



Universidade de Aveiro Departamento de Geociências

2014

**Joana Filipa Ferreira
Fernandes**

**Estudo da evolução da linha de costa e riscos
costeiros a norte da Póvoa de Varzim**



Universidade de Aveiro Departamento de Geociências

2014

**Joana Filipa Ferreira
Fernandes**

**Estudo da evolução da linha de costa e riscos
costeiros a norte da Póvoa de Varzim**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Geológica, realizada sob a orientação científica da Dra. Cristina Bernardes, Professora associada do Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro

Aos meus pais.

o júri

presidente

Prof. Dr. Jorge Manuel Pessoa Girão Medina

professor auxiliar do Departamento Geociência da Universidade de Aveiro

Prof. Dra. Cristina Maria de Almeida Bernardes

professora associada do Departamento Geociências da Universidade de Aveiro

Engenheiro Rui Albino Resende de Almeida Pimpão

técnico superior na Câmara Municipal da Póvoa de Varzim

agradecimentos

Grande obrigada à Professora Doutora Cristina Bernardes, minha orientadora, pela disponibilidade, incentivo, ensinamento e enorme paciência, que em conjunto tornaram esta dissertação possível.

À Câmara Municipal da Póvoa de Varzim ao departamento dos serviços pela forma recetiva que me receberam, em especial ao meu coorientador, Engenheiro Rui Pimpão, pela flexibilidade e informação disponibilizada; e ainda à Dra. Susete, pela simpatia, disponibilidade e pelo ensinamento.

Aos meus queridos pais que tornaram a concretização desta etapa da minha vida possível, por nunca desistirem de mim e pelas palavras de apoio.

Ao meu namorado e amigo António Manuel Oliveira pelo carinho, força e apoio que foram muito importantes ao longo de toda esta aventura.

Por fim, mas não menos importante, ao meu amigo Engenheiro José Manuel Castro por me apadrinhar neste projeto e pela força e apoio que me prestou.

Muito obrigada a todos os meus amigos e restante família pelo apoio!

palavras-chave

Aguçadoura, Estela, erosão, linha de costa, vulnerabilidade e risco

resumo

A zona noroeste de Portugal tem sofrido, nas últimas décadas, alterações significativas na morfologia devido a fenómenos erosivos. As mudanças têm-se vindo a agravar com a intensificação da densidade de ocupação urbana no litoral, a degradação dos sistemas dunares e a implementação de obras de defesa costeira. Neste trabalho foi analisada a evolução da linha de costa, entre os anos de 1995 e 2011, nas freguesias de Estela e Aguçadoura localizadas no limite norte do concelho da Póvoa de Varzim. A partir do posicionamento das linhas, obtidas através de fotografia aérea e ortofotomapas, foram determinadas as taxas de erosão e de acreção. Que evidenciaram o predomínio dos processos erosivos em toda a zona costeira estudada. Com base nos dados de 2011, foi realizada uma projeção do posicionamento da linha de costa, para períodos de 5, 10, 15 e 20 anos (anos de 2016, 2021, 2026 e 2031). A projeção, baseada apenas nas taxas médias de erosão/acreção da linha de costa, aponta, para as próximas décadas, um sucessivo recuo em quase todo o setor analisado. Foi, ainda, efetuada uma análise de vulnerabilidade nas duas freguesias; este estudo baseou-se num conjunto de geoindicadores costeiros, cujo grau de influência permitiu diferenciar zonas de maior vulnerabilidade e de risco aos processos erosivos. Os dados mostram que toda a zona costeira é de risco elevado.

keywords

Aguçadoura, Estela, erosion, shoreline, vulnerability e risk

abstract

The northwestern Portuguese coast has been suffering for the last decades, significant changes in morphology due to erosion phenomena. The changes have become aggravated with the increased density of urban settlement on the coast, the degradation of dune systems and the implementation of coastal defense.

This work analyzed the evolution of the coastline, from 1995 and 2011, along the coastal stretch between Estela and Aguçadoura, located at the northern limit of the municipality of Póvoa de Varzim. From the positioning of the shorelines, obtained through aerial photography and orthophotomaps were determined rates of erosion and accretion, which demonstrated the predominance of the erosive processes in the entire coastal area studied. Based on 2011 data, a projection of the position of the shoreline, for periods of 5, 10, 15 and 20 (years 2016, 2021, 2026 and 2031) was performed. The projection, based only on the average of erosion and accretion rates shows for next decades, a successive shoreline retreatment in almost sector analyzed. It was also performed an analysis of vulnerability of the coastal stretch. This study was based on a set of coastal geoindicators, whose degree of influence could differentiate areas of greatest risk and vulnerability to erosion. The data show that entire coastal area is considered as high risk.

Índice

Índice.....	i
Índice de Figuras.....	iii
Índice de Gráficos.....	iv
Índice de Tabelas.....	iv
1. Introdução.....	1
1.1. Estrutura da dissertação.....	2
1.2. Objetivos.....	3
1.3. Metodologias.....	3
2. Revisão da literatura.....	10
2.1. Zona costeira.....	10
2.2. Faixa Costeira.....	11
2.3. Erosão Costeira.....	14
2.4. Risco, Perigo e vulnerabilidade.....	15
3. Trabalhos anteriores.....	16
4. Caraterização da área de estudo.....	22
4.1. Enquadramento geográfico.....	22
4.2. Enquadramento geomorfológico e geológico.....	23
4.2.1. Geomorfologia.....	23
4.2.2. Geologia.....	25
4.3. Enquadramento Meteorológico e Oceanográfico.....	27
4.3.1. Clima.....	27

4.3.2.	Agitação marítima.....	28
4.4.	Recursos Hídricos	29
4.4.1.	Rede de drenagem	29
4.4.2.	Recursos hídricos subterrâneos	30
4.5.	Flora, vegetação e habitats.....	30
4.5.1.	Flora	31
4.5.2.	Vegetação	31
4.5.3.	Habitats	31
4.6.	Ocupação do solo.....	32
4.6.1.	RAN.....	32
4.6.2.	REN.....	33
4.6.3.	Uso urbano.....	34
5.	Resultados	36
5.1.	Evolução histórica da posição da linha de costa	36
5.2.	Taxas de erosão e acreção.....	39
5.3.	Tendência da linha de costa a curto e médio prazo	43
6.	Análise da vulnerabilidade e do risco	46
7.	Discussão dos resultados	49
7.1.	Implicação no planeamento urbanístico	51
8.	Conclusões	54
	Bibliografia	56

Índice de Figuras

Figura 1 - Indicador de linha de costa (Abril, 2014).....	4
Figura 2 - Indicadores utilizados no traçado da linha de costa.....	5
Figura 3 - Representação e relação entre as linhas de costa (a rosa, a azul e a vermelho), os transetos (a preto) e a linha de base (a verde).....	5
Figura 4 - Mapa da área de estudo com os ângulos que a costa faz com o norte cartográfico.....	7
Figura 5 - Área de estudo com a divisão dos troços para a matriz de risco.....	9
Figura 6 - Limites da zona costeira (www.apambiente.pt).....	11
Figura 7 - Representação dos três tipos da costa Portuguesa (Ferreira <i>et al.</i> , 2008).....	12
Figura 8 - Limites utilizados na definição da linha de costa (Henriques, 2007).....	13
Figura 9 - Zona de risco considerada pelo POOC Caminha-Espinho (CMPV, 2008).	18
Figura 10 - Campos de masseira (http://histdocs.blogspot.pt).....	23
Figura 11 - Declives do concelho da Póvoa de Varzim (CMPV, 2006).	24
Figura 12 - Hipsometria do concelho da Póvoa de Varzim (CMPV, 2006).....	25
Figura 13 - Geologia do concelho da Póvoa de Varzim (CMPV, 2006).	27
Figura 14 - Linhas de água e pontos de água do concelho da Póvoa de Varzim, com especial destaque para os ribeiros que nascem/atravessam Aguçadoura e Estela (CMPV, 2006).	29
Figura 15 - Representação das áreas da RAN, REN e as zonas de campos de masseiras (CMPV, 2006).....	33
Figura 16 - Uso do solo no concelho da Póvoa de Varzim (CMPV, 2006).....	35
Figura 17 - Representação da linha de costa de 1995, 2004 e 2011 em Estela. a) zona norte do campo de golfe; b) zona sul do campo de golfe.	37

Figura 18 - Representação da linha de costa de 1995, 2004 e 2011 em Aguçadoura. a) zona norte; b) zona sul.	38
Figura 19 - Erosão do cordão dunar na Aguçadoura (Abril, 2014).	40
Figura 20 - Projeção da linha de costa para 2016, 2021, 2026 e 2031 na freguesia da Estela. a) Zona norte do campo de golf; b) zona sul do campo de golf.	44
Figura 21 - Projeção da linha de costa para os anos de 2016, 2021, 2026 e 2031 para Aguçadoura. a) zona norte, início da freguesia até à desembocadura da ribeira da Barranha; b) zona central, da desembocadura da ribeira da Barranha até à Caturela; c) zona sul, de Caturela até Santo André.....	45
Figura 22 - Mapa de risco de Estela e Aguçadoura; a) delimitação do risco na zona costeira; b) faixa de 500 metros com maior índice de risco.....	48
Figura 23 - Aspeto da marginal protegida por um muro de contenção no limite da alta praia, Aguçadoura (Abril, 2014).	50
Figura 24 - Projeção da linha de costa na área urbana de Aguçadoura para os anos de 2016, 2021, 2026 e 2031. a) zona urbana onde as casas estão imediatamente a seguir à praia; b) área onde há uma pequena duna entre a praia e a urbanização.	53

Índice de Gráficos

Gráfico 1 - Taxas de erosão e de acreção no troço litoral da freguesia da Estela. a) 1995 e 2004; b) 2004 e 2011; c) 1995 e 2011.41

Gráfico 2 - Taxas de erosão e de acreção no troço costeiro da freguesia da Aguçadoura. a) 1995 e 2004; b) 2004 e 2011; c) 1995 e 2011.42

Índice de tabelas

Tabela 1 - Pontuação final obtida em cada troço.47

1. Introdução

As zonas costeiras são ecossistemas únicos e não renováveis à escala humana, pois resultaram de uma longa e lenta evolução. As características do litoral foram e são impostas pela atuação de processos de geodinâmica interna e, por vezes, externa ao longo do tempo geológico (Pereira, 2010). A zona costeira portuguesa é constantemente sujeita a um conjunto de processos de risco, que levam à desregulação do funcionamento natural dos ecossistemas costeiros, à perda de biodiversidade e à erosão costeira. Atualmente, as notícias e os relatos de incidentes ao longo de toda a zona costeira portuguesa são numerosos, nomeadamente os relativos a inundações oceânicas, destruição de habitats e perda de biodiversidade quer ao nível da fauna quer ao da flora (Gonçalves, 2011).

Nas últimas décadas, a erosão costeira tem-se generalizado a nível mundial e no litoral português, com tendência para se agravar junto áreas urbanas. Em 2011, verificou-se que 67% da população portuguesa residia nas regiões litorais. Com o aumento da densidade tem havido grande preocupação com a defesa costeira, devido à diminuição do transporte sedimentar pelas correntes de deriva litoral, aumento da erosão e do recuo da linha de costa, assim como a subida do nível médio do mar (Capelo, 2012).

Os fatores que têm contribuído para o aumento da erosão e conseqüente recuo da linha de costa são: as ações antropogénicas, a destruição das estruturas defensivas naturais através de intervenções pesadas de defesa costeira para a proteção de bens e pessoas e as alterações climáticas. Portanto, está a ocorrer o aumento da vulnerabilidade humana com as dinâmicas costeiras, em especial, a erosão costeira que se traduz no recuo da linha de costa e no estreitamento das praias, colocando as construções num grau de exposição crescente (Basto, 2009).

O conhecimento das taxas de erosão costeira é importante pois permite identificar zonas de risco potencial, permitindo, idealmente, quantificar o tempo de rentabilização de investimentos, assim como, se necessário, levar à deslocalização de pessoas e bens ou ainda à construção de defesas longitudinais aderentes ou destacadas (Pereira, 2010).

Tanto o estudo da vulnerabilidade como o do risco têm uma grande importância, porque associadas a estas análises estão várias conseqüências, tais como, inundações e

galgamentos oceânicos, poluição ambiental e elevada pressão demográfica que contribuem para a degradação da costa (Basto, 2009). Por isso, é necessário definir mapas de risco para que, nas zonas onde é elevado, se tomem medidas para diminuir os impactos nas zonas costeiras e para evitar perdas, quer materiais e até mesmo humanas.

Portanto, é indispensável estabelecer um zonamento da faixa costeira que atende à dinâmica da costa, às erosões generalizadas, à vulnerabilidade e aos riscos naturais induzidos por processos de risco, como é o caso, dos temporais.

1.1. Estrutura da dissertação

Para facilitar a leitura dos conteúdos, este documento foi estruturado em 8 capítulos.

O primeiro capítulo diz respeito à introdução e ao enquadramento do tema, assim como os objetivos e metodologias para este trabalho.

O segundo capítulo destina-se à introdução dos conceitos mais importantes utilizados na realização do estudo.

No terceiro capítulo é efetuado o estado da arte, onde se menciona e se refere alguns trabalhos anteriores importantes e consultados para este trabalho.

No quarto capítulo é efetuado um enquadramento teórico da área de estudo.

O quinto capítulo é a apresentação dos resultados obtidos, neste caso, a evolução da linha de costa, as taxas de erosão/acreção, a tendência da linha de costa a curto e médio prazo (projeções das linhas de costa para os anos de 2016, 2021, 2026 e 2031).

No sexto capítulo é efetuada a análise da vulnerabilidade e do risco para a zona de estudo.

No sétimo é efetuada uma discussão dos resultados com base nos trabalhos anteriores desenvolvidos e mencionados no capítulo três. Estão, ainda, presentes as implicações no planeamento urbanístico.

Por último, no oitavo capítulo são apresentadas as principais conclusões deste estudo.

1.2. Objetivos

Os principais objetivos desta dissertação são:

- Analisar a evolução da linha de costa no troço costeiro das freguesias de Aguçadoura e Estela, concelho da Póvoa de Varzim;
- Determinar as taxas de erosão e acreção no troço considerado;
- Projetar a posição das linhas de costa a curto e médio prazo (5, 10, 15 e 20 anos), bem como as suas implicações no planeamento urbanístico;
- Analisar a vulnerabilidade e risco com vista a delimitar as áreas de maior perigosidade.

1.3. Metodologias

O estudo da evolução das linhas de costa apoiou-se na análise de fotografias aéreas, correspondentes aos anos de 1995, 2004 e 2011, com resoluções no terreno de 1m, 0,25 m e 0,20m, respetivamente. Todas as fotografias foram cedidas pela Câmara Municipal da Póvoa de Varzim e devidamente georreferenciadas num Sistema de Informação Geográfica. Na análise foi utilizado o programa *ArcGis 10.0.2414* e, posteriormente, foi utilizada a extensão *Digital Shoreline Analysis System (DSAS)*.

A georreferenciação é das etapas mais importantes uma vez que irá condicionar todos os resultados nas fases subsequentes. As fotografias já se encontravam georreferenciadas no sistema de coordenadas UTRS89, excetuando as de 1995 que foi preciso reajustar a estas coordenadas. Para este reajuste, foram definidos pontos comuns de controlo a toda a cartografia digital de modo a que a imagem seja ajustada de forma homogénea. Os pontos comuns podem ser esquinas de casas, muros ou equipamentos presentes em toda a cartografia ao longo dos anos. Foram utilizados mais do que 4 pontos comuns, isto porque quantos mais pontos de controlo menor será o erro associado, que podem ser de metros ou mesmo chegar aos milhares de metros.

Após a associação a um sistema de coordenadas, produzindo assim um ortofotomapa, é possível a medição direta de distâncias, áreas e a determinação de posições.

Para a delimitação das linhas de costa, foi necessário criar *shapefiles* com atributos/campos de informação específicos devido às especificações da extensão DSAS.

As linhas de costa são determinadas através de “indicadores” produzidos por limites de estruturas geomorfológicas. A observação e cartografia de indicadores dependem das condições em que a fonte de informação é obtida. Se se utilizar como indicadores a “linha de maré” ou a “linha de preia-mar”, estas irão depender das condições da ondulação e marés no instante em que a fotografia foi tirada.

Outro indicador é a chamada “linha de vegetação” que recua quando o mar invade a zona vegetada. Esta invasão provoca a destruição da camada vegetal cobrindo-a com sedimentos arenosos.

No presente trabalho, e dada a diversidade de situações, a linha de costa foi definida nalguns casos pela “linha de vegetação” (Figura 1).



Figura 1 - Indicador de linha de costa (Abril, 2014).

Noutros foi utilizada a base da duna, devido à ausência de vegetação e, ainda a crista da duna, isto porque estava sobre uma arriba talhada pelo que não tinha nem vegetação nem se observava a base da duna (Figura 2).



Figura 2 - Indicadores utilizados no traçado da linha de costa.

A extensão *DSAS 4.3* permitiu calcular as taxas de erosão e acreção nos períodos de 1995-2004, 2004-2011 e 1995-2011. Inicialmente foi construída uma linha de referência (*baseline*) paralela à linha de costa, a partir da qual se definiram transetos perpendiculares e espaçados de 50 em 50 metros (Figura 3). Utilizando a função *End Point Rate* (EPR) foi possível calcular a distância entre cada linha de costa e a linha de base em cada transeto. Estas distâncias foram calculadas de forma automática pelo programa com um intervalo de confiança de 90% (Silva, 2012).

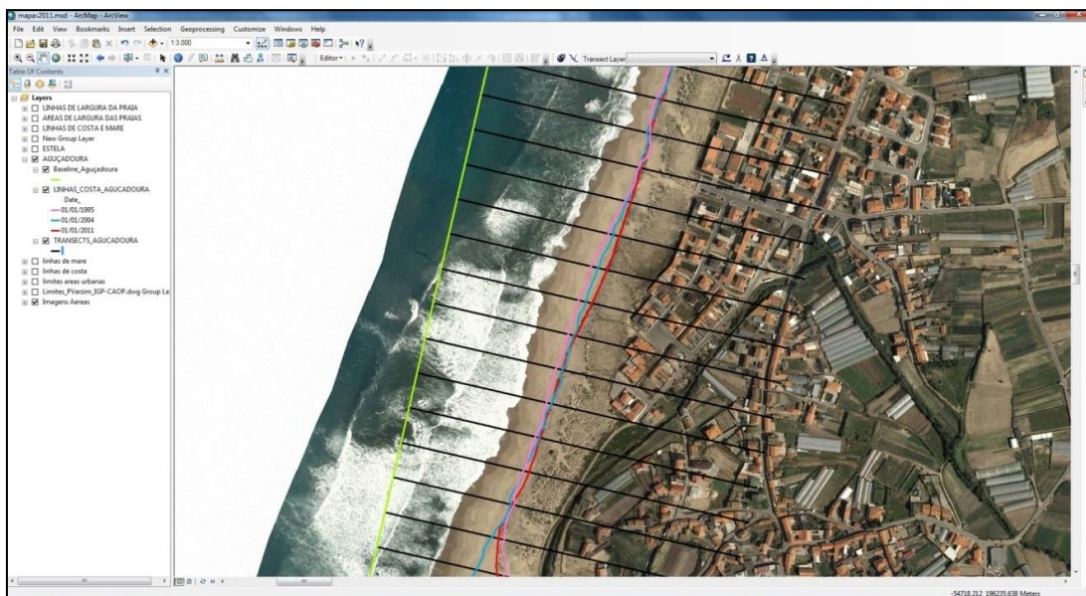


Figura 3 - Representação e relação entre as linhas de costa (a rosa, a azul e a vermelho), os transetos (a preto) e a linha de base (a verde).

Para transformar as distâncias calculadas em taxas de erosão ou acreção por ano é necessário aplicar a seguinte equação:

$$EPR = \frac{q_n - q_1}{p_n - p_1}$$

Onde q_1 é a distância à linha de base da linha de costa inicial; q_n é a distância à linha de base da linha de costa no tempo n ; p_1 é a data da primeira linha de costa; p_n é a data da posição da última linha de costa.

Para a projeção das linhas de costa a curto e médio prazo, foi utilizada a posição da linha de costa de 2011 e as taxas de acreção e erosão entre 1995 e 2011. Estas foram obtidas através da fórmula adotada por Ferreira *et al.* (2006):

$$S_a = S_0 + SER \times a$$

Onde a é o horizonte temporal que se pretende analisar (neste caso, 5, 10, 15 e 20 anos); S_a representa a posição da linha de costa passados a anos; S_0 representa a posição da linha de costa de referência (neste caso é a de 2011); SER é a taxa de erosão/acreção da linha de costa (entre 1995 e 2011).

Contudo haverá sempre erros associados a estes cálculos; a principal limitação é a de não considerar elementos externos como a agitação marítima, o efeito dos temporais, da direção e intensidade do vento, as alterações do nível da água do mar, entre outros que possam alterar a dinâmica sedimentar do local, considerando portanto que todas estas condições se mantêm constantes ao longo do tempo (Maia, 2012).

As projeções foram realizadas a partir da linha de costa de 2011, sendo as taxas de erosão multiplicadas pelo número de anos a projetar. Através do programa DSAS obtiveram-se os pontos de intersecção entre os transetos e a linha de costa de 2011, juntamente com as respetivas coordenadas. A essas coordenadas somou-se as taxas médias já calculadas para os anos a projetar e procedeu-se a uma ligeira rotação dos pontos, devido à costa apresentar diferentes orientações face ao norte cartográfico. Como a costa é irregular, foi necessário dividir a área em 3 troços diferentes consoante o ângulo que esta faz com o norte cartográfico (Figura 4).

Posteriormente, o conjunto de coordenadas obtidas para cada ano foi introduzido no *ArcGis* e projetadas as linhas para os anos de 2016, 2021, 2026 e 2031.

O estudo da vulnerabilidade e do risco baseou-se no trabalho efetuado pela Universidade de Duke (2001).

A análise baseia-se num conjunto de geoindicadores de risco. Estes geoindicadores dizem respeito à avaliação de processos e fenómenos geológicos que ocorrem junto ou à superfície e que variam em períodos de 100 anos.

Consoante a maior ou menor influência, foram atribuídos níveis de influência, (nível 1 - baixa, nível 5 – moderada e nível 10 - elevada).

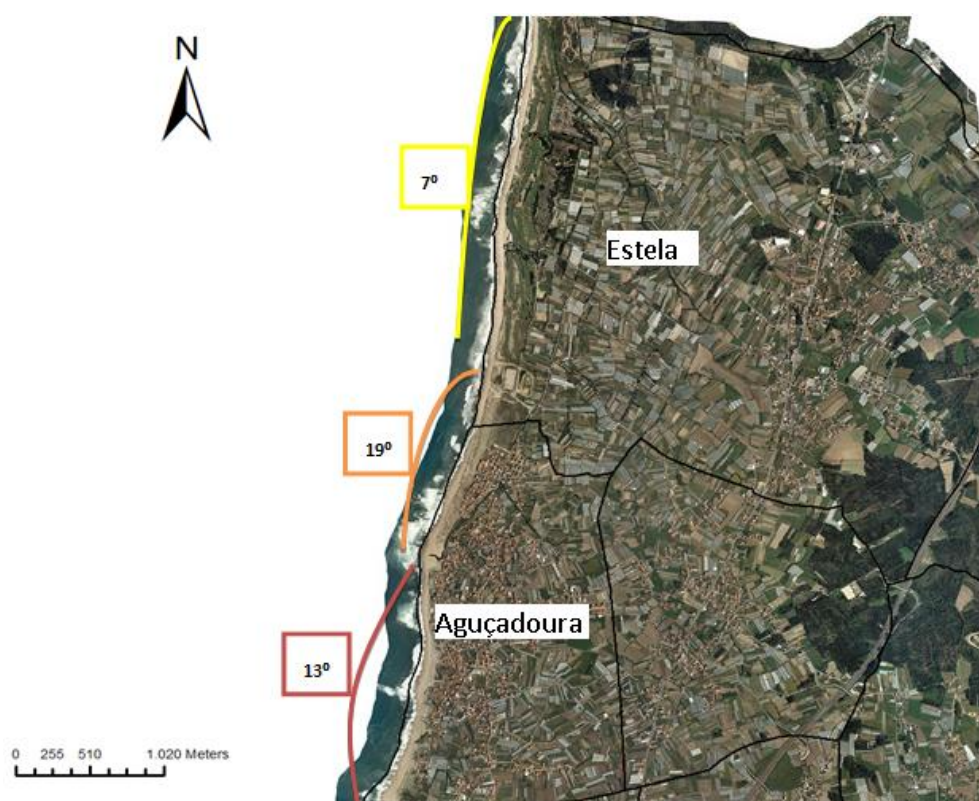


Figura 4 - Mapa da área de estudo com os ângulos que a costa faz com o norte cartográfico.

Os geoindicadores estão relacionados com a topografia (elevação e vegetação), linha de costa (vegetação da duna frontal, altura e tipo de duna frontal, largura da praia, taxa de erosão/acreção, “blowouts”, galgamentos, estruturas de defesa costeira), e interiores ou não relacionados com a linha de costa (uso da terra, tipo de duna interior e estruturas perpendiculares).

A partir destes geoindicadores foi construída uma matriz de vulnerabilidade/risco. Consoante os níveis de influência e os diferentes pesos considerados em cada categoria de geoindicador, a pontuação é normalizada de modo a que a pontuação final varie de 0 a 10.

Os geoindicadores topográficos integram a elevação do terreno e a vegetação.

O grau de influência da elevação irá variar com a frequência em que ocorrem inundações e galgamentos na zona; assim, é considerado como tendo um nível de influência 10, caso o terreno junto à costa apresente elevação inferior a 3 metros e menor caso seja superior a 6 metros.

A vegetação funciona como uma barreira protetora e por essa razão, foram consideradas três situações com níveis de influência distintos, escassa/ausente, arbustiva e densa.

A categoria relativa aos geoindicadores da linha de costa é a mais importante, sendo a de maior peso relativo; integra os seguintes indicadores: altura e tipo de duna frontal, tipo de vegetação dunar, largura da praia, taxas de erosão/acreção, “blowouts”, probabilidade de ocorrência de galgamentos oceânicos e presença de estruturas de defesa costeira.

Para todos os geoindicadores foram definidas características específicas às quais se associaram níveis de influência.

Na categoria dos geoindicadores interiores ou não relacionados com a linha de costa, foram incluídos o tipo de utilização do solo, o estado da duna interior e a presença de estruturas perpendiculares à costa, como é o caso das estradas, caminhos e valas/linhas de água. O uso da terra é um fator importante porque a presença de zonas urbanas constitui uma maior preocupação do que se tiver um campo dunar ou agrícola.

As estruturas perpendiculares são consideradas porque a sua presença facilita a invasão do mar em situação de galgamento oceânico.

Após a avaliação dos vários geoindicadores, se a pontuação final se situar entre 0 e 3, o risco é baixo, entre 3 e 5 o risco é moderado, entre 5 e 7 o risco é elevado, entre 7 e 10 o risco é extremo (Anexo I).

A área de estudo foi dividida em 4 troços, em função da “uniformidade” de características, para efeitos de aplicação da matriz de vulnerabilidade/risco (figura 5).

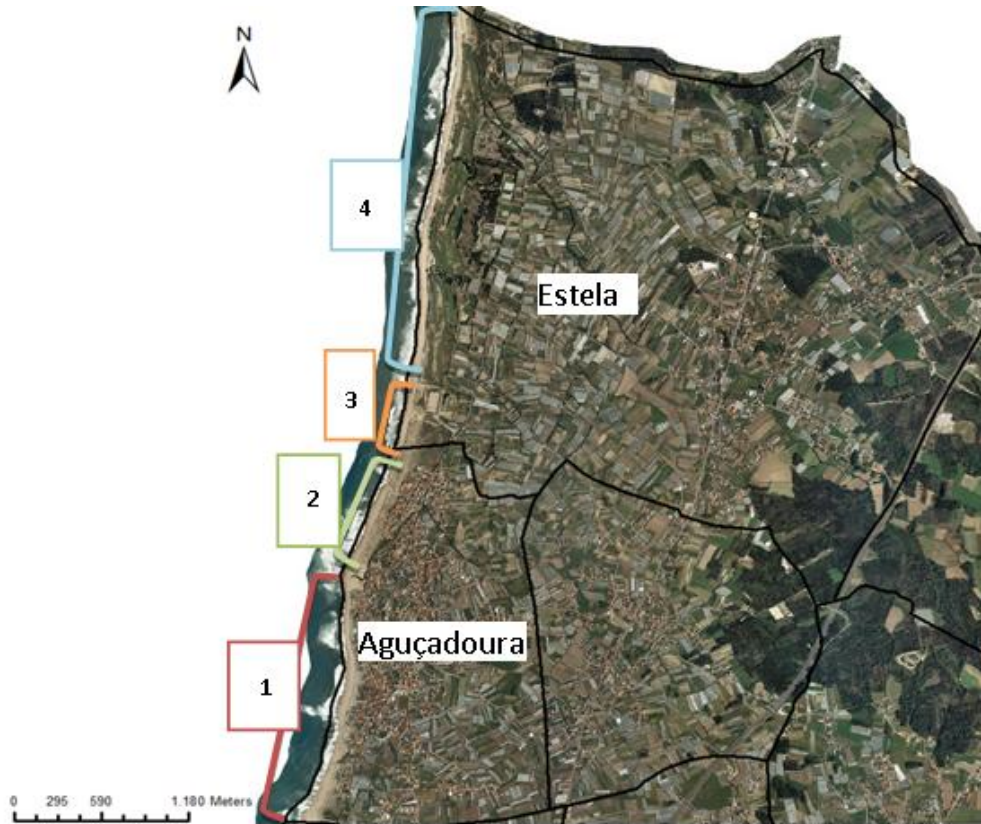


Figura 5 - Área de estudo com a divisão dos troços para a matriz de risco.

2. Revisão da literatura

Neste capítulo serão abordados, de uma maneira geral, os conceitos relacionados com a zona costeira e a faixa costeira e, por último, uma breve descrição sobre a erosão costeira que afeta Portugal continental.

2.1. Zona costeira

Ainda nos dias de hoje não há um consenso quanto à definição de zona costeira e aos seus limites físicos segundo o documento “Bases para a estratégia da gestão integrada das zonas costeiras” (GIZC, 2007), zona costeira é definida como uma porção de território influenciada direta e indiretamente pelo mar (ondas, marés, ventos, biota ou salinidade) e que pode ter, para o lado da terra, largura na ordem dos quilómetros e que se estende, para o lado do mar, até ao limite da plataforma continental.

É importante ter em atenção um conjunto de conceitos que estão associados entre si, nomeadamente, litoral e orla costeira (Figura 6). Litoral é definido como a faixa de território que se situa à beira mar, sendo direta ou indiretamente influenciada pelo mesmo. Esta faixa pode estender-se até centenas de quilómetros para terra e até às 200 milhas náuticas para o lado do mar. Já a zona costeira é a faixa de território, tendo como referência a linha de costa, que se estende até 2 quilómetros para terra e cerca 12 milhas náuticas para mar (MAOTDR, 2007).

Segundo a figura 6 a linha de costa é a fronteira entre a terra e o mar e pode ser materializada pela intersecção do nível médio do mar com a zona terrestre.



Figura 6 - Limites da zona costeira (www.apambiente.pt).

2.2 Faixa Costeira

A faixa costeira ou orla costeira é a porção de território onde o mar exerce diretamente a sua ação, auxiliado pela ação eólica, e que tipicamente se estende para o lado de terra por centenas de metros (500m) e até à batimétrica de -30 metros, para o lado do mar (Figura 6).

Na faixa costeira estão situadas as praias, que se refere à zona litoral coberta por sedimentos cuja granulometria pode variar entre a areia e o cascalho (Baptista, 2006). Na prática, esta definição é pouco precisa perante a necessidade de se proceder à sua delimitação, pelo que se utiliza o termo de praia emersa como sendo o domínio 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, em geral, paralelamente à linha de costa (Basto, 2009).

A definição de linha de costa não é consensual, havendo multiplicidade de definições para este conceito. A linha de costa define-se como o limite de contacto entre a costa, materializada por um cordão dunar frontal ou arriba talhada nas dunas frontais, e a praia. Quando o objetivo se prende com a quantificação da evolução da linha de costa pode usar-se a crista ou a base do cordão dunar frontal como referência para essa avaliação. Essas referências constituem os indicadores de linha de costa (Baptista, 2006).

Segundo Ferreira *et al.* (2008), a linha de costa é diferente ao longo da sua extensão, uma vez que inclui extensas praias de areia apoiada por dunas, costas rochosas com falésias, baías, estuários, lagoas, entre outros. A costa continental portuguesa está classificada consoante três tipos morfológicos principais (praias arenosas, falésias litorais e costas rochosas), sendo que as falésias estão representadas em cerca de 50% da costa, seguidas das praias arenosas com cerca de 40%, enquanto as costas rochosas com cerca de 10% do total (Figura 7).

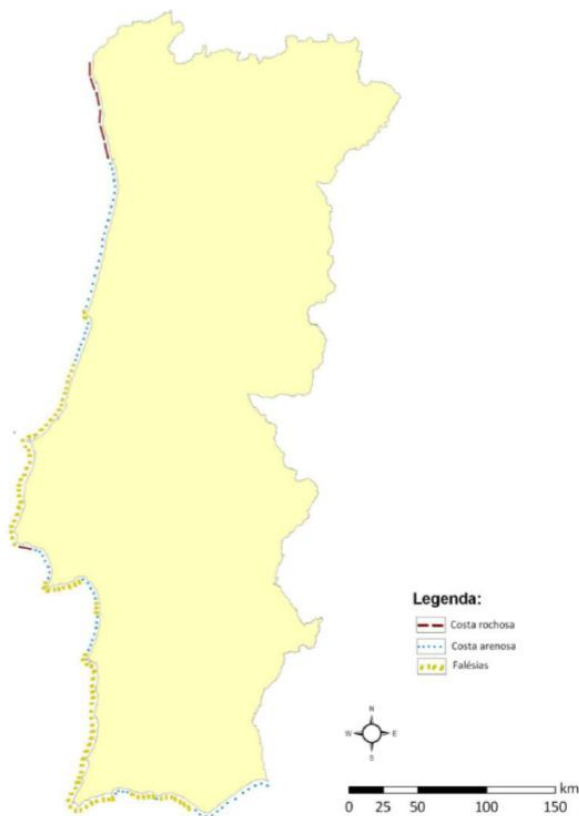


Figura 7 - Representação dos três tipos da costa Portuguesa (Ferreira *et al.*, 2008).

Os indicadores de linha de costa são importantes referências de migração costeira. São usualmente chamados de “linhas” devido a terem uma morfologia próxima da linear e são, geralmente, alinhados paralelamente à costa. Estes indicadores são observáveis, por exemplo, através de fotografia aérea e podem ser dependentes de várias condicionantes no momento de captura da imagem. Por essa razão, a determinação da migração será sensível ao estado da maré, ondulação e condições atmosféricas no momento da captura. As linhas observáveis são, por exemplo, a “linha de água”, a “linha

de preia-mar”, a “linha de vegetação” e a “linha de topo de arriba”, esta última apenas é observável caso exista uma arriba.

A “linha de água” e a “linha de preia-mar” correspondem ao limite seco/molhado ou linha de espraiamento identificável por diferença de tonalidade ou brilho entre a zona molhada e seca da praia. Este indicador apresenta grandes variações, pois a sua visualização depende do estado das marés, dos ventos e da agitação das ondas no momento da captura da fotografia (Henrique, 2007) (Figura 8).

A “linha de vegetação” é o limite identificado em análise de imagem, baseado em diferenças de cor ou brilho entre as zonas vegetadas e não vegetadas da praia. Este é um indicador que requer a presença de vegetação na zona a estudar. Este indicador é mais fiável que o anterior, pois não apresenta tantas variações, uma vez que o crescimento vegetal leva o seu tempo a desenvolver-se (Henrique, 2007) (Figura 8).

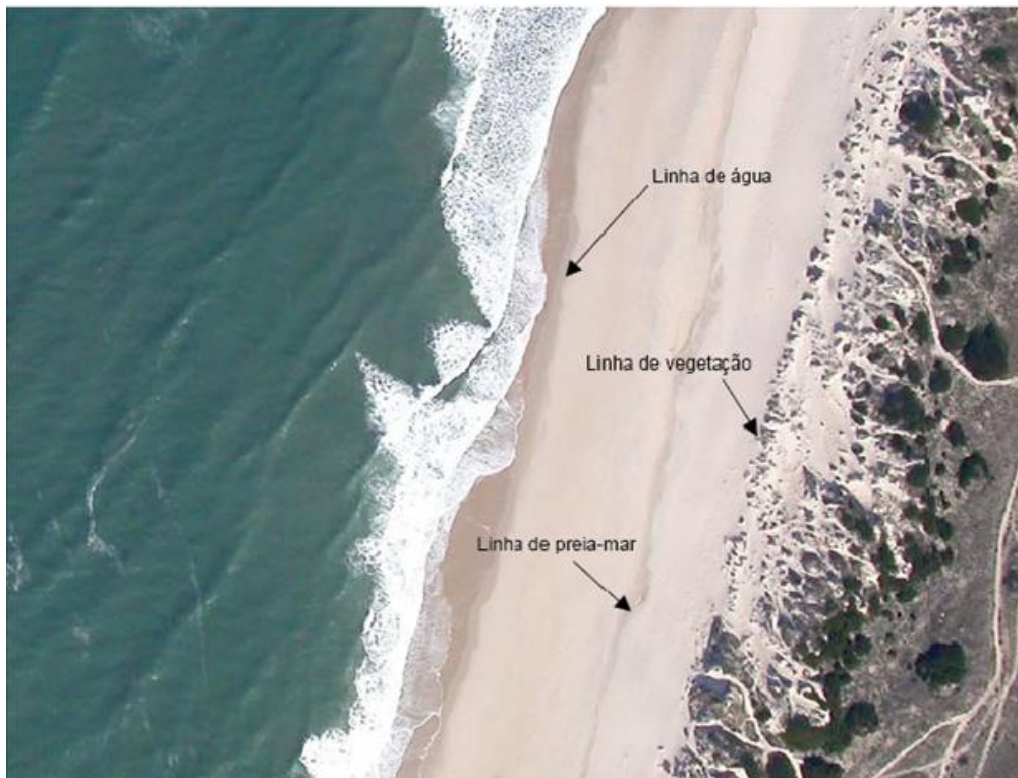


Figura 8 - Limites utilizados na definição da linha de costa (Henriques, 2007).

2.3 Erosão Costeira

A erosão costeira resulta de um conjunto de processos complexos que têm lugar na orla costeira cuja dinâmica envolve escalas temporais muito distintas entre si.

Os principais agentes erosivos são os ventos, as marés e a agitação marinha. Contudo, existem outras causas relacionadas com a origem de processos erosivos recentes (Alveirinho Dias, 1993):

- Elevação do nível médio da superfície oceânica;
- Diminuição da quantidade de sedimentos fornecidos ao litoral;
- Degradação antropogénica das estruturas naturais;
- Alterações induzidas pelas obras pesadas de engenharia costeira, nomeadamente as que são implantadas para defenderem o litoral.

A elevação do nível médio do mar pode relacionar-se com a variabilidade climatológica natural da Terra e com as perturbações induzidas pelas atividades humanas; a elevação acontece devido ao aumento do volume de água que é induzido pelo aumento da temperatura atmosférica causando, assim, a expansão térmica do oceano.

Os impactos no litoral causado pela elevação do nível médio das águas do mar são diversificados, entre muitos estão: a salinização dos aquíferos costeiros; o aumento da frequência e intensidade das inundações e dos danos provocados pelas tempestades; o assoreamento de lagunas e de estuários; a erosão de praias e arribas.

A diminuição da quantidade de sedimentos está relacionada às muitas atividades humanas em zonas ribeirinhas ou no interior, das quais se destacam as barragens, as dragagens e a extração de inertes.

A degradação antropogénica das estruturas naturais de defesa (dunas ou arribas), que constituem as melhores defesas contra o recuo da linha de costa, onde a sua progressiva destruição devido a ações antropogénicas (práticas agrícolas, pisoteio, corredores eólicos, ocupação urbana e exploração de areias) propiciam a fragilidade do sistema dunar como barreira natural, facilitando galgamentos oceânicos, destruição da vegetação para retenção de areias e inundações de terrenos.

As obras pesadas de engenharia criam desequilíbrios locais, causando perturbações nos trechos costeiros em que são inseridas.

2.4. Risco, Perigo e vulnerabilidade

A análise do risco de uma determinada zona deve ser contemplada como o produto de três fatores de risco: $\text{Risco} = \text{Vulnerabilidade} \times \text{Exposição} \times \text{Perigosidade}$, em que i) a vulnerabilidade exprime a suscetibilidade de determinada zona do litoral ser afetada pelo evento; ii) a exposição representa o conjunto de pessoas e bens expostos a um perigo natural; no presente caso, traduz o número de pessoas e bens potencialmente afetados pelo efeito do fenómeno; iii) a perigosidade refere-se ao produto da intensidade do fenómeno pela sua probabilidade de ocorrência (APA, 2012).

É esperado que a erosão, a frequência e intensidade de inundações costeiras aumentem no futuro, devido aos impactos das alterações climáticas, em particular nos troços de maior vulnerabilidade, como é o caso dos sistemas de praia/duna deficitários em areia.

Existem alternativas para gerir o risco, que podem ser consideradas individualmente ou combinadas, e que contemplam:

- a) A eliminação da possibilidade da situação de risco ocorrer; pode ser realizada através da remoção/anulação da fonte de perigo ou através da deslocação de potenciais vítimas (pessoas e bens).
- b) A redução do risco, que envolve a diminuição da probabilidade para que o risco ocorra, as suas consequências ou a combinação de ambos.
- c) O desenvolvimento de planos estratégicos ou de atuação, permitindo providenciar diferentes tipos de respostas em função das ocorrências futuras, e de monitorização com o objetivo de desencadear ações ou respostas de acordo com a estratégia previamente definida.
- d) A aceitação do risco, em situações em que o risco pode ser considerado aceitável porque i) é pouco provável que ocorra; ii) o seu impacto é baixo; iii) a combinação do impacto e probabilidade é baixa; iv) a análise custo/benefício demonstra que é mais vantajoso aceitar o risco.

A estratégia para gestão do risco no litoral deve ser ajustada convenientemente ao contexto geológico e morfológico da faixa costeira e ao padrão de ocupação e usos nela existente. A opção por uma ou outra aproximação deve ser assentar no conhecimento disponível, decorrente de estudos técnicos prévios e da experiência acumulada, dos resultados das ações de monitorização já desenvolvidas e em curso em alguns troços costeiros, e ainda, crescentemente, em análises de custo/benefício (APA, 2012).

3. Trabalhos anteriores

Relativamente à cidade da Póvoa de Varzim existem alguns estudos realizados sobre a erosão costeira, os seus riscos, a mitigação dos seus efeitos e sobre a vulnerabilidade e risco associados à zona, Araújo *et al.* (1997), Santos *et al.*, (2002), Lemos (2004), Coelho *et al.* (2006) e Fonseca (2010).

Araújo *et al.* (1997) desenvolve perfis para estudar a erosão das praias entre as Caxinas (Vila do Conde) e a Póvoa de Varzim. No trabalho de Santos *et al.*, (2002), um projeto protagonizado pela SIAM, é um estudo feito às alterações climáticas onde são analisados os impactos dessas alterações e, por isso, é analisado o risco associado à zona costeira portuguesa, estando, assim, incluído o concelho da Póvoa de Varzim. Lemos (2004) aponta os riscos naturais a que o concelho está sujeito assim como, a sua evolução urbana. Coelho *et al.* (2006) descreve a vulnerabilidade do concelho e constrói uma matriz de vulnerabilidades. Por fim, Fonseca (2010) estuda a evolução das linhas de costa entre 1986-2004 e faz ainda uma pequena projeção até 2014. Este autor estuda a variação na área do areal mas apenas engloba a freguesia de Aguçadoura.

Na área em estudo existem alguns planos de ordenamento que condicionam as ações sobre a zona costeira nomeadamente, o Plano de Diretor Municipal (PDM), o Plano de Ordenamento da Orla Costeira Caminha-Espinho (POOC Caminha-Espinho), Plano de Urbanização (PU) e o Plano de Urbanização de Aguçadoura (PUA). Atualmente, encontra-se em fase de concurso, a revisão do POOC (2ª geração) e o PDM.

Plano de Ordenamento da Orla Costeira (POOC)

O Plano de Ordenamento da Orla Costeira Caminha-Espinho foi aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 25/99, de 7 de Abril e alterado pela Resolução de Ministros n. 154/2007, de 2 de Outubro. Nesta alteração foram definidos os seguintes objetivos:

- Avaliar a classificação das praias tendo em conta as alterações decorrentes de investimentos em infraestruturas de saneamento básico, acessos, parques de estacionamento, demolições e requalificação do espaço público envolvente;

- Ponderar a classificação das áreas com aptidão balnear não sujeitas a planos de praia e, eventualmente, abrangê-las em plano de praia a elaborar;
- Avaliar as tipologias e dimensões dos apoios de praia e dos equipamentos com funções de apoio de praia previstos à luz das características e necessidades atuais;
- Ponderar a alteração de disposições regulamentares que se encontram desadequadas relativamente à situação atual.

O POOC delimita para todo o aglomerado urbano, numa faixa de 500m, uma unidade operativa de planeamento e gestão – UOPG n. 5 a promover pela Câmara Municipal da Póvoa de Varzim em articulação com o INAG, I.P., entretanto englobado na Agência Portuguesa do Ambiente (APA).

A unidade operativa de planeamento e gestão (UOPG) tem como objetivos:

- Compatibilizar as funções tradicionais e os novos usos urbano-turísticos;
- Valorizar o espaço urbano;
- Salvar uma atividade característica da orla costeira;
- Qualificar os equipamentos de apoio à praia.
- Avaliar a classificação das praias tendo em conta alterações decorrentes de investimentos em infraestruturas de saneamento básico, acessos, parques de estacionamento, demolições e requalificação do espaço público envolvente;
- Ponderar a classificação das áreas com aptidão balnear, não sujeitas a planos de praia e, eventualmente, abrangê-las em plano de praia a elaborar;
- Avaliar as tipologias e dimensões dos apoios de praia previstos à luz das características e necessidades atuais;
- Ponderar a alteração de disposições regulamentares que se encontravam desadequadamente relativamente à situação atual.

As situações críticas que resultam de ações antrópicas poderão ser minimizadas com intervenções de valorização e proteção dos sistemas dunares associados à regulamentação da dinâmica de circulação nas zonas balneares, sendo que nalguns casos deverão ser completadas com intervenções de defesa e proteção costeira.

Segundo o documento, o transporte litoral real é inferior ao transporte litoral potencial dada a escassez de fontes aluvionares existentes. Este facto conduz a problemas de

erosão que se registam em praticamente toda a extensão de costa entre Caminha-Espinho. Em algumas praias registam-se elevados níveis de erosão e noutras, apesar dos valores de erosão ainda não serem críticos, será natural que se venham a agravar (dependendo do clima de agitação marítima, do transporte sedimentar longitudinal, da frequência de temporais e do período de recorrência das grandes tempestades), podendo conduzir à necessidade de reavaliação de situações a médio prazo.

Quanto à erosão costeira no trecho da praia da Estela e a praia de Santo André, denota-se, no caso da Estela, que a falta de barreiras naturais de proteção obriga a frequentes intervenções de emergência. A duna frontal tem registado erosão, formando arribas talhadas na duna, com tendência a evoluir para o interior. Foram efetuadas diversas intervenções, como a utilização de sacos de areia e operações de ripagem/reperfilamento da praia (remobilização da areia, por meios mecânicos, para a alta praia), estando a ser equacionadas hipóteses de realocização do campo de golfe.

Mais a sul, há graves problemas nas masseiras de Aguçadoura, onde foi necessário construir uma obra de proteção aderente para fazer face aos problemas de erosão.

Na parte norte da praia da Aguçadoura, a duna ainda apresenta uma dimensão razoável, mas a base começa a ser atingida pela ação do mar e, além disso, a praia tem pouca largura. A sul da Aguçadoura até Santo André a praia caracteriza-se por ser estreita. Na zona mais a sul, existem casas sobre a duna e uma pequena obra aderente, enrocamento, para proteção. A sul deste local, toda a estrada marginal está sobre dunas. Por estas razões, o POOC considerou toda a zona costeira de Aguçadoura como uma zona de risco onde prevê a elaboração de um PMOT (Figura 9).

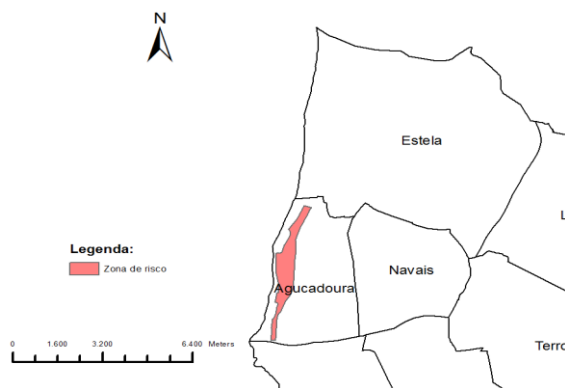


Figura 9 - Zona de risco considerada pelo POOC Caminha-Espinho (CMPV, 2008).

Plano Diretor Municipal (PDM)

O Plano Diretor Municipal foi ratificado pela resolução de Conselho de Ministros n.91/95 e publicado em Diário da República, 1ª série – B, n. 220, de 22/09/95, encontrando-se em vigor desde essa data. No entanto, foi excluída da ratificação a possibilidade de edificação de novas construções nas “áreas a consolidar” e nas “áreas de transição” que se localizam entre o limite norte da freguesia de Aguçadoura e o limite sul da freguesia de A Ver-o-Mar, numa faixa de 500m a contar da linha de máxima preia-mar de águas vivas e equinociais.

Este plano define o ordenamento do concelho com base em classes e categorias de espaço para as quais estabelece os indicadores e regras de intervenção. Salienta-se ainda que se encontra em processo de revisão.

Este plano tem vindo assumir algumas decisões importantes na política municipal. Ao nível dos aspetos metodológicos pode dizer-se que partiu de um enquadramento de intenções relativamente claras e de um conjunto de condicionantes bem definidas das quais se destacam a estabilidade das decisões sobre a rede viária nacional no que elas afetam o concelho da Póvoa de Varzim ou a delimitação da Reserva Agrícola Nacional, a qual passou a constituir nas suas grandes linhas uma referência clara para o processo de ordenamento.

O PDM tem como principais prioridades:

- Complementar os estudos do tráfego efetuados pelos pelouros;
- Ordenamento e regulamentação dos espaços históricos da cidade;
- Orientações e limites formais dos espaços reservados ao crescimento.

Segundo o Regulamento do PDM, “todas as ações de licenciamento de construção, reconstrução, recuperação, alteração de uso, destaque de parcelas, loteamento, obras de urbanização e qualquer outra ação que tenha por consequência a ocupação e transformação do revestimento ou do relevo do solo, ficam sujeitas à legislação geral em vigor, apoiadas na Carta Atualizada de Condicionantes e Carta de Ordenamento que fazem parte deste regulamento”.

Plano de Urbanização (PU)

O Plano de Urbanização define o regime de uso do solo na área abrangida, assim como a organização da mesma.

Este Plano deverá aprofundar e concretizar os seguintes objetivos programáticos:

- Compatibilização das funções tradicionais com os novos usos urbano-turísticos;
- Valorização do espaço urbano;
- Salvaguarda das atividades características da orla costeira;
- Qualificação dos equipamentos de apoio à praia e áreas de receção.

Plano Urbanização de Aguçadoura (PUA)

Devido a toda a área costeira de Aguçadoura ter sido considerada uma área de risco pelo POOC, foi necessário criar um plano de urbanização para Aguçadoura.

Este plano definirá a estrutura urbana, o regime de uso dos solos de Aguçadoura e os critérios de transformação do território.

A área de intervenção do PUA corresponde ao perímetro urbano da freguesia de Aguçadoura, cerca de 222 hectares.

O PUA deve focar-se sobre os seguintes pontos (CMPV, 2012):

- A definição e caracterização da área de intervenção identificando os valores culturais e naturais a proteger;
- A conceção geral da organização urbana, a partir da qualificação do solo, definindo a rede viária estruturante, a localização de equipamentos de uso e interesse coletivo, a estrutura ecológica, bem como o sistema urbano de circulação de transporte público e privado e de estacionamento;
- A definição do zonamento para localização das diversas funções urbanas;
- A adequação do perímetro urbano definido no plano diretor municipal em função do zonamento e da conceção geral da organização urbana definidos;
- O traçado e o dimensionamento das redes de infraestruturas gerais que estruturam o território;

- Os critérios de localização e de inserção urbanística e o dimensionamento dos equipamentos de utilização coletiva;
- As condições de aplicação dos instrumentos da política de solos e de política urbana previstos na lei, em particular os que respeitam à reabilitação urbana e à reconversão urbanística de áreas urbanas degradadas;
- Os indicadores e os parâmetros urbanísticos aplicáveis a cada uma das categorias e subcategorias de espaços;
- A delimitação e os objetivos das unidades e subunidades operativas de planeamento e gestão e a estruturação das ações de perequação compensatória;
- A identificação dos sistemas de execução do plano.

4. Caraterização da área de estudo

O concelho da Póvoa de Varzim integra-se na área Metropolitana do Porto tem como limites o concelho de Esposende a norte, Barcelos a nordeste, Vila Nova de Famalicão a este, Vila do Conde a sul e o oceano Atlântico a oeste.

Ocupa uma área de 8224 hectares distribuídos por doze freguesias: A Ver-o-Mar, Aguçadoura, Amorim, Argivai, Balazar, Beiriz, Estela, Laúndos, Navais, Póvoa de Varzim, Rates e Terroso. Conta ainda com cerca de 60000 habitantes.

O presente trabalho incide sobre duas freguesias que apresentam um maior risco de erosão da orla costeira, nomeadamente Aguçadoura e Estela.

4.1. Enquadramento geográfico

A Aguçadoura tem uma área de 3,63km² e 4257 habitantes e situa-se a 6 Km da Póvoa de Varzim. Encontra-se limitada, a norte, pela freguesia de Estela, Navais a nascente e A Ver-o-Mar, a sul. Possui uma costa de cerca de 3km, de onde se destacam as seguintes praias: Praia de Santo André, da Cordicheira e da Barranha.

Desde sempre que a principal atividade económica em Aguçadoura é a agricultura, isto devido aos férteis campos de Masseur. Estes campos consistem numa cova larga e retangular nas largas praias e arenosas da região. Nos cantos da cova, conhecidos como os “quatro vales”, são cultivadas vinhas, de forma a proteger a área central da areia lançada pelo vento do norte, as uvas são amadurecidas pelo calor da areia produzindo assim bom vinho. Ao contrário do que se poderia supor, no fundo da cova encontra-se água doce, e tudo pode ser cultivado; porém, são necessárias grandes quantidades de água e de sargaço, que este último, depois de devidamente seco é utilizado como fertilizante nos terrenos (Figura 10).

A freguesia da Estela está localizada a 7 Km da Póvoa de Varzim, tem 11,54km² de área e 2315 habitantes. A norte faz fronteira com os concelhos de Esposende e Barcelos, a nascente com a freguesia de Laúndos, a sul com Aguçadoura e Navais, a sudeste com A Ver-o-Mar, Amorim e Terroso.



Figura 10 - Campos de masseira (<http://histdocs.blogspot.pt>).

A Estela é uma das zonas mais dinâmicas a nível turístico do concelho da Póvoa de Varzim, e aí localizam-se o campo de golfe, o campo de campismo e unidades hoteleiras.

A Estela tem também uma grande atividade na agricultura, nomeadamente em campos de Masseira, tal como acontece em Aguçadoura.

4.2. Enquadramento geomorfológico e geológico

4.2.1. Geomorfologia

Aguçadoura e Estela, tal como o resto da faixa costeira do concelho, foram afetadas por efeitos de erosão marinha, dando assim origem a extensas praias, ainda com vestígios de depósitos de praias antigas e, pontualmente, depósitos de aluvião (Fonseca *et al.*, 2011).

A costa arenosa é em geral aplanada, apresentando declives inferiores a 5%, e morfologicamente muito uniforme, devido ao predomínio dos maciços dunares pouco

altitude. Denota-se a crescente altitude quando se desloca da zona costeira para o interior do concelho (Figura 12).

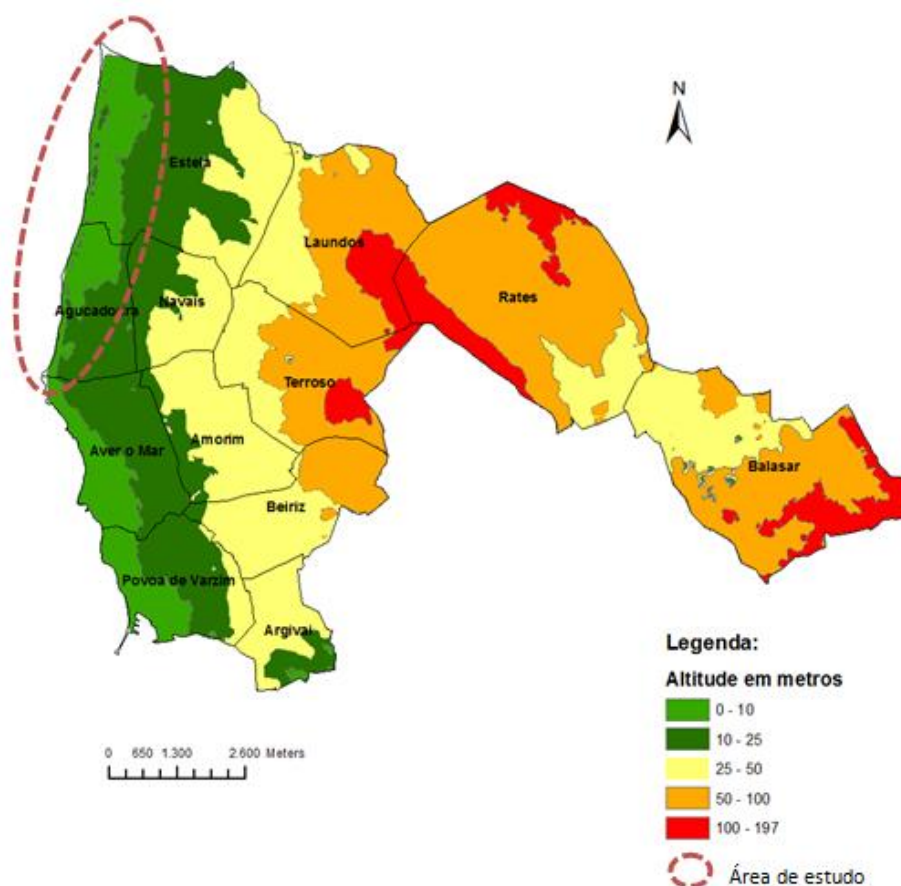


Figura 12 - Hipsometria do concelho da Póvoa de Varzim (CMPV, 2006).

4.2.2. Geologia

O concelho da Póvoa de Varzim encontra-se integrado na unidade morfoestrutural do maciço Hespérico, mais precisamente na unidade geotectónica distinta designada por Zona Centro Ibérica (ZCI).

A descrição da geologia baseia-se no trabalho de Fonseca (2010).

Relativamente às litologias que afloram na região, a mais antiga, está representada pelo Complexo Xisto-Grauváquico. Define-se a mancha de Laúndos-Estela, que começa na

região de Rates e se alarga progressivamente para noroeste, desaparecendo na região costeira sob uma espessa cobertura de depósitos de praias antigas (espessura de 30-40 metros) e areia de duna (Figura 13).

Esta unidade encontra-se limitada, a sul, pelos granitos de Santo André que, por sua vez, são parcialmente cobertos por depósitos de praia antiga. Junto à capela de Santo André, o granito forma grandes blocos. Para o interior do concelho a rocha mostra-se muito alterada, transformada em saibro. Estes granitos são porfiróides, que resulta da presença de grandes cristais de feldspato, principalmente potássico, quase sempre pertitzado.

Paralelamente aos xistos e grauvaques, e no sentido NO/SE, estão presentes os quartzitos com Bilobites e conglomerados intercalados de idade Ordovícica. Caminhando ainda mais a nordeste, estão presentes os xistos argilo-micáceos, grés micáceos, que por vezes são quartzíticos que poderão ter a presença de fósseis. Estas rochas têm idade Devónica. Entre estas duas últimas unidades estão presentes bancadas compactas de conglomerados silicificados de idade Carbónica. Estas unidades estão cobertas com depósitos de praias antigas e ainda areias de duna (Figura 13).

O Silúrico está ausente na região.

O Devónico está pouco representado na área de estudo, encontrando-se sobretudo a nordeste. É caracterizado pela presença de xistos argilo-micáceos, grés micáceos, por vezes quartzíticos, onde poderá ocorrer a presença de alguns fósseis.

Estes materiais são recobertos por depósitos do Quaternário, que incluem depósitos de praias antigas e terraços fluviais, do Pleistocénico, depósitos de aluviões e areias de duna de idade holocénica (Teixeira & Medeiros, 1965).

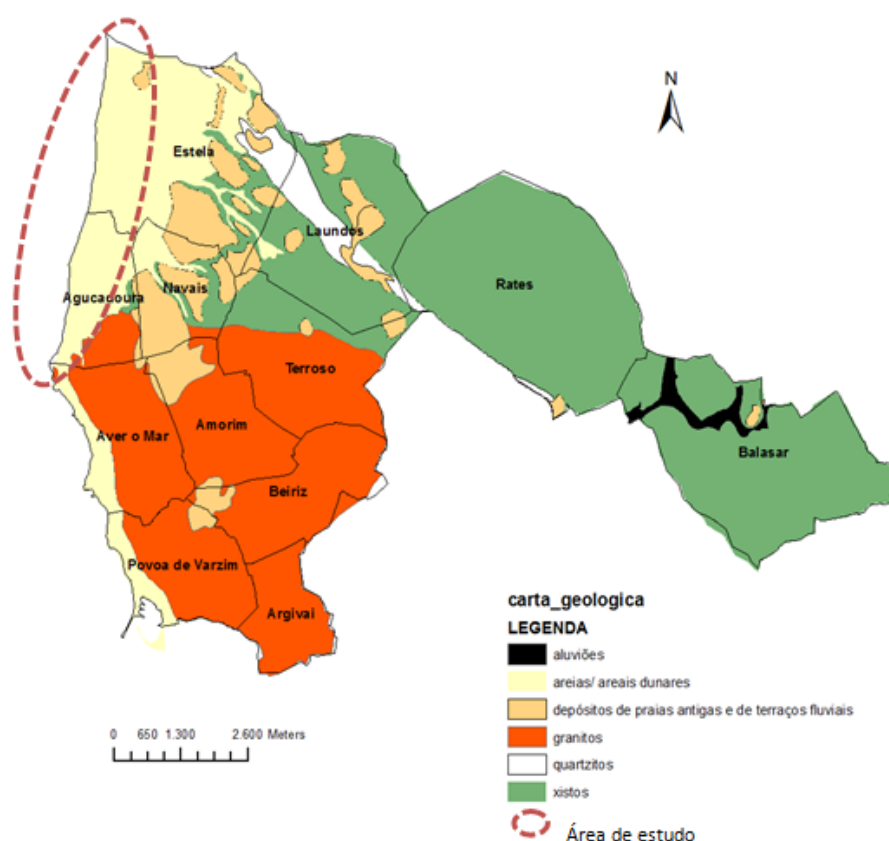


Figura 13 - Geologia do concelho da Póvoa de Varzim (CMPV, 2006).

4.3. Enquadramento Meteorológico e Oceanográfico

4.3.1. Clima

O clima no concelho da Póvoa de Varzim está condicionado pela proximidade ao Atlântico. A influência do mar é bem evidente nas temperaturas amenas, na existência de uma humidade relativa elevada e de chuvas abundantes. As elevações do terreno comportam-se como uma barreira de condensação face aos ventos oceânicos húmidos que são determinantes no contraste do clima no concelho. Contudo, a componente mediterrânea do clima ainda se faz sentir por uma diminuição acentuada e mesmo interrupção em alguns anos das precipitações nos meses de Verão (CMPV, 2012).

A temperatura média anual é de 13,8°, com amplitude térmica anual de 8.5°.

No Inverno, a temperatura está dependente das nortadas e do vento NE, que provocam um acentuado arrefecimento. A precipitação é abundante e os temporais que assolam a costa são originados por depressões atmosféricas. Os nevoeiros vêm do interior. Contudo, com a chegada da Primavera, a temperatura torna-se mais acolhedora.

O Verão é a estação mais seca do ano. A massa de ar quente e húmida, arrastada pelos ventos marinhos de sul e oeste dão origem ao nevoeiro que se instala apenas na zona costeira, especialmente na parte da manhã.

As precipitações médias anuais variam de 1000 a 1250 mm sendo as precipitações no período de Maio a Setembro de 200 a 240 mm (CMPV, 2012).

Nesta zona predomina o vento proveniente do quadrante norte com uma velocidade média de 12,4 km.h⁻¹.

4.3.2. Agitação marítima

A zona objeto de estudo insere-se num setor com características altamente energéticas. A costa é de tipo mesomareal ou seja, a onda de maré possui uma altitude máxima em torno dos 4m. A maré tem uma regularidade semidiurna, sendo que a onda da maré evolui de sul para norte na costa ocidental, partindo do ponto anfidrómico da Madeira, e o ciclo de maré ronda as 12 horas e 30 minutos (Ferreira, 1993).

A intensidade da ondulação é patente na altura das ondas, em que 85% do ano são superiores a 1 metro e 5% superiores a 4 metros. A ação conjunta de centros de baixas pressões, situado a noroeste da Europa, e das superfícies frontais frias (frentes polares), determina não só a altura e direção das ondas da costa portuguesa, mas também o regime de chuvas, com o qual as primeiras se apresentam claramente relacionadas.

Outro aspeto a considerar é a ação dos temporais. De acordo com o Instituto Hidrográfico de Portugal, considera-se em situação de temporal quando a altura significativa da onda ao largo for superior a 5 metros. Neste último ano, apenas nos meses de Inverno (entre Dezembro e Fevereiro) é que se observou esta situação. Já numa escala alargada, desde 2002 até à atualidade, a altura da onda é sempre superior a 5 metros todos os anos nos meses de Inverno.

4.4. Recursos Hídricos

É um recurso transversal a todos os domínios, uma vez que interage com a maior parte das atividades ecológicas e humanas. Portanto, todas as ações que se implementem irão ter reflexos nos recursos hídricos repercutindo-se nas atividades que com eles interagem direta e indiretamente.

4.4.1. Rede de drenagem

A área de estudo está inserida no Plano de Bacia Hidrográfica (PBH) do rio Cávado, a qual é constituída pela bacia do rio Cávado e Ribeiras costeiras (Figura 14).

Na freguesia de Aguçadoura, a rede de drenagem existente é constituída pela ribeira da Barranha a norte e uma pequena linha de água a sul, L1.

Na região da Estela, salienta-se o ribeiro do rio Alto que nasce na freguesia de Laúndos, desaguando na praia de Rio Seco na freguesia de Apúlia, e o efluente Ribeiro do Maninho, que nasce na Estela (Fonseca, 2010) (Figura 14).



Figura 14 - Linhas de água e pontos de água do concelho da Póvoa de Varzim, com especial destaque para os ribeiros que nascem/atravessam Aguçadoura e Estela (CMPV, 2006).

4.4.2. Recursos hídricos subterrâneos

A caracterização dos recursos hídricos da zona em estudo, inseridos no Aquífero Livre de Esposende-Vila do Conde, baseia-se na informação disponível em CMPV (2012).

A maioria dos aquíferos são livres, cuja captação é feita em poços pouco profundos (entre 3 e 8 metros) e alguns furos, que podem atingir várias dezenas de metros de profundidade. Os aquíferos estão associados aos depósitos aluvionares não consolidados de areia, os quais têm como principal utilidade a cultura das masseiras. Encontram-se sob solos permeáveis com boa drenagem e estão assentes na camada xistosa ou argilosa ou, ainda, sobre os quartzitos. A direção do fluxo é tendencialmente este-oeste.

Os níveis freáticos variam sazonalmente. No inverno podem ascender à superfície inundando os campos mas, em média, o nível encontra-se entre os 50 e os 80 cm de profundidade. No verão, o nível médio encontra-se a cerca de um a dois metros, dependendo da extração de água para regas, sendo que, neste caso, os níveis podem diminuir.

A principal fonte de recarga destes aquíferos é a precipitação atmosférica. As águas pluviais infiltram-se pela camada arenosa mais superficial até encontrar a camada menos permeável, neste caso, a camada argilosa, que constitui a base do aquífero. No caso da ausência da camada impermeável, as águas de percolação infiltram-se através das fraturas do xisto e do quartzito (Fonseca, 2010).

É de salientar também, que devido à proximidade do oceano, os aquíferos poderão sofrer alguma salinização, que diminuirá de concentração quando se caminha para o interior.

4.5. Flora, vegetação e habitats

A flora e a vegetação existentes neste local são determinadas por três grandes fatores: a posição geográfica, o clima local e a utilização secular do espaço pelo Homem. Este capítulo é baseado no Plano de Urbanização de Aguçadoura (CMPV, 2012).

4.5.1. Flora

O conjunto florístico presente nesta área divide-se sobretudo em dois grandes grupos de plantas: plantas psamófilas, que são características de complexos dunares costeiros, e plantas nitrófilas ou subnitrófilas que ocupam os solos removidos de áreas urbanas e agrícolas.

4.5.2. Vegetação

Como a área em estudo se encontra numa zona de interface, a vegetação psamófila assume uma importância significativa, não só porque constitui a vegetação primitiva e potencial de grande parte da área, como porque integra alguns dos elementos florísticos e fitocenóticos mais importantes da região.

Os complexos de vegetação dunares encontram-se muito alterados. Esta situação resulta da conjugação local de vários fatores de degradação, com origens quer naturais quer antrópicas. Assim, por um lado, há uma redução da linha de costa resultante de processos erosivos associados à subida do nível da água do mar. Contudo, tem, ainda, de se juntar o impacto do Homem, sobretudo no que se refere à destruição dunar pela sua ocupação efetiva por infraestruturas urbanas e agrícolas.

Grande parte da vegetação encontra-se marcada por um misto de campos agrícolas e áreas urbanas. Esta situação é responsável por grande parte da vegetação deste território se encontrar profundamente marcada pelo Homem.

Ainda se pode encontrar, minoritariamente, vegetação típica de margens de linhas de água. Nos locais onde a vegetação natural se encontra profundamente alterada, esta foi substituída por espécies exóticas.

4.5.3. Habitats

A área em estudo tem uma intensa atividade agrícola, pelo que não apresenta qualquer tipo de habitat natural ou seminatural com interesse para a conservação.

Ainda assim, pode ser encontrada na área de estudo dunas cinzentas com Matos Camefíticos.

Grande parte da localização natural deste habitat foi urbanizada. Contudo, permanecem duas pequenas manchas no território, uma intensamente alterada e outra, a de maior tamanho, em muito melhor estado de conservação, ainda que deveras alterada na sua periferia (CMPV, 2012).

4.6. Ocupação do solo

O solo da é abrangido pela Reserva Agrícola Nacional (RAN), Reserva Ecológica Nacional (REN) e zonas não classificadas. Estes recursos têm uma particular importância pois são áreas proibidas a construção urbana, uma vez que são consideradas fundamentais na estabilização do litoral.

4.6.1. RAN

A Reserva Agrícola Nacional (RAN) define-se como o conjunto de terras que, em virtude das suas características apresentam maior aptidão para a atividade agrícola.

Assim, a RAN é um instrumento de gestão territorial, que se consubstancia numa restrição de utilidade pública, pelo estabelecimento de um conjunto de condicionamentos à utilização não agrícola do solo, e que desempenha um papel fundamental na preservação do recurso solo e a sua afetação à agricultura.

A aptidão agrícola de uma RAN é dada consoante as características do solo, que são classificadas por classes, de A (maior aptidão) a E (menor aptidão).

Sob o ponto de vista textural, os solos da região caracterizam-se pelo predomínio de areias grosseiras com alguma areia fina, classificando-se como arenosos. Neste sector, uma grande área de solo está ocupada por culturas hortícolas intensivas. Estes campos estão ocupados sob a forma de masseira ou campos abertos e ainda sob a forma de estufas (Figura 15).

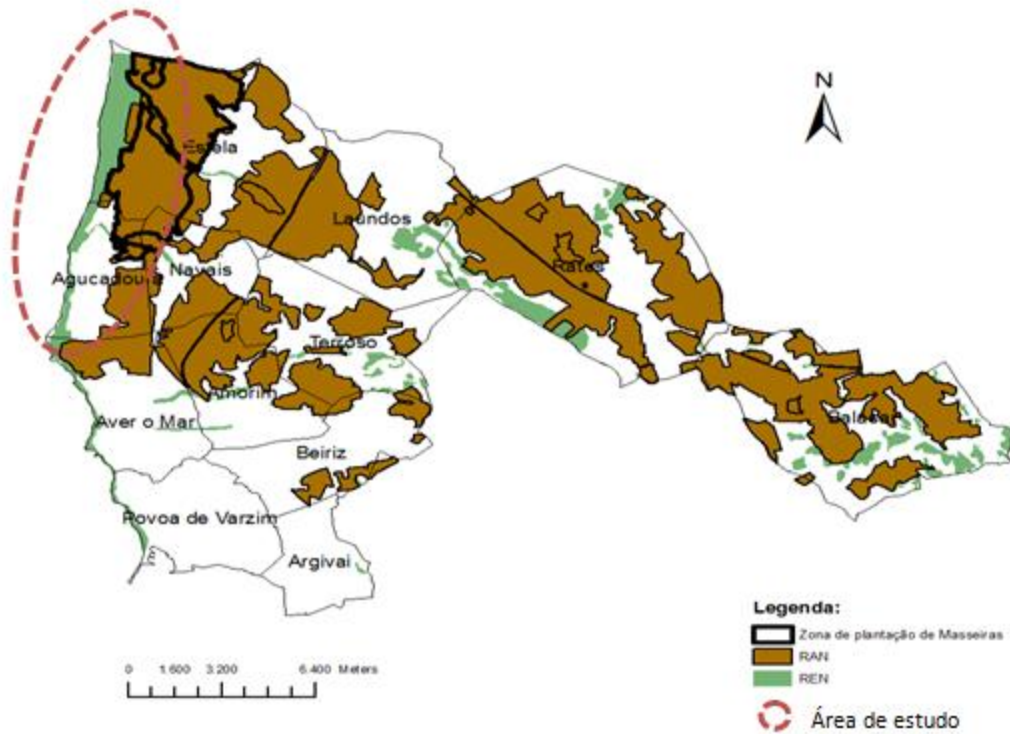


Figura 15 - Representação das áreas da RAN, REN e as zonas de campos de masseiras (CMPV, 2006).

4.6.2. REN

A Reserva Ecológica Nacional (REN) é uma estrutura biofísica que integra o conjunto das áreas que pelo valor e sensibilidade ecológicos ou pela exposição e suscetibilidade perante riscos naturais são objeto de proteção especial.

Pode ainda ser definida como uma restrição de utilidade pública a que se aplica um regime territorial especial, o qual estabelece condicionamentos à ocupação, uso e transformação do solo e identifica os usos e as ações compatíveis com os objetivos desse regime para os vários tipos de áreas que a integram e que prevalece sobre os regimes de uso, ocupação e transformação do solo estabelecidos em PMOT.

Sendo assim, na área de estudo, as áreas abrangidas pela REN são sobretudo as praias, dunas litorais, leitos de cursos de água, zonas de aquífero e zonas suscetíveis a risco de erosão. Em suma, são todas as áreas abrangidas pelo POOC, as quais estão implantadas numa Área de Proteção Costeira, por terem sido consideradas fundamentais

para a estabilidade do litoral norte, do ponto de vista ambiental e económico (Fonseca, 2010) (Figura 15).

4.6.3. Uso urbano

Apesar das áreas consagradas pela RAN e REN, a ocupação urbana é cada vez mais intensa e exerce uma forte pressão nessas áreas protegidas, pelo que se não forem tomadas medidas, poderá afetar economicamente este sector.

A paisagem urbana apresenta algumas semelhanças com a paisagem rural, nomeadamente no que respeita à estrutura fundiária, mas numa escala menor, onde os aspetos rurais são inseridos na imagem urbana (Figura 16).

A área de estudo é uma região com uma extensa faixa costeira, onde as praias constituem um forte interesse atrativo para a deslocação humana para fins lúdicos, humanizando a paisagem, consoante as épocas do ano. No verão, as praias são procuradas para usufruo balnear, enquanto nas restantes estações do ano, devido às condições meteorológicas adversas, dá-se mais importância ao contacto com a natureza, através de atividades de lazer e passeio. A chegada da época balnear traz consigo problemas, tais como a degradação da fauna e flora dunar, detritos urbanos, entre outros. Estes problemas persistem nas restantes épocas do ano, impedindo assim uma maior valorização e qualidade da paisagem natural integrada na paisagem urbana (Fonseca, 2010).

Em termos de área de urbanização, entre 1995 e 2011, não se notou um grande crescimento. Contudo, a densidade de construção aumentou para o interior da área urbana e não na zona litoral, assim como a densidade populacional.

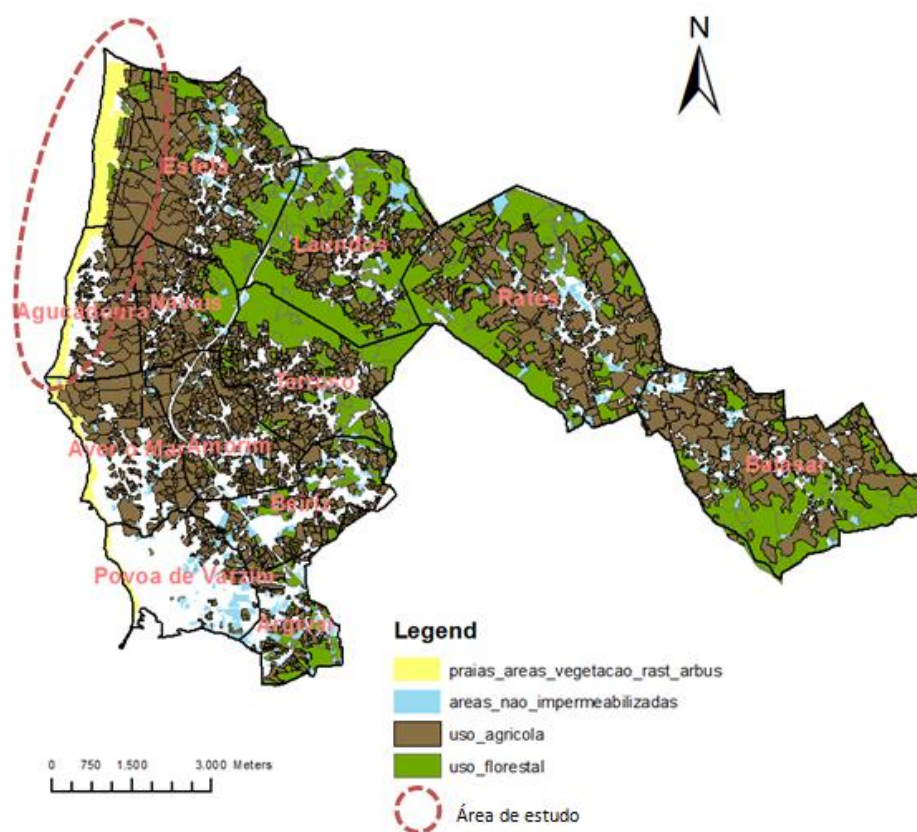


Figura 16 - Uso do solo no concelho da Póvoa de Varzim (CMPV, 2006).

5. Resultados

5.1. Evolução histórica da posição da linha de costa

A análise da posição da linha de costa, desde 1995 até 2011, mostra uma tendência para o recuo da mesma.

Na freguesia da Estela, adjacente ao campo de golfe, o recuo é mais acentuado a norte (Figura 17a) diminuindo de expressão em direção a sul (Figura 17b), havendo situações pontuais onde esta tendência parece inverter-se. No entanto, algumas incertezas associadas ao posicionamento da linha de costa podem estar associadas a problemas de nitidez e de resolução dos elementos consultados, em particular os ortofotomapas, ou a eventuais trabalhos que tenham alterado as características naturais dos locais.

Como se observa na figura 17, ocorreu um grande recuo entre 1995 e 2004, pelo que desde essa altura houve a necessidade de se proceder a trabalhos de proteção costeira. Neste caso, foram colocados sacos de areia nas zonas onde se observou maior recuo e onde a praia era também muito estreita, o que permitia um maior avanço do espraio da onda e o ataque à base do cordão dunar. Devido a esta medida de proteção, em alguns troços da freguesia da Estela, não se observa recuo ou em alguns casos ocorre um pequeno avanço, de origem antropogénica, entre as linhas de 2004 e 2011.

No setor da Aguçadoura, o extremo norte, ainda com características naturais dada a presença do cordão dunar frontal, registou um recuo embora não muito acentuado da linha de costa (Figura 18a). Em direção a sul, regista-se uma estabilidade da linha de costa, porque a ocupação humana e a ausência de dunas levaram à sua fixação por estruturas urbanas (Figura 18b). Na zona mais a sul, a presença de morfologias dunares degradadas, associadas à ocupação urbana, faz com que a linha de costa mostre novamente uma tendência para o recuo, mas com aparentes acreções locais, provocadas pela erosão junto à base das dunas e conseqüente colapso.



Figura 17 - Representação da linha de costa de 1995, 2004 e 2011 em Estela. a) zona norte do campo de golfe; b) zona sul do campo de golfe.

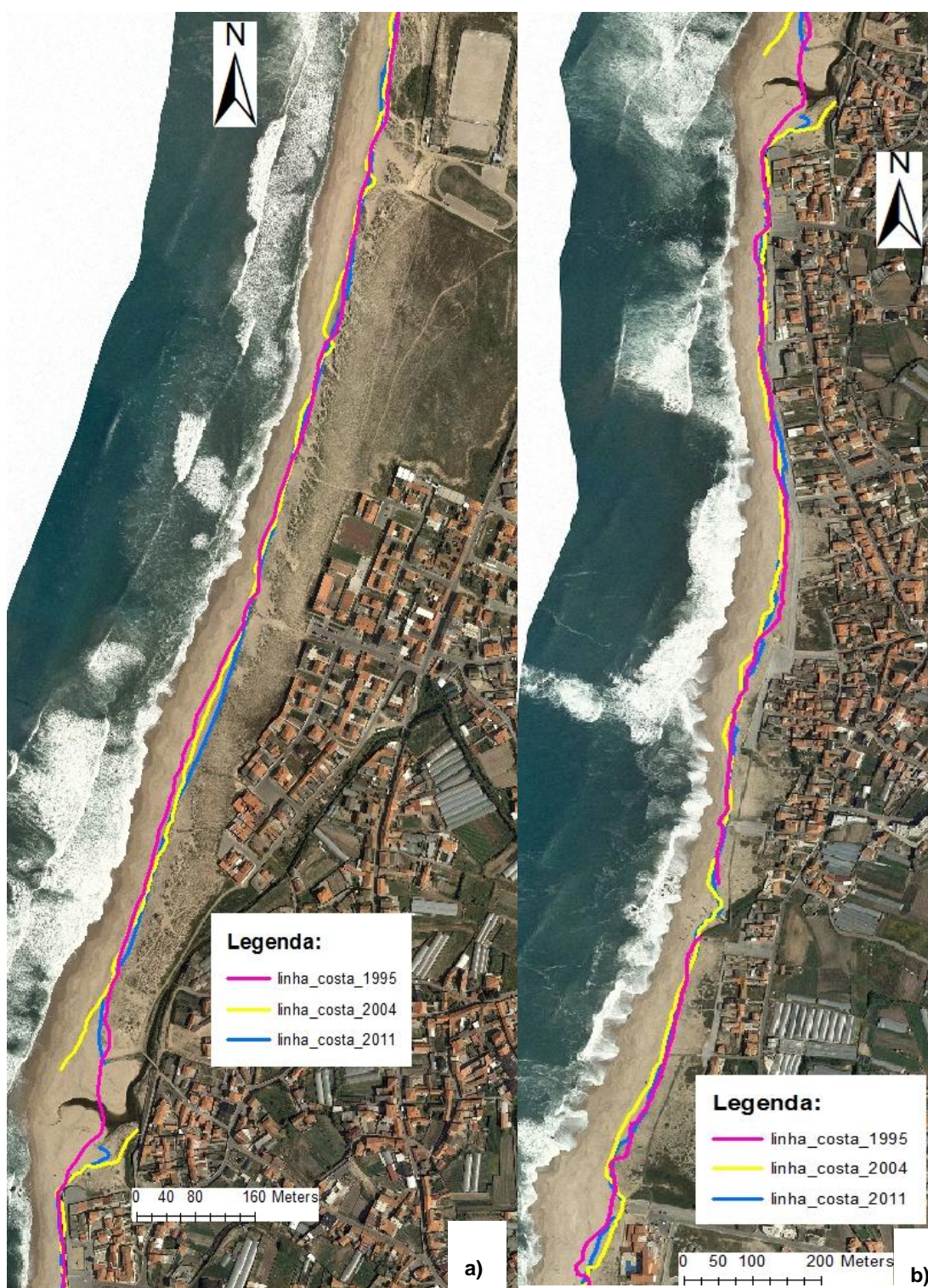


Figura 18 - Representação da linha de costa de 1995, 2004 e 2011 em Aguçadoura. a) zona norte; b) zona sul.

5.2. Taxas de erosão e acreção

As taxas de erosão e acreção foram calculadas para os períodos de 1995-2004, 2004-2011 e 1995-2011.

No gráfico 1a estão presentes as taxas de erosão e de acreção entre 1995 e 2004 na freguesia da Estela. A norte (transetos 1 a 30) e na parte central (transetos 31 a 57) predomina a erosão, com valores médios de cerca de -1,0 m/ano. Mais a sul (transetos 58 a 73) ocorreu acreção na ordem dos +0,5 m/ano.

No gráfico 1b apresentam-se as taxas de erosão e acreção correspondentes a 2004 e 2011. A norte continuou a ocorrer erosão na ordem dos -0,5 m/ano, mas na parte central passou a ocorrer acreção com um valor médio inferior a +0,5 m/ano. A sul passou a observar-se erosão, com um valor médio de cerca de -0,25 m/ano embora, pontualmente, se tenha verificado recuos de -2 m/ano.

No gráfico 1c estão evidenciadas as taxas de erosão e acreção entre os anos de 1995 e 2011. Neste período mais alargado, em quase toda a extensão do sector o que predominou foi a erosão, embora na parte sul, haja evidências de alguma acreção, com valores muito baixos, da ordem dos +0,4 m/ano quando comparados com os da erosão, na ordem dos -0,75 m/ano.

No gráfico 2a estão presentes as taxas de erosão e acreção, entre 1995 e 2004, no troço costeiro da freguesia de Aguçadoura. Pode observar-se que, maioritariamente, ocorreu acreção com valores médios de +0,95 m/ano. Em algumas zonas a norte registou-se alguma erosão com valores a rondar os -0,4 m/ano, mais precisamente nos locais onde ainda era visível o cordão dunar frontal. As zonas com maiores taxas de acreção situaram-se nas zonas central e sul.

Para o período de 2004 e 2011, predominou a erosão (figura 19). A zona norte continuou a ser erodida na ordem dos -0,8 m/ano, a zona central registou valores de -0,7 m/ano, enquanto na zona sul, apesar de em certos locais ocorrer acreção, o recuo atinge valores próximos a -1 m/ano (gráfico 2b).

No gráfico 2c observa-se a taxa total de erosão e de acreção entre os anos de 1995 e 2011, onde se destaca a tendência para os processos erosivos. A erosão faz-se sentir com maior intensidade na zona norte, com valores de -0,6 m/ano. Para sul, a acreção e a erosão coexistem com valores que se situam, no caso da erosão, em -0,2 m/ano enquanto a acreção tem um valor médio de +0,4 m/ano.



Figura 19 - Erosão do cordão dunar na Aguçadoura (Abril, 2014).

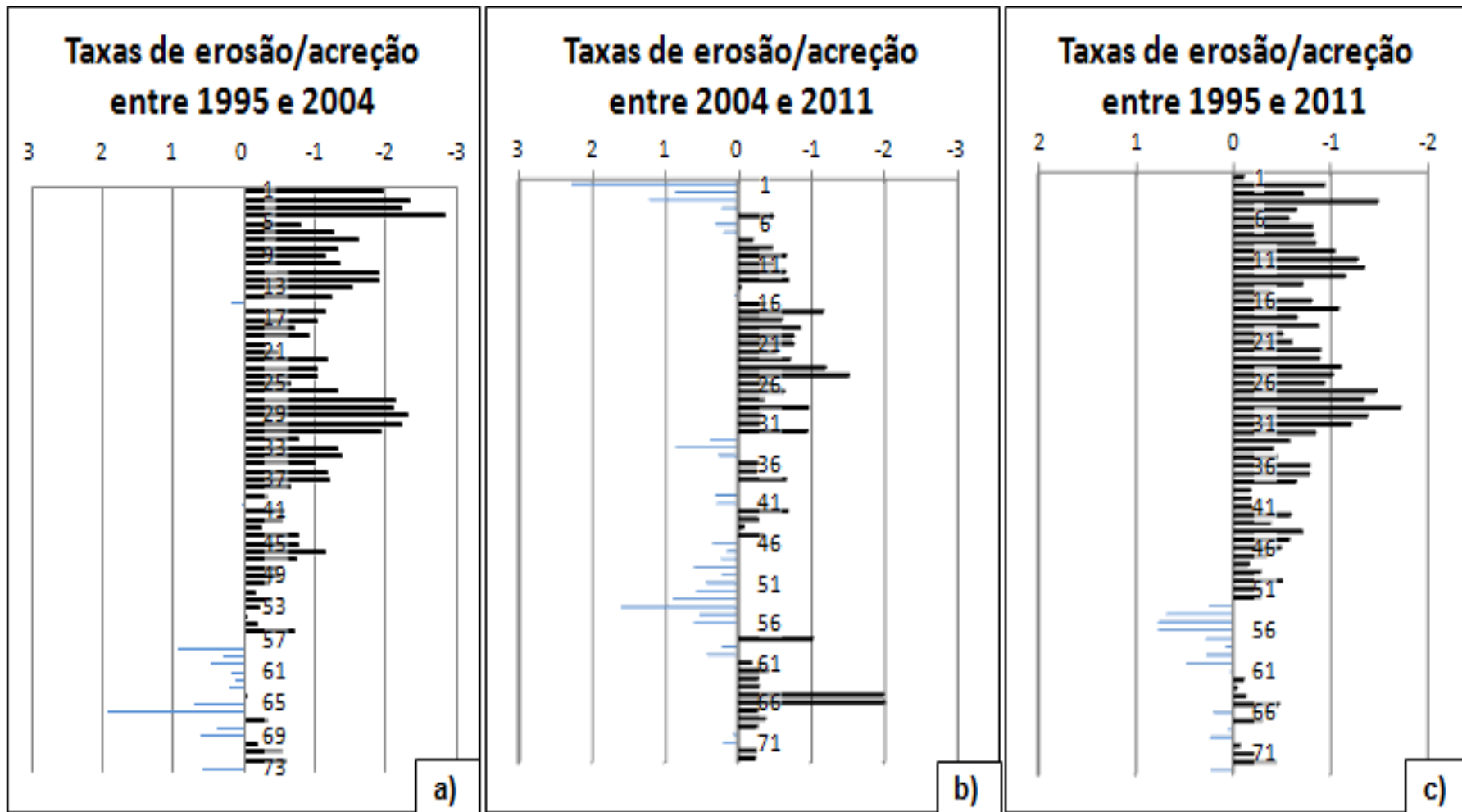


Gráfico 1 - Taxas de erosão e de acreção no troço litoral da freguesia da Estela. a) 1995 e 2004; b) 2004 e 2011; c) 1995 e 2011.

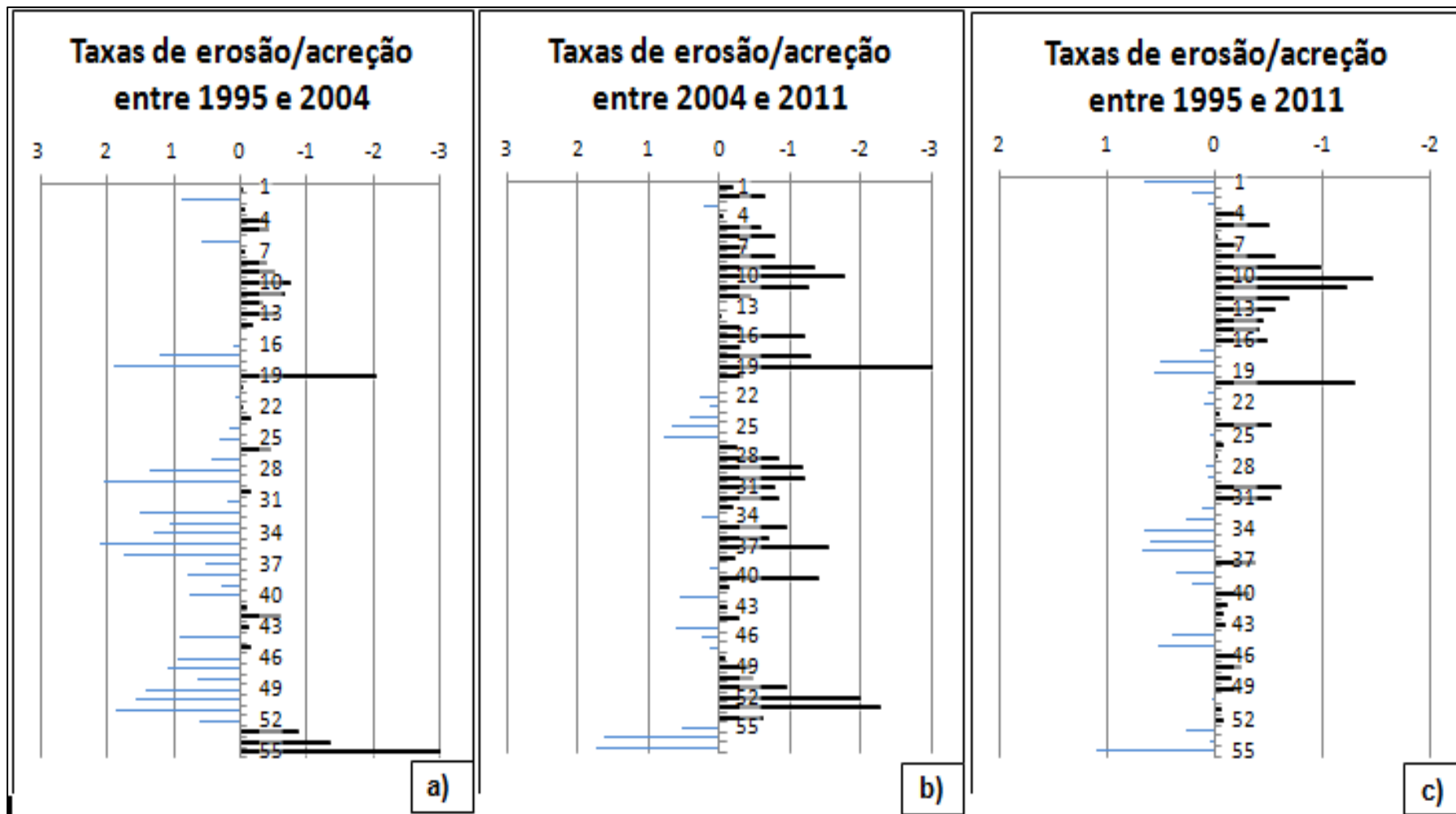


Gráfico 2 - Taxas de erosão e de acreção no troço costeiro da freguesia da Aguçadoura. a) 1995 e 2004; b) 2004 e 2011; c) 1995 e 2011.

5.3. Tendência da linha de costa a curto e médio prazo

Tendo como referência a linha de costa de 2011 foram projetadas as linhas de costa para os anos de 2016, 2021, 2026 e 2031 (5, 10, 15 e 20 anos), com base na formulação exposta no subcapítulo dos métodos. As tendências observadas partem do pressuposto que as atuais condições (clima de agitação marítima, volume de sedimentos transportados pelas correntes de deriva continental ou nível médio do mar) se mantêm no setor costeiro em análise nos próximos 20 anos.

Através da figura 20, observa-se o recuo da linha de costa, no sector da Estela. Como se pode observar, toda a área do campo de golf mais próxima da costa será afetada; se não forem tomadas medidas preventivas, toda a extensão será invadida pelo mar, provocando a destruição do equipamento e “habitats” associados podendo, inclusivamente, ficar submersa.

Na figura 21, correspondente à freguesia de Aguçadoura, a zona norte mostra uma tendência clara para o recuo da linha de costa, o que poderá provocar a erosão de uma parte do cordão dunar existente na atualidade (figura 21a). Devido à ocupação urbana, na parte central, a presença de uma estrutura artificial tem mantido a linha de costa mais ao menos estabilizada, o que deverá manter-se nos próximos anos, admitindo que a edificação existente continue a funcionar como tal (figura 21b). Caso a agitação marinha, em particular em períodos de temporal, aliada à reduzida largura da praia ponha em causa a integridade física da estrutura, todas as casas e demais estruturas serão afetadas negativamente; isto implicará uma manutenção constante, e eventual reforço, da estrutura existente. Na zona sul, poderá ocorrer um pequeno recuo o que provocará erosão do que resta do cordão dunar (figura 21c). Esta duna apresenta escassa cobertura vegetal, o que provoca uma maior exposição aos agentes erosivos e instabilidade da mesma. Na zona da Caturela observa-se, na atualidade, uma pequena duna antes da estrada, a qual poderá ser parcial ou totalmente erodida, expondo as infraestruturas existentes (estrada).

Nos próximos 20 anos (entre 2011 e 2031), estima-se que na Estela, a linha de costa recuará em média 16 metros, enquanto na Aguçadoura o recuo situar-se-á nos 9 metros. Os dados apontam, ainda, para uma perda total de área erodida (entre a atual e a linha de costa projetada) superior a 50 km².

As zonas afetadas nestas por estas projeções possuem diferenças assinaláveis no tipo de ocupação e no valor socioeconómico, aspetos que serão discutidos no subcapítulo correspondente.



Figura 20 - Projeção da linha de costa para 2016, 2021, 2026 e 2031 na freguesia da Estela. a) Zona norte do campo de golf; b) zona sul do campo de golf.

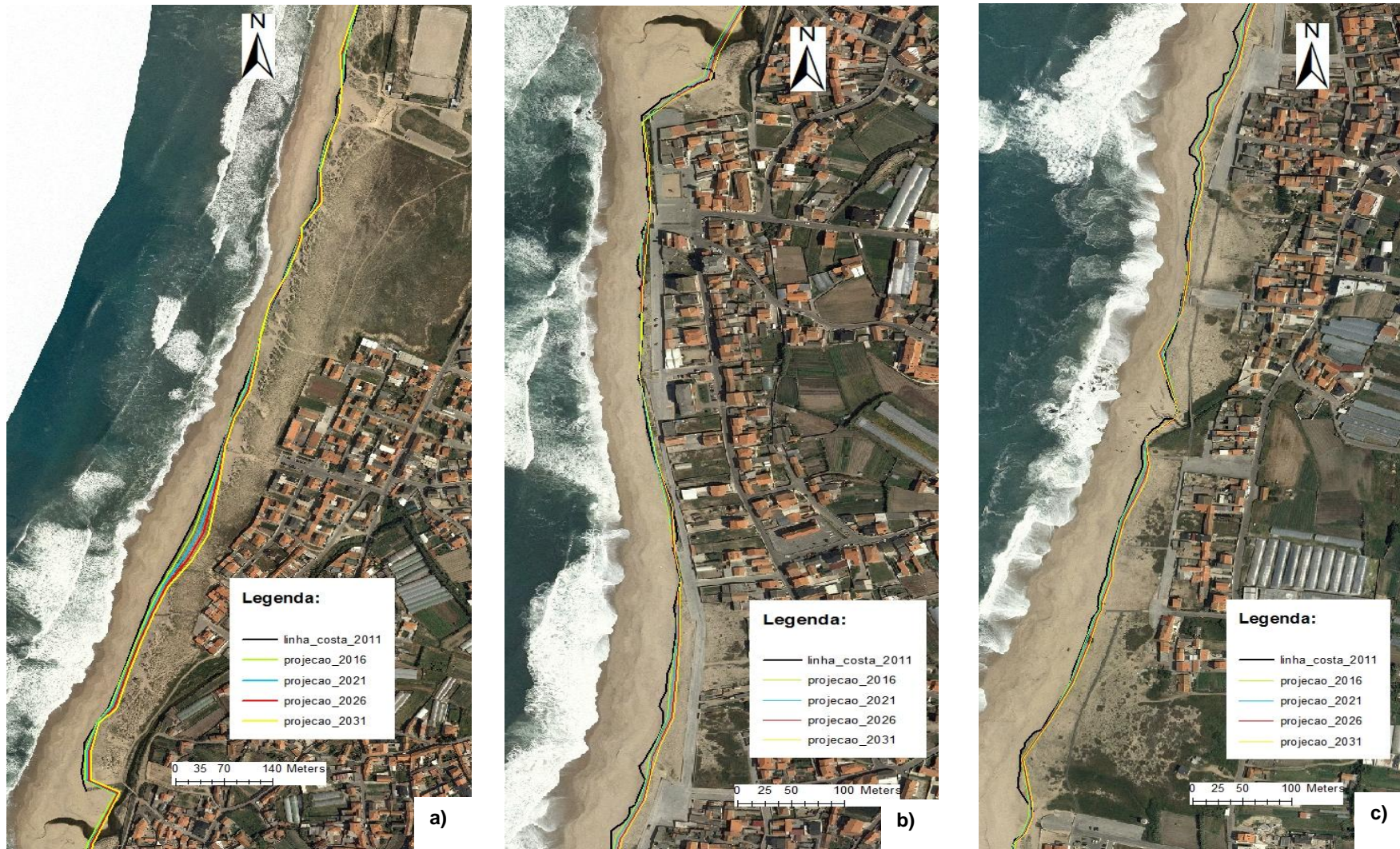


Figura 21 - Projeção da linha de costa para os anos de 2016, 2021, 2026 e 2031 para Aguçadoura. a) zona norte, início da freguesia até à desembocadura da ribeira da Barranha; b) zona central, da desembocadura da ribeira da Barranha até à Caturela; c) zona sul, de Caturela até Santo André.

6. Análise da vulnerabilidade e do risco

Os resultados referentes às matrizes de vulnerabilidade, correspondentes a cada um dos troços considerados, encontram-se na tabela 1. Os dados apontam, de acordo com os critérios estabelecidos, para situações de risco moderado (troço 3) a elevado (troço 1, 2 e 4) (Anexo II).

A categoria dos geoindicadores topográficos (elevação e vegetação) mostra que na zona em estudo a elevação tem um nível de influência baixo, uma vez que as cotas observadas apresentam ainda valores que poderão minimizar os efeitos provocados por fenómenos associados à inundação e galgamentos oceânicos. No que se refere   vegeta o, esta   determinante na estabiliza o das dunas e, conseqüentemente, da linha de costa, uma vez que funciona como uma barreira protetora contra o transporte de areia, provocado pelo vento e minimiza a a o destrutiva dos galgamentos.

Na categoria dos geoindicadores relacionados com a linha de costa (altura e tipo de duna, vegeta o na duna frontal, largura da praia, taxas de erosão/acre o, “blowouts”, ocorrência de galgamentos oceânicos e presença de estruturas de defesa costeira) não existem diferenças muito significativas entre os setores considerados. Os geoindicadores relativos   “largura das praias” (zona exposta em período de maré alta) e “blowouts” (corredores erosivos de origem eólica) são os que exercem maior influência no comportamento dos setores. No caso da largura das praias, esta está associada   capacidade de absorver a energia do esprai das ondas, tanto em condi es de bom tempo, como em regime de tempestades ou, ainda, em períodos de sobreleva o do nível do mar de origem meteorológica; quanto mais estritas as praias, maior   a vulnerabilidade e exposi o das áreas adjacentes, assim como o risco de galgamentos oceânicos que no caso são, até   data, ocasionais e aproveitando os corredores eólicos. No troço 1, para além destes geoindicadores, a ausência de duna frontal e de coberto vegetal contribuem para o aumento da vulnerabilidade. As taxas m dias de erosão/acre o são consideradas de moderadas a m dias nos troços 1, 3 e 4, embora possam atingir níveis de influência elevados no troço 2.

O impacto das estruturas de defesa costeira pesada, em particular o exercido pela presença de constru es perpendiculares   costa,   nulo no troço estudado, uma vez que as defesas costeiras se resumem, em algumas zonas,   presença de sacos de areia que servem de prote o às dunas das investidas do mar, em particular em situa es de maior agita o marítima.

A categoria de geoindicadores não relacionados com a linha de costa, integra todos os indicadores situados para lá do cordão dunar frontal, quando presente (tipo de utilização da terra, estado da duna interior e a presença/ausência de estruturas perpendiculares, como é o caso, por exemplo, dos acessos à praia). Com exceção do troço 3, os restantes mostram níveis de influência elevados para a vulnerabilidade dos troços e, conseqüentemente, para um aumento do risco de perdas materiais dada a presença de várias infraestruturas e equipamentos de uso comum para além da propriedade privada.

Tabela 1 - Pontuação final obtida em cada troço.

	Pontuação Final
Troço 1	5,7
Troço 2	5,6
Troço 3	3,7
Troço 4	6,0

A partir dos valores de risco da tabela 1, foi possível delimitar as zonas costeiras de maior risco (figura 22a). Para uma melhor visualização, foi definida uma faixa costeira com cerca de 500 m de largura onde a vulnerabilidade e o risco são mais elevados, tendo em atenção as atuais condições morfológicas e dinâmicas (figura 22b). Na figura 22 pode-se observar, que o campo de golfe na Estela está em risco em toda a sua extensão, assim como a frente urbana na Aguçadoura. Estes resultados reforçam a necessidade de se rever situações e de serem tomadas, no imediato, medidas preventivas para as situações mais críticas.



Figura 22 - Mapa de risco de Estela e Aguçadoura; a) delimitação do risco na zona costeira; b) faixa de 500 metros com maior índice de risco.

7. Discussão dos resultados

A linha de costa recuou significativamente de 1995 a 2004 em Estela, assim como, em Aguçadoura. Contudo, nesta última e, muito provavelmente devido à ocupação urbana e à necessidade de proteger bens edificados, a linha de costa manteve-se quase estável.

A freguesia de Estela apresentou um forte recuo, entre 1995 e 2004, em toda a zona costeira adjacente ao campo de golf. Contudo, quando se observa o período de 2004 a 2011, este recuo já não é tão evidente. Através da análise da fotografia aérea de 2004, observam-se pontualmente sacos de areia que não estavam presentes na fotografia de 1995. Este ato de defesa contribuiu para uma menor erosão da costa, uma vez que os mesmos funcionaram como barreira às investidas do mar. Em Aguçadoura, observa-se que a linha de costa de 2004 a 2011 se manteve estável, mas a de 1995 mais recuada que as restantes, pelo que sugere acreção de 1995 a 2004.

Como se pode observar pelas taxas de erosão/acreção, a Estela foi atingida maioritariamente por erosão na ordem dos -1,0 m/ano entre 1995 e 2004. Estas taxas devem-se maioritariamente à ocupação do cordão dunar por parte do campo de golf, o que contribuiu para a destruição do mesmo tornando a zona da Estela mais vulnerável à erosão. Entre 2004 e 2011, os fenómenos de erosão não são tão marcantes e começa a ocorrer acreção em algumas zonas. Isto acontece e, como já foi referido anteriormente, devido à colocação de sacos de areia como mecanismo de defesa.

Em Aguçadoura, verifica-se maioritariamente momentos de acreção entre 1995 e 2004, zona norte e centro (transetos 1 a 52) e pontualmente erosão (transetos 53 a 59), enquanto entre 2004 e 2011, a situação inverte-se, e a zona é marcada pela erosão e pontualmente ocorre acreção.

Tal tendência já havia sido referida por Fonseca (2010) em estudo anterior.

Nas projeções das linhas de costa importa referir que são previsões da possível posição das mesmas. São baseadas na história evolutiva recente, e se ocorrer alguma variação nas condições atuais, como por exemplo, a frequência e a intensidade dos temporais, os cenários propostos poderão ser, conseqüentemente, alterados. Assim, prevê-se um recuo na linha de costa para toda a zona costeira da Estela, pelo que o campo de golf será seriamente afetado e, possivelmente, parte dele será erodido se,

entretanto, nenhuma medida for tomada; existem alternativas que podem ser consideradas como, ponderar a sua realocização já que qualquer obra de defesa irá provocar sérios desequilíbrios em todo o troço costeiro.

No caso de Aguçadoura, observa-se um recuo na zona norte que vai diminuindo para sul, até chegar à área urbana, onde a posição da linha de costa se tem mantido constante (figura 21a e 23). A erosão ocorre, principalmente, devido à debilidade do cordão dunar, quer por falta de vegetação na duna frontal quer pelos inúmeros corredores eólicos que facilitam a erosão desta estrutura natural. Se não forem tomadas medidas, como a revegetação da duna para evitar estes corredores, a longo prazo, a duna será completamente arrasada, assim como, a urbanização presente.



Figura 23 - Aspeto da marginal protegida por um muro de contenção no limite da alta praia, Aguçadoura (Abril, 2014).

Na extremidade sul da freguesia, observa-se um ligeiro recuo que afetará parte do areal e da pequena duna. A falta de vegetação, a ausência de passadiços e o contínuo pisoteio por parte da população fará com que esta pequena estrutura dunar desapareça (figura 21c).

Segundo o projeto SIAM (2002), a costa da Póvoa de Varzim apresenta, maioritariamente, risco moderado. Contudo, neste trabalho concluiu-se que as freguesias em estudo apresentam risco elevado, no limite entre o moderado e o elevado, o que causa algum desconforto, pois houve um aumento significativo, podendo ter tendência para aumentar no futuro próximo.

A zona de Aguçadoura, que exhibe risco elevado, apresenta maior preocupação devido à proximidade das construções, pois em caso de temporais acompanhados de galgamentos oceânicos, o risco aumenta uma vez que poderá estar associado a perdas materiais e, indo ao extremo, vidas humanas.

A zona de Estela é igualmente preocupante, uma vez que toda a zona é constituída por uma estrutura de lazer que em caso de temporais poderá ficar destruída causando, por isso, perdas materiais consideráveis.

7.1. Implicação no planeamento urbanístico

O troço costeiro estudado apresenta uma tendência evolutiva marcada pela erosão, que se traduz no recuo dos sistemas dunares frontais, redução da largura e perda volumétrica da praia emersa, com risco elevado para as populações e bens instalados nesta área.

Na zona de Aguçadoura, as taxas de erosão e acreção observadas não correspondem à realidade, porque a linha de costa é fixa, devido à presença de um muro de contenção que separa a praia da estrada paralela à costa. Admitindo a ausência da obra de defesa, e utilizando as taxas de recuo imediatamente a norte da área urbana, projetou-se a linha de costa para os anos de 2016, 2021, 2026 e 2031 (Figura 24).

Observando a figura 24(a), conclui-se que, possivelmente, em 2031 e se não houver a constante manutenção do muro, a estrada será constantemente invadida pelo mar, ficando várias vezes submersa e correndo o risco de colapsar. Nalguns casos, poderá ocorrer inundaçãõ das propriedades.

Na figura 24(b) observa-se que o que resta do cordão dunar tem tendência a desaparecer, deixando as casas mais expostas e, portanto, o índice de risco e vulnerabilidade irá aumentar.

Mais a norte, em Estela, o campo de golf sofrerá perdas consideráveis, pelo que é aconselhável, também aqui, equacionar uma relocalização do mesmo.

As alterações climáticas poderão ainda contribuir para o agravamento dos problemas existentes, sendo esperadas alterações no balanço sedimentar que se poderão traduzir na variação da intensidade da erosão e na modificação da frequência das inundações costeiras.

Neste contexto, importa avaliar cenários de intervenção futura, de modo a providenciar respostas adaptadas aos riscos já identificados e esperados. De uma forma global deverão ser considerados os seguintes cenários de atuação (APA, 2012):

A – Nenhuma intervenção: a decisão de não investir na criação ou na manutenção de defesas costeiras aceitando a evolução da linha de costa natural.

B – Manter a linha: manter ou aumentar o nível de proteção providenciado pela linha de costa natural ou defesas existentes; esta opção passa pela construção ou melhoria das infraestruturas de proteção/defesa costeira existentes, no caso, o enrocamento (paredão) na frente urbana de Aguçadoura. Em alternativa poderá ser considerado a execução periódica de operações de alimentação artificial de praias.

A opção mais “drástica” passaria pela relocalização/recuo das atuais habitações. A interdição de novas construções na designada orla costeira, mesmo em locais de oportunidade dentro do perímetro de área urbana, é um aspeto em ter em atenção, contribuindo deste modo para o não aumento da densidade de ocupação e, conseqüentemente para uma diminuição dos riscos.

C – Realinhamento: adaptar ou realinhar a configuração natural da linha de costa, de forma a criar uma futura posição sustentável e compatível com as alterações esperadas. Esta situação poderá ser considerada na zona do campo de golfe da Estela já que, tal como foi referido anteriormente, qualquer intervenção de engenharia pesada poderá criar importantes desequilíbrios a sul, em particular na Aguçadoura.

A opção por qualquer um dos cenários deverá resultar na devida ponderação e avaliação dos valores no setor considerado e dos objetivos estratégicos definidos para o mesmo, incluindo uma análise custo/benefício que pondere os efeitos sociais, económicos, ambientais, culturais e recreativos inerentes à opção selecionada.

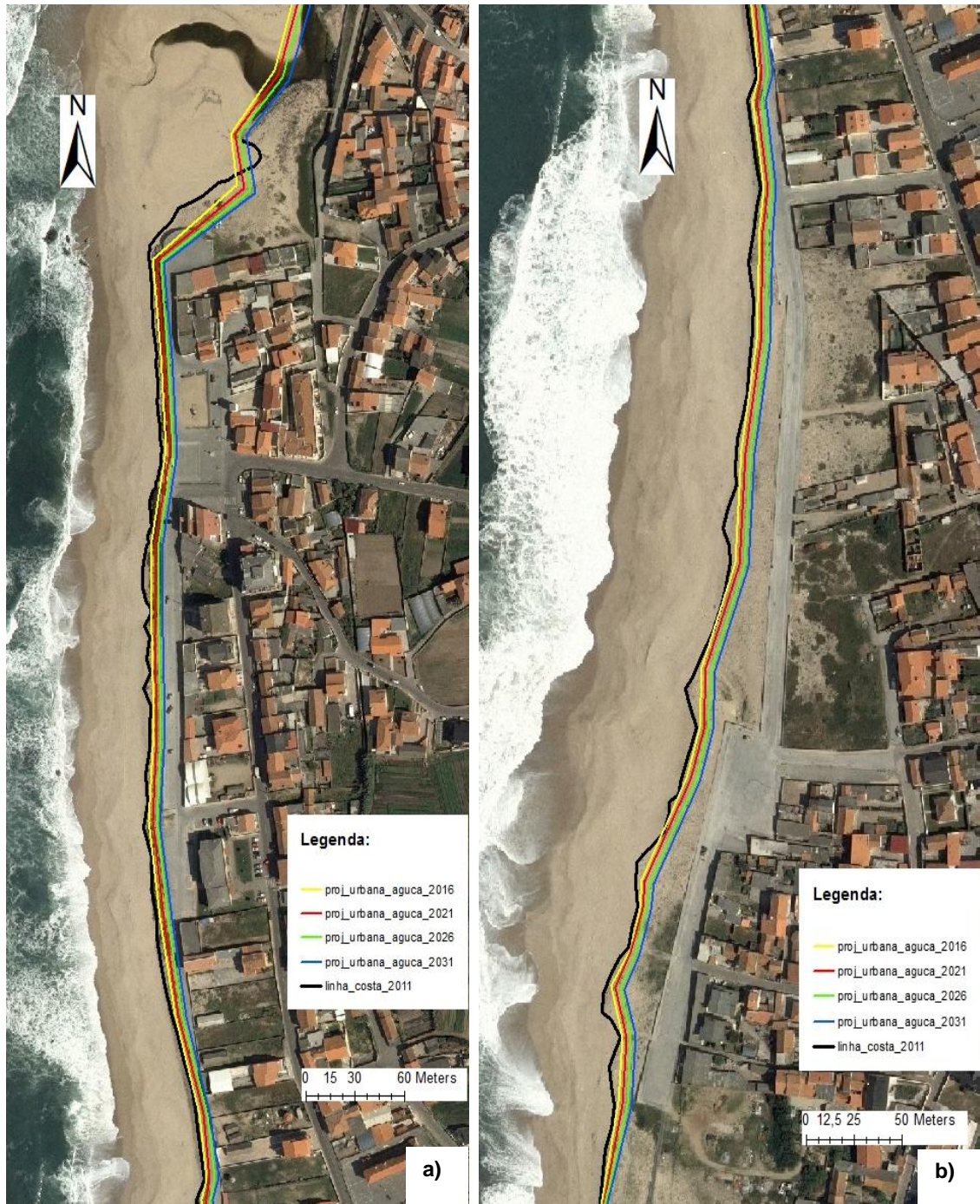


Figura 24 - Projeção da linha de costa na área urbana de Aguçadoura para os anos de 2016, 2021, 2026 e 2031. a) zona urbana onde as casas estão imediatamente a seguir à praia; b) área onde há uma pequena duna entre a praia e a urbanização.

8. Conclusões

Uma das principais conclusões deste trabalho é a evidente tendência evolutiva marcada por fenómenos de erosão, que se traduz na perda dos sistemas dunares frontais, na redução da largura e volumetria da praia emersa, com risco elevado para as populações e bens instalados na área.

O recuo da linha de costa na Estela é mais acentuado a norte, e adjacente ao campo de golfe. Entre os anos de 2004 e 2011, este recuo não é tão evidente, uma vez que, se observa sacos de areia que funcionam como uma barreira de proteção. Este acontecimento é comprovado pelas taxas de erosão, que registam recuos de -1,0m/ano entre 1995 e 2004, enquanto entre 2004 e 2011 a erosão não é tão marcante.

Em Aguçadoura, observa-se uma maior estabilidade da linha de costa. Entre 1995 e 2004 predominam os fenómenos de acreção com valores de +0,95 m/ano e em algumas zonas a norte observa-se erosão, com valores de -0,4m/ano. Já no período de 2004 a 2011 predomina a erosão. A zona norte continuou a ser erodida aumentando os valores para -0,8m/ano. Na zona central e sul passou a predominar a erosão com valores de -0,7m/ano e -1m/ano, respetivamente.

As projeções da linha de costa são previsões baseadas na história evolutiva recente, prevendo-se um recuo da mesma para ambas as freguesias. Na Estela, o campo de golfe será seriamente afetado e, possivelmente, parte deste será erodido. Para que estas consequências não aconteçam é preciso considerar algumas alternativas, tais como, ponderar a sua realocização.

Em Aguçadoura, o recuo da linha de costa diminuiu para sul, até atingir a área urbana, a partir da qual se mantém estável. A erosão ocorre devido à debilidade do cordão dunar, e existência de inúmeros corredores eólicos. Estes problemas podem ser minimizados através da revegetação da duna para evitar a remobilização e o transporte de areia para o interior.

A tendência e os valores associados ao recuo da linha de costa no setor estudado, quando comparados com outros locais da costa ocidental portuguesa, não são muito alarmantes, o que não invalida que este seja devidamente acompanhado e monitorizado, a fim de evitar situações adversas de maior escala e generalizadas a todo o troço costeiro.

As alterações climáticas podem, também, ser um fator importante para o agravamento dos problemas existentes, uma vez que podem induzir variações no balanço sedimentar e provocar modificações na intensidade da erosão e na frequência das inundações costeiras.

Toda a zona estudada apresenta risco elevado, à exceção de uma pequena zona no limite das duas freguesias. No caso de Aguçadoura, esta situação pode ser alarmante devido à proximidade do tecido urbano, enquanto na Estela, o equipamento turístico encontra-se ameaçado.

Devido aos riscos existentes, é importante definir estratégias e avaliar soluções para uma eficiente salvaguarda dos bens materiais edificados na área, minimizando ao máximo possíveis efeitos adversos nas áreas adjacentes. Esta abordagem requer uma gestão integrada e soluções abrangentes para os sistemas costeiros, não ao nível do problema local, mas para todo o setor onde o mesmo se encontra inserido.

Bibliografia

APA - Agência Portuguesa do Ambiente (2012). *Plano de ação de proteção e valorização do litoral 2012-2015*, 88p.

APA - Agência Portuguesa do Ambiente (2014). Políticas, água – Ordenamento e Gestão, Planos de Ordenamento da Orla Costeira (POOC). Disponível em: <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=7&sub2ref=10&sub3ref=94> (Consultado em 16-06-2014).

Araújo, M., Santos, H., Faria, R. (1997). Dinâmica actual do litoral compreendido entre a foz do rio Douro e a Póvoa de Varzim. *III Congresso da Geografia Portuguesa: Actas*. Porto.

Alveirinho Dias, J. M. (1993). *Estudo de avaliação da situação ambiental e proposta de medidas de salvaguarda para a faixa costeira portuguesa (geologia costeira)*. Universidade do Algarve.

Alves-Da-Silva, A., Ventura, J. (2011). Cartografia da linha de costa: reflexões e propostas. *VI Congresso de planeamento e gestão das zonas costeiras dos países de expressão Portuguesa*, (p. 12). Cabo Verde.

Baptista, P. (2006). *O sistema de posicionamento global aplicado ao estudo de litorais arenosos*. Dissertação de Doutoramento em Geociências. Universidade de Aveiro. 278p.

Basto, C. (2009). *Vulnerabilidade e risco face à erosão costeira entre Aguda-Paramos: duas metodologias de análise*. Dissertação de Mestrado em Geografia. Universidade de Coimbra. 110p.

Bennett, M. & Doyle, P. (1997). *Environmental Geology*. Wiley & Sons. Nova Iorque. 501p.

Capelo, E. (2012). *Evolução do setor adjacente ao quebra-mar destacado da Praia da Aguda*. Dissertação de Mestrado em Ciências do mar e zonas costeiras. 68p.

Carneiro, M. C., Marques de Sá, L. A., & Gomes, E. T. (2003). O monitoramento da erosão costeira - estudo a partir das praias de casa caiada e rido doce - Olinda. *XXI Congresso brasileiro de cartografia*. Brasil.

Câmara Municipal da Póvoa de Varzim (2012). *Plano de urbanização de Aguçadoura*. Póvoa de Varzim: Gabinete de planeamento e gestão do território, Lda.

Câmara Municipal da Póvoa de Varzim (2014). Município, Freguesias – Aguçadoura e Estela. Disponível em: <http://www.cm-pvarzim.pt/municipio/juntas-de-freguesia> (consultado em 8-05-2014).

Coelho, C. A., Alves, F. L., Coelho, C., & Pinto, P. (2007). *Definição das condições de risco de cheia, incêndios florestais, erosão costeira e industriais na área de intervenção da AMRIA*. Aveiro.

Coelho, C., Cabarrão, M., Veloso-Gomes, F., (2006). Aplicação de uma classificação de vulnerabilidade às Zonas Costeiras do noroeste Português. *VIII Congresso da Água: Actas*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Coelho, C., Pinto, P. (2007). Definição das condições de risco de cheia, incêndios florestais, erosão costeira e industriais na área de intervenção da AMRIA. *Relatório final de erosão costeira*. 37p.

Coelho, C. D. (2005). *Riscos de exposição de frentes urbanas para diferentes intervenções de defesa costeira*. Dissertação de Doutoramento em Engenharia Civil. Universidade de Aveiro. 404p.

DHVFBO (2007). *Alteração ao Plano de Ordenamento da Orla Costeira Caminha-Espinho*. Fase 5. Volume I. Metodologia - Anexo II. Instituto da água.

Duke University (2001). *Reducing vulnerability in five north Carolina coastal communities: a model approach for identifying, mapping and mitigating coastal hazards*. United States Geological Survey (USGS).

Ferreira, O., Dias, J. A., ., & Taborda, R. (2008). Implications of sea-level rise for continental Portugal. *Journal of Coastal Research*, 24 (2), 317-324.

Ferreira, Ó., Garcia, T., Matias, A., & Taborda, R. &. (2006). *An integrated method for the determination of set-back lines for coastal erosion hazards on Sandy shores*. (Vol. 26). Continental shelf research.

Fonseca, P. (2010). *Qualidade das águas subterrâneas do aquífero livre de Esposende – Vila do Conde (NW de Portugal)*. Dissertação de Mestrado em Ordenamento e valorização de recursos geológicos. Universidade do Minho. 86p.

Fonseca, P., & Lima, A. S. (2011). Qualidade das águas subterrâneas em zonas costeiras. Caso de estudo do aquífero livre de Esposende - Vila do Conde (NW de Portugal). *VI Congresso de planeamento e gestão das zonas costeiras dos países de expressão Portuguesa*, (p. 17). Cabo Verde.

Freitas, M. & Andrade, C. (2009). Alterações climáticas e impactos na linha de costa. *XXIX Curso de Actualização de Professores em Geociências*. Lisboa

Gomes, F. (2007). A gestão da zona costeira portuguesa. *Revista de gestão costeira integrada*. Número 7 (2). 83-95p.

GIZC (2007). *Bases para a estratégia de gestão integrada da zona costeira nacional*. Ministério do ambiente, do ordenamento do território e do desenvolvimento regional. 61p.

Gonçalves, M. (2011). *Perdas nos valores dos ecossistemas devido à erosão costeira*. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente. Universidade de Aveiro. 69p.

Henrique, R. (2007). *Monitorização da zona costeira tendo em vista a sua vulnerabilidade*. Dissertação de Doutoramento em Geologia. Universidade do Minho.

História.Docs – Blogspot; Campos de masseira. Disponível em: <http://histdocs.blogspot.pt/2012/02/campos-masseira.html> (Consultado em 05-07-2014).

Instituto Hidrográfico – IH (2014). *Agitação Marítima – Bóia Ondógrafo de Leixões*. Disponível em: <http://www.hidrografico.pt> (Consultado em 22-05-2014).

Lemos, C. (2004). Análise das susceptibilidades e planeamento de espaços no concelho da Póvoa de Varzim. *V Congresso de Geografia Portuguesa*. Guimarães.

Maia, A. (2012). *Evolução litoral entre a Vagueira e a P. de Mira: análise geoconómica*. Dissertação de Mestrado em Ciências do mar e das zonas costeiras. Universidade de Aveiro. 67p.

Mendes, J., Pinho, J. (2008). *Erosão costeira – Metodologias para a sua quantificação*. Universidade do Minho. Artigo 11, número 33, 139-150p.

Menezes, G. (2011). *Estudo da evolução da linha de costa entre o cabo Mondego e Aveiro (1958-2010)*. Dissertação de Mestrado em Ciências da Terra. Universidade de Coimbra. 81p.

Oliveira, S. (2005). *Evolução recente da linha de costa no troço costeiro Forte Novo – Garrão (Algarve)*. Dissertação de Mestrado em Ciências e Engenharia da Terra. Universidade de Lisboa. 114p.

Pedrosa, A. (2012). Risco de erosão no litoral norte de Portugal: uma questão de ordenamento do território. *Soc. & Nat.*, 25 (1). 133-146p. Uberlândia.

Pereira, C. (2010). *Risco de erosão para diferentes cenários de evolução do litoral de Aveiro*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade de Aveiro. 78p.

Portal da Póvoa de Varzim (2014). Freguesias – Aguçadoura e Estela. Disponível em: <http://www.povoadevarzim.com.pt/freguesias.php> (consultado em 14-05-2014).

PROCIV (2010). Riscos costeiros – Estratégias de prevenção, mitigação e protecção, no âmbito do planeamento de emergência e do ordenamento do território. *Autoridade nacional de protecção civil*. 155p.

RCM n.º 82/2009, 2009. *Resolução do Conselho de Ministros n.º 82/2009*. Diário da República, 1.ª série — N.º 174 — 8 de Setembro de 2009, pp. 6056-6088.

Reis, E. (2010). *Evolução da linha de costa e defesa das zonas costeiras – Análise custo/benefício*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. 75p.

Santos, F., Forbes, K., Moita, R.. (2002). *Climate change in Portugal scenarios, impacts and adaptation measures: SIAM project*. Gravada – Publicações, Lda. Lisboa.

Silva, C., Granjo, M. (2006). *Vulnerabilidade das zonas costeiras às acções energéticas do mar*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade de Aveiro. 125p.

Silva, P. (2012). *A tendência da linha de costa entre as praias de Maceda e S. Jacinto*. Dissertação de Mestrado em Ciências do mar e das zonas costeiras. 71p.

Wikipédia (2014). Aguçadoura. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Agu%C3%A7adoura> (consultado em 8-05-2014).

Wikipédia (2014). Estela. Disponível em: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Estela_\(P%C3%B3voa_de_Varzim\)](http://pt.wikipedia.org/wiki/Estela_(P%C3%B3voa_de_Varzim)) (consultado em 8-05-2014).

Wikipédia (2014). Póvoa de Varzim. Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/P%C3%B3voa_de_Varzim (consultado em 8-05-2014).

ANEXOS

Categoria do Geoindicador	Peso	Geoindicador	Peso relativo	Pontuação normalizada	Características do geoindicador	Nível de Influência	Pontuação	Final
Topográficos	0.25	Elevação	0.8	0.2	<3 m 3-6 m >6 m	10 5 1		
		Vegetação	0.2	0.05	Escassa/ausente Arbustiva Densa	10 5 1		
Linha costa	0.4	Taxa de erosão	0.25	0.125	Extrema(>10m) Elevada Moderada(<1m)	10 5 1		
		Estruturas de defesa costeira	0.1	0.05	Numerosas Uma Nenhuma	10 5 1		
		Altura da duna frontal	0.2	0.1	<5 m 5-10 m >10 m	10 5 1		
		Vegetação da duna frontal	0.04	0.02	Ausente Escassa Densa	10 5 1		
		Tipo de duna frontal	0.1	0.05	Diques/ausente Natural	10 5		
		Galgamentos	0.01	0.005	Frequentes Ocasionais Ausentes	10 5 1		
		"Blowouts"	0.1	0.05	Frequentes Ocasionais Ausentes	10 5 1		
		Largura praia	0.2	0.1	Estreita Intermédia Larga/berma	10 5 1		
Não relacionados com a linha de costa	0.2	Uso da terra	0.5	0.125	Urbana Agricultura Campo dunar	10 5 1		
		Duna interior	0.3	0.075	Ausente Estreita Larga	10 5 1		
		Estruturas perpendiculares	0.2	0.05	Numerosas Poucas Nenhuma	10 5 1		
PONTUAÇÃO TOTAL								

Troço 1								
Categoria do Geoindicador	Peso	Geoindicador	Peso relativo	Pontuação normalizada (Peso relativo x Peso)	Característica do geoindicador	Nível de influência	Pontuação	Final
Topográficos	0,25	Elevação	0,8	0,2	<3 m	10	1	0,2
					3-6 m	5		
					>6 m	1		
		Vegetação	0,2	0,05	Escassa/ausente	10	10	0,5
					Arbustiva	5		
					Densa	1		
Linha de costa	0,50	Taxa de erosão/ acreção	0,25	0,125	Extrema (>10 m)	10	1	0,125
					Elevada	5		
					Moderada (< 1 m)	1		
		Estruturas de defesa costeira	0,1	0,05	Numerosas	10	1	0,05
					Uma	5		
					Nenhuma	1		
		Altura da duna frontal	0,2	0,1	<5 m	10	5	0,5
					5-10 m	5		
					>10 m	1		
		Vegetação da duna frontal	0,04	0,02	Ausente	10	10	0,2
					Escassa	5		
					Densa	1		
		Tipo de duna frontal	0,1	0,05	Diques/ausente	10	10	0,5
					Natural	5		
		Galgamentos	0,01	0,005	Frequentes	10	5	0,025
					Ocasionais	5		
					Ausentes	1		
		Blowouts	0,1	0,05	Frequentes	10	1	0,05
					Ocasionais	5		
					Ausentes	1		
Largura da praia	0,2	0,1	Estreita	10	10	1		
			Intermédia	5				
			Larga	1				
Interiores	0,25	Uso da terra	0,5	0,125	Urbano	10	10	1,25
					Agricultura	5		
					Campo dunar	1		
		Duna interior	0,3	0,075	Ausente	10	10	0,75
					Estreita	5		
					Larga	1		
		Estruturas perpendiculares	0,2	0,05	Numerosas	10	10	0,5
					Poucas	5		
					Nenhuma	1		
Pontuação final							5,65	

Troço 2								
Categoria do Geoindicador	Peso	Geoindicador	Peso relativo	Pontuação normalizada (Peso relativo x Peso)	Característica do geoindicador	Nível de influência	Pontuação	Final
Topográficos	0,25	Elevação	0,8	0,2	<3 m	10	1	0,2
					3-6 m	5		
					>6 m	1		
		Vegetação	0,2	0,05	Escassa/ausente	10	10	0,5
					Arbustiva	5		
					Densa	1		
Linha de costa	0,50	Taxa de erosão/ acreção	0,25	0,125	Extrema (>10 m)	10	5	0,625
					Elevada	5		
					Moderada (< 1 m)	1		
		Estruturas de defesa costeira	0,1	0,05	Numerosas	10	1	0,05
					Uma	5		
					Nenhuma	1		
		Altura da duna frontal	0,2	0,1	<5 m	10	5	0,5
					5-10 m	5		
					>10 m	1		
		Vegetação da duna frontal	0,04	0,02	Ausente	10	5	0,1
					Escassa	5		
					Densa	1		
		Tipo de duna frontal	0,1	0,05	Diques/ausente	10	5	0,25
					Natural	5		
		Galgamentos	0,01	0,005	Frequentes	10	5	0,025
					Ocasionais	5		
					Ausentes	1		
		Blowouts	0,1	0,05	Frequentes	10	10	0,5
					Ocasionais	5		
					Ausentes	1		
Largura da praia	0,2	0,1	Estreita	10	10	1		
			Intermédia	5				
			Larga	1				
Interiores	0,25	Uso da terra	0,5	0,125	Urbano	10	10	1,25
					Agricultura	5		
					Campo dunar	1		
		Duna interior	0,3	0,075	Ausente	10	5	0,375
					Estreita	5		
					Larga	1		
		Estruturas perpendiculares	0,2	0,05	Numerosas	10	5	0,25
					Poucas	5		
					Nenhuma	1		
Pontuação final							5,625	

Troço 3								
Categoria do Geoindicador	Peso	Geoindicador	Peso relativo	Pontuação normalizada (Peso relativo x Peso)	Característica do geoindicador	Nível de influência	Pontuação	Final
Topográficos	0,25	Elevação	0,8	0,2	<3 m	10	1	0,2
					3-6 m	5		
					>6 m	1		
		Vegetação	0,2	0,05	Escassa/ausente	10	10	0,5
					Arbustiva	5		
					Densa	1		
Linha de costa	0,50	Taxa de erosão/ acreção	0,25	0,125	Extrema (>10 m)	10	1	0,125
					Elevada	5		
					Moderada (< 1 m)	1		
		Estruturas de defesa costeira	0,1	0,05	Numerosas	10	1	0,05
					Uma	5		
					Nenhuma	1		
		Altura da duna frontal	0,2	0,1	<5 m	10	5	0,5
					5-10 m	5		
					>10 m	1		
		Vegetação da duna frontal	0,04	0,02	Ausente	10	5	0,1
					Escassa	5		
					Densa	1		
		Tipo de duna frontal	0,1	0,05	Diques/ausente	10	5	0,25
					Natural	5		
		Galgamentos	0,01	0,005	Frequentes	10	5	0,025
					Ocasionais	5		
					Ausentes	1		
		Blowouts	0,1	0,05	Frequentes	10	10	0,5
					Ocasionais	5		
					Ausentes	1		
		Largura da praia	0,2	0,1	Estreita	10	10	1
					Intermédia	5		
					Larga	1		
Interiores	0,25	Uso da terra	0,5	0,125	Urbano	10	1	0,125
					Agricultura	5		
					Campo dunar	1		
		Duna interior	0,3	0,075	Ausente	10	1	0,075
					Estreita	5		
					Larga	1		
		Estruturas perpendiculares	0,2	0,05	Numerosas	10	5	0,25
					Poucas	5		
					Nenhuma	1		
Pontuação final								3,7

Troço 4								
Categoria do Geoindicador	Peso	Geoindicador	Peso relativo	Pontuação normalizada (Peso relativo x Peso)	Característica do geoindicador	Nível de influência	Pontuação	Final
Topográficos	0,25	Elevação	0,8	0,2	<3 m	10	1	0,2
					3-6 m	5		
					>6 m	1		
		Vegetação	0,2	0,05	Escassa/ausente	10	10	0,5
					Arbustiva	5		
					Densa	1		
Linha de costa	0,50	Taxa de erosão/ acreção	0,25	0,125	Extrema (>10 m)	10	1	0,125
					Elevada	5		
					Moderada (< 1 m)	1		
		Estruturas de defesa costeira	0,1	0,05	Numerosas	10	5	0,25
					Uma	5		
					Nenhuma	1		
		Altura da duna frontal	0,2	0,1	<5 m	10	5	0,5
					5-10 m	5		
					>10 m	1		
		Vegetação da duna frontal	0,04	0,02	Ausente	10	5	0,1
					Escassa	5		
					Densa	1		
		Tipo de duna frontal	0,1	0,05	Diques/ausente	10	10	0,5
					Natural	5		
		Galgamentos	0,01	0,005	Frequentes	10	5	0,025
					Ocasionais	5		
					Ausentes	1		
		Blowouts	0,1	0,05	Frequentes	10	10	0,5
					Ocasionais	5		
					Ausentes	1		
		Largura da praia	0,2	0,1	Estreita	10	10	1
					Intermédia	5		
					Larga	1		
Interiores	0,25	Uso da terra	0,5	0,125	Urbano	10	10	1,25
					Agricultura	5		
					Campo dunar	1		
		Duna interior	0,3	0,075	Ausente	10	10	0,75
					Estreita	5		
					Larga	1		
		Estruturas perpendiculares	0,2	0,05	Numerosas	10	5	0,25
					Poucas	5		
					Nenhuma	1		
Pontuação final								5,95