

MARIA LUÍSA SERRÃO BON DE SOUSA

**Avaliação do impacto da subida do nível do mar nas praias encastradas da
costa Sul do Algarve**



UNIVERSIDADE DO ALGARVE

Faculdade de Ciências e Tecnologia

2016

MARIA LUÍSA SERRÃO BON DE SOUSA

**Avaliação do impacto da subida do nível do mar nas praias encastradas da
costa Sul do Algarve**

Mestrado em Sistemas Marinhos e Costeiros

Trabalho efetuado sob a orientação de:

Doutor Óscar Ferreira

E coorientação de:

Doutor Carlos Loureiro



UNIVERSIDADE DO ALGARVE

Faculdade de Ciências e Tecnologia

2016

Avaliação do impacto da subida do nível do mar nas praias encastradas da costa Sul do Algarve

Declaração de autoria do trabalho

Declaro ser a autora deste trabalho, que é original e inédito. Autores e trabalhos consultados estão devidamente citados no texto e consta da listagem de referências incluída.

Lúcia Bon de Souse

© Luísa Bon de Sousa

A Universidade do Algarve reserva para si o direito, em conformidade com o disposto no Código do Direito de Autor e dos Direitos Conexos, de arquivar, reproduzir e publicar a obra, independentemente do meio utilizado, bem como de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição para fins meramente educacionais ou de investigação e não comerciais, conquanto seja dado o devido crédito ao autor e editor respetivos.

Agradecimentos

Primeiro queria agradecer ao professor Óscar e ao Carlos por terem aceitado serem meus orientadores neste trabalho, por toda a disponibilidade que tiveram ao longo de trabalho, por me ajudarem quando tive mais dificuldades. Sem a vossa ajuda não tinha conseguido fazer todo o trabalho.

Um obrigado também aos meus colegas de mestrado, pelas horas todas passadas a trabalhar ou no convívio. Foram excelentes colegas.

Obrigada também à Virginia Pinto, por ter-me apoiado desde o início nesta minha volta a Faro, e ter facilitado o mais possível os horários na loja para que fosse possível conciliar os estudos e o trabalho.

Um grande obrigado à Teresa pela leitura e apoio nesta fase. “Estamos longe, mas sempre perto”.

Um grande obrigado aos meus irmãos (Salvador, Nuno, Tomás e Miguel) por terem tido paciência ao longo desta fase, e por serem os melhores. Ao Nuno um especial obrigado pelas críticas e conversas que fomos tendo para que fosse melhorando o trabalho.

Um muito muito obrigado aos meus Pais, por me terem dado a oportunidade de vir estudar para longe, e por me apoiarem independentemente de tudo. Um especial obrigado a minha Mãe pela grande mãe que foi neste último ano e meio.

Por fim, obrigada à Liliana quer pelo grande apoio que foi ao longo desta etapa, quer pela ajuda ao longo do trabalho, quer pela amizade que vale mais do que cinco estrelas.

Obrigada a todos os que estiveram presentes ao longo deste percurso.

Resumo

As previsões do Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas (IPCC) apontam para a subida do nível médio do mar (NMM) que, num cenário mais pessimista, pode chegar a 1 m em relação ao atual. Esta previsão de subida no NMM pode ter impacto na zona costeira a nível global, quer modificando a posição da linha de costa e a morfologia costeira, quer influenciando a economia das regiões costeiras. A costa sul do Algarve, no sul de Portugal, é fortemente influenciada pelo turismo de praia, sendo que as praias encastradas são utilizadas como cartão de visita da região. A subida do NMM e a impossibilidade de migração das praias encastradas para terra pode comprometer a largura e capacidade balnear destas.

Neste estudo quantificaram-se e analisaram-se as alterações morfológicas provocadas pela subida do NMM nas praias encastradas da costa sul do Algarve, de acordo com as previsões do IPCC para 2100. Para tal analisaram-se perfis 2D, representativos das morfologias de praia, onde se aplicaram dois modelos para calcular o recuo da berma e da face de praia. Dos modelos utilizados, um foi desenvolvido por Taborda e Ribeiro (2015) e outro no decorrer do presente estudo. Os modelos assumem que nos perfis com berma há um recuo e elevação da berma, e que nos perfis sem berma a face de praia torna-se mais inclinada como resposta à subida do NMM. Calculou-se também qual a capacidade balnear das praias com a diminuição da largura do areal obtida, e como poderá afetar a economia local.

Conclui-se que com a subida do NMM há uma redução da largura do areal, e consequente diminuição da capacidade balnear, o que é negativo numa região dependente do turismo. Propõe-se então uma realimentação sedimentar das praias como forma de mitigar as consequências da subida do NMM.

Palavras-chave: subida do NMM – praias encastradas – evolução morfológica – perfil de praia – impacto económico – capacidade balnear

Abstract

Forecasts from the Intergovernmental Panel on Climate Changes (IPCC) point to a Mean Sea Level (MSL) rise that, in a less positive scenario, can be 1 m higher than the present one. This MSL rise forecast can have an impact on coastal areas worldwide, either by modifying the shore line position and coastal morphology, or by influencing the coastal region's economy. The South coast of Algarve, south Portugal, is strongly influenced by beach tourism, where the embayed beaches are one of the main attraction. The MSL rise and the impossibility of the embayed beaches' migration towards land can compromise their width and beach capacity.

In this study the morphological changes caused by the MSL rise were quantified and analysed for the Portugal South coast's embayed beaches, according to IPCC's forecast for 2100. For this, 2D profiles, representing the beaches' morphologies, were analysed, and two models were applied in order to estimate the retreat of both the berm and beachface. One of these models was developed by Taborda & Ribeiro and the other was developed on the outgoing study. The models assume that on the profiles where the berm exists there is a retreat and berm's rise, and on the profiles without berm the beachface becomes steeper as a response to the MSL rise. It was also estimated what the beach capacity would reduce with the calculated decrease in the beach width, and how this could affect the local economy.

It is concluded that with the MSL rise there is a decrease in the beach width, and therefore a decrease in the beach capacity, which has a negative impact in a region that depends on tourism. A nourishment of the beaches is also proposed, as a way to mitigate the MSL rise consequences.

Keyword: MSL rise – embayed beaches – morphological evolution – beach profile – economic impact – seaside capacity

Índice

Agradecimentos	i
Resumo	ii
Abstract	iii
Índice	iv
Índice de Figuras	vi
Índice de Tabelas	xi
1. Introdução	1
1.1 Nível Médio do Mar	1
1.1.1 Causas e Impactos da subida do NMM.....	1
1.1.2 Variações e Previsões de subida do NMM.....	2
1.2 Evolução morfológica das praias face à subida do NMM	3
1.2.1 Evolução morfológica de praias sem constrição face à subida do NMM	3
1.2.2 Evolução morfológica de praias com constrição face à subida do NMM	6
1.3 Motivação e Objetivos	8
2. Área de estudo	10
2.1 Zona costeira do Barlavento Algarvio	10
2.2 Ordenamento do território na costa do Barlavento Algarvio	12
3. Metodologia	14
3.1 Seleção das praias e perfis	14
3.1.1 Seleção das praias.....	14
3.1.2 Seleção dos perfis.....	18
3.2 Extração de perfis e parâmetros morfológicos	19
3.2.1 Extração dos perfis.....	19
3.2.2 Extração dos parâmetros morfológicos	19
3.2.2.1 Plataforma rochosa.....	19
3.2.2.2 Berma e face de praia	21
3.3 Determinação de recuos e volumes	21
3.3.1 Cenários de subida do NMM	21
3.3.2 Cálculo do recuo em perfis com berma	23
3.3.3 Cálculo do recuo em perfis sem berma	24
3.3.4 Cálculo dos custos de realimentação	29
3.4. Capacidade balnear e potencial económico	32
4. Resultados	34

4.1 Distribuição e caracterização dos perfis selecionados	34
4.2 Evolução das praias para 2100 de acordo com os cenários testados	40
4.2.1 <i>Cenário A</i>	40
4.2.1.1 Perfis com berma.....	40
4.2.1.2 Perfis sem berma	43
4.2.2 <i>Cenário B</i>	45
4.2.2.1 Perfis com berma.....	45
4.2.2.2 Perfis sem berma	48
4.3 Relações entre parâmetros morfológicos e a evolução das praias	52
4.3.1 <i>Perfis com berma</i>	52
4.3.2 <i>Perfis sem berma</i>	54
4.4 Realimentação das praias, capacidade balnear e potencial económico	56
5. Discussão	61
5.1 – <i>Modelos de resposta morfológica de perfis de praia</i>	61
5.2 – <i>Pressupostos e limitações</i>	63
5.3 – <i>Evolução das praias prevista com a subida do NMM para 2100</i>	66
5.4 – <i>Realimentação das praias, capacidade balnear e potencial económico</i>	67
6. Conclusão	70
Referências	72
Anexos	79
Anexo I - Informação incluída no processo de pré-seleção das praias	79
Anexo II – Informação recolhida na visita às praias em março de 2015	82

Índice de Figuras

Figura 1.1 – Influência da subida do nível médio do mar no desenvolvimento do perfil de praia entre a duna e a profundidade de fecho, adaptado de Bruun, 1962. NMM – nível médio do mar, S – subida prevista do nível médio do mar.	4
Figura 1.2 – Representação esquemática do perfil de uma praia de plataforma em resposta à subida do nível do mar (ΔMSL). x_B – largura da berma; x_F – largura da praia; e R - recuo da berma. As letras a cinzento representam as condições iniciais e a preto as condições finais (Taborda & Ribeiro, 2015).....	8
Figura 2.1 – Localização da área de estudo em relação à Península Ibérica. Fonte: Google™ earth.	11
Figura 3.1 – Painel I : A - Praia da Oura-Leste designada pela APA; B - Praia da Oura designada pela APA; C - Praia da Oura considerada neste estudo; Painel II : A - Praia dos Três Castelos designada pela APA; B - Praia do Cariano designada pela APA; C - Praia do Vau designada pela APA; D - Praia do Barranco das Canas designada pela APA; E - Praia TCVB considerada neste estudo.	16
Figura 3.2 – Distribuição das praias seleccionadas para estudo, agrupadas por sectores.....	17
Figura 3.3 – Pontos correspondentes à seleção de perfis e sua denominação (A), representação cartográfica dos perfis extraídos (B) e visualização dos perfis extraídos (C) na Praia de Olhos de Água.	19
Figura 3.4 – Representação da plataforma rochosa no perfil TCVB1.	20
Figura 3.5 – A Representação de um perfil onde se individualiza a berma e a face de praia, perfil OA2; B – Representação de um perfil sem berma, perfil Cas2. h_B – elevação da berma em relação ao NMM; h_F – elevação da face de praia em relação ao NMM; z_B - altura da cunha de sedimento; x_B - largura da berma; x_F - largura da praia, $\tan \beta$ - pendora da face de praia; $\tan \alpha$ – pendora da plataforma rochosa.	22
Figura 3.6 – Modelo concetual de evolução de uma praia com recuo da berma, sem terraço de maré (A) e com terraço de maré (B), face à subida do nível do mar. Modelo concetual de evolução de uma praia com erosão total da berma, sem terraço de maré (C) e com terraço de maré (D). Z_b - altura da cunha sedimentar; S - subida prevista do NMM; x_B - largura inicial da berma; x_B' - largura da berma após a subida do NMM; x_F - largura inicial da face de praia; x_F' - largura da praia após a subida do NMM.	26

Figura 3.7 – Modelo conceptual de evolução de uma praia sem berma, sem terraço de maré (A) e com terraço de maré (B), face à subida do NMM. x_F – largura da praia atual; $x_{F'}$ – largura da praia após a subida do NMM; z_B – altura da cunha de sedimento; S – subida do NMM ...	27
Figura 3.8 – Esquema de variação morfológica de uma praia sem berma face à subida do nível do mar (S), com indicação do recuo (RF) e da variação de pendor (k) associados a esse reajuste morfológico. A região a cinzento representada a cunha sedimentar inicial; a preto, face de praia após a subida do NMM; z_B - altura da cunha de areia; i - ângulo entre a arriba e a face de praia inicial; β - ângulo entre a face de praia e o NMM; β' - ângulo entre a face de praia e o novo NMM; d_S - a distância horizontal entre o contacto de praia com a arriba e a linha de costa dada pela interseção do novo NMM; d_F - a distância entre o contacto de praia com a arriba e a linha de costa dada pela interseção da praia com o NMM; d_{FS} - a distância entre o contacto de praia com a arriba e a linha de costa dada pela interseção da praia com o novo NMM.	28
Figura 3.9 - Modelo conceptual da realimentação de uma praia com berma, sem terraço de maré (A) e com terraço de maré (B) e de uma praia onde ocorre erosão total da berma, sem terraço de maré (C) e com terraço de maré (D). z_B - altura da cunha sedimentar; S - subida prevista do NMM; x_B - largura inicial da berma; $x_{B'}$ - largura da berma após a subida do NMM; x_F , largura inicial da face de praia; $x_{F'}$ - largura da praia após a subida do NMM; $x_{F''}$ - largura da praia após a realimentação.....	31
Figura 3.10 – Modelo conceptual da realimentação de uma praia sem berma, sem terraço de maré (A) e com terraço de maré (B). z_B - altura da cunha sedimentar; S - subida prevista do NMM; x_F - largura inicial da face de praia; $x_{F'}$ - largura da praia após a subida do NMM, $x_{F''}$ - largura da praia após a realimentação.	32
Figura 4.1 – Localização dos perfis na Praia do Castelo (A) e na Praia da Mareta (B). Elevação do levantamento do LIDAR de 2011 sobreposto à ortofotografia de 2008.	34
Figura 4.2 – Distribuição dos perfis pelas praias consideradas de acordo com a sua morfologia. Existência de perfis com berma (círculo amarelo), sem berma (círculo azul), ou ambos (círculos amarelo e azul) em 2011, nas praias em estudo.	39
Figura 4.3 – Distribuição das praias onde se prevê a erosão total da berma para pelo menos um dos perfis (assinalada pela cruz encarnada), no Cenário A. Os números correspondem às praias identificadas na Tabela 4.1 e Figura 4.2.....	40
Figura 4.4 – Evolução morfológica do perfil VC1 com a subida prevista do NMM, de acordo com os cenários considerados.	40
Figura 4.5 – A - Expressão cartográfica do recuo calculado para os perfis da Praia de Santa Eulália. Interseção do NMM com a face de praia em 2011 (verde); interseção do NMM com da	

face de praia em 2100 segundo o Cenário A (amarelo); interseção do NMM com da face de praia em 2100 segundo o Cenário B (encarnado); crista da berma em 2011 (tracejado verde); crista da berma em 2100 segundo o Cenário A (tracejado amarelo) e crista da berma em 2100 segundo o Cenário B (tracejado encarnado). **B** - Recuo calculado para os perfis da Praia de Santa Eulália. A barra preta serve de escala, e corresponde a 10 m de recuo; as barras a cheio representam recuo previsto da face de praia em 2100, segundo os Cenários A (amarelo) e B (encarnado); as barras a tracejado representam recuo previsto da berma em 2100, segundo os Cenários A (amarelo) e B (encarnado). **SB** – sem berma inicial; **ETB** – erosão total da berma (assinalado, também, pela cruz encarnada); ortofotografia de 2008..... 41

Figura 4.6 – Evolução morfológica do perfil ML3 com a subida prevista do NMM, de acordo com os cenários considerados. 42

Figura 4.7 - Evolução morfológica do perfil Sal2 com a subida prevista do NMM, de acordo com os cenários considerados. 44

Figura 4.8 – Distribuição das praias com perfis onde se prevê um recuo da face de praia superior a 10 m (assinalado com a cruz encarnada) previsto pelo Cenário A em 2100. Os números correspondem às praias identificadas na Tabela 4.1 e Figura 4.2. 44

Figura 4.9 - Distribuição das praias onde se prevê a erosão total da berma para pelo menos um dos perfis (assinalada pela cruz encarnada), no Cenário B. Os números correspondem às praias identificadas na Tabela 4.1 e Figura 4.2..... 46

Figura 4.10 – Evolução morfológica do perfil In2 (**A**) e do perfil Ev1 (**C**) e representação gráfica dos recuos calculados para os perfis da Praia da Ingrina (**B**) e do Evaristo (**D**). Em B e D: interseção do NMM com a face de praia em 2011 (verde); interseção do NMM com a face de praia em 2100 segundo o Cenário A (amarelo); interseção do NMM com da face de praia em 2100 segundo o Cenário B (encarnado); crista da berma em 2011 (tracejado verde); crista da berma em 2100 segundo o Cenário A (tracejado amarelo) e crista da berma em 2100 segundo o Cenário B (tracejado encarnado); **SB** – sem berma inicial; **ETB** – erosão total da berma (assinalado, também, pela cruz encarnada); ortofotografia de 2008..... 47

Figura 4.11 – Evolução morfológica dos perfis na Praia Nova. **A** – perfil PN1; **B** – perfil PN2; **C** – perfil PN3. Localização dos mesmos com representação do recuo previsto (**D**). Em D: Interseção do NMM com da face de praia em 2011 (verde); interseção do NMM com da face de praia em 2100 segundo o Cenário A (amarelo); interseção do NMM com da face de praia em 2100 segundo o Cenário B (encarnado); **SB** – sem berma inicial; Ortofotografia de 2008. 50

Figura 4.12 – Distribuição das praias com perfis onde se prevê um recuo da face de praia superior a 10 m (assinalado pela cruz encarnada) previsto pelo Cenário B em 2100. Os números correspondem às praias identificadas na Tabela 4.1 e Figura 4.2.	50
Figura 4.13 - Relação entre a largura de praia e a largura da berma, em 2011 e em 2100 para os dois cenários considerados.	52
Figura 4.14 – Relação entre a largura da berma em 2011 e o recuo previsto da berma no Cenário A (A) e no Cenário B (B). Relação entre o pendor da face de praia em 2011 ($\tan \beta$) e o recuo da berma no Cenário A (C) e no Cenário B (D). Os perfis a amarelo-vivo e encarnado-vivo apresentavam, em 2011, uma largura de berma inferior a 30 m, com a linha da mesma cor a indicar a relação linear; os perfis amarelo-torrado e encarnado-escuro representam os perfis que em 2011 apresentavam uma largura de berma superior a 30 m, com a linha da mesma cor a indicar a relação linear; I – perfil EV1; II – perfil In2.	53
Figura 4.15 – A - Relação entre a largura de praia em 2011 e o recuo da berma no Cenário A (amarelo) e B (encarnado). As linhas representam relações lineares entre as variáveis; B - Relação entre a altura da berma em 2011 e o recuo da berma previsto no Cenário A (amarelo) e B (encarnado), C - Relação entre o pendor da plataforma rochosa ($\tan \alpha$) e o pendor da face de praia ($\tan \beta$) nos perfis com berma em 2011.	54
Figura 4.16 – A - Relação entre o pendor da face de praia ($\tan \beta$) e a largura da praia, para perfis de 2011 (verde); perfis previstos no Cenário A em 2100 (amarelo); perfis previstos no Cenário B em 2100 (encarnado). B – Relação entre o pendor da face de praia e a largura da praia em 2011; perfis que em 2011 apresentavam uma largura de praia superior a 40 m (verde-escuro) e inferior a 40 m (verde-claro). C - Relação entre o pendor da face de praia ($\tan \beta$) e a largura da praia em 2100 no Cenário A; perfis que em 2011 apresentavam uma largura de praia superior a 40 m (amarelo torrado) e inferior a 40 m (amarelo vivo). D - Relação entre o pendor da face de praia ($\tan \beta$) e a largura da praia em 2100 no Cenário B; perfis que em 2011 apresentavam uma largura de praia superior a 40 m (encarnado-escuro) e inferior a 40 m (encarnado).	55
Figura 4.17 – A - Relação entre o pendor da face de praia ($\tan \beta$) e a elevação em relação ao NMM da face de praia nos perfis em 2011. B – Relação entre o pendor da face de praia ($\tan \beta$) e a elevação em relação ao NMM da face de praia nos perfis em 2100 no Cenário A (amarelo) e no Cenário B (encarnado). C - Relação entre o pendor da face de praia ($\tan \beta$) e o recuo previsto da face de praia em 2100 no Cenário A (amarelo) e no Cenário B (encarnado). D - Relação entre o pendor da plataforma rochosa ($\tan \alpha$) e o pendor da face de praia ($\tan \beta$) nos perfis sem berma em 2011.	56

Figura 4.18 – Distribuição do volume de sedimento necessário para a realimentação nas praias em 2100 para reposição das condições de 2011, de acordo com o Cenário A (**A**) e B (**B**). 58

Figura 4.19 – Distribuição da quebra potencial na receita diária na economia local, por praia, de acordo com o Cenário A (**A**) e B (**B**). 58

Índice de Tabelas

Tabela 3.1 – Hóspedes e proveitos da hotelaria geral no Algarve, em 2015 (Turismo do Algarve, 2015).....	33
Tabela 4.1 – Perfis por praia (número, acrónimo e comprimento de praia associado).....	35
Tabela 4.2 – Parâmetros morfológicos obtidos para os perfis do sector Este em 2011.	36
Tabela 4.3 – Parâmetros morfológicos obtidos para os perfis do sector Central em 2011.	37
Tabela 4.4 – Parâmetros morfológicos obtido para os perfis do sector Oeste em 2011.	38
Tabela 4.5 – Valores médios, mínimos e máximos dos parâmetros morfológicos analisados e calculados nos perfis em 2011.	38
Tabela 4.6 – Valores médios, mínimos e máximos dos parâmetros morfológicos analisados e calculados para os perfis de praia em 2011 segundo o Cenário A.	42
Tabela 4.7 - Parâmetros morfológicos para os perfis com berma inicial em 2100, no Cenário A.	43
Tabela 4.8 – Parâmetros morfológicos nos perfis sem berma para 2100, no Cenário A.	45
Tabela 4.9 – Valores médios, mínimos e máximos dos parâmetros morfológicos analisados e calculados para os perfis de praia em 2100 segundo o Cenário B.	47
Tabela 4.10 Parâmetros morfológicos para os perfis com berma em 2100, no Cenário B.	48
Tabela 4.11 Parâmetros morfológicos nos perfis sem berma em 2100, no Cenário B.	51
Tabela 4.12 Previsão dos volumes e custos de realimentação das praias em estudo, e perda de capacidade balnear nas mesmas.	59
Tabela 4.13 - Previsão dos custos de realimentação, perda de utentes e quebra na receita por sector.	60

1. Introdução

1.1 Nível Médio do Mar

O nível médio do mar (NMM) é definido de duas formas: como a altura da superfície do mar em relação ao fundo do oceano (conhecido como nível do mar relativo, NMR), ou como a altura da superfície do mar em relação ao elipsoide (conhecido como nível do mar absoluto, NMA) (Milne, 2014). O NMM depende principalmente do volume total de água nas bacias oceânicas, da temperatura da água a diferentes profundidades e da forma das bacias oceânicas (Titus, 1986). Segundo Cazenave e Llovel (2010) o nível médio do mar é um parâmetro difícil de determinar por modelos climáticos, pois envolve interações de todos os sistemas climáticos com grandes escalas temporais e espaciais.

1.1.1 Causas e Impactos da subida do NMM

O NMM, de acordo com estudos realizados ao longo dos anos, e em diversos locais do mundo, tem vindo a subir de forma notória. Essa subida está associada principalmente às alterações climáticas, quer regionais quer globais, e com grande variabilidade em termos temporais, que têm aumentado o volume de água nos oceanos, levando assim a uma subida do NMM (Williams, 2013). Os processos mais importantes que provocam alterações no NMM são processos glacio-eustáticos, glacio-isostáticos, hidro-isostáticos, tectono-eustáticos, sedimentoeustáticos e geóido-eustáticos (*e.g.* Dias & Taborda, 1988).

As alterações climáticas devidas ao aquecimento global, resultam numa expansão térmica a diferentes profundidades do oceano (que poderá ser responsável por cerca de 1,1 mm por ano de subida do NMM entre 1993 e 2010 (Church *et al.*, 2013)), bem como no degelo das calotes polares, (especificamente da Antártica, potencialmente responsável por cerca de 0,27 mm por ano de subida do NMM entre 1993 e 2010 (Church *et al.*, 2013)) e de glaciares (exceto a Gronelândia e Antártica, provavelmente responsável por cerca de 0,79 mm por ano de subida do NMM entre 1993 e 2010 (Church *et al.*, 2013)), aumentando as transferências de água para o oceano. As causas acima citadas têm sido, consideradas como as principais causas atuais para a subida do NMM por diversos autores (Gornitz & Lebedeff, 1987; IPCC, 2007; FitzGerald *et al.*, 2008; Cazenave & Llovel, 2010; Church *et al.*, 2013; Williams, 2013)

Desde os anos 90 que a taxa de subida do NMM não é vista como um ciclo natural, mas sim como uma resposta direta das pressões quer antrópicas quer naturais. Prevê-se que a subida do NMM continue caso se continue a emitir gases com efeito de estufa (Church *et al.*, 2013). No último século ocorreu uma notória aceleração da subida do NMM, contribui para um

agravamento da erosão costeira (FitzGerald *et al.*, 2008; Ferreira & Matias, 2013; Anderson *et al.*, 2015). A subida do NMM é, assim, um aspeto importante a considerar para a gestão e manutenção das áreas costeiras em todo o mundo.

Segundo Bruun (1987) a subida do NMM é uma das causas da erosão costeira em todo o mundo, sendo esta conclusão parcialmente suportada por Pilkey & Cooper (2004), dizendo estes que a subida global do NMM é pelo menos parcialmente responsável pela erosão generalizada que se observa nas zonas costeiras mundiais. Outro impacto evidente da subida do NMM é a alteração da linha de costa provocada pela inundação ou por transgressão da costa (Williams, 2013). As variações do NMM contribuíram para erosão de 70% das praias mundiais e apenas 10% de acreção nas últimas décadas, de acordo com uma avaliação feita por Bird em 1985 (Cazanave & Le Cozannet, 2014). A nível europeu no início do século os valores são ligeiramente diferentes, tendo essas variações apenas provocado erosão em 30% das praias e provocado acreção de sedimento em 60% das zonas húmidas (Cazanave & Le Cozannet, 2014). Em Portugal, de acordo com Ferreira & Matias (2013) existem três principais causas para a erosão costeira, a intervenção nas bacias dos rios, a construção de estruturas de engenharia costeira e a subida do NMM. A intensificação do processo erosivo, o aumento das cotas de inundação e o aumento da influência marinha em zonas costeiras são os impactos mais relevantes que podem ocorrer na zona costeira de Portugal face à subida do NMM (Andrade *et al.*, 2006).

1.1.2 Variações e Previsões de subida do NMM

No século XX a taxa de subida do NMM foi de 1,6 – 1,8 mm/ano (Cazanave & Le Cozannet, 2014), sendo que entre 1901 e 1990 Hay *et al.* (2015) estimaram que a taxa global de subida do NMM tenha sido de $1,2 \pm 0,2$ mm/ano. Nos últimos 20 anos (entre 1993-2012) a taxa global de subida do NMM estimada por altimetria de satélite atingiu $3,2 \pm 0,4$ mm/ano (Cazanave & Le Cozannet, 2014). A alteração da taxa de subida do NMM entre 1901-1990 e 1993-2010 indica que nas últimas duas décadas a subida do NMM foi mais significativa do que anteriormente (Hay *et al.*, 2015).

Em Portugal têm sido feitos diferentes estudos da série do marégrafo de Cascais para averiguar se a subida do NMM em Cascais é similar à obtida a nível global. O estudo efetuado dos registos maregráficos de Cascais desde 1882 até 1985 verificou uma tendência de subida do NMM, relacionada essencialmente com a expansão térmica do oceano e caracterizada por uma taxa de elevação média relativa de $1,3 \pm 0,1$ mm/ano até 1985 (Dias & Taborda, 1992).

Entre 1977 e 2000 o nível do mar regional em Cascais subiu a uma taxa de 2,1 mm/ano (Antunes & Taborda, 2009), entre 2000 e 2009 obteve-se uma taxa de subida do NMM entre de $2,6 \pm 0,3$ mm/ano (Antunes, 2009). Os valores obtidos pela análise do marégrafo de Cascais são compatíveis com a elevação média global no oceano (Antunes & Taborda, 2009). Desta análise pode concluir-se que as taxas obtidas a nível global do NMM podem ser utilizadas em Portugal Continental sem restrições. Atualmente a estimativa mais precisa da taxa de subida do NMM em Cascais foi de $3,57 \pm 0,16$ mm/ano entre 2000-2010 (Antunes, 2011).

O Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas (IPCC) projetou, em 2013, que a subida do NMM é independente de cada cenário previsto, correspondendo cada previsão de subida do NMM à soma de diferentes contribuições individuais, como o degelo dos glaciares, o degelo dos calotes polares e de água proveniente de reservatórios terrestres (Horton *et al.*, 2014). Segundo o Quinto Relatório de Avaliação (AR5) do IPPC (Church *et al.*, 2013) prevê-se uma subida no NMM entre 28 e 61 cm quando se considera uma redução drástica das emissões dos gases com efeito de estufa (Cenário RCP2.8), e uma subida entre 52 e 98 cm caso as emissões de gases com efeito de estufa continuem a crescer (Cenário RC8.5) até 2100. No cenário RC8.5 o IPCC prevê que ocorra um aquecimento de $4,5^\circ$ até 2100 (Church *et al.*, 2013; Horton *et al.*, 2014).

Em Portugal, a comparação dos dados do marégrafo de Cascais com os registos da variação da temperatura da superfície do mar no Oceano Atlântico Norte sugere que a expansão térmica dos oceanos é importante na subida do NMM (Dias & Taborda, 1988 e 1992). De acordo com a aceleração e taxa de subida do NMM em 1990 prevê-se que o NMM estará 47 cm acima em 2100, em relação a 1990 (Antunes & Taborda, 2009).

1.2 Evolução morfológica das praias face à subida do NMM

Walken *et al.* (2008) referem que compreender e quantificar a resposta de um perfil de costa à subida do NMM é uma das questões mais importantes atuais na investigação da geologia costeira. A subida do NMM é normalmente associada à erosão da zona costeira, podendo também provocar a submersão e aumento da inundação das zonas costeiras, e a intrusão de águas marinhas em águas subterrâneas (Nicholls & Cazenave, 2010).

1.2.1 Evolução morfológica de praias sem constrição face à subida do NMM

A evolução morfológica de praias sem constrição, como é o exemplo de uma praia arenosa sem qualquer obstrução em terra, onde possa ocorrer uma migração da praia para terra, tem sido estudada com recurso à Regra de Bruun (1962).

A Regra de Bruun relaciona a subida do NMM e o recuo da linha de costa através de uma aproximação matemática, considerando a zona costeira como um sistema fechado. A maioria dos modelos 2D e 3D que simula a resposta das praias e barreiras arenosas à subida do NMM prevê a migração da linha de costa na dependência de dois fatores: as praias e barreiras atuam como sistemas de transferência fechados; os perfis de praia emersa e submersa mantêm-se constantes e em equilíbrio ao longo do tempo (Bruun, 1988). Este equilíbrio é a componente principal dos modelos que preveem o recuo da linha de costa baseado na subida do NMM desde o desenvolvimento da Regra de Bruun. Para que o equilíbrio se mantenha ao longo do tempo considera-se que o material que é erodido da praia emersa com a subida do NMM é transportado para o sector imerso do perfil de praia (Bruun, 1962; Schwartz, 1967), havendo um reajuste do perfil (Figura 1.1).

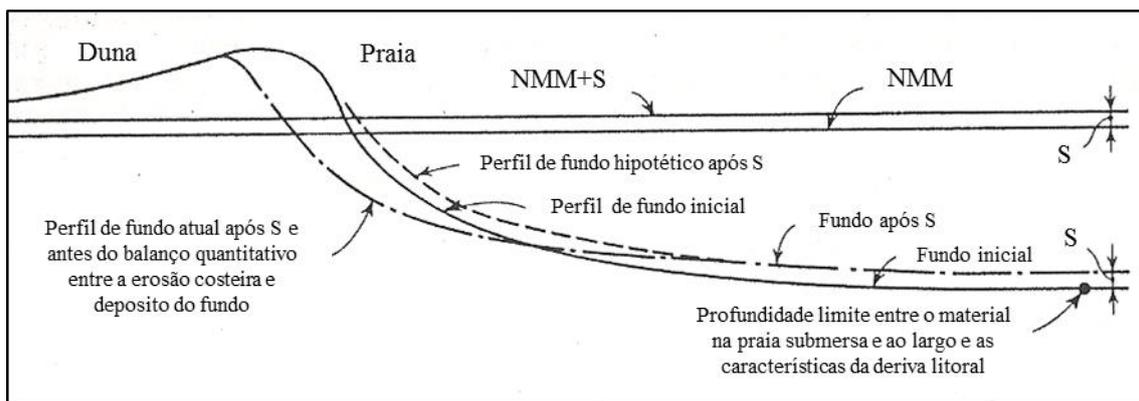


Figura 1.1 – Influência da subida do nível médio do mar no desenvolvimento do perfil de praia entre a duna e a profundidade de fecho, adaptado de Bruun (1962). NMM – nível médio do mar, S – subida prevista do nível médio do mar.

A primeira aproximação da Regra de Bruun sugere a subida do NMM como causa da erosão costeira definindo e dando dimensões a processos geológicos (Schwartz, 1967). A Regra de Bruun é uma alternativa de modelação em casos onde não há dados disponíveis, é uma simples relação matemática com poucas variáveis, devendo ser só aplicada em certas circunstâncias ambientais, tais como praias apenas com areia sem zonas rochosas ou lodosas (Pilkey & Cooper, 2004; Cooper & Pilkey, 2004).

Desde que foi publicada a Regra de Bruun tem sido sujeita a diversas críticas, estando sujeita a modificações, adaptações e aplicações a diferentes cenários de acordo com os critérios iniciais, desde sistemas e ilhas barreiras a costas rochosas (Davidson-Arnott, 2005). A adaptação e aplicação da Regra de Bruun deve ter sempre em consideração a seleção consistente

de subconjuntos da costa e o conhecimento dos fatores que possam afetar a alteração da linha de costa (Le Cozannet *et al.*, 2014).

Um exemplo de uma aplicação e alteração da regra de Bruun é o trabalho de Davidson-Arnott (2005), que propôs um modelo conceptual baseado nos pressupostos iniciais da Regra de Bruun diferindo apenas porque inclui a interação praia-duna, onde:

- a praia e a face da duna são erodidas como resultado da translação do perfil devido à subida do NMM, e a duna e a praia migram em direção a terra subindo uma altura equivalente à subida do NMM;
- a profundidade de fecho da praia também migra para terra e sobe o equivalente à subida do NMM;
- todo o sedimento erodido da duna é transferido para terra, e como consequência a duna migra para terra;
- o volume erodido da duna e da praia é igual ao volume transferido para terra, havendo uma conservação do volume da duna.

A utilização da Regra de Bruun não é consensual para todos os cientistas costeiros, pois:

- evidencia uma incapacidade de diferenciar entre plataformas ativas ou não (Dietz, 1963);
- não foi demonstrada nem os seus pressupostos (Pilkey & Cooper, 2004);
- há limitações dos modelos matemáticos que preveem o recuo da linha de costa, uma vez que podem haver grandes variações temporais da taxa de recuo da linha de costa (Pilkey & Cooper, 2004; FitzGerald *et al.*, 2008);
- apresenta como maior limitação o facto de não considerar o balanço do sedimento dunar (Davidson-Arnott, 2005);
- não tem em conta as características do sedimento, como o tamanho do grão e velocidade de deposição (FitzGerald *et al.*, 2008);
- para usar modelos 2D em sistemas 3D há problemas associados, com as fronteiras do sistema (FitzGerald *et al.*, 2008);
- há uma grande incerteza em estimar o perfil de praia ativo, pois é necessário saber com precisão a profundidade de fecho (Ranasinghe *et al.*, 2012).

Um exemplo da aplicação direta da Regra de Bruun foi o trabalho de El-Raey *et al.* (1999), onde utilizaram a Regra de Bruun para estimarem possíveis impactos socioeconómicos

associados à subida do NMM na cidade de Port Said no Egipto. El-Raey *et al.* (1999) utilizaram a Regra de Bruun de forma a obterem três *buffers* de recuo da linha de costa, associados a três previsões de subida do NMM, onde tendo a informação da ocupação da terra conseguiram calcular qual o sector socioeconómico mais suscetível à subida do NMM. Outros exemplos onde é aplicada a Regra de Bruun são os trabalhos de Hand (1983) e de Leatherman (1991). Em Portugal, Ferreira *et al.* (2006) aplicaram a Regra de Bruun para obterem o recuo da linha de costa associado à subida do NMM prevista para um período de 50 anos.

Exemplos de trabalhos realizados recentemente sobre a evolução de praias face à subida do NMM, incluem um estudo feito em 71 praias na Ilha de Creta (Monioudi *et al.*, 2014), na Grécia, onde foram avaliados três modelos para o cálculo do recuo das praias de acordo com três cenários de subida do NMM (0,26, 0,82 e 1,86 m). Outro exemplo é um estudo realizado num sistema de ilhas barreiras, onde Williams (2013) verificou que as alterações provocadas pela subida do NMM resultaram numa maior migração para terra das ilhas, ocorrendo redução ou segmentação das ilhas ou, em casos extremos, a formação de uma barra submersa. Por outro lado, no estudo sobre a resposta de praias carbonatadas no Hawaii à subida do NMM, concluiu-se que a resposta depende fortemente da geomorfologia da costa, das ondas próximas da costa e do transporte de sedimentos (Romine *et al.*, 2016).

1.2.2 Evolução morfológica de praias com constrição face à subida do NMM

No estudo da evolução morfológica de praias com constrição à subida do NMM, como é o exemplo de praias compreendidas entre arriba em terra e uma plataforma rochosa no mar, adotam-se alguns pressupostos da Regra de Bruun, como a manutenção do volume sedimentar e o equilíbrio do perfil, mas sem ocorrer migração da praia para terra. Outra adaptação comum em costas com arribas é a criação de uma retroação negativa associada à subida do NMM resultando num aumento do declive do perfil, levando a um rápido abandono da plataforma rochosa ativa (Ashton *et al.*, 2011). O primeiro modelo para o estudo de praias com plataforma rochosa a incorporar a morfodinâmica da praia foi o modelo previsto por Trenhaile (2004), onde são incluídas as alterações a longo-termo da morfologia da praia face à subida do NMM, as alterações na frequência e intensidade das tempestades, e alterações a curto-termo em resposta à prevalência das ondas e condições de maré. Nesse estudo concluiu-se que a resposta de praias com plataformas rochosas à subida do NMM depende da morfologia rochosa, reduzindo a largura das plataformas ativas e causando a migração na direção de terra das morfologias da praia. Estas alterações vão, geralmente, resultar na perda para o mar de sedimento que não se consegue acomodar na berma.

Posteriormente a estes trabalhos, Young *et al.* (2014) propuseram algumas alterações à Regra de Bruun e estabeleceram um conceito para estimarem o recuo de praias arenosas localizadas em costas rochosas baseado no balanço em sistemas arenosos costeiros. O conceito baseia-se na relação entre o perfil de praia e de arriba como perfis dissociados, sendo o modelo especialmente adaptado para costas com arribas com praias na sua frente, mas que pode ser aplicado a outras costas onde o balanço sedimentar é alterado. Noutro modelo, proposto por Brunel & Sabatier (2007), é assumido o princípio de submersão dinâmico (ou método de inundação). Neste caso, com a subida do NMM o perfil permanece invariável e a diminuição da largura de praia é associada apenas à sua inundação provocada pela subida do NMM. Neste modelo considera-se que o pendor do perfil de praia se mantém idêntico com a variação do NMM e a inundação da praia tem um impacto socioeconómico na região em causa, diminuindo a área emersa da praia. Este simples mecanismo pode ser usado para estimar a ordem de magnitude da relação entre o recuo da linha de costa e variações no NMM.

Em Portugal, Andrade *et al.* (2009) propuseram um modelo de reajuste morfológico que se baseia na conservação do volume sedimentar e na manutenção das características geométricas dos principais elementos morfológicos da praia, tendo este princípio sido adotado por Tabora & Ribeiro (2015) no estudo de duas praias em Cascais. Tabora & Ribeiro (2015) adaptaram a abordagem conceptual expressa na Regra de Bruun a praias encastradas onde a praia emersa se desenvolve sobre uma plataforma rochosa sub-horizontal ou de baixo gradiente. A aproximação de Tabora & Ribeiro (2015) assume igualmente um sistema sedimentar fechado com conservação de massa, onde o sedimento que é erodido da berma vai ser compensado por um ajuste geométrico do perfil de praia, sem perdas nem ganhos sedimentares (Figura 1.2).

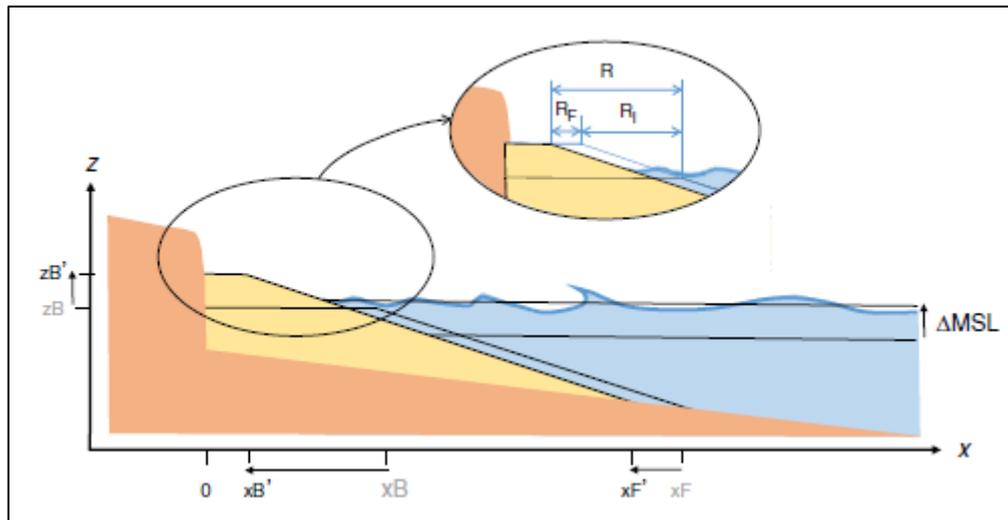


Figura 1.2 – Representação esquemática do perfil de uma praia de plataforma em resposta à subida do nível do mar (ΔMSL). x_B – largura da berma; x_F – largura da praia; e R - recuo da berma. As letras a cinzento representam as condições iniciais e a preto as condições finais (Taborda & Ribeiro, 2015).

1.3 Motivação e Objetivos

A subida do NMM e a diminuição do fluxo de sedimentos promovem a erosão da zona costeira, sendo por isso assuntos analisados em vários estudos relativos à dinâmica de praias e da linha de costa. Em vários trabalhos recentes relativos ao impacto da subida do NMM nas áreas costeiras os temas abordados incidem na evolução de médio termo de praias arenosas e no recuo de arribas (*e.g.* Marques *et al.*, 2013; Mounioudi *et al.*, 2014; Alexandrakis *et al.*, 2015; Anderson *et al.*, 2015), sendo que para praias encastradas há relativamente poucos estudos feitos (*e.g.* Bruunel & Sabatier, 2007; Taborda & Ribeiro, 2015). Neste contexto, tendo sido identificada uma reduzida exploração científica do impacto da subida prevista do NMM na evolução de praias encastradas, e por o Barlavento Algarvio ser caracterizado por este tipo de praias, surgiu o interesse em estudar como poderão evoluir morfologicamente estas praias com a subida prevista do NMM para 2100. Em termos económicos, face ao potencial turístico do litoral Algarvio e das suas praias, a manutenção de praias balneares com características próximas das atuais é fundamental para a economia regional. É esta importância turístico-económica das praias que motiva a segunda parte do trabalho, com a avaliação dos potenciais custos de realimentação sedimentar de praias, análise da perda de capacidade balnear e das potenciais perdas económicas associadas.

O principal objetivo deste trabalho é quantificar as alterações morfológicas provocadas pela subida do NMM prevista para 2100 em praias encastradas, cujo perfil se encontra verticalmente limitado por plataformas rochosas. Para tal vão ser analisadas diversas praias na costa Sul do

Algarve, as quais são consideradas encastradas lateralmente pela presença de promontórios ou arribas, e limitadas por plataformas rochosas. Às praias em análise vão ser aplicadas formulações para calcular a alteração da morfologia do perfil de praia com a subida prevista do NMM. Após a análise das alterações morfológicas e quantificada a redução do areal das praias, pretende-se calcular os potenciais custos económicos associados à realimentação sedimentar artificial das mesmas, de forma a permitir a manutenção de areais com a extensão existente atualmente, como forma de limitar a diminuição da capacidade balnear e a potencial perda económica associada à perda de capacidade balnear.

2. Área de estudo

A costa de Portugal Continental tem um comprimento superior a 900 km, com diferentes morfologias costeiras. As morfologias costeiras variam desde extensos areais com duna a costas rochosas com arribas de diferentes altitudes e com praias encastradas de variadas dimensões, apresenta também diversas baías, estuários, lagoas e sistemas de ilhas barreiras (Andrade *et al.*, 2006; Ferreira *et al.*, 2008; Ferreira & Matias, 2013). A costa portuguesa tem um elevado potencial para o turismo, devido ao seu clima ameno, e apresenta uma elevada importância económica (Ferreira *et al.*, 2008; Marques, 2009; Teixeira, 2014).

A costa Sul de Portugal, apresenta um regime de maré mesotidal e semidurno, com uma maré média de 2,8 m em maré-viva e de 1,3 m em maré-morta, atingindo um máximo de 3,5 m (Instituto Hidrográfico, 1990). O regime de ondulação na costa Sul tem uma altura significativa inferior a 1 m durante mais de metade do ano (68%) e um período médio de 8,2 s, apresentando uma direção de ondulação dominante de W-SW (71%) com pequenos períodos de direção E-SE devido a ventos locais (23%) (Costa *et al.*, 2001).

2.1 Zona costeira do Barlavento Algarvio

O Barlavento Algarvio, compreendido entre o Cabo de S. Vicente (Sagres) e Olhos de Água (Figura 2.1), é constituído maioritariamente por uma costa rochosa de arribas sub-verticais talhadas em rochas carbonatadas do Mesozoico e Miocénico (Manupella, 1992; Teixeira, 2006; Teixeira, 2014), interrompidas por baías e reentrâncias onde é frequente a existência de praias encastradas (Ferreira & Matias, 2013). As arribas marinhas são compostas por camadas decimétricas alternando calcarenitos compostos por areias finas e calcarenitos com conteúdo elevado de microfósseis (Marques *et al.*, 2013).

No sector costeiro entre o Cabo de S. Vicente e Lagos as arribas são compostas por formações jurássicas cuja litologia é calcária, frequentemente dolomítica e por vezes margosas; por formações do Cretácico essencialmente carbonadas e frequentemente margosa ou gresosa; por argilas do Cretácico alternadas por calcários margosos e argilosos; por arenitos, e por calcários do Miocénico com numerosos algares preenchidos por areias siltosas do Plio-Pleistoceno (Rocha *et al.*, 1983; Dias, 1988). Nesta secção as praias ocorrem geralmente na embocadura de ribeiras e linhas de água, apesar destas terem uma carga sedimentar pequena (Moura *et al.*, 2006). As arribas situadas entre o Cabo de S. Vicente e a Praia de Porto de Mós apresenta um recuo bastante pequeno, entre 0,3 e 16,0 milímetros por ano (Marques, 1997), podendo-se considerar negligenciável o aporte de sedimentos por esta via. No sector costeiro

entre Lagos e Olhos de Água as arribas são compostas por calcários bioclásticos do Miocénico, à exceção de uma região localizada a oeste de Albufeira onde as arribas são cortadas em argilas e calcários Mesozoicos (Dias, 1988). No sector costeiro, entre Galé e Olhos de Água, dominam as arribas miocénicas com camadas métricas de calcários, bio-calcarenitos, arenitos e siltitos (Moura *et al.*, 2011). A secção constituída por arribas, no sector costeiro entre a Galé e Olhos de Água, apresenta uma perigosidade elevada e muito elevada devido a possíveis movimentos de massa resultantes da erosão das arribas (Nunes *et al.*, 2009). Este sector de acordo com Marques (1997), apresenta uma taxa de recuo de arribas entre 0,3 e 18 milímetros por ano. A costa Sul do Algarve, especificamente entre a Galé e Olhos de Água, apresenta uma clara diferenciação energética, estando dependente da orientação da costa e da direcção das ondas, de acordo com os regimes de ondulação mais predominantes (Bezerra *et al.*, 2011).



Figura 2.1 – Localização da área de estudo em relação à Península Ibérica. Fonte: Google™ earth.

A plataforma rochosa na zona intertidal varia ao longo desta secção em relação à litologia, topografia, declive e rugosidade (Moura *et al.*, 2006 e 2011). A ocorrência da plataforma rochosa exposta está relacionada com sua exposição à direção da ondulação predominante, e formou-se com o nível do mar no passado mais elevado (Moura *et al.*, 2006).

A zona costeira do Barlavento Algarvio, como já referido, é caracterizada por sequências de pequenas praias acumuladas no recorte irregular da costa, designadas de praias encastradas (Teixeira, 1999). Esta zona costeira inclui praias com características intermédias a refletivas, uma vez que se encontram maioritariamente protegidas da ondulação mais energética do Atlântico Norte, com comprimentos de dezenas a centenas de metros e espessuras entre 2 a 4 m (Teixeira, 2006; Loureiro *et al.*, 2012 e 2013; Teixeira, 2014). No Barlavento Algarvio o comprimento total das praias balneares oficiais estende-se por vários quilómetros, e compostas por areias médias.

2.2 Ordenamento do território na costa do Barlavento Algarvio

O instrumento de gestão costeira mais importante em Portugal é o POOC (Plano de Ordenamento da Orla Costeira), que define o planeamento espacial e uso do território desde 30 m de profundidade até uma distância máxima de 500 m a partir da linha de costa, estabelece a definição dos riscos costeiros e a implementação de medidas de proteção. A zona do Barlavento Algarvio está incluída entre dois POOCs, um que compreende a secção entre Sines e Burgau e outro entre o Burgau e Vilamoura, publicados em Diário da República em dezembro de 1998 (RCM nº 152/1998 de 30 de dezembro) e abril de 1999 (RCM nº 33/1999 de 27 de abril), respetivamente.

O documento do POOC, publicado em Diário da República, tem como principais objetivos ordenar os diferentes usos e atividades específicas da orla costeira; classificar as praias e regulamentar o uso balnear; valorizar e qualificar as praias consideradas estratégicas por motivos ambientais ou turísticos; orientar o desenvolvimento de atividades específicas da orla costeira e defender e conservar a natureza. No POOC, praia é a designação dada à subunidade da orla costeira constituída pela antepraia, areal e plano de água associado. As praias são consideradas para uso balnear quando apresentam um conjunto de funções e atividades recreativas. No POOC as praias marítimas são distinguidas em:

- Praia urbana – tipo I – que corresponde a praias cuja zona envolvente consiste num núcleo urbano consolidado, sujeita a forte procura;

- Praia periurbana – tipo II – que corresponde a praias afastadas do núcleo urbano, sujeita a forte procura;
- Praia seminatural – tipo III – que corresponde a praias que não se encontram sujeitas à influência direta de núcleos urbanos e estão associadas a sistemas naturais sensíveis;
- Praia natural – tipo IV – que corresponde a praias associadas a sistemas de elevada sensibilidade ou que apresentam limitações para o uso balnear nomeadamente por razões de segurança dos utentes;
- Praia de uso restrito – tipo V – que corresponde a praias de acessibilidade reduzida e que se encontram integradas em sistemas naturais sensíveis.

Na área de estudo encontram-se principalmente praias tipo I e II, de acordo com a classificação acima, onde são considerados necessários serviços de apoio obrigatórios, como assistência e salvamento de banhistas, informação aos utentes, posto de socorros, comunicações de emergência, recolha de lixo, limpeza da praia, balneários/vestiários e instalações sanitárias. O POOC prevê para estas tipologias de praias como capacidade de utilização da praia cerca de 15 m² por utente, prevendo também em cada praia as zonas de perigo, associadas, por exemplo, a queda de arribas, onde não é aconselhado a permanência de banhistas. A área de perigosidade devido à possível queda de arribas, no caso de praias com arribas, deve corresponder uma largura de praia entre uma e uma vez e meia a altura da arriba.

3. Metodologia

Para avaliar o impacto da subida do NMM em praias encastradas do litoral Sul do Algarve, selecionaram-se várias praias e estabelecido, para cada praia, um conjunto de perfis 2D transversais à arriba. Foram posteriormente determinados os principais parâmetros morfológicos para todos os perfis considerados, afim de utilizar formulações que permitam analisar quais os impactos associados à subida do NMM, em cada praia. Pretendeu-se ainda quantificar os volumes de sedimento necessários para realimentar as praias de forma a manterem a sua capacidade balnear, bem como os custos associados. No final, uma vez que a zona em estudo é considerada uma zona com uma significativa atividade turística, avaliou-se qual a perda potencial da capacidade balnear nas praias em estudo, bem como o impacto na economia local resultante de uma eventual perda da capacidade balnear.

3.1 Seleção das praias e perfis

3.1.1 Seleção das praias

A costa Sul do Algarve caracteriza-se pela existência de um elevado número e variedade de praias arenosas, em particular no que se refere à dimensão, orientação e grau de encastramento, mas também em termos de classificação balnear. Para selecionar as praias a avaliar foram identificados e analisados um conjunto de critérios objetivos relativos à classificação, características geomorfológicas e grau de artificialização de cada praia.

O primeiro critério de análise distinguiu as praias de acordo com a sua classificação balnear, tendo-se excluído todas as praias que não se encontram classificadas como balneares. Optou-se por analisar só as praias balneares pois pretende-se ver os efeitos na economia local e, ainda, calcular as necessidades de realimentação para a manutenção das praias concessionadas e classificadas como de uso balnear. A avaliação deste parâmetro foi realizada com base na listagem disponível da Agência Portuguesa do Ambiente (APA, 2015). Das praias consideradas balneares na época balnear 2014 (meses de Junho a Setembro), identificaram-se 110 praias ao longo de todo o Algarve (costa Sul e Oeste). A partir desta listagem e com recurso a fotografias aéreas e imagens de satélite, disponíveis através da aplicação *Google Earth*, foi possível identificar as praias que apresentavam algum tipo de encastramento, tendo-se diferenciado entre bem encastradas, encastradas ou não encastradas. Produziu-se, então, uma segunda lista de praias onde só se incluíram as praias que evidenciavam encastramento, que eram balneares e costeiras, perfazendo um total de 46 praias. Ao longo desta pré-seleção foram retiradas algumas informações pertinentes das praias (Anexo I) para que se obtivesse uma avaliação preliminar

das mesmas. Entre outras, foi determinado o comprimento da praia (com recurso a fotografia aérea e imagens de satélite no *Google Earth*), a presença/ausência de estruturas artificiais e de linhas de água. Com base nos resultados da avaliação preliminar realizou-se, em Março de 2015, uma avaliação de campo para confirmar e caracterizar um conjunto mais alargado de parâmetros, com vista a obter uma seleção final das praias a analisar. Na avaliação de campo pretendeu-se avaliar se a plataforma rochosa era visível, se havia interações laterais entre praias em termos de trocas sedimentares (transporte longilitoral), se tinha havido alguma realimentação artificial recentemente, quais as estruturas artificiais existentes e se havia influência de sedimentos provenientes das ribeiras. A informação recolhida na avaliação de campo encontra-se sintetizada no Anexo II.

Com base nas observações de campo e nas informações recolhidas foram selecionadas as praias para investigação, cumprindo os seguintes critérios:

- Praias balneares pertencentes à costa Sul do Algarve;
- Praias bem encastradas e sem trocas visíveis/frequentes de sedimentos com as praias circundantes ou perdas para áreas ao largo;
- Praias que tenham um controlo geomorfológico vertical através da existência de plataforma rochosa (detetada quer por fotografia aérea – *Google Earth* – ou na visita ao local);
- Praias que não tenham sido realimentadas até 2011 (data dos dados topobatimétricos a serem usados neste estudo);
- Praias sem demasiada artificialização (ex. variação morfológica não dominada por estruturas artificiais).

As designações (nomes) das praias selecionadas, apesar de balneares, não coincidem em absoluto com as denominações registadas pela APA, tendo sido alteradas sempre que justificado do ponto de vista do funcionamento morfodinâmico. Em concreto, a Praia da Oura e Oura-Leste, assim designadas pela APA, não são completamente isoladas uma da outra, havendo a possibilidade de troca de sedimentos entre ambas, uma vez que em maré vazia se verifica que estão unidas. Optou-se por considerar esta secção costeira como uma praia única, designada por Praia da Oura (Figura 3.1-I). O mesmo critério foi adotado nas Praias dos Três Castelos, do Vau, de Carianos e do Barranco das Canas, considerando-se a secção costeira entre a Praia dos Três Castelos e do Barranco das Canas como apenas uma praia, designada de TCVB (Figura 3.1-II).

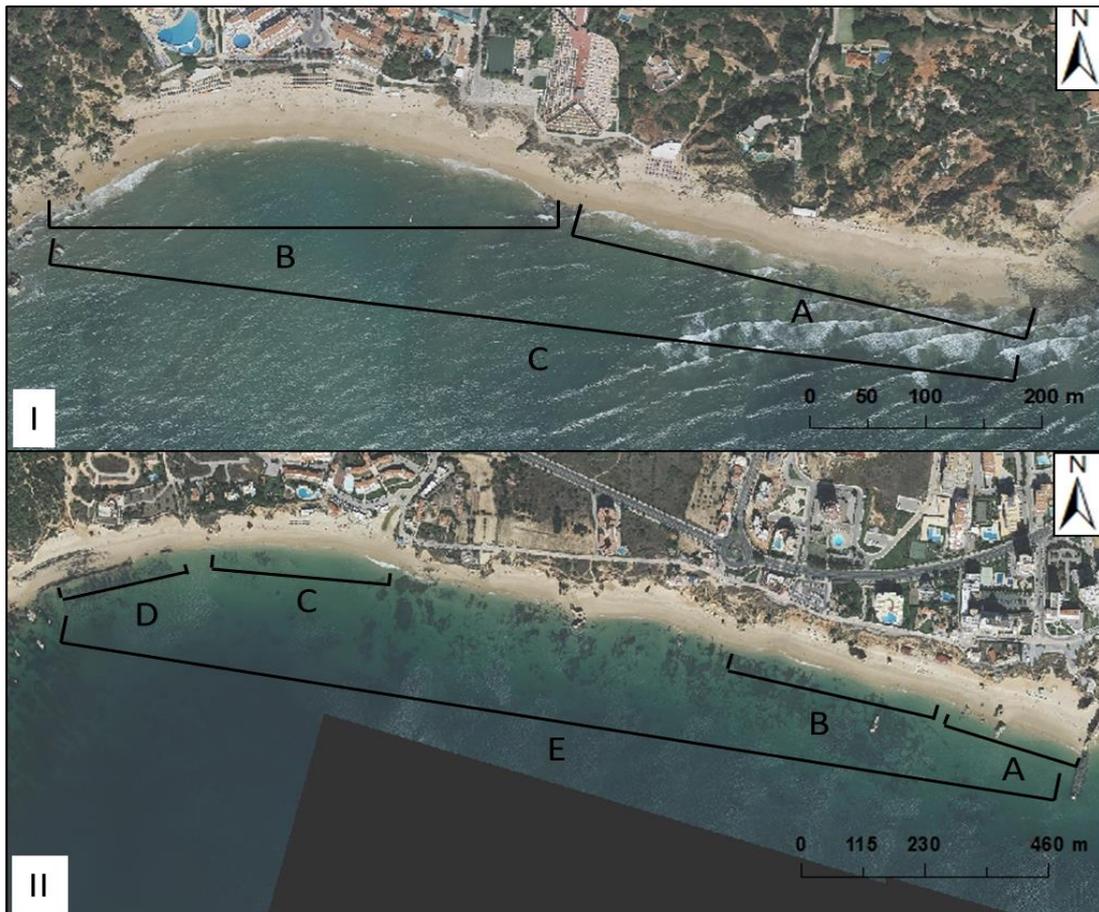


Figura 3.1 – PaineI I: **A** - Praia da Oura-Leste designada pela APA; **B** - Praia da Oura designada pela APA; **C** - Praia da Oura considerada neste estudo; PaineI II: **A** - Praia dos Três Castelos designada pela APA; **B** - Praia do Cariano designada pela APA; **C** - Praia do Vau designada pela APA; **D** - Praia do Barranco das Canas designada pela APA; **E** - Praia TCVB considerada neste estudo.

Com base na caracterização e aplicação dos critérios acima referidos, foram seleccionadas 32 praias na costa Sul do Algarve (Figura 3.2), localizadas entre Sagres e Olhos de Água. As praias foram separadas em três sectores, sector Oeste, Central e Este. As praias do sector Este e Central são genericamente similares, sendo dominadas por pequenas praias encastradas morfológicamente muito similares, maioritariamente enquadradas na morfologia costeiras típica do Miocénico algarvio e com a plataforma rochosa facilmente identificável. Agrupou-se como um único sector um conjunto elevado de pequenas praias situadas em torno de Albufeira (sector Este). Entre o concelho de Lagoa e a Ponta de Piedade (sector Central) encontram-se 13 praias da mesma tipologia, mas de comprimento variado, variando entre 76 m (Praia de Benagil) e 356 m (Praia da Marinha). As praias no sector Oeste são genericamente maiores, possuem controlo geológico distinto, sendo enquadradas por arribas do Cretácico e Jurássico (Marques *et al.*, 2013), a plataforma rochosa é de difícil identificação, uma vez que se encontra coberta por sedimento, e são praias com menor utilização turística, quando comparadas com o sector Este e Central.

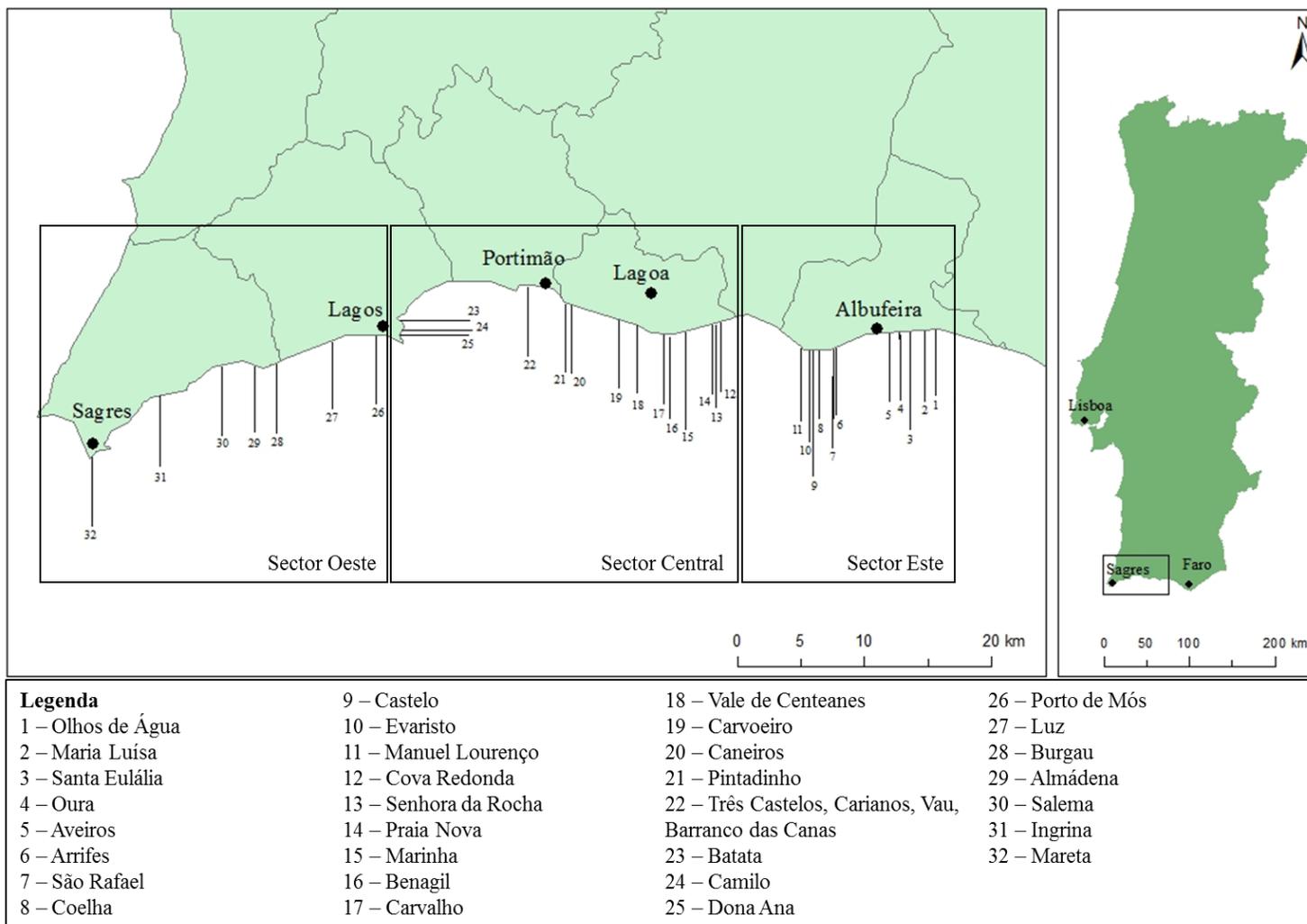


Figura 3.2 – Distribuição das praias selecionadas para estudo, agrupadas por sectores.

3.1.2 Seleção dos perfis

Tendo como objetivo analisar a resposta morfológica de cada praia foram definidos perfis transversais de praia (2D) representativos dos vários sectores e variações morfológicas em cada praia. Para fazer a seleção de cada perfil, utilizaram-se dados obtidos a partir do Levantamento Cartográfico das Zonas Costeiras de Portugal Continental, realizado com tecnologia LIDAR (*LIght Detection And Ranging*) em 2011 pela Direção Geral do Território e Agência Portuguesa do Ambiente. Estes dados foram analisados utilizando a aplicação ArcMap do programa ArcGIS™ 10.1. O Levantamento Cartográfico das Zonas Costeiras de Portugal Continental inclui dados do LIDAR batimétrico, com uma resolução de 2 m, realizado entre Junho e Agosto de 2011 ao longo de toda a costa Portuguesa, e do LIDAR topográfico, com uma resolução de 1 m, realizado entre os meses de Novembro e Dezembro de 2011 (Silva *et al.*, 2012). Posteriormente, os dados foram agregados num modelo digital do terreno (MDT) conjunto com uma resolução de 2 m, onde a faixa de aquisição foi de cerca de 1 km de largura, com a componente terra e mar (Silva *et al.*, 2012).

A seleção do número de perfis por praia foi feita de acordo com o comprimento de cada praia, selecionando-se 2 perfis em praias até 200 m de comprimento, 3 perfis em praias entre os 200 e 500 m de comprimento, e 1 perfil por cada 250 m em praias com comprimentos superiores a 500 m. De forma a obter uma maior representatividade morfológica em cada praia, nas praias com menos de 200 m os perfis foram selecionados em zonas distintas da praia, representando zonas com morfologias diferentes (ex. mais larga e mais estreita ou com berma e sem berma). Nas praias onde se selecionaram 3 perfis, um dos perfis localizou-se na zona central e os outros dois em zonas mais laterais. Nas restantes praias, selecionaram-se perfis espaçados entre si cerca de 250 m, desde que fossem representativos da variabilidade morfológica. Para a seleção da localização dos perfis nas praias foi também observada a ortofotografia de 2008 fornecida pela Direção Geral do Território, bem como fotografias recolhidas na visita às praias. A utilização destas imagens permitiu melhorar a visualização de cada praia e definir com maior precisão que zona das mesmas era concessionada, para que houvesse um perfil representativo dessa mesma zona (normalmente é onde a praia apresenta uma maior largura de praia emersa) (Figura 3.3 - A). Cada perfil selecionado foi nomeado com as letras correspondentes à designação abreviada de cada praia, e com um número entre 1 e o número máximo de perfis de cada praia. Os números foram atribuídos sequencialmente, em cada praia, de leste para oeste nas praias com orientação E-W, e de norte para sul nas praias com orientação N-S.

3.2 Extração de perfis e parâmetros morfológicos

3.2.1 Extração dos perfis

A extração dos perfis foi realizada com recurso a ferramentas da aplicação ArcMap, tendo-se obtido perfis transversais à praia, com início na base da arriba, e com uma largura variável entre os 500 m e 700 m. Extraíram-se perfis com estas larguras para que se obtivesse uma melhor representação da praia emersa e submersa ao longo do perfil (Figura 3.3 - B), incluindo, uma melhor representação da plataforma rochosa até profundidades da ordem dos 8 m abaixo do NMM. Para cada perfil foram extraídas duas variáveis, a distância à arriba (x) e a elevação em relação ao NMM (z). Os resultados obtidos da extração de cada perfil foram exportados para um ficheiro de texto, e posteriormente visualizados e analisados no programa *Microsoft Excel* (Figura 3.3 - C).

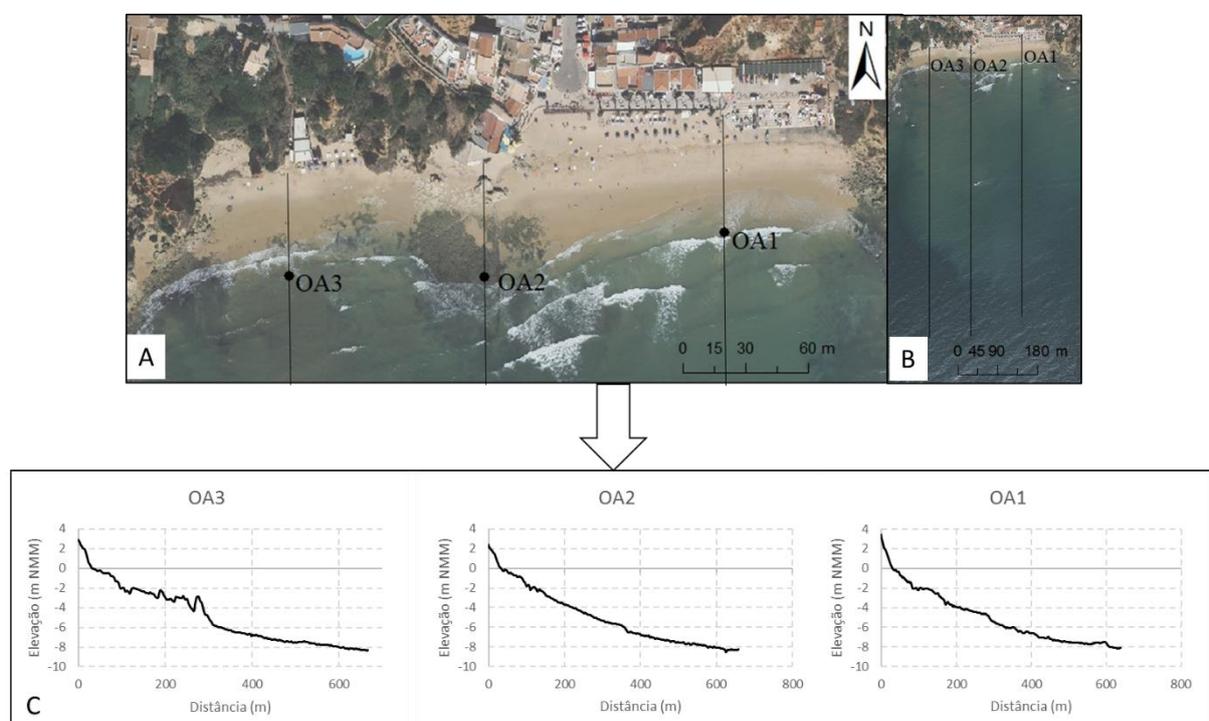


Figura 3.3 – Pontos correspondentes à seleção de perfis e sua denominação (A), representação cartográfica dos perfis extraídos (B) e visualização dos perfis extraídos (C) na Praia de Olhos de Água.

3.2.2 Extração dos parâmetros morfológicos

3.2.2.1 Plataforma rochosa

A identificação da plataforma rochosa foi feita através de uma análise visual e interpretação morfológica dos perfis. Foi considerada como região da plataforma rochosa a zona rugosa, irregular e submersa do perfil, cuja morfologia indicava inexistência (ou existência escassa) de

cobertura sedimentar (Figura 3.4). Para determinar o pendor da plataforma rochosa foi feito um ajuste linear da região considerada como plataforma, tendo o declive desse ajuste passado a ser o valor considerado como pendor da plataforma ($\tan \alpha$) (Figura 3.5). Em alguns perfis, face à variação de pendor dentro da própria plataforma, o ajuste foi apenas efetuado à parte superior (mais próxima da praia emersa) da mesma. Além de se ter determinado o pendor da plataforma, foi também estimada a localização da interseção da plataforma com a arriba, para posteriormente calcular a altura (z_B) e volume da cunha de sedimento existente em cada perfil.

Em algumas praias não foi possível identificar visualmente a plataforma em todos os perfis, uma vez que esta se encontrava coberta de sedimento nos levantamentos do LIDAR. Nessas praias, considerou-se, sempre que possível, a morfologia da plataforma de um perfil vizinho, pertencente à mesma praia. Por exemplo, na Praia da Luz apenas se conseguiu identificar a plataforma no perfil Lu1, cujas características foram posteriormente utilizadas na análise dos restantes perfis da praia. Este procedimento foi também utilizado na Praia do Burgau e na Praia da Ingrina. Na Praia da Salema e na Praia de Almádena não foi possível identificar a plataforma rochosa em nenhum perfil do levantamento de 2011. Para estas praias utilizaram-se levantamentos topo-batimétricos realizados entre 2007 e 2009 (Loureiro, 2012) efetuados com a plataforma exposta e que permitiram determinar com exatidão as características morfológicas das plataformas para cada praia.

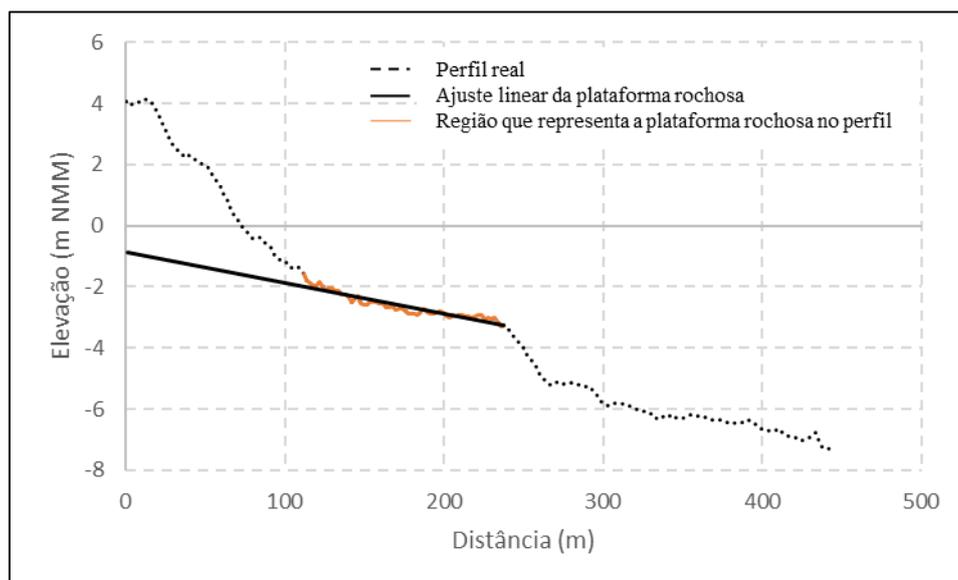


Figura 3.4 – Representação da plataforma rochosa no perfil TCVB1.

3.2.2.2 Berma e face de praia

Todos os perfis foram analisados individualmente de forma a identificar a existência de berma e a determinar as características da mesma. Foi considerado que o perfil possuía berma quando na zona superior do perfil era visível uma secção horizontal ou com pendor suave, transitando para a face de praia (com maior inclinação) através de uma rutura de pendor. Foram retiradas as posições e elevações do ponto inicial e final dessa secção, correspondentes à berma, obtendo-se uma largura (diferença horizontal entre posições ao longo do perfil) (x_B), e uma elevação média (dos dois pontos), considerada a partir daqui como elevação da berma em relação ao NMM (h_B) (Figura 3.5). A face de praia inicia-se na rutura do declive com a berma ou junto à arriba (quando não há berma) terminando na intersecção com a plataforma rochosa ou no início do terraço de maré (mais horizontal, marcado por nova rutura de pendor) (Figura 3.5). Extraíram-se os pontos inicial e final da secção correspondente à face de praia, que foram usados para determinar o pendor da face de praia ($\tan \beta$). A elevação do ponto inicial da face de praia em perfis sem berma foi considerada como a elevação da face de praia em relação ao NMM (h_F) (Figura 3.5).

Após a identificação da berma e da face de praia e, para além das variáveis morfológicas já mencionadas (elevação e largura da berma e pendor e elevação da face de praia), foram extraídas outras variáveis, em particular a largura da praia (x_F) e altura da cunha de sedimento (z_B). A largura da praia (x_F) foi definida como a distância entre o contacto da praia com a arriba ou com o limite interno artificial da praia e a intersecção da face de praia com a plataforma rochosa (Figura 3.5). A altura da cunha de sedimento (z_B) foi calculada através da diferença entre a elevação da berma ou da face de praia, em relação ao NMM, com a elevação no ponto de intersecção da plataforma rochosa com a arriba (Figura 3.5).

3.3 Determinação de recuos e volumes

3.3.1 Cenários de subida do NMM

As previsões mais atuais, que vão ser consideradas neste estudo, baseiam-se no cenário RCP8.5 e indicam de uma subida global do nível do mar que varia entre 0,52 e 0,98 m até 2100, em relação ao nível médio do mar entre 1986-2005 (Church *et al.*, 2013). O cenário RCP8.5 é o cenário mais pessimista previsto pelo IPCC, considerando uma influência do degelo e da expansão térmica bastante superior à dos restantes cenários previstos pelo IPCC (Church *et al.*, 2013) e onde é considerado que não há mitigação do crescimento das emissões de gases com efeito de estufa (Horton *et al.*, 2014).

No presente estudo considera-se como Cenário A a subida do NMM de 0,52 m, e como Cenário B a subida do NMM de 0,98 m. Como tal, considerando que entre 2005-2011 a taxa de subida do NMM foi de 3,3 mm/ano (Antunes & Taborda, 2009), e assumindo que a subida do NMM é linear, estima-se que a taxa de subida do NMM entre 2011-2100 seja de 0,56 e 1,08 mm/ano, de acordo com o Cenário A e B, respetivamente.

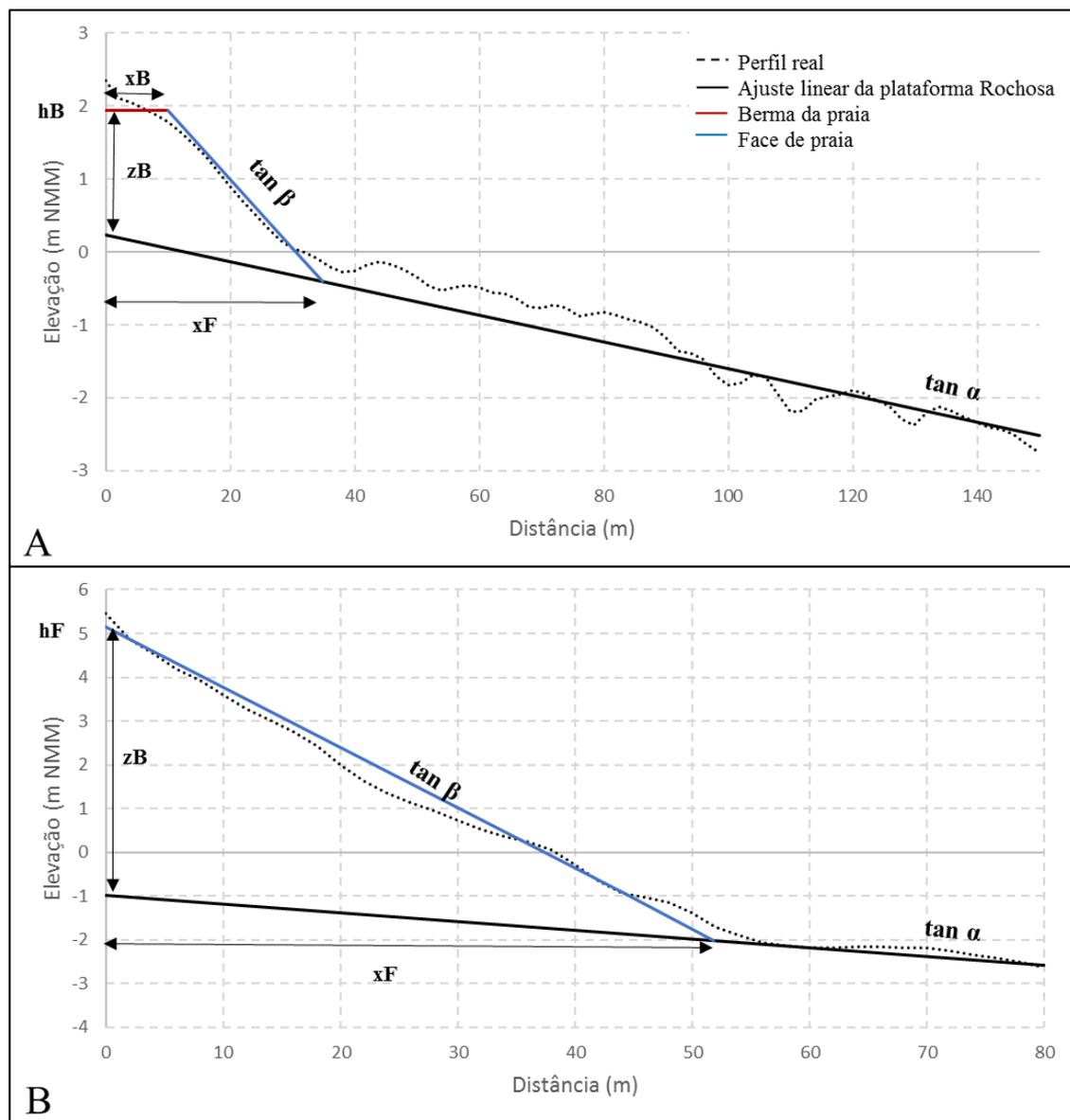


Figura 3.5 – **A** Representação de um perfil onde se individualiza a berma e a face de praia, perfil OA2; **B** – Representação de um perfil sem berma, perfil Cas2. h_B – elevação da berma em relação ao NMM; h_F – elevação da face de praia em relação ao NMM; z_B - altura da cunha de sedimento; x_B - largura da berma; x_F - largura da praia; $\tan \beta$ - pendor da face de praia; $\tan \alpha$ – pendor da plataforma rochosa.

3.3.2 Cálculo do recuo em perfis com berma

Nos perfis onde existe berma foi utilizado o modelo de Taborda e Ribeiro (2015) para o cálculo do recuo e variação morfológica da berma, assumindo que o perfil de praia está em equilíbrio com o NMM e com a agitação marítima, e que em resposta à subida do NMM, o perfil vai preservar a forma inicial. Assim, prevê-se que a berma se eleve em valor igual ao do NMM (Taborda & Ribeiro, 2015), havendo acumulação sedimentar na parte superior do perfil (berma) e conseqüente erosão e recuo da face de praia, mantendo-se o volume total da praia inalterado. Considera-se assim que o sistema é fechado em termos de trocas sedimentares, resultando numa migração do perfil para terra (Figura 3.6 - A). Nos perfis de praia onde é visível a existência de terraço de maré, considerou-se que este migra horizontalmente com a face de praia, mantendo o seu pendore e volume inicial (Figura 3.6 - B).

Assumindo que o volume inicial, por metro linear de praia, é igual ao volume final, $V(x_B, z_B, \alpha, \beta) = V(x_{B'}, z_{B'}, \alpha, \beta)$, onde $z_{B'} = z_B + S$ e $x_{B'} = x_B - R$, o volume inicial é deduzido por:

$$V(x_B, z_B, \alpha, \beta) = z_B \times x_B + \frac{x_B^2 \tan \alpha}{2} + \frac{(z_B + x_B \tan \alpha)^2}{2(\tan \beta - \tan \alpha)} \quad (1)$$

Num perfil onde a plataforma é horizontal (i.e. $\alpha=0$) com início no NMM=0, o recuo da berma pode ser estimado usando a expressão analítica:

$$R = x_B - \frac{x_B \times z_B + z_B^2 / 2 \tan \beta - (z_B + \Delta NMM)^2 / 2 \tan \beta}{z_B + \Delta NMM} \quad (2)$$

válido apenas quando $R < x_B$ (Taborda & Ribeiro, 2015).

A Equação 2 baseia-se em algumas simplificações, nomeadamente o facto de considerar que a plataforma é horizontal em todas as praias e que a sua junção com a arriba se produz ao NMM. Estas simplificações resultam em pequenas variações dado que os ângulos das plataformas são genericamente muito baixos e que a sua junção com a arriba não ocorre sempre ao NMM.

Quando, após a aplicação do modelo de Taborda & Ribeiro (2015) se obtém um recuo da berma superior à largura da berma inicial, considerando-se que há erosão total da berma é necessária uma nova abordagem. Com a taxa de subida do NMM entre 2011-2100 prevista de 5,6 e 10,8 mm/ano, consoante o Cenário A e B, respetivamente, é possível determinar as taxas de subida para o restante período até 2100 e, em função destas, determinar em que ano exato ocorre erosão total da berma. Esta análise permite ainda calcular a altura da cunha sedimentar (z_B) quando o perfil deixa de apresentar berma, através do modelo de Taborda & Ribeiro

(2015), e qual a subida do NMM (S) necessária até que ocorra erosão total da berma. A altura da cunha sedimentar quando ocorre erosão total da berma é dada por:

$$zB' = zB + S \quad (3)$$

Para o período restante, entre o ano de erosão total da berma e 2100, assume-se que a perda de berma resulta num perfil apenas com face de praia, onde a altura da cunha sedimentar é zB' , e onde este se comporta de acordo com o modelo conceptual para perfis sem berma que será descrito posteriormente na Secção 3.3.3 e na Figura 3.7. Obtém-se, assim, um perfil final que integra recuo e erosão da berma com subsequente aumento do pendor da face de praia (Figura 3.6 - C). Para estes perfis, onde ocorre erosão total da berma, apresenta-se apenas o recuo da face de praia (RF), calculado de acordo com a Equação 5, e onde é assumido que o recuo da berma é igual à largura inicial da mesma.

Assume-se que num perfil onde ocorra erosão total da berma e que apresente terraço de maré, este migre na horizontal com a face de praia e que altere o seu pendor, mantendo o seu volume inicial (Figura 3.6-D), e como tal não é considerado na análise.

3.3.3 Cálculo do recuo em perfis sem berma

A formulação de Taborda & Ribeiro (2015), descrita na secção anterior, é apenas válida quando o perfil de praia apresenta berma, tendo, por isso, sido necessário o desenvolvimento de uma nova formulação, com pressupostos semelhantes, para avaliar os impactos da subida do NMM para perfis de praia sem berma, ou onde a berma é totalmente erodida com a subida do NMM.

Para o cálculo do recuo da face de praia (RF) nos perfis sem berma, foram adotados os seguintes critérios:

- Em praias encastradas com pouco espaço de acomodação lateral e com uma cunha sedimentar restrita sem berma, a subida do NMM (S) provoca uma alteração do comportamento morfodinâmico, com nova acomodação sedimentar. Tal acomodação é refletida num aumento do pendor da face de praia ($\tan \beta$), correspondente a uma variação da inclinação desta morfologia, até que se atinja um novo nível máximo de espraio e de disposição do sedimento reajustado ao novo nível de mar (Figura 3.7).
- Considera-se que não há alterações do regime de agitação, sendo que a variação no nível máximo de espraio final deve ser idêntica à variação vertical induzida pela subida do NMM, ou seja, o limite máximo de praia deverá elevar-se num valor idêntico

a S (Figura 3.7). Não havendo espaço de acomodação e a possibilidade de deslocação para o interior, para que ocorra esta subida do limite máximo de espraiamento e de localização da praia, tem, conseqüentemente, que haver uma alteração do pendente da face de praia. Esta premissa não conta com efeitos de mecanismos de retroação morfodinâmica.

- Considera-se que ocorre manutenção volumétrica, ou seja, que o volume sedimentar na parte superior do perfil acumulado (zona emersa do perfil) tem de ser idêntico ao volume erodido na parte inferior (zona submersa do perfil).

- No caso da praia apresentar um terraço de maré, considera-se que este se acomoda ao novo pendente da face de praia, deslocando-se na horizontal conjuntamente com esta, resultando assim na alteração do seu pendente e manutenção do seu volume inicial (Figura 3.7-B). Considerou-se, no entanto, que essa alteração não possui influência nos cálculos de recuo ou de comportamento da face de praia.

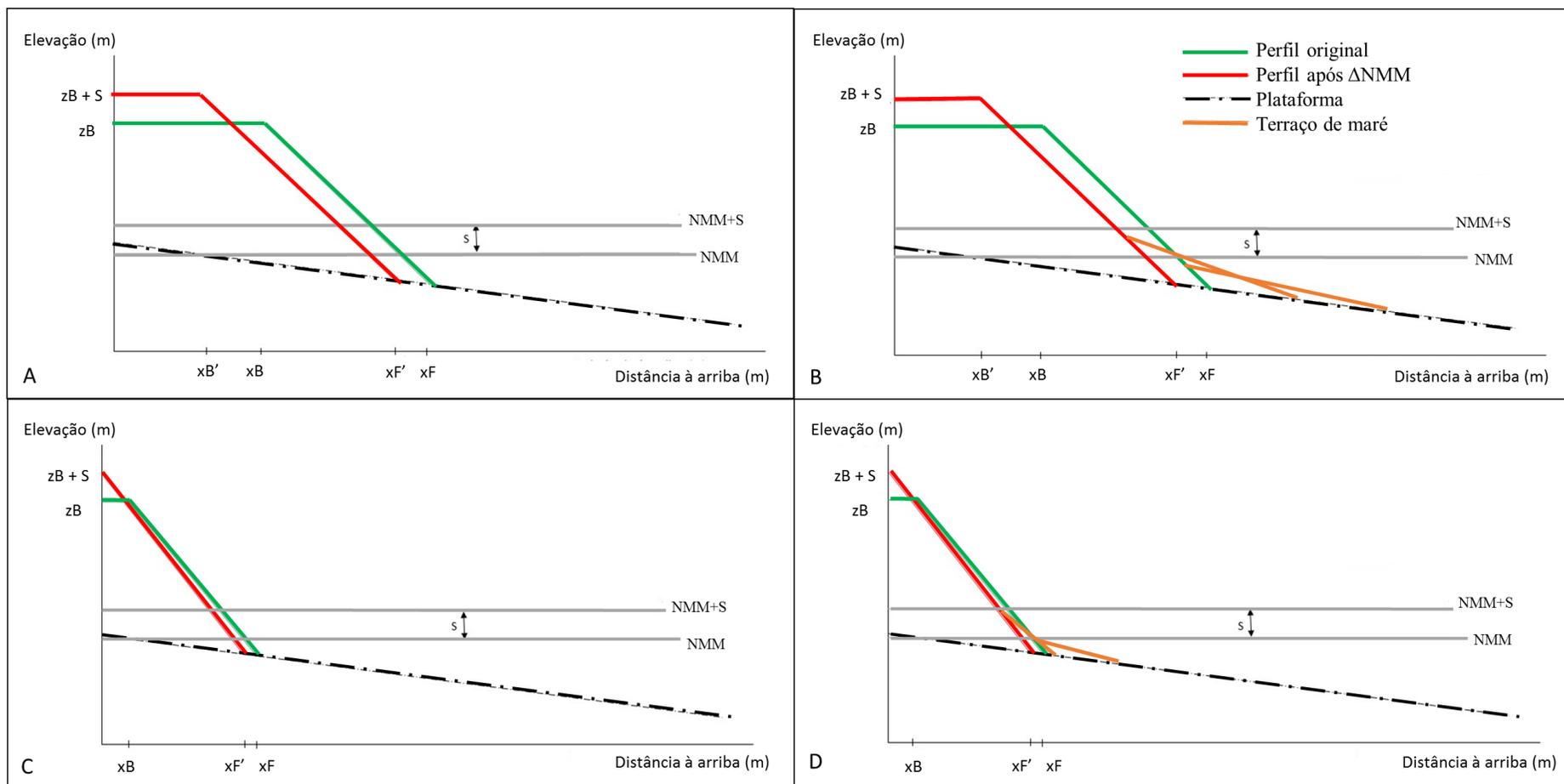


Figura 3.6 – Modelo conceitual de evolução de uma praia com recuo da berma, sem terraço de maré (A) e com terraço de maré (B), face à subida do nível do mar. Modelo conceitual de evolução de uma praia com erosão total da berma, sem terraço de maré (C) e com terraço de maré (D). Zb - altura da cunha sedimentar; S - subida prevista do NMM; xB - largura inicial da berma; xB' - largura da berma após a subida do NMM; xF - largura inicial da face de praia; xF' - largura da praia após a subida do NMM.

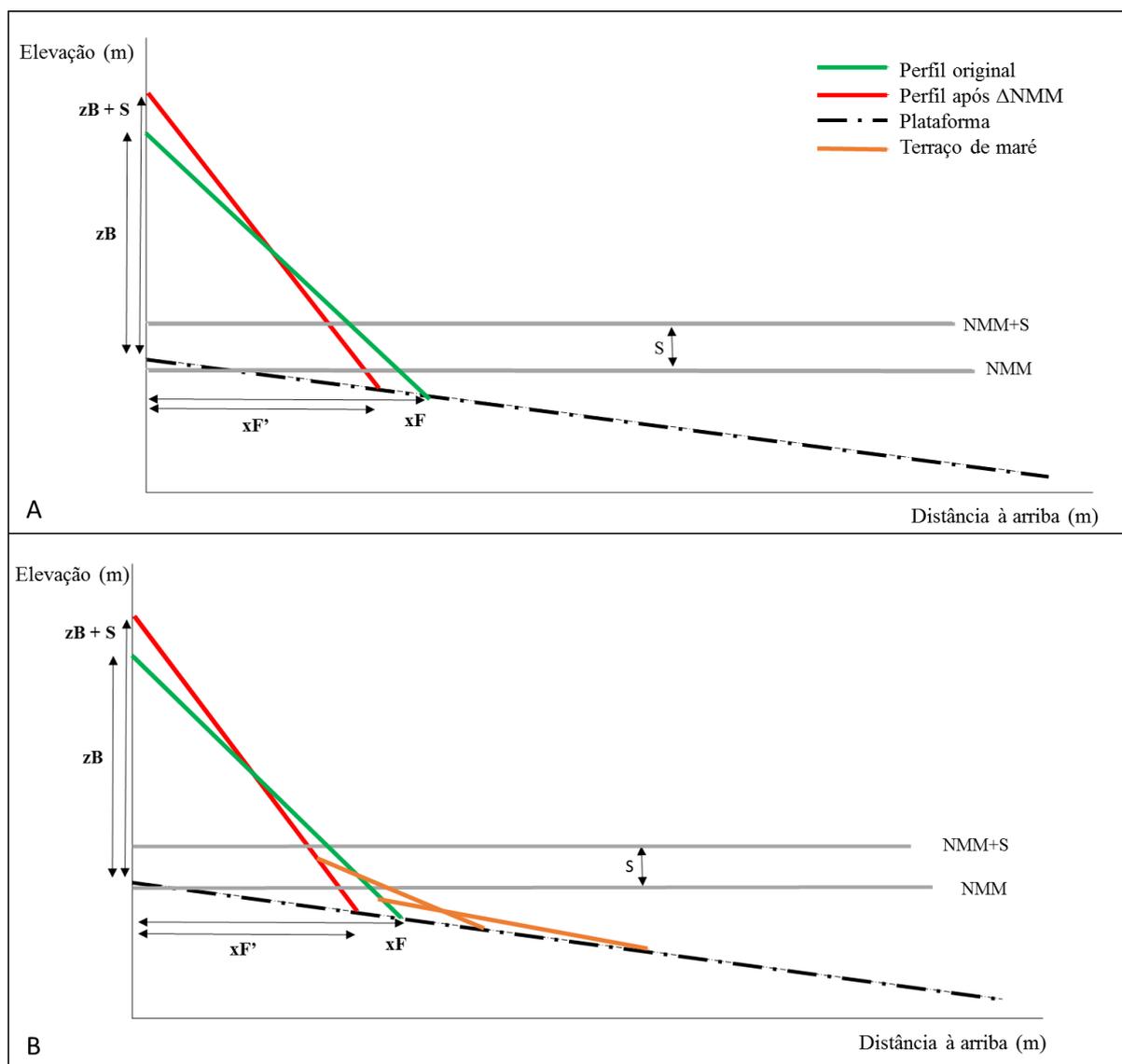


Figura 3.7 – Modelo conceptual de evolução de uma praia sem berma, sem terraço de maré (A) e com terraço de maré (B), face à subida do NMM. x_F – largura da praia atual; $x_{F'}$ – largura da praia após a subida do NMM; z_B – altura da cunha de sedimento; S – subida do NMM

A resposta morfodinâmica do perfil foi então calculada de acordo com a seguinte formulação:

$$\tan k = \frac{\sin^2 i \times S^2 - 2 \times dF \times \sin i \times S}{S^2 - dF^2} \quad (4)$$

onde dF é a distância entre o contacto de praia com a arriba e a linha de costa dada pela interseção da praia com o NMM, i é o ângulo entre o contacto de praia com a arriba, k o ângulo entre a nova posição da face de praia e a posição inicial da mesma e S a subida prevista do NMM (Figura 3.8).

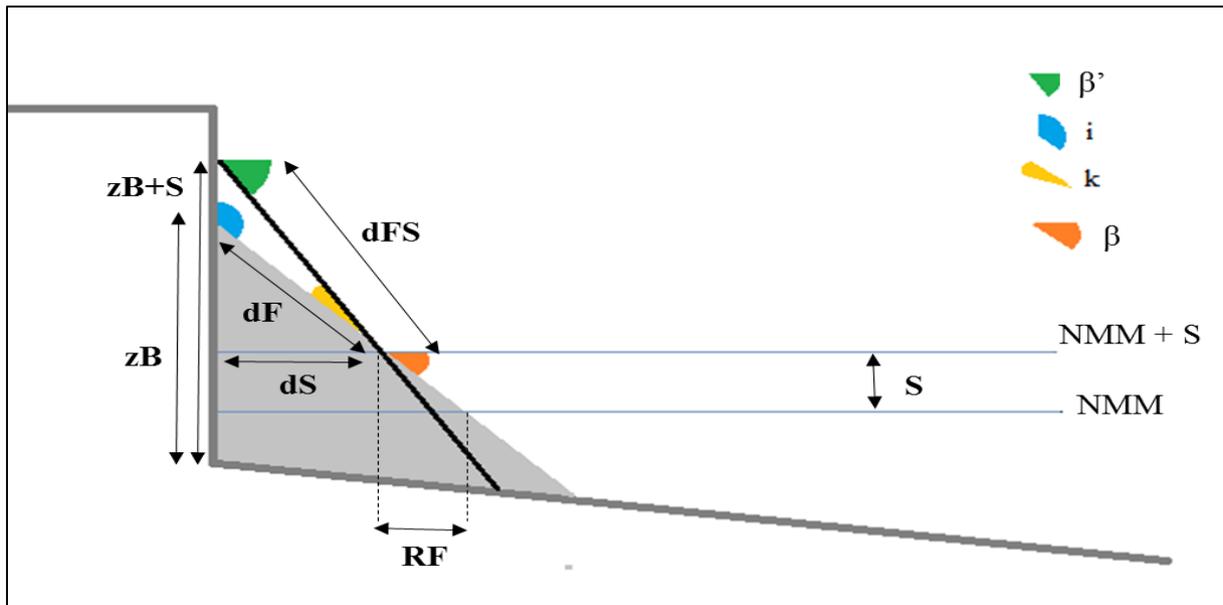


Figura 3.8 – Esquema de variação morfológica de uma praia sem berma face à subida do nível do mar (S), com indicação do recuo (RF) e da variação de pendor (k) associados a esse reajuste morfológico. A região a cinzento representada a cunha sedimentar inicial; a preto, face de praia após a subida do NMM; zB - altura da cunha de areia; i - ângulo entre a arriba e a face de praia inicial; β - ângulo entre a face de praia e o NMM; β' - ângulo entre a face de praia e o novo NMM; dS - a distância horizontal entre o contacto de praia com a arriba e a linha de costa dada pela interseção do novo NMM; dF - a distância entre o contacto de praia com a arriba e a linha de costa dada pela interseção da praia com o NMM; dFS - a distância entre o contacto de praia com a arriba e a linha de costa dada pela interseção da praia com o novo NMM.

Por questões de simplificação de cálculo, considerou-se que os valores dF e dFS são idênticos, considerando a reduzida variação para as praias em causa e para as diferenças de ângulo que se poderiam obter. Para as praias consideradas a diferença nestes valores é de ordem decimétrica, pelo que o uso de $dF=dFS$ é apropriado e não introduz erros significativos no ângulo final calculado (centésima a décima de grau). O triângulo representado a branco, na Figura 3.8 corresponde à variação da praia por influência da subida do NMM, possuindo uma área de variação que pode ser transformada num volume por metro linear de costa (m^3/m).

Após se obter o novo pendor da face de praia foi calculado o recuo da mesma (RF) por:

$$RF = x(NMM + S) - xNMM \quad (5),$$

onde $x(NMM+S)$ é a posição da linha de costa após a subida do NMM, e $xNMM$ é a posição da linha de costa ao NMM atual.

O procedimento acima descrito foi aplicado para todos os perfis sem berma, considerando o Cenário A e B de subida do NMM, e nos perfis onde ocorre erosão total da berma, considerando a altura da cunha de sedimento no momento em que ocorre a erosão total da berma.

3.3.4 Cálculo dos custos de realimentação

Com a subida do NMM a provocar uma alteração da largura de berma ou uma alteração do pendor da face de praia, prevê-se que ocorra diminuição da área balnear. Para que com a subida do NMM em 2100 se mantenham áreas balneares idênticas às de 2011, considera-se a realimentação das praias com sedimento, de forma a que se mantenha a largura de berma e pendor de face de praia atual. O volume a realimentar foi calculado de duas formas diferentes, consoante a praia presente ou não berma em 2011.

Nos perfis com berma, apesar de estes poderem responder morfologicamente de duas formas diferentes à subida do NMM, consoante haja erosão total da berma ou não, o cálculo do volume de sedimento a realimentar foi apenas efetuado de uma forma. Como a realimentação pretende repor a largura inicial da berma e uma altura igual à altura inicial mais a subida prevista do NMM, mantendo o pendor da face de praia (Figura 3.9 - A), o volume a realimentar em cada perfil, pode ser estimado por:

$$V_{realimentação} = (zB' \times xB + \frac{xB^2 \tan \alpha}{2} + \frac{(zB'+xB \tan \alpha)^2}{2 (\tan \beta - \tan \alpha)}) - (zB \times xB + \frac{xB^2 \tan \alpha}{2} + \frac{(zB+xB \tan \alpha)^2}{2 (\tan \beta - \tan \alpha)}) \quad (6),$$

onde zB é a altura da cunha sedimentar inicial, zB' é a altura da cunha sedimentar após a subida do NMM, xB é a largura da berma inicial, $\tan \alpha$ é o pendor da plataforma e $\tan \beta$ é o pendor da face de praia.

Nos perfis sem berma, considerando que a cunha sedimentar é representada por um triângulo, calculou-se a área inicial dessa região usando os valores obtidos de zB e xF . Assumindo que a área do perfil é representativa de um metro (1 m) linear de praia, esta pode ser transformada num volume por metro linear (m^3/m):

$$V = \frac{xF \times zB}{2} \quad (7).$$

Sabendo a altura da cunha sedimentar que se pretende com a realimentação ($zB + S$) e garantindo que o pendor da face de praia também se mantém ($\tan \beta$), calculou-se um novo volume necessário após a realimentação em cada perfil:

$$V_{realimentação} = \frac{(xF' \times (zB+S)) - (xF \times zB)}{2} \quad (8),$$

onde x^F é a largura de praia inicial, $x^{F'}$ é a largura da praia após a realimentação, z^B a altura da cunha sedimentar e S é a subida do NMM prevista.

No caso de a praia apresentar terraço de maré, considera-se que após a realimentação este migre na horizontal com a face de praia, mantendo o seu volume inicial e, se o perfil apresentar berma mantém o seu pendor (Figura 3.9 -B), se não apresentar berma altera o seu pendor (Figura 3.10-B).

Como nas equações anteriores o volume é apenas calculado para 1 metro linear de praia, para se calcular o volume necessário para realimentar cada praia na sua totalidade (V_p) foi necessário integrar o volume de realimentação necessário ao longo da praia:

$$V_p = \sum_i^1 V_r \times L_i \quad (9),$$

onde V_r é o volume de realimentação por perfil, calculado pela Equação 5 ou 7 (consoante o perfil presente ou não berma inicial, respetivamente) e L_i é o comprimento de praia representado por cada perfil, sendo i relativo ao número de perfis de cada praia. Para calcular o volume total necessário em cada praia (i) no conjunto de todas as praias consideradas (V_{tp}) use-se:

$$V_{tp} = \sum V_p \quad (10).$$

Sabendo a quantidade de sedimento necessária para realimentar cada praia (ou a totalidade das praias), foi possível calcular o custo (C_{total}) associado a essa realimentação:

$$C_{total} = V_p (\text{ou } V_{tp}) \times C_{unidade} \quad (11),$$

sendo $C_{unidade}$ o custo de realimentação de cada m^3 de sedimento, em euros.

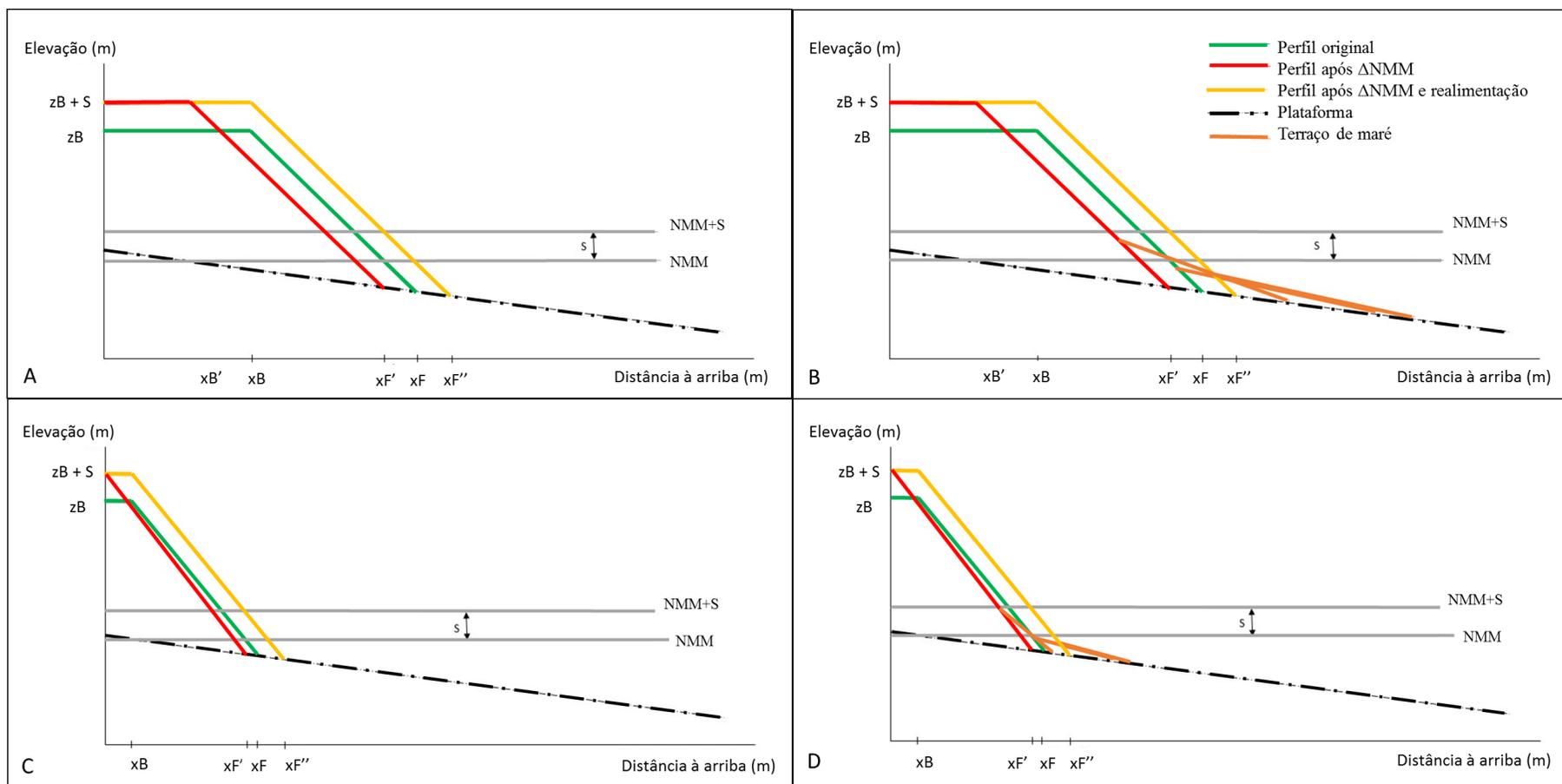


Figura 3.9 - Modelo conceptual da realimentação de uma praia com berma, sem terraço de maré (**A**) e com terraço de maré (**B**) e de uma praia onde ocorre erosão total da berma, sem terraço de maré (**C**) e com terraço de maré (**D**). z_B - altura da cunha sedimentar; S - subida prevista do NMM; x_B - largura inicial da berma; $x_{B'}$ - largura da berma após a subida do NMM; x_F , largura inicial da face de praia; $x_{F'}$ - largura da praia após a subida do NMM; $x_{F''}$ - largura da praia após a realimentação

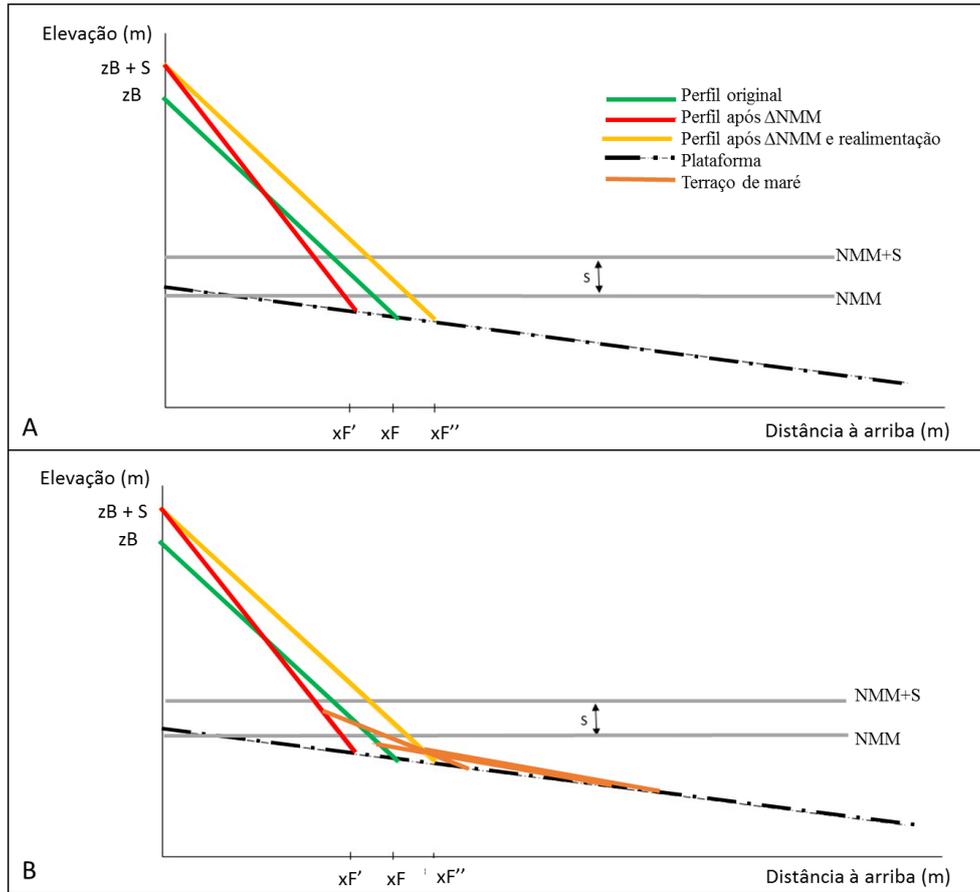


Figura 3.10 – Modelo conceptual da realimentação de uma praia sem berma, sem terraço de maré (A) e com terraço de maré (B). z_B - altura da cunha sedimentar; S - subida prevista do NMM; x_F - largura inicial da face de praia; $x_{F'}$ - largura da praia após a subida do NMM, $x_{F''}$ - largura da praia após a realimentação.

3.4. Capacidade balnear e potencial económico

Com o recuo da berma ou a alteração do pendente da face de praia provocada com a subida do NMM, é de esperar que a área balnear de cada praia diminua, diminuindo assim a sua capacidade balnear.

Considerando como área balnear da praia a área superficial entre o NMM e a base da arriba, é possível calcular qual a perda de área da praia ($P_{\text{área}}$). Para tal calculou-se a distância entre a arriba e o NMM, num perfil com berma (D_{pb}) e sem berma (D_{pf}).

$$D_{pb} = \sqrt{hB^2 + (x_{NMM} - xB)^2} + xB \quad (12)$$

$$D_{pf} = \sqrt{hF^2 + (x_{NMM})^2} \quad (13),$$

onde hB é a altura da berma em relação ao NMM, x_{NMM} é a distância da posição da linha de costa ao NMM atual, xB é a largura da berma e hF é a altura da face de praia em relação ao NMM.

Considerando, mais uma vez, que cada perfil apenas representa 1 m linear da praia, para se calcular a área superficial total associada a cada perfil (A_{sp}) foi necessário considerar:

$$A_{sp} = \sum_i^1 D_p \times L_i \quad (14),$$

onde D_p é a distância calculada na Equação 11 ou 12, consoante o perfil apresente berma ou não, e L_i é o comprimento de praia representado por cada perfil. Por fim utiliza-se a Equação 15, para calcular a área superficial total da praia (A_{tp}).

$$A_{tp} = \sum A_{sp} \quad (15).$$

Para se calcular a perda da área de praia (P_{ap}) em cada perfil e em cada cenário de subida do NMM foi utilizada a Equação 16.

$$P_{ap} = A_{tp\text{final}} - A_{tp\text{inicial}} \quad (16)$$

Consoante a tipologia e a localização da praia existe uma área ótima por utente (A_u), variável de local para local, que permite calcular a capacidade balnear perdida (C_{bp}):

$$C_{bp} = P_{ap} \times A_u \quad (17)$$

Em praias urbanas a área ótima por utente varia entre 5 m² e 25 m² (Roca, et al., 2008), consoante a proximidades ao núcleo urbano. O POOC, em vigor na área de estudo, assume valores de 15 m²/utente nas praias em estudo, tendo sido o valor utilizado.

A perda de área balnear nas praias pode potenciar a quebra de receitas (QR) para a região em causa. Essa perda pode ser calculada de acordo com a Equação 18.

$$QR = C_{bp} \times GD \quad (18),$$

onde GD é o gasto diário (€) por utente na economia regional (incluindo todos os gastos no alojamento, alimentação e atividades lúdicas). No caso das praias em estudo, usou-se o valor de 250 € de gasto médio diário por utente. Este valor foi obtido com base na Tabela 3.1, uma vez que na época balnear de 2015 o Algarve recebeu cerca de 2 milhões de hóspedes, e que gastaram cerca de 500 milhões de euros.

Tabela 3.1 – Hóspedes e proveitos da hotelaria geral no Algarve, em 2015 (Turismo do Algarve, 2015)

	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Total
Hóspedes	444951	503087	595910	464750	2008698
Proveitos (€)	87384740	135666320	175236906	102022832	500310798

Adaptado do Relatório de Atividades e Prestação de Contas – 2015, Turismo do Algarve

4. Resultados

4.1 Distribuição e caracterização dos perfis selecionados

No total das 32 praias selecionadas para este estudo (Figura 3.2) foram extraídos 94 perfis (Tabela 4.1), variando entre 2 (situação mais frequente, ex. Praia do Castelo – Figura 4.1 - A) a 5 perfis por praia (Tabela 4.1). As praias no sector Oeste apresentam maior comprimento e, por isso, nestas praias foi extraído um maior número de perfis por praia, como por exemplo na Praia da Mareta (Figura 4.1 - B; Tabela 4.1). Na secção costeira, em que se agruparam para análise as Praias de Três Castelos, Cariano, Vau e Barranco das Canas numa única praia extraíram-se, excecionalmente, 8 perfis, cada um correspondendo a um comprimento de praia de cerca de 250 m (Tabela 4.1).

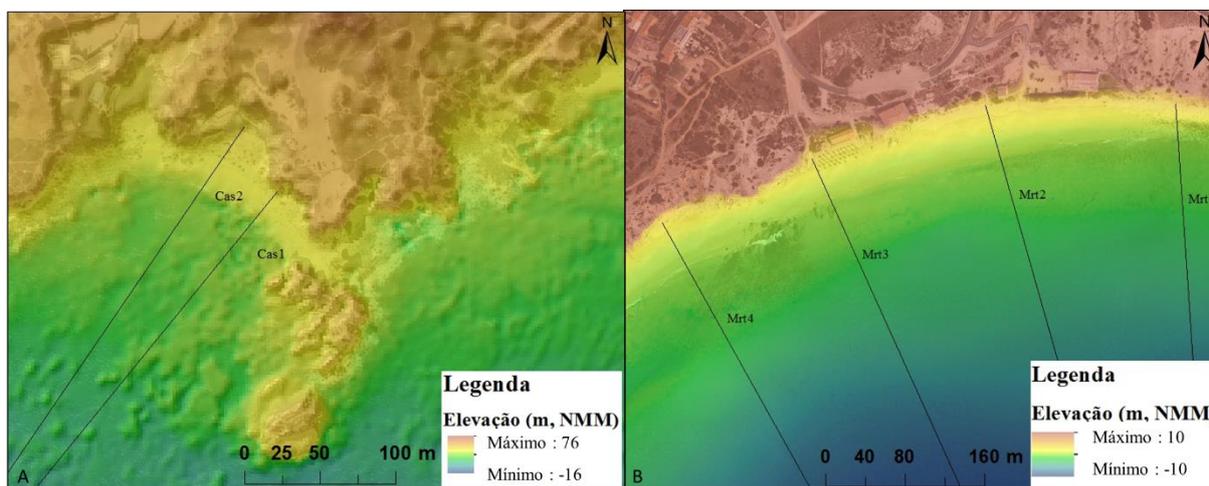


Figura 4.1 – Localização dos perfis na Praia do Castelo (A) e na Praia da Mareta (B). Elevação do levantamento do LIDAR de 2011 sobreposto à ortofotografia de 2008.

Após a extração dos perfis quantificaram-se diversos parâmetros morfológicos, como o declive da plataforma rochosa ($\tan \alpha$), representado por um ajuste linear à plataforma de abrasão; as dimensões da berma (elevação (hB) e largura (xB)), quando existentes; o declive da face de praia ($\tan \beta$); a elevação da face de praia (hF); a altura da cunha sedimentar (zB) e a largura da praia (xF ; Figura 3.4 e 3.5). Os valores dos parâmetros morfológicos obtidos para os perfis em 2011 estão discriminados nas Tabelas 4.2, 4.3 e 4.4, de acordo com o sector onde se localizam (Este, Centro, Oeste).

Tabela 4.1 – Perfis por praia (número, acrónimo e comprimento de praia associado)

	Praia	Comprimento da praia (m)	Nº de perfis	Perfil	Representatividade lateral do perfil (m)
1	Olhos de Água	315	3	OA1; OA2; OA3	153; 79; 83
2	Maria Luísa	785	4	ML1; ML2; ML3; ML4	150; 142; 243; 250
3	Santa Eulália	526	3	SE1; SE2, SE3	200; 229; 97
4	Oura	836	4	Ou1; Ou2; Ou3, Ou4	246; 248; 205; 137
5	Aveiros	105	2	Av1; Av2	50; 55
6	Arrifes	99	2	Ar1; Ar2	66; 33
7	São Rafael	296	3	SR1; SR2; SR3	65; 126; 105
8	Coelha	143	2	Co1; Co2	45; 98
9	Castelo	193	2	Cas1; Cas2	83; 74
10	Evaristo	86	2	Ev1; Ev2	36; 50
11	Manuel Lourenço	134	2	MLo1; MLo2	79; 55
12	Cova Redonda	251	3	CV1; CV2; CV3	102; 81; 68
13	Senhora da Rocha	153	2	SdR1; SdR2	82; 71
14	Praia Nova	306	3	PN1; PN2; PN3	103; 107; 96
15	Marinha	356	4	Ma1; Ma2; Ma3; Ma4	53; 132; 82; 89
16	Benagil	76	2	Be1; Be2	31; 45
17	Carvalho	130	2	Car1; Car2	87; 43
18	Vale de Centeanes	269	3	VC1; VC2; VC3	61; 91; 117
19	Carvoeiro	110	2	Carv1; Carv2	40; 70
20	Caneiros	149	2	Can1; Can2	48; 101
21	Pintadinho	110	2	Pi1; Pi2	60; 50
22	Três Castelos, Carianos, Vau, Barranco das Canas	2040	8	TCVB1; TCVB2; TCVB3; TCVB4; TCVB5; TCVB6; TCVB7; TCVB8	202; 244; 245; 298; 232; 243; 252; 324
23	Batata	148	2	Ba1; Ba2	64; 84
24	Camilo	127	2	Cam1; Cam2	61; 66
25	Dona Ana	265	3	DA1; DA2; DA3	99; 93; 73
26	Porto de Mós	1287	5	PM1; PM2; PM3; PM4; PM5	236; 233; 242; 247; 329
27	Luz	540	3	Lu1; Lu2; Lu3	211; 163; 166
28	Burgau	394	3	Bu1; Bu2; Bu3	100; 124; 170
29	Almádena	341	3	Alm1; Alm2; Alm3	84; 123; 134
30	Salema	1106	5	Sal1; Sal2; Sal3; Sal4; Sal5	205; 219; 216; 230; 236
31	Ingrina	104	2	In1; In2	66; 38
32	Mareta	668	4	Mrt1; Mrt2; Mrt3; Mrt4	151; 216; 162; 139

Na análise dos perfis de praia obtidos, relativos a 2011, verificou-se que 51% apresentam perfil com berma e face de praia, enquanto 49% apresentavam unicamente face de praia. A distribuição espacial das praias de acordo com os tipos de perfil, em 2011, é apresentada na Figura 4.2, onde se pode verificar que diversas praias registam os dois tipos de perfis. As praias onde apenas foram identificados perfis com berma são a Praia da Senhora da Rocha, do Carvoeiro, de Caneiros, da Batata, da Luz e da Ingrina. Por outro lado, na Praia dos Arrifes, a Praia Nova, do Camilo, da Dona Ana e de Almádena apenas foram identificados perfis sem berma.

Tabela 4.2 – Parâmetros morfológicos obtidos para os perfis do sector Este em 2011.

Praia	Perfil	$\tan \alpha$	Berma (m)		zB (m)	$\tan \beta$	xF (m)
			xB	hB			
Olhos de Água	OA1	0,018	--	--	3,3	0,11	37,3
	OA2	0,018	10,0	1,9	1,7	0,09	34,8
	OA3	0,017	9,8	2,2	1,9	0,12	29,2
Maria Luísa	ML1	0,021	--	--	1,1	0,06	31,8
	ML2	0,013	28,4	3,5	4,1	0,12	68,8
	ML3	0,014	40,0	2,2	2,2	0,07	75,3
	ML4	0,014	12,0	2,3	2,6	0,09	50,9
Santa Eulália	SE1	0,015	--	--	5,3	0,12	51,6
	SE2	0,014	46,8	2,7	3,1	0,09	94,8
	SE3	0,008	16,4	2,4	3,0	0,07	69,1
Oura	Ou1	0,014	--	--	2,6	0,11	26,6
	Ou2	0,010	10,0	3,7	3,8	0,10	54,3
	Ou3	0,019	8,8	3,0	3,8	0,09	61,7
	Ou4	0,007	18,0	3,6	4,4	0,09	69,9
Aveiros	Av1	0,009	--	--	4,5	0,09	56,0
	Av2	0,009	10,1	2,3	3,7	0,11	46,1
Arrifes	Ar1	0,019	--	--	3,3	0,11	36,4
	Ar2	0,022	--	--	2,5	0,10	31,3
São Rafael	SR1	0,024	--	--	3,2	0,11	35,9
	SR2	0,018	12,7	5,6	6,2	0,14	67,3
	SR3	0,021	22,8	3,1	3,5	0,14	55,1
Coelha	Co1	0,024	9,9	3,2	4,1	0,13	52,2
	Co2	0,022	--	--	3,5	0,20	20,1
Castelo	Cas2	0,020	--	--	6,1	0,14	51,8
	Cas1	0,021	--	--	3,7	0,19	22,1
Evaristo	Ev1	0,021	30,3	4,3	4,7	0,12	83,5
	Ev2	0,019	--	--	5,2	0,10	60,2
Manuel Lourenço	MLo1	0,018	--	--	4,1	0,11	45,0
	MLo2	0,015	4,7	3,6	4,5	0,13	44,0

$\tan \alpha$ - pendora da plataforma rochosa; xB - largura de berma; hB - elevação da berma em relação ao NMM; zB - altura da cunha sedimentar; $\tan \beta$ - pendora da face de praia; xF - largura da praia; "--" indica a ausência de berma no perfil de praia inicial.

O pendora médio das plataformas rochosas de todos os perfis analisados é de 0,022, com uma variação entre 0,007 e 0,046. A berma apresentou uma largura média de 20,6 m, variando entre 2,0 m e 59,9 m e uma elevação média de 3,0 m em relação ao NMM, variando entre 1,3 m e 5,6 m (Tabela 4.5), considerando apenas os perfis com berma. A face de praia, nos perfis com berma, apresentou um pendora médio de 0,12, oscilando entre 0,04 e 0,17, sendo que a largura média das praias, para estes perfis, foi de 60,9 m, tendo a mais estreita 21,6 m e a mais larga 173,2 m. Nos perfis sem berma inicial, a elevação da interseção da face de praia com a arriba variou entre 1,0 m e 5,7 m em relação ao NMM, apresentando uma elevação média de 3,1 m, sendo o pendora médio da face de praia 0,12, variando entre 0,06 e 0,20. Os perfis sem berma apresentam larguras de praia menores do que os perfis com berma, sendo a largura média de 37,4 m, variando entre 15,7 m e 63,3 m (Tabela 4.5).

Tabela 4.3 – Parâmetros morfológicos obtidos para os perfis do sector Central em 2011.

Praia	Perfil	$\tan \alpha$	Berma (m)		zB (m)	$\tan \beta$	xF (m)
			xB	hB			
Cova Redonda	CV1	0,021	--	--	3,8	0,09	52,7
	CV2	0,022	7,3	3,5	4,1	0,12	52,2
	CV3	0,025	--	--	4,0	0,15	32,7
Senhora da Rocha	SdR1	0,026	13,0	4,4	4,6	0,10	78,0
	SdR2	0,020	21,2	3,1	4,1	0,11	70,4
Praia Nova	PN1	0,024	--	--	3,1	0,12	32,1
	PN2	0,027	--	--	2,6	0,10	33,3
	PN3	0,023	--	--	3,4	0,12	37,0
Marinha	Ma1	0,024	--	--	4,1	0,14	36,2
	Ma2	0,022	4,6	2,5	3,2	0,16	29,1
	Ma3	0,023	7,9	2,7	3,6	0,13	43,4
	Ma4	0,023	--	--	3,0	0,08	48,4
Benagil	Be1	0,034	--	--	5,1	0,12	57,5
	Be2	0,033	--	--	3,7	0,19	24,0
Carvalho	Car1	0,030	--	--	3,8	0,13	37,2
	Car2	0,026	14,5	2,6	3,5	0,13	51,1
Vale de Ceteanes	VC1	0,027	2,0	1,3	2,6	0,16	21,6
	VC2	0,018	--	--	3,5	0,12	34,9
	VC3	0,032	18,3	3,0	3,6	0,14	57,7
Carvoeiro	Carv1	0,031	42,5	3,8	3,0	0,14	81,0
	Carv2	0,045	11,2	2,9	2,6	0,17	36,9
Caneiros	Can1	0,028	8,1	2,3	3,0	0,11	48,0
	Can2	0,033	14,0	3,1	2,7	0,13	48,5
Pintadinho	Pi1	0,033	35,5	3,0	1,9	0,11	75,8
	Pi2	0,023	--	--	4,0	0,09	55,5
Três Castelos, Carianos, Vau, Barranco das Canas	TCVB1	0,010	16,0	4,1	4,9	0,07	100,4
	TCVB2	0,013	--	--	6,5	0,17	40,8
	TCVB3	0,018	16,0	2,4	2,6	0,12	44,3
	TCVB4	0,019	18,3	2,8	2,0	0,09	50,9
	TCVB5	0,022	11,5	2,5	2,4	0,13	36,7
	TCVB6	0,025	36,2	3,3	2,2	0,12	68,2
	TCVB7	0,028	--	--	2,2	0,10	29,6
	TCVB8	0,019	42,7	2,5	1,5	0,14	61,2
Batata	Ba1	0,012	19,8	3,7	5,2	0,14	61,3
	Ba2	0,012	26,2	4,1	4,4	0,12	71,8
Camilo	Cam1	0,026	--	--	2,0	0,10	27,6
	Cam2	0,025	--	--	2,7	0,11	33,7
Dona Ana	DA1	0,012	--	--	5,0	0,11	51,5
	DA2	0,027	--	--	3,8	0,11	44,5
	DA3	0,012	--	--	4,3	0,11	43,0

$\tan \alpha$ - pendora da plataforma rochosa; xB - largura de berma; hB - elevação da berma em relação ao NMM; zB - altura da cunha sedimentar; $\tan \beta$ - pendora da face de praia; xF - largura da praia; "--" indica a ausência de berma no perfil de praia inicial.

Tabela 4.4 – Parâmetros morfológicos obtido para os perfis do sector Oeste em 2011.

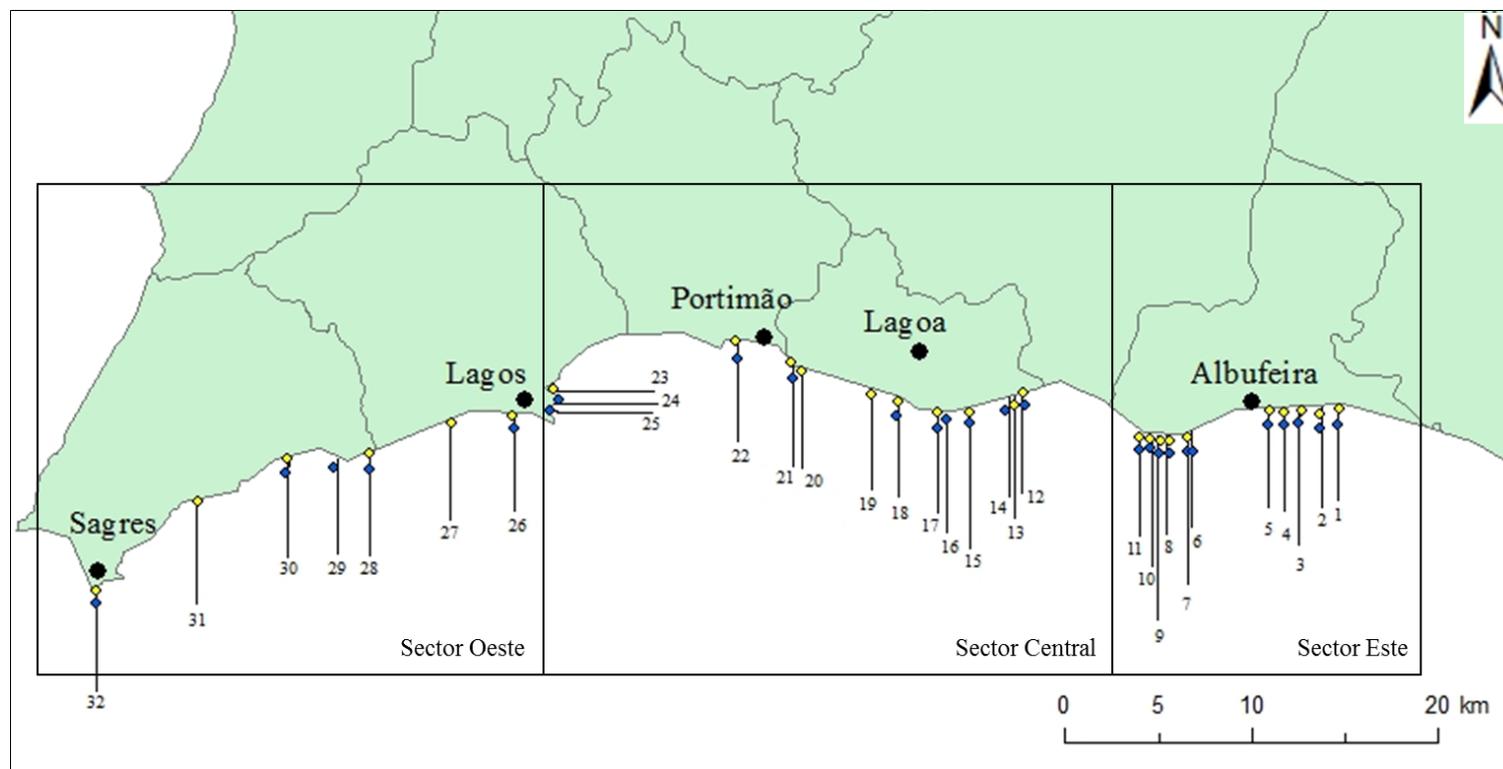
Praia	Perfil	$\tan \alpha$	Berma (m)		zB (m)	$\tan \beta$	xF (m)
			xB	hB			
Porto de Mós	PM1	0,006	--	--	4,4	0,12	37,3
	PM2	0,014	42,3	2,3	2,6	0,12	72,0
	PM3	0,026	--	--	2,0	0,08	37,0
	PM4	0,012	9,6	2,4	1,8	0,13	26,5
	PM5	0,020	--	--	1,7	0,13	15,7
Luz	Lu1	0,014	16,3	2,3	1,9	0,11	39,7
	Lu2	0,014	58,5	2,6	2,2	0,12	87,6
	Lu3	0,014	59,9	2,4	2,0	0,10	92,4
Burgau	Bu1	0,030	--	--	1,8	0,12	20,5
	Bu2	0,030	13,6	2,0	1,5	0,10	40,2
	Bu3	0,030	15,2	2,3	1,9	0,12	42,2
Almadéna	Alm1	0,046	--	--	1,9	0,12	26,7
	Alm2	0,046	--	--	3,4	0,16	28,7
	Alm3	0,046	--	--	2,6	0,09	63,3
Salema	Sal1	0,038	--	--	2,4	0,11	33,0
	Sal2	0,038	--	--	1,6	0,10	27,2
	Sal3	0,038	--	--	2,4	0,11	32,5
	Sal4	0,038	--	--	3,4	0,13	35,9
	Sal5	0,038	40,2	2,5	2,1	0,11	88,6
Ingrina	In1	0,017	11,9	3,1	2,6	0,09	52,0
	In2	0,017	28,6	2,7	2,3	0,04	173,2
Mareta	Mrt1	0,027	--	--	3,3	0,12	36,8
	Mrt2	0,024	16,1	3,0	2,1	0,12	42,7
	Mrt3	0,013	--	--	2,8	0,09	34,0
	Mrt4	0,012	--	--	2,8	0,10	33,2

$\tan \alpha$ - pendora da plataforma rochosa; xB - largura de berma; hB - elevação da berma em relação ao NMM; zB - altura da cunha sedimentar; $\tan \beta$ - pendora da face de praia; xF - largura da praia; "--" indica a ausência de berma no perfil de praia inicial.

Tabela 4.5 – Valores médios, mínimos e máximos dos parâmetros morfológicos analisados e calculados nos perfis em 2011.

	Perfis c/ berma		Perfis s/ berma	
	Méd	Mín	Méd	Mín
$\tan \alpha$	Méd	0,022	0,022	0,007
	Mín	0,007	0,007	0,007
	Máx	0,046	0,046	0,046
xB (m)	Méd	20,6	na	na
	Mín	2,0	na	na
	Máx	59,9	na	na
hB (m)	Méd	3,0	na	na
	Mín	1,3	na	na
	Máx	5,6	na	na
hF (m)	Méd	na	3,1	3,1
	Mín	na	1,0	1,0
	Máx	na	5,7	5,7
$\tan \beta$	Méd	0,12	0,12	0,12
	Mín	0,04	0,06	0,06
	Máx	0,17	0,20	0,20
xF (m)	Méd	60,9	37,4	37,4
	Mín	21,6	15,7	15,7
	Máx	173,2	63,3	63,3

$\tan \alpha$ - pendora da plataforma; xB - largura de berma; hB - elevação da berma em relação ao NMM; hF - elevação da face de praia em relação ao NMM; $\tan \beta$ - pendora da face de praia; xF - largura da praia; na - não aplicável.



Legenda			
1 – Olhos de Água	9 – Castelo	18 – Vale de Centeanes	26 – Porto de Mós
2 – Maria Luísa	10 – Evaristo	19 – Carvoeiro	27 – Luz
3 – Santa Eulália	11 – Manuel Lourenço	20 – Caneiros	28 – Burgau
4 – Oura	12 – Cova Redonda	21 – Pintadinho	29 – Almádena
5 – Aveiros	13 – Senhora da Rocha	22 – Três Castelos, Carianos, Vau, Barranco das Canas	30 – Salema
6 – Arrifes	14 – Praia Nova	23 – Batata	31 – Ingrina
7 – São Rafael	15 – Marinha	24 – Camilo	32 – Mareta
8 – Coelha	16 – Benagil	25 – Dona Ana	
	17 – Carvalho		

Figura 4.2 – Distribuição dos perfis pelas praias consideradas de acordo com a sua morfologia. Existência de perfis com berma (círculo amarelo), sem berma (círculo azul), ou ambos (círculos amarelo e azul) em 2011, nas praias em estudo.

4.2 Evolução das praias para 2100 de acordo com os cenários testados

4.2.1 Cenário A

4.2.1.1 Perfis com berma

Nos perfis analisados verificou-se que com a subida do NMM há um recuo da berma, podendo mesmo ocorrer erosão total da mesma. No Cenário A, onde se simulou a resposta morfológica dos perfis a uma subida de 0,52 m do NMM até 2100, verificou-se que apenas num dos perfis a berma é totalmente erodida com a subida do NMM (Figura 4.3). O perfil onde ocorre erosão total da berma é o perfil Este da Praia de Vale de Centeanes (VC1) tornando-se a face de praia mais inclinada com a subida do NMM (Figura 4.4).

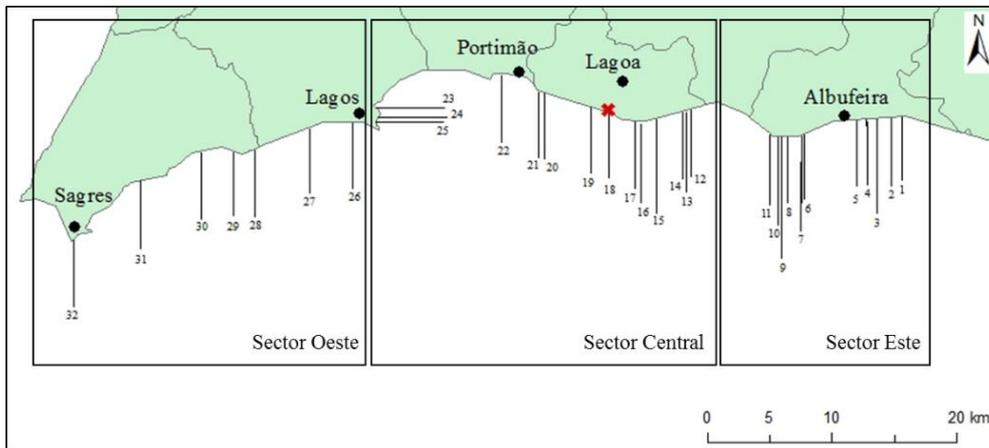


Figura 4.3 – Distribuição das praias onde se prevê a erosão total da berma para pelo menos um dos perfis (assinalada pela cruz encarnada), no Cenário A. Os números correspondem às praias identificadas na Tabela 4.1 e Figura 4.2.

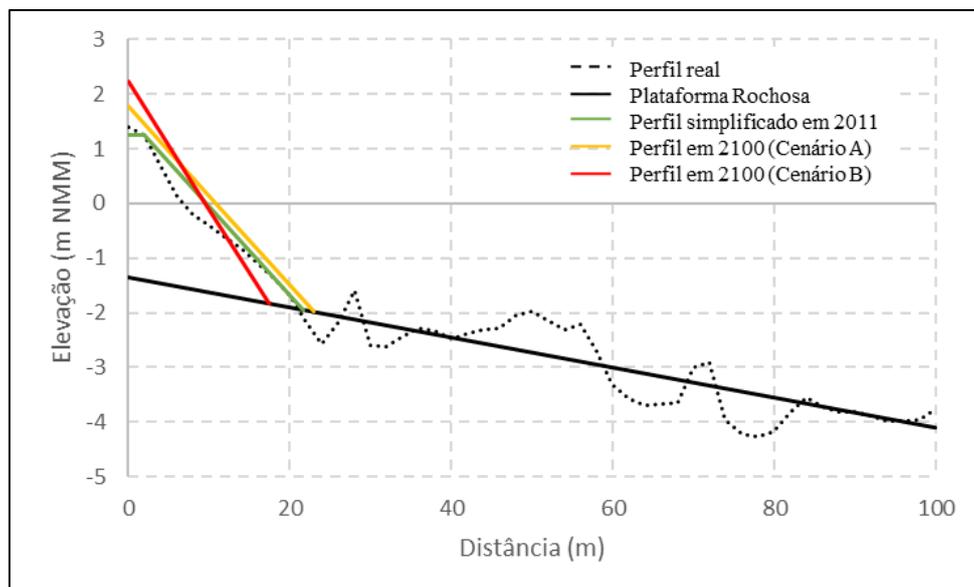


Figura 4.4 – Evolução morfológica do perfil VC1 com a subida prevista do NMM, de acordo com os cenários considerados.

Em várias praias analisadas, os recuos da berma possuem variações laterais, em função das características morfológicas e diferentes consequências potenciais (ex. ablação da berma em áreas de concessão) em função do cenário considerado. Na Praia de Santa Eulália, por exemplo, verifica-se que no Cenário A o recuo da face de praia mais notório é no perfil Central (SE2 - Figura 4.5 - A), sendo ainda possível verificar que no perfil Este (SE1) o recuo da face de praia não será superior a 10 m (Figura 4.5 - B).

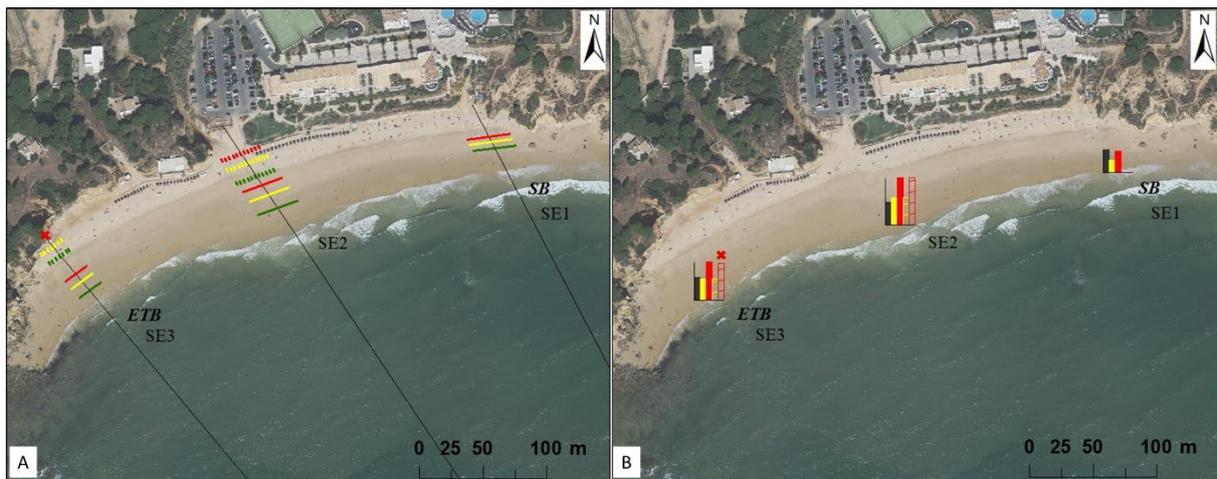


Figura 4.5 – **A** - Expressão cartográfica do recuo calculado para os perfis da Praia de Santa Eulália. Interseção do NMM com a face de praia em 2011 (verde); interseção do NMM com da face de praia em 2100 segundo o Cenário A (amarelo); interseção do NMM com da face de praia em 2100 segundo o Cenário B (encarnado); crista da berma em 2011 (tracejado verde); crista da berma em 2100 segundo o Cenário A (tracejado amarelo) e crista da berma em 2100 segundo o Cenário B (tracejado encarnado). **B** - Recuo calculado para os perfis da Praia de Santa Eulália. A barra preta serve de escala, e corresponde a 10 m de recuo; as barras a cheio representam recuo previsto da face de praia em 2100, segundo os Cenários A (amarelo) e B (encarnado); as barras a tracejado representam recuo previsto da berma em 2100, segundo os Cenários A (amarelo) e B (encarnado). *SB* – sem berma inicial; *ETB* – erosão total da berma (assinalado, também, pela cruz encarnada); ortofotografia de 2008.

Para o Cenário A, a largura média da berma nos perfis com berma passa a ser de 13,0 m (mínimo de 0,5 m; máximo de 43,5 m), com um recuo médio de 7,9 m. A elevação da berma em relação ao NMM em todos os perfis subiu 0,52 m (Tabela 4.6), e a largura média da praia nestes perfis reduziu para 57 m (Tabela 4.3).

O perfil 3 da Praia da Maria Luísa (ML3) é um exemplo típico do recuo da berma no Cenário A, tendo esta recuado 13,9 m, passando a ter uma largura de berma de 26,1 m (Figura 4.6, Tabela 4.7).

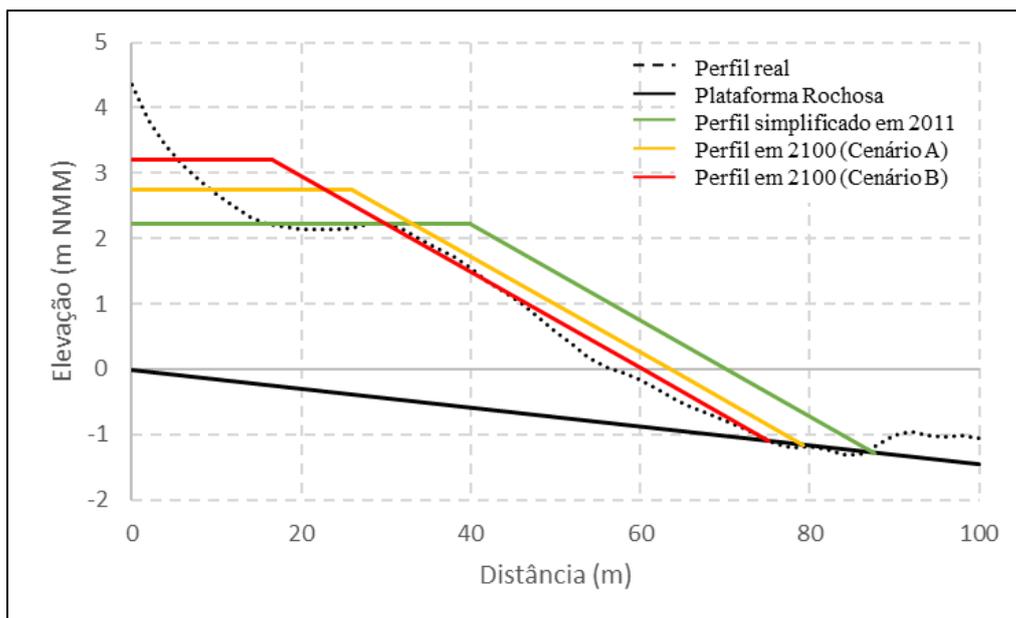


Figura 4.6 – Evolução morfológica do perfil ML3 com a subida prevista do NMM, de acordo com os cenários considerados.

Tabela 4.6 – Valores médios, mínimos e máximos dos parâmetros morfológicos analisados e calculados para os perfis de praia em 2011 segundo o Cenário A.

		Perfis c/ berma	Perfis s/ berma
<i>x</i>B (m)	Méd	13,0	na
	Mín	0,5	na
	Máx	43,5	na
<i>h</i>B (m)	Méd	3,6	na
	Mín	2,5	na
	Máx	6,1	na
<i>h</i>F* (m)	Méd	na	3,7
	Mín	na	1,5
	Máx	na	6,2
<i>tan</i> (β)	Méd	0,12	0,15
	Mín	0,04	0,10
	Máx	0,17	0,25
<i>R</i> (m)	Méd	7,9	na
	Mín	3,2	na
	Máx	5,7	na
<i>RF</i> (m)	Méd	2,0*	5,8
	Mín	2,0*	2,6
	Máx	2,0*	11,1
<i>x</i>F (m)	Méd	57,0	32,2
	Mín	23,0	12,1
	Máx	165,6	54,68

*x*B - largura de berma; *h*B - elevação da berma em relação ao NMM; *h*F - elevação da face de praia em relação ao NMM; *tan* β - pendora da face de praia; *R* - recuo da berma; *RF* - recuo da face de praia; *x*F - largura da praia; na - não aplicável; * o recuo da face de praia corresponde apenas aos perfis onde se prevê erosão total da berma.

Tabela 4.7 - Parâmetros morfológicos para os perfis com berma inicial em 2100, no Cenário A.

Praia	Perfil	Berma (m)			Face de Praia			xF (m)
		R	xB	hB	tan β	RF (m)	hF (m)	
Olhos de Água	OA2	7,2	2,8	2,5	0,09	na	na	32,7
	OA3	5,9	3,9	2,9	0,12	na	na	27,3
Maria Luísa	ML2	7,1	21,2	4,0	0,12	na	na	65,5
	ML3	13,9	26,1	2,8	0,07	na	na	79,2
Santa Eulália	ML4	7,6	4,4	2,8	0,09	na	na	49,1
	SE2	12,1	34,6	3,2	0,09	na	na	87,3
Oura	SE3	9,6	6,8	2,9	0,07	na	na	67,0
	Ou2	6,3	3,7	4,2	0,10	na	na	53,4
Aveiros	Ou3	6,2	2,6	4,2	0,09	na	na	60,8
	Ou4	7,1	10,9	4,2	0,09	na	na	68,2
São Rafael	Av2	5,5	4,6	3,1	0,11	na	na	45,1
	SR2	4,7	8,1	6,1	0,14	na	na	66,3
Coelha	SR3	6,4	16,4	3,7	0,14	na	na	51,9
	Co1	5,0	4,9	4,0	0,13	na	na	51,1
Evaristo	Ev1	7,1	23,2	4,8	0,12	na	na	80,1
Manuel Lourenço	MLo2	4,2	0,5	4,1	0,13	na	na	43,7
Cova Redonda	CV2	5,0	2,3	4,0	0,12	na	na	51,5
Senhora da Rocha	SdR1	6,2	6,8	4,9	0,10	na	na	76,6
	SdR2	6,7	14,5	3,6	0,11	na	na	67,9
Marinha	Ma2	3,7	0,9	3,0	0,16	na	na	28,6
	Ma3	4,8	3,2	3,5	0,13	na	na	42,5
Carvalho	Car2	5,5	9,0	3,6	0,13	na	na	49,1
	Vale de Centeanes	VC1	3,2	--	--	0,16	2*	3,1*
Carvoeiro	VC3	5,8	12,5	3,5	0,14	na	na	55,0
	Carv1	9,6	32,8	4,3	0,14	na	na	73,3
Caneiros	Carv2	4,7	6,5	4,0	0,17	na	na	34,7
	Can1	5,6	2,5	2,9	0,11	na	na	46,9
Pintadinho	Can2	6,0	7,9	3,7	0,13	na	na	45,9
	Pi1	11,9	23,5	3,5	0,11	na	na	65,6
Três Castelos, Carianos, Vau,	TCVB1	8,6	7,4	4,6	0,07	na	na	99,1
	TCVB3	6,7	9,3	2,9	0,12	na	na	41,6
Barranco das Canas	TCVB4	9,0	9,3	3,3	0,09	na	na	46,9
	TCVB5	5,8	5,8	3,2	0,13	na	na	34,7
Batata	TCVB6	10,7	25,5	3,8	0,12	na	na	60,2
	TCVB8	14,3	28,4	3,0	0,14	na	na	48,9
Porto de Mós	Ba1	5,3	14,5	4,2	0,14	na	na	59,5
	Ba2	7,0	19,2	4,6	0,12	na	na	69,0
Luz	PM2	10,9	31,5	2,8	0,12	na	na	64,5
	PM4	5,7	3,9	3,0	0,13	na	na	24,7
Burgau	Lu1	7,8	8,5	2,8	0,11	na	na	36,3
	Lu2	14,9	43,5	3,1	0,12	na	na	75,6
Salema	Lu3	16,8	43,0	2,9	0,10	na	na	78,7
	Bu2	7,8	5,8	2,5	0,10	na	na	36,2
Ingrina	Bu3	7,3	7,9	2,9	0,12	na	na	38,5
	Sal5	12,1	28,1	3,0	0,11	na	na	77,3
Mareta	In1	7,5	4,4	3,6	0,09	na	na	50,1
	In2	18,3	10,4	3,3	0,04	na	na	165,6
	Mrt2	7,2	8,9	3,5	0,12	na	na	39,3

R - recuo da berma; xB' - a largura de berma; hB - elevação da berma em relação ao NMM; tan β - o pendor da face de praia; RF - recuo da face de praia; hF - elevação da face de praia em relação ao NMM; xF - a largura da praia; "--" indica que ocorre erosão total da berma; na - não aplicável; * corresponde apenas aos perfis onde se prevê erosão total da berma.

4.2.1.2 Perfis sem berma

Nos perfis sem berma, ou seja, onde apenas se identificou face de praia, após a aplicação da subida do NMM considerada no Cenário A (0,52 m) o pendor médio aumentou 0,03, passando

de 0,12 para 0,15 (Tabela 4.6). A face de praia além de apresentar uma inclinação ligeiramente mais pronunciada apresentou também um recuo médio de 5,8 m (mínimo de 2,6 m e máximo de 11,1 m) (Tabela 4.6). Conjuntamente com o recuo da face de praia foi ainda observada uma redução da largura média das praias de 5,2 m entre 2011 e 2100 para o Cenário A, prevendo-se neste cenário que a largura média destas praias, em 2100, seja de 32,2 m (Tabela 4.6).

No perfil 2 da Praia da Salema (Sal2) é possível verificar a resposta típica para estes perfis, sendo visível a alteração do pendor da face de praia, que passou de 0,10 para 0,14 (Figura 4.7, Tabela 4.8).

Verifica-se que no Cenário A apenas um perfil apresenta um recuo previsto maior do que 10 m (Figura 4.8).

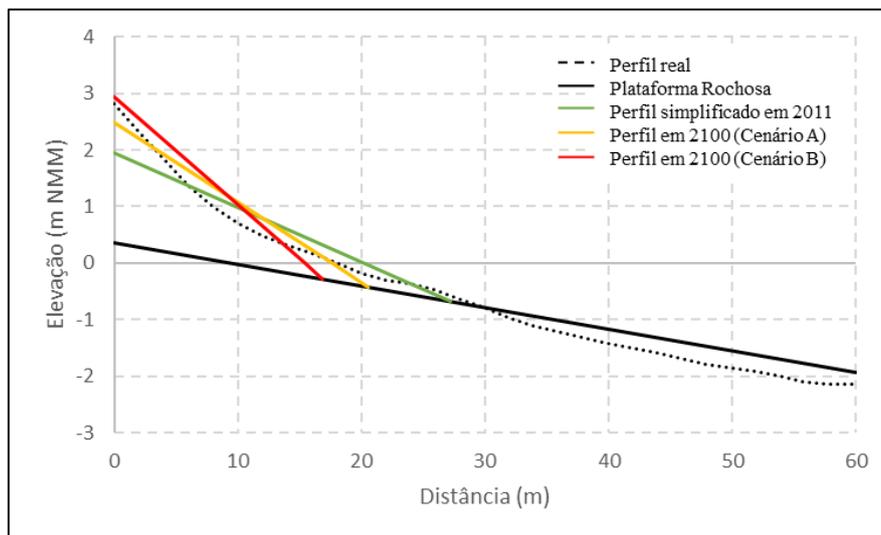


Figura 4.7 - Evolução morfológica do perfil Sal2 com a subida prevista do NMM, de acordo com os cenários considerados.

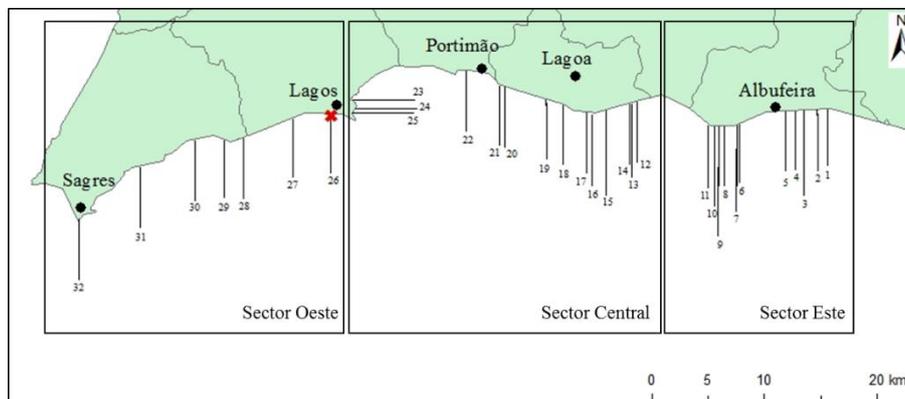


Figura 4.8 – Distribuição das praias com perfis onde se prevê um recuo da face de praia superior a 10 m (assinalado com a cruz encarnada) previsto pelo Cenário A em 2100. Os números correspondem às praias identificadas na Tabela 4.1 e Figura 4.2.

Tabela 4.8 – Parâmetros morfológicos nos perfis sem berma para 2100, no Cenário A.

Praia	Perfil	$\tan \beta$ (2011)	Face de Praia			xF (m)
			$\tan \beta$	RF (m)	hF (m)	
Olhos de Água	OA1	0,11	0,14	6,4	3,6	32,2
Maria Luísa	ML1	0,06	0,10	7,4	1,5	21,5
Santa Eulália	SE1	0,12	0,14	5,5	4,8	47,0
Oura	Ou1	0,11	0,15	7,9	3,6	22,1
Aveiros	Av1	0,09	0,11	5,9	3,5	50,2
Arrifes	Ar1	0,11	0,14	6,2	3,6	31,5
	Ar2	0,10	0,14	5,0	2,7	26,7
São Rafael	SR1	0,11	0,14	5,8	3,5	30,8
Coelha	Co2	0,20	0,25*	2,5	2,8	17,6
Castelo	Cas2	0,14	0,16	4,9	5,7	47,8
	Cas1	0,19	0,24*	2,7	2,9	19,4
Evaristo	Ev2	0,10	0,12	6,0	4,8	54,7
Manuel Lourenço	MLo1	0,11	0,13	5,7	4,0	39,9
Cova Redonda	CV1	0,09	0,11	5,8	3,4	46,3
	CV3	0,15	0,18	4,8	4,3	29,0
Praia Nova	PN1	0,12	0,16	4,1	2,8	27,5
	PN2	0,10	0,14	6,4	3,2	27,7
	PN3	0,12	0,15	5,9	3,8	32,2
Marinha	Ma1	0,14	0,17	5,3	4,5	32,1
	Ma4	0,08	0,11	5,9	2,8	41,2
Benagil	Be1	0,12	0,14	5,5	5,6	52,2
	Be2	0,19	0,23*	3,3	3,6	21,0
Carvalho	Car1	0,13	0,16	4,5	3,7	32,7
Vale de Centeanes	VC2	0,12	0,15	3,5	2,5	30,4
Pintadinho	Pi2	0,09	0,11	6,2	3,9	49,1
Três Castelos, Carianos, Vau, Barranco das Canas	TCVB2	0,17	0,20	4,4	6,2	37,8
	TCVB7	0,10	0,14	6,5	2,9	23,9
Camilo	Cam1	0,10	0,14	5,3	2,3	21,9
	Cam2	0,11	0,14	5,8	3,1	28,4
Dona Ana	DA1	0,11	0,13	5,1	4,0	46,7
	DA2	0,11	0,14	5,8	4,2	39,2
	DA3	0,11	0,14	5,3	3,8	38,4
Porto de Mós	PM1	0,12	0,15	5,0	3,7	33,3
	PM3	0,08	0,11	11,0	3,6	29,3
	PM5	0,13	0,21*	7,7	3,3	12,1
Burgau	Bu1	0,12	0,17	6,4	2,7	15,9
Almádena	Alm1	0,12	0,16	6,3	3,2	20,9
	Alm2	0,16	0,20	4,9	4,7	24,9
	Alm3	0,09	0,11	6,6	3,9	52,9
Salema	Sal1	0,11	0,14	6,0	3,3	27,1
	Sal2	0,10	0,14	6,4	2,5	20,5
	Sal3	0,11	0,15	5,9	3,3	26,7
	Sal4	0,13	0,16	5,4	4,2	31,1
Mareta	Mrt1	0,12	0,15	6,7	4,3	31,8
	Mrt3	0,09	0,13	9,8	4,1	28,6
	Mrt4	0,10	0,13	8,4	3,6	27,9

$\tan \beta$ - pendora da face de praia; RF - recuo da face de praia; hF - elevação da face de praia em relação ao NMM; xF - largura da praia, * valor morfológicamente não suportado.

4.2.2 Cenário B

4.2.2.1 Perfis com berma

No Cenário B, onde se simulou a resposta morfológica dos perfis a uma subida de 0,98 m do NMM até 2100, houve um maior número de perfis onde a berma foi totalmente erodida,

comparativamente ao Cenário A. Verificou-se que apenas 35% dos perfis mantêm berma, e os restantes 65% apresentam neste cenário apenas face de praia (Figura 4.9). A erosão total da berma ocorreu maioritariamente nos perfis localizados nos sectores Este e Central (Figura 4.9).

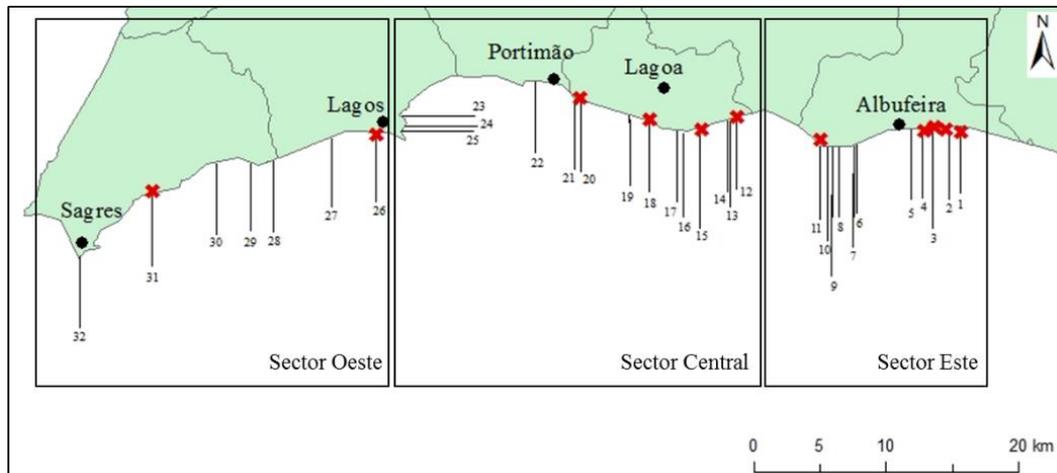


Figura 4.9 - Distribuição das praias onde se prevê a erosão total da berma para pelo menos um dos perfis (assinalada pela cruz encarnada), no Cenário B. Os números correspondem às praias identificadas na Tabela 4.1 e Figura 4.2.

Neste cenário os resultados indicam que a berma recuou em média 9,6 m, resultando numa largura média de berma restante de 11,1 m (Tabela 4.9). Verificou-se ainda que em 16 dos perfis analisados haverá erosão total da berma (Tabela 4.10), o que corresponde a um terço dos perfis com berma, em 2011. Com a erosão total da berma prevê-se que haja uma alteração dos pendores da face de praia, variando entre 0,04 e 0,23 e um recuo da face de praia médio de 11,8 m (Tabela 4.9). É possível verificar que, nos perfis com berma a largura da praia sofre um recuo médio de 5,9 m, passando as praias a ter largura média de 55 m (variando entre os 17,4 m e os 159,5 m) (Tabela 4.9).

A Praia de Santa Eulália é uma das praias onde se estima que, para o Cenário B, haja erosão total da berma no perfil SE3 (Figura 4.5). O perfil 2 na Praia da Ingrina é outro dos perfis onde no Cenário B ocorre erosão total da berma, sendo este o perfil que apresenta maior largura de praia (Figura 4.10 - A e B). O perfil Ev1 (Praia do Evaristo) é um exemplo de perfil onde o recuo da berma com a subida do NMM pode colocar em causa a localização da zona concessionada na praia (Figura 4.10 - C e D), algo que também ocorre noutras praias.

Tabela 4.9 – Valores médios, mínimos e máximos dos parâmetros morfológicos analisados e calculados para os perfis de praia em 2100 segundo o Cenário B.

		Perfis c/ berma	Perfis s/ berma
x_B (m)	Méd	11,1	na
	Mín	0,3	na
	Máx	33,8	na
h_B (m)	Méd	4,1	na
	Mín	3,0	na
	Máx	6,6	na
h_F (m)	Méd	na	4,1
	Mín	na	2,0
	Máx	na	6,6
$\tan \beta$	Méd	0,12	0,19
	Mín	0,04	0,13
	Máx	0,23	0,31
R (m)	Méd	9,5	na
	Mín	1,7	na
	Máx	26,1	na
RF (m)	Méd	11,8*	9,6
	Mín	4,3*	4,2
	Máx	31,2*	14,6
x_F (m)	Méd	55,0	28,8
	Mín	17,4	10,0
	Máx	159,5	50,58

x_B - largura de berma; h_B - elevação da berma em relação ao NMM; h_F - elevação da face de praia em relação ao NMM; $\tan \beta$ - pendor da face de praia; R - recuo da berma; RF - recuo da face de praia; x_F - largura da praia; na - não aplicável. * o recuo da face de praia corresponde apenas aos perfis onde se prevê erosão total da berma.

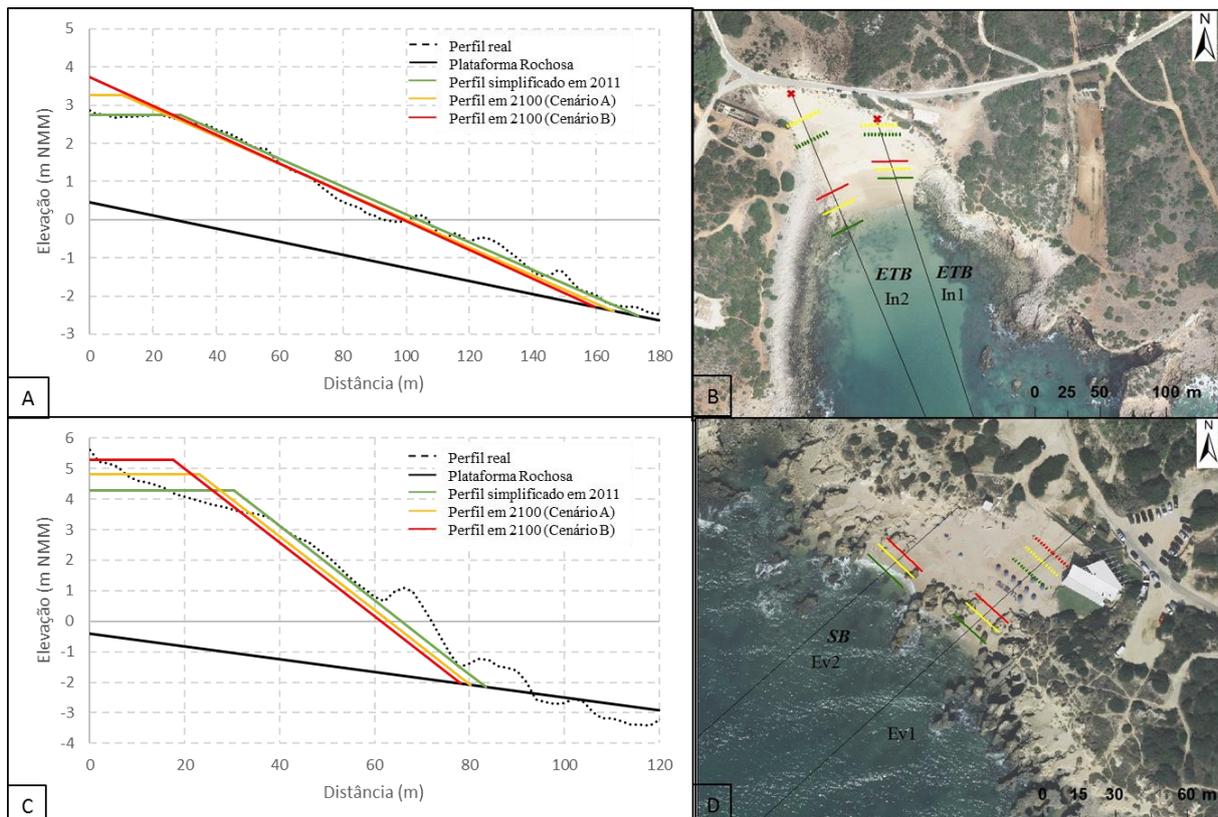


Figura 4.10 – Evolução morfológica do perfil In2 (A) e do perfil Ev1 (C) e representação gráfica dos recuos calculados para os perfis da Praia da Ingrina (B) e do Evaristo (D). Em B e D: interseção do NMM com a face de praia em 2011 (verde); interseção do NMM com a face de praia em 2100 segundo o Cenário A (amarelo); interseção do NMM com a face de praia em 2100 segundo o Cenário B (encarnado); crista da berma em 2011 (tracejado verde); crista da berma em 2100 segundo o Cenário A (tracejado amarelo) e crista da berma em 2100 segundo o Cenário B (tracejado encarnado); SB – sem berma inicial; ETB – erosão total da berma (assinalado, também, pela cruz encarnada); ortofotografia de 2008.

Tabela 4.10 Parâmetros morfológicos para os perfis com berma em 2100, no Cenário B.

Praia	Perfil	Berma (m)			Face de Praia			xF (m)
		R	xB	hB	tan β	RF (m)	hF (m)	
Olhos de Água	OA2	12,2	-	-	0,11	12,6*	2,7*	29,9
	OA3	10,0	-	-	0,12	10,1*	2,9*	26,7
Maria Luísa	ML2	12,6	15,8	4,5	0,12	na	na	63,6
	ML3	23,4	16,5	3,2	0,07	na	na	75,1
	ML4	13,2	-	-	0,09	13,3*	3,6*	47,4
Santa Eulália	SE2	20,9	25,9	3,6	0,09	na	na	83,0
	SE3	16,8	-	-	0,07	16,8*	3,9*	66,2
Oura	Ou2	11,1	-	-	0,10	11,5*	4,7*	52,1
	Ou3	11,1	-	-	0,10	11,7*	4,8*	57,8
	Ou4	12,7	5,3	4,6	0,09	na	na	67,4
Aveiros	Av2	9,8	0,3	3,6	0,11	na	na	44,8
São Rafael	SR2	8,4	4,3	6,6	0,14	na	na	65,9
	SR3	11,1	11,7	4,1	0,14	na	na	50,1
Coelha	Co1	8,9	1,0	4,4	0,13	na	na	50,8
Evaristo	Ev1	12,6	17,7	5,3	0,12	na	na	78,1
Manuel Lourenço	MLo2	7,6	-	-	0,15	8,0*	5,5*	40,6
Cova Redonda	CV2	9,0	-	-	0,12	9,1*	5,1*	49,6
Senhora da Rocha	SdR1	11,0	2,0	5,4	0,10	na	na	76,0
	SdR2	11,9	9,3	4,1	0,11	na	na	66,5
Marinha	Ma2	6,6	-	-	0,18	6,6*	4,2*	26,5
	Ma3	8,5	-	-	0,13	8,5*	4,6*	41,8
Carvalho	Car2	9,8	4,7	4,0	0,13	na	na	48,2
Vale de Ceteanes	VC1	5,7	-	-	0,23**	4,3*	3,8*	17,4
	VC3	10,2	8,1	4,0	0,14	na	na	53,6
Carvoeiro	Carv1	16,4	26,0	4,7	0,14	na	na	68,7
	Carv2	8,1	3,1	4,5	0,17	na	na	33,8
Caneiros	Can1	9,9	-	-	0,12	9,7*	4,0*	44,6
	Can2	10,4	3,5	4,1	0,13	na	na	44,9
Pintadinho	Pi1	19,6	15,9	4,0	0,11	na	na	60,6
	TCVB1	15,4	0,6	5,1	0,07	na	na	98,7
Três Castelos, Carianos, Vau, Barranco das Canas	TCVB3	11,5	4,4	3,3	0,12	na	na	40,5
	TCVB4	15,1	3,1	3,7	0,09	na	na	45,6
	TCVB5	9,9	1,6	3,7	0,13	na	na	34,0
	TCVB6	17,8	18,4	4,3	0,12	na	na	56,0
Batata	TCVB8	22,5	20,2	3,5	0,14	na	na	43,0
	Ba1	9,5	10,3	4,7	0,14	na	na	58,5
Porto de Mós	Ba2	12,4	13,8	5,1	0,12	na	na	67,3
	PM2	18,4	24,0	3,3	0,12	na	na	60,2
Luz	PM4	9,7	-	-	0,13	9,7*	2,8*	24,2
	Lu1	13,1	3,2	3,3	0,11	na	na	35,2
	Lu2	24,7	33,8	3,6	0,12	na	na	68,8
Burgau	Lu3	27,6	32,3	3,4	0,10	na	na	71,4
	Bu2	12,9	0,7	3,0	0,10	na	na	35,3
Salema	Bu3	12,2	3,0	3,3	0,12	na	na	37,2
	Sal5	20,0	20,2	3,5	0,11	na	na	71,5
Ingrina	In1	13,0	-	-	0,09	13,4*	3,6*	48,5
	In2	31,5	-	-	0,04	31,2*	3,3*	159,5
Mareta	Mrt2	12,1	3,9	4,0	0,12	na	na	38,0

R - recuo da berma; xB' - largura de berma; hB - elevação da berma em relação ao NMM; tan β - pendor da face de praia; RF - recuo da face de praia; hF - elevação da face de praia em relação ao NMM; xF - largura da praia; "-" indica que ocorre erosão total da berma; na - não aplicável. * corresponde apenas aos perfis onde ocorre erosão total da berma; ** valor morfológicamente não suportado.

4.2.2.2 Perfis sem berma

Nos perfis sem berma, considerando a subida do NMM do Cenário B (0,98 m), prevê-se que a face de praia atinja um pendor médio de 0,19, variando entre 0,13 e 0,31 (Tabela 4.9), o que

representa um aumento do pendor médio de 0,07 em relação a 2011. Alguns dos valores de pendor obtidos (Tabela 4.8 e 4.11) estão acima dos máximos observados ($\tan \beta = 0,20$) na morfologia natural dos perfis sem berma em 2011. A face de praia irá recuar em média cerca de 9,6 m, com uma variação de recuo entre os 4,2 m e os 17,6 m. Nestes perfis e para este cenário é visível, mais uma vez, uma diminuição da largura da praia em 2100, apresentando os perfis sem berma uma largura média de 28,8 m, cerca de menos 10 m do que em 2011 (Tabela 4.11). No perfil Sal2 (Figura 4.7) é visível uma inclinação ainda mais pronunciada da face de praia para o Cenário B, quando comparada com a prevista para o Cenário A. A face de praia, no perfil Sal2 no Cenário B apresenta um pendor de 0,19, próximo do máximo natural obtido, indicando um aumento de 0,09, quase o dobro do pendor observado em 2011 (Tabela 4.11).

A Praia Nova (Figura 4.11) foi uma das poucas praias onde só foram identificados perfis sem berma. Para esta praia que apresenta uma largura média em 2011 de 34 m, prevê-se uma diminuição média de cerca de 8 m de acordo com o Cenário B. A face de praia responde morfologicamente aumentando o seu pendor médio em 0,06 no Cenário B (Tabela 4.11).

Verifica-se, também, que é no sector Este e para o Cenário B, que há mais praias onde se prevê que os perfis tenham um recuo da face de praia superior a 10 m (Figura 4.12), prevendo-se um total de 15 perfis, num conjunto de 10 praias, apresentem um recuo maior do que 10 m.

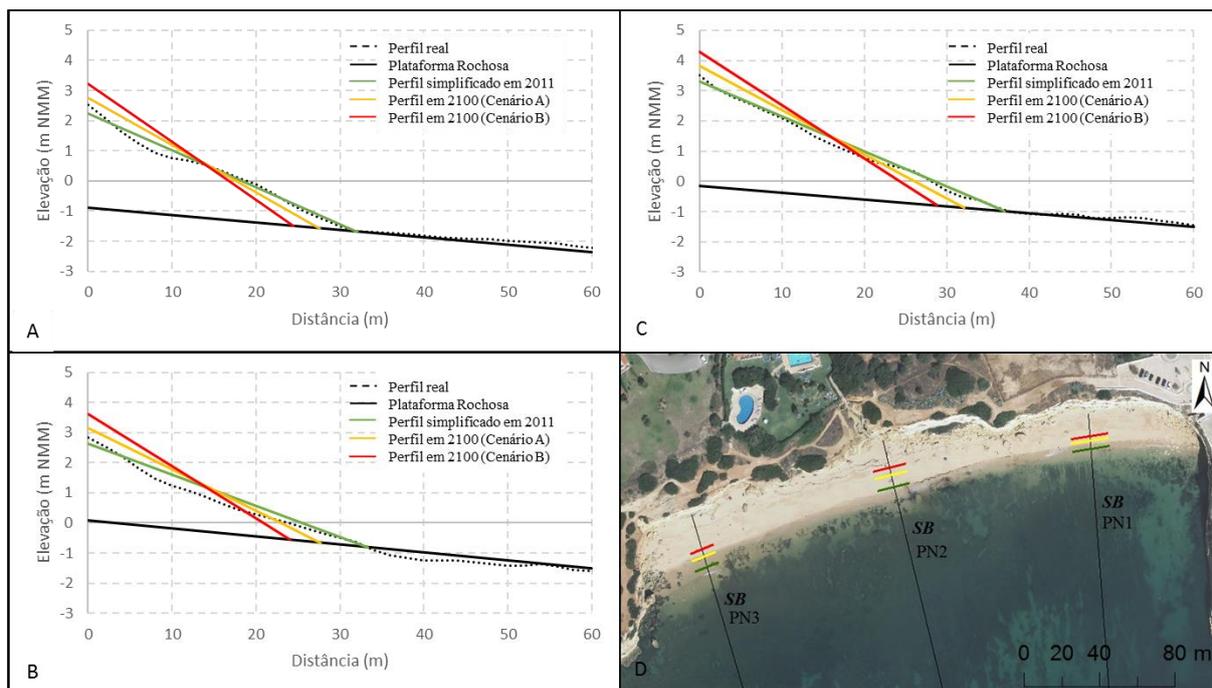


Figura 4.11 – Evolução morfológica dos perfis na Praia Nova. **A** – perfil PN1; **B** – perfil PN2; **C** – perfil PN3. Localização dos mesmos com representação do recuo previsto (**D**). Em D: Interseção do NMM com da face de praia em 2011 (verde); interseção do NMM com da face de praia em 2100 segundo o Cenário A (amarelo); interseção do NMM com da face de praia em 2100 segundo o Cenário B (encarnado); SB – sem berma inicial; Ortofotografia de 2008.

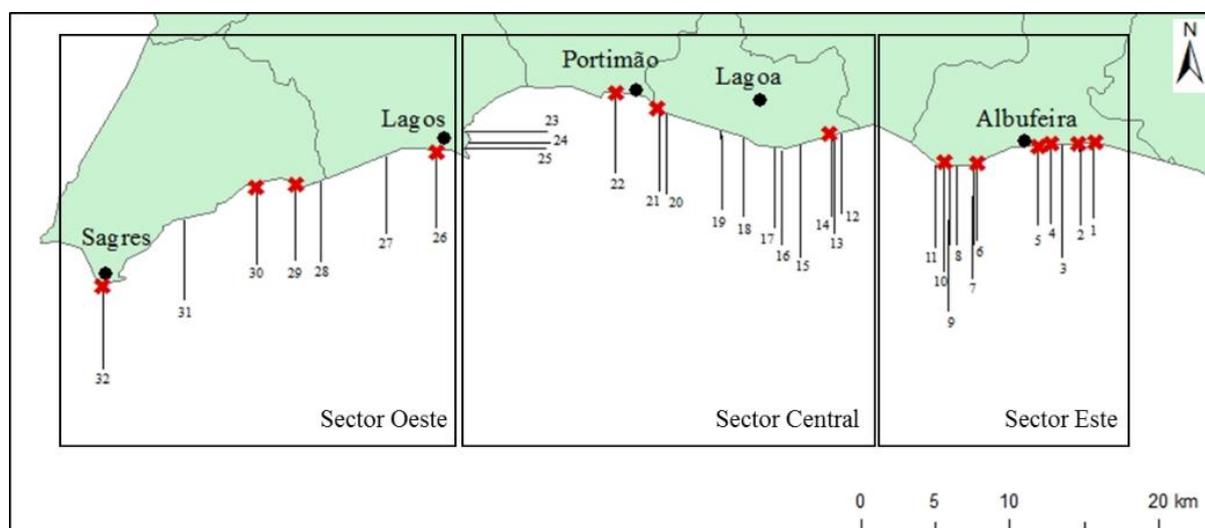


Figura 4.12 – Distribuição das praias com perfis onde se prevê um recuo da face de praia superior a 10 m (assinalado pela cruz encarnada) previsto pelo Cenário B em 2100. Os números correspondem às praias identificadas na Tabela 4.1 e Figura 4.2.

Tabela 4.11 Parâmetros morfológicos nos perfis sem berma em 2100, no Cenário B.

Praia	Perfil	$\tan \beta$ (2011)	Face de Praia			x_F (m)
			$\tan \beta$	RF (m)	h_F (m)	
Olhos de Água	OA1	0,11	0,17	10,6	4,1	28,8
Maria Luísa	ML1	0,06	0,15	10,9	2,0	16,7
Santa Eulália	SE1	0,12	0,16	9,4	5,2	43,6
Oura	Ou1	0,11	0,20	12,5	4,1	19,3
Aveiros	Av1	0,09	0,13	10,0	3,9	46,0
Arrifes	Ar1	0,11	0,17	10,2	4,1	28,1
	Ar2	0,10	0,18	8,4	3,1	23,0
São Rafael	SR1	0,11	0,18	9,5	3,9	27,4
Coelha	Co2	0,20	0,31*	4,2	3,3	15,8
Castelo	Cas2	0,14	0,18	8,5	6,1	44,7
	Cas1	0,19	0,29*	4,5	3,4	17,5
Evaristo	Ev2	0,10	0,14	10,4	5,3	50,6
Manuel Lourenço	MLo1	0,11	0,16	9,5	4,4	36,4
Cova Redonda	CV1	0,09	0,13	9,7	3,9	41,8
	CV3	0,15	0,21*	8,1	4,8	26,3
Praia Nova	PN1	0,12	0,19	6,7	3,2	24,5
	PN2	0,10	0,17	10,3	3,6	24,1
	PN3	0,12	0,18	9,8	4,3	28,8
Marinha	Ma1	0,14	0,20	8,9	4,9	29,1
	Ma4	0,08	0,13	9,7	3,3	36,4
Benagil	Be1	0,12	0,16	9,5	6,0	48,3
	Be2	0,19	0,28*	5,5	4,0	18,9
Carvalho	Car1	0,13	0,19	7,5	4,1	29,5
Vale de Ceteanes	VC2	0,12	0,18	5,8	3,0	27,3
Pintadinho	Pi2	0,09	0,13	10,5	4,3	44,6
Três Castelos, Carianos, Vau, Barranco das Canas	TCVB2	0,17	0,22*	7,7	6,6	35,4
	TCVB7	0,10	0,18	10,3	3,3	20,5
Camilo	Cam1	0,10	0,19	8,4	2,7	18,5
	Cam2	0,11	0,17	9,4	3,5	24,9
Dona Ana	DA1	0,11	0,15	8,7	4,4	43,1
	DA2	0,11	0,16	9,8	4,7	35,5
	DA3	0,11	0,16	8,9	4,2	35,1
Porto de Mós	PM1	0,12	0,18	8,3	4,2	30,5
	PM3	0,08	0,15	17,6	4,1	24,8
	PM5	0,13	0,29*	11,5	3,7	10,0
Burgau	Bu1	0,12	0,24*	9,8	3,2	13,2
Almádena	Alm1	0,12	0,21*	10,1	3,6	17,6
	Alm2	0,16	0,24*	8,2	5,2	22,3
	Alm3	0,09	0,12	11,5	4,4	46,2
Salema	Sal1	0,11	0,18	9,8	3,7	23,4
	Sal2	0,10	0,19	10,0	2,9	16,8
	Sal3	0,11	0,19	9,7	3,8	23,1
	Sal4	0,13	0,19	9,1	4,7	27,8
Mareta	Mrt1	0,12	0,18	11,2	4,8	28,3
	Mrt3	0,09	0,16	15,7	4,5	25,1
	Mrt4	0,10	0,17	13,4	4,0	24,5

$\tan \beta$ - pendora da face de praia; RF - recuo da face de praia; h_F - elevação da face de praia em relação ao NMM; x_F - largura da praia. * valor morfológicamente não suportado.

4.3 Relações entre parâmetros morfológicos e a evolução das praias

4.3.1 Perfis com berma

Nos perfis com berma verifica-se que, de forma geral, a largura da berma tem uma relação direta com a largura da praia, quanto menor é a largura da praia menor é a largura da berma quer em 2011, quer para os dois cenários (Figura 4.13).

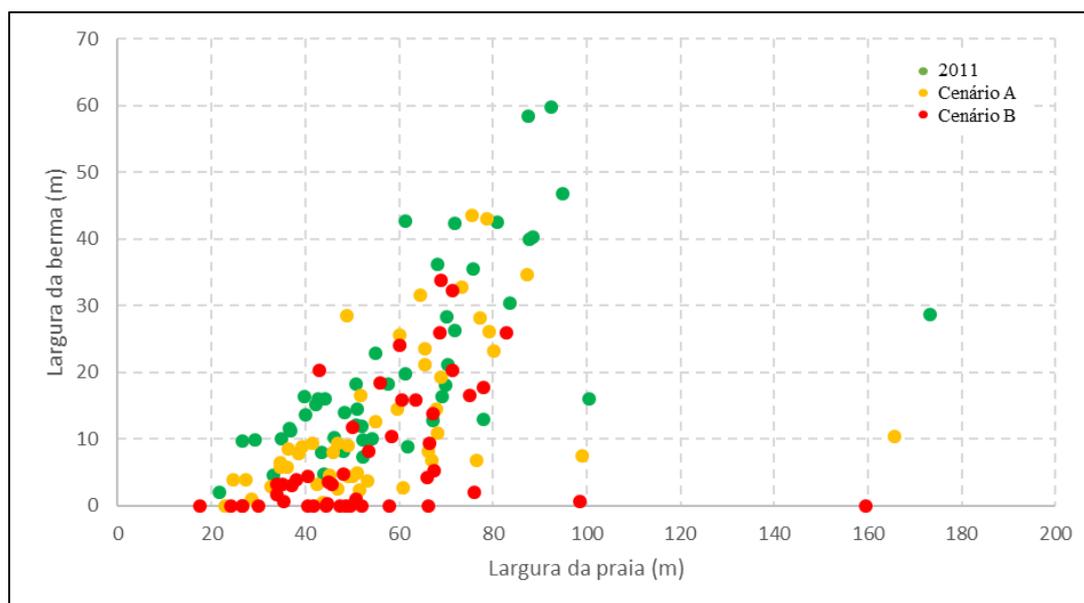


Figura 4.13 - Relação entre a largura de praia e a largura da berma, em 2011 e em 2100 para os dois cenários considerados.

Quando se compara o recuo com a largura da berma nos dois cenários (Figura 4.14 - A e B) é possível verificar que existe uma relação diretamente proporcional entre as variáveis, e a existência de dois grupos com comportamentos distintos. Os mesmos grupos são identificados quando se relaciona o recuo da berma e o pendora da face de praia (Figura 4.14-C e D), sendo esta relação inversamente proporcional, indicando que quanto maior é o pendora da face de praia menor é o recuo da berma. Os dois grupos distinguidos nestas duas relações são diferenciados pela largura da berma em 2011, apresentando um dos grupos uma largura genericamente superior a 30 m e o outro inferior. As exceções são o perfil In2 (Figura 4.10-A), com uma largura de berma em 2011 de 28,7 m e comportamento similar a perfis com berma superior a 30 m, sendo o único deste grupo onde ocorre erosão total da berma no Cenário B; e o perfil Ev1 (Figura 4.10 - C) que apesar de apresentar uma largura da berma em 2011 maior do que 30 m possui um comportamento similar a perfis com berma inferior a 30 m.

Na Figura 4.15 - A é visível também uma relação linear entre a largura da praia em 2011 e o recuo da berma no Cenário A e B, indicando que quanto maior a largura inicial da praia maior o recuo da berma, sendo esta relação mais acentuada no Cenário B. Verificou-se que há um maior controlo do recuo da berma por parte do pendor da face de praia (Figura 4.14 - C e D) do que por parte da elevação da berma (Figura 4.15 - B), e que os perfis com maior recuo da berma apresentam elevações intermédias da mesma. Não parece haver uma relação linear facilmente identificável entre o pendor da plataforma e o pendor da face de praia nos perfis com berma (Figura 4.15 - C).

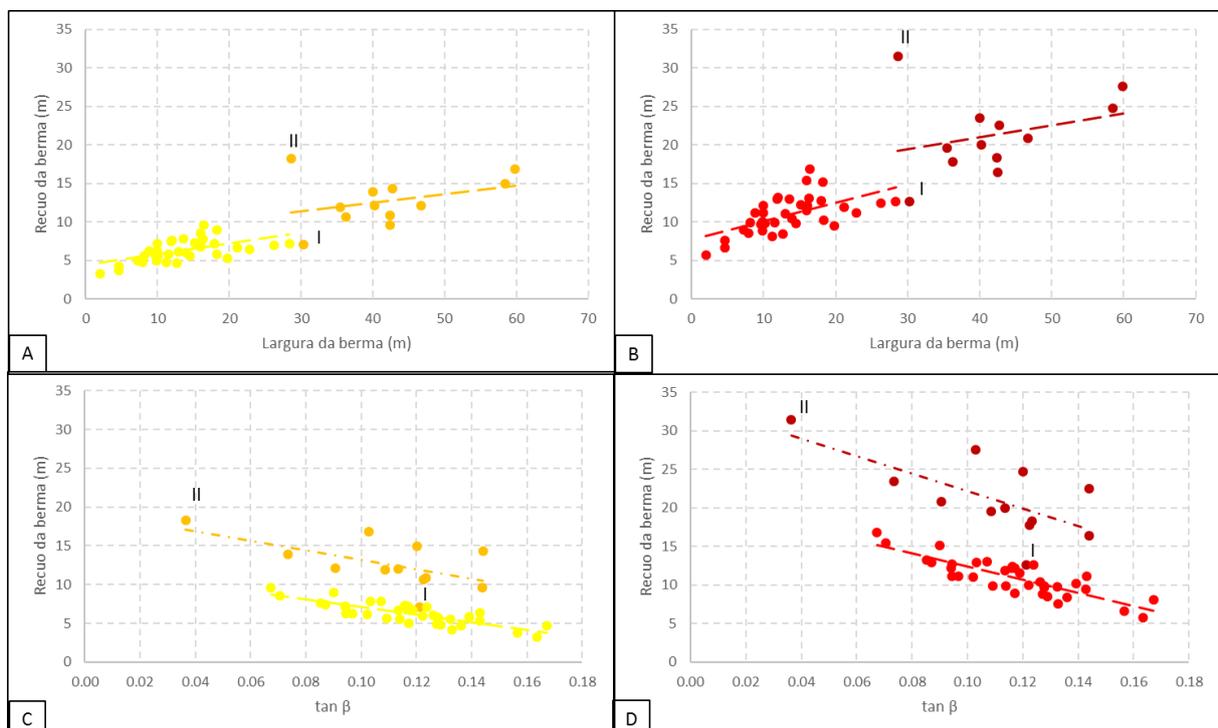


Figura 4.14 – Relação entre a largura da berma em 2011 e o recuo previsto da berma no Cenário A (A) e no Cenário B (B). Relação entre o pendor da face de praia em 2011 ($\tan \beta$) e o recuo da berma no Cenário A (C) e no Cenário B (D). Os perfis a amarelo-vivo e encarnado-vivo apresentavam, em 2011, uma largura de berma inferior a 30 m, com a linha da mesma cor a indicar a relação linear; os perfis amarelo-torrado e encarnado-escuro representam os perfis que em 2011 apresentavam uma largura de berma superior a 30 m, com a linha da mesma cor a indicar a relação linear; I – perfil EV1; II – perfil In2.

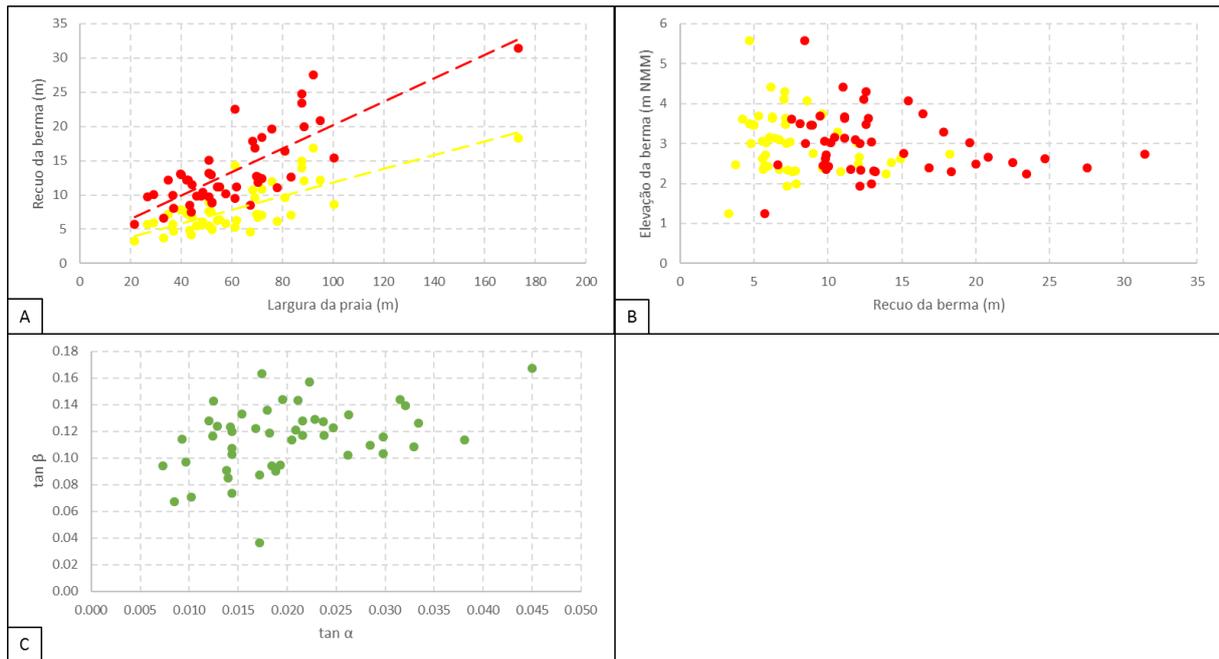


Figura 4.15 – **A** - Relação entre a largura de praia em 2011 e o recuo da berma no Cenário A (amarelo) e B (encarnado). As linhas representam relações lineares entre as variáveis; **B** - Relação entre a altura da berma em 2011 e o recuo da berma previsto no Cenário A (amarelo) e B (encarnado), **C** - Relação entre o pendor da plataforma rochosa ($\tan \alpha$) e o pendor da face de praia ($\tan \beta$) nos perfis com berma em 2011.

4.3.2 Perfis sem berma

Nos perfis sem berma, em 2011, pode observar-se (Figura 4.16 - A) que há uma relação inversa entre o pendor da face de praia e a largura da mesma, pois quanto menor é a largura da praia maior é o pendor da face de praia. Pode ainda observar-se (Figura 4.16 - A) o aumento de pendor da face de praia para os dois cenários considerados. Analisando a relação entre o pendor da face de praia e a largura da praia, voltam-se a observar dois grupos distintos de acordo com a largura da praia (Figura 4.16 - B e D), tal como nos perfis com berma. Estes dois grupos dividem-se pela largura de praia em 2011, um com largura maior do que 40 m e outro menor, apresentando ambos os grupos tendências semelhantes.

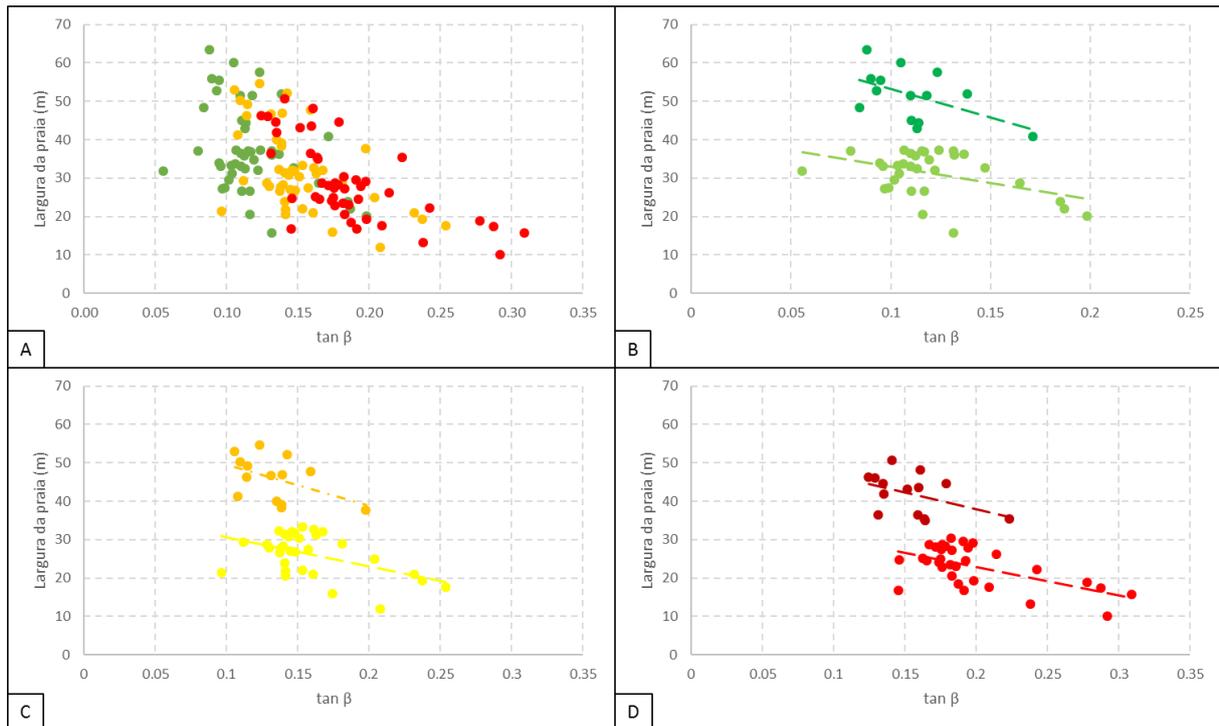


Figura 4.16 – **A** - Relação entre o pendor da face de praia ($\tan \beta$) e a largura da praia, para perfis de 2011 (verde); perfis previstos no Cenário A em 2100 (amarelo); perfis previstos no Cenário B em 2100 (encarnado). **B** – Relação entre o pendor da face de praia e a largura da praia em 2011; perfis que em 2011 apresentavam uma largura de praia superior a 40 m (verde-escuro) e inferior a 40 m (verde-claro). **C** - Relação entre o pendor da face de praia ($\tan \beta$) e a largura da praia em 2100 no Cenário A; perfis que em 2011 apresentavam uma largura de praia superior a 40 m (amarelo torrado) e inferior a 40 m (amarelo vivo). **D** - Relação entre o pendor da face de praia ($\tan \beta$) e a largura da praia em 2100 no Cenário B; perfis que em 2011 apresentavam uma largura de praia superior a 40 m (encarnado-escuro) e inferior a 40 m (encarnado).

Na Figura 4.17 (A-B) é possível identificar uma relação entre o pendor de face de praia e a elevação da mesma, sendo que, genericamente, quanto maior o pendor maior a elevação. Neste caso não é possível identificar os dois grupos individualizados na Figura 4.16.

Havendo uma relação entre a largura da praia e o pendor da face de praia é de esperar que haja também uma relação entre o recuo previsto para a face de praia e o seu pendor. Esta relação é confirmada na Figura 4.17 (C) onde é visível que, de forma geral, com um recuo menor previsto no Cenário B há uma maior inclinação da face de praia. A última relação que se tentou identificar foi entre o pendor da plataforma rochosa e o pendor da face de praia, sendo que não se verificou qualquer relação como se pode observar na Figura 4.17 (D).

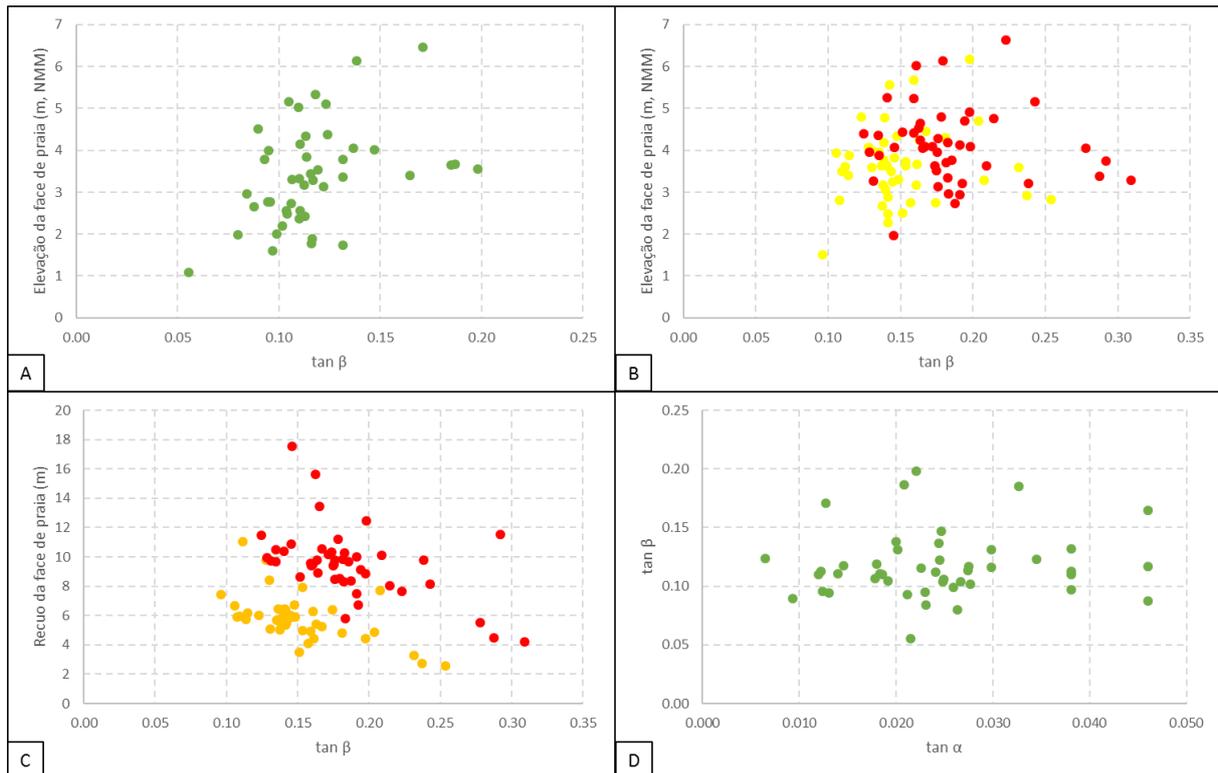


Figura 4.17 – **A** - Relação entre o pendor da face de praia ($\tan \beta$) e a elevação em relação ao NMM da face de praia nos perfis em 2011. **B** – Relação entre o pendor da face de praia ($\tan \beta$) e a elevação em relação ao NMM da face de praia nos perfis em 2100 no Cenário A (amarelo) e no Cenário B (encarnado). **C** - Relação entre o pendor da face de praia ($\tan \beta$) e o recuo previsto da face de praia em 2100 no Cenário A (amarelo) e no Cenário B (encarnado). **D** - Relação entre o pendor da plataforma rochosa ($\tan \alpha$) e o pendor da face de praia ($\tan \beta$) nos perfis sem berma em 2011.

4.4 Realimentação das praias, capacidade balnear e potencial económico

Com a previsão de uma subida do NMM de 0,52 e 0,98 m até 2100, e com a alteração dos parâmetros morfológicos nos diversos perfis e cenários analisados, verificou-se que as praias vão perder área balnear, caso não existam fontes sedimentares complementares às atuais. Face a esta possibilidade, a realimentação das praias pode ser uma solução. De acordo com as definições para a realimentação estabelecidas na metodologia (Secção 3.3.1.2 e 3.3.2.2), seriam necessários cerca de 335 000 m³ de sedimento para repor as larguras das praias atuais, considerando o Cenário A. Sabendo que nas praias recentemente realimentadas no Algarve o custo da intervenção por metro cubico de areia foi de 6 € (Grupo de Trabalho do Litoral, 2014), o custo total de realimentação para o Cenário A seria de cerca de 2M € (Tabela 4.7), para repor as condições atuais. Para o Cenário B o volume de realimentação total necessário seria de cerca de 664 000 m³ de areia com um custo total de cerca de 4M € (Tabela 4.12). Os volumes de sedimento necessários para as realimentações (Figura 4.18), bem como os custos associados variam ao longo dos sectores (Este, Central e Oeste), com o sector Oeste a ser o que apresenta custos superiores (Tabela 4.13), uma vez que as praias apresentam maior comprimento.

De acordo com o Plano de Ordenamento da Orla Costeira (POOC) em vigor na área de estudo, a capacidade recomendada de utilização do areal é de 1 utente por cada 15 m² para este tipo de praias, e recorrendo aos dados do Turismo do Algarve, onde é possível calcular que cada hospede no Algarve gastou cerca de 250€ por dia na economia local, na época balnear de 2015, previu-se qual a perda de capacidade balnear nas praias e qual a possível quebra económica na economia local.

Sabendo que com a subida do NMM ocorre uma perda de área balnear, prevê-se que, com uma subida menos acentuada do NMM (Cenário A), haja uma diminuição de cerca de 2600 utentes diários nas 32 praias em estudo. Assumindo que todas as praias consideradas sofrem perda de área por subida do NMM e que os utentes não procurarão outras alternativas, fora das áreas consideradas, a perda económica potencial será de 655 000 € diários para a economia local (Tabela 4.13). No Cenário B, a diminuição de utentes pode ser mais de 4000 utentes diários, equivalendo a uma potencial perda para a economia local de mais 1M € por dia (Tabela 4.13).

A perda de utentes e a potencial quebra para a economia local não são similares ao longo dos sectores, sendo mais uma vez o sector Oeste o que apresenta maior perda de utentes e, conseqüentemente, maior quebra potencial para a economia local (Figura 4.19).

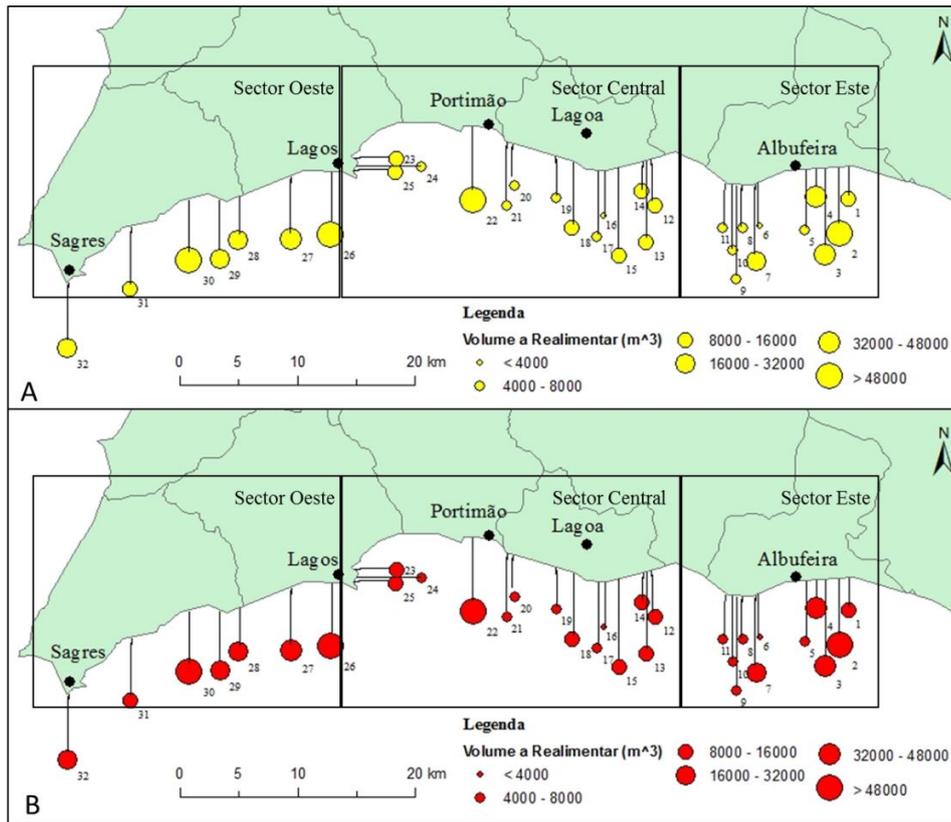


Figura 4.18 – Distribuição do volume de sedimento necessário para a realimentação nas praias em 2100 para reposição das condições de 2011, de acordo com o Cenário A (A) e B (B).

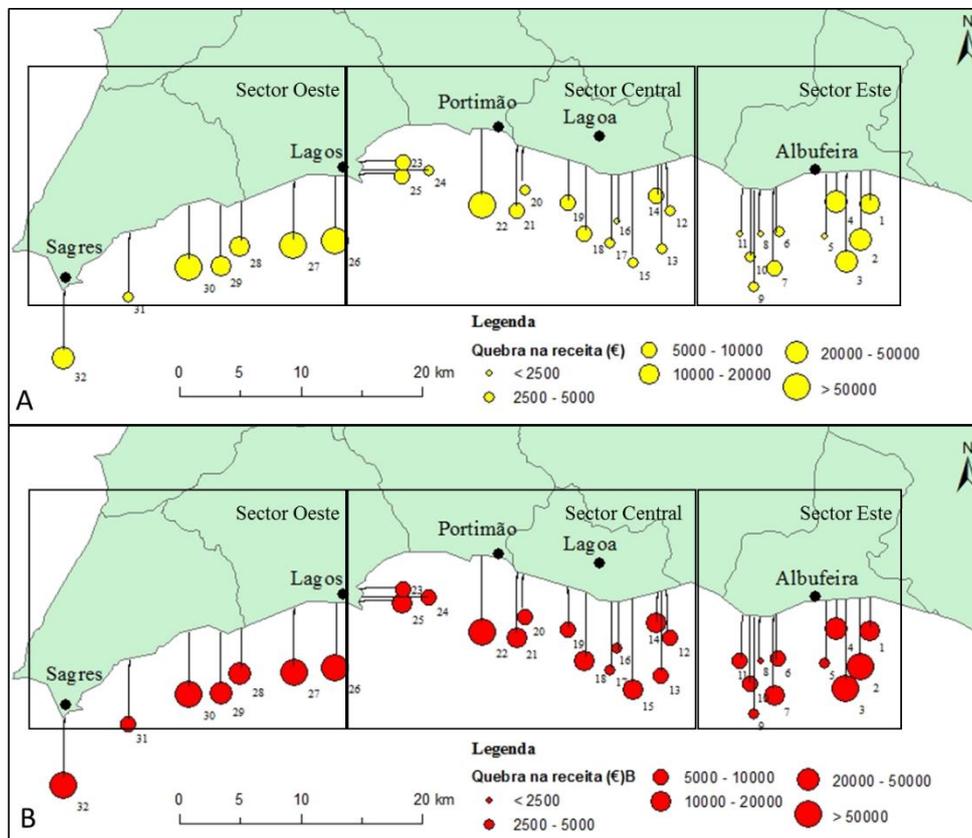


Figura 4.19 – Distribuição da quebra potencial na receita diária na economia local, por praia, de acordo com o Cenário A (A) e B (B).

Tabela 4.12 Previsão dos volumes e custos de realimentação das praias em estudo, e perda de capacidade balnear nas mesmas.

Praia	Volume inicial (m ³)	Cenário A		Cenário B		Capacidade balnear inicial	Cenário A		Cenário B	
		Volume a realimentar (m ³)	Custo (€)	Volume a realimentar (m ³)	Custo (€)		Capacidade balnear	Perda de capacidade balnear	Capacidade balnear	Perda de capacidade balnear
Olhos de Água	15962	6141	36848	12375	74248	626	582	44	550	76
Maria Luísa	95368	27059	162351	53990	323942	2502	2320	183	2216	286
Santa Eulália	96706	21030	126181	41113	246680	1986	1854	132	1776	210
Oura	94772	23282	139694	46064	276385	2427	2316	111	2230	197
Aveiros	12114	2930	17582	5781	34686	233	225	7	221	12
Arrifes	5281	1942	11650	3916	23496	171	158	13	146	25
São Rafael	51533	8991	53947	17545	105273	884	849	35	828	56
Coelha	9567	2381	14289	4712	28269	190	185	5	181	8
Castelo	16188	3243	19459	6371	38225	273	262	11	253	20
Evaristo	18360	3256	19538	6349	38095	295	283	12	274	22
Manuel Lourenço	13525	3284	19706	6489	38932	283	273	10	260	22
Cova Redonda	24919	6533	39200	12950	77699	530	512	19	494	37
Senhora da Rocha	32796	6174	37046	12052	72310	538	522	15	515	23
Praia Nova	15852	5891	35349	11888	71328	494	457	37	426	68
Marinha	25448	7588	45525	15130	90780	617	597	20	576	41
Benagil	6523	1254	7526	2444	14662	136	129	6	124	12
Carvalho	11467	2995	17967	5928	35567	249	238	11	230	19
Vale de Centeanes	25636	6125	36747	12086	72515	456	409	47	430	26
Carvoeiro	14639	3153	18918	6151	36909	335	312	23	299	36
Caneiros	14071	3973	23835	7866	47195	359	343	15	337	22
Pintadinho	14492	4011	24064	7894	47366	373	339	34	321	52
Três Castelos, Carianos, Vau, Barranco das Canas	226861	59506	357033	117147	702879	6329	5782	548	5516	814
Batata	33034	5352	32114	10380	62280	542	521	21	509	33
Camilo	4742	2255	13531	4622	27730	178	163	15	150	28
Dona Ana	27601	6820	40923	13485	80912	551	524	26	501	50
Porto de Mós	81351	25903	155419	51918	311508	2927	2562	366	2346	582
Luz	77167	20528	123168	39971	239824	2330	2044	286	1897	433
Burgau	18775	8043	48256	16244	97462	803	727	76	697	106
Almádena	19355	8152	48909	16588	99526	689	640	49	597	92
Salema	83361	27473	164838	55171	331028	2414	2160	253	1990	424
Ingrina	16209	5600	33600	11212	67273	470	454	16	446	24
Mareta	38294	13988	83930	28089	168534	1638	1466	172	1359	279
Total	1241968	334857	2009144	663920	3983518	32826	30207	2619	28697	4129

* valores diários

Tabela 4.13 - Previsão dos custos de realimentação, perda de utentes e quebra na receita por sector.

	Custo de realimentação (€)				Perda de utentes (diário)				Quebra na receita* (€/diários)			
	Sector Este	Sector Central	Sector Oeste	Total	Sector Este	Sector Central	Sector Oeste	Total	Sector Este	Sector Central	Sector Oeste	Total
Cenário A	621245	643211	744688	2009144	562	839	1219	2619	140400	209669	305634	654704
Cenário B	1228231	1269210	1486077	3983518	932	1258	1939	4129	233000	314500	484750	1032250

*valor calculado com base em que cada utente gasta cerca de 250 € diário.

5. Discussão

5.1 – Modelos de resposta morfológica de perfis de praia

A resposta morfológica das praias à subida do NMM tem sido estudada por diversos autores (Trenhaile, 2004; Davidson-Arnott, 2005; Brunel & Sabatier, 2007), maioritariamente com recurso a pressupostos e adaptações da Regra de Brunn. Os perfis analisados neste trabalho são perfis considerados como sistemas fechados, sendo primeiramente controlados pela morfologia circundante (arriba e plataforma rochosa), não possuindo evolução livre. São perfis que não se comportam de forma idêntica ao sugerido pela Regra de Bruun. Os perfis analisados têm morfologias diferentes, apresentando uns berma e face de praia, e outros só face de praia. Devido à morfologia da praia e dos perfis analisados não se pode usar a Regra de Bruun ou adaptações para praias abertas e sem limitação de evolução para o interior.

O exemplo da adaptação da Regra de Bruun é o trabalho de Davidson-Arnott (2005), onde se prevê que com a subida do NMM ocorra interação entre a praia e a duna. Este modelo não foi adotado no presente trabalho pois implica um sistema praia-duna que as praias em estudo não apresentam. Noutro modelo onde pela primeira vez se considerou a morfodinâmica da praia é sugerido que o declive da face de praia e a quantidade e tamanho do sedimento são maioritariamente controlados pela acomodação dos sedimentos nas áreas rochosas (Trenhaile, 2004). Neste modelo, devido à subida do NMM e à limitação de sedimento, o pendor da face de praia torna-se mais inclinado do que o pendor da plataforma, podendo ocorrer perda de sedimento que não pode ser acomodado na berma. Este modelo não foi adotado no presente estudo uma vez que não prevê que ocorra conservação de sedimento na zona de praia, quer emersa quer submersa, propondo a possível perda de sedimento, algo que dificilmente ocorrerá em praias encastradas e protegidas por promontórios. Posteriormente a estes dois modelos, Brunel & Sabatier (2007) propuseram o princípio de submersão dinâmico para estudarem o recuo da linha de costa em praias encastradas. Brunel & Sabatier (2007) consideram 3 cenários para estudar o recuo da linha de costa tendo em conta a posição da linha de costa no passado, o pendor da face de praia e a subida do NMM prevista. Este modelo não foi utilizado no presente trabalho, uma vez que considera uma submersão do perfil sem alteração da configuração do mesmo, algo que não acontecerá na realidade visto que a praia é dinâmica e responderá à subida do NMM.

Dos vários modelos analisados optou-se por utilizar o modelo desenvolvido por Taborda & Ribeiro (2015) em perfis com berma. O modelo de Taborda & Ribeiro (2015) não foi utilizado

para a análise do comportamento morfológico de perfis sem berma, pois apenas considera perfis com berma, e sabe-se que o comportamento destas duas tipologias de perfis difere entre si face à subida do NMM. No caso dos perfis sem berma foi desenvolvido um novo modelo de resposta morfológica do perfil face à subida do NMM.

O modelo adaptado de Taborda & Ribeiro (2015) tem como base a análise de um perfil 2D transversal à linha de costa, que se mantém em equilíbrio com a subida do NMM. O modelo considera negligenciável a evolução da arriba com a subida do NMM, considerando também que a inclinação da face de praia se mantém constante ao longo do tempo. O modelo considera uma elevação da berma idêntica à subida do NMM. O facto da face de praia se manter constante provoca uma migração da mesma para terra reduzindo a largura da berma, e conseqüentemente a largura da praia. O volume sedimentar mantém-se constante existindo acumulação sedimentar na berma e erosão da face de praia. A utilização deste modelo mostrou-se uma mais valia para o estudo de perfis de praia que apresentaram berma, permitindo prever como vão reagir morfológicamente os perfis com berma à subida do NMM. Para os perfis sem berma o novo modelo baseia-se em alguns pressupostos do modelo de Taborda & Ribeiro (2015), assumindo um perfil 2D transversal à linha de costa, onde há manutenção do volume sedimentar. Com a subida do NMM a intersecção do perfil com a arriba eleva-se o equivalente à subida do NMM prevista. Por forma a manter o volume sedimentar inicial diminuindo a largura da praia, torna-se inevitável que a face de praia altere o seu pendor. O modelo assenta no pressuposto de que a zona arenosa da praia está limitada verticalmente pela plataforma rochosa e horizontalmente por uma arriba ou estruturas antrópicas e promontórios rochosos, não permitindo assim perda de sedimento para o mar, nem lateralmente para outras praias, considerando-se o perfil/praias como um sistema fechado. O modelo desenvolvido no presente estudo (Secção 3.3.3), além de ser usado nos perfis sem berma em 2011, foi também aplicado aos perfis onde ocorre erosão total da berma com a subida do NMM antes de 2100. Nestes casos, onde existe berma inicial que depois é totalmente erodida, usou-se primeiro o modelo de Taborda & Ribeiro (2015) e depois a formulação para os perfis sem berma. Um exemplo desta aplicação é o perfil VC1 na Praia de Vale de Centeanes (Figura 4.4), onde se aplicou o modelo de Taborda & Ribeiro (2015) até ocorrer erosão total da berma e posteriormente, até 2100, a nova formulação. O desenvolvimento deste novo modelo tornou-se eficaz no estudo dos perfis de praia sem berma e onde ocorre erosão total da berma, podendo assim prever-se quais as suas alterações morfológicas provocadas pela subida do NMM.

5.2 – Pressupostos e limitações

Os pressupostos e a metodologia adaptados neste trabalho apresentaram, por vezes, algumas limitações.

A aplicação dos critérios de seleção das praias a estudar considera que cada praia tem um comportamento morfológico independente das praias adjacentes, considerando-se, assim, cada praia como um sistema fechado onde não há trocas sedimentares da praia com praias circundantes, considerando-se a evolução morfológica da arriba negligenciável (sem erosão ou recuo da arriba), o que pode não ser verdade à escala considerada (~100 anos) para arribas menos consolidadas. Na aplicação dos modelos que pretendem estudar o comportamento da praia com a subida do NMM considerou-se que o volume sedimentar se mantém constante alterando apenas a disposição do sedimento ao longo dos perfis 2D analisados em cada praia. Dois estudos realizados em praias encastradas na área de estudo concluíram que este pressuposto é válido. Loureiro *et al.* (2011) demonstrou que as trocas sazonais entre a praia submersa e a zona subaérea da praia afetam fundamentalmente a posição da linha de costa não afetando o volume sedimentar da praia a curto-termo, confirmando que estas praias genericamente mantêm o volume sedimentar, não havendo trocas elevadas com outras praias nem fornecimento sedimentar adicional a curto-termo. Por outro lado, Bezerra *et al.* (2011) no estudo sobre a influência da ação das ondas em arribas na costa Central do Algarve (entre a Praia da Galé e Olhos de Água) concluem que há um controlo morfológico na exposição das ondas ao longo desta costa, onde as baías apresentam ondas de baixa energia e os promontórios de elevada energia, demonstrando assim que as praias encastradas estão mais protegidas das ondas, podendo-se assumir que não são suscetíveis a um transporte de sedimento entre elas, confirmando assim mais um pressuposto dos modelos aplicados. Recentemente, num estudo efetuado, em praias no Hawaii (Romine *et al.*, 2016) conclui-se que numa região formada por várias praias encastradas, com promontórios acentuados, mas com plataforma arenosa e areia na zona submersa, a subida do NMM provocará erosão de sedimento acumulado em pequenas praias na região dos promontórios e a sua acumulação em praias na zona das baías. O transporte de sedimento verificado por Romine *et al.* (2016) demonstra que na secção das praias do seu estudo as praias não são independentes umas das outras, algo que não acontece em grande parte das praias da costa Sul do Algarve, confirmado por Bezerra *et al.* (2011).

Na análise dos perfis para identificação dos parâmetros morfológicos, como a largura e elevação da berma, o pendor da face de praia e da plataforma rochosa, podem surgir diferentes

interpretações dos perfis reais bem como da existência ou não de berma. Estas diferentes interpretações podem traduzir-se em pequenas variações dos parâmetros morfológicos analisados. Devido à possível variação na interpretação dos parâmetros morfológicos foram efetuados testes considerando limites ligeiramente diferentes onde foi possível verificar que os resultados (apesar de dependentes da interpretação morfológica) não são muitos diferentes em função dessa variação de limites.

Os modelos adaptados para o estudo da alteração da morfologia dos perfis (Secção 3.3.2 e 3.3.3) não têm em consideração o terraço de maré, mas é notório em alguns perfis a sua existência (por exemplo o perfil ML3 na Fig. 4.6 e o perfil Ev2 na Fig. 4.10-C), tendo-se considerado que estes não influenciavam a resposta final do perfil emerso à subida do NMM e que mantinham o seu volume constante migrando horizontalmente com o restante perfil (Figura 3.6 e 3.7). Desta forma, a evolução do terraço de maré é considerado do ponto de vista conceptual ainda que não usada para o cálculo da evolução da praia.

Na aplicação dos modelos, o modelo de Tabora & Ribeiro (2015) apresenta algumas limitações, como o facto da aplicação da equação para o cálculo do recuo da berma não incluir a inclinação da plataforma abrasão, assumindo que a mesma intersesta a arriba sempre ao NMM. Estas limitações têm influência no cálculo do volume sedimentar após se obter o recuo da berma, provocando alguns erros, mais acentuados quanto maior for a diferença vertical entre a interseção da plataforma com a arriba e o NMM, e quanto maior for o pendor da plataforma de abrasão. Os erros associados a estas limitações no cálculo do volume variam em média entre 3 a 6 % do volume inicial, consoante o Cenário A e B, respetivamente. Por exemplo no perfil Mrt2 na Praia da Mareta o volume inicial do perfil por metro linear calculado foi de 70 m³, e após se obter um recuo da berma de 7,2 e 12,2 m, de acordo com o Cenário A e B, o volume obtido foi de 67 e 66 m³, respetivamente, demonstrando uma diminuição do volume de 4 e 5%, respetivamente. Considerou-se, assim, que estas limitações não tinham grande influência nos resultados finais face ao rigor e suposições do método, tendo-se aplicado a equação em causa assumindo que a plataforma intersestava a arriba no NMM e sem qualquer inclinação.

Considerando os resultados obtidos em termos de evolução morfológica de perfis de praia sem berma, uma limitação do método desenvolvido é na obtenção de valores muito elevados de pendor de face de praia após a subida do NMM. Alguns dos valores, de pendor de face de praia obtidos estão acima do máximo pendor considerado expectável para área de estudo ($\tan \beta \sim 0,20$) de acordo com as condições típicas de agitação e sedimento nas praias encastradas da

costa Sul do Algarve. O valor de pendora de face de praia máximo naturalmente atingido, mantendo o perfil em equilíbrio é obtido de acordo com a formulação proposta por Sunamura (1984). De acordo com Sunamura (1984), num cenário com condições de agitação marítima próxima de tempestade ($H_s = 3$ m e $T_p = 12$ s) e com uma granulometria de 0,003 m (considerada média a fina) o pendora máximo atingido é de 0,20, e num cenário de agitação marítima normal ($H_s = 1$ m e $T_p = 12$ s) e com uma granulometria de 0,006 m (considerada média a grosseira) o pendora máximo atingido é de 0,21. Assim, tendo em conta a granulometria do sedimento e as condições de agitação marítima no Sul do Algarve, os perfis não possuiriam capacidade de ajustamento morfológico que inclua pendores superiores a 0,20. Dos perfis analisados é possível verificar que cinco perfis no Cenário A (Tabela 4.8) e dez no Cenário B (Tabela 4.10 e 4.11) apresentam pendores superiores a 0,20. Nestes casos é expectável que a face de praia não chegue a possuir os valores de pendora indicados pelo método, atingindo um máximo próximo dos 0,20. Nesse caso é provável que ocorra uma maior deposição de sedimento no perfil submerso do que no perfil emerso, levando a uma gradual submersão dessas praias em associação à subida do NMM.

Os perfis analisados foram obtidos entre os meses de Junho e Agosto de 2011 (meses de verão), tendo-se considerado esta data uma vez que é a única em que havia dados disponíveis para a totalidade das praias. A utilização de dados recolhidos nos meses de inverno iria obter resultados mais pessimistas e não é aconselhável analisar a capacidade balnear das praias na altura do ano em que as praias apresentam um perfil de inverno (menores larguras de berma e de praia, e pendora mais acentuado). Por esses motivos a utilização de dados recolhidos perto dos meses de verão, onde as praias apresentam um perfil de verão (maiores larguras de berma e de praia, e pendora menos acentuado), é mais aconselhável, além de que analisar a capacidade balnear das praias nos meses correspondentes à época balnear também é mais aconselhável.

Os cenários de subida do NMM usados no estudo não prevêm uma alteração no regime de agitação marítima a longo-termo. Diversos trabalhos sobre a agitação marítima na região (Dodet *et al.*, 2010; Almeida *et al.*, 2011; Plomaritis *et al.*, 2015) demonstraram que ao longo dos anos não há uma tendência de alteração do regime de agitação marítima, identificando apenas uma sazonalidade anual (verão vs inverno).

Neste trabalho considerou-se como área de ocupação balnear toda a área útil da praia (área emersa da praia) não se tendo considerado as faixas associadas à perigosidade de queda de arribas, que é considerada no POOC. Esta não inclusão da área de perigo na área de ocupação

balnear da praia pode levar a algumas diferenças entre a capacidade de utilização das praias aqui calculadas e as expressas pelo POOC em vigor.

5.3 – Evolução das praias prevista com a subida do NMM para 2100

Um dos objetivos deste trabalho foi estudar, em específico, como 2 tipos de morfologias de perfis de praia iriam evoluir morfologicamente com a subida do NMM até 2100 (perfil com berma e sem berma). Nos perfis com berma, de acordo com o modelo utilizado, assume-se que ocorre erosão da berma, provocando uma deslocação da face de praia para terra, com acomodação do sedimento na berma, verificando-se um aumento da elevação da berma (Figura 4.6). No caso de ocorrer erosão total da berma, prevê-se que a face de praia altere o pendore, tornando-se mais acentuado (Figura 4.4). Dos dois cenários de subida do NMM analisados foi possível verificar que com uma subida prevista de 0,98 m (Cenário B) ocorre um maior recuo quer da berma quer da face de praia (9,5 e 9,6 m, respetivamente) em relação ao recuo obtido no Cenário A (onde a subida prevista é 0,52 m). Este resultado era esperado, pois a subida prevista do NMM no Cenário B é quase o dobro do que no Cenário A. Neste mesmo cenário (Cenário B) verificou-se que há mais perfis onde ocorre erosão total da berma, sendo possível verificar, também, que em comparação com os perfis sem berma a face de praia apresenta um recuo médio maior (nos perfis onde ocorre erosão total da berma o recuo da face de praia é de 11,8 m e nos perfis sem berma o recuo é de 9,6 m), podendo ser explicado pelo facto da totalidade da largura da berma ter sido erodida e posteriormente a face de praia tornar-se mais inclinada, acentuando assim o recuo da face de praia.

Os valores de recuo da linha de costa (que neste estudo corresponde ao recuo da face de praia) apresentam valores semelhantes à diminuição da largura de praia, não estando de acordo com o verificado por Brunel & Sabatier (2007). Brunel & Sabatier (2007) assumiram um modelo de inundação devido à subida do NMM, onde concluíram que o recuo da linha de costa era superior à redução da largura da praia, o que não se conclui neste estudo. Por exemplo, no Cenário A, nos perfis sem berma, obteve-se um recuo médio da face de praia de 5,8 m (Tabela 4.6), este valor não variou muito da redução da largura média da praia nos mesmos perfis (uma redução de cerca de 5,2 m).

Quando se tenta comparar a largura da berma com o recuo da berma (Figura 4.14) é possível identificar dois grupos distintos, sendo esses grupos divididos por perfis com largura da berma superior ou inferior a 30 m em 2011. A divisão entre estes dois grupos pode ocorrer devido ao comprimento das praias em análise, onde em cada grupo as praias apresentam um comprimento

de praia superior ou inferior a 200 m. No grupo de perfis com uma largura de berma superior a 30 m a maioria das praias têm comprimentos superiores a 200 m, e quase todos os perfis (7 perfis) estão localizados entre o meio da praia e zona mais a oeste ou sul da praia, consoante a orientação da praia. Este grupo pode ser explicado devido aos perfis nesta localização apresentarem maiores volumes por metro linear do que os restantes, e por, na visualização destas praias, a posição da linha de costa estar deslocada mais no sentido do mar, evidenciando uma rotação das praias em estudo, tal como foi descrito por Loureiro *et al.* (2012). Nos perfis sem berma quando se comprara o pendora da face de praia e a largura da praia também se distinguem dois grupos (Figura 4.16), divididos por perfis com larguras superiores ou inferiores a 40 m, em 2011. Os perfis sem berma com largura superior a 40 m, em 2011, localizam-se na sua maioria na zona este ou norte da praia, consoante a orientação da mesma, e tendo em conta que o comprimento desta é superior a 200 m. A diferenciação destes grupos pode ser explicada como nos perfis com berma, tendo em conta o volume de sedimento por metro linear, e também com o facto dos perfis apresentarem maior largura de praia emersa do que de praia submersa.

Ao analisar-se a evolução morfológica de cada perfil em cada praia deve ter-se em conta as possíveis interações entre praias, entre praia emersa e submersa, bem como quais as possíveis limitações do método a utilizar em cada perfil. Deve-se, por isso analisar com cuidado todos os pressupostos utilizados neste estudo em cada região em particular, pois podem não ser válidos na sua totalidade, tendo nessa situação que se fazer uma adaptação do modelo ou dos pressupostos.

5.4 – Realimentação das praias, capacidade balnear e potencial económico

De acordo com o POOC, uma praia para ser considerada balnear tem de ser concessionada, sendo da responsabilidade da concessão os apoios de praia (como balneários ou posto de primeiros socorros), a contratação dos serviços do Instituto de Socorro a Náufragos, e a possibilidade de dispor de uma área com equipamentos de praia (como por exemplo espreguiçadeiras, toldos e serviço de restauração). A diminuição da largura da berma ou a sua erosão total pode pôr em causa a manutenção da área concessionada, pois esta pode ficar exposta à ação das ondas, podendo provocar destruição dos apoios, ou tornar-se economicamente menos viável.

Ferreira *et al.* (2008) mencionaram que com a subida do NMM as áreas costeiras em Portugal poderiam ser severamente afetadas socioeconomicamente caso não se proponha e implemente um plano de mitigação para os efeitos dessa subida, uma vez que a redução da área balnear das

praias pode provocar uma redução na capacidade de ocupação turística de cada praia. Neste trabalho prevê-se que ocorrerá uma redução na capacidade de ocupação turística em cada praia uma vez que haverá uma diminuição da capacidade balnear (Tabela 4.12). Estima-se uma perda de cerca de 2600 utentes diários num cenário mais positivo (Cenário A) e cerca de 4100 num cenário mais pessimista (Cenário B). Estes resultados estão de acordo com estudos efetuados em diferentes tipologias de praias, como por exemplo o estudo realizado nas Ilhas Gregas (Alenxandrakis *et al.*, 2015), onde se concluiu que diversas praias poderiam sofrer erosão devido à subida no NMM, diminuindo assim a capacidade balnear das mesmas. Esta diminuição da capacidade balnear das praias obtida no presente estudo já tinha sido prevista por diversos trabalhos realizados ao longo da costa portuguesa. Ferreira *et al.* (2008) previram que a subida do NMM levaria a uma redução da área de praia, tendo posteriormente Tabora *et al.* (2010) e Ferreira & Matias (2013) previsto que a subida do NMM, em áreas costeiras onde não é possível a migração da praia para terra, iria provocar uma redução da largura das praias.

A realimentação sedimentar das praias pode ter como objetivo aumentar a capacidade balnear das praias, diminuir a erosão marinha das arribas e, conseqüentemente, diminuir a exposição ao perigo de queda das mesmas (Teixeira, 1999). A realimentação proposta tem como objetivo minimizar os impactos para a economia e turismo local, mantendo as praias com a área e capacidade balnear atual. Estima-se que para manter estas condições sejam necessários cerca de 330 000 m³ ou 660 000 m³ de sedimento, o que corresponderá a um investimento de cerca de 2 ou 4 milhões de euros, consoante o cenário analisado (Cenário A e B, respetivamente). Atualmente algumas praias em estudo já sofreram realimentação em 2014 (ex. a Praia da Coelha, do Castelo, Cova Redonda, Praia Nova e de Benagil), tendo a sua largura aumentado relativamente à situação em 2011 quando foram obtidos os dados para o presente trabalho. Estas realimentações tiveram como objetivo além de aumentar a capacidade balnear das praias, diminuir a exposição dos utentes ao perigo de queda de arribas.

Os valores previstos da diminuição da capacidade balnear das praias podem ser considerados valores exagerados, pois não têm em conta que haja deslocação dos utentes para outras praias da região, nem uma possível preferência por atividades fora das praias (como por exemplo ir a parques aquáticos, centros comerciais, ou passar o dia nas piscinas do alojamento). Com a possibilidade de deslocação de utentes das praias para outras atividades, a quebra potencial na economia local prevista pode não atingir os valores calculados (cerca de 655 000 e 1 040 000 euros diários, consoante o Cenário A e B), uma vez que os utentes podem continuar a fazer turismo na região sem que utilizem as praias, gerando assim receitas para a economia local.

Contudo, apesar da possível deslocação de utentes, é de esperar que haja uma diminuição na procura do Barlavento Algarvio, uma vez que a principal atração turística da região são as praias arenosas e balneares. Assumindo que cerca de 50 % dos utentes que se estima perder nas praias, numa subida do NMM menos acentuada (Cenário A), têm a possibilidade de se deslocar para outras praias ou atrações turísticas, a potencial perda económica diária passaria a ser metade da prevista neste estudo (passaria a ser de 327 500 € diários). No caso de uma subida do NMM mais acentuada (Cenário B) assumindo que cerca de 2000 utentes, dos que se estimam perder, se desloquem diariamente para outras praias ou para outras atrações turísticas, a potencial perda económica diária seria de 500 000 € ao invés da potencial perda económica total de 1 M€ anteriormente prevista (Tabela 4.13). Contudo a realimentação das praias proposta é uma mais valia para a região, uma vez que os gastos previstos são facilmente recuperados através do turismo de praia, contribuindo assim para que o Barlavento Algarvio continue a ser uma região de turismo.

Quando se comparam os custos de realimentação de sedimento e perda de utentes, é de notar que o sector Oeste é aquele onde os custos de realimentação são superiores, em relação aos restantes sectores. Esta diferença pode ser explicada por este sector ser o que apresenta as praias com maiores comprimentos, apesar de ser o sector com menos praias em estudo, sendo também o sector onde a perda de utentes é mais acentuada. Contudo no sector Oeste pode haver uma minimização das potenciais perdas económicas, uma vez que neste sector existem diversas praias com diferentes tipologias ou que não se enquadravam nos critérios iniciais, podendo estas praias ser segunda opção para os utentes. Nos sectores Central e Este prevêem-se custos de realimentação semelhantes, indicando que as praias têm características semelhantes no que se refere a comprimentos das praias, sendo visível uma diferença de cerca de 200 utentes que se perdem. A diferença na possível perda de 200 utentes entre o sector Central e Este pode estar relacionada com as larguras de praia emersa nestes sectores, apresentando o sector Central maiores larguras de praia emersa. Os sectores Central e Este localizam-se na principal zona turística do Algarve, onde as praias encastradas estão em maior número do que praias com outras tipologias (por ex. Praia da Rocha, Alvor e Salgados) tornando-se de elevada importância a manutenção da capacidade balnear atual com a subida do NMM. Nestes dois sectores é mais difícil uma deslocação dos utentes para outras praias, pois pode significar uma deslocação diária dos utentes de vários quilómetros quer para praias do sector Oeste quer para o Sotavento algarvio, onde é possível encontrar praias com maior capacidade de acomodação dos utentes.

6. Conclusão

O objetivo principal deste estudo foi quantificar e analisar as alterações morfológicas provocadas pela subida do NMM prevista para 2100, em praias encastradas na costa Sul do Algarve. Nos perfis com berma adotou-se uma metodologia que causa uma redução da largura da berma ou até à sua erosão total, em praias mais estreitas. A abordagem desenvolvida para perfis sem berma induz uma alteração do declive da face de praia, tornando-se a praia mais inclinada com a subida do NMM, até se atingir um equilíbrio entre o perfil emerso e submerso. Por vezes, o novo pendor de face de praia pode exceder o valor que se atinge no meio natural, considerando-se nesses casos que o perfil, para que atinja o equilíbrio, possa ficar submerso na sua totalidade.

Da análise de 94 perfis 2D transversais à linha de costa, em 32 praias da costa sul do Algarve, é possível concluir-se que a subida do NMM vai provocar uma redução significativa da largura da berma e da face de praia, diminuindo assim a área de praia emersa. Para os perfis com berma, prevê-se que a berma recue em média entre 7,9 e 9,5 m, e nos perfis sem berma, que a face de praia recue em média entre 5,8 e 9,6 m, para subidas do NMM de 0,52 e 0,98 m, respetivamente. Concluiu-se que os recuos da berma e da face de praia previstos possam causar uma redução da área útil, de todas as praias, entre cerca de 39 000 e 62 200 m², para subidas do NMM de 0,52 e 0,98, respetivamente. É possível também identificar nos resultados obtidos que quanto mais acentuada for a subida do NMM maior será a redução da largura da berma e das praias.

A diminuição da largura da berma ou da face de praia irá provocar uma diminuição na capacidade balnear de cada praia. Estimou-se que no total das praias analisadas haja uma diminuição da capacidade balnear entre cerca de 2600 e 4100 utentes, para subidas do NMM de 0,52 e 0,98 m, respetivamente. Associado à perda de capacidade balnear das praias, estimou-se que as perdas económicas para a região possam variar entre 650 000 € e mais de 1 M€ diários. Com o objetivo de manter as praias quer com a largura atual quer com a capacidade balnear atual, após a subida prevista do NMM, propôs-se uma realimentação sedimentar das praias. Estima-se que sejam necessários entre 335 000 e 664 000 m³ de sedimento, para subidas do NMM de 0,52 e 0,98 m, ao que se associa um custo de 2 M€ e 4 M€, respetivamente.

A metodologia desenvolvida ao longo deste trabalho pode ser considerada inovadora pois, além de ser um estudo que envolve um grande conjunto de praias, analisa duas formas de perfis de praias com características diferentes (com berma e sem berma), tendo-se desenvolvido um novo modelo conceptual para praias sem berma. Além da componente científica este estudo

também procura estudar os efeitos económicos para a região em causa, propondo uma medida de mitigação dos potenciais impactos económicos para a região.

Em estudos futuros seria interessante testar o modelo desenvolvido em laboratório, de forma a se conseguir testar os pressupostos, bem como qual seria o pendor máximo atingido de acordo com diversas granulometrias. Seria também interessante testar e compreender a influência das diferentes granulometrias de sedimentos ao longo dos perfis na resposta morfológica dos perfis à subida do NMM, uma vez que é uma limitação encontrada nos modelos testados.

Referências

Alenxandrakis, G., Manasakis, C. & Kampanis, N., 2015. Valuating the effects of beach erosion to tourims reverve. A management perspective.. *Ocean & Coastal Management*, Volume 111, pp. 1-11.

Almeida, L., Ferreira, Ó., Vousdoukas, M. & Dodet, G., 2011. Historical variation and trens is storminess along the Portuguese South Coast. *Natural Hazards and Earth System Science*, Volume 11, pp. 2407-2417.

Anderson, T., Fletcher, C., Barbee, M., Frazer, L., & Romine, B., 2015. Doubling of coastal erosion under rising sea level by mid-century in Hawaii. *Nat. Hazards*, Volume 78, pp. 75-103.

Andrade, C., Pires, O., Silva, P., Taborda, R. & Freitas, M., 2006. 4 - Zonas Costeiras. Em: F. Santos & P. Miranda, edits. *Alterações Climáticas em Portugal Cenários, Impactos e Medidas de Adaptação - Projecto SIAM II*. Lisboa: Gravida, pp. 169-208.

Antunes, C., 2009. *Evolução do nível médio do mar em Cascais, análise dos dados do novo marégrafo*. Caldas da Rainha, Portugal, VI Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia, 7-8 de Maio.

Antunes, C., 2011. Monitoring sea-level changes at Cascais tide gauge. *Journal of Coastal Research*, Volume SI 64, pp. 870-874.

Antunes, C. & Taborda, R., 2009. Sea Level at Cascais Tide Gauge: Data, Analysis and Results. *Journal of Coastal Research*, Volume SI 56, pp. 218-222.

APA, 2015. *Agência Portuguesa do Ambiente*. [Online] Disponível em: www.apambiente.pt

Ashton, A., Walkden, M. & Dickson, M., 2011. Equilibrium response of cliffier coasts to change in the rate of sea-level rise. *Marine Geology*, Volume 284, pp. 217-229.

Bezerra, M., Moura, D., Ferreira, Ó. & Taborda, R., 2011. Influence of wave action and lithology on sea cliffs mass movements in Central Algarve coast, Portugal. *Journal of Coastal Research*, Volume 27, pp. 167-171.

Brunel, C. & Sabatier, F., 2007. Pocker Beach Vulnerability to Sea-evel Rise. *Journal of Coastal Research*, Volume SI 50, pp. 604-609.

- Bruun, P., 1962. Sea-level rise as a cause of shore erosion. *Journal of the Waterways and Harbors Division*, Volume 88, pp. 117-130.
- Brunn, P., 1987. Worldwide impact of sea level rise on shore stability. *The Dock & Harbour Authority*, pp. 99-104.
- Bruun, P., 1988. The Bruun Rule of erosion by sea-level: a discussion of large-scale two- and three-dimensional usages. *Journal of Coastal Research*, Volume 4, pp. 627-648.
- Cazanave, A. & Le Cozannet, G., 2014. Sea-level rise and its coastal impacts. *Earth's Future*, Volume 2, pp. 15-34.
- Cazenave, A. & Llovel, W., 2010. Contemporary sea-level rise. *Annu. Rev. Marine Sci.*, Volume 2, pp. 145-173.
- Church, J., Clark, P., Cazenave, A., Gregory, J., Jevrejeva, S., Levermann, A., Merrifield, M., Milne, G., Nerem, R., Nunn, P., Payne, A., Pfeffer, W., Stammer, D. & Unnikrishnan, A., 2013. 2013: Sea Level Change. Em: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Changes*. Cambridge University Press.
- Church, J., Monselean, D., Gregory, J. & Marzeion, B., 2013. Evaluation the ability to proceed based models to project sea-level change. *IOP Publishing*, Volume 8, p. 8.
- Cooper, J. & Pilkey, O., 2004. Sea-Level rise and shoreline retreat: time to abandon the Bruun Rule. *Global and Planetary Changes*, Volume 43, pp. 157-171.
- Costa, M., Silva, R. & Vitorino, J., 2001. Contribuição para o estudo do clima de agitação marítima na costa portuguesa. *Instituto Hidrográfico*, p. 20.
- Davidson-Arnott, R., 2005. Conceptual model of the effects of sea-level rise on sandy coast. *Journal of Coastal Research*, Volume 21-6, pp. 1166-1172.
- Dias, J., 1988. Aspectos geológicos do Litoral Algarvio. *Geonovas*, Volume vol. 10, pp. 113-128.
- Dias, J. & Taborda, R., 1988. Evolução recente do nível médio do mar em Portugal. *Anais do Instituto Hidrográfico* n. 8, pp. 83-97.
- Dias, J. & Taborda, R., 1992. Tidal gauge data in deducing secular trends of relative sea level and crustal movements in Portugal. *Journal of Coastal Research*, Volume 8, pp. 655-659.

- Dietz, R., 1963. Wave base, marine profile of equilibrium and wave-built terraces - a critical appraisal. *Geol. Soc. Am. Bull.*, Volume 74, pp. 971-990.
- Dodet, G., Bertin, X. & Taborda, R., 2010. Wave climate variability in the North-East Atlantic Océano over the last six decades. *Ocean Modelling*, Volume 31, pp. 120-131.
- El-Raey, M., Frihy, O., Nasr, S. & Dewidar, F., 1999. Vulnerability assessment of sea level rise over Port Said Governorate, Egypt. *Environmental Monitoring and Assessment*, Volume 56, pp. 113-128.
- Ferreira, Ó., Dias, J. & Taborda, R., 2008. Implication of Sea-Level Rise for Continental Portugal. *Journal of Coastal Research*, Volume 242, pp. 317-324.
- Ferreira, Ó., Garcia, T., Matias, A., Taborda, R., Dias, J.A., 2006. An integrated method for the determination of set-back lines for coastal erosion hazards on sandy shores. *Continental Shelf Research*, Volume 26, pp. 1030-1044.
- Ferreira, Ó. & Matias, A., 2013. Portugal. Em: *Coastal erosion and protection in Europe*. Routledge: p. 488.
- FitzGerald, D., Fenster, M., Argow, B. & Buynevich, I., 2008. Coastal impacts due to sea-level rise. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, Volume 36, pp. 601-647.
- Gornitz, V. & Lebedeff, S., 1987. Global sea level changes during the past century. Em: D. Nummedal, O. Pilkey & J. Howard, edits. *Sea level Fluctuation and Coastal Evolution*. Society for Economic Paleontologists and Mineralogists, pp. 3-16.
- Grupo de Trabalho do Litoral, 2014. *Gestão da Zona Costeira: O Desafio da Mudança*, p. 260
- Hands, E., 1983. The Great Lakes as a Test Model for Profile Responses to Sea Level Changes. Em: P. Komar, ed. *Handbook os Coastal Processes and Erosion*. Boca Raton, Florida: CRC Press, pp. 176-89.
- Hay, C., Morrow, E., Kopp, R. & Mitrovica, J., 2015. Probabilistic reanalysis of twentieth-century sea level rise. *Nature*, Volume 517, pp. 481-484.
- Horton, B. P., Rahmstorf, S., Engelhart, S. & Kemp, A., 2014. Expert assessment of sea-level rise by AD 2100 and AD 2300. *Quaternary Scienc Reviews*, Volume 84, pp. 1-6.
- Instituto Hidrográfico, 1990. Roteiro da Costa de Portugal. *Instituto Hidrográfico*, pp. 1-15.

- IPCC, 2007. Summary for policymakers I - Climate Change 2007: The Physical Basis.. Em: S. Solomon, et al. edits. *Fourth Assessment Report of Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom e New Yoir NY, USA: Cambridge Univerty Press.
- Le Cozannet, G., Garcin, M., Yates, M., Idier, D., Meyssignac, B., 2014. Approaches to evaluate the recent impacts of sea-level rise on shoreline changes. *Earth-Science Reviews*, Volume 138, pp. 47-60.
- Leatherman, S., 1991. Modeling shore response to sea-level rise on sedimentary coast. *Progress in Physical Geography*, Volume 14, pp. 447-467.
- Loureiro, C., 2012. *Geomorphology and Morphodynamics od Embayed Beaches in Contrasting Environments, Dissertação de Doutoramento*, Faro: Universidade do Algarve
- Loureiro, C., Ferreira, Ó. & Cooper, J., 2011. Morphologic change and morphodynamics at high-energy embayed beaches in southwertern Portugal. Em: *Proceeding of Coastal Sediments, Vol2*. Singapore: World Scientific Publishing, pp. 1375-1389.
- Loureiro, C., Ferreira, Ó. & Cooper, J., 2012. Geologically constrained morphological variability and boundary effects on embayed beaches. *Marine Geology*, Volume 329-331, pp. 1-15.
- Loureiro, C., Ferreira, Ó. & Cooper, J., 2013. Applicability of parametric beach mrphodynamic state classification on embayed beaches. *Marine Geology*, Volume 346, pp. 153-164.
- Manupella, G., 1992. Geological Map of the Algarve Region. Scale 1/100.000. *Serviços Geológicos de Portugal*.
- Marques, F., 1997. *As arribas do Litoral do Algarve - Dinâmica, processos e mecanismos. Dissertação de Doutoramento*. Lisboa: Universidade de Lisboa.
- Marques, F., 2009. Sea cliff instability hazard prevention and planning: examples of practice in Portugal. *Journal of Coastal Research*, Volume SI 56, pp. 856-860.
- Marques, F., Matildes, R. & Redweik, P., 2013. Sea cliff instability susceptibility at regional scale: a statistically based assessment in the southern Algarve, Portugal. *National Hazard Earth System Science*, Volume 13, pp. 3185-3203.

- Marques, F. M. S. F., Matildes, R. & Redweik, P., 2013. Sea cliff instability susceptibility at regional scale: a statistically based assessment in the southern Algarve, Portugal. *Natural Hazard Earth System Sciences*, Volume 13, pp. 3185-3205.
- Milne, G., 2014. 2. Sea Level. Em: G. Masselink & R. Gehrels, edits. *Coastal Environments & Global Changes*. John Wiley Sons, Ltd, pp. 28-51.
- Monioudi, I., Karditsa, A., Chatzipavlis, A., Alexandrakis, G., Andreadis, O., Velegrakis, A., Poulos, S., Ghionis, G., Petrakis, S., Sifnioti, D., Hasiotis, T., Lipakis, M., Kampanis, N., Karambas, T. & Marinos, E., 2014. Assessment to vulnerability of the eastern Cretan beaches (Greece) to sea-level rise. *Regional Environmental Changes*, p. 12.
- Moura, D., Albardeiro, L., Veiga-Pires, C., Boski, T. & Tigano, E., 2006. Morphological features and processes in the Central Algarve rocky coast (South Portugal). *Elsevier Science, Geomorphology*, Volume 81, pp. 345-360.
- Moura, D., Gabriel, S. & Jacob, J., 2011. Coastal morphology along the Central Algarve rocky coast: driver mechanisms. *Journal of Coastal Research*, Volume SI 64, pp. 790-794.
- Nicholls, R. & Cazenave, A., 2010. Sea-Level Rise and Its Impact on Coastal Zones. *Science*, Volume 328, pp. 1517-1520.
- Nunes, M., Ferreira, Ó., Schaefer, M., Clifton, Baily, B., Moura, D. & Loureiro, C., 2009. Hazard assessment in rock cliffs at Central Algarve (Portugal). *Ocean & Coastal Management*, Volume 52, pp. 506-515.
- Pilkey, O. & Cooper, J., 2004. Society and sea-level rise. *Science*, Volume 303, pp. 1781-1782.
- Plomaritis, T., Benavente, J., Laiz, I. & Del Rio, L., 2015. Variability in storm climate along the Gulf of Cadiz: the role of large scale atmospheric forcing and implications to coastal hazards. *Climate Dynamics*, Volume 45, pp. 2499-2514.
- Ranasinghe, R., Callaghan, D. & Stive, M., 2012. Estimating coastal recession due to sea level rise: beyond the Bruun rule. *Climatic Changes*, Volume 110, pp. 561-574.
- Roca, E., C. Villares, M., Fragell, R. & Junyent, R., 2008. A combined assessment of beach occupancy and public perceptions of beach quality: A case study in the Costa Brava, Spain. *Ocean & Coastal Management*, Volume 51, pp. 839-846.

- Rocha, R., Ramalho, M., Antunes, M. & Coelho, A., 1983. V.P.: Carta Geológica de Portugal na escal 1:50 000 e Noticia Explicativa da Folha 52-A, Portimão. *Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa*.
- Romine, B., Fletcher, C., Frazer, L. & Anderson, T., 2016. Beach erosion under rising sea-level modulated by coastal geomorphology and sediment availability on carbona reef-fringed island coasts. *Sedimentology*, Volume Accept Article.
- Schwartz, M., 1967. The Bruun theory of sea-level rise as a cause of shore erosion. *Journal of Geology*, Volume 75, pp. 76-92.
- Silva, M., Patrício, P., Mariano, A. & Valério, M., 2012. Obtenção de Dados LiDAR para as Zona Costeiras de Portugal Continental. *Actas das 2^{as} Jornadas de Engenharia Hidrográfica*, pp. 19-22
- Sunamura, T., 1984. Quantitative prediction of beach-face slopes. *Geological Society of America Bulletin*, Volume 95, pp. 242-245.
- Taborda, R. & Ribeiro, M., 2015. A simple model to estimate the impact of sea-level rise on platform beaches. *Geomorphology*, Volume 234, pp. 204-210.
- Teixeira, S., 1999. Alimentação artificial de praias do Algarve. *Cidades e Municípios, Temática: Por um Novo Litoral*, Volume 119, pp. 54-58.
- Teixeira, S., 2006. Slope mass movements on rocky sea-cliffs: A power-law distributed natural hazard on the Barlavento coast, Algarve, Portugal. *Continental Shelf Research*, Volume 26, pp. 1077-1091.
- Teixeira, S., 2014. Coastal hazards from slope mass movements: analysis and management approach on the Barlavento coast, Algarve, Portugal. *Ocean & Coastal Management*, Volume 102, pp. 285-293.
- Titus, J., 1986. Greenhouse Efect, Sea Level Rise, and Coastal Zone Management. *Coastal Zone Management Journal*, Volume 14, n.º 3, pp. 147-171.
- Trenhaile, A., 2004. Modeling the accumulation and dynamics of beahces on shore platforms. *Marine Geology*, Volume 206, pp. 55-72.
- Walkden, M. & Dickson, M., 2008. Equilibrium erosion of soft rock shores with a shallow or absent beach under increased sea-level rise. *Marine Geology*, Volume 251, pp. 75-84.

Williams, S., 2013. Sea-level rise implications for coastal regions. *Journal of Coastal Research*, Volume SI 63, pp. 184-196.

Young, A., Flick, R., O'Reilly, W., Chadwick, D., Crompton, W & Helly, J., 2014. Estimating cliff retreat in southern California considering sea-level rise using a sand balance approach. *Marine Geology*, Volume 348, pp. 15-26.

Anexos

Anexo I - Informação incluída no processo de pré-seleção das praias

Distrito	Praia	Tipo de encastramento	Coordenadas		Extensão de praia (m)		Largura de praia (m)	Estrutura antrópica	Presença de linhas de Águas	Realimentação	Plataforma Rochosa
			Longitude	Latitude	APA	Google					
Albufeira	Alemães	NE	-8.23791	37.08398	520				Pequenas/temporárias		
	Arrifes	BE	-8.27733	37.07595	150	97	20	X	Pequenas/temporárias	sim	
	Aveiros	BE	-8.23114	37.08353	80	82	24		Pequenas/temporárias		
	Belharucas	NE	-8.18341	37.09062	540				Pequenas/temporárias		
	Castelo	BE	-8.29855	37.07324		61	28			sim	X
	Coelha	BE	-8.29353	37.07363	120	120	34		Temporárias	sim	X
	Evaristo	E	-8.30317	37.07417	70	72	53		Pequenas/temporárias		
	Falésia Açoteias	NE	-8.16815	37.08589	250				Pequenas/temporárias		
	Falésia Alfamar	NE	-8.15912	37.08335	220				Pequenas/temporárias		
	Galé - Leste	E	-8.31566	37.08321	80	85	40		Pequenas/temporárias		
	Galé - Oeste	NE	-8.31801	37.08181	690	427			Pequenas/temporárias		
	Inatel - Albufeira	NE	-8.24325	37.08556	274			X	Temporárias	sim	
	Manuel Lourenço	BE	-8.30924	37.07646	150	147	28		Pequenas/temporárias		
	Maria Luísa	E	-8.20188	37.08932	290	271	27		Ribeira Santa Eulália		
	Olhos de Água	E	-8.19052	37.08964	250	327	47		Pequenas/temporárias		
	Oura	E	-8.22545	37.08602	280	280	30		Pequenas/temporárias		
	Oura - Leste	E	-8.22270	37.08534	220	78	40		Pequenas/temporárias		
	Peneco	E	-8.25349	37.08621	330	337	73		Ribeira Albufeira	sim	
	Pescadores	E	-8.24985	37.08622	120	265	109		Ribeira albufeira	sim	
	Rocha Baixinha	NE	-8.14249	37.07831					Pequenas/temporárias		
Rocha Baixinha - nascente	NE	-8.14249	37.07831					Pequenas/temporárias			
Rocha Baixinha - Poente	NE	-8.14249	37.07831					Pequenas/temporárias			
Salgados	NE	-8.32860	37.08829	250				Ribeira Espiche e Vale Rabelhe			
Santa Eulália	E	37.08805	-8.21347	340	483	28 38		Ribeira Santa Eulália			
São Rafael	E	-8.28045	37.07474	160	212	46		Pequenas/temporárias			
Amado	E	-8.90448	37.16490		720	152				X	
Amoreira - Mar	NE							Ribeira de Aljezur			
Arrifana	BE	-8.86559	37.29233	350	699	64		Pequenas/temporárias			
Bordeira	NE	-8.90294	37.19832								
Monte Clérigo	NE	-8.85282	37.34205	350	541	165		Ribeira/barranco Monte Clérigo		X	
Odeceixe - Mar	E	-8.79818	37.44261	330				Ribeira de Seixe			
Vale dos Homens	BE	-8.82410	37.38489	500	513	75		Temporárias		X	
Vale Figueiras	NE	-8.86626	37.25208	500				Temporárias			

APA, Agência Portuguesa para o Ambiente; NE - não encastrada; E - encastrada; BE - bem encastrada; X - presente.

Anexo I - Informação incluída no processo de pré-seleção das praias (continuação)

Distrito	Praia	Tipo de encastramento	Coordenadas		Extensão de praia (m)		Largura de praia (m)	Estrutura antrópica	Presença de linhas de Águas	Realimentação	Plataforma Rochosa
			Longitude	Latitude	APA	Google					
Castro Marim	Alagoa - Altura	NE	-7.49756	37.16900							
	Cabeço	NE									
	Praia Verde	NE									
	Ilha do Farol - Mar	NE									
Lagoa	Benagil	BE	-8.43166	37.08657	40	76	47		Ribeira/barranco Vale Del-Rei		X
	Caneiros	E	-8.51400	37.10486	150	148	35		Pequenas/temporárias		X
	Carvalho	BE	-8.43158	37.08657	15	61	47		Pequenas/temporárias		X
	Carvoeiro	BE	-8.47227	37.09617	50	105	67	X	Ribeira/barranco do Carvoeiro		
	Cova Redonda	BE	-8.38080	37.09864	50	207	32		Pequenas/temporárias		X
	Ferragudo	Não é exposta ao mar	-8.52182	37.11728	280				Rio Arade		
	Marinha	E	-8.41264	37.08986	240	206	39 22 38		Pequenas/temporárias		X
	Pintadinho	E	-8.51857	37.10773				X	Rio Arade		
	Senhora da Rocha	BE	-8.38752	37.09633	50	81	18		Pequenas/temporárias		X
	Vale Centeanes	BE	-8.45560	37.09122	300	235	26	X	Pequenas/temporárias		X
Vale do Olival	NE										
Lagos	Batata	E	-8.66799	37.09782				X			
	Camilo	BE	-8.66846	37.08730	60	54	8				X
	D. Ana	E	-8.66900	37.09160	224	172	19		Pequenas/temporárias		X
	Luz	NE	-8.72638	37.08635	304			X	Ribeira da luz		
	Meia Praia	NE	-8.64484	37.11665							
	Porto de Mós	E	-8.68868	37.08520	350				Barranco Porto de Mós		
Loulé	Almargem	NE	-8.08302	37.05842							
	Ancão	NE	-8.03266	37.02899							
	Forte Novo	NE	-8.08901	37.06164							
	Garrão - Nascente	NE	-8.05067	37.03976							
	Garrão - Poente	NE	-8.05636	37.04324							
	Loulé Velho	NE	-8.07734	37.05533							
	Quarteira	NE	-8.09999	37.06535							
	Quinta do Lago	NE	-8.02558	37.02512							
	Vale do Lobo	NE	-8.06471	37.04796							
	Vilamoura	NE	-8.11630	37.07117							
Olhão	Armona - Mar	NE	-7.79384	37.01399							
	Armona - Ria	NE	-7.80635	37.02336							
	Fuseta - Mar	NE	-7.74434	37.04229							
	Fuseta - Ria	NE	-7.74213	37.05074							

NE - não encastrada; E - encastrada; BE - bem encastrada; X - presente.

Anexo I – Informação incluída no processo de pré-seleção das praias (continuação)

Distrito	Praia	Tipo de encastramento	Coordenadas		Extensão de praia (m)		Largura de praia (m)	Estrutura antrópica	Presença de linhas de Águas	Realimentação	Plataforma Rochosa
			Longitude	Latitude	APA	Google					
Portimão	Alvor - Nascente	NE	-8.58600	37.11997							
	Alvor - poente	NE	-8.59645	37.12262							
	Barranco das Canas	BE	-8.56406	37.11968	100	326	39			Pequenas/temporárias	
	Carianos	BE	-8.55475	37.11901	210	119	35				
	Marina de Portimão	NE	-8.52807	37.11511				X			
	Prainha	E	-8.57825	37.11804	10	102	19				
	Rocha	NE	-8.53463	37.11622				X			
	Três castelos	E	-8.54637	37.11751	245	643	43			Pequenas/temporárias	
	Vau	E	-8.55878	37.11991		332					
Silves	Armação de Pêra	NE	-8.36603	37.10146				X		Ribeira Vale do Olival	
	Armação de Pêra Nascente	NE	-8.35697	37.09981						Ribeira Alcantarilha	
	Praia Grande - Nascente	NE	-8.33784	37.09264							
	Praia Grande - Poente	NE	-8.34761	37.09717							
Tavira	Barril	NE	-7.66190	37.08604							
	Cabanas - Mar	NE	-7.58918	37.13405							
	Ilha de Tavira - Mar	NE	-7.61981	37.11098							
	Terra Estreita	NE	-7.64123	37.09754							
Vila do Bispo	Almádena - Cabanas Velhas	NE	-8.79521	37.06548							
	Beliche	BE	-8.96492	37.02547	40	394	125			Pequenas/temporárias	
	Boca do Rio	NE	-8.80887	37.06615							
	Burgau	NE	-8.77460	37.07178				X			
	Castelejo	E	-8.94608	37.10014	330	587	159			Ribeira/barranco do Candeeiro	
	Cordoama	NE	-8.93704	37.10910							
	Furnas	NE	-8.85451	37.05485							
	Ingrina	E	-8.87905	37.04639							
	Mareta	BE	-8.93802	37.00544	140	733	64			Pequenas/temporárias	
	Martinhal	NE	-8.92581	37.01919							
	Salema	NE	-8.82492	37.06487							
	Tonel	BE	-8.79215	37.55872	250	117	55			Pequenas/temporárias	
Zavial	E	-8.87000	37.04593								
Vila Real de Santo António	Fábrica - Mar	NE	-7.55217	37.14964							
	Lota	NE	-7.51078	37.15665							
	Manta Rota	NE	-7.52853	37.16300							
	Monte Gordo	NE	-7.44664	37.17682							
Santo António	NE	-7.42260	37.34080								

NE - não encastrada; E - encastrada; BE - bem encastrada; X - presente.

Anexo II – Informação recolhida na visita às praias em março de 2015

Praia	Encastramento	Coordenadas		Alimentação Artificial	Alimentação Natural	Estruturas Artificiais	Transporte Longilitoral	Plataforma	Outros
Olhos de água	Encastrada	-8.190516	37.089642	Não	Ribeira artificializada	Paredão e rampa de barcos	Pode haver algum transporte lateral	Visível	
Maria Luísa	Proteção a oeste	-8.201876	37.089322	Não	Ribeira com sedimento	Não	Transporte para Este	Visível	Na zona da ribeira a praia pode migrar para dentro, sendo esta zona considerada aberta. Na generalidade considerada como tipologia que queremos
Santa Eulália	Encastrada	-8.213466	37.088051	Não	Ribeira tapada, as escadas servem de barreira. Ligação não permanente	Sim	Não	Visível	Recuperação de areia pela zona submersa; trocas por contacto da plataforma a este
Oura - leste	Encastrada	-8.222700	37.085340	Não	Não	Restaurante	Troca de sedimentos a este e oeste	Visível	A praia da oura-Leste em maré baixa tem muita areia. Vamos considerar a praia da Oura-Leste a a praia da Oura uma só praia
Oura	Encastrada	-8.225453	37.086024	Não	Não	Restaurante e escadas	Perde a este	Visível	
Aveiros	Bem encastrada	-8.231140	37.083530	Não	Não	Restaurante	Não	Não muito visível	
Peneco/Pescadores	Encastrada	-8.253491	37.086212						Não entra em consideração
Arrifes	Bem encastrada	-8.277330	37.075950	Não	Não	Restaurante	Não	Camadas verticais	Pode ficar uma rampa só exposta em maré vazia
São Rafael	Encastrada	-8.280451	37.074740	Não	Ribeira parcialmente interrompida	Restaurante	Não	Visível	Alimentação pelas derrocadas das arribas
Coelha	Bem encastrada	-8.293530	37.073630	Em 2014	Ribeira tapada	Restaurante	Agora sim, em 2011 não	Tapada com areia	
Castelo	Bem encastrada	-8.298550	37.073239	Em 2014	Não	Restaurante	Não	Não visível atualmente, em 2011 estava visível	
Evaristo	Encastrada	-8.303170	37.074170	Não	Ribeira não chega a praia, escadas servem de barreira	Restaurante	Não	Visível	Plataforma ou agregados de blocos
Manuel Lourenço	Bem encastrada	-8.309237	37.076458	Não	Não	Restaurante	Não	Visível	Dificuldade em definir onde é a berma
Galé - leste	Encastrada	-8.315660	37.083210						Não entra em consideração
Vale do Olival	Não encastrada	-8.370336	37.101763						Não entra em consideração
Cova Redonda	Bem encastrada	-8.380798	37.098643	Em 2014	Não	Não	Não	Visível	
Senhora da Rocha	Bem encastrada	-8.385879	37.097220	Não	Não	Não	Não	Visível	

Anexo II - Informação recolhida na visita às praias em março de 2015 (Continuação)

Praia	Encastramento	Coordenadas		Alimentação Artificial	Alimentação Natural	Estruturas Artificiais	Transporte Longilitoral	Plataforma	Outros
Praia Nova	Bem encastrada	-8.387518	37.096334	Em 2014	Não	Não	Não	Visível	
Marinha	Encastrada	-8.412640	37.089861	Não	Não	Não	Não	Visível	
Carvalho	Bem encastrada	-8.431580	37.086570	Não	Não	Não	Não	Visível	
Benagil	Bem encastrada	-8.431664	37.086565	Em 2014	Não	Acesso de barcos	Não	Visível	
Vale Centeanes	Bem encastrada	-8.455600	37.091220	Não	Não	Não	Não	Visível	
Carvoeiro	Bem encastrada	-8.472270	37.096170	Sim	Não	Sim casas	Não	Visível	Realimentada, mais em altura do que em comprimento
Caneiros	Encastrada	-8.514000	37.104860	Não	Não	Não	Não	Visível	
Pintadinho	Encastrada	-8.518571	37.107728	Não	Ribeira pequena	Restaurante	Não	Mais ou menos visível	Vale encaixado, em principio entra
Três Castelos	Encastrada	-8.546374	37.117507	Em 1996	Não	Não	Não	Mais afastada	Aplicação da formula pode ser complicada devido à largura da praia ser elevada a Este
Carianos	Bem encastrada	-8.554747	37.119010	Em 1996	Não	Não	Não	Visível	Tem largura similar, sistema não é estanque de umas praias para as outras. Considerar de forma individual ou o sistema todo com vários perfis?! Zona onde se nota maior realimentação é a zona a este dos 3 castelos, onde o sedimento esta retido.
Vau	Não encastrada	-8.558783	37.119906	Em 1996	Não	Alguma proteção de casas e restaurante	Não	Visível	
Barranco das Canas	Bem encastrada	-8.564060	37.119675	Em 1996	Não	Não	Não	Visível	
Prainha	Encastrada	-8.578250	37.118040	Não	Não	Não	Sim a oeste	Não visível	Não vamos considerar pq há sedimento a vir de oeste
Batata	Encastrada	-8.667989	37.097823	Possivelmente	Não	Paredão	Não	Visível	Se teve areia foi da drenagem do canal, nos levantes a água chega a paredão
Camilo	Bem encastrada	-8.668463	37.087296	Não	Não	Não	Não	Visível	Atualmente tem mais areia, transferência offshore
D. Ana	Encastrada	-8.669000	37.091600	Não	Não	Restaurante	Não	Não completa, mas visível	Praia perigosa
Porto de Mós	Encastrada	-8.688680	37.085200	Não	Não	Tem paredões	Não	Não visível	Rochas na base é que fazem os limites
Luz	Encastrada	-8.726380	37.086350	Não	Não	Paredão	Não	Só a este	Zona este da plataforma não muito horizontal, zona central sem plataforma
Burgau	Encastrada	-8.774600	37.071782	Não	Não	Paredão e arriba	Não	Não visível	Difícil de assumir o nível base
Almádena - Cabanas Velhas	Encastrada	-8.795210	37.065480	Não	Não	Não	Pouco para oeste	Não visível	Parada pelos blocos Levantamentos Carlos

Anexo II - Informação recolhida na visita às praias em março de 2015 (continuação)

Praia	Encastramento	Coordenadas		Alimentação Artificial	Alimentação Natural	Estruturas Artificiais	Transporte Longilitoral	Plataforma	Outros
Zavial	Encastrada	-8.869999	37.045931						Praia entra como a boca do rio, não conta para o estudo
Ingrina	Encastrada	-8.879051	37.046393	Não	Não	Estrutura de proteção	Não	Calhaus semelhantes aos visíveis	
Mareta	Bem encastrada	-8.938021	37.005439	Não	Não	2 restaurantes	Não	Não visível	
Beliche	Bem encastrada	-8.964923	37.025472	Não	Não	Não	Não	Não visível	
Tonel	Bem encastrada	-8.948633	37.006910	Não	Não	Não	Não	Não visível	Sem areia seca; virada a SW