenna, J. et Cooper, J.A.G. (2002). A base de dados concebida apresenta-se na Tabela 2, Anexo A. Após a recolha dos dados, foram atribuídos níveis de vulnerabilidade (Tabela 5, Anexo A), seguindo-se a normalização das variáveis, uma vez que algumas apenas possuíam dois ou quatro níveis de vulnerabilidade. O processo de normalização das variáveis efectuou-se com base na seguinte fórmula, (Exemplo do sub-índice socio-económico)

$$SI_{se} = \frac{(\sum V_{se}) - V_{\min}}{(V_{\max} - V_{\min})} \times 100$$

V_{se} – valores das variáveis socio-económicas

V_{\min} – Valor mínimo de vulnerabilidade (ex. 9)

V_{\max} – Valor máximo de vulnerabilidade (ex. 45).

O cálculo final do Índice de Vulnerabilidade resulta da atribuição do mesmo valor de ponderação a cada sub-índice, como demonstra a seguinte fórmula,

$$\frac{SI_{cn} + SI_{cp} + SI_{se}}{3}$$

SI_{cn} - Sub-Índice: Características Naturais

SI_{cp} - Sub-Índice: Condições de Protecção da Linha de Costa

SIse - Sub-Índice: Características Socio-económicas.

A segunda proposta metodológica foi apresentada por Mazzer (2007): “*Proposta Metodológica para Análise da Vulnerabilidade na Orla Marítima à Erosão Costeira: Aplicação em Praias Arenosas da Costa Sudeste da Ilha de Santa Catarina (Florianópolis, Santa Catarina – Brasil)*”. O autor seleccionou dez variáveis, nove das quais relacionadas com a morfodinâmica da linha de costa e uma relacionada com a distância de ocupação antrópica à linha de vegetação. O autor considera serem estas as variáveis que possuem uma relação directa com a dinâmica da linha de costa, tendo em conta a escala de trabalho. Para a geração dos índices de vulnerabilidade o autor determinou os pesos das variáveis através da verificação da correlação entre cada variável e cada taxa de variação da linha de costa (anual e década). Esta verificação realizou-se através da agregação linear, tendo sido gerado um índice de vulnerabilidade referente a cada escala temporal (anual e década) e um outro que integraria ambas as escalas. As dez variáveis utilizadas foram: taxa de variação da linha de costa anual, taxa de variação da linha de costa por década, altura da onda na quebra, amplitude altimétrica da orla marítima, inclinação da face litoral, velocidade residual da corrente longitudinal, balanço de sedimentos, largura da faixa de pós-praia, tamanho médio de grão na face praial e inclinação da face praial. O autor partiu ainda do pressuposto que quanto maior a erosão costeira, maior a altura da onda, maior o ângulo de inclinação da face litoral, menor a altitude da orla, maior a velocidade de corrente longitudinal residual, maior o tamanho de grão médio na face praial, menor a inclinação média do ante-praia, menor a largura de pós-praia e maior o valor no índice de limites de células costeiras.

De seguida, o autor procedeu à normalização dos dados transformando-os em coeficientes de frequência relativa, de forma a apresentarem valores entre 0 e 1. Para a construção de índices de vulnerabilidade o autor utilizou o teste de Shapiro & Wilk para comparar as médias a fim de verificar a normalidade dos dados e posteriormente a análise factorial tipo “Q”, para verificar a relação entre as 10 variáveis supracitadas. A partir do índice geral de vulnerabilidade costeira e da inserção da variável “retracção da linha de costa” o autor realizou uma análise de risco conforme Varnes (1984),

$$R = (H \times V) \times E ,$$

sendo *R*- risco, *H*- perigo, *V*- vulnerabilidade e *E* - elemento de risco. Neste estudo, o Elemento de risco em análise foram as edificações localizadas na faixa de 50m de largura da orla marítima,

$$E = \left(\left(\frac{DtEd}{50} \right) * 100 \right),$$

sendo E – elemento de risco, $DtEd$ – Distância de edificações.

Mazzer (2007) calculou ainda o risco específico R_s , isto é, o grau de perda devido a um fenómeno particular, neste trabalho a erosão da linha de costa devido à elevação do nível do mar, que foi determinado pela função probabilística entre o recuo da linha de costa em 2090 e a distância das edificações da linha de vegetação, dada por,

$$R_s = \left(\left(\frac{RLC * 100}{DtEd} \right) / 100 \right)$$

R_s – risco específico, RLC - recuo da linha de costa, $DtEd$ - distância de edificações.

Relativamente à segunda proposta metodológica, no presente trabalho aplicaram-se algumas adaptações devido à indisponibilidade de dados como, a altura da onda na quebra, a amplitude altimétrica da orla marítima, a inclinação da face litoral, a velocidade residual da corrente longitudinal, o balanço de sedimentos, a largura da faixa de pós-praia, o tamanho médio de grão na face praial e a inclinação da face praial na área de estudo. Assim, a análise da vulnerabilidade procedeu-se com base em cinco variáveis. Após a recolha de informação procedeu-se à análise do tipo de correlação entre as variáveis que auxiliou na decisão dos valores de ponderação de cada uma delas para o cálculo final do Índice de vulnerabilidade (Tabela 6).

Tabela 6 – Valores de ponderação utilizados na aplicação da segunda metodologia.

| Variável | Valor de Ponderação (%) |
|--|-------------------------|
| Taxa média de recuo da linha de costa | 45 |
| Geologia | 8 |
| Altimetria | 10 |
| Largura da praia | 15 |
| Número médio de habitantes por subsecção | 22 |

As duas metodologias foram aplicadas ao longo de uma faixa costeira com 200m para Este da actual posição da linha de costa. Esta distância foi definida em função dos diversos registos históricos de episódios de invasão do mar que ao longo de cerca de um século variou num intervalo de 50 a 150m de área atingida no sentido Este. Deste modo, a definição de uma faixa de 200m de largura salvaguarda o limite máximo histórico atingido em 1975, na frente marítima da cidade de Espinho: «o mar ...”Rua dos Pescadores (actual Rua 31 abaixo da linha-férrea), Rua do Cruzeiro (actual Rua 2) até à Rua do Norte (actual Rua 4).” , destrói as ruas indicadas.

Partindo da esquina entre as actuais ruas 31 e rua 4 até à linha de costa apurada são cerca de 100m de distância» (Teixeira, 1997).

4. A análise do risco calculou-se segundo a proposta de Mazzer (2007), conforme acima mencionado.

5. No que se refere aos dados não espaciais, estes englobam uma panóplia de informação de carácter pertinente, pois permitem caracterizar historicamente o comportamento da linha de costa e os episódios de galgamentos marítimos que contribuíram para esse comportamento, mas não são passíveis de serem cartografados.

Numa primeira etapa efectuou-se uma recolha de notícias, nos jornais locais, relativas a episódios de destruição por galgamento marítimo na área de estudo. Seguiu-se a recolha de dados referentes à ondulação e ao clima de agitação marítima nos períodos disponíveis pelo IH, preferencialmente coincidentes com os episódios registados.

Na segunda fase, procedeu-se ao tratamento estatístico de toda a informação em folhas de cálculo Excel para apuramento das situações consideradas de temporal e de temporal persistente, dos períodos de maior frequência na ocorrência e das principais perdas registadas. Na análise e caracterização dos temporais que assolaram a costa em estudo e provocaram consequências graves, utilizou-se o critério proposto por Coelho (2005), cujo valor de referência de $H_{s0} > 3m$, uma vez que o sector em estudo enquadra praias a uma cota muito baixa e vários sectores praias de pequena largura. De modo a manter a coerência, utilizou-se o critério proposto por Coelho (2005) na definição de temporal persistente que ocorre quando existem pelo menos dez registos de $H_{s0} > 3m$ durante um período superior a 8 horas.

3. ÁREA DE ESTUDO

3.1. ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO: LOCALIZAÇÃO E DELIMITAÇÃO

A área de estudo localiza-se na faixa litoral NW de Portugal Continental, estendendo-se desde a povoação de Aguda, no concelho de Vila Nova de Gaia, fixada pelas coordenadas 8°39'26,61''W e 41°2'56,62''N, até à povoação de Paramos, no concelho de Espinho, junto ao último esporão fixado nas coordenadas 10°54'55,209''W e 38°14'20,072''N. A sua orientação aproximada é de NNW-SSE quebrando nas proximidades de Espinho para NNE-SSW, destacando-se deste modo dois sectores (Figura 1). Esta é uma costa relativamente rectilínea, baixa e arenosa, apenas interrompida pela foz de pequenos cursos de água, como a Ribeira da Granja, Ribeira do Mocho e Ribeira de Silvalde.

3.2. ENQUADRAMENTO GEOMORFOLÓGICO

A área em estudo integra-se no sector mais setentrional da Orla Mesocenozóica Ocidental, prolongando-se ainda sobre o Maciço Hespérico, a norte de Espinho. Aquela Orla corresponde a uma bacia sedimentar instalada no bordo Ocidental do Maciço Hespérico, com origem no Mesozóico, aquando da formação de um fosso tectónico de direcção NNE-SSW relacionado com as fases de abertura precoce do Oceano Atlântico (Dias *et al.*, 1994; Silva, 1997 e Diogo, 2004). Esta bacia teria sido preenchida por material proveniente de dois bordos do Maciço Hespérico, o actual a Este e um outro bordo continental a Oeste, do qual o arquipélago das Berlengas é o único testemunho emerso (Dias *et al.*, 1994 e Diogo, 2004). A Orla Ocidental é composta por rochas sedimentares mesozóicas (245 a 65 milhões de anos), de que não há qualquer afloramento na área de estudo, e por rochas sedimentares cenozóicas (65 milhões de anos até à actualidade), com representação apenas por unidades quaternárias mais recentes aqui.

Estas, do Pleisto-holocénico (últimos 300 000 anos, Carvalho, 1995), assentam directamente sobre os xistos e granitos do Maciço Hespérico com idade Pré-Câmbrica (mais de 540 milhões de anos), o que origina uma importante lacuna na sua coluna estratigráfica.

O contacto entre a Orla Mesocenozóica Ocidental e a Zona Centro-Ibérica (Maciço Hespérico) é marcado por uma estreita “faixa blastomilonítica”, que possui a mesma orientação que a falha Porto-Tomar. Esta é uma falha de primeira ordem com orientação geral de NNW-

SSE desde os arredores do Porto (Norte da praia da Madalena) até Tomar, passando por Espinho e Albergaria-a-Velha, sendo de idade proterozóica média superior (Araújo, 1991 e Chaminé, 2000) (Figuras 2 e 3).

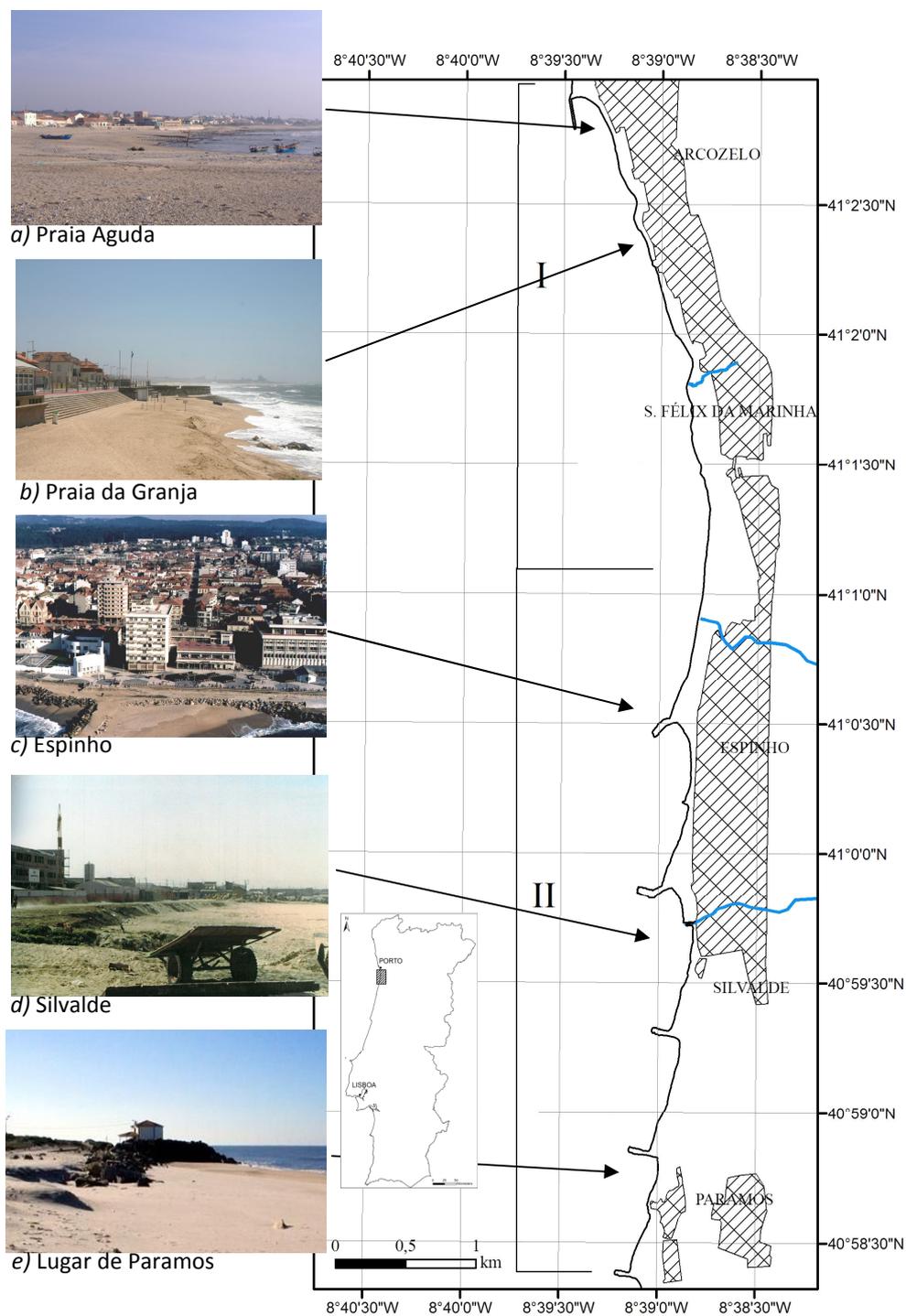


Figura 1 - Localização geográfica das zonas de estudo: sector I Aguda-Granja (Fotografias: a) Praia de Aguda e b) Praia da Granja); sector II Espinho-Paramos (Fotografias: c) Espinho, d) Silvalde e e) Lugar de Paramos).

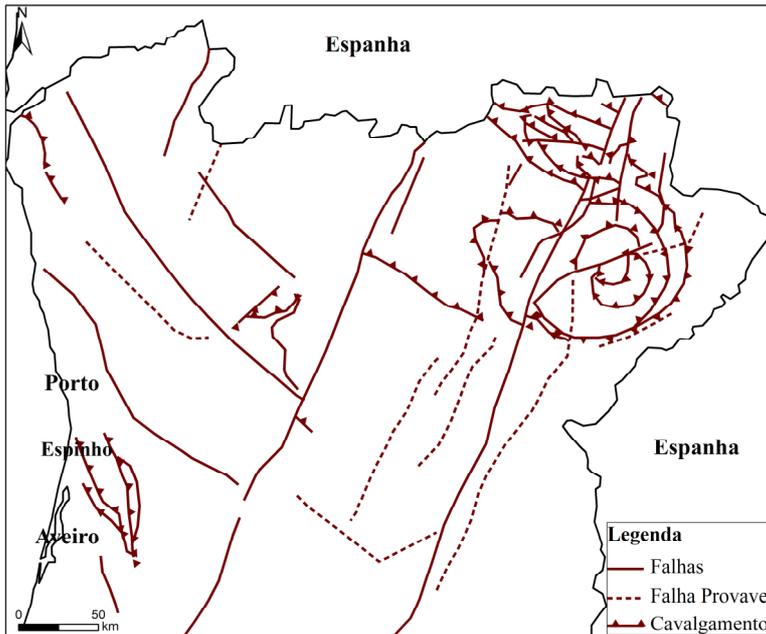


Figura 2 - Excerto da Carta de Tectónica fracturante no Norte de Portugal Continental. (Fonte: ex-Instituto Geológico e Mineiro, actual INETI)

Ainda segundo Araújo (1985 e 2002) esta falha tem sido interpretada como uma sutura entre as placas continentais Euroasiática (Placa Armoricana) e a Africana (Gondwana), que se desenvolveu durante a orogenia Cadomiana no final do Pré-câmbrico (544 milhões de anos). Deste modo, esta área seria de maior fragilidade da crosta, podendo assim explicar a origem de importantes movimentos tectónicos persistentes. A cerca de 1km do início da cidade de Espinho, nomeadamente na praia da Granja, a linha de costa deixa de ter orientação NNW-SSE para NNE-SSW, onde o contacto entre a Zona Ossa Morena e a Orla Ocidental atinge a linha de costa e o mar (Araújo, 1991). As estruturas da Zona Ossa Morena correspondem a rochas metamórficas, como xistos, grauvaques e metaconglomerados, muito tectonizadas, intruídas por gneisses e migmatitos.

Sobre estas rochas antigas assentam depósitos do Plio-pleistocénico (finais do Terciário e início do Quaternário, entre os 7 e 2,5 milhões de anos) e formações do Holocénico (finais do Quaternário) como as areias de praia, dunas e areias eólicas, aluviões, arenitos e conglomerados (Figura 3).

Os depósitos do Plio-pleistocénico estão representados por formações localizadas a diferentes níveis e cotas e correspondem a depósitos de praias antigas formados por mantos de calhaus rolados e areias acompanhadas por argilas, que em contacto permanente com a água os torna lamacentos. Segundo a mesma autora (Araújo, 1991), estes depósitos situados a uma cota baixa e a uma distância máxima aproximada de 1km da linha de costa deverão ser classificados de «depósitos de praias antigas».

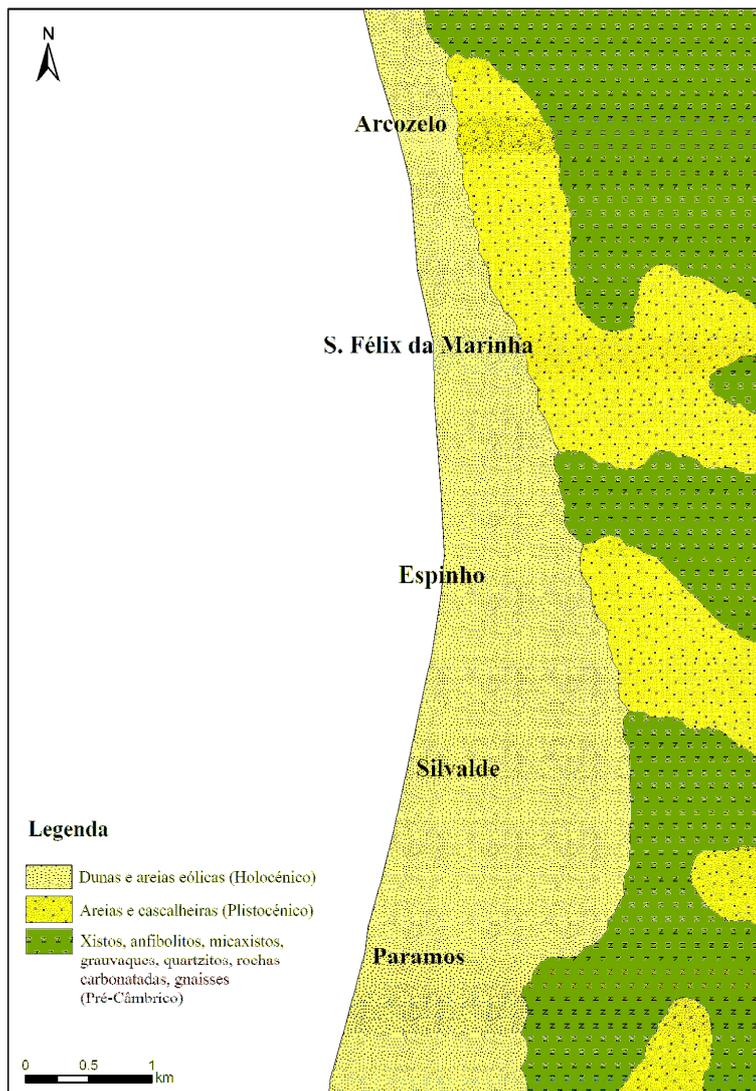


Figura 3 – Mapa Litológico da área de estudo. (Fonte: Atlas do Ambiente)

No sector em estudo, a plataforma litoral é uma zona aplanada, de grande uniformidade topográfica e de baixa altitude (Figura 4 e 5, Anexo B). A transição entre a “planície costeira” e o interior do continente faz-se por um rebordo, por vezes rigidamente alinhado, o “*relevo marginal*”, cujos topos culminam nos 312m de altitude (Araújo, 1991) (Figura 6). A repetição de altitudes e a presença de áreas aplanadas, que limitam a parte superior destes relevos, levaram a considerar, durante muito tempo, de que essa repetição resultaria de variações eustáticas, génese de uma escadaria de “*praias antigas*”. Araújo (1991) sugere ainda que esta repetição de altitudes indique a presença de uma escarpa de falha relacionada com a falha Porto-Tomar e que poderá ter sido retocada pela acção marinha durante o Plio-pleistocénico, sendo hoje uma arriba fósil. Porém, recentemente, Araújo (2002) coloca algumas reservas quanto à hipótese de que apenas a acção marinha seja responsável pelo *sistema de escadaria* da

plataforma litoral, uma vez que junto à área de contacto entre a plataforma e o relevo marginal existem dois níveis de depósitos, o de origem fluvial e o de origem marinha.

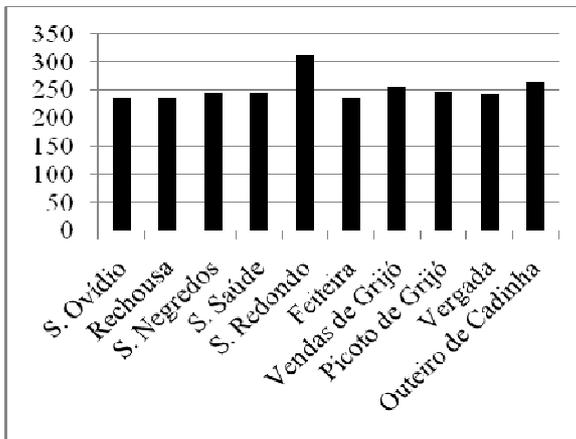


Figura 6 - Variação da altitude do relevo marginal no NW de Portugal Continental. (Fonte: Araújo, 1991).

No entanto, as variações no nível médio do mar provocaram, em tempos, constantes reposições da linha de costa. Dias (1981), partindo do faseamento temporal proposto por Ruddiman & McIntyre (1981), caracterizou a evolução da plataforma continental portuguesa em cinco fases:

- a primeira fase terá decorrido entre os 18 000 e 16 000 anos BP, no Máximo Glaciário, em que o nível do mar se encontrava a 120m/140m abaixo do nível actual. Neste período, a Frente Polar encontrava-se a latitudes aproximadas de 30° a 35°N, daí a acumulação de gelos nas maiores altitudes como serra da Estrela, Gerês e Cabreira bem como à enorme expansão que se verificou nas calotes polares; predominava a erosão fluvio-glaciária, as cheias e fortes caudais fluviais associados a episódios frequentes de gelo e degelo, a uma intensa pluviosidade no Outono e na Primavera e a ventos fortes no Inverno que proporcionavam uma enorme disponibilidade sedimentar para o litoral (Daveau, 1980 in: Dias, 1997). As zonas que hoje constituem os sectores terminais dos rios seriam ainda parte integrante de vales profundos, escavados em plena fase de erosão que, associados a um ambiente marítimo muito energético, facilitavam a transferência de sedimentos da plataforma continental estreita para maiores profundidades;

- a segunda fase decorreu no final da Glaciação, entre 16 000 e 13 000 anos BP cujo desequilíbrio resultou em duas sub-fases: 1) a subida lenta do nível do mar atingindo cerca dos 100m abaixo do nível médio actual; 2) estacionamento do nível do mar até aos 13 000 anos BP. Esta mudança (há 16 000 anos BP) possibilitou o desenvolvimento de acidentes geomorfológicos como as plataformas de abrasão marinha, cordões litorais e arribas, dos quais os depósitos grosseiros presentes na plataforma externa portuguesa são o seu testemunho (Dias *et al.*, 1997). Entre os 13 000 e os 11 000 anos BP, as alterações climáticas (melhoria climática),

as mudanças na circulação marítima bem como a rápida subida do nível do mar teriam impedido a rectificação da linha de costa pelo que se observa uma fase de captura de sedimentos na deriva litoral e não de fornecimento;

- na terceira fase, há 11 000 anos BP, ocorreu uma nova inversão climática (o Dryas recente) marcada por um arrefecimento rápido e pelo regresso das condições glaciares. O nível do mar volta a descer para cerca de -60m do actual e os materiais que anteriormente tinham sido capturados nas zonas estuarinas foram transferidos novamente para a plataforma continental e a maiores profundidades. O clima muito seco, frio e ventoso permitiu a intensificação dos processos de transporte fluvial e eólico, comprovado pelos depósitos de vertente que se estendem até ao nível actual do mar, por vestígios de solifluxão heterométrica e algumas acumulações eólicas consolidadas;

- a quarta fase, após o Dryas recente (11 000 anos BP a 10 000 anos BP), caracterizou-se pela ocorrência de uma nova e rápida mudança climática marcada pelo aquecimento geral do clima e pela transgressão marítima. Esta mudança marca o fim do Pleistocénico e o início do Holocénico. O nível do mar voltou a subir rapidamente, cerca de 40 metros em 2 000 anos, atingindo níveis próximos do actual entre os 5 000 anos BP e os 3 000 anos BP. A rápida subida do nível médio do mar terá permitido a preservação dos elementos geomorfológicos do litoral anterior como as plataformas de abrasão, os cordões litorais e as arribas, que hoje se encontram submersos a profundidades entre os 40 e os 60 metros. Este processo terá também resultado no preenchimento dos estuários por sedimentos, pelo que o litoral seria rochoso e a linha de costa muito recortada. Só mais tarde, se iniciou um período de rectificação da linha de costa a partir da erosão das partes salientes e acumulação sedimentar nas reentrâncias;

- na quinta fase, entre os 6 000 e os 1 000 anos BP, o litoral manteve uma tendência de construção, acompanhada por forte pluviosidade, ventos, tempestades frequentes e cheias que teriam facilitado o transporte de grandes cargas sedimentares formando amplas praias e grandes corpos dunares. Contudo, é muito incerto referir-se o momento exacto em que se terá iniciado o abastecimento sedimentar intenso que originou as formações arenosas actuais. Esta “rectificação” (Dias, 1989) do litoral permitiu a formação das lagoas estuarinas isolando-as do contacto com mar, a ligação de pequenas ilhas ao continente e a forte erosão de pontos salientes na costa.

O comportamento regressivo do litoral foi interrompido na transição entre o século XIX para o século XX, pois o incremento do efeito de estufa (Dias, 1989), a subida da temperatura, e a intervenção antrópica marcante resultou numa alteração do comportamento do nível do mar, levando o litoral português para uma nova fase de forte transgressão.

As descobertas arqueológicas permitem também comprovar a instabilidade morfodinâmica do litoral bem como as oscilações na posição da linha de costa. Em 1989, numa área exposta a

marés-vivas, foram descobertos na praia Carreira do Tiro de Silvalde, a sul de Espinho, vestígios de uma armadilha de pesca da época romana. Estavam expostas “*três estruturas formadas por duas fiadas paralelas de estacaria cravada no sedimento, que se encontravam entrelaçadas de vimes*” (Alves; Dias; Almeida; Ferreira e Taborda, 1988-1989). Segundo os autores foram realizadas datações por radiocarbono a amostras das estruturas, do estrato silto-argiloso, do nível turfoso e de uma raiz de árvore. As datações revelaram que a estrutura datava dos séculos I/II cal DC, o estrato silto-argiloso dos séculos VIII/IV cal AC, o nível turfoso dos séculos IX/X cal DC e a amostra de raiz de árvore, dos séculos X/XI cal DC. Os autores concluíram que estes vestígios poderão estar relacionados com a localização da lagoa de Ovil que hoje se reduz à barrinha de Esmoriz, situada a alguns quilómetros a sul. Ainda neste estudo, os autores referem que a lagoa de Esmoriz é, sem dúvida, o que resta da antiga *lagoa de Ovil*, referida na documentação histórica desde 897 («*villa de ermoriz est circa lagone auille*») (in: Alves; Dias; Almeida; Ferreira e Taborda, 1988-1989). Porém, neste período a zona da lagoa já se encontrava em regressão, bem como a posição da linha de costa pois no início do século XIX «*em 1806, os moradores de Paramos, em litígio com sua morgada, diziam que a lagoa tinha três rios perenes*». *Actualmente, a ribeira de Silvalde desagua directamente no mar, a norte do bairro piscatório* (in: Alves; Dias; Almeida; Ferreira e Taborda, 1988-1989). O fenómeno de regressão da lagoa também se verificou no sentido sul-norte como refere o autor Aires Amorim (in: Alves; Dias; Almeida; Ferreira e Taborda, 1988-1989) «*se hoje, embora moribunda, a lagoa é pertença de Paramos e Esmoriz, no século XIII banhava também Cortegaça. Assim se lê nas Inquirições de D. Dinis, de 1288: «en huum loguar que há dele da freegesia de Cortegaça contra o mar a huma lagoa» e ainda «huma alagoa que he contra o mar, he freguesia d’esmoriz e de Cortegaça» (...) «tendo um quarto de légua toda a lagoa, estando na mãe, com água que lhe mete o mar, passa a ter três quartos de légua e então sucede estender-se por cima dos campos» e a de Paramos: «esta lagoa nas suas enchentes tem de comprido, do norte a sul, três quartos de légua ou mais e, de largo, do nascente ao poente, um quarto»*». O ambiente instável e de equilíbrio dinâmico encontra-se historicamente documentado nas inquirições de D. Dinis de 1288 «*em que se fala oito vezes da existência de um porto de pesca indevidamente coutado: «e em hun porto que sse hy faz pescauam hy os homees del Rey e os outros que queriam da terra»; «os que queira pescar en huu porto que sse hy ffaz tan ben os del Rey come os da terra»*» (in: Alves; Dias; Almeida; Ferreira e Taborda, 1988-1989). Mas, em 1758, na Memória Paroquial de Esmoriz pode-se ler que «*é tradição nesta freguesia de que antigamente entravam pela barrinha da lagoa algumas caravelas, de que hoje não é capaz, pelas muitas areias que o mar tem arrojado à praia*» (in: Alves; Dias; Almeida; Ferreira e Taborda, 1988-1989).

Perante a tendência transgressiva do mar litoral e em consequência do actual “*emagrecimento*” das praias de Aguda e da Granja, em alguns pontos é já visível à superfície a presença de sedimentos de depósito marinho de “*nível 3*” (Araújo, 2002). Este surge a cotas inferiores a 10m, atingindo no sector I de estudo altitudes do nível actual das marés baixas. O depósito apresenta uma cor acastanhada, que indica a presença de um processo de ferruginização intensa, podendo por vezes apresentar-se como conglomerados. Os depósitos ocorrem numa camada de espessura variável entre os 10cm (valor mínimo observado) e 40cm (valor máximo) de altura e em contacto com a água do mar (preia-mar) parecem evidenciar um comportamento plástico (Figuras 7 e 8).

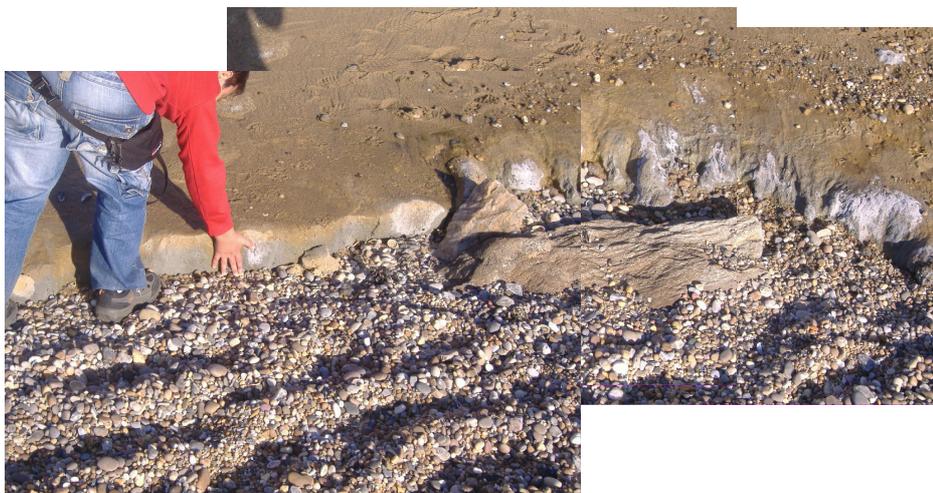


Figura 7 – Afloramento do depósito sedimentar de origem marinha de “*nível 3*” na praia da Granja.

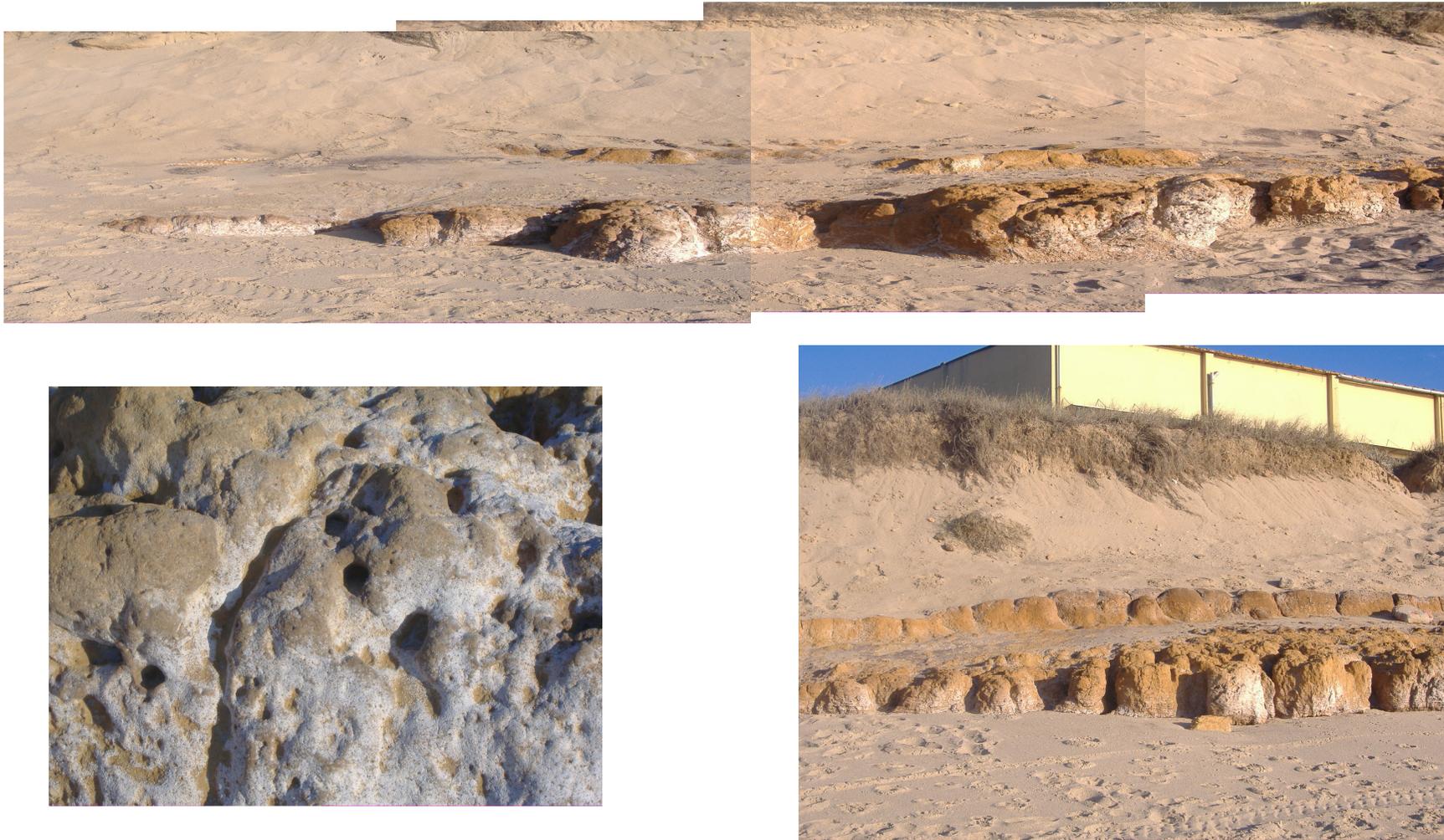


Figura 8 – Afloramento do depósito de origem marinha de “*nível 3*” junto às piscinas da Granja a) e b); c) pormenor macroscópico do depósito.

3.2.1. As Formas litorais

A Norte do concelho de Espinho, junto das praias da Aguda e da Granja, domina uma costa rochosa baixa, com praias arenosas, estreitas, abertas e separadas por zonas de afloramentos rochosos na faixa da baixa-mar e na zona submersa que permitem alguma protecção natural relativa à erosão costeira. Esta faixa costeira desenvolve-se numa planície litoral talhada em rocha, com cobertura dunar, em algumas áreas, que cobrem vestígios de praias levantadas (Araújo, 2002). A faixa costeira que limita o concelho de Espinho a Oeste é arenosa, aberta e exposta, constituída por 10 praias arenosas, extensas e naturalmente sem interrupções: Praia de Marbelo, Praia Seca, Praia Frente Azul, Praia da Baía, Praia Espinho (Norte), Praia Espinho, Praia de Silvalde (Norte), Praia de Silvalde, Praia de Paramos (Norte), Praia de Paramos. A largura destas praias é relativamente pequena na frente urbana da cidade de Espinho e na frente urbana de Silvalde e de Paramos, alargando ligeiramente para sul (Tabela 7, Anexo A). A faixa costeira desenvolve-se numa planície litoral estreita a Norte do concelho de Espinho e mais larga na direcção Este para sul da cidade de Espinho, encontrando-se coberta por sistemas dunares do Holocénico onde se distinguem o cordão dunar frontal e o sistema de dunas interiores.

No sector I junto à povoação de Aguda actualmente apenas se observa uma praia arenosa cuja amplitude aumenta para norte devido ao quebramar destacado e diminui no sentido sul pelo efeito da erosão costeira. Conforme se observa na Figura 9 é na direcção sul que surgem vestígios do campo dunar, no entanto encontra-se completamente intervencionado, onde no lugar da fauna autóctone surge o *Carpobrotus edulis* (chorão) e a relva. Ainda mais para sul, em direcção à praia da Granja, na praia de Aguda surge o que resta do cordão dunar frontal, de pouca envergadura e com vários corredores de deflação devido ao efeito do pisoteio intenso de acesso à praia. Esta forma encontra-se bastante degradada sendo muitas vezes difícil de se distinguir da própria praia, apenas a presença de *Ammophila arenaria* (estorno) e da *Euphorbia paralias* (morganheira das praias) marca a existência frágil da forma. Junto ao cordão dunar frontal encontram-se algumas paliçadas, com o objectivo de o reforçar, mas estão pouco cuidadas pelo que poderão não estar a contribuir para a função com que foram lá colocadas. Nesta área são ainda visíveis os *hummock*, vestígios da posição inicial do cordão dunar frontal. Estas reminiscências encontram-se fixas pela *Ammophila arenaria* (estorno) que permite a resistência deste corpo dunar à acção do vento e da água do oceano. Contudo, é observável o seu grau de degradação quer pela acção de elementos naturais quer pela acção humana, nomeadamente os veraneantes que se colocam junto dos *hummock* para se abrigarem da *nortada*.

Na praia da Granja o cordão dunar frontal adquire uma maior envergadura, mas encontra-se em erosão intensa pela acção das águas do oceano durante as preia-mar e as marés-vivas que retiram a areia da base fragilizando severamente o corpo dunar.

Na transição do sector I para o sector II, entre a praia da Granja e a praia Marbelo (Figura 9) o campo dunar interior continua completamente alterado, dominando a presença do *Carpobrotus edulis* (chorão) e apenas na proximidade dos pequenos vestígios do cordão dunar frontal observam-se várias espécies típicas destas áreas como, *Plantago coronopus* (diabelha), *Arenaria peploides* (sapinho da praia), *Cistus salviifolius* (saganho-mouro), *Otanthus maritimus* (cordeiros da praia), *Calystegia soldanella* (couve marinha), *Elymus farctus* (feno das areias), entre outras. Nesta área é também observável o desenvolvimento de um manto de recuperação fixado pela *Ammophila arenaria* (estorno) que apresenta uma dimensão significativa pelo facto da colocação do passadiço sobre-elevado ter reduzido o pisoteio. O manto de recuperação também é observável junto à ETAR de Paramos e ao último esporão. Porém o seu desenvolvimento foi induzido pelo homem, uma vez que as obras de melhoramento da infra-estrutura referida causaram a destruição da área dunar mais próxima.

Na praia de Silvalde e Norte de Silvalde o campo dunar está ocupado pelo campo de golfe e na sua proximidade com a praia encontra-se fixado por tetrápodes ou por pequenos mantos de *Carpobrotus edulis* (chorão) e acácias.

Conforme se pode concluir a intensa ocupação humana contribuiu para a degradação ou mesmo destruição de muitos corpos dunares cuja função natural era manter o frágil equilíbrio do sistema. Para além disso, esta intervenção alterou completamente a flora com repercussões para a fauna local. Actualmente, perante uma ligeira mudança junto das entidades gestoras do território, denotam-se alguns esforços locais de preservação e reforço das formas dunares para minorar os efeitos da erosão costeira e evitar a sua degradação estética, pois delas depende o turismo e todo um “subsistema” económico local.

3.3. FEIÇÕES CLIMÁTICA, OCEANOGRÁFICA E MAREGRÁFICA

a) Clima

As condições meteorológicas predominantes em Portugal continental resultam da combinação complexa de factores permanentes como a latitude, a orografia, a influência do mar, a continentalidade e no caso do litoral da orientação da linha de costa.

A área de estudo possui um clima mediterrânico bastante suavizado pela influência marítima, com abundante precipitação no Inverno, três meses secos que coincidem com o pico estival e temperaturas moderadas cuja média anual não é superior a 25°C. Como nos situamos a latitudes médias, área de transição entre a zona de Anticiclones subtropicais, com massas de ar quente e húmido, e a zona de Depressões subpolares do Hemisfério Norte, com massas de ar frio e seco, durante o Inverno a frente polar desce para latitudes mais baixas atingindo Portugal Continental. É neste período que o território fica sob a influência de depressões frontais que originam

precipitações abundantes devido à presença de massas de ar marítimo e ventos geralmente mais fortes de N e NW associados à circulação do Anticiclone dos Açores, fenómenos que podem causar maior perigosidade nas costas litorais vulneráveis. Deste modo, é no Inverno que se verifica maior frequência de ocorrência de sistemas frontais cuja situação sinóptica tem influência directa nos processos morfodinâmicos da linha de costa, na forma das ondas marítimas/temporais e nas marés meteorológicas (IM, 2004). Os Verões caracterizam-se geralmente por uma situação atmosférica estável, devido à influência conjunta do Anticiclone dos Açores e da Depressão Térmica do interior da Península Ibérica. Em consequência do desigual aquecimento e arrefecimento da terra e do oceano, geram-se ainda brisas locais com variação de periodicidade diurna que contribuem para a moderação térmica local: é o caso da conhecida *Nortada*.

b) Temporais

Como referido no capítulo 2 o valor de referência $H_{so} > 3m$ (Coelho, 2005) classifica o temporal e quando o episódio é composto por pelo menos dez registos de $H_{so} > 3m$ durante um período superior a 8 horas será caracterizado de temporal persistente.

A análise da vulnerabilidade da faixa costeira à erosão é igualmente suportada pelas características que o clima de agitação marítima apresenta junto do sector em estudo. Neste subcapítulo foram analisadas as condições de agitação marítima entre 1981 e 2005 (dados disponibilizados pelo Instituto Hidrográfico). Na Tabela 8 (Anexo A) observa-se os dados fornecidos pelo I.H. referentes aos seguintes parâmetros: a altura significativa da onda ao largo (H_{so}) e a direcção média associada ao período de pico de onda (D_p). Nas situações comuns de recolha de dados, existem 240 registos mensais (oito por dia), mas facilmente se constata que é raro o mês com esse número de registos, o que traduz falhas nas sequências em resultado da bóia não ter funcionado na totalidade dos dias. Deste modo, os meses com número de registos superior a 240 revelam a ocorrência de temporais com aquisição de dados mais frequente (Coelho, 2005).

O I.H. dispõe de três bóias ondógrafo na costa portuguesa, Leixões, Sines e Faro. Foram solicitados e apenas consideraram-se os registos da bóia ondógrafo de Leixões, por ser esta a mais próxima e naturalmente a mais representativa da agitação ao largo do troço Douro-Mondego, onde se encontra a área de estudo. Os registos de agitação marítima são recolhidos de modo automático, de 3 em 3 horas por períodos de 30 minutos, considerando parâmetros diversos como a altura, o período e a direcção da ondulação. Em condições normais de funcionamento do sistema, o I.H. procede ao agrupamento dos registos por data/hora, referentes à hora local e correspondendo ao início dos registos, isto é, correspondendo às 0h00, 3h00, 6h00, 9h00, 12h00, 15h00, 18h00 e 21h00 de cada dia. Em condições de temporal, os períodos de aquisição de trinta minutos são espaçados por pequenos intervalos, sendo o tempo mínimo para processamento de um conjunto de dados de cerca de dez minutos.

No tratamento estatístico dos dados foi adoptado o critério de Coelho (2005) para a definição das classes de H_{so} . Em relação às classes de D_p foi adoptado o critério de Baptista (p.121, 2006).

As Figuras 10 e 11 apresentam os resultados da série temporal amostrada de 3 em 3h, entre Outubro de 1981 e Dezembro de 2005. A distribuição da H_{so} regista o seu máximo de ocorrências na classe de 1,5 a 2,5m (33,6%), seguindo-se a classe de 0,5 a 1,5m com 26,8% dos registos. As classes de valor $> 3,5$ m apresentam ocorrências superiores a 5%, representando no seu conjunto 21% dos registos.

Relativamente à D_p só se consideram os registos a partir de 1994, pois apenas existem dados desde 1993 (Figura 11). A ocorrência do valor máximo da D_p ocorre na classe NW (46,6%). As classes NNW e WNW representam no seu conjunto 45,2% das ocorrências.

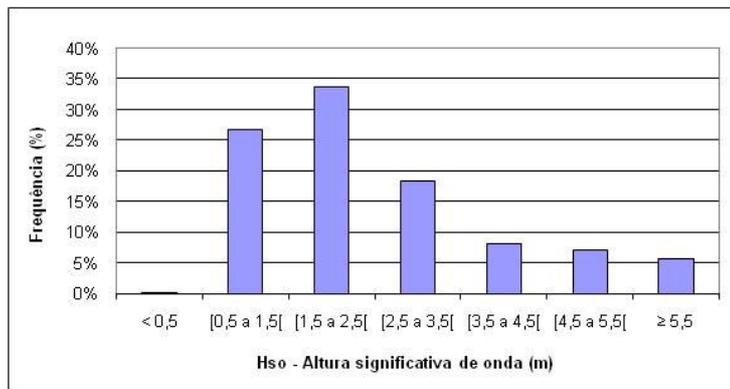


Figura 10 – Principais classes da altura significativa de onda (m) (entre Outubro 1981 e Dezembro 2005). Fonte: I.H..

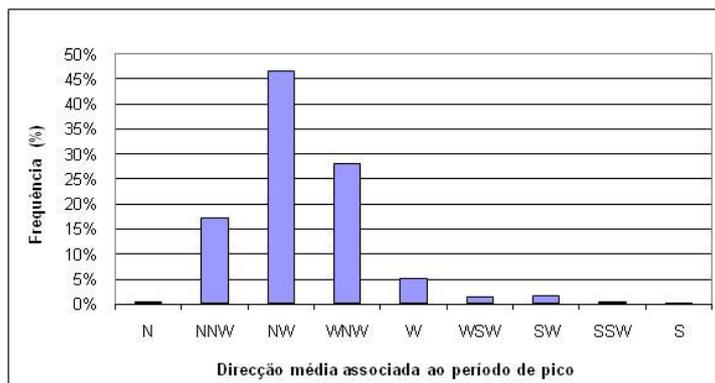


Figura 11 – Principais classes de direcção média associada ao período de pico (entre Outubro de 1981 e Dezembro de 2005). Fonte: I.H..

O cruzamento dos dados analisados (Figura 12) permite observar que grande parte da amostra das diferentes classes de H_{so} concentra-se no rumo de NW, seguindo-se o quadrante WNW. Nos quadrantes NNW e NW domina a classe $< 0,5$ m. A classe de $H_{so} \geq 5,5$ m distribui-se pelos

quadrantes NW e WNW (52 e 44%, respectivamente) e uma pequena representatividade nos quadrantes W, SW e NNW, com 7%, 1% e 2% respectivamente. As restantes classes de H_{so} entre $\geq 0,5m$ e $< 5,5m$ distribuem-se pelos quadrantes de NNW, NW e WNW. De referir ainda que nos quadrantes de WSW, SW e SSW domina a classe de H_{so} de 2,5m a 3,5m, embora no contexto geral de ocorrência de temporais tenham menor expressividade.

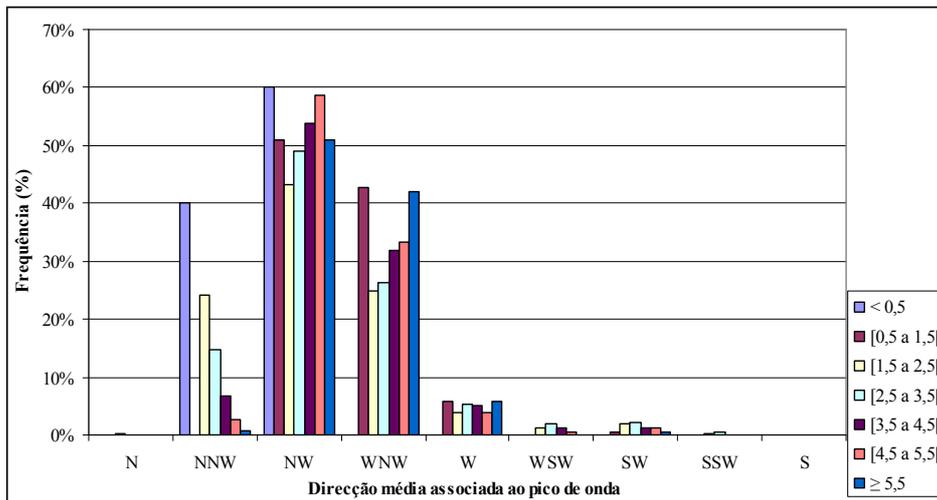


Figura 12 – Direcção média associada ao pico de onda por classes de altura significativa de onda (m) (entre Outubro de 1981 e Dezembro de 2005). Fonte: I.H..

Na Figura 13 verifica-se que o maior número de registos de temporais ocorre em 1999 (21), seguido do ano de 2002 (18), 1994 e 2003 com 16 e 15 ocorrências, respectivamente.

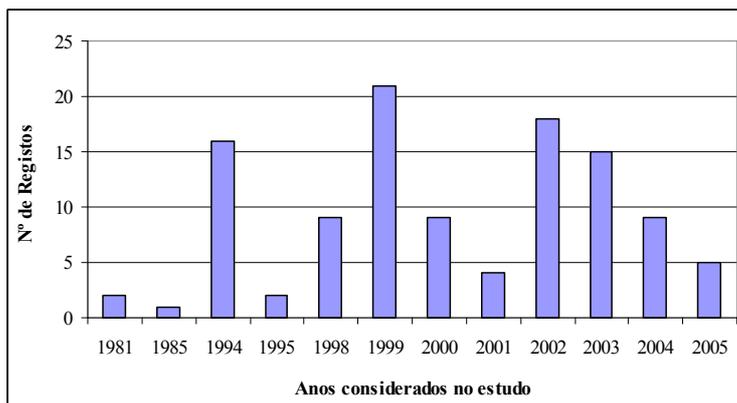


Figura 13 - Número de registos de temporais identificados no período entre Outubro de 1981 e Dezembro de 2005, segundo o critério adoptado no presente trabalho. Fonte: I.H..

Os resultados obtidos revelam ainda que as situações de maior H_{so} correspondem a temporais com D_p de NW (57%) e de WNW (33%). As situações de temporais com D_p de W, NNW e SW apenas se registam em 4 e 2% dos registos, respectivamente, e verificam-se nos anos de 1991,

2001, 2002, 2004 e 2005 (Figura 14). Os restantes quadrantes não têm relevância na ocorrência de situações de temporais.

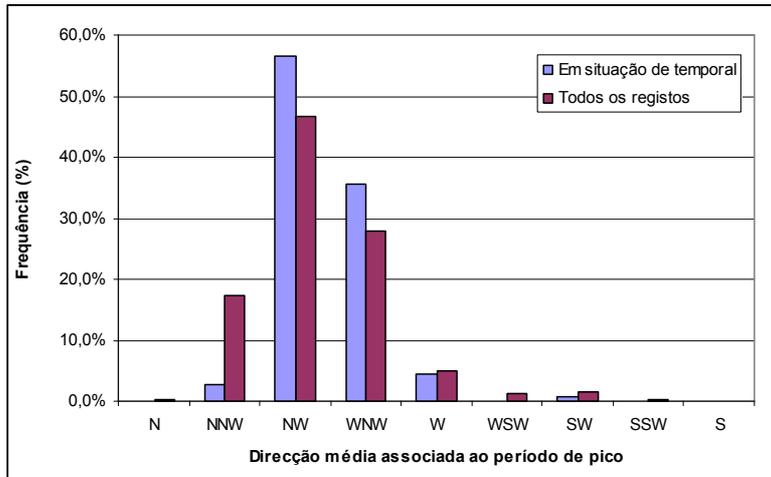


Figura 14 - Comparação da direcção média anual de ondulação associada ao período de pico com as situações de temporal, no período entre Outubro de 1981 e Dezembro de 2005. Fonte: I.H..

Comparando estes resultados com os dados avançados por Carvalho e Barceló (1966; in: Coelho, 2005) e Costa (1994) confirma-se a maior frequência de temporais provenientes dos quadrantes NW e WNW, geralmente com $H_{so} < 6m$, podendo atingir mais de 7m ou 8m apenas em situações extremas.

No período entre 1993-2004 verifica-se uma concentração de ocorrência de episódios de temporais persistentes e não persistentes, no entanto são de realçar os anos de 1998 e 1999. Foram ainda identificados 72 episódios de temporais persistentes em especial nos intervalos anos de 1994 e 1998 a 2005 (Figura 15) e observaram-se 32 ocorrências de temporal em 1994, 1999 a 2000 e 2002 a 2004, ambas as situações ocorrem nos meses de Inverno Marítimo (Outubro a Março).

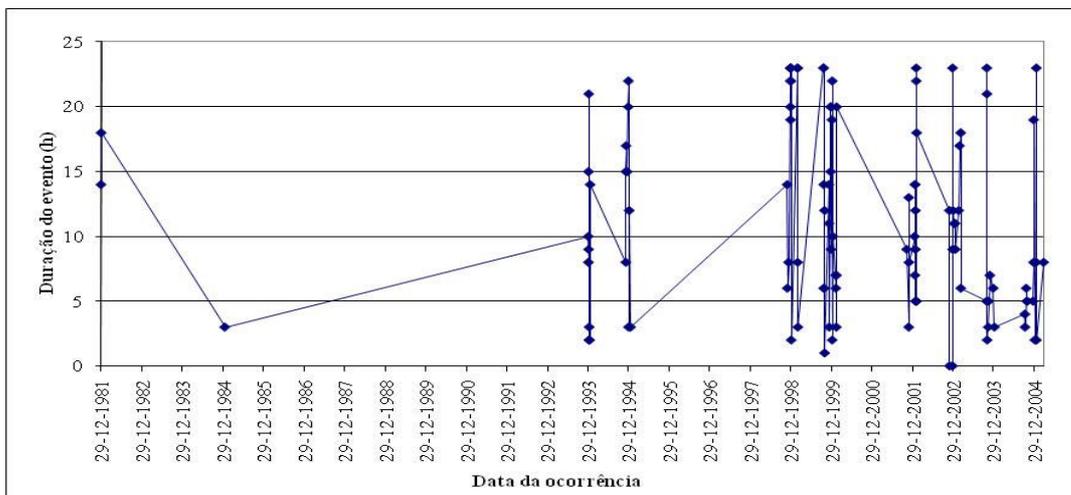


Figura 15 – Principais ocorrências por duração do evento (entre Outubro 1981 e Dezembro 2005). Fonte: I.H..

c) As “invasões do mar”

A ocorrência de temporais pode dar origem a galgamentos em áreas mais baixas nas costas litorais, conhecidas localmente por “*invasões do mar*”, segundo fontes bibliográficas. O galgamento é um fenómeno de transmissão de energia da onda incidente em interacção com uma estrutura (Brito, 2007).

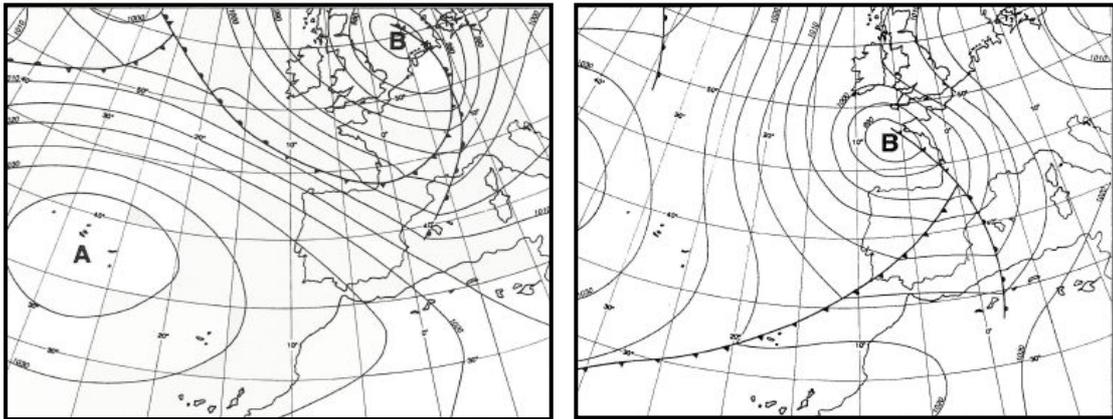
Os episódios de transposição de massas de água associados aos galgamentos estão, na sua generalidade, contextualizados por uma situação em que se conjugam a ocorrência de temporais, a rebentação mais violenta e as sobrelevações do nível do mar, como as de origem meteorológica e as de origem na preia-mar de águas vivas. Como refere Brito (2007) as principais consequências do galgamento nas estruturas marítimas ou na faixa costeira podem ser o arrastamento de pessoas e bens, inundações e prejuízos materiais elevados.

Analisando os dados recolhidos junto dos jornais locais foi possível constatar-se que a destruição de bens foi intensa com destaque para a frente da cidade de Espinho e de Silvalde (Tabela 9, Anexo A).

d) Oceanografia

Relativamente ao clima de agitação marítima, no que respeita ao tipo de ondulação que atinge a costa em estudo, esta tem a sua génese no oceano Atlântico Norte. Segundo o IM (*Instituto de Meteorologia*) (2004), em termos gerais, 95% das ocorrências anuais de H_{so} (*altura significativa da onda ao largo*) são superiores a 1m e apenas 5% destas correspondem a H_{so} de 4m, sendo a situação de mar calmo uma excepção. Numa análise mensal o IM refere que os valores máximos das H_{so} mostram uma variabilidade acentuada, registando-se valores de 11m nos meses de Dezembro e Janeiro, e de 4m em Julho. Quanto ao T_s (*períodos significativos de onda*) os valores mais frequentes variaram entre os 9s e os 11s, sendo o valor mínimo de 6s e o máximo de 18s. Segundo os estudos do IM o clima de agitação marítima junto a Portugal Continental caracteriza-se por cinco situações típicas:

- 1) Mar de Noroeste é a condição de agitação marítima mais frequente na costa ocidental de Portugal Continental, ocorrendo em cerca de 80% do ano (Figura 16 a) e b)). Esta situação caracteriza-se por uma ondulação de NW, gerada no Atlântico Norte, e vagas associadas a ventos locais dominantes de N e NW;

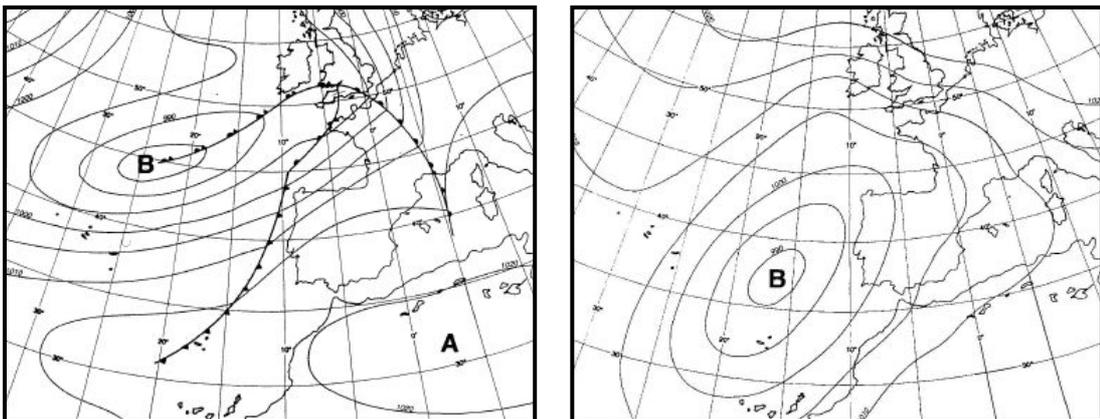


a)

b)

Figura 16 - Situações sinópticas, de Inverno, associadas ao Mar de NW: a) agitação marítima gerada nas áreas do bordo NE do Anticiclone dos Açores; b) agitação marítima gerada por situações de circulação de NW pós-frontal ou depressionária. Fonte: IM (2004).

2) Mar de Sudoeste apresenta condições de agitação marítima que se associam a depressões ou a superfícies frontais, com áreas de geração de SW junto à costa (Figura 17). No primeiro caso dá origem a episódios pouco persistentes, cerca de um dia, que inclui componentes de NW formando mar cruzado; no segundo caso, a situação é mais persistente podendo durar alguns dias, caracterizando-se por mar de SW e alturas de ondas de 3 a 4m, podendo atingir os 7m em situação de superfícies frontais associadas a depressões cavadas;



a)

b)

Figura 17 - Situações sinópticas, de Inverno e períodos de transição, associadas ao Mar de SW: a) agitação marítima gerada pela aproximação de superfícies frontais frias; b) agitação marítima gerada por depressões quase estacionárias e centradas a SW da Península Ibérica. Fonte: IM (2004).

3) Temporal de Oeste relaciona-se com a descida da frente polar até latitudes médias, ocasionando vagas de geração no Atlântico Norte com ventos de SW, deslocando-se rapidamente para E e produzindo ondulação forte a muito forte de W atingindo a costa ocidental (Figura 18.). Este episódio persiste por períodos de 8 dias ou mais, sendo responsável por situações de temporal prolongado ocorrendo em média uma vez por ano;

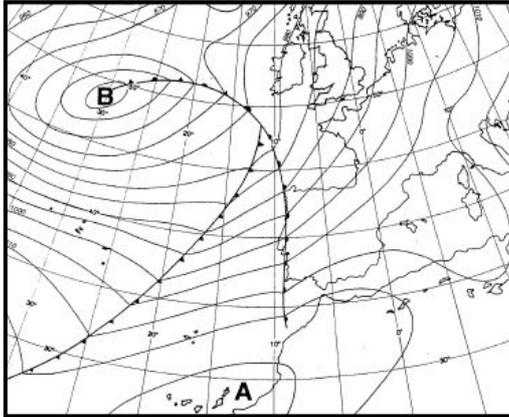


Figura 18 - Situação sinóptica, de Inverno, associada ao Mar de W: agitação marítima gerada por perturbações frontais que se deslocam rapidamente para o sentido E. Fonte: IM (2004).

4) Mar de Fora, não existe geração local de ondas devido à fraca intensidade do vento ou ventos do quadrante terrestre. A ondulação que atinge a costa é proveniente de áreas de geração distantes, pelo que a ondulação pode ter diferentes direcções, de acordo com a sua proveniência, sendo as mais frequentes as de NW e W (Figura 19);

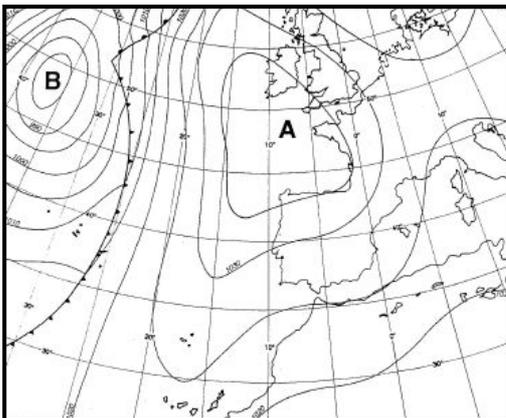


Figura 19 - Situação sinóptica, de Inverno, associada ao Mar de Fora: agitação marítima gerada pela presença de um anticiclone de bloqueio mesmo em áreas distantes da costa. Fonte: IM (2004).

5) Mar Banzeiro ocorre com condições de vento fraco ou dos quadrantes terrestres durante a inexistência de áreas de geração distantes (Figura 20). A agitação marítima é predominantemente de NW ou WNW com cerca de 0,5m de altura de onda (I.M., 2004).

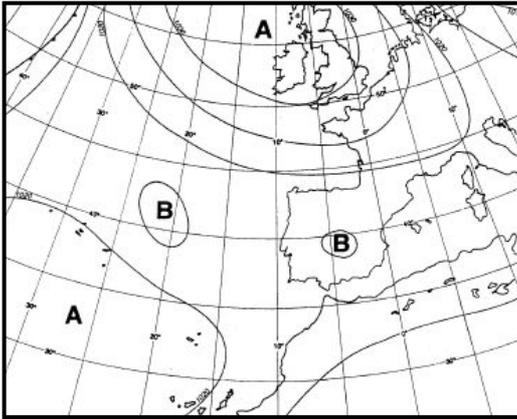


Figura 20 - Situação sinóptica associada ao Mar Branzeiro. Fonte: IM (2004).

De modo muito semelhante à caracterização efectuada pelo IM (2004), Costa *et al.* (2001) identificaram as situações: Temporais de Este, Sudeste, Sul, Sudoeste, Oeste, Noroeste e Norte, utilizando os Boletins Meteorológicos diários e o período de ocorrência de temporais. Os mesmos concluíram que grande parte dos temporais que atingem a costa oeste de Portugal Continental é de noroeste e associam-se a padrões de circulação com génese na localização do Anticiclone entre os Açores e a Madeira e Depressões sobre as ilhas Britânicas, gerando instabilidade no bordo nordeste do mesmo Anticiclone. Nesta situação, a H_{smax} (*altura significativa máxima de onda*) pode atingir 5 a 7m, em casos mais raros os 8m, com T_s de 9s e persistirem durante 2 dias, por vezes mais de 5 dias (Pires, 1985). Pires (1985) considerou ainda que o temporal de oeste é o mais severo e persistente na costa, ocorrendo geralmente uma vez por ano. Este é o temporal característico do Inverno, podendo persistir por períodos de 8 dias com H_{smax} de 7m e T_s de 16s.

Relativamente aos períodos de retorno das alturas significativas máximas de onda, Ferreira (1993), tendo por base os 97 temporais analisados por Pita & Santos (1989, in: Baptista, 2006), encontrou os seguintes resultados apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 - Períodos de retorno de acordo com Ferreira (1993).

| Período de retorno (anos) | H_{smax} (m) |
|---------------------------|----------------|
| 0,35 a 0,45 | 5 |
| 0,5 a 0,7 | 6 |
| 0,7 a 1,3 | 7 |
| 1,1, a 2,1 | 8 |
| 1,3 a 4,0 | 9 |
| 1,7 a 8,0 | 10 |
| 3,2 a 16,0 | 11 |
| 5,3 a 32,0 | 12 |

Desta abordagem é de referir que um temporal excepcional, com H_{smax} de 10m, terá um período de retorno de 1,7 a 8,0 anos na costa NW de Portugal Continental. As situações que podem ser mais catastróficas, com H_{smax} de 5,3 a 32,0m, possuem períodos de retorno muito alargados, cerca de 12 anos, que na ausência de transferência da experiência catastrófica de geração em geração pode resultar numa maior exposição das populações ao risco de erosão costeira.

e) Marés

A área em estudo enquadra-se num regime de marés do tipo semi-diurno, com dois ciclos de periodicidade aproximada de 12h25m e uma amplitude máxima de 4m nas marés-vivas e 1m nas marés-mortas. Coelho (2005) no seu trabalho apresenta uma síntese dos valores típicos de marés obtidos pelo ondógrafo de Leixões, segundo um estudo do LNEC (in: Coelho, 2005), que classificam a costa em estudo como meso-mareal segundo a classificação de Hayes (1979 in: Baptista, 2006), presente na Tabela 11.

Tabela 11 - Classificação do tipo de marés de acordo com Coelho (2005).

| Tipos de Maré (valores médios teóricos) | | |
|--|---------------------------|-------------|
| Valor Médio | Preia-Mar de águas vivas | + 3.50 (ZH) |
| Valor Médio | Baixar-mar de Águas Vivas | + 0.50 (ZH) |
| Valor Médio | Preia-Mar de Águas Mortas | + 2.68 (ZH) |
| Valor Médio | Baixa-Mar de Águas Mortas | + 1.32 (ZH) |
| Valor Máximo | Preia-mar de Águas Vivas | + 3.88 (ZH) |
| Valor Máximo | Baixa-Mar de Águas Vivas | + 0.12 (ZH) |

A análise dos valores das marés é pertinente uma vez que ocasionalmente pode ocorrer uma sobrelevação temporária do nível do mar em resultado de determinadas condições meteorológicas anómalas, como a diminuição da pressão atmosférica ou a persistência de ventos fortes (Taborda e Dias, 1992). Os primeiros estudos deste fenómeno foram realizados por Morais e Abecassis (1978) e Taborda e Dias (1992) onde registaram subidas do nível do mar de cerca de 0.5m a 10m durante as tempestades de 1973, 1978 e 1981. O LNEC (1999, in: Coelho, 2005) analisando os registos maregráficos de Leixões, no período de 1981-1985, identificou duas sobrelevações superiores a 1m ocorridas a 30 de Dezembro de 1981 (1.04m) e a 7 de Novembro de 1982 (1.02m). Nestes casos a ocorrência simultânea de sobrelevação meteorológica e marés-vivas acarretariam importantes transformações na dinâmica sedimentar, bem como poderiam criar situações de elevada susceptibilidade de ocorrência de inundações e galgamentos em áreas costeiras baixas, como o sector em estudo. Em suma, este fenómeno goza de uma importante relevância pois as consequências da sua actuação em simultâneo com uma maré-alta ou uma sobrelevação do mar poderão revelar-se catastróficas, pois não só a linha de costa poderá sofrer recuos acentuados, como

também as estruturas de protecção costeiras e construções junto à costa poderão ser danificadas de modo sério.

f) Intervenções de Defesa das Zonas Costeiras

As primeiras intervenções para defesa da linha de costa, em Portugal, efectuaram-se já na primeira década do século XX, como se pode aferir pelos documentos que registam a construção de várias estruturas na frente litoral de Espinho. Também nos Estados Unidos da América, devido ao processo erosivo da linha de costa, durante a década de 50 do século passado, se observou a construção de campos de esporões, medida que foi sendo aplicada amplamente nas costas litorais de vários países do mundo. Deste modo, em Portugal e em outros países, que enfrentavam problemas relacionados com o avanço do mar e consequente erosão intensa da linha de costa, até há bem pouco tempo (finais da década de 90) consideravam a protecção costeira um processo associado à construção de estruturas rígidas como esporões e obras aderentes.

Até então, a problemática foi unicamente resolvida a nível local, sem nunca se questionar os seus efeitos numa dimensão regional ou mesmo global e muito raramente se punha em causa os efeitos do tipo de ocupação do solo que se estava a promover. Porém, após alguns episódios de “*invasão do mar*”, os apelos ao controlo da construção e à implementação de uma área de protecção natural, com construção interdita, não é uma concepção recente conforme comprova a citação que se segue: “*Há, porém, duas coisas que o Estado pode e deve fazer: demarcar o limite provável da invasão das águas de modo a que alguém dessa linha a inconsciente ignorância das populações ribeirinhas não proceda a novas construções, e acudir aos pobres pescadores cujos lares foram arrebatados pelo mar, reconstruindo estes em zona abrigada e segura. Isto, sim, é que o Estado pode fazer, sem grande papelório, sem comissões mais decorativas e dispendiosas do que úteis em suma: com pouca gente mas boa e a urgência que o caso requer. É um serviço eficaz, conforme aos dados concretos do problema e relativamente económico.*” (Teixeira, 1997).

A faixa de estudo é um exemplo prático de como a maioria das situações, em que o perigo esteve presente e a tentativa de minorar a vulnerabilidade foi sendo resolvida por uma intervenção de “protecção” dos bens. Os primeiros indícios apareceram com a colocação de alguns blocos de rocha para proteger uma zona em específico, a seguir esta solução ia sendo complementada pela colocação de mais rochas, aumentando para uma pequena estrutura de defesa, que mais tarde se consolidava em grandes intervenções de defesa construídas de modo contínuo ao longo das frentes ocupadas, que posteriormente foram complementadas por processos de alimentação de praias. Conforme se depreende, existem algumas situações de protecção da linha de costa, segundo três tipos de intervenções:

- A) As intervenções de manutenção da posição da linha de costa, designadas de intervenções “rígidas”;

- B) As intervenções “mistas”;
- C) As intervenções “ligeiras”.

A) As intervenções de manutenção da posição da linha de costa têm a principal função de produzir a reflexão e/ou dissipação da energia das ondas, permitindo a sua pré-rebentação e a retenção de areia, de modo a proporcionar o aumento da amplitude da praia. Este tipo de estruturas pode posicionar-se paralela ou perpendicularmente à linha de costa ou resultar da aplicação dos dois tipos de posição verificando-se as estruturas “mistas”. No conjunto de estruturas paralelas à linha de costa diferenciam-se os muros e paredões de retenção, as obras longitudinais aderentes e os quebramares destacados (Figura 21).

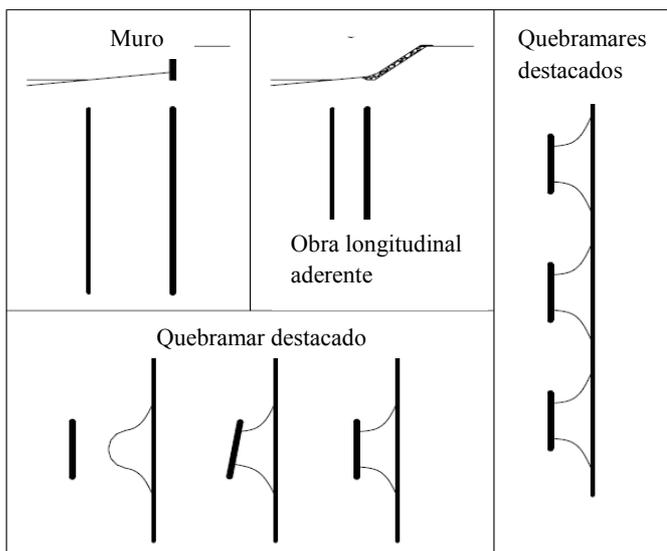


Figura 21 - Esquema de estruturas paralelas à costa (Coelho, Carlos, 2005, p.112).

Os muros e os paredões de retenção de marginais para arruamentos, edificações e parques de estacionamento foram frequentemente edificados nas frentes ribeirinhas, quando ainda existia praia, como o caso de Silvalde, na frente do bairro de Pescadores. Mas o progressivo “emagrecimento” ou desaparecimento da praia permitiu que o edificado fosse atingido directamente pelas ondas do mar, ocorrendo frequentemente galgamentos ou mesmo a destruição, pelo que a estrutura foi sendo reforçada em altura.

As obras longitudinais aderentes são, em Portugal, muito utilizadas junto de esporões (Figura 22). Estas obras consistem na colocação de rocha ou blocos de betão ao longo da face de uma duna ou de um talude inclinado da praia, para reduzir a acção das ondas ao absorver a energia nas faces e nos espaços vazios existentes entre as rochas. Contudo, actualmente têm sido testados outros materiais na constituição destas obras, como os elementos de geosintéticos², utilizando também areia da praia.

² Geosintéticos - Principais tipos: Geotêxteis, geogrelhas, geomembranas, geotubos, geocompostos, geoliners, geocélulas e goespumas.

No entanto, estas soluções também apresentam algumas desvantagens, nomeadamente a degradação do valor recreativo e estético da praia devido ao seu impacto visual, à diminuição da área útil da praia e às dificuldades que coloca no acesso à praia.



Figura 22 - Obra longitudinal aderente, em Cortegaça e Esmoriz (Coelho, 2005).

Acresce ainda o impacto que estas estruturas causam quer na praia quer nos troços costeiros vizinhos, pois com o tempo e a erosão pode-se verificar a formação de pequenos cabos, onde o recuo da linha de costa é localmente contido pela presença de outras estruturas (Figura 23). Por outro lado, a aplicação destas estruturas implica a consciência de que as mesmas necessitam de manutenção com relativa frequência, pelo facto de não terem fundações em terreno “firme” e por estarem implementadas nas zonas afectadas por processos erosivos intensos.



Figura 23 - Exemplo de Cortegaça. Fonte: EUrosion, 2003.

Outra estrutura de implantação “rígida” é o quebramar destacado. Esta estrutura é construída nas zonas imersas, geralmente paralela à linha de costa, com coroamento emerso ou submerso. O principal objectivo é que ocorra uma redução no transporte de sedimentos nesta zona (coroamento), causando a acumulação dos mesmos formando um tómbolo de difracção. Contudo, esta estrutura pode reduzir o valor estético da praia, sobretudo, se o seu coroamento é emerso. Para além deste

elemento negativo há ainda a desvantagem de, no caso da deriva litoral ser longitudinal, ocorrer uma interrupção no transporte sedimentar, passando a estrutura a ter um comportamento semelhante ao dos esporões, provocando a erosão a sotamar. Este facto ocorre em Portugal, no caso do quebramar destacado na Aguda, cuja função seria de apoio à comunidade piscatória (Figura 24).



Figura 24 – Quebramar destacado de Aguda.

B) As intervenções “mistas” e as estruturas perpendiculares à linha de costa têm a principal função de reter o transporte longitudinal de sedimentos, para permitir a formação ou o reforço das praias por depósito de areias. Existem várias soluções, que se encontram esquematizadas na Figura 25 onde também se pode verificar a existência de soluções que conjugam estas estruturas com as estruturas paralelas à linha de costa, as intervenções “mistas”.

Os esporões são estruturas perpendiculares à linha de costa, constituídas normalmente por blocos de enrocamento ou blocos de betão. A sua construção permite a retenção de sedimentos a barlar no caso de o transporte ser longitudinal à praia e proporciona condições para a reconstrução de praias aí localizadas. Normalmente, quanto mais compridas e altas forem estruturas maior será a sua eficácia a barlar, no entanto também maior será o seu impacto negativo a sotamar, pela diminuição de sedimentos que até aqui chegam.

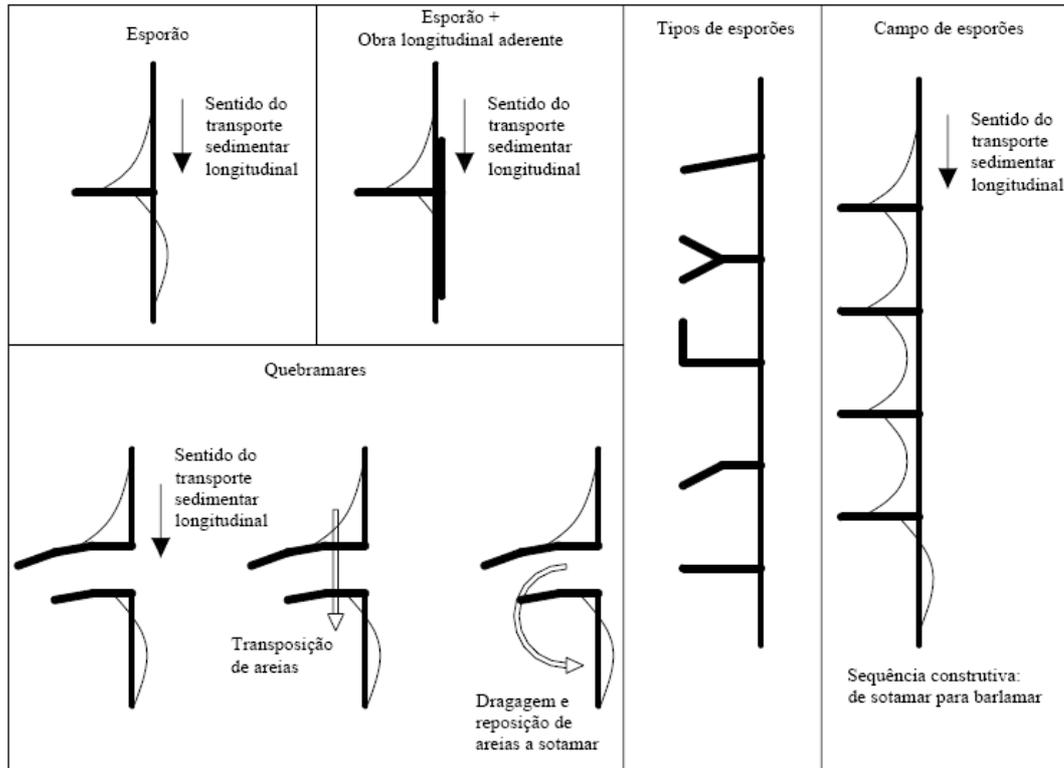


Figura 25 - Esquema de estruturas perpendiculares à costa (Coelho, 2005, p. 116).

Por vezes, para conter o recuo da linha de costa, os esporões são utilizados em conjunto com obras longitudinais aderentes ou com processos de alimentação artificial de areias. Esta opção por intervenções “mistas” ocorrem nas zonas mais críticas como forma de atenuação dos impactos negativos da erosão quer na linha de costa quer nas próprias estruturas (Figura 26). Nestas situações também se recorre à alimentação artificial das praias, através do sistema de transposição de sedimentos, entre barlamar e sotamar do esporão.

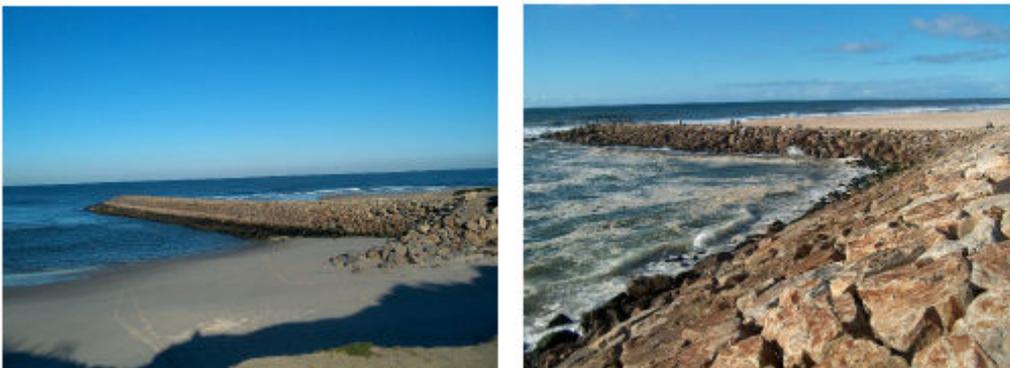


Figura 26 - Esporão isolado e esporão em continuidade com revestimento longitudinal (Coelho, 2005, p. 117).

C) As intervenções ligeiras fazem parte do conjunto de técnicas de estabilização, em termos médios, da posição da linha costa. Contudo, estas intervenções não deixam de apresentar aspectos de alguma complexidade e delicadeza a nível técnico e ambiental. Mesmo ao nível dos custos de intervenção, nem sempre é possível mantê-los dentro dos limites orçamentados, por várias razões, mas sobretudo porque muitos deles são de difícil estimativa. A questão do impacto ambiental deste tipo de intervenções também não é clara, a longo prazo. Não só a avaliação dos riscos ambientais no longo prazo, no local de intervenção, é difícil de efectuar, como é necessário levar em conta os impactos ambientais que podem surgir nos locais de exploração das próprias fontes dos sedimentos utilizados por estes métodos.com, à primeira vista, um menor impacto ambiental

Este tipo de soluções envolve não só a alimentação artificial da praia, mas também a plantação de vegetação com o propósito de conter os sedimentos.

A alimentação artificial da praia é uma técnica que consiste na colocação de areia na praia a interencionar, utilizando meios de alimentação artificiais. Necessariamente obriga à existência de uma fonte sedimentar passível de utilização, normalmente em locais imersos, de onde são retiradas as areias por dragagem. Eventualmente podem também ser utilizadas fontes sedimentares que se localizam para o interior da zona costeira.

Apesar das potencialidades que *a priori* esta técnica pode sugerir, os estudos efectuados à sua aplicação concreta em praias interencionadas desta forma, permitem identificar alguns problemas que lhe são inerentes. Em geral, a colocação artificial de areia numa praia dá origem a um perfil que não se encontra, necessariamente, em equilíbrio com a agitação marítima do local, podendo ocasionar taxas de erosão superiores à das praias naturais. Os próprios períodos de recarga podem ser inferiores ao projectado, aumentando, conseqüentemente, os custos de manutenção. Contudo, estas intervenções em zonas onde o clima de agitação marítima é mais energético carecem de intervenções acessórias que procuram a estabilização e confinamento das areias, sob pena da vida útil da intervenção diminuir drasticamente.

No que se refere ao reperfilamento de areias na praia, esta é uma solução de intervenção de curto prazo e em praias que ainda possuam alguma largura (Figuras 27 e 28.). Consiste na movimentação de areias da praia, desde a zona intermareal, para as zonas de maior cota, procedimento conhecido por ripagem de areias. Nesta técnica, recorre-se a equipamento de terraplanagem para remover uma camada de areia de pouca espessura (< 0,5 m), das zonas baixas para as mais elevadas, com o objectivo de aumentar a área da praia acima do nível de maré. Como intervenção de emergência ou como medida paliativa face à erosão costeira, pode ser bem sucedida, pois contribui para preencher zonas mais fragilizadas e reanimar a acreção de sedimentos a cotas mais baixas.

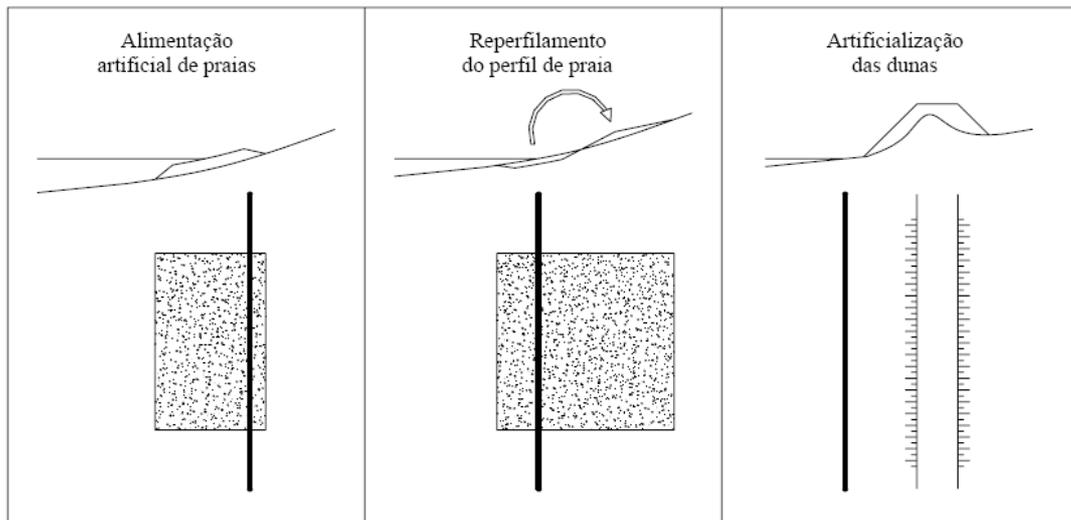


Figura 27 - Esquema de intervenções de alimentação e reperfilamento das praias.



Figura 28 – Processo de reperfilamento da praia em Espinho (Junho de 2008) e da Granja (2008).

Os efeitos negativos detectados são: a interrupção temporária do transporte sedimentar para sotamar, a alteração do perfil transversal da praia que passará a ter maior inclinação e perturbação dos micro-organismos presentes na praia. Facilmente se percebe que a falta de areia a cotas baixas da praia significa indisponibilidade de fornecimentos para o transporte sedimentar e que o perfil de maior inclinação tenderá a evoluir no sentido do perfil anteriormente existente. Daí a pouca eficiência desta solução, numa óptica de médio ou longo prazo (Figura 29).

Outro tipo de intervenção passa pelo repovoamento vegetal da duna com espécies vegetais que favoreçam o seu robustecimento, através da retenção sedimentar (Figura 30). No entanto, este tipo de intervenção nem sempre é possível dada a complexidade dos factores que podem influenciar a estabilização e o crescimento dunar, como a sua exposição directa à acção erosiva das ondas do mar ou as dimensões dos sedimentos carregados pelo vento ou depositados por alimentação

artificial. Para além disso, nem sempre é possível optar pelo repovoamento vegetal, em particular se previamente se utilizou areia salinizada na construção da duna ou do dique artificial.

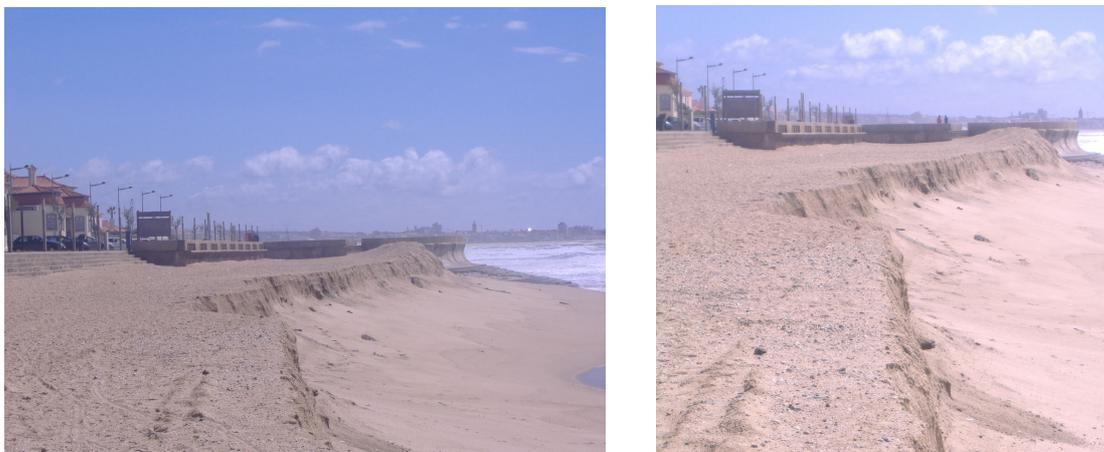


Figura 29 – Consequências do reperfilamento na praia da Granja (Abril, 2009).



Figura 30 - Plantação de vegetação em dunas e colocação de paliçadas, como formas de retenção de areias (Coelho, 2005).

A artificialização das dunas geralmente incide sobre os cordões dunares (naturais ou artificiais) que se encontram mais susceptíveis à erosão costeira e consistem no seu reforço, através da colocação de areia, contribuindo para a continuidade da duna (Figuras 31). Se por um lado, poderá ser encarada como uma técnica financeiramente mais económica de mitigar as situações de erosão e mesmo de inundação, por outro, poderá ser uma medida de emergência ou até de adiamento dos efeitos da erosão, com o objectivo de ganhar tempo, de forma a permitir a tomada de decisões de ordenamento territorial ou de planear intervenções mais exigentes em termos de meios e montantes envolvidos.



Figura 31 - Artificialização do cordão dunar frontal na Granja.

Para além da utilização das plantas, utiliza-se também a colocação de paliçadas para proporcionar a fixação das areias. A colocação das paliçadas promove o processo natural de retenção de areias nas dunas, podendo mesmo contribuir para o aumento da quantidade de areia que circular no sistema dunar, sendo, em simultâneo, uma barreira ao tráfego pedonal e motorizado (Figura 30).

Outra forma de reduzir o pisoteio das dunas e o trânsito motorizado é a colocação estratégica de passadiços sobre-elevados, que permitem a circulação das areias, alimenta as dunas e evita a destruição da flora e da fauna dunar (Figura 32).

Por fim, a informação e as acções de sensibilização movidas junto da população local e da população de “veraneio” são pertinentes para a criação e promoção de uma cultura de preservação do património ecológico dunar e das próprias zonas costeiras.



Figura 32 - Passadiço ao longo das praias entre Espinho e Granja.

3.4. OCUPAÇÃO HUMANA

A área de estudo localiza-se numa faixa costeira que se alonga no sentido Norte-Sul nos concelhos de Vila Nova de Gaia e de Espinho, destacando-se cinco comunidades populacionais: Aguda, Granja, Espinho, Silvalde e Paramos, que nasceram a partir de comunidades piscatórias outrora de maior destaque quer pelo dinamismo económico quer pelo quantitativo populacional de pescadores. No passado as costas litorais eram áreas pouco povoadas em consequência das suas características inóspitas (Dias, Bernardo, & Bastos, 2002) e da sua vulnerabilidade a tempestades, ataques de piratas, corso e pilhagens (Freitas, 2007). Estas características desencorajaram durante séculos a “colonização” destes espaços, pelo que as primeiras referências a núcleos populacionais na área em estudo surgiram após o século X, nomeadamente em Silvalde (ano de 922) (Faustino, 2000) e Paramos (anos de 897 e 922) (Sá, 1937). No entanto é a partir do século XI que a presença de comunidades de pescadores se torna mais evidente. Inicialmente estas comunidades eram constituídas por quatro ou cinco *palheiros*³ que serviriam de apoio e refúgio aos “*pescadores nómadas*” oriundos de Ovar e Afurada (Faustino, 1995) (Figura 33).



Figura 33 - Palheiros na praia de Aguda na freguesia de Arcozelo (Dias, 1994).

Todavia, a relação positiva e enriquecedora de rendimentos entre a pesca e a agricultura permitiu que estas comunidades de pescadores solitários se fixassem com as suas famílias, resultando deste modo num crescimento demográfico junto do litoral, cite-se como exemplo em 1527 Paramos já compreendia cerca de 200 habitantes (Gago, 1999).

No século XVIII a relação entre Homem/Mar, pesca/agricultura altera-se para uma nova concepção do espaço: a Praia e o Mar constituem agora um espaço de vida social e de carácter

³ Tipo de construção em madeira que podia ser “mobilizada” para outro local sempre que havia ameaça do mar. Esta construção era usada como habitação pelos pescadores e suas famílias e manteve-se até à primeira metade do século passado.

terapêutico. Segundo, Du Jourdin (in: Dias, Bernardo, & Bastos, 2002) e Freitas (2007) este fenómeno emerge primeiro no espaço Europeu junto às margens dos mares do Norte, Mediterrâneo e Adriático.

Na opinião de Freitas (2007) o período em que os “*banhos de mar*” foram introduzidos em Portugal é ainda desconhecido, porém alguns opúsculos já fariam referência a este fenómeno terapêutico na Junqueira em finais do século XVIII. Não obstante, os “*banhos de mar*” ainda não se encontravam muito difundidos sendo uma prática mais restrita a pequenos grupos da sociedade portuguesa. É na segunda metade de oitocentos, que a frequência das praias para fins terapêuticos se tornou mais comum nos grupos sociais mais elevados da sociedade. Deste modo, os pequenos núcleos de pescadores evoluíram para estâncias balneares de grande afluência populacional, em especial na época de veraneio e beneficiaram de investimentos sucessivos em equipamentos, espaços de lazer, edifícios de apoio à “*praia de banhos*” e construção progressiva de residências. Apesar da prática da “*praia de banhos*” tenha sido inicialmente apenas acessível à classe elite da aristocracia e só mais tarde a todos os sectores da sociedade, o uso massificado do litoral não originou uma mistura de classes sociais, tal como é possível analisar a partir dos artigos de jornais locais para a área em estudo, onde se distinguiam socialmente dois modelos: a praia da Granja e Aguda, denominadas de “*odalisca ocidental*” (Gago, 1999) para uma classe social com maior poder de compra como a aristocracia e a alta burguesia, e a praia de Espinho e Paramos onde acorria população das classes sociais média e baixa (Freitas, 2007). A implementação do caminho-de-ferro (1860) junto ao litoral, integrando a área em estudo, proporcionou um aumento da capacidade de mobilidade e rapidez de deslocação da população a estas áreas, beneficiando de preços mais competitivos e de um acesso a serviços de lazer mais facilitado.

Após a Revolução do 25 de Abril de 1974, as mudanças verificadas na dimensão económica, social e política repercutiu-se no aumento do poder de compra, independentemente da classe social, na atribuição de subsídios de férias, que resultou na introdução de novos hábitos sociais, e na facilidade de deslocação sazonal da população do interior do país para o litoral, fomentando a actividade comercial e os serviços existentes. Nesta segunda metade do século XX, o litoral emerge num outro contexto: o da beleza, da estética e da moda, onde a praia deixa de ser importante para fins terapêuticos e passa a ser encarada como um destino de lazer. É neste período de conjugação de mudanças sociais, políticas e económicas que a nova percepção do litoral se associa a uma ocupação humana e industrial intensa.

O fenómeno da litoralização do povoamento revela-se crescente na transição das décadas de 60 para 80, verificando-se dinâmicas demográficas distintas em espaços geográficos próximos. Na década de 50-60, Espinho, Paramos Silvalde e São Félix da Marinha apresentam ritmos de crescimento anual da população residente positivos, destacando-se os valores superiores a 2% em Silvalde (Figura 34). No entanto a freguesia de Arcozelo é a única que revela um pequeno

decréscimo populacional, cerca de -0,2%. Entre 1960 -1970 e 1970-1981, as freguesias em estudo apresentam um crescimento anual positivo com valores superiores a 2%, no caso de Espinho entre 1960-1970 e nos casos de Arcozelo e São Félix da Marinha entre 1970-1981. Entre 1981-1991, em termo gerais, a população residente cresceu a um ritmo muito lento em todas as freguesias, ocorrendo nos casos de Espinho e Arcozelo perdas de população (-0,7% e -0,2%, respectivamente). Na década seguinte as freguesias do concelho de Espinho mantêm a tendência de desaceleração do crescimento da sua população residente, com perdas máximas de -1,5% em Espinho e mínimas de -0,1% em Paramos. Porém, nas duas freguesias em estudo do concelho de Vila Nova de Gaia, a população residente apresenta um crescimento anual positivo, do qual se destaca novamente a freguesia de Arcozelo com valores superiores a 2%. Entre 1991-2001, as freguesias do concelho de Espinho mantêm a tendência de perda de população, enquanto as duas freguesias do concelho de Vila Nova de Gaia continuam a revelar ganhos na população residente.

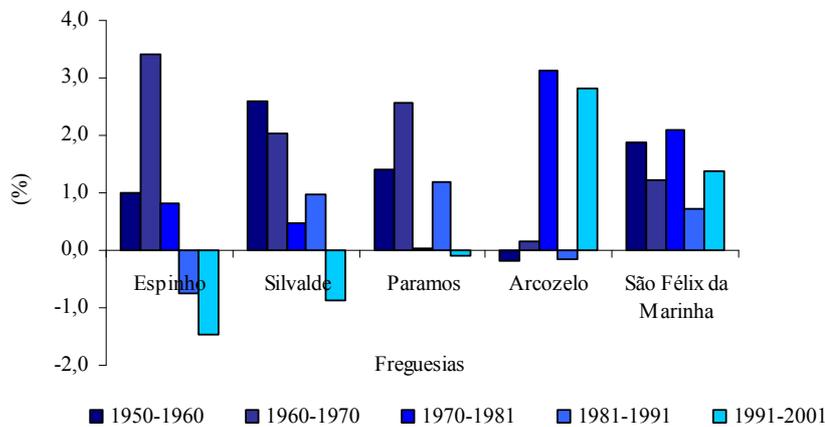


Figura 34 - Evolução da taxa de crescimento anual da população residente, nas freguesias em estudo, para o período temporal de 1950 a 2001. Fonte: Instituto Nacional de Estatística.

No que se refere à distribuição da população residente para o período de 2001, procedeu-se à análise por subsecção uma vez que permite obter maior pormenor do comportamento espacial do indicador bem como do seu grau de vulnerabilidade perante o risco de erosão costeira, corroborando assim com a opinião de McLaughlin, S., McKenna, J. e Cooper, J.A.G. (2002) em “*Socio-economic Data in Coastal Vulnerability Indices: Constraints and Opportunities*” onde referem que a utilização de valores de densidade populacional não permite obter a real percepção da vulnerabilidade humana junto do litoral, pelo que a distribuição pontual seria mais aconselhável.

A pesquisa da informação por subsecção pôs em evidência a maior concentração de população nas subsecções adjacentes à actual linha de costa, das freguesias de Arcozelo, sector Norte de S. Félix da Marinha, Espinho e Sector Norte de Silvalde (Figura 35). Ainda de referir que as subsecções da freguesia de Espinho apresentam valores populacionais consideráveis que se

encontram distribuídos por uma área total mais pequena quando comparada com as restantes freguesias.

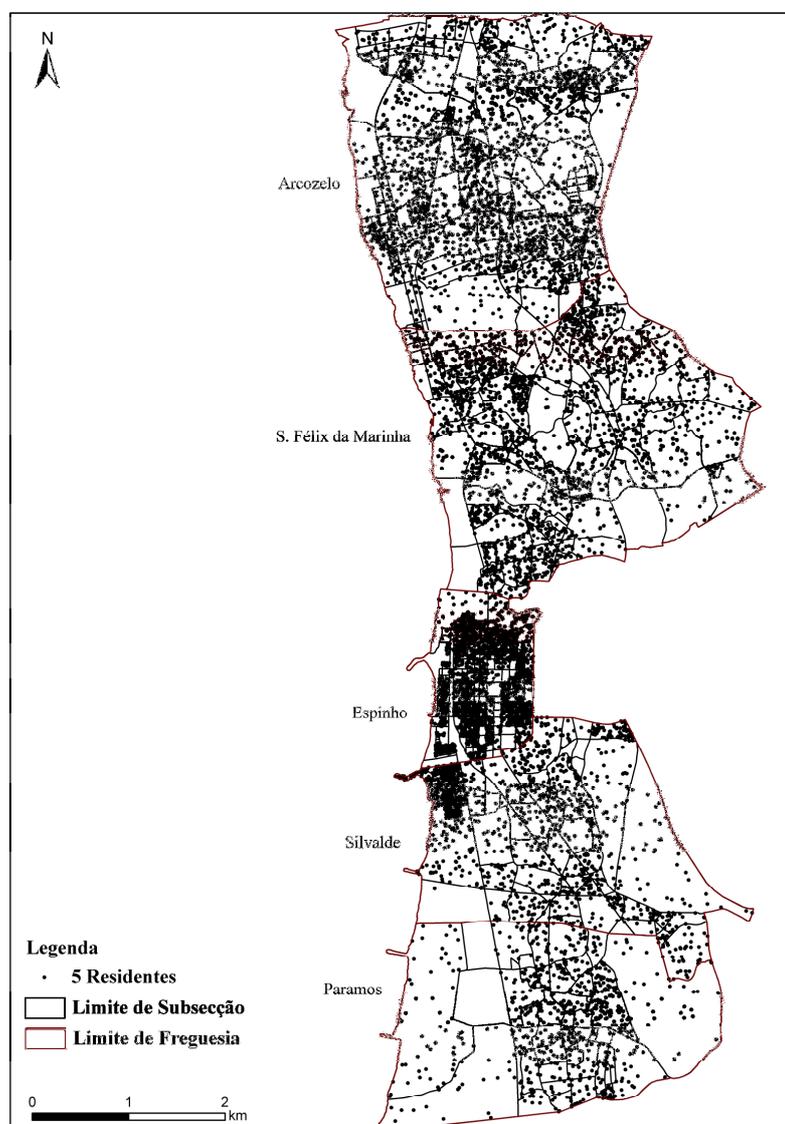


Figura 35 - Distribuição da população residente por subsecção, nas freguesias em estudo, no ano de 2001. Fonte: Instituto Nacional de Estatística.

Nas freguesias de Arcozelo, S. Félix da Marinha e Silvalde as subsecções que reúnem um maior valor de população destacam núcleos que correspondem à localização mais antiga das comunidades piscatórias dos lugares de Aguda, Granja e Bairro dos Pescadores de Silvalde.

Relativamente ao número de edifícios, verifica-se que entre 1960-1970 o ritmo de crescimento anual é bastante elevado em Espinho e São Félix da Marinha, com valores superiores a 7%, enquanto as restantes freguesias revelam uma taxa de crescimento mais modesta (Figura 36).

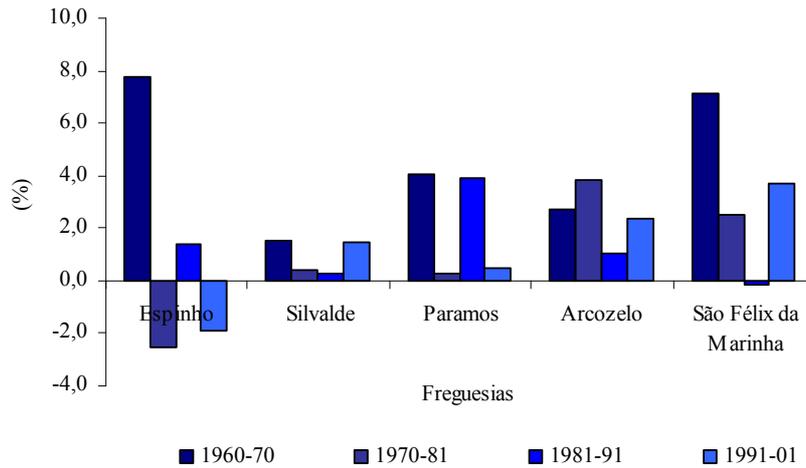


Figura 36 - Evolução da taxa de crescimento anual do edificado, nas freguesias em estudo, para o período de 1960-2001. Fonte: Instituto Nacional de Estatística.

No período de 1970-1981, observa-se uma quebra acentuada no ritmo do crescimento anual do edificado, em especial nas freguesias anteriormente referidas, assim como em Paramos. Arcozelo é a única freguesia que revela um aumento do ritmo do crescimento anual do edificado, acompanhando igualmente o acréscimo da população residente. Na década seguinte, são as freguesias de Espinho e Paramos que demonstram uma recuperação anual da taxa de crescimento do edificado enquanto as restantes freguesias em estudo revelam perdas. Porém, entre 1991-2001, enquanto Silvalde e Espinho revelam um decréscimo das taxas, Paramos, Arcozelo e São Félix da Marinha apresentam um crescimento do edificado, sendo que nas duas últimas freguesias a tendência acompanha o crescimento anual da população residente.

Procedeu-se também ao estudo da evolução e distribuição da taxa de crescimento anual do edificado por subsecção, uma vez que se obtém uma melhor percepção das tendências a nível espacial. No período entre 1919-1945 a taxa de crescimento anual do edificado apresenta um valor entre os 31% a 60% nas subsecções de Arcozelo/S. Félix da Marinha e um ritmo menor (1% a 30%) nas subsecções das freguesias de Espinho, Silvalde e Paramos. Há, no entanto, a referir que os valores da taxa de crescimento anual do edificado são mais elevados nas subsecções situadas mais no interior das freguesias em estudo (Figura 37).

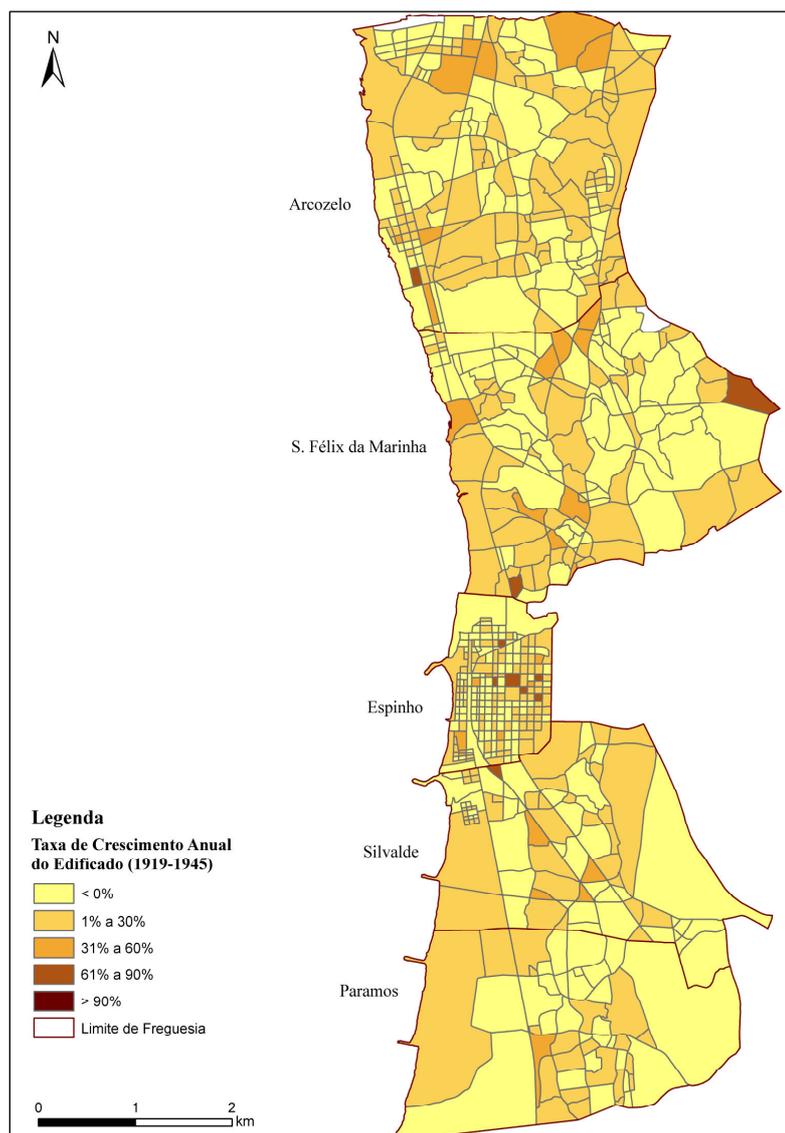


Figura 37 - Evolução da taxa de crescimento anual do edificado, nas subsecções das freguesias em estudo, para o período de 1919-1945.

Entre 1945-1960 a taxa de crescimento anual do edificado apresenta um abrandamento generalizado nas subsecções da área em estudo. De facto, é possível verificar-se que grande parte das subsecções junto à linha de costa apresenta um valor nulo ou mesmo negativo na taxa de crescimento anual do edificado. Esta tendência é também visível nas subsecções localizadas no interior das freguesias de Arcozelo, S. Félix da Marinha e Silvalde. Porém, na freguesia de Arcozelo, junto à actual posição da linha de costa e do núcleo mais antigo da povoação, as subsecções revelam um aumento da taxa de crescimento anual do edificado, passando mesmo de situações de taxas negativas ou nulas, no período entre 1919-1945, para taxas anuais com valores máximos entre os 30% e os 60% (Figura 38).

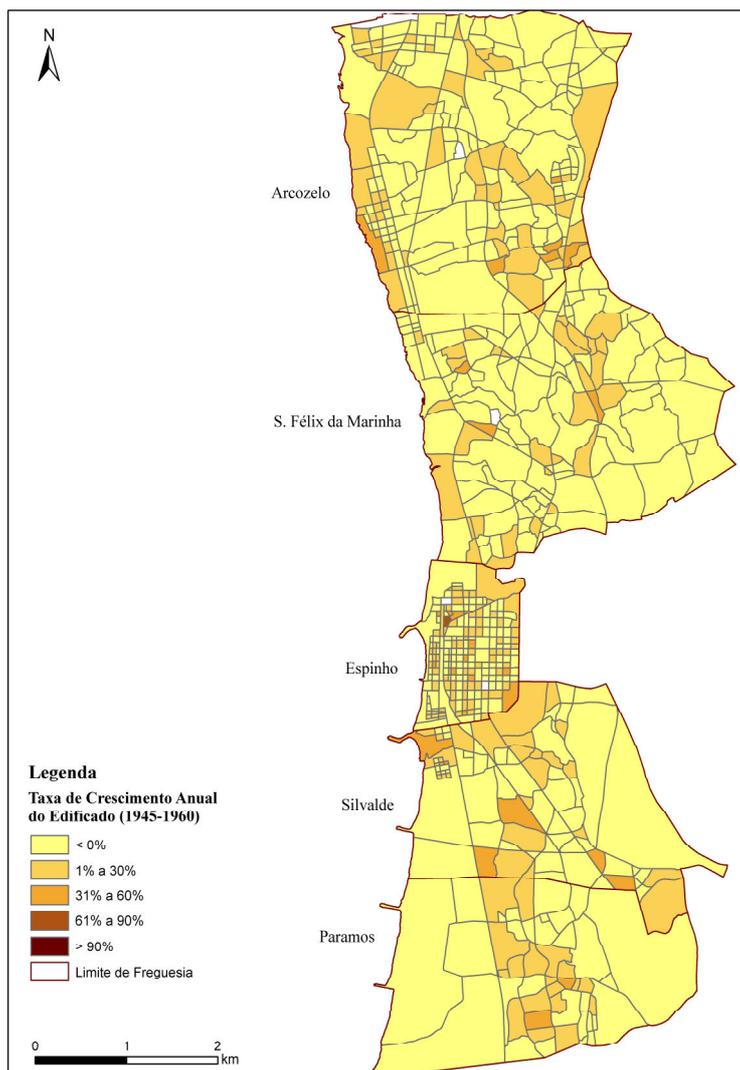


Figura 38 - Evolução da taxa de crescimento anual do edificado, nas subsecções das freguesias em estudo, para o período de 1945-1960.

Na década seguinte (1960-1970), apenas algumas subsecções em estudo mantêm o ritmo de crescimento anual do edificado. Porém, enquanto as subsecções subjacentes à linha de costa das freguesias de Arcozelo, S. Félix da Marinha e Silvalde revelam diminuição dos valores das taxas, as subsecções com a mesma posição geográfica situadas em Espinho e Paramos manifestam um crescimento da taxa de crescimento anual do edificado para valores entre 1% a 30% (Figura 39), facto que ocorre em simultâneo com a tendência de valorização do turismo balnear e início do processo de litoralização.

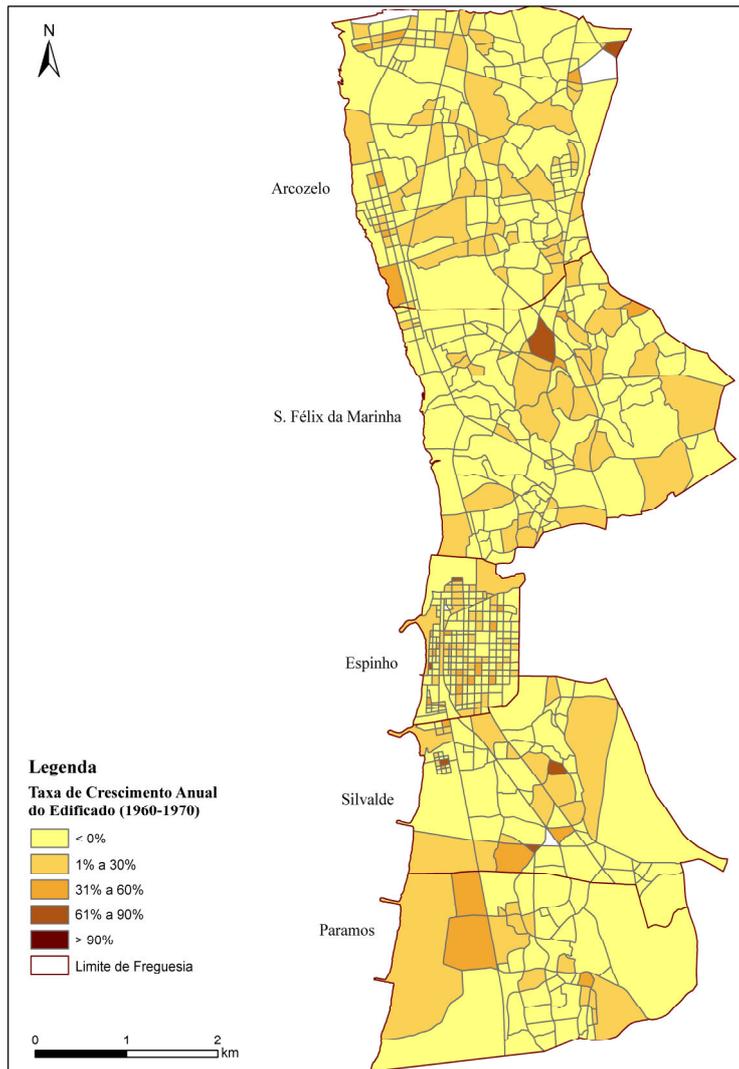


Figura 39 - Evolução da taxa de crescimento anual do edificado, nas subsecções das freguesias em estudo, para o período de 1960-1970.

No período entre 1970-1980 constata-se um ligeiro decréscimo na construção em especial no conjunto das subsecções de Silvalde e nas subsecções junto à linha de costa de S. Félix da Marinha. Na freguesia de Paramos a taxa de crescimento anual do edificado nas subsecções junto à linha de costa mantém-se constante em relação ao período anterior, observando a mesma tendência nas subsecções interiores de S. Félix da Marinha. Em Arcozelo e Espinho as subsecções adjacentes à linha de costa e junto do núcleo populacional mais antigo apresentam uma taxa de crescimento anual do edificado com máximos compreendidos entre os 30% ou os 60% (Figura 40).

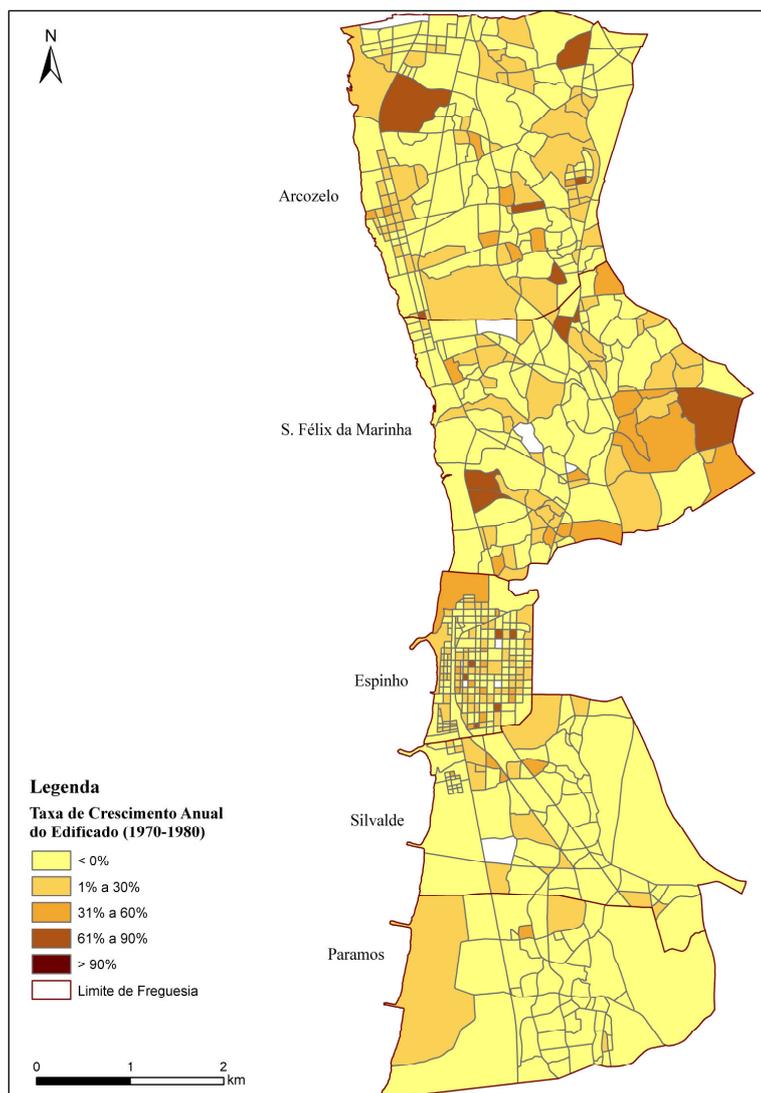


Figura 40 - Evolução da taxa de crescimento anual do edificado, nas subsecções das freguesias em estudo, para o período de 1970-1980.

A década de 1980-1990 revela uma nova desaceleração generalizada no ritmo de construção nas subsecções em estudo, com relevância nas subsecções que na década anterior apresentaram um crescimento anual do edificado com um máximo entre os 30% ou os 60%, em alguns casos. Não obstante, as subsecções localizadas junto à linha de costa nas freguesias de Arcozelo e Silvalde continuam a revelar um crescimento anual do edificado significativo (Figura 41).

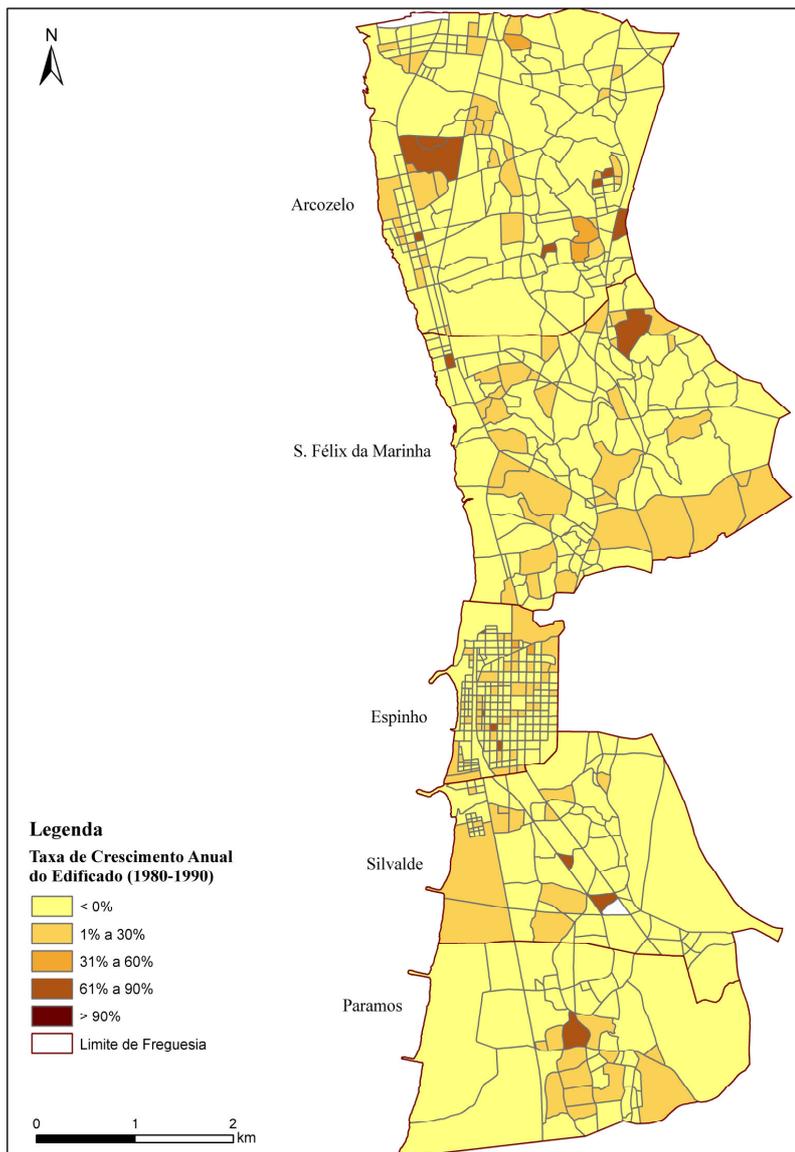


Figura 41 - Evolução da taxa de crescimento anual do edificado, nas subsecções das freguesias em estudo, para o período de 1980-1990.

As freguesias do concelho de Espinho, entre 1990-2001, revelam um abrandamento da taxa de crescimento anual do edificado havendo, no entanto, alguma dinâmica construtiva nas subsecções adjacentes à linha de costa das freguesias de Espinho e Silvalde. Nas freguesias de Arcozelo e em especial na de S. Félix da Marinha as subsecções, junto aos núcleos populacionais mais antigos, e adjacentes à linha de costa revelam um ritmo anual de crescimento do edificado considerável tal como várias subsecções localizadas no interior destas freguesias (Figura 42).

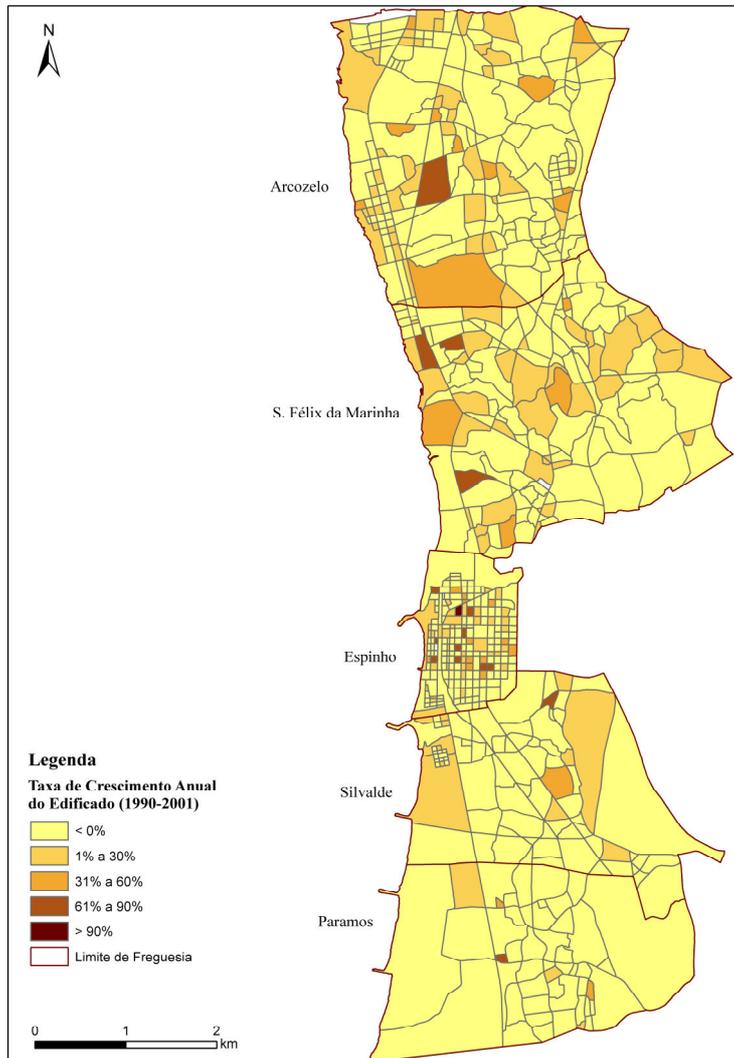


Figura 42 - Evolução da taxa de crescimento anual do edificado, nas subsecções das freguesias em estudo, para o período de 1990-2001.

Quanto à ocupação do solo distinguem-se dois grandes sectores: a freguesia de Paramos, cuja urbanização junto à faixa costeira é baixa, predominando a área agrícola, o uso do solo para fins militares ou sem uso; e as freguesias de Arcozelo, S. Félix da Marinha, Espinho e Silvalde, onde a urbanização da faixa junto ao mar é extremamente elevada. Porém, no último sector é possível observar-se algumas diversidades: nas freguesias de Arcozelo e S. Félix da Marinha a presença da habitação isolada de luxo, muitas delas com origem na primeira década do século passado, é de realçar, enquanto em Espinho a frente marítima caracteriza-se pela presença maciça do comércio (bares, cafés, restaurantes), de equipamentos de apoio ao turismo (hotéis, residenciais, piscina, biblioteca) e de habitações de residência habitual e/ou sazonal.

No caso de Silvalde, toda a frente marítima concentra habitações de residência habitual, onde a oferta do comércio e turismo diminui significativamente. No entanto, no sector sudoeste desta

freguesia constitui uma exceção pois aí se encontra uma grande extensão de solo ocupada pelo campo de golfe e seus equipamentos de apoio. No conjunto da área de estudo, a freguesia de Espinho apresenta um maior aproveitamento da sua capacidade turística, uma vez que existem cinco hotéis e duas residenciais, enquanto as freguesias de Arcozelo e S. Félix da Marinha apenas têm um hotel cada e as freguesias de Silvalde e Paramos não possuem este tipo de equipamentos.

4. VARIAÇÃO HISTÓRICA DA POSIÇÃO DA LINHA DE COSTA

Nas últimas décadas, são vários os factores que têm contribuído para o recuo generalizado da linha de costa, sendo este o resultado quer de acções naturais quer das antropogénicas, em especial aquelas que interferem no abastecimento sedimentar e aquelas que contribuem para a degradação e destruição das estruturas defensivas naturais.

A linha de costa é um elemento geomorfológico que apresenta um grande dinamismo espacial e respostas a processos costeiros de diferentes magnitudes e frequências ao nível espaço-temporal. As mudanças posicionais desta são de natureza complexa e envolvem episódios de elevação do mar (de curto ou longo prazo), variações no balanço sedimentar, actuação de movimentos tectónicos e de origem antropogénica.

4.1. GEOREFERENCIAÇÃO DA CARTOGRAFIA BASE – FIABILIDADE E ERROS

Como referido, no Capítulo 2, o Erro Médio Quadrático baixo nem sempre corresponde uma transformação precisa das coordenadas, daí a necessidade de no mínimo utilizar 4 pontos e no máximo 20 pontos. Como foram trabalhados dados multi-temporais, e importa conhecer o grau de incerteza posicional das imagens raster e dos objectos a partir delas vectorizados, efectuou-se uma análise do grau de incerteza posicional para cada um dos anos em estudo. Quanto ao EMQ, devemos ter presente que a precisão obtida foi em parte condicionada pelos erros inerentes ao posicionamento da cartografia vectorizada, escala 1/2 000 de 2001. Nos dados expressos nas Tabelas 12 a 27, anexo A, verifica-se que o menor valor de EMQ é inferior a 2m (entre 0,7m e 1,9m) e reporta-se ao período de 2003, o que significa que podemos esperar um maior rigor posicional dos elementos vectorizados nesse período, no entanto a generalidade dos valores de EMQ encontram-se dentro dos padrões aceitáveis para representações cartográficas de grande escala, segundo a proposta da ASPRS (American Society of Photogrammetry and Remote Sensing) (in: Oliveira, 2005) (Tabela 28, anexo A).

A realçar que os elementos vectorizados a partir das Cartas de Levantamento da Cidade de Espinho, anos de 1900 e 1933 apresentam um maior valor de EMQ, na ordem dos 2.2m e 3.8m respectivamente, quando deveriam apresentar valores na ordem de 1m (escala 1/4 000). No que diz respeito aos ortofotomapas dos anos de 1988, 2002 e 2003, os valores de EMQ encontram-se ajustados relativamente ao exigido pela ASPRS, devendo-se esperar maior rigor na precisão

posicional dos elementos vectorizados, nomeadamente a linha de costa, o tipo de ocupação do solo, entre outros.

4.2. EVOLUÇÃO DA POSIÇÃO DA LINHA DE COSTA

Nas últimas décadas, são vários os factores que têm contribuído para o recuo generalizado da linha de costa, sendo este o resultado quer de acções naturais quer das antropogénicas, em especial aquelas que interferem no abastecimento sedimentar e aquelas que contribuem para a degradação e destruição das estruturas defensivas naturais.

A linha de costa é um elemento geomorfológico que apresenta um grande dinamismo espacial e respostas a processos costeiros de diferentes magnitudes e frequências ao nível espaço-temporal. As mudanças posicionais desta são de natureza complexa e envolvem episódios de elevação do mar (de curto ou longo prazo), variações no balanço sedimentar, actuação de movimentos tectónicos e de origem antrópica.

A faixa litoral constitui um espaço utilizado pelo homem para diversos fins, sendo um dos mais recentes, do final do século passado, os de natureza turística, pelo que a sua crescente procura induz um desenvolvimento desordenado do território, desconsiderando a natureza móvel e dinâmica da linha de costa (Ferreira, 1993; Dias *et al.*, 2000; Coelho, 2005 e Mazzer, 2007).

4.2.1. Trabalhos Anteriores

Vários autores têm-se dedicado ao estudo da linha de costa entre a foz do rio Douro e o Cabo do Mondego, utilizando técnicas e metodologias diversas na tentativa de avaliar a evolução do litoral.

As influências e consequências da subida do nível médio do mar na variação da posição da linha de costa não é uma situação recente, pelo contrário desde o último período Glaciar (Würm, 18 000 anos) até à actualidade a subida do nível do mar não foi gradual nem constante. Segundo estudos desenvolvidos por Dias (1989) durante o Würm ocorreram vários episódios de elevação do mar interrompidos por episódios de descida do mar, umas de ordem milimétrica outras de ordem centimétrica. A variabilidade no nível do mar reflecte influências de fenómenos de ajustamento isostático ou modificações climáticas de maior amplitude.

No Máximo Glaciário, entre 18 000 e 16 000 anos BP, a linha de costa estaria 120m/140m abaixo do nível actual, ou seja encontrar-se-ia numa posição muito próxima do bordo da plataforma continental (Figura 43). No final deste período de Glaciação, entre 16 000 e 13 000 anos BP registaram-se duas fases, inicialmente o nível do mar subiu lentamente, ficando no entanto 100m abaixo do nível médio actual, seguindo-se uma fase de estacionamento do nível (Dias *et al.*, 1997).

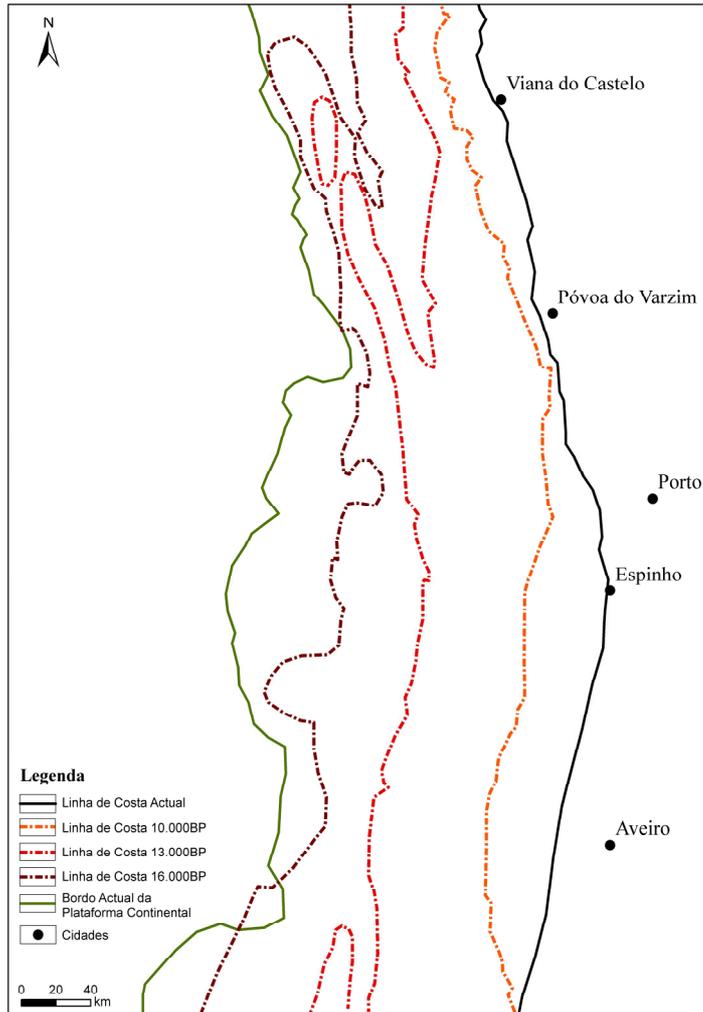


Figura 43 - Possível configuração da linha de costa há 10.000, 13.000 e 16.000 anos BP. (Dias, 1989).

Entre os 13 000 e os 11 000 anos BP, a melhoria climática e as mudanças na circulação marítima ocorreram em simultâneo com uma rápida subida do nível do mar e o recuo da linha de costa, para cerca de 40m abaixo do actual nível do mar. Devido a um arrefecimento generalizado do clima (Dryas recente) há 11 000 anos BP (Figura 43), o nível do mar volta a descer para cerca de -60m do actual, verificando-se uma nova reposição da linha de costa. Porém, há cerca de 10 000 anos BP (o fim do Pleistocénico e o início do Holocénico (Quaternário) uma rápida mudança climática marcada pelo aquecimento geral do clima ocorre uma transgressão marítima, a uma velocidade de cerca de 2cm/ano, recolocando a linha de costa num nível próximo do actual.

A posição da linha de costa atinge a cota actual entre os 5 000 anos BP e os 3 000 anos BP, dando lugar a um período de estabilização do litoral (Dias, 1989), permitindo a formação das lagoas estuarinas isoladas do mar e a ligação de pequenas ilhas ao continente. Entre os séculos XI e

XV, durante o Pequeno Ótimo Climático, registou-se uma possível recolocação da linha de costa no sentido W, em resultado de uma pequena subida do nível do mar.

Na transição entre o século XIX para o século XX, a subida da temperatura e uma marcante intervenção antrópica (prática agrícola, desflorestação, desassoreamento, rectificação de cursos de água, entre outras), terão ocorrido em simultâneo com um reforço da transgressão do litoral e o contínuo recuo da posição da linha de costa no noroeste de Portugal Continental.

4.2.2. Taxas de Recuo

Como referido no Subcapítulo 1.2 as mais recentes técnicas de mapeamento sistemático da linha de costa e acompanhamento das suas mudanças ao longo do tempo proporcionaram a concepção de informações de grande valor para o planeamento e gestão costeira.

No presente trabalho as variações da linha de costa foram analisadas com base na série temporal de cartografia topográfica militar digitalizada, fotografias aéreas e ortofotomapas (Subcapítulo 2.1). A determinação das taxas de variação da posição da linha de costa foi obtida com o auxílio da extensão DSAS 3.2. para o ArcGis v.9.2. (Subcapítulo 2.1). Esta extensão automatiza o cálculo da variação da linha de costa, partindo de uma linha de referência, a linha de base (*baseline*), onde se estabelece um ponto fixo para referenciar os pontos de intersecção entre as séries temporais de linha de costa, realizando a medida entre tais pontos.

Foram aplicados transectos com um espaçamento de 50 metros ao longo de toda a extensão de linha de costa em estudo. Na análise da variação da taxa anual, partindo de duas posições da linha de costa foi aplicado o método do EPR simples. Na avaliação da variação da posição da linha de costa entre décadas, 1965/67-1970-1988-2002/03-2005, foi aplicado o método dos quadrados mínimos, para ajustar os valores a uma recta de regressão linear. Este método é denominado no DSAS de *jackknife*.

Na apresentação dos resultados importa esclarecer que as variações negativas e positivas da linha de costa correspondem, respectivamente, à deslocação (da linha de costa) no sentido do continente e do oceano.

Apesar de estudos efectuados na área em questão (Dias e tal, 1994; Baptista, P., Bastos, L., 2004; Baptista, 2005; Baptista, P. R. E. B., 2006; Ferreira, Ó., Dias, J. M. A., 1991; Mota-Oliveira, I. B., 1990; Pedrosa, António; Freitas, Cacilda & Gonçalves, João, 2007; Pedrosa, A. e Freitas C., 2008; Veloso-Gomes, F. F. M., 1987; Veloso-Gomes, F. F., 1993; Veloso-Gomes, F. *et al.*, 2002; Silva, 1997) não existem muitas condições para realizar uma efectiva comparabilidade de resultados, devido à disparidade de métodos e técnicas utilizadas, desde comparações cartográficas, medições no terreno (Baptista, P. R. E. B., 2006), análise de fotografias aéreas (Veloso-Gomes, F. *et al.*, 2002) medições fotogramétricas e medições de terreno (Oliveira, 2005) bem como dos períodos de análise utilizados. No entanto, os vários autores portugueses (Mota-Oliveira, 1990;

Oliveira, 1993; Veloso-Gomes, 1987; 1991; 1993; Dias, 1990; Ferreira e Dias, 1991; Teixeira, 1994; Baptista e Bastos, 2004; Carvalho et al., 2002; Veloso-Gomes et al., 2002; Andrade et al., 1996; Dias et al., 1997; Baptista et al., 2004; Baptista, 2006) apresentam uma posição semelhante que se traduz numa evidente situação de erosão costeira generalizada com tendência para a sua intensificação quer no litoral português geral bem como no sector de estudo.

A taxa média de variação da linha de costa por década, de 1965-2005 de 1967-2003, respectivamente, obtida para o sector I foi de +1,2m e para o sector II de -1,3m, reflectindo uma tendência erosiva generalizada na faixa costeira do sector II da área de estudo (Figura 44 e 45). Este facto acompanha a tendência, a nível mundial, de erosão junto das áreas costeiras arenosas, conforme identificado por Bird (1985).

No entanto a análise da dispersão dos valores relativamente à média geral da variação da linha de costa reflecte um “comportamento” desigual entre os dois sectores da área de estudo. Entre Aguda e Granja regista-se um desvio de padrão de 1,7, o que significa que a dispersão dos valores é baixa, não se verificando grandes discrepâncias na variação da posição da linha de costa ao longo das décadas (Figura 44). As maiores taxas de acreção ocorrem junta ao quebra-mar destacado de Aguda e na faixa costeira mais a sul do limite da freguesia de S. Félix da Marinha e as maiores taxas de recuo por década entre a piscina da Granja e a Estação de elevação de água.

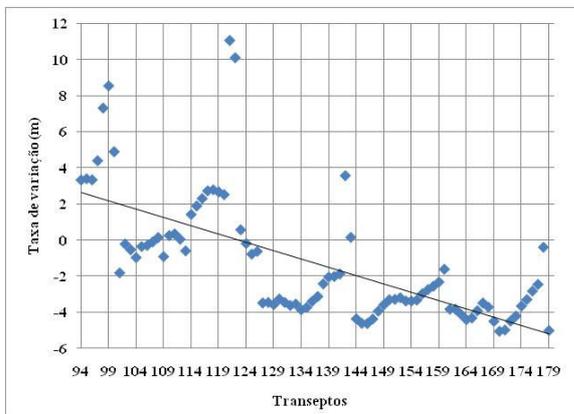


Figura 44 – Taxa de variação da linha de costa por década, no sector I.

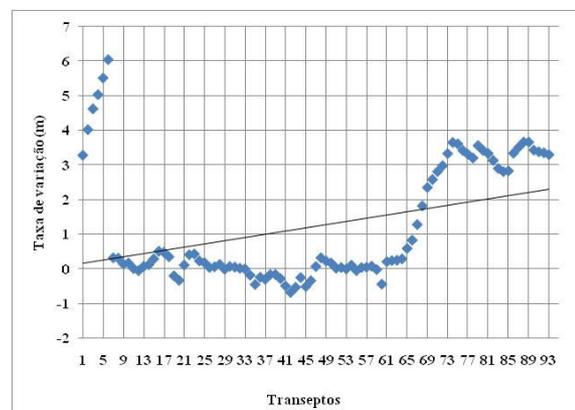


Figura 45 - Taxa de variação da linha de costa por década, no sector II.

No sector compreendido entre Espinho e Paramos, o valor do desvio de padrão é de 3,5 o que reflecte uma enorme dispersão ou seja uma variação distinta da posição da linha de costa no sector ao longo das décadas consideradas (Figura 45). Neste sector, as taxas de recuo mais acentuadas ocorrem junto à frente marítima de Silvalde, localmente conhecido por bairro dos pescadores, imediatamente a sul do esporão de Silvalde, próximo da pista do aeródromo e na frente marítima entre os dois esporões de Paramos.

4.2.2.1. Sector Aguda-Granja

A comunidade piscatória junto à praia da Aguda esteve ao longo de várias décadas exposta aos riscos associados à entrada e saída de embarcações, com perdas de vidas humanas, e ao processo de erosão do litoral. Desde a década de 80 que o IHRH (Instituto de Hidráulica e Recursos Hídricos) tem elaborado estudos com o objectivo de construir infra-estruturas para melhorar as condições de trabalho dos pescadores e proteger a comunidade. A pesquisa na comunicação social local da época revelou ainda que este sector marítimo sofreu vários episódios de galgamentos e consequente erosão tal como no sector de Espinho-Paramos.

No período entre 1940-1965, as taxas de recuo anual da linha de costa demonstram um recuo pouco significativo na frente construída de Aguda, com uma taxa máxima de $1,4\text{m/ano} \pm 3\text{m}$ e um mínimo de $0,3\text{m/ano} \pm 3\text{m}$, resultando num recuo médio de $1,1\text{m/ano}$ (Figura 46, anexo B). No jornal “*O Grilo*” há a referência de galgamentos marítimos na praia de Aguda em 1940 (Figura 47) que provocaram a destruição em algumas casas mais próximas, não havendo no entanto perdas de vidas humanas a registar.



Figura 47 - Galgamento marítimo na praia de Aguda em 1940 (Weber, M.; Jesus, P. e Santos, A., 2002).

Nos cinco anos que se seguem (1965-1970) as taxas de recuo anual da linha de costa, neste sector, apresentam um aumento significativo, para os $- 10\text{m/ano} \pm 6\text{m}$, no máximo, e $- 1\text{m/ano} \pm 6\text{m}$ na frente construída de Aguda e da Granja (Figura 48, anexo B). A erosão marítima junto às concentrações populacionais de Aguda e da Granja revela ser preocupante ao nível da conservação da largura da praia bem como da protecção dos edifícios mais próximos. Contudo, o aumento dos valores pode estar condicionado pela ocorrência de eventos tempestivos ou situações meteorológicas extremas, ambos influenciados pelo tipo de marés que possam ter ocorrido em simultâneo.

Salientam-se ainda as pequenas acreções, entre 2m/ano e $3\text{m/ano} \pm 6\text{m}$ no sector mais sul do lugar da Granja. A taxa média de recuo da linha de costa para todo o sector I foi de $4,8 \text{ m/ano} \pm 6\text{m}$.

Porém, entre 1970/1988, ao longo da costa do sector I, o ritmo de avanço do mar na direcção do continente revela uma redução expressiva das taxas anuais de recuo em relação ao período anteriormente analisado, verificando-se um valor máximo de $1,5\text{m/ano} \pm 5\text{m}$. No entanto, na frente marítima de Aguda observa-se acreções de $1,2\text{m/ano} \pm 5\text{m}$ e de $5\text{m/ano} \pm 5\text{m}$ no sector sul da freguesia de S. Félix da Marinha (Figura 49, anexo B).

Da década de 80 até ao início dos anos 90 (1988-1993) toda frente costeira das freguesias de Arcozelo e de S. Félix da Marinha apresenta uma franca recuperação, com acreções máximas de $9\text{m/ano} \pm 2\text{m}$ e valores médios de $5,9\text{m/ano} \pm 2\text{m}$ (Figura 50, anexo B).

Contudo, entre a década de 90 do século passado, e início do século XXI (1993-2003) verifica-se uma nova tendência de recuo generalizada no sector entre Aguda e a Granja, com valores de $-4,5\text{m/ano} \pm 2\text{m}$ (máximo) e $-0,2\text{m/ano} \pm 2\text{m}$ (mínimo) (Figura 51, anexo B). No entanto verificam-se excepções junto do quebra-mar destacado de Aguda, em que a formação de um tómbolo permitiu uma acreção entre $13\text{m/ano} \pm 2\text{m}$ e $14\text{m/ano} \pm 2\text{m}$ e a sul da Granja com acreções entre $5,4\text{m/ano} \pm 2\text{m}$ e os $0,1\text{m/ano} \pm 2\text{m}$. De referir ainda que as acreções nos valores entre os $17\text{m/ano} \pm 2\text{m}$ e os $20,5\text{m/ano} \pm 2\text{m}$ devem-se ao cabeço do quebra-mar destacado.

O quebra-mar destacado de Aguda foi construído neste período, entre os anos 2001 e 2002. Todavia, a construção desta infra-estrutura resultou num “*forte desnudamento sedimentar a sotamar*” (Baptista, pp.153, 2006) que foi sendo resolvido com diversas transposições sedimentares, removendo-se as areias acumuladas a norte do quebra-mar destacado para as praias situadas mais a sul do mesmo. No estudo desenvolvido por Baptista (2006) tornou-se evidente que as estruturas de protecção e defesa costeira utilizadas desde a década 70, nomeadamente esporões, enrocamentos e quebra-mares destacados, alteram a dinâmica natural de trocas sedimentares entre as águas do oceano e a praia, resultando num desequilíbrio rápido, com uma visível acumulação de sedimentos a norte da posição destas estruturas e a ausência de reposição ou mesmo retirada de sedimentos para sul da infra-estrutura. Na realidade, a construção do quebra-mar destacado tinha por objectivo melhorar as condições de entrada e saída das embarcações dos pescadores como referido, mas o efeito não foi o esperado verificando-se a manutenção do processo de erosão da linha de costa.

O recuo da linha de costa, entre 2003-2005, generaliza-se à maior parte da linha de costa do sector em estudo, embora com um ritmo menos acelerado. Assim, enquanto que junto ao quebra-mar destacado de Aguda se verificou uma ligeira diminuição dos valores das taxas anuais de recuo da linha de costa para $-2,7\text{m/ano} \pm 2\text{m}$ (no máximo), para sul do mesmo verificam-se recuos de $2,5\text{m/ano} \pm 2\text{m}$ que têm vindo a ser “*combatidos*” com a intervenção humana, tendo sido transposto cerca de $17\,050\text{m}^3$ de areias, entre 2002 e 2005 (Baptista, 2006), daí a ocorrência de acreções dispersas ao longo desta costa litoral (Figura 52, anexo B).

4.2.2.2. Sector Espinho-Paramos

Neste sector Espinho-Paramos há mais de cem anos que são conhecidos episódios de galgamentos marítimos e de recuo, por vezes, acentuado da linha de costa. Pedrosa e Freitas (2008) no seu estudo concluíram que durante o período de 1900 e 2003 ocorreram 23 episódios de galgamentos marítimos ao longo da costa entre Espinho-Paramos. Ainda segundo dados obtidos pelos mesmos autores, as áreas que registaram maior incidência do número de galgamentos marítimos correspondem à frente marítima da cidade de Espinho, seguindo-se a povoação de Paramos (Figura 53, anexo B.). No período entre 1900-1933 verificou-se um recuo no valor máximo de 1,4 m/ano \pm 6m e mínimo de 0,4m/ano \pm 6m (Figura 54, anexo B). De facto este período corresponde ao momento em que a comunicação social da época deu mais ênfase aos sinais de erosão costeira.

Partindo desta fonte de informação e do trabalho realizado por Teixeira (1997) sabe-se, hoje, que em 1890 a Rua da Alegria (actualmente conhecida por Rua nº1) foi completamente destruída juntamente com cerca de 57 edifícios aí localizados e a primeira capela do núcleo populacional de Espinho (Figuras 55 e 56). Para sul no núcleo central antigo da cidade de Espinho verificaram-se taxas de acreção, que em alguns sectores é bastante expressiva com um valor máximo de 3,5m/ano \pm 6m.



Figura 55 - Capela N^a S^a da Ajuda e conjunto habitacional destruídos pela acção das águas do oceano, em 1908 (Silva, 1997).

Perante as referidas perdas, no período entre 1900-1933 foram construídas várias infra-estruturas de protecção costeira. Em 1909, foi construída uma “*muralha*” de pedra assente em estacas de madeira, uma espécie de enrocamento, para protecção das habitações situadas na actual rua nº2.



Figura 56 - Cidade de Espinho em 1930. A letra A indica a área desaparecida nos anos 40 (Dias *et al.*, 1994).

Contudo, esta acabou por ser destruída pelas forças das águas em 1911 (Figura 57). Junto com a “muralha” estava também projectada a construção de um conjunto de esporões entre 1910 e 1912 (Figura 58), que se veio a concretizar e a sofrer um conjunto de intervenções de reforço em 1913 (Teixeira, 1997).



Figura 57 - Aspecto da “muralha” após a acção das águas do oceano em 1910 (Dias *et al.*, 1994).



Figura 58 - Esporão experimental em madeira e pedra construído em 1912 (Silva, 1997).

Entre 1933-1967, na frente da cidade de Espinho, as taxas de recuo da linha de costa revelam valores muito elevados e preocupantes (Figura 59), ultrapassando os $8\text{m/ano} \pm 7\text{m}$, reduzindo os seus valores para sul da mesma em direcção à freguesia de Silvalde (Figura 60, anexo B). Neste período registaram-se 14 episódios de galgamentos marítimos (Pedrosa e Freitas, 2008) que foram prontamente “resolvidos” com várias intervenções que se resumem a três enrocamentos construídos durante a década de 50, na frente da cidade de Espinho e de Silvalde. Todo o sector costeiro entre Espinho e Silvalde apresenta uma taxa de recuo médio de $7,2\text{m/ano} \pm 7\text{m}$.



Figura 59 - O mar impõe o seu limite actual, rua 2, ano 1936 (Silva, 1997).

No período seguinte em análise, 1967-1970 (Figura 48, anexo B), verifica-se que a tendência de recuo da linha de costa apresenta um agravamento considerável, uma vez que as taxas evoluem para valores na ordem dos $-5\text{m/ano} \pm 6\text{m}$ e os $-19\text{m/ano} \pm 6\text{m}$ na frente marítima de Paramos, $-6\text{m/ano} \pm 6\text{m}$ e $-16\text{m/ano} \pm 6\text{m}$ em Silvalde e $-4,5\text{m/ano} \pm 6\text{m}$. Junto do núcleo populacional de Paramos registaram-se taxas de recuo da linha de costa de cerca de 4 a $5\text{m/ano} \pm 6\text{m}$.

O contínuo recuo da linha de costa e o emagrecimento da amplitude das praias continua a preocupar as populações locais e as entidades governamentais. Deste modo, na década de 70 são construídos vários esporões ao longo da costa da freguesia de Espinho, conforme se pode observar na cartografia (Figura 61, anexo B). Contudo, a construção destas infra-estruturas não contribuiu para a redução da velocidade de recuo da linha de costa, pelo contrário intensificou-a nos pequenos sectores de praia entre cada esporão. Assim, o objectivo em travar o recuo da linha de costa só não foi atingido como foi intensificado ao longo dos anos que se seguem (Figura 62, anexo B). A frente marítima da cidade de Espinho, junto a Silvalde e Paramos mantém-se a tendência de recuo, embora a um ritmo menos acentuado, verificando-se taxas de recuo entre $-6,7\text{m/ano} \pm 5\text{m}$ e $-1\text{m/ano} \pm 5\text{m}$. No entanto, por influência da posição do esporão, perante o sentido da deriva litoral (N-S), na parte norte desta estrutura junto à piscina de Espinho observam-se acreções na ordem dos $12\text{m/ano} \pm 5\text{m}$ e $13\text{m/ano} \pm 5\text{m}$.

O início da década de 80 trouxe novas intervenções junto da faixa costeira da cidade de Espinho em detrimento da ocorrência de vários episódios de galgamentos marítimos e dos vários apelos veiculados pela população local na comunicação social e junto da câmara municipal. Assim foram construídos dois esporões curvados e “ligados” por um enrocamento em Espinho, um esporão e um enrocamento em Silvalde e dois esporões e um enrocamento em Paramos (Figura 62, anexo B). A posição das estruturas segue uma estratégia de protecção de bens nomeadamente a piscina, os edifícios habitacionais na rua nº2 entre as ruas nº21 e 33, o bairro de pescadores em Silvalde, parte da fábrica Brandão Gomes (Silvalde), a pista do aeródromo (Silvalde) e a capela e algumas habitações próxima em Paramos. A construção deste sistema de protecção conseguiu durante algum tempo estabilizar a posição da linha de costa, como se conclui pela análise da Figura 63 (Anexo B), onde se observam acreções anuais generalizadas ao longo de todo o sector II, porém estas são menores junto a Paramos. Neste período salienta-se o valor anual de recuo da linha de costa registado junto ao “cabeço” do esporão situado imediatamente a norte da pista do aeródromo, talvez em resultado de uma maior fragilidade da estrutura perante episódios de temporais e de maior energia do oceano.

Por outro lado, é importante referir que estas construções foram acompanhadas por transposições de areias, durante a época balnear, pelo que não se conhecendo a altura do ano em que as fotos aéreas foram tiradas, este facto poderá ter implicações na posição da linha de costa vectorizada.

No período entre 1998-2003 a tendência de recuo da linha de costa volta a manifestar-se com intensidades preocupantes junto a Espinho, a Silvalde e a Paramos (Figura 64, anexo B). De salientar que na frente marítima de Espinho o recuo apresenta valores entre os $-0,1\text{m/ano} \pm 5\text{m}$ e os $12\text{m/ano} \pm 5\text{m}$, no entanto verificam-se valores na ordem dos $-18\text{m/ano} \pm 5\text{m}$ devido à retirada dos esporões construídos durante a década de 70. Na frente de Silvalde e de Paramos registam-se taxas de recuo entre os $0,2\text{m/ano} \pm 5\text{m}$, $7\text{m/ano} \pm 5\text{m}$ e $0,1\text{m/ano} \pm 5\text{m}$, $9\text{m/ano} \pm 5\text{m}$, respectivamente.

Neste sector em estudo é ainda observável a tendência de acreção na posição da linha de costa logo a norte dos esporões e recuos preocupantes entre os mesmos. Deve-se ainda referir que a alguns metros para norte do esporão junto à piscina de Espinho observam-se já recuos na ordem de $1,9\text{m/ano} \pm 5\text{m}$ e $4,9\text{m/ano} \pm 5\text{m}$, o que se torna preocupante, colocando, mais uma vez, em questão, a eficácia destas estruturas na estabilização da linha de costa numa área de ondulação enérgica.

A contínua tendência de recuo da posição da linha de costa justificou a realização de intervenções pontuais e de emergência, como a colocação de rochas em áreas mais susceptíveis, o reforço do enrocamento junto da capela de Paramos, o reforço dos esporões de Silvalde e de Paramos, segundo o INAG (Tabela 29, anexo A).

Nesta análise, os valores obtidos de taxas de recuo anual da linha de costa apresentam uma margem de divergência pouco significativa quando comparada com as obtidas por Ângelo (1991) e Diogo (2004) (Tabela 30).

Tabela 30 - Taxas médias de recuo da linha de costa. Os valores positivos correspondem a uma situação de acreção da linha de costa e os negativos a uma situação de recuo.

| Sector/ Praias | Ângelo (1991) | | | | Diogo (2004) |
|----------------|---------------|-----------|-----------|-----------|--------------|
| | 1870/1947 | 1947/1954 | 1954/1984 | 1984/1990 | 1978/1992 |
| Espinho | - 3.8 | - 3.8 | - 0.7 | 0 | - |
| Silvalde | - | - | - | - | - 2.8 |
| Paramos | - 3.3 | - 3.3 | - 6.0 | 0 | - 5.6 |

Em suma, a análise das taxas de recuo da linha de costa, nos dois principais sectores que enquadram a área de estudo, revela que a tendência de *transgressão* marítima é uma realidade, provocando o emagrecimento das praias e o recuo da linha de costa mais rápido em costa arenosa e menos rápido na costa de substrato rochoso emerso, como o caso de Aguda.

4.3. TENDÊNCIA A LONGO-PRAZO DA EVOLUÇÃO DA LINHA DE COSTA

Segundo Leathermann (2003) o período de 100 anos ou menos, de análise da tendência a longo-prazo da evolução da linha de costa, é de interesse humano por integrar/contemplar possíveis processos de elevação do nível do mar e erosão costeira.

A previsão da posição futura da linha de costa constitui um processo que envolve grandes dificuldades, uma vez que a posição da linha de costa num dado momento é o resultado combinado de processos actuantes de longo e curto prazo. Esta previsão torna-se ainda mais complexa ao realizar-se em costas arenosas, uma vez que a sua posição depende bastante da forma como “responde” a um episódio de temporal severo. Na maioria dos casos é aplicado o método da regressão linear (Mazzer, 2007). Contudo, os valores indicados devem ser analisados com cuidado e servem apenas de indicadores, pois a margem de incerteza é ainda bastante elevada. Não obstante a sua utilidade indicativa, a previsibilidade da posição da linha de costa para o futuro tem sempre pertinência para as entidades responsáveis pela gestão das áreas costeiras ao nível da concepção e delimitação no terreno de uma área de protecção, com o objectivo de minimizar e mesmo evitar a construção desenfreada nas mesmas.

Analisando a previsão da linha de costa para 2055 e 2105 na faixa litoral de Arcozelo e faixa litoral de S. Félix da Marinha verifica-se que a linha de costa, a manter-se a taxa média de recuo a longo prazo, tenderá a recuar cerca de 11,2m e 22,4 m, respectivamente. No sector II de estudo, constata-se que em cerca de 50 anos esperar-se-á um recuo da linha de costa de 65m e em 100 anos

um recuo de 130m (Figuras 65, 66, 67, 68 e 69). No entanto, na análise dos valores obtidos deverão ser consideradas algumas reservas em relação à posição prevista da linha de costa, uma vez a sua prospecção não tem em consideração o tipo de resposta da faixa costeira segundo as suas características geológicas, o tipo de intervenções que possam ainda ser utilizadas, bem como a sua influência no abastecimento sedimentar, nem as consequências que as alterações no regime de ventos, de precipitação e do clima de agitação marítima possam acarretar. Acresce ainda o facto de que não se realizou uma análise da magnitude dos temporais e a sua relação com as taxas de recuo verificadas.

No entanto, é possível observar-se segmentos do sector costeiro I e II que apresentam maior susceptibilidade à erosão (recuo da linha de costa), tendo em consideração as respectivas taxas de recuo. O segmento costeiro junto à Estação Litoral de Aguda prolongando-se para a sul da piscina da Granja revela uma situação de vulnerabilidade, uma vez que há fortes probabilidades das infra-estruturas de comunicação e dos edifícios virem a ser afectados pelo recuo da linha de costa. Porém, deve-se ter em conta que a presença de estruturas rígidas de protecção e o seu eventual reforço possa resultar numa diminuição da velocidade de recuo da linha de costa. No entanto, o recuo da linha de costa é já preocupante, uma vez que a presença de vestígios do cordão dunar frontal, nesta área, com alguma resistência não têm contribuído de modo muito eficaz para reduzir a velocidade de recuo da mesma, sendo mesmo elemento em erosão intensa (Figura 70). Acresce ainda o facto de que a costa marítima da Granja é essencialmente arenosa e de baixa altitude o que justifica um avanço do mar mais rápido.

Na transição entre a faixa costeira de S. Félix da Marinha para Espinho, observa-se no terreno uma actuação antrópica no sentido de proporcionar o crescimento e a fixação das dunas e dos vestígios do cordão dunar frontal. Porém, a probabilidade de diminuição da amplitude das praias constitui uma preocupação futura pois estes elementos dunares poderão sofrer erosão.

No sector II em estudo, toda a linha de costa apresenta uma enorme susceptibilidade e a vulnerabilidade do edificado é extremamente intensa, já que se encontra urbanizada em quase toda a sua extensão. A faixa costeira é essencialmente arenosa, o que se traduz numa menor resistência ao avanço do mar. Assim sendo, nas três principais povoações costeiras do concelho de Espinho (Figuras 66, 67 e 68), as habitações situadas na 1ª linha de mar poderão vir a ser bastante afectadas, havendo a probabilidade de ocorrer destruição de bens. As estruturas rígidas existentes ao longo da faixa costeira poderão necessitar de reforços sucessivos e intervenções, situação esta que obviamente terá implicações na evolução da variação da posição da linha de costa.



Figura 65 – Previsão da posição da linha de costa em Aguda.



Figura 66 – Previsão da posição da linha de costa na frente de Granja.



Figura 67 – Previsão da posição da linha de costa em Espinho.



Figura 68 – Previsão da posição da linha de costa em Silvalde.



Figura 69 – Previsão da posição da linha de costa em Paramos.



Figura 70 - Estado dos vestígios do cordão dunar frontal junto à piscina da Granja.

5. ANÁLISE DA VULNERABILIDADE E DO RISCO

A vulnerabilidade costeira perante os processos erosivos está associada a diversos processos costeiros em interação com as características geomorfológicas, as variações do nível do mar, a altura de onda entre outras, presentes na área em estudo. Quando as consequências da erosão costeira envolvem a destruição de infra-estruturas antrópicas e “agitam” as actividades económicas, o risco deixa de ser aceitável pela população local e mesmo a nível regional, nacional e internacional. Como mencionado nos capítulos anteriores o estudo do risco na faixa costeira envolve também uma análise da vulnerabilidade.

Neste capítulo propomo-nos a analisar e a discutir os resultados obtidos na aplicação de ambas as metodologias de análise da vulnerabilidade e os resultados obtidos ao nível da avaliação do risco na área de estudo para um horizonte de 50 anos.

5.1. RESULTADOS

a) Análise da Vulnerabilidade

A vulnerabilidade quando analisada segundo a primeira metodologia apresentou-se com um comportamento distinto consoante as localidades em análise. A Figura 71 revela que as características naturais da costa e o tipo de forçamento costeiro são os sub-índices que dominam o resultado da vulnerabilidade na área de estudo, enquanto que o sub-índice sócio-económico apresentou uma menor influência, em termos gerais.

Em Espinho e em S. Félix da Marinha verificou-se que a par de um valor médio de susceptibilidade natural da costa e de vulnerabilidade pelo tipo de forçamento costeiro (superior a 70%, respectivamente), a vulnerabilidade sócio-económica supera igualmente os 70%, o que corresponde muito de perto à realidade destas duas áreas.

Nos casos de Silvalde e de Paramos os valores médios dos seus sub-índices permitem diferenciar ambas as áreas das anteriormente referidas, onde a características naturais da costa e o tipo de forçamento costeiro são mais importantes para a posterior compreensão da vulnerabilidade geral.

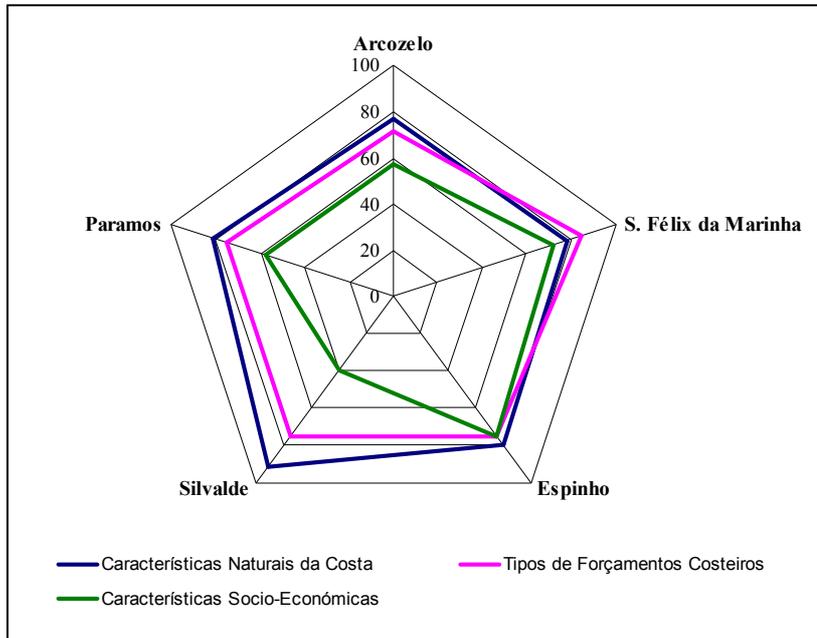


Figura 71 - Representação dos valores médios (%) de cada um dos 3 sub-índices para cada freguesia em estudo.

Numa análise mais particular, no que se refere ao tipo de estruturas “rígidas” utilizadas para protecção costeira, as áreas que se encontram resguardadas por esporões e quebramares revelam uma vulnerabilidade elevada, apesar da contradição. De facto, estas infra-estruturas aumentam o efeito de erosão costeira, em especial para sul da sua posição devido à direcção da deriva litoral na área de estudo, o que resulta num aumento do grau de exposição ao risco de erosão costeira junto da frente construída aí localizada (Figuras 72, 73, 74 e 75). As áreas que demonstram um nível de vulnerabilidade moderado encontram-se protegidas por enrocamento, mais ou menos consolidado. Apesar de por vezes não se encontrar praia emersa junto desta infra-estrutura, a sua existência continua a ser pertinente a médio ou longo prazo uma vez que absorve a energia das ondas, evitando o avanço das águas do oceano para o interior do continente.

O nível de vulnerabilidade muito elevado ocorre nas áreas que se encontram sem qualquer tipo de protecção (Figuras 73 e 75) como o exemplo da praia da Granja e da praia de Paramos.

No sub-índice sócio-económico, esta metodologia demonstrou que o grau de exposição ao risco de erosão costeira é tanto mais elevado quanto maior for o valor económico da área afectada. O âmbito económico traduz-se, nesta metodologia, por um conjunto de dados, nomeadamente a quantidade de população residente, o tipo e a distância das de infra-estruturas de comunicação, arruamentos e caminho-de-ferro respectivamente, à linha de costa e o tipo de uso do solo predominante. Ainda neste âmbito, uma análise da distribuição espacial do índice de imposto municipal sobre imóveis revelou que o seu valor é maior quanto mais próximo do litoral se

encontra e em função dos serviços e infra-estruturas presentes (Figura 76, Anexo B), pelo que estas áreas têm uma maior probabilidade de perda económica do que outra área localizada mais no interior.

A susceptibilidade natural é mais elevada nas áreas junto à praia de Aguda, alguns segmentos da praia da Granja e ao longo da frente costeira de Espinho e de Silvalde devido às condições naturais tomadas em análise, em especial a largura da praia e a variação das taxas de erosão costeira. Este facto demonstra que nesta área de estudo a geologia e a altitude não são muito relevantes uma vez que toda a área é semelhante nos valores de altitude e na formação geológica junto da linha de costa.

O índice geral de Vulnerabilidade costeira demonstra que é no sector II que ocorre predominantemente o nível de vulnerabilidade elevada e muito elevada, sendo que nas proximidades de Aguda dominam níveis moderados a baixos de vulnerabilidade (Figura 72). Esta análise demonstra que apesar de todos os sub-índices possuírem o mesmo valor de ponderação, as áreas onde a conjugação de uma ocupação antrópica densa, uma amplitude de praia reduzida e taxas de erosão significativas parece dar origem a uma situação de vulnerabilidade elevada a muito elevada. É ainda possível verificar-se que o resultado dos esforços de protecção das áreas costeiras fragilizadas pelo aumento da erosão costeira, não revela uma diminuição da vulnerabilidade, pelo contrário apresenta um nível moderado a muito elevado.



Figura 72 – Índice de vulnerabilidade costeira em Aguda.



Figura 73 – Índice de vulnerabilidade Costeira na Granja.



Figura 74 – Índice de vulnerabilidade costeira em Espinho.



Figura 75 – Índice de vulnerabilidade costeira em Silvalde.

De seguida aplicou-se a segunda metodologia na área de estudo e a partir da análise da correlação entre as variáveis observou-se uma forte interdependência entre a variável geologia e altitude, geologia e largura da praia, e uma relação pouco significativa entre estas variáveis e as restantes. Ainda de salientar o valor de correlação significativo entre as taxas anuais de recuo e o número de habitantes nas subsecções adjacentes à linha de costa (Tabela 31, Anexo A).

Numa perspectiva geral, a linha de costa apresentou maior ocorrência no nível moderado e elevado de vulnerabilidade, sendo que a vulnerabilidade moderada domina nos dois sectores de estudo (Figura 77).

Os níveis de vulnerabilidade mais baixos ocorrem em segmentos que se caracterizam por estarem situados próximo de esporões, em especial no segmento a barlar, pela presença humana (número médio de habitantes por subsecção) ser relativamente baixa e pela maior amplitude de praia, como o caso de Paramos (Figura 77 e)). Os segmentos costeiros com vulnerabilidade elevada a muito elevada caracterizam-se por uma ocupação densa do território, por taxas de erosão moderadas a elevadas e por uma amplitude de praia reduzida.



a)



b)



c)



d)

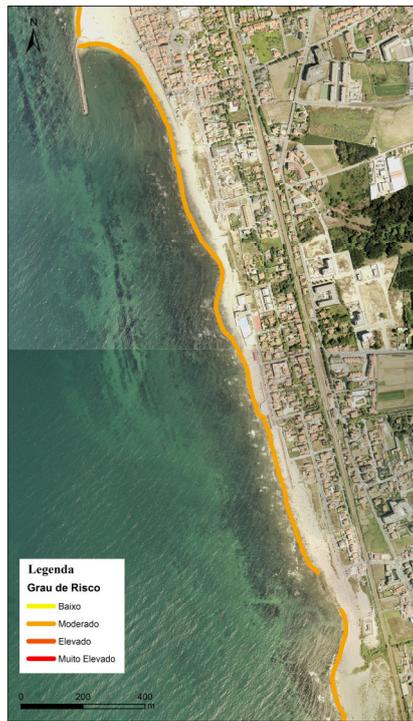


e)

Figura 77 – Índice de vulnerabilidade: a) em Aguda, b) na Granja, c) em Espinho, d) em Silvalde e e) em Paramos.

b) Análise do Risco

A nível geral, na área em estudo, o risco de destruição do edificado pela acção erosiva costeira, em resultado do recuo da linha de costa, é elevado ou mesmo muito elevado em cerca de 85% da costa em estudo. Esta análise corrobora o elevado grau de exposição das povoações de Espinho, Silvalde e Paramos já percebido aquando da previsão da posição da linha de costa num período de 50 anos (Figura 78).



a)



b)



c)

Figura 78 – Distribuição dos níveis de risco: a) em Aguda e Granja, b) em Espinho e Silvalde e c) em Paramos.

Há ainda a salientar que o facto de ter sido atribuído um valor de ponderação mais elevado à taxa média de erosão, se verifica que junto das praias de Aguda e da Granja o risco é moderado pelo facto do valor médio da variável actualmente se encontrar relativamente baixo (Figura 78 a) e c)). Deste modo, uma taxa média de recuo baixa, uma amplitude de praia maior e um maior distanciamento do edificado relativamente à linha de costa não produz um risco elevado, apesar da vulnerabilidade ser moderada. Mas no caso da praia de Paramos, o nível de vulnerabilidade obtido foi baixo, pelo facto do tipo do uso do solo não ser economicamente relevante e do número de habitantes também não ser muito elevado. No entanto, o grau de risco neste segmento é muito elevado, porque tendo como pressuposto de que a taxa média de erosão manter-se-á estável durante os próximos 50 anos, a amplitude de praia não será suficiente para minimizar o grau de risco a que a população mais próxima poderá estar sujeita.

7.2. DISCUSSÃO

A escolha da quantidade e do tipo de variáveis em estudo tem influência nos resultados obtidos quer ao nível da vulnerabilidade quer do risco, pois nem sempre uma maior quantidade de variáveis corresponde a uma análise melhorada, uma que vez que algumas dessas variáveis podem revelar-se pouco relevantes no conjunto de informação considerado (McLaughlin, S.; McKenna, J. e Cooper, J. A. G., 2002).

A aplicação das duas metodologias revelou algumas diferenças que importa salientar. Com a primeira metodologia as frentes construídas de Aguda, Granja e Paramos demonstram um nível de vulnerabilidade moderado, enquanto que com a segunda metodologia, Aguda e parte de Granja passam para um nível de vulnerabilidade elevado e em pequenos segmentos de Paramos mantém-se no nível moderado. Nos segmentos costeiros de Espinho e Silvalde a vulnerabilidade é elevada e para sul da povoação da Granja muito elevada, na primeira metodologia. No entanto, a aplicação da segunda metodologia demonstra que nestes segmentos, incluindo a frente de Paramos, existe uma vulnerabilidade muito elevada.

Estas diferenças de posicionamento no nível de vulnerabilidade resultam da introdução de factores de ponderação nas variáveis que constituem o índice. Mazzer (2007) e Coelho (2005) já propunham que fosse dada maior relevância à taxa média de recuo da linha de costa, face aos demais parâmetros, pois pretendeu-se avaliar a vulnerabilidade da faixa costeira em relação à erosão provocada pelo recuo da linha de costa. Daí o valor de ponderação desta variável se situar nos 40 a 45%, dependendo dos autores. De igual modo, tem surgido estudos que pretendem estender este tipo de avaliação a outras variáveis envolvidas no processo.

No caso das consequências do aumento do nível médio do mar segundo estudos realizados na costa algarvia (Andrade, 1990) e na costa oeste de Portugal Continental (Ferreira, 1993) a subida do nível médio do mar será apenas responsável por cerca de 10% do processo erosivo, sendo que a restante percentagem está atribuída a causas mais imediatas, nomeadamente a diminuição da circulação sedimentar por interferência antrópica. Coelho (2005) no seu trabalho chegou à conclusão de que os valores da taxa de recuo, para 100 anos, pressupondo uma subida do nível médio do mar de 1,5mm/ano, terão uma repercussão pouco significativa nas actuais taxas de recuo da linha de costa. Mas, partindo de um cenário mais gravoso, com uma subida do nível médio de mar de 50cm em 100 anos, o autor verificou recuos da linha de costa na ordem de 0,5m/ano adicionados às taxas de recuo actuais.

No panorama das variáveis sócio-económicas, o estudo sobre a sua pertinência na elaboração de índices de vulnerabilidade foi já amplamente demonstrada (McLaughlin, S.; Mckenna, J. e Cooper, J. A. G., 2002). No entanto, ainda existem poucos estudos sobre quais as variáveis que devem integrar a composição dos índices, qual o grau de importância que devem ter na definição do índice geral de vulnerabilidade e, também, quais os métodos que devem ser utilizados na recolha e tratamento deste tipo de informação, nem sempre facilmente quantificável.

Relativamente à análise do risco importa discutir o tipo de atitude que deverá ser adoptada a médio prazo pelas autarquias e população local. A presença de vários segmentos costeiros com um nível elevado ou muito elevado de risco, embora não tenham sido objecto de estudo do grau de risco tolerável pelas autarquias e populações, sabemos que a hipótese de uma eventual perda de território desabitado, sem valor ecológico, cultural ou patrimonial será provavelmente aceite pela generalidade das pessoas, mas a perda de infra-estruturas, de edificado e mesmo do valor “social” da área não é igualmente tolerada, pelo que será importante estudar-se a real capacidade adaptativa da comunidade residente na faixa de estudo.

Se observarmos o mapa de risco, de facto para sul de Aguda, junto à piscina da Granja, na frente construída de Espinho, Silvalde e de Paramos questionámos: O que se poderá fazer? A revisão do POOC, desta área, contempla a possibilidade de deslocalização em Paramos, mas: estará a população preparada? Pensamos que neste caso concreto a actuação, da autarquia e das entidades gestoras, deveria ser mais persistente de modo a evitar a contínua ocupação da área e aplicar precocemente (visto estarmos a considerar um horizonte de 50 anos) uma estratégia de “reabilitação” e “valorização”, ambiental da faixa costeira. Ao mesmo tempo, esta estratégia permitiria que as novas gerações evitassem o confronto com o perigo eminente do recuo da linha de costa. Nos restantes segmentos costeiros sabemos que a deslocalização maciça e imediata da população e dos serviços é de todo impossível, mas a adopção de uma estratégia que contemple o objectivo da “desocupação” a longo prazo, seria a mais adequada. Veloso-Gomes (1994) entre outros autores avançam com a proposta da retirada dos terrenos aos privados, que na nossa opinião,

em simultâneo com a proibição da construção ou recuperação do edificado por parte das autarquias, demonstraria à população e a determinados sectores económicos que, no futuro, estas áreas em termos económicos estão desvalorizadas. No entanto, é uma estratégia que demora a apresentar os seus resultados por envolver várias gerações e conflitos de interesse. Estas serão soluções que dependem menos dos impostos dos contribuintes, conforme tem-se vindo a apelar nos estudos desenvolvidos a nível europeu (Eurosion, 2004).

Não obstante importa ainda considerar as limitações encontradas nas metodologias aplicadas:

- a) A previsão posição da linha de costa a 50 anos, considerada na análise do risco, não contemplou as alterações resultantes de possíveis intervenções antrópicas locais e regionais, os efeitos das alterações climáticas e da subida do nível médio das águas do mar. Estes são aspectos que merecem mais investigação.
- b) A utilização de dados fiáveis e consistentes no período temporal em estudo, nomeadamente a cartografia de base para a recolha da posição da linha de costa.
- c) A ausência de informações, a nível local, relativas a outras variáveis físicas na análise da vulnerabilidade e do risco.
- d) A impossibilidade de integração dos dados relativos à ocorrência de temporais, pois esta informação carece de aprofundamento ao nível do seu conhecimento.
- e) Segundo Mazzer (2007) aplicação da metodologia proposta na análise da vulnerabilidade em áreas extensas há o perigo da homogeneização dos dados em cada segmento costeiro, atenuando “aparentemente” os efeitos da erosão em pontos específicos da linha de costa. Por outro lado, a delimitação destes segmentos, e por envolver mais do que duas variáveis, torna-se uma tarefa complexa por anular algumas informações, sobretudo quando a faixa costeira enquadra grande variabilidade e complexidade no comportamento de cada variável considerada (Mazzer, 2007).

Contudo, as metodologias aplicadas são de relativa simplicidade, objectivas e com aplicabilidade na faixa em estudo.

O desenvolvimento de cartas de vulnerabilidade e riscos nas faixas costeiras é de todo indispensável desenvolver esforços para determinar um “zonamento” que contemple a dinâmica da costa, a probabilidade de erosão generalizada, os níveis de vulnerabilidade e riscos esperados e aceitáveis. O actual POOC prevê a redução das consequências da erosão costeira e do recuo da linha de costa mas ainda há necessidade de se preparar e implementar programas coerentes e coordenados de observação/monitorização de carácter sistemático, para que as estratégias a desenvolver e as decisões a tomar possam basear-se num conhecimento mais aprofundado das dinâmicas envolventes (natural, humana, económica, ambiental, social,...).

6. CONCLUSÃO

O recurso a fontes cartográficas diversas revelou ser umas das técnicas ainda utilizadas na determinação dos valores de recuo da linha de costa. Ficou ainda demonstrado que uma análise temporal alargada do fenómeno da erosão costeira proporciona resultados mais adequados, uma vez que estes não ficam unicamente dependentes da ocorrência de situações extremas e pontuais, permitindo um planeamento mais eficaz.

A utilização dos Sistemas de Informação Geográfica, em conjunto com programas compatíveis, constitui uma ferramenta poderosa no desenvolvimento deste tipo de estudos, ao permitir o cruzamento de vários níveis de informação e a construção de índices de análise espacial com um rigor significativo. Outra mais-valia dos SIG's é a possibilidade de espacializar os fenómenos com fiabilidade devido ao maior rigor no controlo dos erros inerentes ao processo de georreferenciação da informação-base. Contudo, a precisão dos dados finais estará sempre dependente da qualidade das fontes de informação utilizadas.

A aplicação de metodologias de análise da vulnerabilidade e do risco, recorrendo aos SIG's, permite a elaboração de instrumentos de gestão e ordenamento do território que integram o conhecimento científico, em actualização permanente. Contudo, apesar dos avanços na tecnologia, para aplicação destas metodologias, e no conhecimento científico sobre as áreas litorais, existem ainda limitações ao nível da capacidade de aplicação das metodologias no terreno. A insuficiência de dados implica igualmente um maior esforço no desenvolvimento de meios para recolha dos mesmos, a fim de possibilitar uma melhor capacidade de trabalho. Deste modo, a actual capacidade de previsão de fenómenos e das suas consequências, quer a médio quer a longo prazo, está ainda num patamar de desenvolvimento em função da melhoria das informações de base. No entanto, continua a ser pertinente a concepção de um nível de SIG relativo às faixas costeiras que deverá estar integrado nos actuais SIG's a nível municipal e nacional. Esta proposta contextualiza-se numa lógica de apoio na recolha local e regional de informação vital, que após o seu tratamento, coordenação e actualização, permitirá o desenvolvimento do conhecimento científico em coordenação com investigadores académicos.

É importante salientar que para além do recurso ao SIG, a recolha de informação junto de fontes de comunicação local e sua análise cuidada, revelou ser uma estratégia interessante, ao auxiliar o investigador na espacialização do fenómeno em estudo e no conhecimento das perdas ocorridas.

Como afirmei, a erosão costeira é um fenómeno que ocorre a nível mundial (Bird, 1985) e estando mais ou menos condicionado por factores naturais e sobretudo por factores antrópicos é

importante que a actual sociedade e seus os governos reconheçam que o recuo da linha de costa deve ser encarado como uma condição decisiva e limitativa na determinação do uso e ocupação das faixas costeiras. Só assim, se poderá contribuir para a redução dos riscos.

A erosão costeira, na área em estudo, não é um fenómeno recente, mas a sua intensificação nas frentes urbanas de Granja, Espinho, Silvalde e Paramos e no segmento situado logo a sul do quebramar de Aguda tornou-se incomportável perante a densidade de ocupação antrópica que se verifica. No sector I verificaram-se recuos na ordem dos $-2,7\text{m/ano} \pm 2\text{m}$ (no máximo) em Aguda e $-2,5\text{m/ano} \pm 2\text{m}$ na frente da Granja. No sector II, as taxas de recuo obtidas para 1998-2003, na frente de Espinho ocorrem no intervalo de valores entre $-0,1\text{m/ano} \pm 5\text{m}$ e os $-12\text{m/ano} \pm 5\text{m}$, já em Silvalde e em Paramos ocorrem entre os $-7\text{m/ano} \pm 5\text{m}$ e os $-9\text{m/ano} \pm 5\text{m}$ no máximo, respectivamente. Nesta análise verificou-se ainda as desvantagens associadas à aplicação de estruturas de protecção costeira “rígidas”, nomeadamente o quebramar de Aguda e o campo de esporões no concelho de Espinho.

Relativamente à previsão da linha de costa para 50 anos e 100 anos, considerando a actual taxa média de recuo anual da linha de costa, esta indica um agravamento do grau de exposição ao risco de erosão costeira do segmento imediatamente a sul do quebramar de Aguda e em quase toda a extensão de costa do concelho de Espinho, já que a ocupação antrópica é bastante densa. Apesar das limitações que esta previsão comporta considera-se que seja uma informação pertinente no sentido de pressionar a “consciência” das populações locais e das entidades responsáveis pelo ordenamento do território para a concepção de estratégias ou a melhoria na aplicação de políticas mais activas na conservação da faixa litoral.

No que se refere à aplicação das metodologias de análise da vulnerabilidade constatou-se que os segmentos costeiros na Granja, Espinho, Silvalde e Paramos são os que apresentam níveis mais preocupantes. Relativamente às diferenças registadas no nível do posicionamento de alguns segmentos costeiros nos níveis de vulnerabilidade, estas prenderam-se com os níveis de ponderação atribuídos a cada variável. Porém, nos vários estudos desenvolvidos no âmbito desta temática Coelho (2005), Mazzer (2007), entre outros considerou-se que a não atribuição de ponderação às variáveis constitui limitação na análise da vulnerabilidade. Assim, a segunda metodologia parece estar mais de acordo com as dinâmicas envolvidas nos processos erosivos. Embora não exista consenso quanto aos valores de ponderação a serem aplicados (Coelho, 2005 e Mazzer, 2007), estes permitem que as cartas de vulnerabilidade e a definição dos “zonamentos” de interdição à ocupação antrópica se aproximem da realidade local e regional. Importa ressaltar que a aplicação desta metodologia será tanto mais eficaz quanto maior for a capacidade de actualização dos dados com suporte numa monitorização sistemática e científica da faixa costeira local e regional.

Quanto ao risco, importa salientar que os segmentos que apresentam maior risco face à erosão costeira, num horizonte de 50 anos, localizam-se em Espinho, Silvalde e Paramos. No entanto,

estes níveis contemplam apenas a dimensão da informação que lhe esteve subjacente, pelo que não incorpora o grau de risco que a população local aceitaria ou toleraria. Este facto revela que o desenvolvimento de uma consciência comunitária ao nível do grau de aceitação ou tolerância perante um fenómeno deverá ser mais explorado a nível científico. O cerne do problema está no facto da população da área em estudo ter ainda subjacente às suas decisões a ideia de que a responsabilidade do Estado ou das entidades locais é de proteger o local ameaçado, ou seja de controlar a natureza. Estas populações afectadas não colocam em causa nem aceitam a possibilidade de encarar o problema numa outra dimensão. Mantém-se a “cultura” de actuação pontual e a curto prazo sem questionar a sua verdadeira eficácia a médio prazo, isto é, está ainda bastante enraizada a ideia de que se consegue estar definitivamente protegido da acção do mar através da colocação ou do reforço das estruturas rígidas. Os casos de Espinho e de Paramos são exemplos críticos na faixa em estudo, onde se verifica o crescimento em altura de edifícios habitacionais e a contínua proliferação da construção ilegal, respectivamente.

Contudo, já são visíveis algumas iniciativas da população local incentivadas por organizações não governamentais e das autarquias para a protecção e conservação dos elementos dunares, mas questiona-se o facto de ainda não haver programas de sensibilização e campanhas de “desinvestimento” na ocupação do litoral. Salvo raras excepções, continua-se a construir edifícios e a ocupar os espaços adjacentes à linha de costa sem um planeamento a longo prazo, o que aumenta o risco de exposição destas frentes edificadas. A sociedade, as entidades gestoras e a comunidade científica encontram-se neste momento numa situação de dúvida - Que soluções deverão ser aplicadas, quais as mais benéficas e aceitáveis? De facto, durante décadas, na área de estudo e na costa litoral portuguesa investiu-se na protecção “rígida”, que veio a revelar-se pouco eficaz. Mais recentemente tem-se adoptado a aplicação de intervenções “ligeiras”, que a médio prazo revelaram também serem uma solução temporária e com efeitos negativos. Conforme se verificou no subcapítulo 3.3. não existem soluções "perfeitas", pelo que deverão ser equacionados e ponderados todos os aspectos negativos e positivos. Por outro lado, não deverão ser esquecidos os custos/benefícios das estratégias a aplicar. O desafio das Autarquias e da Administração Central passará pela capacidade e vontade de alterar o “quadro económico” das áreas costeiras, uma vez que é ainda no litoral que se observam as áreas economicamente mais valorizadas e a aquisição de solos privados na orla costeira para que possam ser integrados numa iniciativa de defesa e valorização ambiental, invertendo assim o ciclo de valorização da área.

A actuação futura deverá partir de um esforço conjunto das entidades gestoras públicas e privadas, da comunidade científica e da população local no sentido da reabilitação e preservação das áreas costeiras e dos seus ecossistemas, ultrapassando a visão puramente económica.

BIBLIOGRAFIA

- Alves, F. J. S.; Dias, J. M. A.; Almeida, M. J. R.; Ferreira, Ó. e Taborda, R. (1988-1989). A Armadilha de Pesca da Época Romana Descoberta na Praia de Silvalde (Espinho). *O Arqueólogo Português*, série IV, volume 6/7, Edição do Museu Nacional de Arqueologia e Etnologia, Lisboa, pp.187-226
- Andrade, C. et al. (1996). The Record of Storminess of the Portuguese NW Coast in Newspaper Souces. In: *Partnership in Coastal Zone Management*, J. Taussik e J. Mitchell (Eds.), Samara Publishing, Cardigan, pp. 159-166.
- Ângelo, C. (1991). Taxas de Variação do Litoral Oeste: Uma Avaliação Temporal e Espacial. *Actas do Seminário: A Zona Costeira e os Problemas Ambientais*. Associação EUROCOAST. Portugal, pp. 109-120.
- Araújo, M. Assunção (1991). A variação climática durante o Würm na plataforma litoral da região do Porto. *Actas do Seminário “A zona costeira e os problemas ambientais”*, EUROCOAST, Aveiro, pp. 43-52
- Araújo, M. Assunção (2002). “Relative sea level, diastrophism and coastal erosion: the case of Espinho (Portuguese NW coast)”. *Actas do Congresso Internacional “Littoral 2002”*, Eurocoast-Portugal, Vol.2, pp. 125-132.
- Araújo, Maria A. (1985). *Linhas Gerais de Uma Nova Metodologia do Estudo do Litoral*. Revista da Faculda de Letras – Geografia, Porto, I série, I vol, pp. 75-85.
- Baptista, P., Bastos, L., Cunha, T., Bernardes, C. & Dias, J.A. (2008) – “Aplicação de metodologias de monitorização GPS em litorais arenosos: Geração de modelos de elevação do terreno”. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, 8 (1): 9-23p.
- Baptista, P. R. E. B. (2006). *O Sistema de Posicionamento Global Aplicado ao Estudo de Litorais Arenosos*. Dissertação de Doutoramento apresentado à Universidade de Aveiro (não publicada), 278 p.
- Baptista, P. et al. (2004). Large Scale Morphodynamics Characterisation of Exposed Sandy Beaches by DGPS. *Journal of Coastal Research*, 39, 5 p.

- Baptista, P., Bastos, L. (2004). Impacte Morfodinâmico de uma Obra de Protecção Costeira: o Quebra-Mar da Aguda. 4ª Assembleia Luso-Espanhola de Geodesia e Geofísica, 2 p.
- Bird, E. (1985). *Coastline Changes*. John Wiley and Sons, New York, 219 p.
- Brito, Sofia Ferreira (2007). *Estudo do Galgamento em Estruturas Marítimas*. Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Técnica de Lisboa, 76p.
- Chaminé, H.G.I.O. (2000). *Estratigrafia e Estrutura da Faixa Metamórfica de Espinho-Albergaria-a-Velha (Zona de Ossa-Morena): Implicações Geodinâmicas*. Tese de Doutoramento, Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto.
- Cardoso, António A. C. (2005). *Padrões de Ocupação do Solo em Áreas de Risco Natural: o Caso do Litoral Poveiro*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Letras da Universidade do Porto, pp. 191.
- Carvalho, G. S. et al. (2002). *New Data and New Ideas Concerning Recent Geomorphological Changes in the NW Coastal Zone of Portugal*. Actas do 6º Simpósio Internacional – Littoral 2002. *The Changing Coast*, 2, pp. 399-410.
- Carvalho, G. Soares (1995). *A História Geológica da Zona Costeira de Espinho nos Últimos 30 000 anos*. In Actas do 1º Encontro de História Local de Espinho, Câmara Municipal de Espinho.
- Coelho, C. (2005). *Riscos de Exposição de Frentes Urbanas para Diferentes Intervenções de Defesa Costeira*. Tese de Doutoramento (não publicada). Universidade de Aveiro, 404 p.
- Costa, Mariana et al. (2001). *Contribuição para o Estudo do Clima de Agitação Marítima na Costa Portuguesa*. 2as. Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária, Associação Internacional de Navegação – Sines, 20 p.
- Cunha, Lúcio e Dimuccio, Luca (2002). *Considerações sobre riscos naturais num espaço de transição. Exercícios cartográficos numa área a Sul de Coimbra*. *Territorium*, 9, 22p.
- Dias, J. M. A.; Bernardo, P. & Bastos, R. (2002). *The Occupation of the Portuguese Littoral in 19th and 20th Centuries*. *Littoral 2002, Porto-Portugal*, vol. 3, pp. 22-26.
- Dias, J. M. A. et al. (2000). *Coast Line Evolution in Portugal since the Last Glacial Maximum until Present – a Synthesis*. *Marine Geology*, 170, pp. 177-186.

Dias, J. M. A. et al. (1997). Evolução da Linha de Costa, em Portugal, desde o Último Máximo Glaciário até à Actualidade: Síntese dos Conhecimentos. Estudos do Quaternário, I, pp. 53-99.

Dias, J. M. A. et al. (1994). Estudo Sintético de Diagnóstico da Geomorfologia e da Dinâmica Sedimentar dos Troços Costeiros entre Espinho e Nazaré. Edição electrónica (2005): <http://w3.ualg.pt/~jdias/JAD/ebooks>

Dias, J. M. A. e Taborda, Rui (1992). Tidal Gauge Data in Deducing Secular Trends of Relative Sea Level and Crustal Movements in Portugal. Journal of Coastal Research, 8: 3, pp. 655-659.

Dias, J. M. A. (1990). A Evolução Actual do Litoral Português. Geonovas, 11, pp. 15-28.

Dias, J. M. A. e Rodrigues, A. (1989). Evolução Pós-Glaciária da Plataforma Continental Portuguesa a Norte do Cabo Mondego. Anais do Instituto Hidrográfico, nº10, pp. 39-50

Dicionário Editora da Língua Portuguesa 2010 (2009), Porto Editora, 1736p.

Diogo, M. (2004). Evolução da Linha de Costa da Praia da Vagueira. Tese de Mestrado (não publicada). Universidade de Aveiro, 198 p.

Dolan et al. (1991). Temporal Analysis of Shoreline Recession and Accretion. Journal of Coastal Research 7, pp. 723-744.

Domínguez, L.; Anfuso, G. e Garcia, F.J. (2005), “Vulnerability Assessment of a Retreating Coast in SW Spain, *Environ Geol*, nº47, pp. 1037-1044.

Faustino, A. (2000). Silvalde: Paróquia e Freguesia Milenária. Junta de Freguesia de Silvalde, 642 p.

Faustino, A. (1995). Bairro Piscatório de Espinho: Marinha – freguesia de Silvade. Espinho, 161 p.

Ferreira, Ó. (1993). Caracterização dos Principais Factores Condicionantes do Balanço Sedimentar e da Evolução da Linha de Costa entre Aveiro e o Cabo Mondego. Tese de Mestrado (não publicada). Universidade de Lisboa, 166 p.

Ferreira, Ó., Dias, J. M. A. (1991). A evolução Recente de Alguns Troços do Litoral entre Espinho e o Cabo Mondego. Actas do 2º Simpósio sobre Protecção e Revalorização da Faixa Costeira do Minho ao Liz, University of Oporto, pp. 85-95.

Freitas, Joana Gaspar (2007). O Litoral Português, Percepções e Transformações na Época Contemporânea: de Espaço Natural a Território Humanizado. *Revista de Gestão Costeira Integrada* 7 (2), pp. 115-150.

Gago, Carlos M. (1999). A Génese de Espinho – História e Postais. Campos das Letras, Câmara Municipal de Espinho, 1ª edição, 431 p.

Garcia, T. *et al.* (2005), “Coastal hazards representation for Praia do Barril (Algarve, Portugal)”, *Journal of Coastal Research*, Special Issue 49, pp. 28-33.

Granja, H.M. (1996), “Some Examples of Inappropriate Coastal Management Practice in Northwest Portugal”, in Jones, Healy e Williams (orgs.), *Studies in European Coastal Management*. Samara Publishing Limited-Cardigan, pp. 121-128.

Granja, H.M. (1999), “Evidence for late Pleistocene and Holocene Sea-level, Neotectonic and Climate Control en the Coastal Zone of Northwest Portugal”, *Geologie en Mijnbouw*, Kluwer Academic Publishers-Netherlands, n°77, pp. 233-245.

Hayes, M. (1979). Barrier Island Morphology as a Function of Tidal and Wave Regime. *In*: Leatherman (Eds), Academic Press, pp. 1-29.

Instituto de Meteorologia (2004). Caracterização Climática da Costa.

Instituto Nacional de Estatística. Recenseamento Geral da População de 1950 a 2001.

International Strategy for Disaster Reduction (2004). Terminology: Basic terms of disaster risk reduction *in* “Living with risk: a global review of disaster risk reduction initiatives”.

Mclaughlin, S.; Mckenna, J. e Cooper, J. A. G. (2002). *Socio-economic Data in Coastal Vulnerability Indices: Constraints and Opportunities*. *Journal of Coastal Research*, Irlanda, SI (36): 487-497.

Mazzer, A. M. (2007). Proposta Metodológica para Análise da Vulnerabilidade na Orla Marítima à Erosão Costeira: Aplicação em Praias Arenosas da Costa Sudeste da Ilha de Santa Catarina (Florianópolis, Santa Catarina – Brasil). Dissertação de Doutoramento apresentada à Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 168p.

- Mota-Oliveira, I. B. (1990). Erosão costeira no litoral norte. Considerações sobre a sua génese e controlo. Actas do 1º Simpósio sobre a Protecção e Revalorização da Faixa Costeira do Minho ao Liz, University of Oporto, pp. 201-221.
- Nordstrom, Karl; Psuty, Norbert e Bill, Carter (1990). Coastal Dunes Form and Process. John Wiley & Sons, 355p..
- Oliveira, I. B. M. (1993). PORTUAL The Coastline General Conditions. In Artificial Structures and Shorelines. Kluwer Academic Publishers (ed. H. J. Walkers), The Netherlands, pp. 177-185.
- Oliveira, Sérgio M. C. (2005). Evolução Recente da Linha de Costa no troço Costeiro Forte Novo – Garrão (Algarve). Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 115 p.
- Pedrosa, A. e Freitas C. (2008). The Human Impact in the Espinho-Paramos Coast in the 20th Century. Journal of Iberian Geology, 34 (9), pp. 93-109.
- Pedrosa, António *et al.* (2007). Technical Report. Heritage and Prevention of Natural Hazards: Coastal Diffuse Habitats. Littorisk. Porto, p.209.
- Pedrosa, António; Freitas, Cacilda & Gonçalves, João (2007). Gis Based Analysis And Future Trends Of Human Impact On Coastline Evolution: The Case Studies Of Esposende And Espinho (Portugal). Conferencia sobre Tecnología SIG aplicada a temas marinos y costeros –CoastGIS 2007. Santander - Espanha.
- Pires, H. (1985). Alguns Aspectos do Clima de Agitação Marítima de Interesse para a Navegação na Costa de Portugal. I.N.M.G.
- Rebelo, Fernando (2001). Riscos Naturais e Acção Antrópica. Imprensa da Universidade de Coimbra, 2ª edição, 274 p.
- Ruddiman, W. F. e McIntyre, A. (1981). The North Atlantic Ocean during the Last Deglaciation. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 35, pp. 145-214.
- Rudorff, Frederico de Moraes (2005). Geoindicadores e Análise Espacial na Avaliação de Suscetibilidade Costeira a Perigos Associados a Eventos Oceanográficos e Meteorológicos Extremos. Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Federal de Santa Catarina Centro de Filosofia e Ciências Humanas Programa de Pós-graduação em Geografia, 102 p.

- R. Li *et al.* (2001). Spatial modeling and analysis for shoreline change detection and coastal erosion monitoring. *Marine Geodesy*, nº24, pp. 1-12.
- Sá, Padre Manuel F. de (1937). *Monografia de Paramos: Concelho de Espinho – Bispaço do Porto*. Tipografia Popular, Figueira da Foz, 268 p.
- Silva, Maria I. M. da (1997). *Avaliação de Áreas de Risco entre Espinho e o Furadouro*. Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade de Aveiro. Aveiro, 139 p.
- Stive, J. F. *et al.* (2002). Variability of Shore and Shoreline Evolution. *Coastal Engineering*, 47, pp. 211-235.
- Taborda, Rui e Dias, J. M. A. (1992). Modelação de Processos da Dinâmica Sedimentar na Plataforma Continental Portuguesa. *Geonovas*, NI 3, pp. 117-139.
- Teixeira, Abel (1997). *As Invasões do Mar em Espinho Através dos Tempos*. Edição Revista e Aumentada, Câmara Espinho, Vol. 1,2 e 3.
- Teixeira, S. L. R. B. (1994). *Dinâmica Morfossedimentar da Ria de Aveiro (Portugal)*. Tese de Doutoramento apresentada à Universidade de Lisboa, 396 pp.
- Thieler, E. R.; Himmelstoss, E. A.; Miller, T. L. e Zichichi, J. (2005). *User Guide & Tutorial for the Extension for ArcGIS v.9.0 (DSAS) version 3.2.. U.S. Geological Survey Coastal and Marine Geology Program*, 33 p.
- Weber, M.; Jesus, P. e Santos, A. (2002). *Cem Anos na Praia da Aguda (1888-1988)*. Edições Afrontamento. 134 p.
- Valpreda, Edi; Gragnaniello, Simona; Immordino, Francesco e Rotunno, Michele (s.d.). *Monitoring Coastal Erosion Natural Resilience by Indexing Coastal Dunes State*. ENEA-PROT PREV-Bologna, 7 p.
- Varnes, D. J. (1984). *Landslide Hazard Zonation: Review of Principles and Practice*. UNESCO Press, Paris. 56 p.
- Veloso-Gomes, F. F. M. (1987). *Impacte das Actividades e Intervenções Humanas na Orla Costeira a Norte de Aveiro*. III Simpósio Luso-Brasileiro sobre Hidráulica e Recursos Hídricos, Baía, Brasil.

Veloso-Gomes, F. F. (1991). Algumas Reflexões Sobre a Problemática das Obras de Protecção Costeira. Actas do 2º Simpósio sobre Protecção e Revalorização da Faixa Costeira do Minho ao Liz, University of Oporto, pp. 128-143.

Veloso-Gomes, F. F. (1993). The Challenges to Overcome the Problems of the NW Coastal Zone of Portugal. Proceedings of the First International Conference on Mediterranean Coastal Environment, pp. 823-829.

Veloso-Gomes (1994). A Opção Protecção para a Costa Oeste Portuguesa. Boletim Universidade do Porto. Porto, Ano IV, n124, pp. 34 - 41.

Veloso-Gomes e Taveira Pinto (1997). Portuguese Urban Waterfronts Expansion Near Coastal Areas. Actas "Environmental Challenges in an Expanding Urban World". Ed. CNIG, Lisboa, pp. 189 a 198.

Veloso-Gomes; Taveira Pinto (1997). A Opção Protecção Para a Costa Oeste Portuguesa. Colectânea de Ideias sobre a Zona Costeira de Portugal, Ed. EUROCOAST, Porto - Portugal, pp. 163 - 190.

Veloso-Gomes, F. *et al.* (2002). High Risk Situation in the NW Portuguese Coast: Douro River – Cape Mondego. Actas do 6º Simpósio Internacional – Littoral 2002. The Changing Coast, 2, pp. 411-421.

Jornal Local

Defesa de Espinho (1984), “Urge a defesa das praias a sul de Espinho”, ano 51, nº 2706, 09 de Fevereiro, pp.8.

Defesa de Espinho (1984), “O esporão que faz falta”, ano 52, nº 2742, 18 de Outubro, pp.3.

Defesa de Espinho (1984), “Mar volta a semear destruição na zona do estádio da avenida”, ano 52, nº 2748, 29 de Novembro, pp.12.

Defesa de Espinho (1984), “De novo investidas em Paramos”, ano 52, nº 2749, 6 de Dezembro, pp.4.

Defesa de Espinho (1985), “O mar voltou a atacar forte e feio”, ano 52, nº 2759, 14 de Fevereiro, pp.5.

Defesa de Espinho (1985), “Finalmente! Paramos terá esporão”, ano 53, nº 2790, 19 de Setembro, pp.2.

Defesa de Espinho (1986), “Esporão de Paramos arranca”, ano 54, nº 2815, 13 de Março, pp.2.

Defesa de Espinho (1986), “Mar avança até ao pavilhão do Sporting Clube de Espinho”, ano 55, nº 2818, 3 de Abril, pp.2.

Defesa de Espinho (1987), “Enchimento artificial da praia central muito em breve”, ano 56, nº 2894, 24 de Setembro, pp.1.

Defesa de Espinho (1988), “Obras da praia a iniciarem-se”, ano 56, nº 2909, 7 de Janeiro, pp.2.

Defesa de Espinho (1988), “Vamos ter 350 metros de praia assoreada artificialmente”, ano 56, nº 2917, 3 de Março, pp.1, 4 e 5.

Defesa de Espinho (1988), “Máquinas em movimento são atractivo constante”, ano 57, nº 2926, 5 de Maio, pp.3.

Defesa de Espinho (1989), “Apesar dos esporões e do assoreamento artificial, quem segura o mar?”, ano 57, nº 2971, 16 de Março, pp.16.

Defesa de Espinho (1989), “Praia: mais obras de defesa”, ano 58, nº 2986, 22 de Junho, pp.4.

Defesa de Espinho (1989), “Costa espinhense em questão – Algo misterioso acontece?”, ano 58, nº 2991, 27 de Julho, pp.5.

Defesa de Espinho (1989), “Mais areia nas praias locais”, ano 58, nº 3010, 7 de Dezembro, pp.3.

Defesa de Espinho (1989), “O mau tempo por cá”, ano 58, nº 3013, 28 de Dezembro, pp.13.

Defesa de Espinho (1990), “Direcção de Portos “torce o nariz” a uma marina”, ano 58, nº 3019, 8 de Fevereiro, pp. 5 e 6.

Defesa de Espinho (1990), “Entrevista ao presidente da Câmara”, ano 59, nº 3028, 12 de Abril, pp.11.

Defesa de Espinho (1991), “Mar de Outubro limitou-se a ameaçar”, ano 59, nº 3107, 17 de Outubro, pp. 5 e 6.

Defesa de Espinho (1993), “Obras irão condenar a maior área de praias espinhenses?”, ano 61, nº 3205, 2 de Setembro, pp. 2.

Defesa de Espinho (1994), “O mar põe em risco a capela – Habitantes da praia de Paramos “parece que vivem numa sanzala””, ano 61, nº 3224, 13 de Janeiro, pp. 15.

Defesa de Espinho (1994), “Esporão da piscina está a perder a cabeça e a sua desagregação acentua-se”, ano 61, nº 3229, 17 de Fevereiro, pp. 7.

Defesa de Espinho (1994), “Esporões estão enfraquecidos – mar no Inverno poderá avançar”, ano 62, nº 3261, 29 de Setembro, pp. 1 e 16.

Defesa de Espinho (1994), “Praia de Paramos isolada do “mundo” – Mar poderá sepultar a capela abandonada”, ano 62, nº 3267, 10 de Novembro, pp. 1 e 12.

Defesa de Espinho (1994), “Secretário de Estado veio ver esporões”, ano 62, nº 3268, 17 de Novembro, pp. 1.

Defesa de Espinho (1994), “Obras de emergência nos esporões já custaram meio milhão de contos”, ano 62, nº 3268, 17 de Novembro, pp. 16.

Defesa de Espinho (1995), “População da praia de Paramos pode vir a deixar as suas casas?”, ano 62, nº 3277, 19 de Janeiro, pp. 3.

Defesa de Espinho (1995), “O que nos tem valido é a capela de S. João!”, ano 62, nº 3277, 19 de Janeiro, pp. 3.

Defesa de Espinho (1995), “Volta súbita do mar pôs em fulvurosa a costa de Espinho”, ano 62, nº 3282, 23 de Fevereiro, pp. 3.

Defesa de Espinho (1995), “Arranjar os esporões ou fazer outros não passará de meros paliativos”, ano 62, nº 3282, 23 de Fevereiro, pp. 3.

Defesa de Espinho (1995), “Paramenses não querem sair dali “com uma mão atrás e outra à frente!””, ano 62, nº 3284, 9 de Março, pp. 8 e 9.

Defesa de Espinho (1995), “Obras estruturais só quando houver ideias claras”, ano 63, nº 3290, 20 de Abril, pp. 3.

Defesa de Espinho (1995), “Futuras obras dos esporões deverão custar um milhão de contos”, ano 63, nº 3322, 30 de Novembro, pp. 16.

Defesa de Espinho (1996), “Junta de freguesia de Silvalde encara o futuro com optimismo”, ano 63, nº 3328, 11 de Janeiro, pp. 5.

Defesa de Espinho (1996), “Esporões vão custar mais de meio milhão”, ano 63, nº 3331, 1 de Fevereiro, pp. 1 e 16.

Defesa de Espinho (1996), “Um milhão para obras de defesa da costa”, ano 64, nº 3370, 30 de Outubro, pp. 1, 8 e 9.

Defesa de Espinho (1997), “Obras de defesa da costa espinhense – um milhão não deve chegar...”, ano 64, nº 3395, 23 de Abril, pp. 1, 8 e 9.

Defesa de Espinho (1998), “Zona Sul de Espinho integra carta de risco do litoral”, ano 65, nº 3439, 26 de Fevereiro, pp. 7.

Defesa de Espinho (1998), “Sementeira de pedras”, ano 65, nº 3442, 19 de Março, pp. 5.

Defesa de Espinho (1998), “Ainda “a sementeira de pedra””, ano 65, nº 3443, 26 de Março, pp. 5.

Defesa de Espinho (1998), “As dunas monumentais da Baía”, ano 66, nº 3450, 14 de Maio, pp. 7.

Defesa de Espinho (1998), “Mais de um milhão de contos na reparação dos esporões – Para impedir alguns dos efeitos das marés vivas”, ano 66, nº 3476, 12 de Novembro, pp. Destaque central.

“*O Grilo*”

1890, ano III, nº38, p. 4, 16 de Setembro

1890, ano III, nº47, p.3, 18 de Novembro

1891, ano IV, nº23, p.3, 6 Setembro

1891, ano IV, nº 33, p.3, 10 Setembro
1891, ano IV, nº39, p.3, 22 Outubro
1892, ano V, nº46, p.4, 8 Novembro
1892, ano V, nº 49, p. 3, 1 Dezembro
1893, ano VI, nº45, p.2, 2 de Novembro
1893, ano VI, nº10, p.3, 28 Fevereiro
1894, ano VII, nº41, p.3, 10 Outubro
1894, ano VII, nº43, p.3, 24 Outubro
1896, ano IX, nº37, p.1, 3 Setembro
1896, ano IX, nº 39, p.2, 27 Setembro
1896, ano IX, nº41, p.3, 7 Outubro
1896, ano IX, nº49, p.4, 2, 6 Dezembro
1898, ano XI, nº10, p.4, 6 de Março

Sites da Internet

<http://www.websters-online-dictionary.org/definition/vulnerability>, 22.06.09, 15h21m.

http://www.inag.pt/inag2004/port/a_intervencao/obras/int_o_costeira_01.html, 24.06.09, 15h00m.

ANEXO A

Tabela 2 – Principais informações utilizadas na primeira metodologia de análise da vulnerabilidade.

| Estrutura dos Dados | | Dados e informações | Procedimento/ Tratamento | Formato | Variável obtida |
|------------------------|--------------------------|---|--|---|--|
| Dados Espaciais | Base cartográfica | 1) Cartas de Levantamento Cidade de Espinho (1/4 000), anos: 1900, 1933 2) Carta de Levantamento do lugar de Aguda (1/4 000), ano: 1940 3) Carta Militar Topográfica (1/25 000), Instituto Geográfico Português, anos: 1970 1) Ortofotomapa (1/5 000), Instituto Geográfico Português, ano: 1988 4) Carta Militar Topográfica (1/25 000), Instituto Geográfico Português, anos: 1993, 1998 5) Ortofotomapa (1/5 000), Câmara Municipal de Espinho, ano: 2002 6) Ortofotomapa (1/5 000), Câmara Municipal de Gaia, ano: 2003 7) Ortofotomapa (1/5 000), Câmara Municipal de Gaia, ano: 2005 8) População residente por freguesia, INE. | <ul style="list-style-type: none"> • Edição de tabelas • Vectorização de elementos • Triangulação irregular (TIN) | Vectorial TIN (Modelo Numérico de Terreno) Matricial/Raster | <ul style="list-style-type: none"> • Características Naturais: <ul style="list-style-type: none"> - Altimetria, - Largura média da Praia, - Geologia. • Posição histórica da linha de costa – Taxas médias de erosão. • Características Socio-económicas <ul style="list-style-type: none"> - Ocupação do Solo, - Número de habitantes por subsecção, - Tipo de Estruturas Rodoviárias e Caminho-de-Ferro até ao 200m de distância da linha de costa. • Condições de Artificialização da Linha de Costa. |
| | Morfo-dinâmicos | 1) Séries temporais da linha de costa 2) Taxas médias de erosão anuais | <ul style="list-style-type: none"> • Perfis transversais à linha de costa • Análise do <i>End Point Rate</i> | Matricial | <ul style="list-style-type: none"> • Variação da linha de costa |
| Análises Finais | | 1) Índice de Vulnerabilidade | <ul style="list-style-type: none"> • Normalização de variáveis • Geração do Índice | Tabular Cartográfico | <ul style="list-style-type: none"> • Vulnerabilidade |

Tabela 3- Principais dados utilizados no presente trabalho para determinar os índices segundo a metodologia de Mazzer (2007).

| Estrutura dos Dados | | Dados e informações | Procedimento/ Tratamento | Formato | Variável obtida |
|---------------------|-------------------|---|---|---|---|
| Dados Espaciais | Base cartográfica | 2) Fotografia Aérea (1/15 000), Instituto Geográfico Português, anos: 1965/1967 9) Carta Militar Topográfica (1/25 000), Instituto Geográfico Português, anos: 1970 3) Ortofotomapa (1/5 000), Instituto Geográfico Português, ano: 1988 4) Levantamento CAD (1/2 000), Instituto Nacional da Água, ano: 2001 5) Ortofotomapa (1/5 000), Câmara Municipal de Espinho, ano: 2002 6) Ortofotomapa (1/5 000), Câmara Municipal de Gaia, ano: 2003 7) Ortofotomapa (1/5 000), Câmara Municipal de Gaia, ano: 2005 8) Levantamento do IMI 9) N° de edifícios por subsecção, INE, anos: 1919, 1945, 1960, 1970, 1980, 1990 e 2001 10) População residente por subsecção, INE, anos: 1991 e 2001. 11) Levantamento Geomorfológico. | <ul style="list-style-type: none"> • Edição de tabelas • Vectorização de elementos • Triangulação irregular (TIN) | Vectorial TIN (Modelo Numérico de Terreno) Matricial/Raster | <ul style="list-style-type: none"> • Altimetria • Geomorfologia • Posição histórica da linha de costa • Valor da superfície de terreno segundo o IMI • Evolução do Edificado • Número de habitantes por subsecção |
| | Morfo-dinâmicos | 1) Séries temporais da linha de costa 2) Taxas de erosão ou acreção anuais e por década 3) Linhas de distância de edificações na orla | <ul style="list-style-type: none"> • Regressão linear • Perfis transversais à linha de costa • Análise do <i>End Point Rate</i> e do <i>Jackknife</i> • Análise da distância do edificado à linha de costa. | Matricial | <ul style="list-style-type: none"> • Variação da linha de costa • Retracção da linha de costa em 50 anos e 100 anos |
| Dados não espaciais | | 1) Número de temporais, duração e consequências 2) Situação sinóptica dos temporais 3) Ondulação e Clima de Agitação Marítima | <ul style="list-style-type: none"> • Tratamento estatístico em Excel | Tabelas Gráficos | ----- |
| Análises Finais | | 1) Índice de Vulnerabilidade | <ul style="list-style-type: none"> • Correlação entre variáveis • Normalização de variáveis • Geração do Índice | Tabular Cartográfico | <ul style="list-style-type: none"> • Vulnerabilidade |

Tabela 4 - Parâmetros e níveis de vulnerabilidade correspondentes a cada sub-índice e aplicados ao caso de estudo Espinho.

| Sub-Índice | | Níveis de Vulnerabilidade | |
|--|---|--|--|
| 1. Características Naturais | | Falésia Média Falésia Baixa Praia Larga ($\geq 100\text{m}$) e Dunas Praia Estreita ($< 100\text{m}$) | 1 e 2 Baixo 3 Moderado 4 Elevado 5 Muito Elevado |
| 2. Condições de Protecção da Linha de Costa | | Estruturas Portuárias Enrocamentos Esporões/Quebramar Sem Protecção | 1 Muito Baixo 2 Baixo 3 Moderado 4 Elevado |
| 3. Características Socio-económicas | Ocupação do Solo | Zonas Húmidas, Corpos de Água Espaços com Vegetação Rasteira Floresta e Superfície Agrícola Praias e Dunas Zonas Urbanas e Equipamentos até 100m da linha de costa | 1 Muito Baixo 2 Baixo 3 Moderado 4 Elevado 5 Muito Elevado |
| | Densidade Populacional | Sem população $< 2000\text{hab}/\text{km}^2$ $2000\text{hab}/\text{km}^2$ a $5000\text{hab}/\text{km}^2$ $> 5000\text{hab}/\text{km}^2$ | 1 Muito Baixo 2 Baixo 3 Moderado 4 Elevado |
| | Património Cultural | Sem Património Com Património | 1 Muito Baixo 5 Muito Elevado |
| | Caminho-de-ferro até 200m da linha de costa | Sem Caminho-de-Ferro Com Caminho-de-Ferro | 1 Muito Baixo 5 Muito Elevado |
| | Arruamentos até 200m da linha de costa | Sem Arruamentos Caminho Rua em Espaço Urbano e Ruas Municipais Estrada Nacional Auto-Estrada | 1 Muito Baixo 2 Baixo 3 Moderado 4 Elevado 5 Muito Elevado |
| | Espaços de conservação | Sem Espaços Com Espaços | 1 Muito Baixo 5 Muito Elevado |

Tabela 5 – Níveis de vulnerabilidade aplicado nos sub-índices que compõem a primeira metodologia de análise da vulnerabilidade.

| Sub-Índice | | Níveis de Vulnerabilidade | |
|---|---|--|--|
| 1. Características Naturais | | Praia Larga ($\geq 100\text{m}$) e Dunas Praia Estreita ($< 100\text{m}$) | 4 Elevado 5 Muito Elevado |
| | | Altitude < 4m [4m, 8m[[8m, 12m[> = 12m | 5 Muito Elevado |
| | | Largura da Praia > = 100m e dunas < 100m | 4 – Elevado 5- Muito Elevado |
| 2. Condições de Protecção da Linha de Costa | | Enrocamentos Esporões/Quebramar Sem Protecção | 3 Moderado 4 Elevado 5 Muito Elevado |
| 3. Características Socio-económicas | Ocupação do Solo | Zonas Húmidas, Corpos de Água Espaços com Vegetação Rasteira Floresta e Superfície Agrícola Praias e Dunas Zonas Urbanas e Equipamentos até 100m da linha de costa | 1 Muito Baixo 2 Baixo 3 Moderado 4 Elevado 5 Muito Elevado |
| | Número médio de habitantes por subsecção | Sem população < 10 [10, 40[[40, 70[[70, 100[>=100 | 0 Não há 1 Muito Baixo 2 Baixo 3 Moderado 4 Elevado 5 Muito Elevado |
| | Caminho-de-ferro até 200m da linha de costa | Sem Caminho-de-Ferro Com Caminho-de-Ferro | 1 Muito Baixo 5 Muito Elevado |
| | Arruamentos até 200m da linha de costa | Sem Arruamentos Caminho Rua em Espaço Urbano e Ruas Municipais Estrada Nacional Auto-Estrada | 1 Muito Baixo 2 Baixo 3 Moderado 4 Elevado 5 Muito Elevado |

Tabela 7 - Principais características das praias que se encontram nos sectores em estudo.

 * Fonte: <http://geo.snirh.pt/snirlit/site/consulta.php?ul=12&ulc=05&zf=&estrutura=-1114539675;03.07.08.>)

| Praia | Orientação | Tipo de costa | Sistemas morfológicos | Ocupação Humana* |
|-------------------------|------------|---------------------------------------|--|------------------|
| Aguda | NNW-SSE | Costa Baixa rochosa e praias arenosas | Dunas | Alta |
| Granja | N-S | Costa Baixa rochosa e praias arenosas | Dunas Desembocadura da Ribeira da Granja | Média |
| Marbelo | NNE-SSW | Costa Baixa e arenosa | Dunas Desembocadura da Ribeira do Mocho | Alta |
| Seca | NNE-SSW | Costa Baixa e arenosa | Praia | Alta |
| Frente Azul | NNE-SSW | Costa Baixa e arenosa | Praia | Alta |
| Baía | NNE-SSW | Costa Baixa e arenosa | Praia | Alta |
| Espinho (Norte) | NNE-SSW | Costa Baixa e arenosa | Praia | Alta |
| Espinho | NNE-SSW | Costa Baixa e arenosa | Praia | Alta |
| Silvalde (Norte) | NNE-SSW | Costa Baixa e arenosa | Desembocadura da Ribeira de Silvalde | Alta |
| Silvalde | NNE-SSW | Costa Baixa e arenosa | Dunas | Média |
| Paramos (Norte) | NNE-SSW | Costa Baixa e arenosa | Dunas | Baixa |
| Paramos | NNE-SSW | Costa Baixa e arenosa | Dunas | Alta |

Tabela 8 - Número total de registos efectuado pela bóia ondógrafo de Leixões. n.c. meses não considerados neste estudo; (-) meses sem registo na bóia de Leixões. Dados do Instituto Hidrográfico.

| Ano | Jan. | Fev. | Mar. | Abr. | Mai. | Jun. | Jul. | Ago. | Set. | Out. | Nov. | Dez. | Σ |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 1981 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 191 | 238 | 286 | 715 |
| 1982 | 243 | 183 | 236 | n.c. | n.c. | n.c. | n.c. | n.c. | 223 | 180 | 203 | 177 | 1445 |
| 1983 | 218 | 207 | 224 | - | - | - | - | - | 215 | 219 | 141 | 178 | 1402 |
| 1984 | 225 | 203 | 226 | n.c. | n.c. | n.c. | n.c. | n.c. | 184 | 218 | 215 | 205 | 1476 |
| 1985 | 120 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 120 |
| 1994 | 239 | n.c. | n.c. | - | n.c. | 326 | 565 |
| 1995 | 116 | - | - | - | - | - | - | - | n.c. | n.c. | - | - | 116 |
| 1998 | - | 220 | 226 | n.c. | n.c. | n.c. | n.c. | n.c. | n.c. | 238 | 259 | 411 | 1354 |
| 1999 | 124 | 162 | 276 | n.c. | n.c. | n.c. | n.c. | n.c. | n.c. | 323 | 139 | 309 | 1333 |
| 2000 | 298 | 267 | 245 | n.c. | - | - | - | - | - | - | - | - | 810 |
| 2001 | - | - | - | - | n.c. | n.c. | n.c. | n.c. | n.c. | 165 | 717 | 247 | 1129 |
| 2002 | 312 | 297 | 242 | n.c. | n.c. | n.c. | n.c. | n.c. | n.c. | - | 56 | 310 | 1217 |
| 2003 | 261 | 246 | 284 | n.c. | n.c. | n.c. | n.c. | n.c. | 238 | 293 | 230 | 251 | 1803 |
| 2004 | 249 | 195 | 210 | n.c. | n.c. | n.c. | n.c. | n.c. | 235 | 240 | 222 | 275 | 1626 |
| 2005 | 281 | 213 | 253 | n.c. | n.c. | n.c. | n.c. | n.c. | 236 | 225 | 15 | 89 | 1312 |
| Σ | 2686 | 2193 | 2422 | | | | | | 1331 | 2292 | 2435 | 3064 | 16423 |

Tabela 9 – Síntese dos episódios de “invasão marinha” na costa litoral em estudo

| Ano/Mês/Dia | Características do Mar | Sector | Consequências | Fonte |
|--------------------|----------------------------|---|--|--|
| 1834 | | Núcleo antigo de Espinho | Avanço de cerca de 95m. | Lima (1931) |
| 1869, Março, 9 | | Núcleo antigo de Espinho | Avanço de cerca de 95m. | Teixeira (1980) e Defesa de Espinho (17.10.91, p.5 e 6) |
| 1871 | | Núcleo antigo de Espinho | Avanço de cerca de 95m. | Teixeira (1980) e Defesa de Espinho (17.10.91, p.5 e 6) |
| 1874 | | Núcleo antigo de Espinho | Avanço de cerca de 95m. | Teixeira (1980) e Defesa de Espinho (17.10.91, p.5 e 6) |
| 1875 | | Núcleo antigo de Espinho | Avanço de cerca de 95m. | Teixeira (1980) e Defesa de Espinho (17.10.91, p.5 e 6) |
| 1879 | | Núcleo antigo de Espinho | Avanço de cerca de 95m. | Teixeira (1980) e Defesa de Espinho (17.10.91, p.5 e 6) |
| 1885 | | Rua Bandeira Coelho – Actual Rua 19. | Avanço em 20m na direcção da referida rua e destruiu vários palheiros. | Perdigão (1931) |
| 1889 | Violenta investida do mar. | Toda a frente do antigo núcleo de Espinho. | Desapareceu a 1ª Rua. Levou terreno edificado com 65m largura de norte a sul. Desaparecem todos os palheiros em frente à actual Rua 19. | Teixeira, 1980 |
| 1890, Setembro, 16 | Investidas do mar. | Linha férrea entre Espinho e a praia da Granja. | A companhia teve de mandar desviar a linha férrea 30m para o interior da posição actual (1890). Enormes estragos na praia e destruiu por completo a Rua dos Pescadores (actual Rua 31 abaixo da linha-férrea). Destruição de 2 casas e do Estabelecimento de Banhos Quentes. Mar chega próximo (a 3m) dos postes de telefone da CP. | O Grilo de Gaia (ano III, nº38, p.4, 16 de Setembro) Teixeira, 1980 |
| 1890, Novembro | | | O mar faz enormes estragos na praia, destruindo completamente a antiga Rua dos Pescadores. | O Grilo de Gaia (ano III, nº47, p.3, 18 Novembro) |
| 1891 | | Núcleo antigo de Espinho. | Destruiu 12 construções antigas e 10 palheiros. Mais 30m que o ano anterior. | Teixeira, 1980 |

| | | | | |
|-----------------------|--------------------------------|---|--|---|
| 1892, Dezembro | | | O mar continuou este ano a fazer estragos em toda a linha, menos no centro (Espinho), deixando algumas famílias na rua. | O Grilo de Gaia (ano V, nº49, p.3, 1 Dezembro) |
| 1895 | | Bairro da Rainha | Algumas casas do Bairro da Rainha destruídas. | Teixeira, 1980 |
| 1896 | | Frente do antigo núcleo de Espinho, nas proximidades da Capela. | Destruíu muitas e típicas casas (25 palheiros, 2 construções modernas e 12 construções antigas), na profundidade de 50 metros, 300m de frente. | O Grilo de Gaia (ano IX, nº39, p.2, 27 de Setembro) Teixeira, 1980 |
| 1896, Outubro, 7 | Maré | Núcleo antigo de Espinho | A maré da madrugada de ontem a da tarde provocou a destruição de 27 prédios, totalizando-se já 57 edifícios desaparecidos. A Rua da Igreja desapareceu alcançando o prédio Sá Couto na Praça Velha. O estabelecimento de banhos Quentes também foi afectado. | O Grilo de Gaia (ano IX, nº41, p.3, 7 de Outubro) |
| 1896, Dezembro, 2 a 4 | Ventos fortes do Sul e marezia | Núcleo antigo de Espinho | A Rua El-Rei já desapareceu totalmente. Mar ataca a parte Norte do núcleo de Espinho, fazendo estragos em palheiros e casas. Como precaução foram demolidos três palheiros e quatro casas localizados a 1m do mar. | O Grilo de Gaia (ano IX, nº49, p.4, 2,4 de Dezembro) |
| 1898 | | Área compreendida entre as ruas verticais, desde Norte - Rua Alexandre Herculano (actual Rua 7), Estação (actual Rua 17) e Bandeira Coelho (actual Rua 19) até Sul entre a Rua Formosa (actual Rua 21 abaixo da linha férrea) e a Rua Bandeira Neiva (actual Rua 23). | Destruição ao longo de 65m largura (nascente-poente) e 800m norte-sul. 40m de fundo e 300m de frente. | Perdigão, 1931 Teixeira, 1980 |
| 1904 | | Antigo núcleo de Espinho. | Destruição da capela, então igreja matriz. | Teixeira, 1980 |
| 1905 | | Antigo núcleo de Espinho. | Deixou sem abrigo mais 70 famílias. | Teixeira, 1980 |
| 1906 | | Antigo núcleo de Espinho. | A terceira capela cede á fúria das águas. | Teixeira, 1980 |
| 1908 | | Antigo núcleo de Espinho. | Destruição de uma faixa de 60 a 70m largura em todo o comprimento da povoação (800m). Desapareceu quase todo o casario e a igreja. | Perdigão, 1931 |

| | | | | |
|------------------------------|---|---|---|--|
| 1910, Fevereiro, 2ª quinzena | Temporal que se abateu durante 13 dias. | Antigo núcleo de Espinho. | Destruição da capela que tinha sido construída em 1910. | Teixeira, 1980 Perdigão, 1931; Defesa de Espinho (17.10.91, p.5 e 6) |
| 1910, Dezembro | | Antigo núcleo de Espinho | Destruição da muralha, 40m e 60m de contra-muralha. | Teixeira, 1980 Defesa de Espinho (17.10.91, p.5 e 6) |
| 1911 | Temporal. | Antigo núcleo de Espinho, incluindo a área entre a Rua do Progresso (actual Rua 13) e a Rua de Alexandre Herculano (actual Rua 17). | Destruição da muralha em quase toda a sua extensão. Erosão, entre as Ruas 13 e 7 onde avançou 25m. | Teixeira, 1980 Defesa de Espinho (17.10.91, p.5 e 6) |
| 1912, Janeiro | Forte temporal. | | Consequentes derrocadas em cerca de 200m que produziram aumento do areal. | Teixeira, 1980 Defesa de Espinho (17.10.91, p.5 e 6) |
| 1913 | | | Derrubado o Mercado Municipal. Obras de defesa iniciada nos últimos tempos pela monarquia foram completamente destruídas. | Teixeira, 1980 |
| 1922 | Vagas | Junto da Rua do Cruzeiro (actual Rua 2). | As vagas atingem as paredes de algumas casas. | Defesa de Espinho (17.10.91, p.5 e 6) |
| 1925, Dezembro, 20 | | | Violento tufão atinge o bairro piscatório causando a sua destruição | Defesa de Espinho (17.10.91, p.5 e 6) |
| 1926 | | | Esplanada artística é parcialmente destruída. | Teixeira, 1980 |
| 1929-1930 | | | Praia Espinho diminui de largura. | Teixeira, 1980 |
| 1931 | | | Mar volta a atacar. | Teixeira, 1980 |
| 1932 | Investida do mar. | Ao longo da Rua do Cruzeiro (actual Rua 2), entre a Rua da Estação (actual Rua 17) e a Rua de Camões (actual Rua 25). | Nova impetuosa investida causa prejuízos avultados no posto de socorros a naufragos. Destruição parcial da esplanada, ficando várias moradias a sul em risco. | Defesa de Espinho (17.10.91, p.5 e 6) |
| 1934 | | Rua de Camões (actual Rua 25). | Mar ameaça o posto de Socorros a Naufragos. | Teixeira, 1980 |
| 1935 | | Na Rua do Cruzeiro (actual Rua 2) em direcção a Sul. | Destruição do Posto de Socorro a Naufragos, parte da esplanada artística e algumas casas do Bairro da Rainha. | Teixeira, 1980 Defesa de Espinho (17.10.91, p.5 e 6) |
| 1936 | | | Destruição de algumas casas do Bairro da Rainha e outras até à | Defesa de Espinho |

| | | | | |
|--------------------|------------------|--|---|--|
| | | | fábrica Brandão Gomes. | (17.10.91, p.5 e 6) |
| 1943 | Marés-Vivas | Frente de Espinho. | Espinho limitado pelo poente à Rua do Cruzeiro. Parte da piscina é destruída. | Teixeira, 1980 Defesa de Espinho (17.10.91, p.5 e 6) |
| 1944 (meio do ano) | Investida do mar | Casario situado na Rua do Cruzeiro (actual Rua 2) para Sul da Rua de Vasco da Gama (actual Rua 27 abaixo da linha). Faixa entre a Rua dos Arrais (actual Rua 33 abaixo da linha-férrea) e a Rua 41. | Destruição do casario a poente da Rua do Cruzeiro e a sul da Rua de Vasco da Gama. Toda a faixa sul da praia, especialmente entre os esporões da Rua dos Arrais e o Bairro da Rainha é totalmente destruída: todo o Bairro da Rainha, outras casas, armazéns e oficinas. Corte da embocadura da Rua dos Arrais. Ficam cerca de 150 pessoas sem abrigo. | Defesa de Espinho (17.10.91, p.5 e 6) Teixeira, 1980 |
| 1946, Março | | Faixa entre a Rua de Vasco da Gama (actual Rua 27 abaixo da linha-férrea) e a Rua dos Arrais (actual Rua 33 abaixo da linha-férrea). | Destruição de casas entre as Ruas 27 e 33. | Teixeira, 1980 Defesa de Espinho (17.10.91, p.5 e 6) |
| 1946, Novembro | | Faixa entre a Rua de Vasco da Gama (actual Rua 27 abaixo da linha-férrea) e a Rua dos Arrais (actual Rua 33 abaixo da linha-férrea). | 10 famílias ficam desalojadas. | Teixeira, 1980 Defesa de Espinho (17.10.91, p.5 e 6) |
| 1947, Fevereiro | | Junto à piscina de Espinho. | Destruição do ângulo nordeste da piscina. | Defesa de Espinho (17.10.91, p.5 e 6) Teixeira, 1980 |
| 1948 | | Faixa entre as Ruas Bandeira Neiva (actual Rua 23) e de Camões (actual Rua 25). | Danos nas construções de defesa. | Teixeira, 1980 Defesa de Espinho (17.10.91, p.5 e 6) |
| 1948, Janeiro, 27 | | Área ocupada pela Esplanada Artística. | Destruição da esplanada em quase toda a sua extensão. | Teixeira, 1980 Defesa de Espinho (17.10.91, p.5 e 6) |
| 1949 | Ataques do mar | | Ameaça de destruição da paliçada, prédios e trechos de ruas do Bairro Piscatório. Todos os esporões de madeira que ali existiam foram destruídos. Os esporões da rua 27 e 33 ficam bastante danificados. Consideráveis estragos na fábrica Brandão Gomes e em pequenas casas próximas ao antigo Bairro da Rainha. | Defesa de Espinho (17.10.91, p.5 e 6) |
| 1950 | | | Mais estragos em casas. | Defesa de Espinho |

| | | | | |
|-----------------|--------------------|---|--|---|
| | | | | (17.10.91, p.5 e 6) |
| 1951, Novembro | | Rua do Cruzeiro (actual Rua 2) na parte mais a Sul da cidade de Espinho. | Danos na Rua do Cruzeiro, em especial junto à Brandão Gomes, onde destruiu dezenas de metros no largo norte (Rua do Comércio do Porto, actual Rua 41) e imediações, aproximando-se da Capela de S. Pedro. Destruição de parte do Bairro da Mata. Ataques entre as Ruas das Flores (actual Rua 35) e a do Comércio do Porto (actual Rua 41), cortando pontos da Rua 2 e destruindo casas. | Defesa de Espinho (17.10.91, p.5 e 6) Teixeira, 1980 |
| 1952 | Investidas do mar. | Faixa desde a Rua dos Arrais (actual Rua 33 abaixo da linha-férrea) à Fábrica Brandão Gomes. | Ataques do mar às construções ao longo de cerca de 600m desde a Rua dos Arrais à Fábrica Brandão Gomes. | Teixeira, 1980 |
| 1957 | Galgamentos. | Parte Norte da cidade de Espinho. | Mar galga esplanada. | Teixeira, 1980 |
| 1960 | | Parte Norte da cidade de Espinho. | Piscina é fustigada. | Teixeira, 1980 |
| 1972 | | Frente entre as Ruas 1º de Dezembro (actual Rua 29 abaixo da linha-férrea) e a dos Pescadores (actual Rua 31 abaixo da linha-férrea). | Estragos em frente à Guarda-Fiscal. | Teixeira, 1980 |
| 1973, Janeiro | | Parte Norte da cidade de Espinho. | Destruição do muro do solário atlântico e de quase toda a esplanada do lado norte | Teixeira, 1980 Defesa de Espinho (17.10.91, p.5 e 6) |
| 1974, Janeiro | Grande temporal. | Rua do Cruzeiro (actual Rua 2) em frente à Rua dos Pescadores (actual Rua 31 abaixo da linha-férrea) e junto ao Bairro Piscatório. | Aluimento de 20m passeio da Rua do Cruzeiro em frente à Rua dos Pescadores e parte do piso da avenida a norte. Mais a Sul o mar avançou até cerca de 10m do Bairro da Rainha. | Teixeira, 1980 Defesa de Espinho (17.10.91, p.5 e 6) |
| 1975 | | Rua dos Pescadores (actual Rua 31 abaixo da linha-férrea), Rua do Cruzeiro (actual Rua 2) até à Rua do Norte (actual Rua 4). | Mar destrói todas as ruas da faixa indicada. | Teixeira, 1980 |
| 1978, Fevereiro | Vagas | Parte Norte da Cidade de Espinho e junto à povoação | Vagas rebentam com algumas portas das casas na Rua do Cruzeiro (actual Rua 2). A Rua do Cruzeiro para norte, desde a | Teixeira, 1980 Defesa de Espinho |

| | | | | |
|---------------------|---|--|--|--|
| | | de Paramos. | Avenida Serpa Pinto (actual Rua 8) a partir da Rua de Alexandre Herculano (actual Rua 7) até à «Praia da Seca» fica intransitável. Em Paramos o mar galga praia e dunas, pondo em perigo as casas e fica a escassos metros da Capela de S. João. | (17.10.91, p.5 e 6) |
| 1982 | Vagas | Junto à parte Norte da Rua do Cruzeiro (actual Rua 2). | Vagas invadiram a esplanada, e provocaram o aluimento do piso da Rua do Cruzeiro. | Teixeira, 1980 |
| 1984, Novembro, 23 | | Rua 2 junto à Rua 35 e o Estádio da Avenida. | Investida do mar, pelas 2h da madrugada e depois pelas 15h. Mar invade o interior das casas na Rua 2, em especial junto à Rua 35. | Defesa de Espinho (29.11.84, p.12) |
| 1984, Novembro, 29 | | Rua 2 entre o Posto da Guarda-Fiscal e a Rua 35. | Destruição na zona entre Estádio da Avenida e o Posto da Guarda-Fiscal. Casas afectadas entre a Rua 2 até ao entroncamento com a Rua 35. | Teixeira, 1980 Defesa de Espinho (29.11.84, p.12) |
| 1984, Dezembro, 6 | | Paramos | De novo investidas em Paramos. Mar destruiu 3 habitações. | Defesa de Espinho (6,12,1984., p.4) |
| 1985, Fevereiro, 14 | | Rua 2, entre as Ruas 35 e 37. | Mar invade as habitações da Rua 2, entre o Posto da Guarda-Fiscal e o estádio da Avenida. | Defesa de Espinho (14.02.85. p.5) |
| 1986, Abril, 3 | Enormes Vagas | Frente da cidade de Espinho | Mar avança até ao pavilhão do Sporting Clube de Espinho; vagas galgaram o muro protector da Rua 2. | Defesa de Espinho (03.04.86. p.2) |
| 1986, Abril, 4 | Maré-viva turbulenta | Espinho. | Mar atinge a Rua 15 e a Rua 2, atingindo várias casas. | Defesa de Espinho (03.04.86. p.2) |
| 1989, Dezembro, 28 | Mau tempo | Espinho e Paramos. | Mau tempo fustigou Espinho, inundando casas e estabelecimentos. O mar tem investido em Paramos. | Defesa de Espinho (28.12.89. p.13) |
| 1993, Setembro, 2 | Ondulação forte | Avenida marginal na parte Norte da cidade de Espinho. | As ondas chegaram até à avenida marginal, tendo chegado ao passeio à beira mar. Este ano o mar engoliu muita areia entre a chamada Baía e o Posto da Guarda-Fiscal. | Defesa de Espinho (02.09.93, p.2) |
| 1994, Fevereiro, 15 | Ondas fortíssimas causadas pelo temporal (para além das chuvas intensas). | Junto à povoação de Paramos | O mar põe em risco a capela, a pista e os habitantes da praia de Paramos. | Defesa de Espinho (13.01.94, p.15) |
| 1995, Fevereiro, 23 | Madrugada da passada quinta-feira (dia 16 de | Rua 2 entre as Ruas 27 e 35. Paramos junto à ETAR. | Mar invadiu uma faixa de terreno ao longo da rua 2, entre as ruas 27 e 35, chegando a água a penetrar pelo menos em dois estabelecimentos. | Defesa de Espinho (23.02.95, p.3) |

| | | | | |
|--------------------|---|--|---|-------------------------------------|
| | Fevereiro), por volta das 4h, o mar tornou-se mais ameaçador durante a noite devido à aproximação da preia-mar. | | No lugar da praia de Paramos, a norte e a sul da ETAR acentuou dois sulcos entre as dunas que galgou. | |
| 1995, Março, 9 | | | Paramos de novo ameaçada pelo mar. | Defesa de Espinho (09.03.95, p.8,9) |
| 2006, Dezembro, 14 | Mau tempo com forte ventania fez-se sentir em todo o país. | | Em Espinho e, aliás, em toda a costa atlântica, o mar “enfurecido” pelos ventos fortes, galgou os limites habituais....em Paramos, por exemplo, registou-se alguma preocupação com a capela de S. João. | Defesa de Espinho p.16 |

Tabela 12 - Carta de Levantamento da Cidade de Espinho, ano de 1900.

| Link | X Source | Y Source | X Map | Y Map | Erro Residual |
|-------------------|-------------|--------------|---------------|---------------|----------------|
| 1 | 1238.274410 | -1095.216618 | -43138.322014 | 148521.381176 | 1.53456 |
| 2 | 1010.561002 | -1094.238629 | -42925.513363 | 148519.974951 | 1.30750 |
| 3 | 805.067118 | -1469.158820 | -42748.329068 | 148957.779533 | 1.03168 |
| 4 | 642.684514 | -1887.161544 | -42608.000759 | 149442.955512 | 3.38741 |
| 5 | 979.798227 | -938.617372 | -42893.501455 | 148340.875432 | 0.66571 |
| 6 | 1215.702233 | -725.796494 | -43102.015057 | 148093.019641 | 2.55665 |
| 7 | 657.196868 | -1826.740487 | -42625.103981 | 149371.427548 | 2.41477 |
| 8 | 1193.061730 | -1220.672112 | -43100.103142 | 148666.556146 | 0.92983 |
| 9 | 1232.626683 | -1159.169996 | -43135.346713 | 148595.016959 | 1.32306 |
| 10 | 1217.689897 | -1344.216842 | -43124.300220 | 148807.004403 | 2.68371 |
| 11 | 1047.548413 | -1218.762006 | -42968.071260 | 148662.873982 | 3.84588 |
| EMQ Total: | | | | | 2.21610 |

Tabela 13 - Carta de Levantamento da Cidade de Espinho, ano de 1933.

| Link | X Source | Y Source | X Map | Y Map | Erro Residual |
|-------------------|----------|-----------|---------------|---------------|----------------|
| 1 | 3.434417 | 3.802271 | -43154.02708 | 148140.693532 | 3.13356 |
| 2 | 3.418659 | 3.300114 | -43157.706784 | 148084.972432 | 1.48897 |
| 3 | 3.450121 | 5.004462 | -43146.142027 | 148283.675978 | 3.74647 |
| 4 | 3.638531 | 4.482526 | -43129.320563 | 148219.544145 | 3.28354 |
| 5 | 4.534600 | 3.772032 | -43018.404034 | 148135.436824 | 6.13919 |
| 6 | 3.732384 | 10.267025 | -43095.120282 | 148883.014027 | 2.20096 |
| 7 | 3.824893 | 11.346309 | -43082.245517 | 149012.276675 | 3.80801 |
| 8 | 3.511185 | 7.068346 | -43137.864504 | 148521.490608 | 4.58498 |
| 9 | 4.523832 | 3.968502 | -43015.554231 | 148165.632085 | 2.75700 |
| 10 | 4.439180 | 3.371907 | -43032.548921 | 148092.503416 | 4.76554 |
| 11 | 5.043963 | 2.860474 | -42948.090459 | 148039.974372 | 6.10603 |
| 12 | 3.399661 | 2.640312 | -43161.296578 | 148012.679868 | 3.02601 |
| 13 | 4.320088 | 10.268301 | -43019.674156 | 148883.014027 | 2.61199 |
| 14 | 4.307135 | 11.492338 | -43017.614193 | 149024.636450 | 1.48382 |
| EMQ Total: | | | | | 3.78613 |

Tabela 14 - Carta Militar Topográfica do Concelho de Espinho, sector Norte, ano de 1970.

| Link | X Source | Y Source | X Map | Y Map | Erro Residual |
|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| 1 | -42877.277801 | 147729.009973 | -42869.959706 | 147736.328067 | 1.43183 |
| 2 | -42647.489636 | 147692.419501 | -42643.098780 | 147695.346738 | 2.40428 |
| 3 | -42884.107925 | 147626.758481 | -42876.840840 | 147637.176521 | 3.38421 |
| 4 | -43151.378978 | 148337.987250 | -43147.782992 | 148341.426894 | 3.65047 |
| 5 | -42623.052915 | 148814.714281 | -42617.852018 | 148812.587327 | 1.16453 |
| 6 | -42968.567811 | 148813.598738 | -42961.510263 | 148815.575660 | 1.03957 |
| 7 | -42640.955248 | 148957.271544 | -42631.797570 | 148958.019512 | 4.07806 |
| 8 | -42589.854298 | 148951.382721 | -42584.980360 | 148947.062293 | 2.27335 |
| 9 | -42631.192722 | 149458.125280 | -42625.820905 | 149451.293606 | 2.33376 |
| 10 | -42973.366834 | 149307.237414 | -42966.490817 | 149304.865311 | 2.05226 |
| 11 | -42895.065189 | 149493.828250 | -42888.794170 | 149493.130262 | 1.54990 |
| 12 | -42830.315911 | 149568.891185 | -42825.043076 | 149568.834687 | 3.28196 |
| EMQ Total: | | | | | 2.57677 |

Tabela 15 - Carta Militar Topográfica do Concelho de Espinho, sector Centro, ano de 1970.

| Link | X Source | Y Source | X Map | Y Map | Erro Residual |
|------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 1 | -42589.892102 | 146310.836518 | -42590.962954 | 146308.694813 | 1.99137 |
| 2 | -43144.593554 | 146314.049074 | -43127.459919 | 146320.474188 | 1.18505 |

| | | | | | |
|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| 3 | -42641.060996 | 147691.594391 | -42643.434713 | 147690.094184 | 2.60034 |
| 4 | -43138.406058 | 148792.977886 | -43125.318214 | 148804.851351 | 1.93456 |
| 5 | -42632.839864 | 148793.581152 | -42634.867895 | 148798.426237 | 1.48970 |
| 6 | -42733.676031 | 148628.616568 | -42734.457152 | 148633.300824 | 1.17042 |
| 7 | -42615.882675 | 148808.142940 | -42617.734260 | 148813.203998 | 2.36312 |
| 8 | -43022.449375 | 146807.932855 | -43011.789754 | 146813.777281 | 0.87464 |
| 9 | -42697.894093 | 146886.348409 | -42695.149778 | 146883.684808 | 2.72308 |
| 10 | -42867.926264 | 147734.271976 | -42862.292274 | 147735.404607 | 4.26524 |
| 11 | -43088.745361 | 147927.317149 | -43076.836337 | 147939.660125 | 2.19766 |
| 12 | -42916.255410 | 147960.004066 | -42911.768990 | 147970.990188 | 4.53517 |
| 13 | -42633.596415 | 148005.433550 | -42638.215454 | 148008.399219 | 2.67491 |
| EMQ Total: | | | | | 2.54154 |

Tabela 16 - Carta Militar Topográfica do Concelho de Espinho, sector Sul, ano de 1970.

| Link | X Source | Y Source | X Map | Y Map | Erro Residual |
|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| 1 | -42620.543859 | 146390.992106 | -42610.023385 | 146388.247635 | 2.70873 |
| 2 | -42907.792557 | 144834.936261 | -42904.015824 | 144837.811574 | 3.44969 |
| 3 | -42990.299400 | 144650.831759 | -42983.816759 | 144653.482655 | 1.73458 |
| 4 | -43469.270903 | 144450.186414 | -43463.746321 | 144459.038125 | 1.90279 |
| 5 | -43123.915896 | 146323.323559 | -43120.396999 | 146320.093878 | 3.03812 |
| 6 | -43115.684460 | 146541.830019 | -43114.254805 | 146541.212868 | 4.52437 |
| 7 | -43123.896173 | 146495.576997 | -43116.302203 | 146494.122713 | 1.91617 |
| 8 | -42917.141620 | 145776.522708 | -42909.684967 | 145775.155354 | 1.44176 |
| 9 | -43466.009264 | 145596.622271 | -43458.417444 | 145599.061080 | 3.09665 |
| 10 | -42709.011055 | 145326.385553 | -42699.507931 | 145328.671164 | 2.25162 |
| EMQ Total: | | | | | 2.75638 |

Tabela 17 - Ortofotomapa das freguesias de Espinho e Silvalde, Concelho de Espinho, ano de 1965/67.

| Link | X Fonte | Y Fonte | X Mapa | Y Mapa | Erro Residual |
|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| 1 | -43018.449928 | 149338.923108 | -43016.822592 | 149340.550444 | 0.55742 |
| 2 | -43042.453133 | 149339.736776 | -43038.791627 | 149341.364112 | 1.80698 |
| 3 | -43056.771739 | 149086.796105 | -43059.133327 | 149086.686036 | 3.55184 |
| 4 | -43086.869343 | 149012.455301 | -43087.204872 | 149011.828583 | 1.43064 |
| 5 | -43022.901202 | 149013.652728 | -43017.229426 | 149011.828583 | 5.38798 |
| 6 | -43022.454307 | 149099.346280 | -43021.297766 | 149100.518392 | 0.38366 |
| 7 | -43096.440171 | 149028.543484 | -43096.968887 | 149028.101942 | 1.56319 |
| 8 | -43070.275444 | 147868.226193 | -43071.797636 | 147868.584351 | 2.30349 |
| 9 | -43060.120514 | 147432.360118 | -43063.422408 | 147428.970772 | 1.69389 |
| 10 | -43041.783727 | 147421.536220 | -43046.204932 | 147417.262888 | 2.36650 |
| 11 | -43015.564771 | 147556.449691 | -43019.690019 | 147553.625299 | 1.36670 |
| 12 | -42962.168332 | 147545.094778 | -42965.627144 | 147541.573066 | 2.57427 |
| 13 | -42992.033957 | -42995.241203 | 147617.879195 | 147616.641261 | 0.55295 |
| 14 | -42991.353659 | 147664.570050 | -42996.274252 | 147664.850194 | 1.90179 |
| 15 | -42955.809826 | 147632.596932 | -42959.428853 | 147632.825689 | 1.05172 |
| 16 | -43049.185743 | 147611.772017 | -43053.780622 | 147610.787319 | 1.09558 |
| 17 | -42954.299588 | 147675.335913 | -42958.051455 | 147676.248163 | 1.66159 |
| 18 | -42984.453354 | 147677.703185 | -42989.042912 | 147677.281212 | 1.18463 |
| 19 | -43071.325759 | 147934.340121 | -43074.097243 | 147933.477255 | 0.54688 |
| 20 | -43062.460130 | 148801.273924 | -43061.479910 | 148801.972228 | 1.06062 |
| 21 | -42974.396037 | 148518.922762 | -42976.135471 | 148519.387307 | 0.97500 |
| 22 | -43033.554476 | 148342.608984 | -43035.402442 | 148341.586392 | 0.77013 |
| 23 | -43036.570037 | 148126.339019 | -43038.721393 | 148126.802886 | 1.26850 |
| 24 | -43113.286341 | 148049.065062 | -43114.583117 | 148048.570483 | 1.48297 |
| EMQ Total: | | | | | 1.92893 |

Tabela 18 - Ortofotomapa das freguesias de Silvalde e Paramos, Concelho de Espinho, ano de 1965/67.

| Link | X Fonte | Y Fonte | X Mapa | Y Mapa | Erro Residual |
|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| 1 | -43073.875344 | 147893.901600 | -43074.934431 | 147893.901600 | 3.16922 |
| 2 | -43143.068999 | 147866.012321 | -43147.658374 | 147864.600205 | 1.58931 |
| 3 | -43086.124828 | 146657.528273 | -43083.729411 | 146648.487846 | 5.29811 |
| 4 | -43060.064678 | 146580.003250 | -43060.079091 | 146575.717629 | 0.85653 |
| 5 | -42973.165017 | 147522.770551 | -42976.128756 | 147518.002471 | 0.98704 |
| 6 | -42958.973188 | 147437.193262 | -42961.050767 | 147433.188783 | 1.66873 |
| 7 | -43021.640198 | 147620.631821 | -43023.875721 | 147616.637649 | 0.13192 |
| 8 | -43149.625820 | 146693.103174 | -43150.163022 | 146687.428775 | 3.12951 |
| 9 | -43367.607168 | 145572.266128 | -43364.295543 | 145571.824774 | 0.79195 |
| 10 | -43465.885550 | 145598.167799 | -43462.109164 | 145598.921791 | 1.80149 |
| 11 | -43396.391015 | 145580.173360 | -43393.156967 | 145581.845069 | 0.76331 |
| 12 | -43320.107302 | 145591.796336 | -43316.007655 | 145593.096010 | 2.09098 |
| 13 | -43282.487776 | 145542.205996 | -43279.361731 | 145542.306046 | 1.78886 |
| 14 | -43331.153861 | 145558.212873 | -43326.937140 | 145558.700275 | 1.18030 |
| 15 | -43325.472265 | 145665.005759 | -43322.758219 | 145665.423490 | 1.04713 |
| 16 | -43337.049386 | 145636.070946 | -43333.687705 | 145635.528132 | 0.28793 |
| EMQ Total: | | | | | 2.08482 |

Tabela 19 - Ortofotomapa das freguesias de Arcozelo e S. Félix da Marinha e do Concelho de Espinho, ano de 1988.

| Link | X Fonte | Y Fonte | X Mapa | Y Mapa | Erro Residual |
|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| 1 | -43252.654502 | 145635.319391 | -43254.307877 | 145630.606018 | 3.79676 |
| 2 | -42937.253550 | 147804.736440 | -42937.969586 | 147801.753513 | 2.05125 |
| 3 | -42616.731144 | 149044.432118 | -42617.902900 | 149044.220836 | 1.33814 |
| 4 | -42738.341694 | 148633.635652 | -42738.496928 | 148632.645090 | 0.59103 |
| 5 | -42931.632379 | 148598.209670 | -42930.410004 | 148593.743791 | 3.22778 |
| 6 | -42946.316153 | 148537.738209 | -42947.267234 | 148534.095133 | 2.13589 |
| 7 | -43045.505619 | 148187.998211 | -43045.168837 | 148187.484557 | 1.59580 |
| 8 | -43154.646590 | 147942.686246 | -43155.389184 | 147938.645913 | 1.60685 |
| 9 | -43052.938461 | 147827.199721 | -43053.597451 | 147823.627738 | 1.84987 |
| 10 | -43041.851970 | 146477.240810 | -43042.575417 | 146478.096635 | 2.09987 |
| 11 | -43266.033552 | 146520.637938 | -43268.851307 | 146518.294644 | 2.87881 |
| 12 | -43204.907383 | 145781.978880 | -43202.070743 | 145781.050189 | 2.38851 |
| 13 | -43198.450101 | 145749.847889 | -43198.180613 | 145747.984085 | 0.60025 |
| 14 | -43278.861057 | 145429.926926 | -43277.279922 | 145429.447280 | 1.54115 |
| 15 | -43350.734706 | 145257.916665 | -43349.895680 | 145255.752979 | 0.46895 |
| 16 | -43168.171967 | 145151.904624 | -43165.762864 | 145151.497497 | 1.61494 |
| 17 | -42809.205220 | 145477.215276 | -42808.519266 | 145478.268411 | 0.66980 |
| 18 | -42837.716886 | 145473.397983 | -42836.398531 | 145475.026636 | 0.62651 |
| 19 | -42936.367935 | 145539.312410 | -42936.245199 | 145541.807199 | 2.32883 |
| 20 | -42883.772242 | 145390.912597 | -42882.431735 | 145391.388842 | 0.32075 |
| 21 | -42779.975614 | 145210.437154 | -42778.046582 | 145211.470334 | 0.63609 |
| 22 | -42717.977209 | 145153.586072 | -42715.156148 | 145157.008515 | 1.90289 |
| 23 | -43074.702431 | 149151.203089 | -43075.598426 | 149148.853048 | 0.47096 |
| 24 | -42892.227261 | 148947.823996 | -42891.811789 | 148945.108456 | 1.35024 |
| 25 | -43095.668377 | 149201.368730 | -43094.710524 | 149200.792983 | 2.94882 |
| 26 | -43075.075606 | 149201.481484 | -43075.437820 | 149201.328335 | 2.70222 |
| 27 | -42896.320589 | 149378.359254 | -42896.094612 | 149378.530133 | 2.17855 |
| 28 | -42904.616870 | 149563.078577 | -42906.266316 | 149561.995558 | 1.42704 |
| 29 | -42929.799060 | 149454.985627 | -42930.357195 | 149453.854280 | 0.99916 |
| 30 | -42771.640667 | 149371.426504 | -42771.357395 | 149368.411964 | 1.95828 |
| EMQ Total: | | | | | 1.90010 |

Tabela 20 - Carta Militar Topográfica do Concelho de Espinho, ano de 1998.

| Link | X Source | Y Source | X Map | Y Map | Erro Residual |
|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| 1 | -42978.458013 | 145287.213815 | -42974.528475 | 145284.509041 | 3.02231 |
| 2 | -42840.679097 | 148244.188495 | -42836.166215 | 148253.503955 | 1.54625 |
| 3 | -43154.925327 | 148333.972341 | -43147.968298 | 148338.223288 | 1.45424 |
| 4 | -42968.546515 | 148894.433256 | -42960.188332 | 148901.563185 | 3.53726 |
| 5 | -42826.542505 | 149038.830038 | -42821.209323 | 149056.700005 | 4.30847 |
| 6 | -42887.414232 | 149437.181313 | -42883.438730 | 149453.003073 | 3.46045 |
| 7 | -42665.499498 | 147285.135951 | -42661.814701 | 147296.808699 | 1.13079 |
| 8 | -42701.072955 | 147015.603244 | -42700.025740 | 147028.239678 | 2.48377 |
| 9 | -43260.057879 | 146302.774720 | -43255.723429 | 146296.771208 | 1.12624 |
| 10 | -43232.584443 | 146400.042259 | -43232.796806 | 146396.119910 | 3.77737 |
| 11 | -42773.763472 | 145207.731744 | -42774.264331 | 145213.761173 | 2.71402 |
| 12 | -42640.448123 | 148503.864790 | -42636.510775 | 148519.244014 | 1.21901 |
| 13 | -42851.419685 | 148334.488683 | -42845.630863 | 148344.610397 | 1.27819 |
| 14 | -42714.056251 | 148240.535931 | -42709.886245 | 148250.689796 | 3.81076 |
| EMQ Total: | | | | | 2.73446 |

Tabela 21 - Ortofotomapa do Concelho de Espinho, ano de 2003.

| Link | X Fonte | Y Fonte | X Mapa | Y Mapa | Erro Residual |
|-------------------|------------|--------------|---------------|---------------|----------------|
| 1 | 636,287453 | -3040,855312 | -43013,801091 | 145597,585448 | 2,02473 |
| 2 | 769,985114 | -1359,402200 | -42823,639168 | 147971,968063 | 0,65912 |
| 3 | 449,108029 | -3082,200631 | -43273,986522 | 145541,640566 | 2,45475 |
| 4 | 671,122625 | -1219,387073 | -42962,966433 | 148167,817610 | 1,73119 |
| 5 | 808,544420 | -920,589326 | -42765,265593 | 148593,081445 | 3,89690 |
| 6 | 889,839891 | -1954,035848 | -42656,539632 | 147133,817737 | 1,81798 |
| 7 | 445,543295 | -3313,480044 | -43282,272000 | 145214,891407 | 0,58245 |
| 8 | 423,451350 | -3003,326290 | -43313,425754 | 145653,502568 | 1,35817 |
| 9 | 625,639923 | -816,034483 | -43025,822173 | 148737,419322 | 0,97647 |
| 10 | 854,348568 | -227,205172 | -42704,518696 | 149568,021931 | 1,66304 |
| 11 | 826,215805 | -185,435300 | -42743,845007 | 149625,881331 | 2,31049 |
| 12 | 653,268025 | -1494,613288 | -42989,666643 | 147783,375729 | 3,31472 |
| 13 | 713,615534 | -2521,547498 | -42904,301924 | 146330,495403 | 1,68317 |
| 14 | 719,692113 | -1027,587293 | -42892,149478 | 148438,842915 | 1,59660 |
| 15 | 844,048905 | -1027,892952 | -42716,366953 | 148438,842915 | 2,19314 |
| 16 | 571,480703 | -869,254989 | -43101,394093 | 148663,383155 | 0,33382 |
| 17 | 557,756172 | -1190,509124 | -43120,771076 | 148210,372785 | 0,69371 |
| 18 | 572,977533 | -1248,382421 | -43100,806912 | 148129,048175 | 0,99245 |
| 19 | 904,209590 | -601,980216 | -42632,817141 | 149041,536362 | 1,54681 |
| 20 | 625,043370 | -2347,224740 | -43026,781545 | 146578,084341 | 1,31767 |
| EMQ Total: | | | | | 1,87317 |

Tabela 22 - Fotografia Aérea da Freguesia de Arcozelo, lugar de Aguda, ano de 1940.

| Link | X Fonte | Y Fonte | X Mapa | Y Mapa | Erro Residual |
|-------------------|-------------|--------------|---------------|---------------|----------------|
| 1 | 691.108053 | -892.215954 | -43776.286882 | 153494.923780 | 1.88988 |
| 2 | 575.931299 | -604.288378 | -43813.847171 | 153594.396211 | 0.40105 |
| 3 | 993.539974 | -1314.562961 | -43676.380107 | 153354.380037 | 0.92220 |
| 4 | 1051.592475 | -1127.561623 | -43656.579587 | 153416.613780 | 0.35285 |
| 5 | 483.431776 | -326.637290 | -43845.283199 | 153688.714606 | 0.89505 |
| 6 | 720.796546 | -736.828907 | -43765.333730 | 153549.025366 | 0.72484 |
| 7 | 685.099959 | -1174.778462 | -43778.461735 | 153402.077089 | 0.54670 |
| 8 | 1069.390328 | -1215.704396 | -43649.938479 | 153386.554219 | 0.52553 |
| EMQ Total: | | | | | 0.90891 |

Tabela 23 - Ortofotomapa das Freguesias de Arcozelo e S. Félix da Marinha, ano de 1965.

| Link | X Fonte | Y Fonte | X Mapa | Y Mapa | Erro Residual |
|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| 1 | -43428.394161 | 152777.757918 | -43428.680563 | 152784.588594 | 1.94041 |
| 2 | -43316.061785 | 152588.529216 | -43317.866851 | 152592.557499 | 2.25325 |
| 3 | -42973.746303 | 150844.331576 | -42969.689624 | 150831.444610 | 1.82527 |
| 4 | -43655.594383 | 153338.700891 | -43660.984140 | 153358.694021 | 2.90129 |
| 5 | -43743.945433 | 153397.186051 | -43750.751760 | 153419.169050 | 2.02510 |
| 6 | -43520.055394 | 153197.331053 | -43523.192271 | 153210.340413 | 0.85243 |
| 7 | -42960.947204 | 151005.089472 | -42955.798225 | 150993.767685 | 0.29195 |
| 8 | -42911.194044 | 150995.068748 | -42905.809081 | 150983.731986 | 1.42666 |
| 9 | -42958.046249 | 151016.946298 | -42953.525992 | 151006.454324 | 0.83396 |
| 10 | -42918.245749 | 151020.061424 | -42912.436429 | 151008.537205 | 0.92193 |
| 11 | -43047.495895 | 151799.251603 | -43042.175903 | 151791.763000 | 1.73950 |
| 12 | -43017.237156 | 151811.977104 | -43012.832280 | 151807.596935 | 2.76750 |
| 13 | -43496.823358 | 152775.426684 | -43498.495029 | 152784.918327 | 1.36421 |
| 14 | -43424.958872 | 152710.010418 | -43423.588253 | 152716.004093 | 3.43621 |
| 15 | -43388.424962 | 152807.752061 | -43391.446436 | 152813.246708 | 3.04709 |
| 16 | -43444.408824 | 152844.062455 | -43444.834538 | 152853.832561 | 1.17969 |
| 17 | -43459.320843 | 152903.569871 | -43458.998729 | 152912.668429 | 2.11008 |
| EMQ Total: | | | | | 2.00833 |

Tabela 24 - Carta Militar Topográfica das Freguesias de Arcozelo e S. Félix da Marinha, ano de 1970.

| Link | X Fonte | Y Fonte | X Mapa | Y Mapa | Erro Residual |
|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| 1 | -43860.499952 | 153572.186194 | -43858.812507 | 153572.186194 | 2.46733 |
| 2 | -43679.943379 | 153434.659459 | -43678.255935 | 153434.659459 | 1.19382 |
| 3 | -43612.445595 | 153164.668323 | -43610.758151 | 153166.355768 | 1.21432 |
| 4 | -43561.252000 | 153297.363501 | -43555.916201 | 153302.195058 | 3.42794 |
| 5 | -43300.836942 | 152471.273890 | -43303.643233 | 152479.565815 | 1.74737 |
| 6 | -43269.261430 | 152142.754167 | -43272.425508 | 152152.201562 | 1.15492 |
| 7 | -43418.028386 | 152736.405244 | -43419.233188 | 152741.963450 | 0.83909 |
| 8 | -43454.496607 | 152539.825748 | -43455.513247 | 152545.376154 | 1.42549 |
| 9 | -43605.230406 | 153068.425702 | -43608.226984 | 153069.327703 | 3.32122 |
| 10 | -43530.575108 | 153181.193174 | -43527.229643 | 153187.448825 | 2.84209 |
| 11 | -43303.523082 | 152281.551686 | -43305.330678 | 152288.040852 | 1.44139 |
| 12 | -43409.429626 | 152347.435552 | -43412.483410 | 152352.163747 | 0.93841 |
| 13 | -43842.736148 | 153678.036898 | -43841.094339 | 153675.964037 | 0.32898 |
| 14 | -43666.520314 | 153511.764988 | -43668.131267 | 153512.281911 | 4.36158 |
| 15 | -43746.914695 | 153700.852043 | -43742.378829 | 153699.588262 | 1.91343 |
| EMQ Total: | | | | | 2.20183 |

Tabela 25 - Ortofotomapa da Freguesia de S. Félix da Marinha, sector Sul, ano de 2003.

| Link | X Source | Y Source | X Map | Y Map | Erro Residual |
|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| 1 | -42763.052959 | 149601.976704 | -42759.647118 | 149603.241731 | 1.07534 |
| 2 | -42964.577676 | 149572.252766 | -42960.745428 | 149574.264006 | 0.59272 |
| 3 | -43047.649633 | 149296.620387 | -43044.508736 | 149295.824735 | 1.27289 |
| 4 | -42711.504698 | 149299.932443 | -42709.819429 | 149298.096896 | 0.13951 |
| 5 | -42753.635387 | 149371.146987 | -42752.139174 | 149369.385236 | 1.18040 |
| 6 | -42625.355343 | 149293.334147 | -42626.197255 | 149291.068413 | 2.29692 |
| 7 | -42581.101090 | 149501.714539 | -42575.321884 | 149502.263357 | 2.49442 |
| 8 | -42613.556701 | 149299.950709 | -42611.262500 | 149298.635086 | 1.02811 |
| EMQ Total: | | | | | 1.46184 |

Tabela 26 - Ortofotomapa das Freguesias de Arcozelo e de S. Félix da Marinha, ano de 2003.

| Link | X Fonte | Y Fonte | X Mapa | Y Mapa | Erro Residual |
|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| 1 | -43429.129826 | 152487.519808 | -43430.005570 | 152487.338777 | 0.64359 |
| 2 | -43365.659760 | 152227.479882 | -43367.288683 | 152227.797090 | 0.52315 |
| 3 | -43235.753810 | 152027.275361 | -43237.171154 | 152027.988122 | 0.65561 |
| 4 | -43280.183438 | 152385.176212 | -43282.041286 | 152385.307534 | 0.19080 |
| 5 | -43177.813290 | 152170.235584 | -43179.918680 | 152171.015209 | 0.45236 |
| 6 | -43193.708675 | 152018.693374 | -43194.825167 | 152018.954349 | 0.48931 |
| 7 | -43110.578625 | 152011.901211 | -43113.182075 | 152013.402812 | 1.31779 |
| 8 | -43149.899507 | 152058.008876 | -43151.679114 | 152058.695549 | 0.36005 |
| 9 | -43185.300185 | 151903.248150 | -43186.399661 | 151902.202513 | 1.16015 |
| 10 | -43090.114662 | 151580.147318 | -43091.987962 | 151579.080071 | 1.21331 |
| 11 | -43005.448137 | 151658.809707 | -43007.044562 | 151657.705363 | 1.40850 |
| 12 | -42953.244802 | 150994.526644 | -42954.412837 | 150993.860832 | 0.53480 |
| 13 | -42900.128372 | 150983.631158 | -42900.940182 | 150983.035880 | 0.49098 |
| 14 | -42952.086817 | 151006.267071 | -42953.499889 | 151006.902943 | 1.06621 |
| 15 | -42863.971840 | 150767.434903 | -42865.406679 | 150767.134444 | 0.67008 |
| 16 | -42832.762761 | 150790.533988 | -42832.009763 | 150791.033155 | 1.79825 |
| 17 | -42847.584217 | 150861.984670 | -42848.861418 | 150862.116500 | 0.38841 |
| 18 | -42878.492627 | 150923.843390 | -42879.194397 | 150923.701640 | 0.26779 |
| EMQ Total: | | | | | 0.87672 |

Tabela 27 - Ortofotomapa da Freguesia de Arcozelo, ano de 2003.

| Link | X Fonte | Y Fonte | X Mapa | Y Mapa | Erro Residual |
|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| 1 | -43585.948753 | 152933.213815 | -43586.756988 | 152932.405581 | 0.82272 |
| 2 | -43556.987017 | 152945.202627 | -43557.121723 | 152945.337333 | 0.45630 |
| 3 | -43464.114118 | 152931.929770 | -43463.770638 | 152931.614185 | 1.09487 |
| 4 | -43514.369103 | 152882.120419 | -43514.790441 | 152881.419455 | 0.51097 |
| 5 | -43379.580474 | 152816.378006 | -43381.600131 | 152815.750401 | 1.06469 |
| 6 | -43486.371881 | 152542.246678 | -43486.670616 | 152541.960965 | 0.32714 |
| 7 | -43344.076640 | 152546.468269 | -43345.229578 | 152546.338902 | 0.31740 |
| 8 | -43265.810441 | 152541.891233 | -43266.595097 | 152541.792583 | 0.64208 |
| 9 | -43378.688183 | 152749.053021 | -43380.926602 | 152747.892380 | 1.47854 |
| 10 | -43471.976496 | 152970.583912 | -43472.189748 | 152969.988485 | 0.58197 |
| 11 | -43740.265515 | 153949.566252 | -43740.122116 | 153949.305664 | 0.35846 |
| 12 | -43917.593449 | 153997.905567 | -43917.392266 | 153997.371799 | 0.62105 |
| 13 | -43818.156229 | 153680.992860 | -43818.317170 | 153680.807952 | 0.32530 |
| 14 | -43868.104960 | 153621.906750 | -43868.345189 | 153621.951460 | 0.50188 |
| 15 | -43688.694871 | 153570.482412 | -43688.973022 | 153570.522097 | 0.22420 |
| 16 | -43687.578787 | 153470.920149 | -43687.851946 | 153471.166732 | 0.38849 |
| 17 | -43646.150073 | 153341.407348 | -43646.372133 | 153341.962719 | 0.72734 |
| 18 | -43703.055893 | 153255.142203 | -43702.986473 | 153256.060267 | 0.95062 |
| 19 | -43500.791245 | 153087.516319 | -43501.613189 | 153086.777785 | 0.42089 |
| 20 | -43582.285024 | 153051.521680 | -43582.330664 | 153051.884293 | 0.65208 |
| EMQ Total: | | | | | 0.69755 |

Tabela 28 - Valores do erro médio quadrático para cartografia proposto pela ASPRS (in: Oliveira, 2005).

| EMQ | Escala |
|--------|----------|
| 0,0125 | 1/50 |
| 0,025 | 1/100 |
| 0,050 | 1/200 |
| 0,125 | 1/500 |
| 0,25 | 1/1 000 |
| 0,50 | 1/2 000 |
| 1,00 | 1/4 000 |
| 1,25 | 1/5 000 |
| 2,50 | 1/10 000 |
| 5,00 | 1/20 000 |

Tabela 29 - Intervenções efectuadas nos últimos 10 anos no sector de costa em estudo. Fonte: http://www.inag.pt/inag2004/port/a_intervencao/obras/int_o_costeira_01.html

| Intervenções na Orla Costeira | Início | Conclusão |
|--|--------|-----------|
| Obras de emergência em Espinho *** | 1995 | 1995 |
| Reparação dos esporões de Espinho e Paramos *** | 1996 | 1998 |
| Reparação de esporão em Paramos – Espinho | 1999 | 1999 |
| Construção de murete na praia da Aguda | 1999 | 1999 |
| Reparação do esporão norte de Paramos | 2001 | 2001 |
| Construção do quebra-mar destacado da praia da Aguda *** | 2001 | 2003 |
| Intervenção de emergência em Paramos, Esmoriz e Cortegaça | 2001 | 2001 |
| Intervenção de emergência em muros suporte na praia da Aguda | 2002 | 2002 |
| Intervenção de emergência em Silvalde – Espinho | 2003 | 2003 |
| Reparação do esporão norte de Paramos | 2003 | 2003 |
| *** Obras financiadas pelo POA | | |

Tabela 31 – Valores de correlação encontrados para as variáveis em estudo.

| Correlação | A | B | C | D | E |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| A | 1,000 | 0,017 | 0,015 | -0,675 | 0,583 |
| B | 0,017 | 1,000 | 0,997 | 0,663 | -0,138 |
| C | 0,015 | 0,997 | 1,000 | 0,683 | -0,143 |
| D | -0,675 | 0,663 | 0,683 | 1,000 | -0,591 |
| E | 0,583 | -0,138 | -0,143 | -0,591 | 1,000 |

A - Taxa média de recuo B - Características Geológicas
 C - Altimetria D - Largura da Praia E - Número de Habitantes

Anexo B

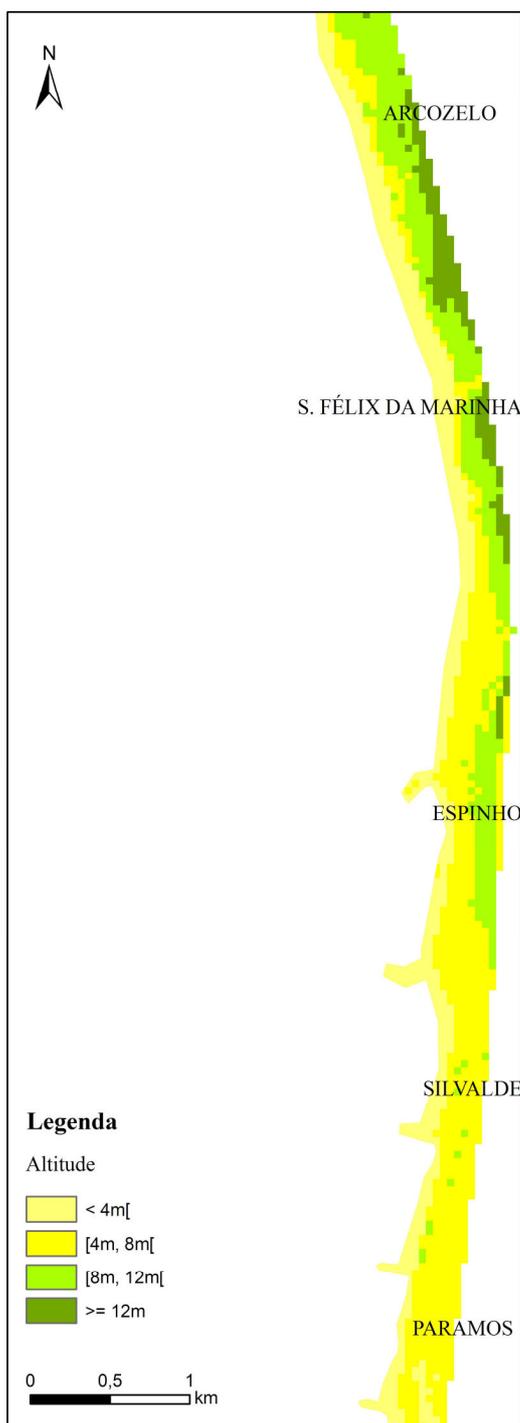


Figura 4 – Distribuição das classes de altitude na área de estudo.

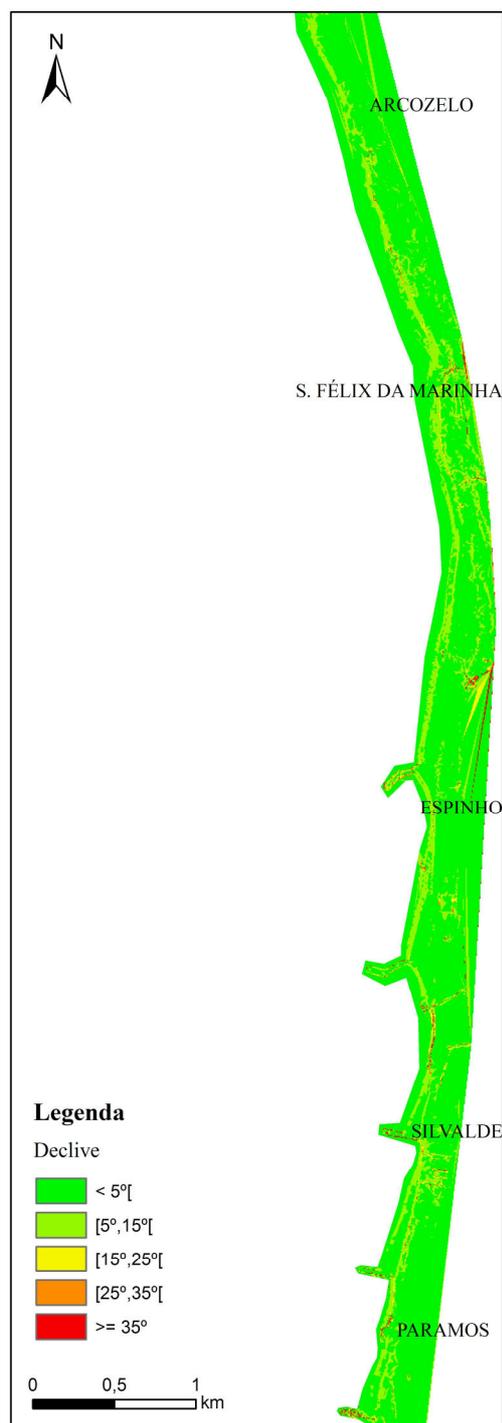


Figura 5 – Mapa de declives da área de estudo.



Figura 9 – Geoformas presentes na área de estudo.

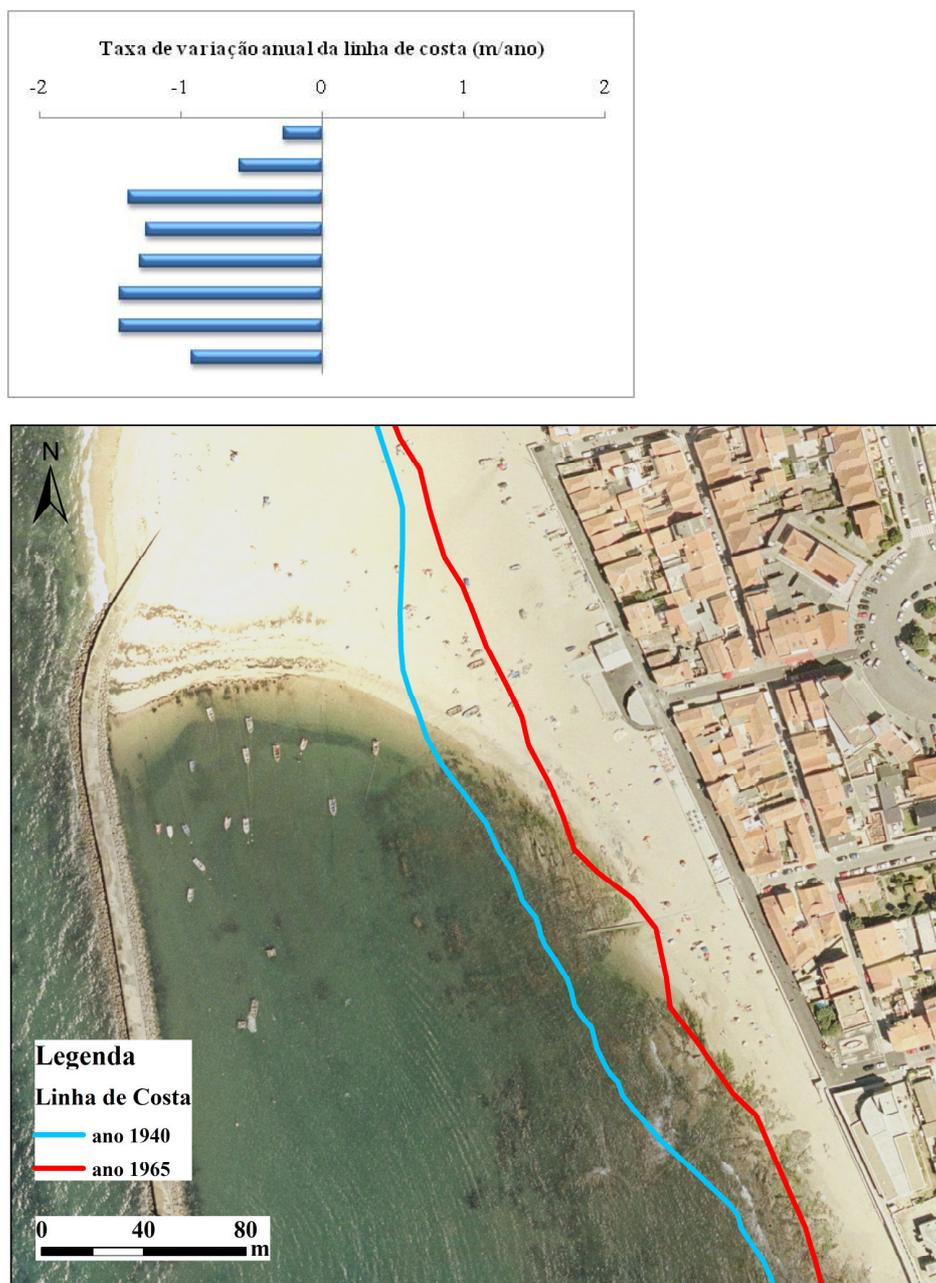


Figura 46 – a) Taxa de variação anual da linha de costa; b) variação da posição da linha de costa na frente marítima de Aguda, no período 1940-1965.

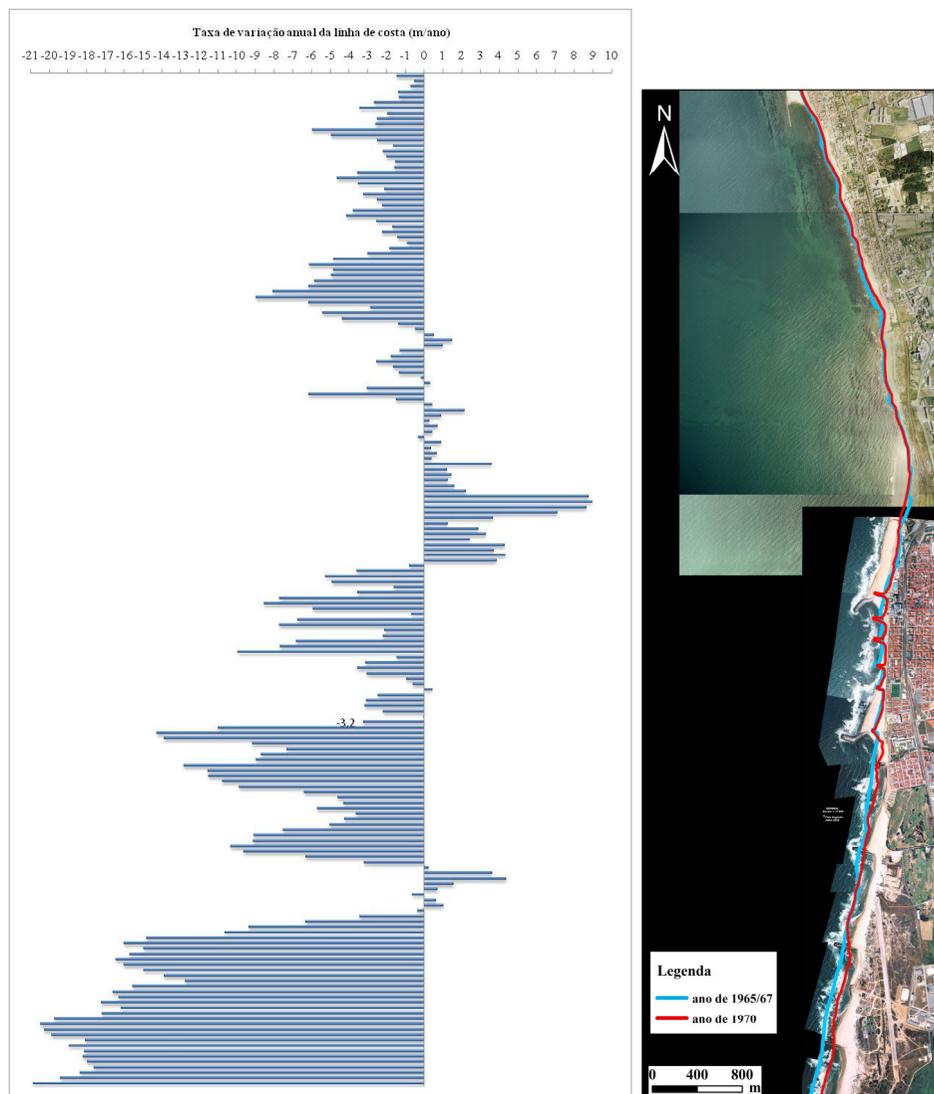


Figura 48 – a) Taxa de variação anual da linha de costa; b) variação da posição da linha de costa no sector Arcozelo-Paramos, no período 1965/67-1970.

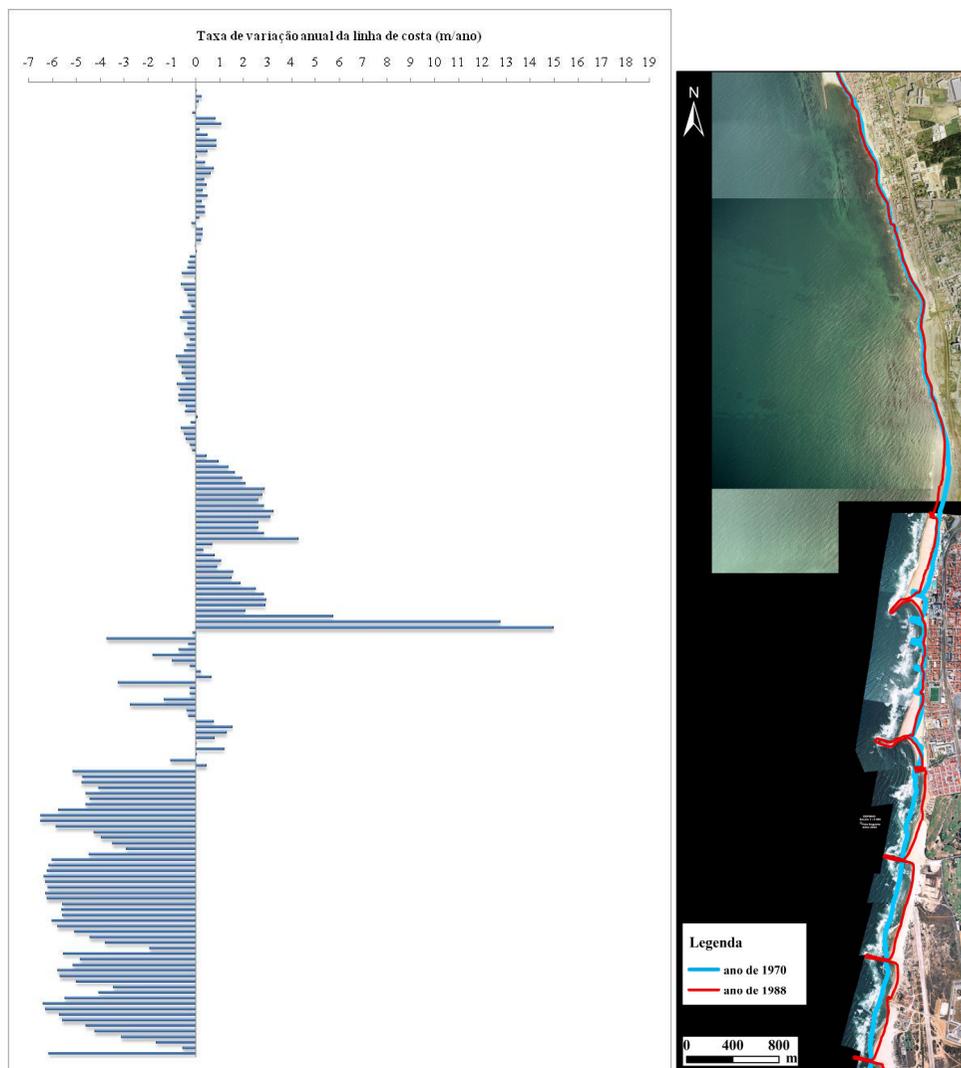


Figura 49 – a) Taxa de variação anual da linha de costa; b) variação da posição da linha de costa no sector Arcozelo-Paramos, no período 1970-1988.

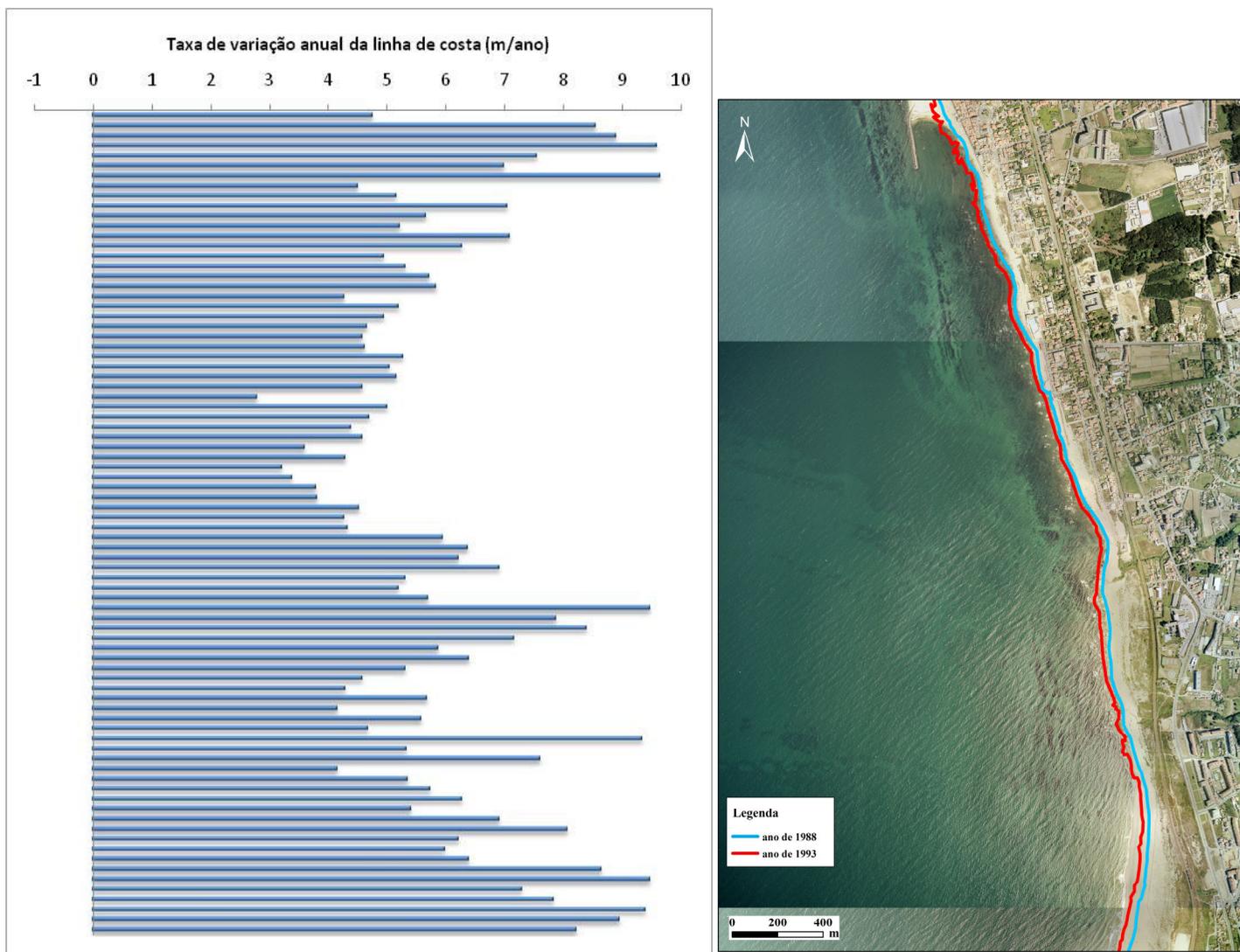


Figura 50 – a) Taxa de variação anual da linha de costa; b) variação da posição da linha de costa no sector Arcozelo-S. Félix da Marinha, no período 1988-1993.

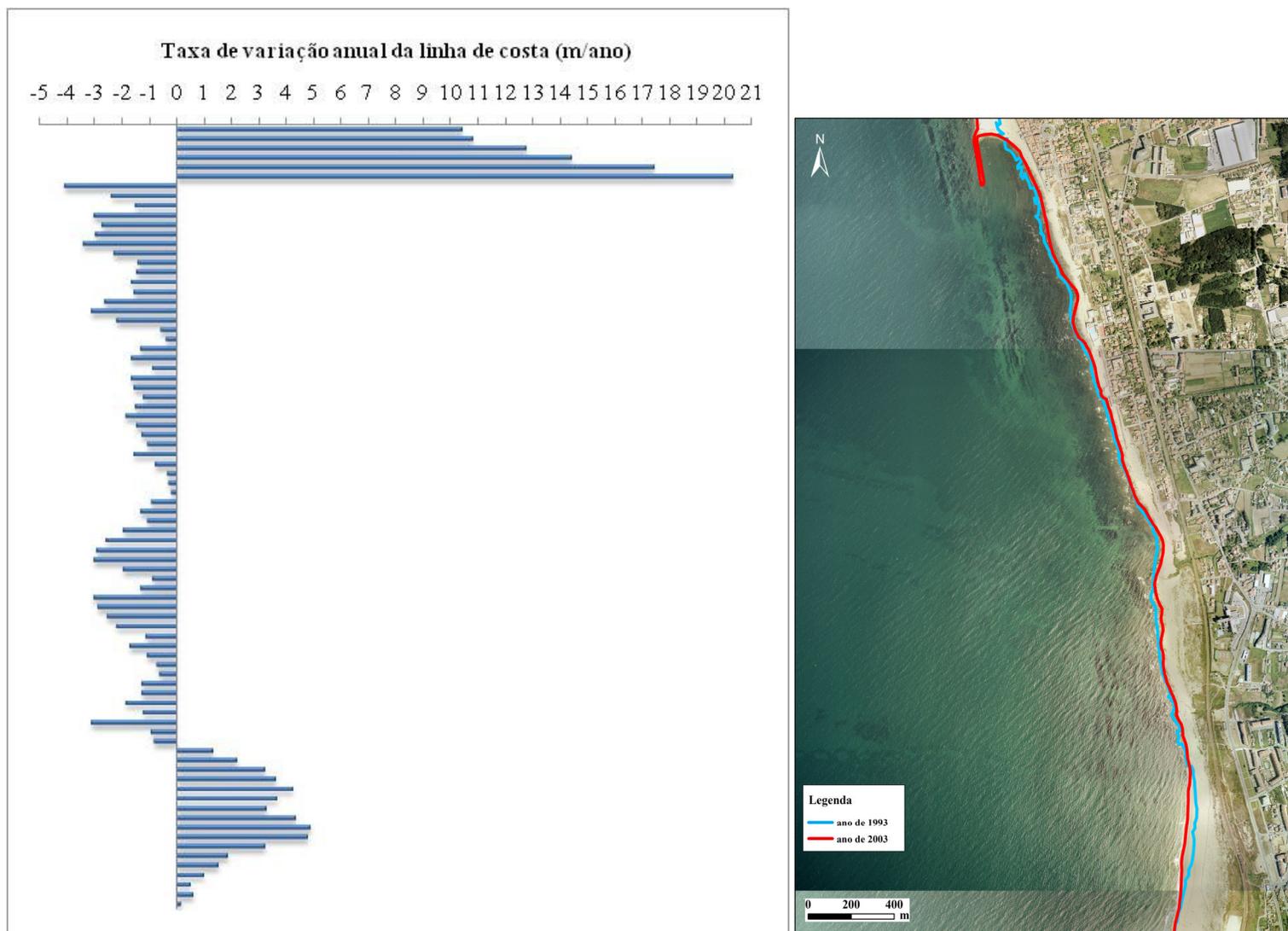


Figura 51 – a) Taxa de variação anual da linha de costa; b) variação da posição da linha de costa no sector Arcozelo-S. Félix da Marinha, no período 1993-2003.

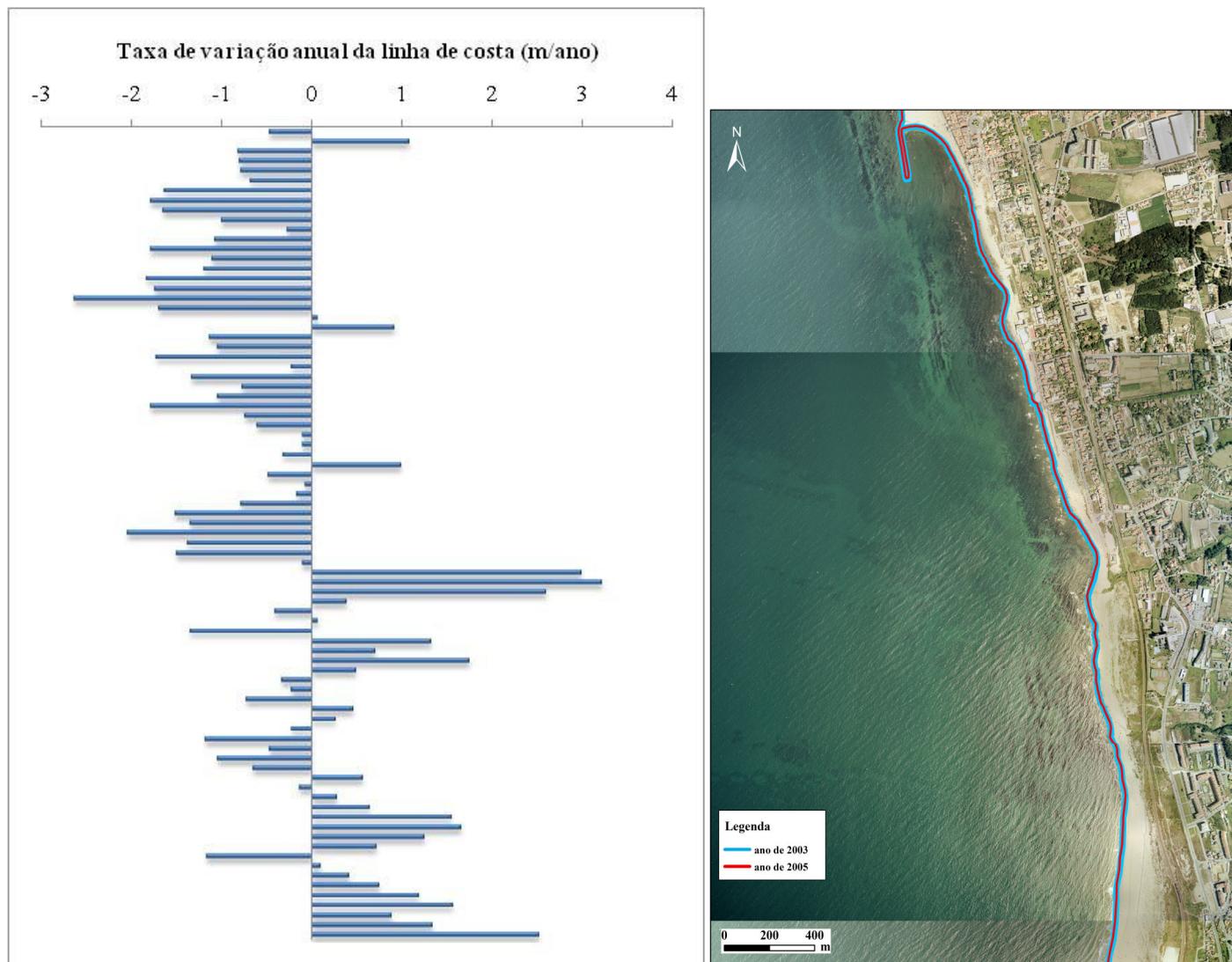


Figura 52 – a) Taxa de variação anual da linha de costa; b) variação da posição da linha de costa no sector Arcozelo-Granja, no período 2003-2005.

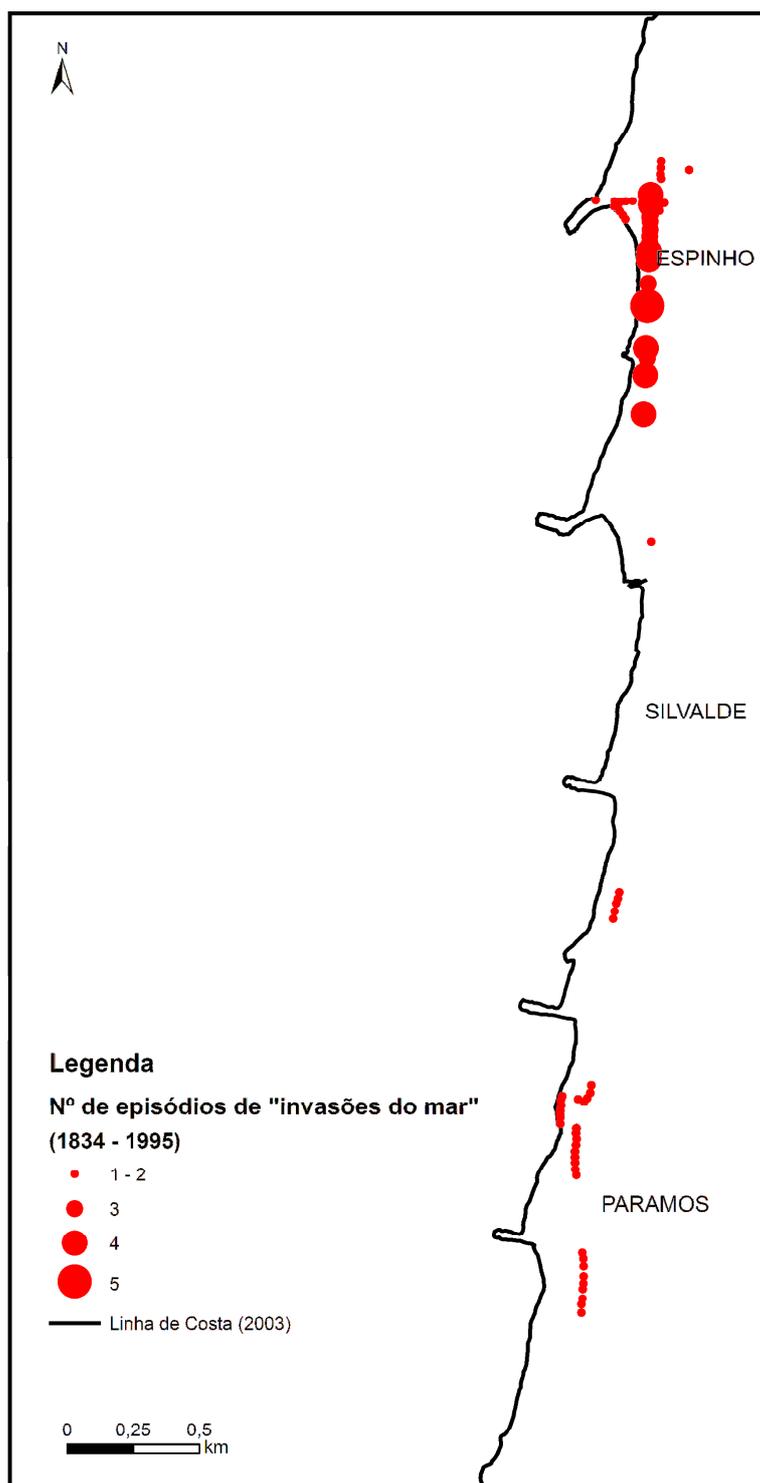


Figura 53 – Número de episódios de “invasões do mar” no sector II de estudo (período 1834-1995).

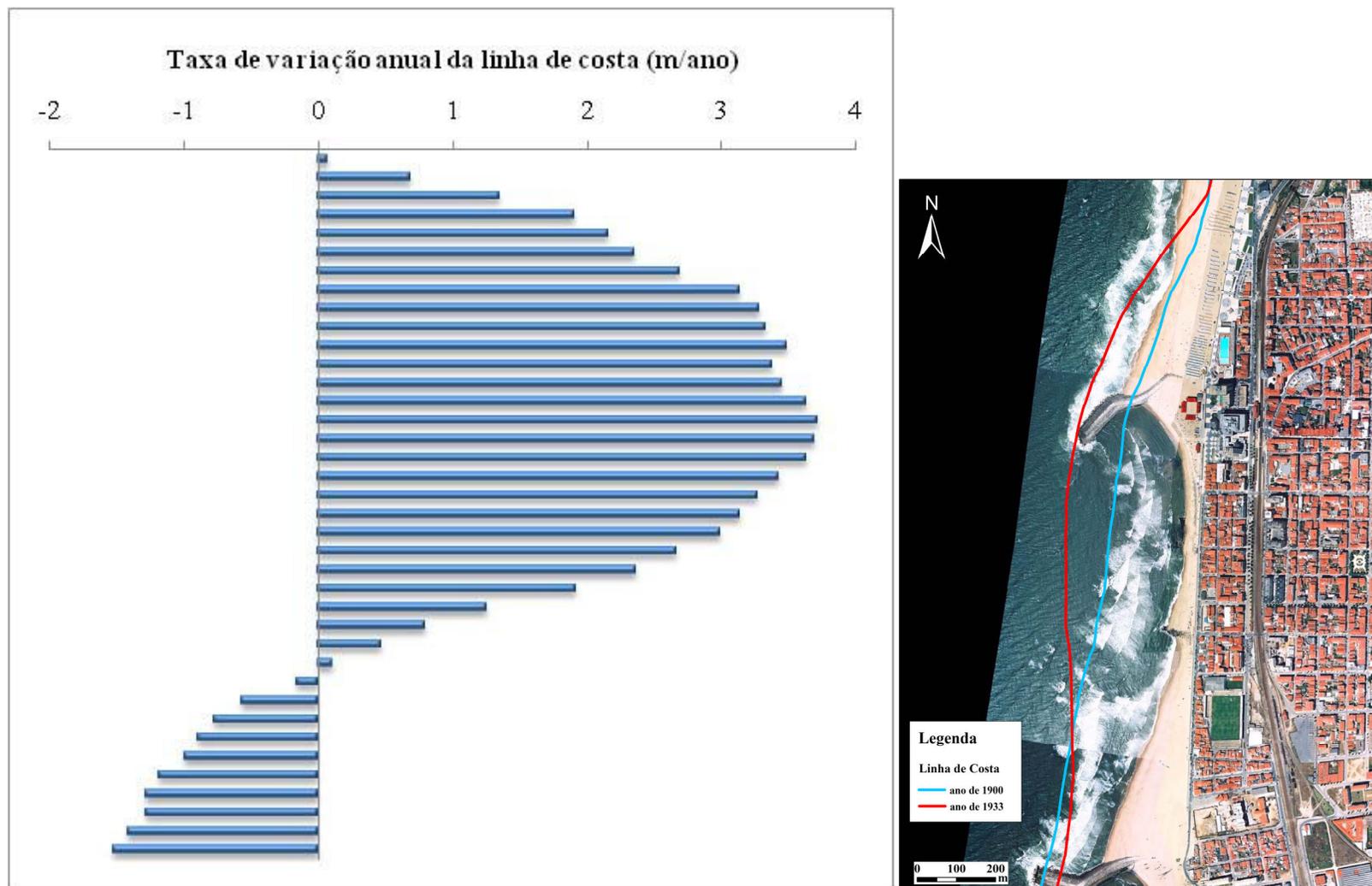


Figura 54 – a) Taxa de variação anual da linha de costa; b) variação da posição da linha de costa em Espinho, no período 1900-1933.

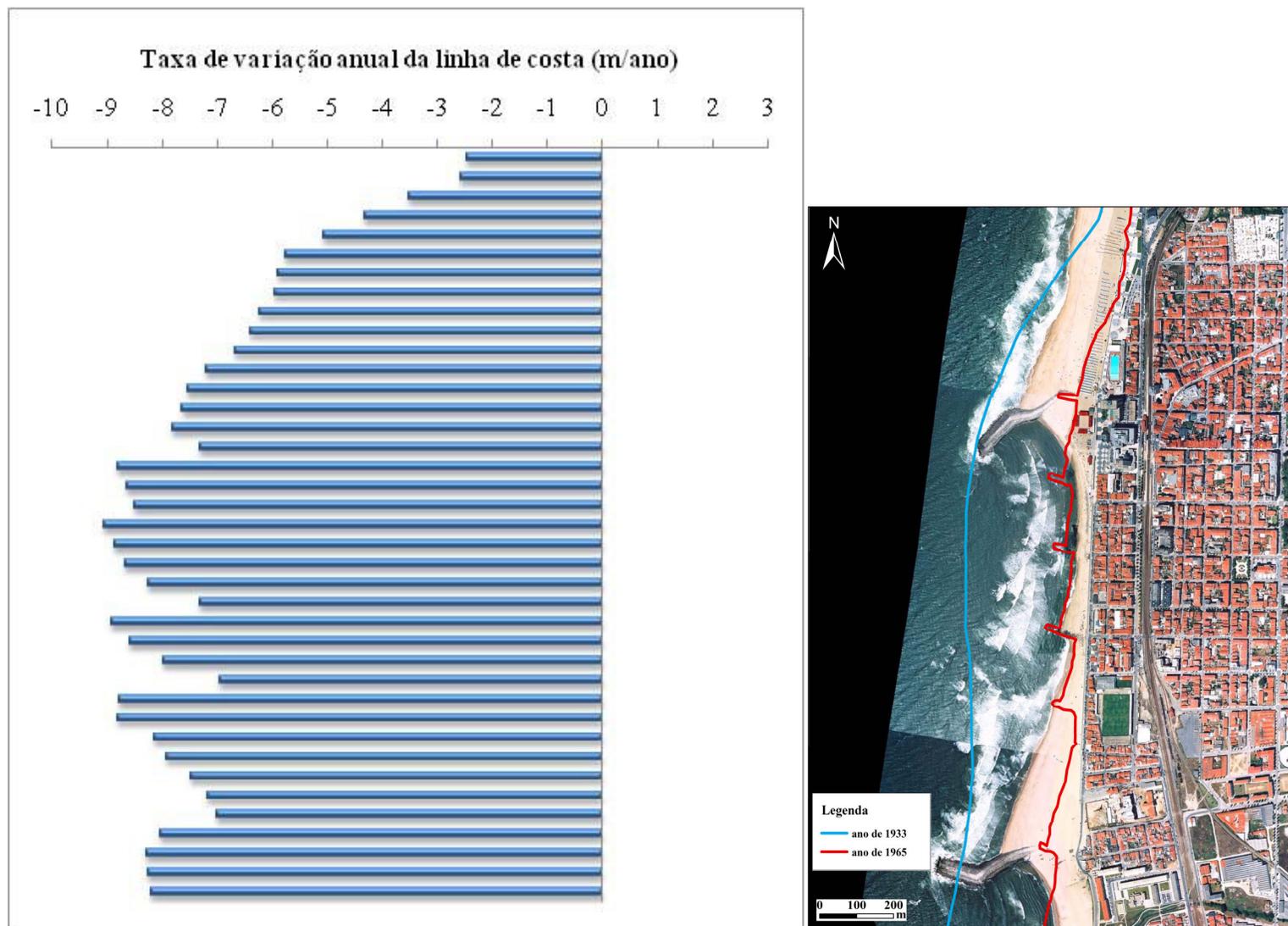


Figura 60 – a) Taxa de variação anual da linha de costa; b) variação da posição da linha de costa em Espinho, no período 1933-1967.

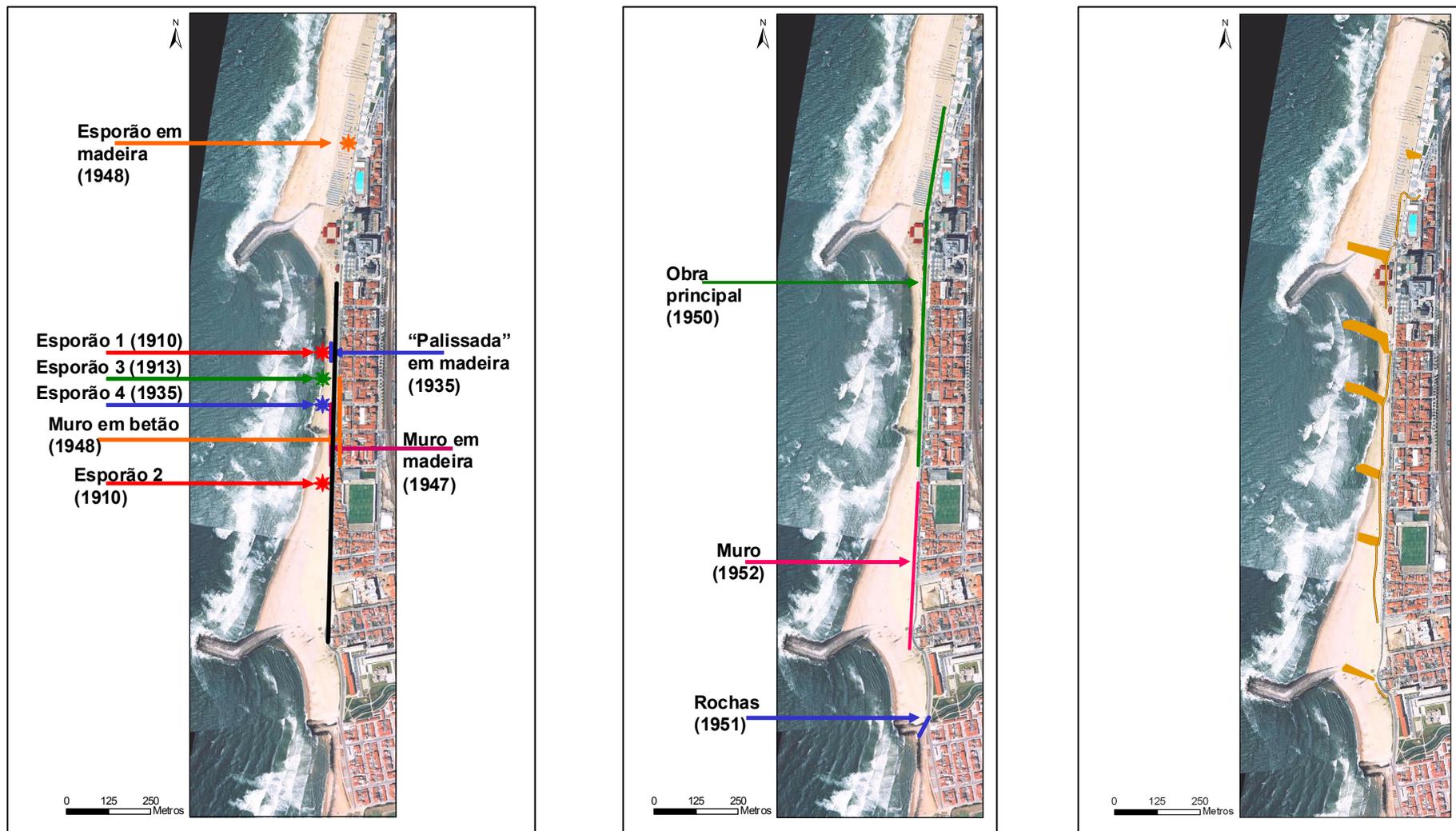


Figura 61 – Síntese das diversas intervenções de protecção da linha de costa no concelho de Espinho-Paramos até à década de 70.

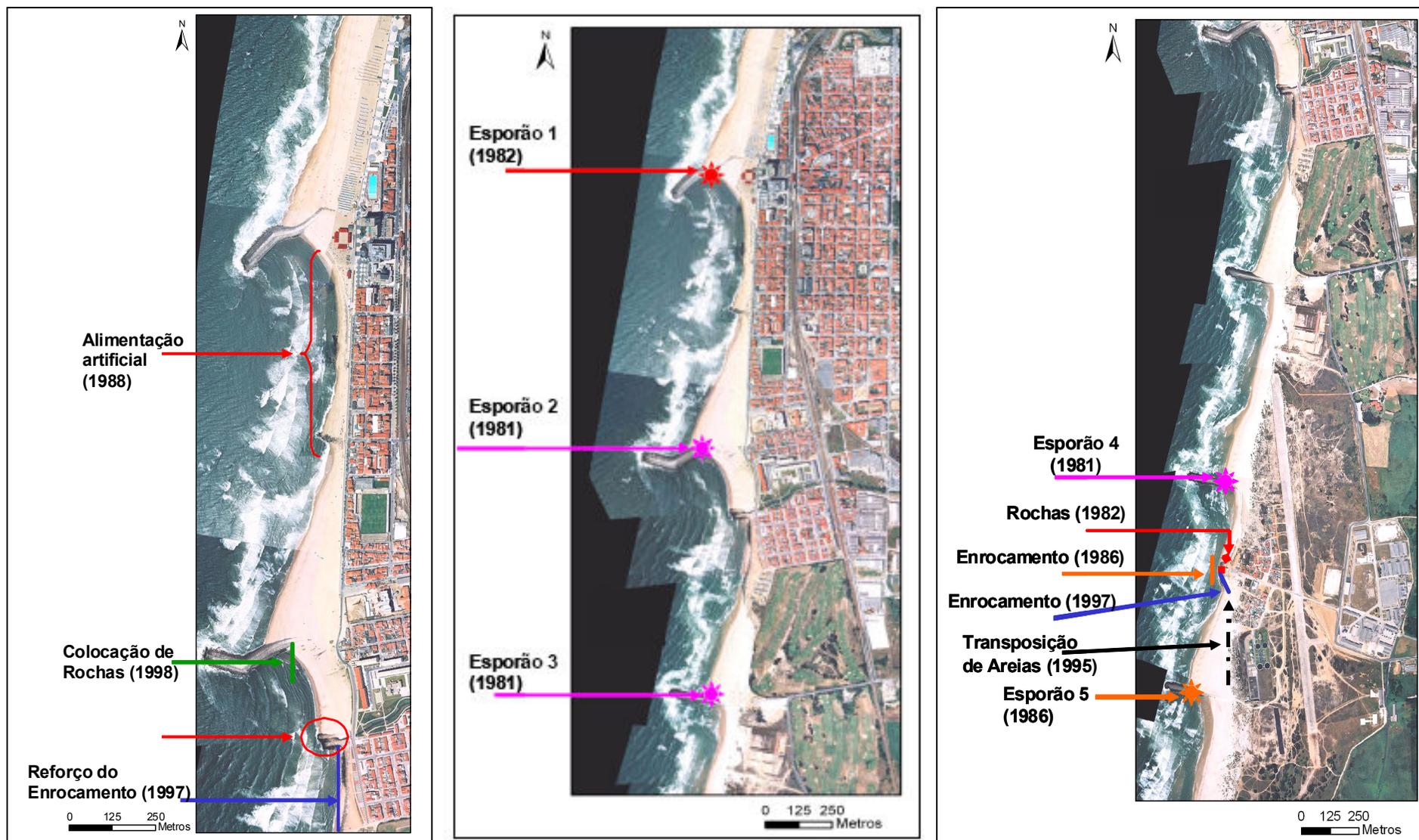


Figura 62 – Síntese das diversas intervenções de protecção da linha de costa no concelho de Espinho-Paramos, durante as décadas de 80 e de 90.

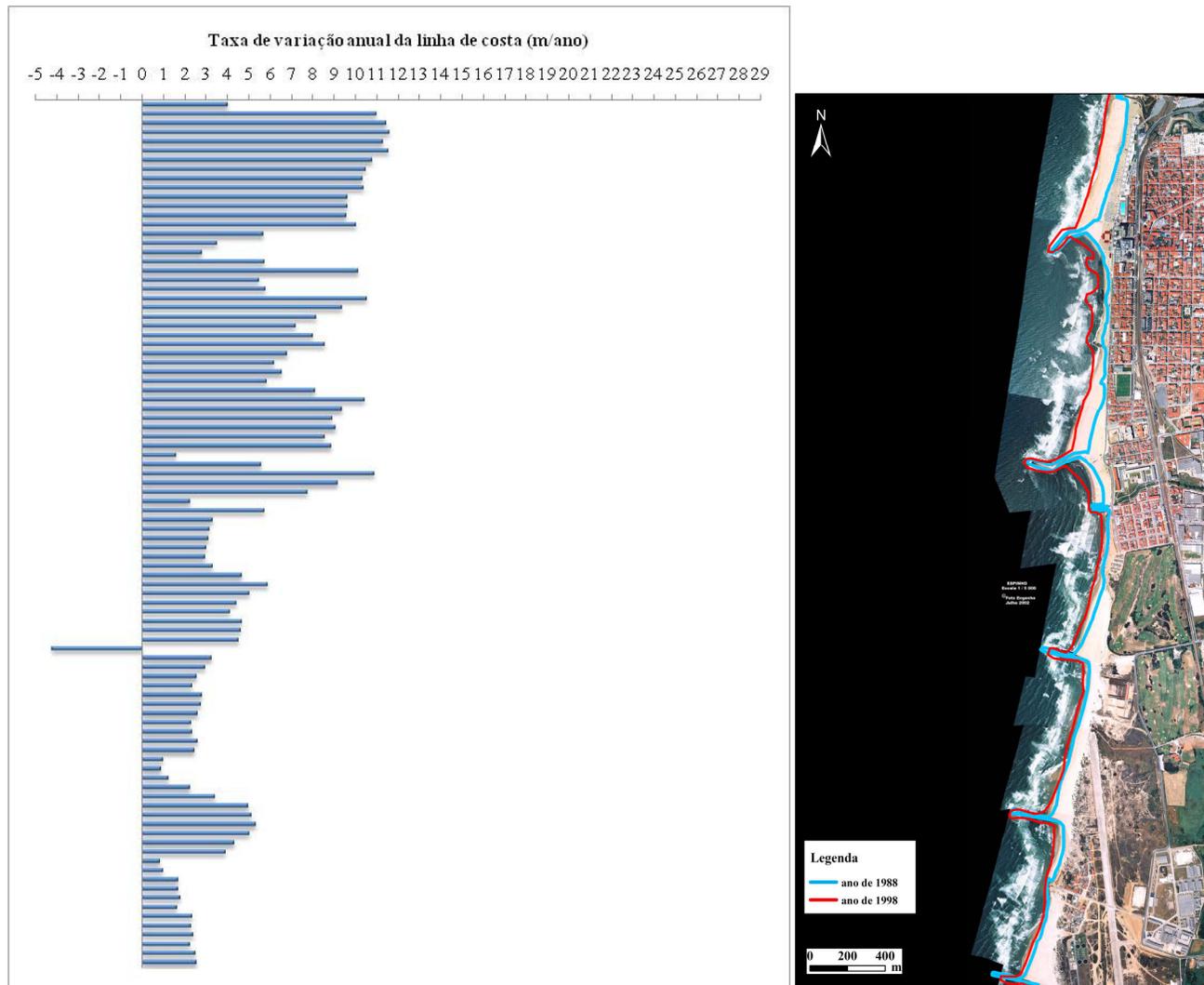


Figura 63 – a) Taxa de variação anual da linha de costa; b) variação da posição da linha de costa no concelho de Espinho-Paramos, no período 1988-1998.

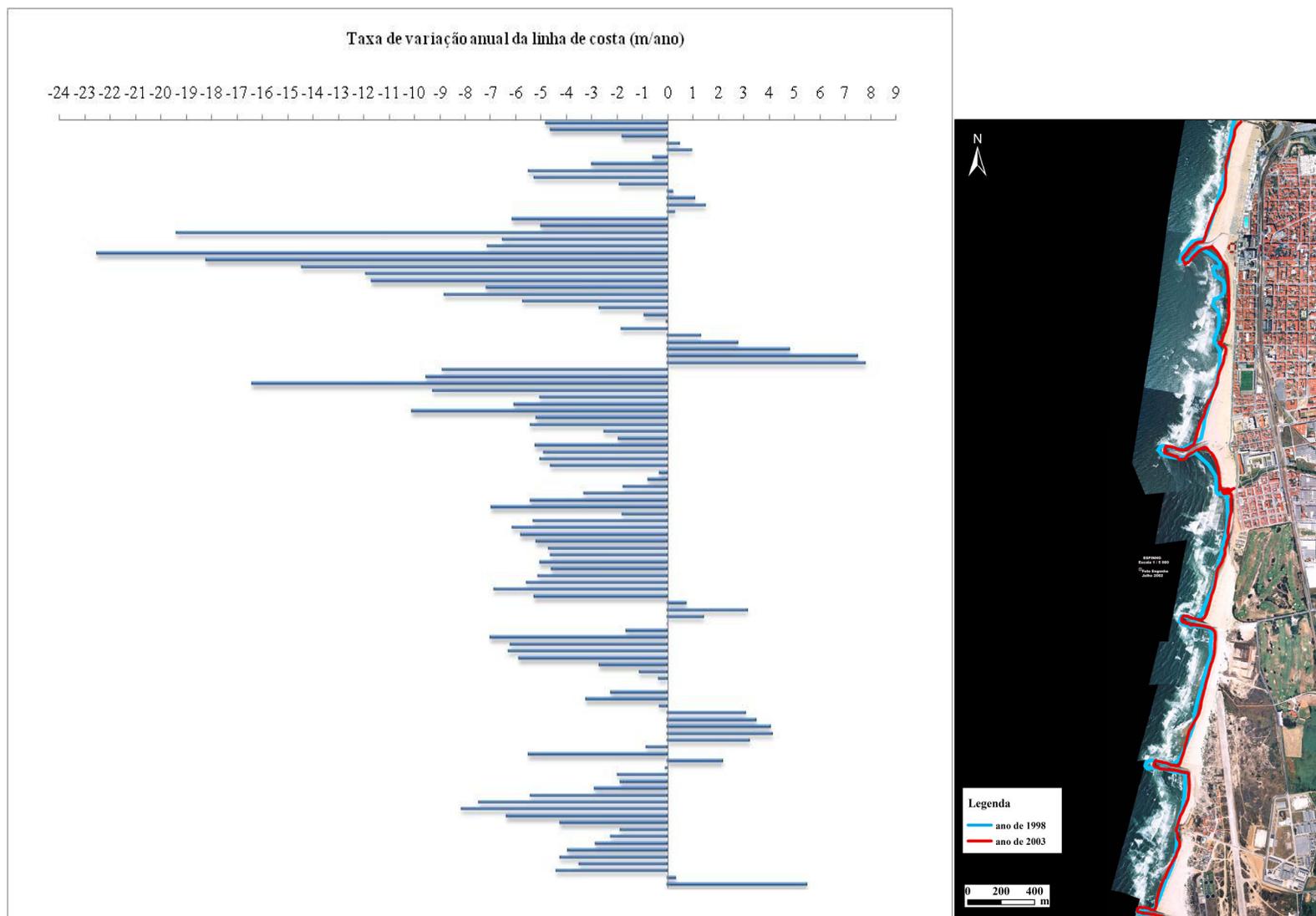


Figura 64 – a) Taxa de variação anual da linha de costa; b) variação da posição da linha de costa no concelho de Espinho-Paramos, no período 1998-2003.

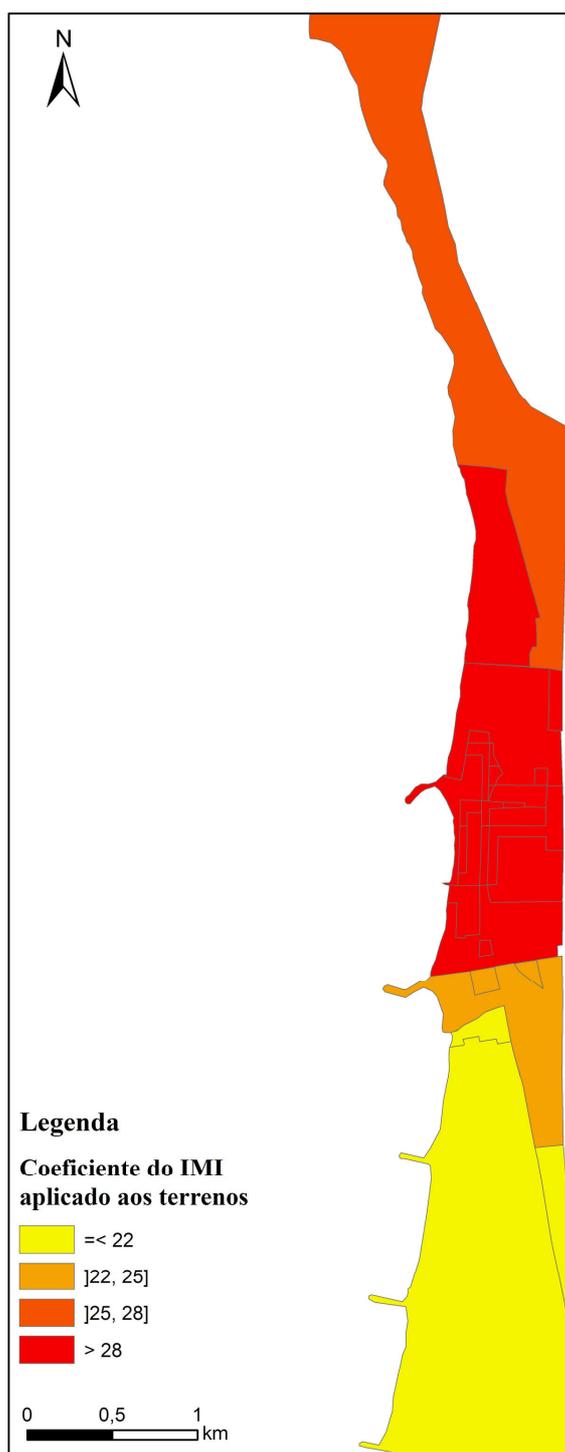


Figura 76 – Distribuição espacial do imposto municipal sobre imóveis.