

Universidade Nova de Lisboa
Faculdade de Ciências e Tecnologia

**Distribuição de Alcatraz (*Morus bassanus*) na costa continental
portuguesa e sua relação com variáveis ambientais**

Por:
Ana Isabel Gaspar Meirinho

Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova
de Lisboa para obtenção do Grau de Mestre em Ecologia, Gestão e Modelação dos
Recursos Marinhos

Orientadora Científica:
Ana Bio

Lisboa
2009

Agradecimentos

A realização deste estudo apenas foi possível com a colaboração de várias entidades e instituições, nomeadamente:

O projecto LIFE IBAs Marinhas, desenvolvido na Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves, no qual me foi permitido desenvolver a tese de mestrado aqui apresentada;

O IPIMAR, que cedeu a informação sobre variáveis ambientais recolhidas através dos navios de Investigação Capricórnio e Noruega;

As diversas fontes de dados ambientais que produzem e distribuem informação: o Instituto Hidrográfico pela cedência de dados de batimetria; a NASA pelos dados de SST e Clorofila *a* e o IFREMER pelos dados de intensidade do vento.

No entanto, diversas pessoas foram fundamentais para a concretização deste trabalho a quem agradeço profundamente:

À Doutora Ana Bio (CIIMAR) por ter aceite a orientação desta tese e ter acompanhado o seu desenvolvimento com muita dedicação, motivação e amizade;

À Doutora Maria Manuel Angélico (IPIMAR) por ter ajudado na orientação desta tese, facultado dados ambientais do IPIMAR e principalmente pela dedicação demonstrada;

Ao Doutor João Gomes Ferreira (FCT-UNL), coordenador do mestrado;

Aos meus colegas Pedro Geraldes, Iván Ramírez, Vítor Paiva e Patrícia Amorim pelos seus mais diversos esclarecimentos que em muito vieram melhorar este trabalho e companheirismo que fez com que estes meses fossem mais fáceis de ultrapassar;

Aos diversos colegas da SPEA e do IPIMAR pelo apoio, amizade e sobretudo pela sua enorme boa disposição e a todos os meus Amigos que me acompanham ao longo destes anos;

À minha família e ao Sandro que me têm apoiado incondicionalmente com todo o seu amor.

Resumo

Este estudo, como parte integrante do Projecto LIFE IBAs Marinhas, que pretende definir Áreas Importantes para Aves marinhas (IBA – *Important Bird Areas*), teve como principal objectivo determinar a distribuição de Alcatraz, *Morus bassanus*, na costa continental portuguesa através da sua relação com parâmetros ambientais e topográficos. O estudo foi realizado ao longo de três campanhas de observação de aves marinhas, em navios de investigação do IPIMAR, durante os meses de Fevereiro, Abril e Novembro de 2005. Os censos visuais de aves seguiram a metodologia de observação padrão utilizada pelo Grupo de Observação de Aves Marinhas na Europa - *European Seabirds at Sea* (ESAS). A densidade de Alcatraz foi modelada em função de diversas variáveis preditivas através de regressão múltipla, usando Modelos Generalizados Lineares (GLM). Utilizou-se também a combinação de estimativas de regressão com estimativas geostatísticas (obtidas por *krigagem*) dos resíduos dos modelos de regressão, adicionando informação espacial. Como principais resultados constatou-se que as densidades de Alcatraz variam espacialmente, por mês e na sua relação com as variáveis ambientais consideradas nos modelos. Foi notória a existência de uma faixa/corredor nos resultados obtidos para as campanhas de Fevereiro e Novembro, que agregam aves de passagem, em migração para a costa africana, e aves invernantes. Os modelos obtidos para os meses de Fevereiro e Novembro explicam em média cerca de 20% da distribuição de Alcatraz na costa continental portuguesa, sendo que as variáveis mais significativas foram a clorofila *a*, seguida pela distância à costa e temperatura da água do mar, respectivamente, para os meses de Fevereiro e Novembro. Os modelos efectuados para o mês de Abril não foram muito explicativos nem conclusivos, indicando a salinidade, intensidade do vento, batimetria e temperatura da água do mar como variáveis significativas. Isto poderá ser devido a esta campanha reflectir o início da época de nidificação desta espécie no Norte da Europa, em que poucas aves ainda se encontram em águas portuguesas. Sugere-se a obtenção de mais variáveis relevantes para uma melhor modelação da distribuição de Alcatraz, tal como informação sobre a disponibilidade de alimento. Para além das variáveis ambientais e topográficas também deverão ser tidos em conta factores tais como a ecologia e comportamento da espécie.

Abstract

Being an integrating part of the Marine IBAs LIFE Project, which seeks to define Important Bird Areas (IBA) for Seabirds, the main objective of this study was to determine the distribution of the Northern Gannett, *Morus bassanus*, in Portuguese continental waters, considering environmental and topographic variables. During three IPIMAR boat surveys, in February, April and November of 2005, visual censuses of seabirds took place using the European Seabirds at Sea (ESAS) Group methodology. The spatial distribution of the species was analysed and statistically modelled through generalized linear models (GLM) to get a better understanding of the variables that influence bird distribution. To use as much as possible of the information available, model predictions were combined with estimates of the regression residuals, obtained using geostatistical methods. Results revealed that bird densities varied spatially and in time, as well as in their relationship with environmental variables. In February and November a migratory corridor from the North of Portugal to Northern Africa was evident. For these months, the GLM explain about 20% of the variance observed for the Northern Gannett distribution. Chlorophyll, distance to coast and sea surface temperature were the most significant predictive variables. April GLM were less conclusive. They indicate as significant variables salinity, wind, bathymetry and sea surface temperature. These results could be due to the fact that northern gannets are largely absent from Portuguese waters during that period, to attend North European colonies for the nesting season. Future studies should consider more relevant variables, taking into account not only environmental and topographic variables but also the ecology and behaviour of the species.

Índice

1. Introdução	9
1.1 As aves marinhas e sua importância	9
1.2 Importância das variáveis ambientais para as aves marinhas	9
1.3 IBAs marinhas	10
1.4 Alcatraz	12
1.4.1 Morfologia	12
1.4.2 Distribuição	13
1.4.3 Migração	15
1.5 Objectivos	19
2. Material e métodos	20
2.1 Área de estudo	20
2.2 Informação ambiental	21
2.2.1 Variáveis ambientais <i>in situ</i>	21
2.2.2 Variáveis ambientais – detecção remota	22
2.3 Informação topográfica	23
2.4 Informação biológica	23
2.4.1 Censos visuais	23
2.4.1.1 Metodologia (ESAS)	24
2.4.1.2 Erros inerentes à metodologia (ESAS)	26
2.4.2 Densidades de Alcatraz	27
2.5 Sistema de Informação Geográfica	27
2.6 Modelização empírica	30
2.6.1 Modelos Lineares Generalizados com todas as variáveis – GLM1	30
2.6.2 Modelos Lineares Generalizados com variáveis de detecção remota e topografia – GLM2	32
2.6.3 Correlação espacial a partir de GLM 2	32
3. Resultados	34
3.1 Variáveis ambientais <i>in situ</i>	34
3.2 Variáveis ambientais – detecção remota	37
3.3 Censos visuais	40
3.3.1 Densidade de Alcatraz	42
3.3.2 Modelos empíricos considerando todas as variáveis disponíveis – GLM 1	45
3.3.3 Modelos empíricos considerando variáveis de detecção remota e topografia – GLM2	49
3.3.4 Correlação espacial a partir de GLM2	56
4. Discussão	59
5. Conclusões finais	68
6. Bibliografia	69
Anexos	72

Índice de Figuras

Figura 1.1 – Alcatraz em voo.	12
Figura 1.2 – Colónias de Alcatraz no Atlântico Nordeste.	14
Figura 1.3 – Números absolutos de Alcatraz em algumas colónias de nidificação de Alcatraz por ano, expresso em número de pares ou AOS (ninhos aparentemente ocupados).	15
Figura 1.4 – Rotas gerais de migração de juvenis de Alcatraz, com especial destaque para Norte da Europa.	17
Figura 2.1 – Delimitação da área de estudo; limites extremos: latitude 35.50º a 42.20º Norte e longitude 5.55º a 10.25º Oeste.	20
Figura 2.2 – Bandas de detecção das aves a partir da embarcação. A seta azul identifica a embarcação e o seu rumo. A banda máxima de detecção é de 300 metros.	25
Figura 2.3 – Grelhas de pontos utilizadas.	28
Figura 3.1 – Valores de temperatura da água do mar (I_TEMP) recolhidos <i>in situ</i> pelo NI do IPIMAR, a 3 metros de profundidade, em Fevereiro, Abril e Novembro de 2005.	34
Figura 3.2 – Valores de salinidade (I_SAL) recolhidos <i>in situ</i> pelo NI do IPIMAR, a 3 metros de profundidade, em Fevereiro, Abril e Novembro de 2005.	35
Figura 3.3 – Valores de fluorescência (I_FLUOR) recolhidos <i>in situ</i> pelo NI do IPIMAR, a 3 metros de profundidade, em Fevereiro, Abril e Novembro de 2005.	36
Figura 3.4 – Médias mensais da Temperatura Superficial da Água do Mar (SST), para os meses de Fevereiro, Abril e Novembro de 2005.	37
Figura 3.5 – Médias mensais de Clorofila a (CHL), para os meses de Fevereiro, Abril e Novembro de 2005.	38
Figura 3.6 – Médias mensais de Intensidade do vento (WIND), para os meses de Fevereiro, Abril e Novembro de 2005.	39
Figura 3.7 – Números de aves e cetáceos identificados das espécies/classes mais representativas durante as três campanhas do IPIMAR, em 2005.	42
Figura 3.8 – Frequência de densidade de Alcatraz observadas para as três campanhas do IPIMAR, em 2005.	43
Figura 3.9 – Distribuição e densidades de Alcatraz observados durante as três campanhas.	44
Figura 3.10 – Distribuição das densidades observadas e previstas pelo modelo GLM 1 de Alcatraz, para Fevereiro de 2005, na costa continental portuguesa e erro padrão (SE) do modelo.	46
Figura 3.11 – Distribuição das densidades observadas e previstas pelo modelo GLM 1 de Alcatraz, para Abril de 2005, na costa continental portuguesa e erro padrão (SE) do modelo.	47
Figura 3.12 – Distribuição das densidades observadas e previstas pelo modelo GLM 1 de Alcatraz, para Novembro de 2005, na costa continental portuguesa e erro padrão (SE) do modelo.	48

Figura 3.13 – Distribuição das densidades observadas e previstas pelo modelo GLM 2 de Alcatraz, para Fevereiro de 2005, na costa continental portuguesa e erro padrão (SE) do modelo.	50
Figura 3.14 – Previsão da distribuição de densidade de Alcatraz obtida pelo modelo GLM 2, para Fevereiro de 2005, na costa continental portuguesa e erro padrão (SE) do modelo.	51
Figura 3.15 – Distribuição das densidades observadas e previstas pelo modelo GLM 2 de Alcatraz, para Abril de 2005, na costa continental portuguesa e erro padrão (SE) do modelo.	52
Figura 3.16 – Previsão da distribuição de densidade de Alcatraz obtida pelo modelo GLM 2, para Abril de 2005, na costa continental portuguesa e erro padrão (SE) do modelo.	53
Figura 3.17 – Distribuição das densidades observadas e previstas pelo modelo GLM 2 de Alcatraz, para Novembro de 2005, na costa continental portuguesa e erro padrão (SE) do modelo.	54
Figura 3.18 – Previsão da distribuição de densidade de Alcatraz obtida pelo modelo GLM 2, para Novembro de 2005, na costa continental portuguesa e erro padrão (SE) do modelo.	55
Figura 3.19 – Variogramas de resíduos estandarizados dos modelos GLM 2 para Fevereiro, Abril e Novembro 2005.	56
Figura 3.20 – Previsão da distribuição de densidade de Alcatraz obtida pelo modelo GLM 2 e <i>block kriging</i> , para Novembro de 2005, na costa continental portuguesa e erro padrão (SE) do GLM 2 e <i>block kriging</i> .	57
Figura 3.21 – Densidades de Alcatraz previstas e observadas em Novembro de 2005, na costa continental portuguesa.	58

Índice de Quadros

Quadro 1.1 – Colónias de Alcatraz <i>Morus bassanus</i> a nível mundial.	13
Quadro 1.2 – Principais características ecológicas de Alcatraz, <i>Morus bassanus</i> .	18
Quadro 2.1 – Resumo da informação ambiental e topográfica incluída neste estudo.	21
Quadro 2.2 – Descrição das Grelhas 1 e 2 e das variáveis disponíveis para cada grelha.	29
Quadro 2.3 – Variáveis utilizadas nos modelos GLM 1.	31
Quadro 2.4 – Variáveis utilizadas nos modelos GLM 2.	32
Quadro 3.1 – Sumário das campanhas efectuadas a bordo dos navios de investigação do IPIMAR, em 2005.	41
Quadro 3.2 – Quadro resumo dos três modelos finais GLM 1 para distribuição de Alcatraz.	45
Quadro 3.3 – Quadro resumo dos três modelos finais GLM 2 para distribuição de Alcatraz.	49

1. Introdução

1.1 As aves marinhas e a sua importância

As aves marinhas são um dos grupos de aves mais ameaçados a nível mundial! Na Europa, mais de sessenta espécies de aves marinhas estão ameaçadas e algumas, como a Pardela-baleiar, *Puffinus mauretanicus*, ou a Freira da Madeira, *Pterodroma madeira*, encontram-se em vias de extinção. Até ao momento, a protecção destas aves restringiu-se a medidas mitigadoras das ameaças apenas para as suas colónias de nidificação. A maioria dos países europeus implementou a Directiva Aves (79/409/EEC), que permite uma protecção aceitável nas suas colónias, através da criação de Zonas de Protecção Especial (ZPE). No entanto, verificam-se cada vez mais ameaças para estas aves no mar, devido às dificuldades em conhecer o seu comportamento e localização exacta. Torna-se cada vez mais urgente e importante que os estudos sobre aves marinhas devam ser estendidos para além das colónias de nidificação (Tasker *et al.*, 1984) e incidir também em áreas de alimentação e repouso.

As aves marinhas, como animais extremamente móveis, percorrem grandes distâncias durante as migrações ou na procura de alimento, e são afectadas por diversos factores, seja por sobre-exploração pesqueira, pelas rotas de tráfego marítimo, ou pela construção de infra-estruturas como portos ou pontes, ou no caso de alguns países europeus, colocação de aerogeradores no meio marinho. A própria actividade pesqueira pode ser prejudicial, causando mortalidade directa, consoante os métodos de pesca usados (Figura no anexo I).

As aves marinhas desempenham um papel importante nos ecossistemas marinhos, indiciando flutuações nos stocks de pescas e/ou contaminações no meio marinho. Diversos estudos salientam a importância que as aves marinhas têm, enquanto predadores de topo, ao interagirem com alterações em níveis mais baixos da cadeia alimentar trófica marinha (Cairns, 1992; Furness & Camphuysen, 1997; Haney & McGillivray, 1985; Tasker *et al.*, 1984,).

As áreas importantes para as aves coincidem muitas vezes com zonas ricas em nutrientes, bancos de areia, foz de rios ou bancos de pesca e, frequentemente, coincidem também com importantes zonas de concentração de outros animais, como, invertebrados, peixes, tartarugas e cetáceos. Tipicamente a vida marinha concentra-se nestas áreas mais ricas, muitas vezes caracterizadas como regiões de frentes, onde se observam variações nos gradientes verticais e horizontais de temperatura ou densidade da coluna de água. As aves, como predadores de topo da cadeia alimentar marinha utilizam estas zonas para se alimentar (Daunt *et al.*, 2003; Haney & McGillivray, 1985; Spear *et al.*, 2001; Spear *et al.*, 2003).

1.2 Importância das variáveis ambientais para as aves marinhas

O conhecimento da influência dos processos oceanográficos na distribuição das aves marinhas é essencial para a compreensão da sua dinâmica e para identificar a possível distribuição destas aves. Contudo, apesar de ser reconhecida a ligação entre os parâmetros oceanográficos e o comportamento dos predadores marinhos de topo, esta ligação ainda continua pouco estudada (Daunt *et al.*, 2003). Uma

melhor compreensão destas ligações possui um valor considerável para a conservação das aves marinhas, uma vez que permitirá determinar com maior precisão as áreas utilizadas para alimentação e repouso pelas mesmas.

Actualmente, existem já alguns estudos que recorrem a informação ambiental obtida através de satélites de modo a prever a distribuição das aves marinhas (Daunt *et al.*, 2003; Haney & McGillivray, 1985; Spear *et al.*, 2001). No entanto, o estudo das interações entre os recursos marinhos e o ambiente não é uma tarefa simples de realizar, devido principalmente à falta de informação sobre algumas variáveis ambientais marinhas e da distribuição das espécies de peixe, alimento das aves marinhas. É amplamente reconhecido que os parâmetros ambientais possuem uma importância fundamental na cadeia trófica marinha, especialmente na distribuição dos peixes pelágicos, presas preferenciais das aves marinhas (Daunt *et al.*, 2003; Haney & McGillivray, 1985; Spear *et al.*, 2001).

É amplamente reconhecido que a temperatura desempenha um papel muito importante nos ecossistemas marinhos (Daunt *et al.*, 2003, Haney & McGillivray, 1985; Spear *et al.*, 2001; Weichler *et al.*, 2004). Outros parâmetros que têm sido habitualmente referenciados por terem influência na distribuição das aves marinhas são a profundidade, a distância à costa, concentração de clorofila *a*, e a salinidade (Spear *et al.*, 2001; Spear *et al.*, 2003; Weichler *et al.*, 2004). Devido ao desenvolvimento de tecnologia de obtenção de dados por satélite, muitas destas variáveis encontram-se disponíveis com boa resolução espacio-temporal.

Diversos estudos indicam que as aves marinhas respondem muito rapidamente a fontes de alimento temporárias tais como descargas de barcos de pesca ou migração de peixes pelágicos para a superfície causada por predadores de fundo, entre outras. Estes eventos de pesca chegam a atrair centenas e mesmo milhares de aves para uma determinada localização por serem um recurso alimentar acessível a variadas espécies (Arcos & Oro, 2002; Camphuysen *et al.* 1995; Camphuysen *et al.*, 2004; Garthe *et al.*, 1996; Weichler *et al.*, 2004).

1.3 IBAs marinhas

No sentido de proteger as aves marinhas no seu meio natural, o mar, e assegurar a conservação destas ao longo de todo o seu ciclo de vida, estão a ser criadas medidas especiais de transposição da Directiva Aves para o meio marinho. Estas medidas contam com três linhas orientadoras: identificação de zonas extensíveis marinhas para as colónias de nidificação; identificação de áreas de alimentação e/ou repouso perto de costa; identificação de áreas em alto mar utilizadas por aves marinhas (de seguida designadas como áreas *off-shore*) (McSorley *et al.*, 2005).

A nível regional, para o Atlântico Noroeste, foi criada uma estratégia para identificar Áreas Importantes para as Aves (IBAs – *Important Bird Areas*) no meio marinho. Esta estratégia tem como principais

elementos os projectos LIFE¹ IBAs marinhas, presentemente a decorrer em Portugal, coordenado pela Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves (SPEA²) e em Espanha, pela Sociedade Espanhola de Ornitologia (SEO). Estes dois projectos têm como objectivo principal a identificação de IBAs marinhas para Portugal e Espanha, incluindo áreas insulares. A posterior designação destas áreas como Zonas de Protecção Especial (ZPEs), por aplicação da Directiva Aves (79/409), irá torná-las parte integrante de uma rede já existente, a Rede Natura 2000, que assegura a protecção necessária para aves selvagens.

O projecto LIFE IBAs Marinhas³ pretende contribuir para o esforço comum de recolha de informação e aumentar a protecção dos ecossistemas marinhos. Este projecto teve início em Outubro de 2004 e terminará em Outubro de 2008. Durante a execução do projecto são recolhidos dados de: distribuição de aves e caracterização do habitat marinho. O projecto conta com duas acções directas fundamentais: censos visuais de aves em barcos (preferencialmente navios oceanográficos) e aviões e seguimento de aves por telemetria e *data-loggers* (pequenos aparelhos electrónicos que, fixados às aves, permitem conhecer as suas deslocações e comportamento). Os locais onde se detectam aves são posteriormente caracterizados, recorrendo-se à análise de dados de temperatura, concentração de clorofila, salinidade, etc., o que irá contribuir para a elaboração de uma listagem detalhada das principais áreas marinhas a proteger.

No âmbito deste projecto, tornou-se possível desenvolver paralelamente diversos estudos científicos mais específicos, como é o caso do presente estudo. Neste estudo, a metodologia de censos visuais para aves marinhas habitualmente mais utilizada na Europa (metodologia ESAS), foi pela primeira vez utilizada em Portugal. A partir dos dados obtidos pelos censos visuais e de parâmetros ambientais pretende-se criar modelos ecológicos para estimar a densidades destas aves e determinar as áreas mais importantes para as mesmas.

Como o projecto IBAs Marinhas é um projecto de grande envergadura, que utiliza diferentes tipos de dados, diversas espécies-alvo de aves marinhas e áreas em estudo muito distintas, optou-se por utilizar apenas uma parte da amostra dos dados disponíveis. Assim, seleccionaram-se os primeiros embarques realizados, ou seja, os referentes a campanhas realizadas a bordo de navios de investigação científica do IPIMAR. Como espécie-alvo para este estudo foi escolhido o Alcatraz *Morus bassanus* (Linnaeus) uma vez que foi a espécie mais abundante observada durante os embarques (apenas ultrapassada pelo conjunto das gaivotas).

¹ Projecto LIFE-Natureza financiado pela Comissão Europeia.

² A SPEA é uma associação científica sem fins lucrativos, parceira da BirdLife International, que promove o estudo e a conservação das aves em Portugal. Foi fundada em 25 de Novembro de 1993, correspondendo a um desejo manifestado por um grande número de profissionais e amadores desenvolvendo actividade na área da Ornitologia e conservação da avifauna (www.spea.pt).

³ O Projecto LIFE IBAs Marinhas faz parte do programa marinho da SPEA, sendo a sua área de estudo toda a ZEE portuguesa, incluindo zonas insulares. Este projecto conta com diversos parceiros: ICN, IPIMAR, Universidade de Aveiro, DOP – Universidade dos Açores, IMAR, Parque Natural da Madeira.

1.4 Alcatraz

1.4.1 Morfologia

O Alcatraz, ou Ganso-patola, é uma espécie de ave marinha de grande porte e, geralmente, de fácil identificação, sendo a maior ave marinha pelágica nidicante do Atlântico Norte (Figura 1.1). A sua plumagem, muito característica, é praticamente toda branca, com a cabeça em tons de amarelo, na altura da nidificação, e a ponta das asas pretas. Os olhos são azuis, as patas pretas, com riscos mais claros ao longo do tarso e o bico azul pálido. Os juvenis desta espécie são pretos durante o primeiro ano e diferem mais dos adultos do que a maioria das outras espécies de aves marinhas. Os juvenis passam por diversas fases de plumagem até atingirem o estado adulto aos cinco anos de idade. Esta espécie tem uma longevidade de 30 ou mais anos (del Hoyo et al., 1992; Nelson⁴, 2002; Projecto & Lecoq, 1998; Svensson, 2003).



Figura 1.1 – Alcatraz em voo (foto: Pedro Geraldès).

A morfologia e plumagem desta espécie estão particularmente adaptadas a eventos de caça, neste caso designados por eventos de pesca tais como mergulhos diagonais, picados, desde os 10 ou 40 metros de altitude, em que as aves atiram as asas para trás antes de atingir a superfície da água. Forma, peso e proporção das asas e do corpo estão adaptados ao mergulho; o bico forte ao manuseamento de peixes grandes; a camada de gordura protectora e peso permitem uma boa tolerância a períodos de frio intenso e condições atmosféricas tempestuosas e a coloração branca constitui uma boa camuflagem para os peixes. A coloração branca por cima atrai outros alcatrazes aos eventos de pesca para uma pesca mais eficiente (Nelson, 2002).

⁴ Bryan Nelson, autor do livro “The Atlantic Gannet” dedicou grande parte da sua vida ao estudo da espécie Alcatraz, tendo já publicado diversos livros sobre aves marinhas, em particular da família *Pelecaniforme*. A edição original do livro “The Atlantic Gannet” foi premiada com a distinção BBC Bird Book Of the Year, em 1978.

1.4.2 Distribuição

A população mundial de Alcatraz é talvez a mais estudada e conhecida, no grupo das aves marinhas (Quadro 1.1). A distribuição da espécie durante a época de nidificação é influenciada pela sua preferência por habitats frios e águas ricas, situadas nas plataformas continentais, não sendo uma ave característica de zonas de oceano profundo. As colónias situam-se em ilhéus escarpados, próximos de zonas de pesca das principais presas da ave: arenques e carapaus (Hamer *et al.*, 2001; del Hoyo *et al.*, 1992; Nelson, 2002).

Quadro 1.1 – Colónias de Alcatraz *Morus bassanus* a nível mundial.

Localização	Número de colónias	Nº de ninhos aparentemente ocupados
França	1	11 628
Ilhas do Canal da Mancha	2	5 475
Irlanda	4	31 294
País de Gales	1	30 688
Escócia	12	172 504
Inglaterra	1	2 552
Islândia	8	25 437
Faeroes	1	2 340
Noruega	5	3 662
Alemanha	1	93
Canadá	6	57 308
Total	42	342.984

As estatísticas mundiais para esta espécie sugerem a existência de 42 colónias (36 das quais situam-se no Atlântico NE). Estima-se que existam perto de 786 000 indivíduos (incluindo juvenis) (Figura 1.2). Este número não é muito significativo quando comparado com outras espécies de aves marinhas como gaviotas, *Procellariiformes* e outros (Nelson, 2002).

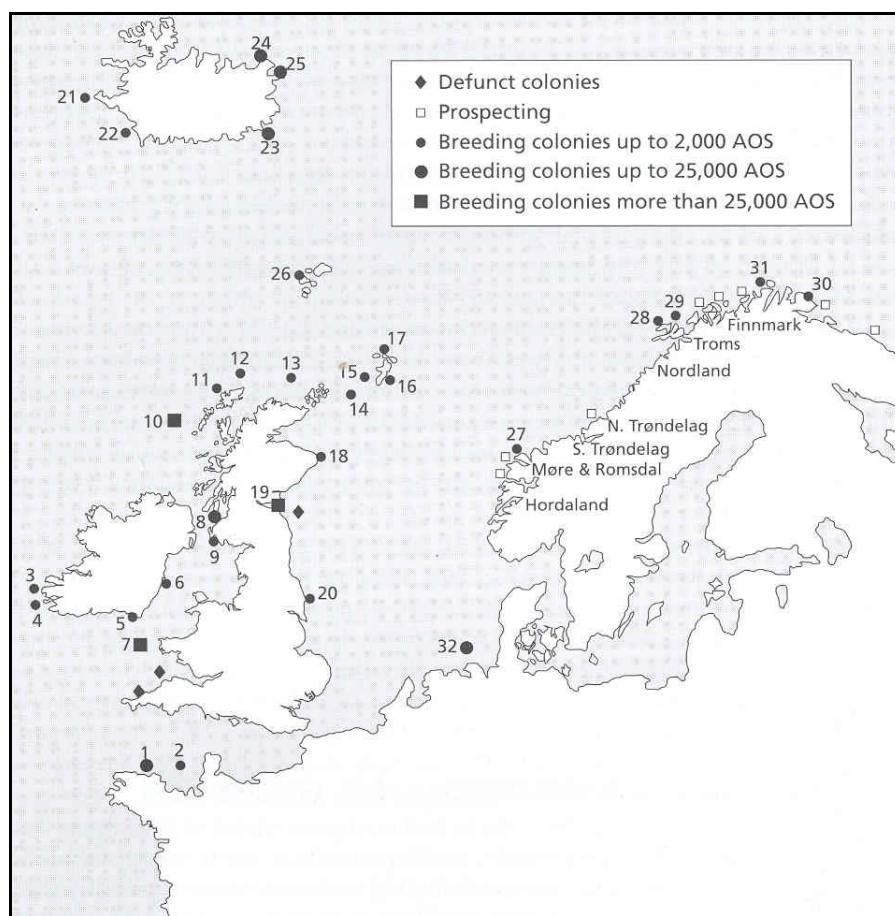


Figura 1.2 – Colónias de Alcatraz no Atlântico Nordeste. Os números representam numeração dada pelo autor às colónias existentes. Legenda: ◆ colónia extinta; □ Em prospecção; ● Colónia com até 2 000 ninhos aparentemente ocupados (AOS); ● Colónia com até 25 000 AOS; ■ Colónia com mais de 25 000 AOS (adaptado de Nelson, 2002).

Cerca de 75% da população mundial de Alcatraz ocorre no Noroeste da Europa e aproximadamente 40% em ilhéus a Este e Norte da Escócia (BirdLife International, 2004; Nelson, 2002). No Atlântico Nordeste (NE) a sua distribuição de nidificação situa-se entre a latitude 71°08'N, a Norte, na Noruega, até 48°53'N em Inglaterra. Na costa oeste do Atlântico as colónias vão até 46°50'N, em “Cape St Mary’s”. É quase certo afirmar que não existe interacção entre as colónias de Alcatraz do Atlântico NE e NW (Nelson, 2002).

Durante o século XIX, esta espécie foi dizimada pelo Homem, com o objectivo de aproveitar a gordura que possuíam, pelo que cerca de 100.000 casais de aves foram exterminadas em poucos anos e a maior colónia destas aves quase foi extinta. Durante a maior parte do século XX e princípios do século XXI, registou-se um aumento da população mundial de Alcatraz em cerca de 3% ao ano (Figura 1.3). Este crescimento não é explosivo, é simplesmente uma subida estável para os números registados para esta espécie antes da destruição massiva que sofreu (del Hoyo et al., 1992; Nelson, 2002; Projecto & Lecoq, 1998).

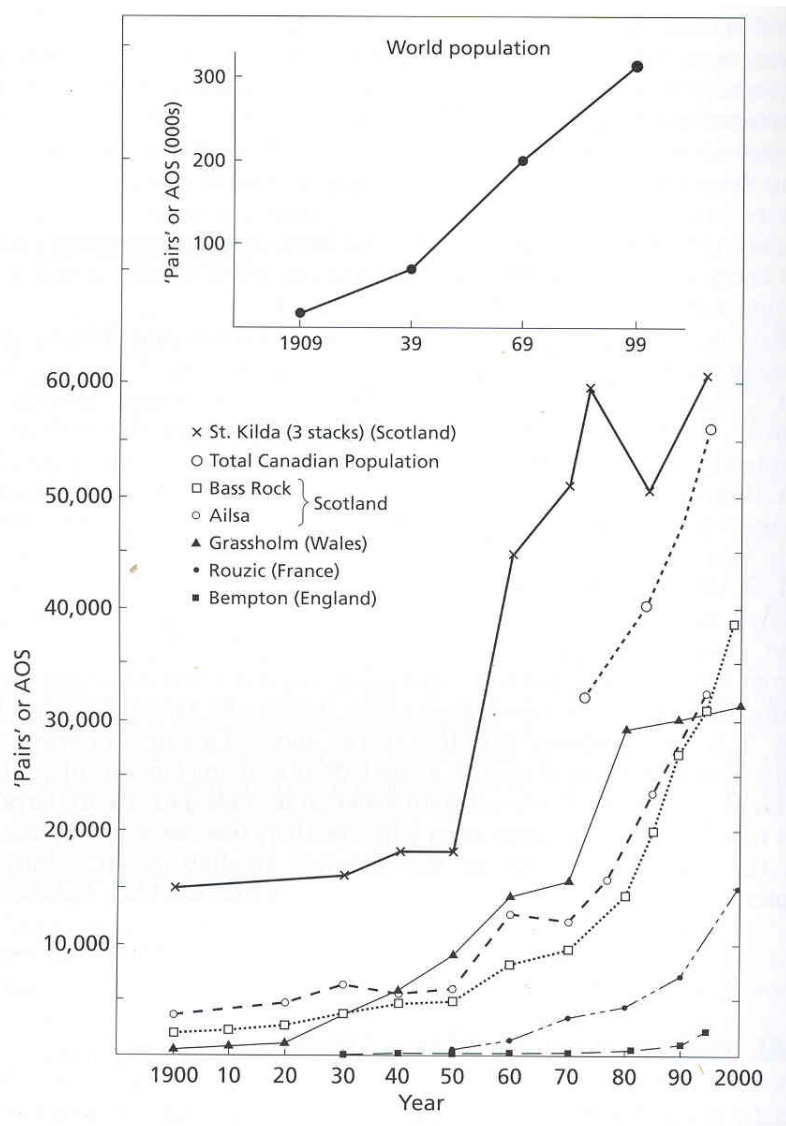


Figura 1.3 – Números absolutos de Alcatraz em algumas colónias de nidificação de Alcatraz por ano, expresso em número de pares ou AOS (ninhos aparentemente ocupados). Legenda (os símbolos apresentados referem-se a colónias de nidificação): × St. Kilda (Escócia); ○ População total canadiana; □ Bass Rock (Escócia); ◊ Ailsa (Escócia); ▲ Grassholm (País de Gales); • Rouzic (França); ■ Bempton (Inglaterra) (adaptado de Nelson, 2002).

1.4.3 Migração

Apesar de todas as informações que existem sobre alcatrazes nas colónias, pouco se sabe sobre o comportamento destas aves no mar por ser complicado e dispendioso seguir as aves no mar.

A migração dos alcatrazes para Sul começa assim que saem do ninho. A maioria voa directamente para águas do Norte de África, através do Estreito de Gibraltar, enquanto que outros permanecem no mar do Norte durante o primeiro ano. Talvez devido à migração alguns casais começaram a nidificar no Estreito de Gibraltar, recentemente. A migração dos juvenis inicia-se em finais de Agosto, princípios de Setembro,

sendo o seu maior pico em finais de Setembro e Outubro e prolonga-se até Novembro. Este movimento envolve muitos milhares de aves (adultos também) e as distâncias percorridas podem ascender aos 5.000km (Figura 1.4). Os juvenis que se dirigem para águas africanas em geral não voltam nos primeiros dois anos, ficando a deambular pelas zonas tropicais. Ao entrarem no 4º ano de idade, quase todos os alcatrazes se dirigem para as águas perto das colónias natais e no 5º ano, ao atingirem a idade adulta e a completa coloração adulta, encontram-se já nas colónias de nidificação (del Hoyo et al., 1992; Nelson, 2002).

Em geral a migração dos adultos é feita mais tardiamente, em menores bandos, desde o mar do Norte até áreas a Sul de "*Ushant Island*" (França), sendo a sua migração dispersa por várias semanas (del Hoyo et al., 1992; Nelson, 2002). O conhecimento sobre a quantidade de aves que fica em águas do mar do Norte, junto às colónias, é muito reduzido, contudo, entre Dezembro e Fevereiro, avistam-se poucos alcatrazes nas zonas de nidificação e estima-se que cerca de 50% ou mesmo 75% dos adultos se junte aos juvenis nas migrações para Sul (Nelson, 2002).

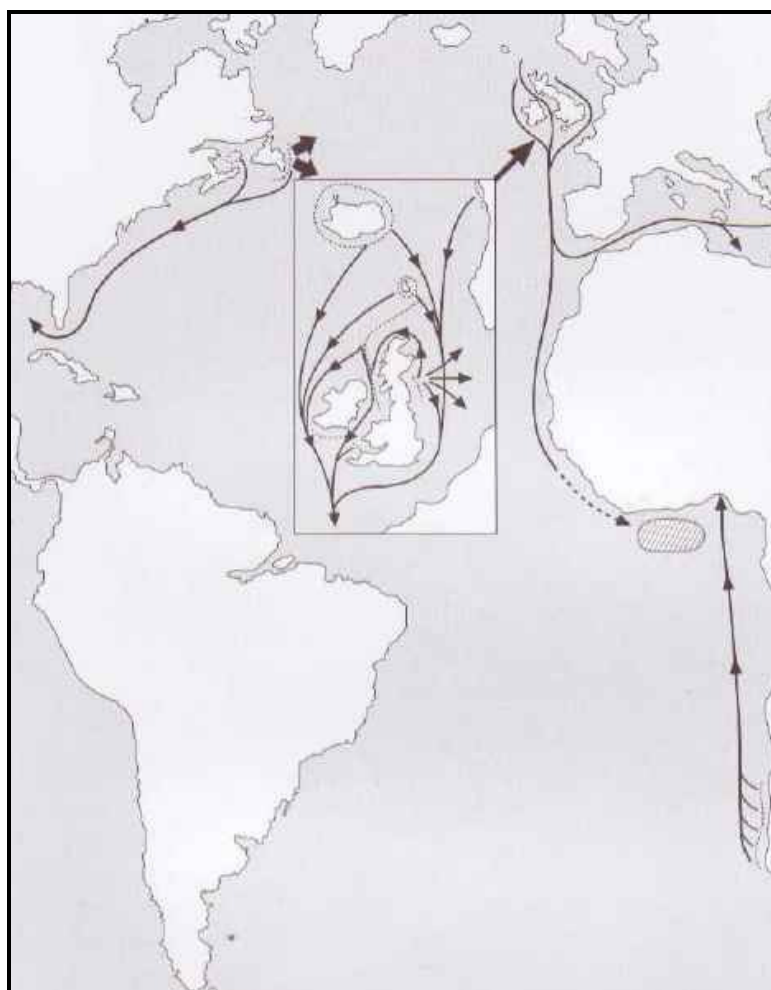


Figura 1.4 – Rotas gerais de migração de juvenis de Alcatraz, com especial destaque para Norte da Europa. → (setas) rotas de migração; - - - (linhas a tracejado) áreas de nidificação. No Sul de África as rotas de migração de Alcatraz africano (*Morus capensis*) convergem para uma área comum entre as duas espécies de Alcatraz (área às riscas) (adaptado de Nelson, 2002).

Os movimentos Norte-Sul e Sul-Norte realizados pelos alcatrazes, na Península Ibérica, entre Dezembro e Fevereiro são massivos e complexos. As aves em nidificação deslocam-se até 500km da colónia para alimentação e os imaturos deslocam-se em geral, para distâncias superiores na procura de alimentos. Contudo verificam-se muitas diferenças em termos de deslocações entre colónias (Nelson, 2002).

Alcatrazes mergulham de altitudes de cerca de 30 metros, atingindo 100km/h ou mais de velocidade e mergulhando cerca de 3,5 metros dentro de água, podendo depois nadar, com a ajuda das asas, mais 12 a 15 metros. A maior parte dos mergulhos dura cinco a sete segundos, com um máximo de 20 segundos. Os peixes apanhados são geralmente engolidos dentro de água. Estas aves, graças à sua morfologia

adaptada a condições atmosféricas tempestuosas podem continuar a mergulhar até ventos de força oito (escala Beaufort). Depois dos eventos de pesca regressam às colónias em bandos de 10 a 20 aves, por vezes chegando aos 80 indivíduos por bando (Nelson, 2002). Algumas das principais características de Alcatraz são descritas no Quadro 1.2.

Estas aves são habitualmente utilizadas pelos pescadores como indicadores de presença de peixe, especialmente arenques (Nelson, 2002), pois os seus bandos em alimentação podem ser observados a grande distância.

Quadro 1.2 – Principais características ecológicas de Alcatraz, *Morus bassanus* (Nelson, 2002).

Características	
Tipo de Habitat	Encostas escarpadas
Densidade	2,3 (pares/m ²)
Postura	1/ano
Período de incubação	43,6 dias
Período de <i>fledging</i>	91 dias
Nº de vezes que crias se alimentam por dia	2,7
Movimentos de migração	
Adultos	Migração dispersa
Imaturos	Migração para Sul a mais de 5.000km
Mortalidade de adultos por ano	< 6 %
Longevidade	> 30 anos

1.5 Objectivos

Com o intuito de facilitar a identificação das Áreas Importantes para as Aves marinhas (IBAs), objectivo inerente ao projecto LIFE IBAs marinhas, pretende-se determinar qual a distribuição das aves marinhas na costa portuguesa e quais os principais factores que influenciam essa distribuição.

Este trabalho surge como um teste à aplicação das metodologias envolvidas no projecto IBAs marinhas para os censos visuais de aves marinhas a partir de embarcações marítimas e, com o intuito de criar metodologias estatísticas para estimar a distribuição das aves. Com base em dados referentes a uma única espécie, Alcatraz, obtidos em censos visuais realizados a bordo de navios de investigação do IPIMAR, durante o ano de 2005 (Fevereiro, Abril e Novembro), pretende-se determinar a distribuição da espécie na costa continental portuguesa e sua relação com variáveis ambientais e topográficas, recorrendo a modelos de regressão múltipla e métodos geostatísticos.

2. Material e Métodos

Para a realização deste estudo foram obtidos, processados e utilizados diversos tipos de informação: censos visuais de Alcatraz (informação biológica) recolhidos no âmbito do projecto de mestrado a partir de navios de Investigação científica do Instituto de Investigação das Pescas e do Mar (INRB/IPIMAR, seguidamente designado de IPIMAR); diversos parâmetros ambientais recolhidos *in situ*, aquando a realização dos censos visuais de Alcatraz e processados para o presente estudo; parâmetros ambientais obtidos para toda a área de estudo a partir de imagens de satélite disponibilizadas pela Internet; e informação topográfica, cedida pelo Instituto Hidrográfico e o Instituto do Ambiente. As densidades de Alcatraz observadas foram relacionadas com as variáveis ambientais através de modelização empírica, com aplicação de métodos de regressão e geo-estatísticos.

2.1 Área de Estudo

A área em estudo compreendeu toda a costa continental portuguesa e o Golfo de Cádiz, situando-se entre as latitudes 35.50° e 42.20° Norte e longitudes entre 5.55° e 10.25° Oeste (Figura 2.1). A escolha destes limites teve em consideração o trajecto usualmente utilizado pelos navios de investigação científica do IPIMAR.

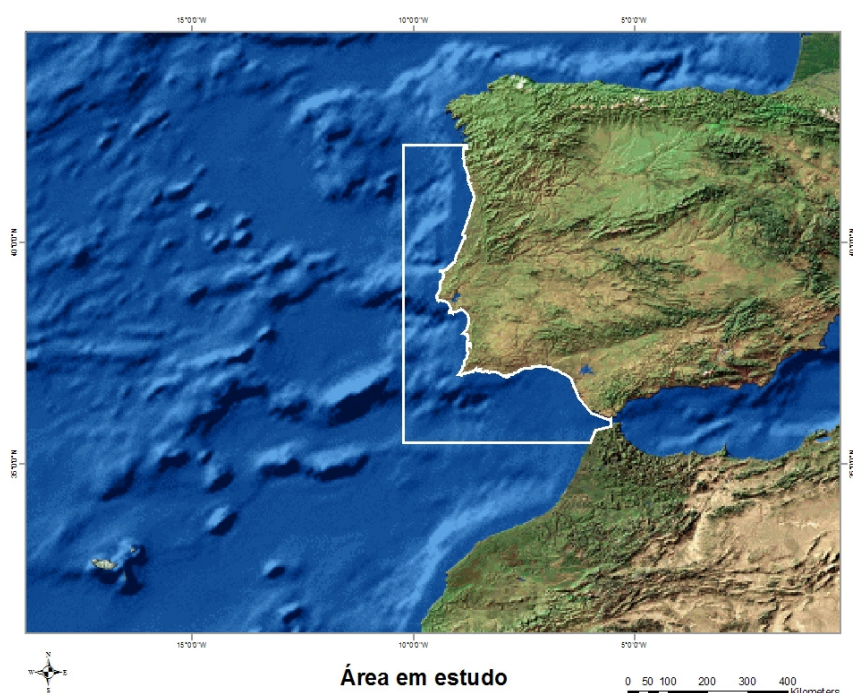


Figura 2.1 – Delimitação da área de estudo; limites extremos: latitude 35.50° a 42.20° Norte e longitude 5.55° a 10.25° Oeste.

2.2 Informação Ambiental

A informação ambiental recolhida integrou diversas variáveis para os meses em estudo – Fevereiro, Abril e Novembro de 2005. As variáveis foram divididas conforme o tipo de informação e o formato em que foram recolhidas.

As campanhas do IPIMAR permitiram a recolha de dados *in situ* de temperatura da água do mar a 3 metros de profundidade, salinidade e fluorescência. A partir do *download* da internet de imagens de satélite obtiveram-se dados de concentração de clorofila *a*, temperatura superficial da água do mar (também designada por SST – *Sea Surface Temperature*) e intensidade do vento. Para além das variáveis ambientais mencionadas obtiveram-se variáveis topográficas: batimetria e distância à costa, para a área de estudo. Todas as variáveis foram integradas e processadas num Sistema de Informação Geográfica (SIG) especialmente desenvolvido para o projecto (Quadro 2.1).

Quadro 2.1 – Resumo da informação ambiental e topográfica incluída neste estudo.

Parâmetros	Resolução espacial	Valores utilizados	Fonte de dados
SST (°C)	≈ 4 km	Média	http://poet.jpl.nasa.gov/
Temperatura a 3 m (°C)	≈ 0,31 km	Média	Ipimar
Salinidade	≈ 0,31 km	Média	Ipimar
CHL- <i>a</i> (mg/m ³)	≈ 9 km	Média	http://reason.gsfc.nasa.gov/OPS/Giovanni/mpcomp.ocean.shtml
Fluorescência (volts)	≈ 0,31 km	Média	Ipimar
Intensidade do Vento (m/s)	≈ 1,2 km	Média	http://www.ifremer.fr/cersat/en/data/download/gridded/mwfaqscat.htm
Batimetria (m)	≈ 4 km	Média	Instituto Hidrográfico
Distância à costa (m)	≈ 4 km	Média	Calculada através da linha de costa obtida na página do Instituto do Ambiente

2.2.1 Variáveis ambientais *in situ*

Os dados de temperatura, salinidade e fluorescência obtidos *in situ* fazem parte dos registos regulares do IPIMAR durante as campanhas dirigidas à avaliação de stock de sardinhas e outros peixes pelágicos, em águas portuguesas e espanholas, do Golfo de Cádiz (financiamento EU-DCR *Data Collection Regulation*). Estes registos são efectuados com recurso a um sistema denominado CUFES (Continuous Underway Fish Egg Sampler) (Checkley *et al.*, 1997). Este sistema é composto por uma bomba que recolhe água durante a navegação, a uma profundidade fixa de três metros. Essa água é depois

direccionada para uma unidade instalada no laboratório onde são recolhidas amostras de plâncton após passagem num concentrador e colectores com redes de malhagem adequada. Em simultâneo, parte da água bombeada passa por sensores de temperatura, condutividade (salinidade) e fluorescência (clorofila). Os registos são feitos a cada dois segundos e as amostras de plâncton recolhidas representam a área percorrida durante três milhas náuticas. Os dados ambientais e as posições GPS correspondentes são gravados e armazenados em computador através de um software específico.

Os dados base usados neste estudo representam médias efectuadas para cada minuto (~0,3 km), tendo sido posteriormente convertidos para formato Excel e mais tarde compilados numa base de dados Access 2000, onde foi possível delimitar os dados para o intervalo de tempo pretendido (cinco em cinco minutos), seleccionar os parâmetros pretendidos e agrupar os dados ambientais com as densidades de aves. A tabela final obtida, com coordenadas dos pontos de amostragem, dados biológicos e dados oceanográficos recolhidos *in situ*, foi integrada num SIG.

2.2.2 Variáveis ambientais – detecção remota

Temperatura Superficial da Água do Mar

A Temperatura Superficial da Água do Mar (SST), obtida a partir de imagens de satélite, compila os valores médios mensais de SST para o ano de 2005, da área em estudo, numa grelha de 4x4km. As médias mensais foram obtidas a partir dos produtos do PO.DAAC / NASA AVHRR Oceans Pathfinder Sea Surface Temperature, derivados de dados do canal 5 do sensor Advanced Very High Resolution Radiometers (AVHRR), a bordo do satélite NOAA 17. (URL: <http://poet.jpl.nasa.gov/>). As médias mensais foram disponibilizadas em formato GeoTIFF - formato apropriado para a importação para o software utilizado na realização do SIG, ArcView 9.1.

Clorofila *a*

Os valores médios mensais de Clorofila *a*, para o ano de 2005, foram obtidos a partir de imagens de satélite derivadas de dados do sensor *Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor* (SeaWiFS), com uma resolução de 9 km. Este sensor detecta dados de coloração do oceano a nível mundial (<http://reason.gsfc.nasa.gov/OPS/Giovanni/mpcomp.ocean.shtml>). Os ficheiros foram obtidos em formato *ascii*. Os ficheiros texto foram posteriormente editados para uma configuração compatível com o formato reconhecido pelo ArcView 9.1.

Intensidade do Vento

Os valores médios mensais de Intensidade do Vento (m/s), para o ano de 2005, foram derivados da informação recolhida pelos “*scatterometers*” a bordo do satélite “QuikSCAT”, informação essa processada e distribuída pelo “Centre ERS d'Archivage et de Traitement - *French ERS Processing and Archiving*

Facility” (CERSAT), do “French Research Institute for Exploitation of the Sea” (IFREMER), situado em Plouzané, França. Estes dados são disponibilizados (URL: <http://www.ifremer.fr/cersat/en/data/download/gridded/mwfgscat.htm>) numa grelha de 0,5 graus, o que corresponde a cerca de 55 km. Os ficheiros, disponibilizados em formato *ascii*, seguiram o procedimento descrito anteriormente para compatibilização com o formato reconhecido pelo ArcView 9.1, tendo sido posteriormente convertidos para uma grelha final de 4 km de resolução.

2.3 Informação topográfica

Para além dos dados anteriormente mencionados foram também integrados no SIG dados adquiridos ou facilitados por diversas instituições. Através do Instituto Hidrográfico⁵ (Marinha Portuguesa) obtiveram-se dados relativos à batimetria do Oceano Atlântico Norte, localização e informação sobre a topografia de fundo do Atlântico Norte, correspondente a montes submersos, fossas abissais, bancos, canhões e outros, plataforma continental, limites da ZEE portuguesa e principais rotas marítimas. Através da página de Internet do Instituto do Ambiente foi possível fazer o *download* da informação relativa à linha de costa de Portugal continental.

2.4 Informação biológica

2.4.1 Censos visuais

No ano de 2005, uma equipa de dois ornitólogos por embarcação, embarcou durante as campanhas regulares efectuadas pelo IPIMAR, para a avaliação de stock de sardinha, com o intuito de realizar censos visuais marítimos especialmente dirigidos para aves marinhas. Nestes censos procedeu-se à recolha de dados relativos a aves e também a outras espécies tais como cetáceos, tartarugas e outros.

As campanhas realizaram-se nos meses de Janeiro/Fevereiro a bordo do navio de investigação (NI) Capricórnio, e nos meses de Abril/Maio e Novembro a bordo do NI Noruega. As campanhas, com uma duração aproximada de 1 mês, foram denominadas pelo seu mês mais representativo:

- Campanha Fevereiro, de 28 de Janeiro a 24 de Fevereiro,
- Campanha Abril, de 11 de Abril a 9 de Maio e
- Campanha Novembro, de 11 a 30 de Novembro.

A campanha de Fevereiro destinou-se à aplicação do Método de Produção Diária de Ovos (MPDO), cujo objectivo foi estimar a biomassa desovante do *stock* de sardinha. As campanhas de Abril e Novembro foram direccionadas à obtenção de estimativas de abundância e estrutura populacional de sardinha e

⁵ Neste momento existe um protocolo entre a SPEA – entidade que gere o projecto que permitiu este estudo e o Instituto Hidrográfico da Marinha Portuguesa (IH). Esse protocolo permite o embarque de um ou dois observadores da SPEA a bordo dos cruzeiros de investigação do IH para recolha de censos visuais de aves.

outros peixes pelágicos, através de rastreio acústico. Nestas campanhas, parte das observações e colheitas foram realizadas ao longo de transectos efectuados perpendicularmente à costa. Em ambos os tipos de campanha é coberta a mesma área mas a metodologia de trabalho é distinta, assim como a ocupação dos transectos sob a plataforma continental. O limite exterior dos transectos foi o bordo da plataforma continental e o limite interior geralmente situou-se nos 15 metros de profundidade. Este limite foi alterado conforme as condições do estado do mar e tipo de fundo permitiam a aproximação ou não dos NI.

A diferenciação na metodologia de trabalho das campanhas do IPIMAR reflectiu-se nas observações dos censos visuais de aves. Na campanha de Fevereiro, em que se efectuou o MPDO, o NI trabalhou sobre os transectos 24 horas por dia. Nessa campanha os transectos foram mais extensos. Algumas partes dos transectos, efectuadas durante os períodos nocturnos não apresentam valores de censos visuais de aves. Durante as campanhas de Abril e Novembro o rastreio acústico funcionou só em horas de luz, em transectos mais curtos. Para essas foi possível obter dados de aves nos transectos completos.

2.4.1.1 Metodologia (ESAS)

Os censos visuais basearam-se na metodologia seguida pelo grupo de Observação de aves marinhas na Europa - European Seabirds At Sea (ESAS)⁶, presentemente utilizada em toda a Europa e que permite uma estandarização das observações realizadas no Atlântico Norte (Camphuysen, 2005).

A metodologia seguida pelo grupo ESAS foi primeiramente delineada por Tasker *et al.* (1984) e mais tarde alterada por Komdeur *et al.* (1992). Consiste na identificação de aves marinhas utilizando transectos lineares, com recurso a sub-bandas para aves que se encontram dentro de água ou a tocar na água e snap-shots⁷ para aves em voo (Camphuysen *et al.*, 2004), a partir de embarcações marítimas com um rumo predefinido e uma velocidade constante de 10 nós.

Os transectos lineares, para aves na água, identificam-se por observações contínuas numa banda máxima de 300 metros e sub-bandas de 50, 100 e 200 metros (distâncias calculadas perpendicularmente à embarcação - Figura 2.2). Os transectos são realizados em intervalos de cinco minutos, apenas num dos lados da embarcação (bombordo ou estibordo). O lado escolhido pelo observador varia consoante a iluminação solar, o vento ou a ondulação, de forma a proporcionar o maior conforto possível ao observador e permitir uma maximização das observações. Todas as aves a tocar na água, que se

⁶ ESAS – Grupo de trabalho que reúne dados de Observações de Aves Marinhas em todo o Atlântico Norte. Este grupo inclui diversas instituições e indivíduos reconhecidos pelo grupo de trabalho que recolhem dados de uma forma estandarizada e que os agrupam numa única base de dados conjunta.

⁷ Deu-se preferência aos nomes técnicos sobre a metodologia ESAS em inglês, uma vez que ainda não existe uma tradução aceite para português.

encontrem dentro da faixa de 300 metros, no lado escolhido da embarcação são considerados “dentro” do transecto e contabilizadas para calcular a densidade de aves na área.

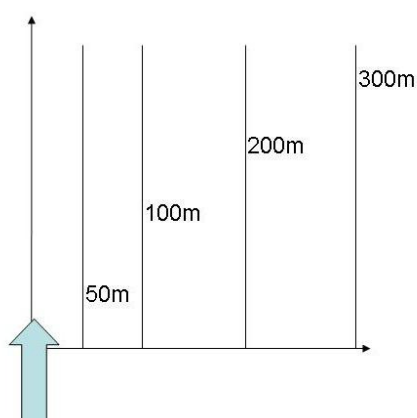


Figura 2.2 – Bandas de detecção das aves a partir da embarcação. A seta azul identifica a embarcação e o seu rumo. A banda máxima de detecção é de 300 metros.

Os *snap-shots* consistem em registos instantâneos das aves em voo, dentro do transecto linear, no primeiro segundo de cada minuto (estes *snap-shots* funcionam como uma imagem fotográfica que se tira no momento preciso de contabilização e identificação de todas as aves). Cada período de 5 minutos de observação contém 5 *snap-shots*. Estes *snapshots* foram criados com o intuito de evitar a sobre-estimação de aves em voo. Todas as aves dos *snapshots* são consideradas “dentro” do transecto.

As aves que se encontram do lado não escolhido da embarcação ou que sobrevoam a área num período em que não se regista um *snapshot* também são contabilizadas, mas só como informação adicional, não utilizada para o cálculo de densidades. Estes dados podem ser utilizados para avaliar os ratios de sexo ou idade de algumas populações, e as direcções de voo registadas podem dar indicações de migrações.

Com base nesta metodologia foi possível identificar e contabilizar as espécies de aves observadas, identificar o seu comportamento, idade e sexo (sempre que possível) e a direcção de voo. Além disso recolheram-se informações sobre outras espécies presentes (cetáceos tartarugas e outras), a data e hora, posição geográfica (coordenadas geográficas do ponto médio de cada período de cinco minutos), estado do mar, visibilidade, descrição das embarcações próximas, entre outras, para cada observação. Exemplos das fichas de campo utilizadas neste estudo encontram-se no Anexo II. A unidade de amostragem utilizada consiste na área observada durante o período de 5 minutos.

2.4.1.2 Erros inerentes à metodologia (ESAS)

Os problemas inerentes à utilização desta metodologia levam a que nem todas as aves sejam contabilizadas numa determinada área prospectada. Para o erro nas contagens contribuem o comportamento das aves, condições atmosféricas e a experiência do observador, podendo a interacção entre estes factores ainda agravar o erro na amostra.

Alguns exemplos de como as condições meteorológicas podem influenciar as contagens de aves marinhas são: a ondulação pode encobrir aves e diminuir o período de tempo em que as aves estão visíveis para observação; o reflexo solar e nevoeiro podem limitar a visibilidade; a cobertura por nuvens e ângulo da ondulação influencia a detecção das aves na água (Tasker *et al.*, 1984).

As condições meteorológicas também afectam o comportamento das aves. Em condições calmas as aves têm tendência a repousar na água em vez de voar. A direcção e intensidade do vento pode provocar a alteração da direcção de voo das aves e assim alterar o período em que as aves se encontram visíveis para detecção. À medida que o estado do mar piora, as capacidades de detecção dos observadores diminuem, sendo que a partir de um determinado nível de estado do mar, não deverão ser feitas contagens (nível cinco do estado do mar – Anexo II) (Tasker *et al.*, 1984).

A utilização de diferentes observadores e/ou tipos de embarcações também contribui para o erro da amostra (Tasker *et al.*, 1984). As próprias capacidades físicas dos observadores, resistência à fadiga, visão, concentração, enjoo no mar, variam e podem conduzir a erros sistemáticos (Tasker *et al.*, 1984).

Para este estudo embarcaram seis observadores experientes, previamente treinados na metodologia acima descrita, em duas embarcações com características semelhantes. A autora deste estudo foi uma das observadoras que participou nos três embarques. As campanhas apenas previam uma interrupção a cada 15 dias, para substituição do pessoal de bordo (investigadores do IPIMAR e/ou observadores da SPEA), contudo algumas campanhas foram interrompidas diversas vezes devido às condições atmosféricas. As observações tiveram lugar na parte exterior da proa das embarcações. Quando as condições meteorológicas não o permitiam, as observações foram realizadas a partir da ponte, ou canceladas caso se verificasse um decréscimo significativo da visibilidade e/ou agravamento do estado do mar.

Todas as aves foram detectadas a olho nu, sendo a utilização de binóculos unicamente permitida para identificação da espécie.

A metodologia de transectos foi desenvolvida para minimizar muitos dos erros descritos anteriormente. A diminuição da área a ser prospectada durante um período de tempo faz com que uma parte muito substancial das aves dentro do transecto seja visível. Contudo os transectos não permitem a contabilização das aves em movimento, de onde surgiu a necessidade de recorrer aos *snap-shots* para contabilizar as aves em voo (Tasker *et al.*, 1984).

2.4.2 Densidades de Alcatraz

Do conjunto de dados obtidos nos censos visuais seleccionaram-se os registos de uma espécie em particular para este estudo – o Alcatraz. Esses foram adaptados para uma base de dados no programa Paradox, a partir da base de dados central do grupo ESAS. Efectuaram-se algumas correcções e eliminação de registos claramente incorrectos (como erros de observação ou de inserção de dados) e o cálculo de densidades para a espécie em estudo (nº de aves por km²).

2.5 Sistema de Informação Geográfica

O software utilizado para a importação, visualização e processamento da informação espacial foi o ArcView 9.1. Através da componente ArcMap, foi criado um SIG, tendo como tema base a definição da zona de estudo (polígono dos países e batimetria), tema esse derivado do ArcGlobe Data, World WorldSat Color Shaded Relief Image.

Os dados biológicos e oceanográficos *in situ* foram directamente integrados no SIG, uma vez que é possível aceder a bases de dados Access (conceito personal geodatabase) a partir do ArcMap, formando uma grelha dos pontos de amostragem. Os ficheiros *ascii* com informação mensal dos parâmetros SST, clorofila *a* e intensidade do vento foram convertidos em ficheiros *raster* (ESRI grids) através da ferramenta ArcToolbox. Os dados topográficos, já provenientes em formato *shape*, compatível com o ArcView 9.1 foram posteriormente tratados para extração da informação pretendida, por exemplo, os dados de batimetria, facultados em linhas, foram convertidos em ficheiros *raster* através da ferramenta ArcToolbox e mais tarde integrados na grelha de pontos das amostragens biológicas. Para determinar a distância à costa executou-se um ficheiro *raster* e novamente se integrou essa informação com a informação biológica através da ferramenta ArcToolbox.

A partir do SIG obteve-se a uma matriz de dados final que resume toda a informação para os pontos de amostragem e que irá ser utilizada para a análise estatística – Grelha 1. Como acima referido, os dados biológicos foram recolhidos durante três campanhas científicas que decorreram faseadas durante o ano de 2005. A partir desses dados construiu-se uma matriz com todos os pontos de amostragem (Figura 2.3). A matriz de dados combina as densidades de Alcatraz, as variáveis ambientais medidas *in situ*, as médias mensais dos parâmetros ambientais obtidos por detecção remota e a informação topográfica (Quadro 2.2).

Alguns pontos de amostragem não têm valor associado para uma ou mais variáveis ambientais (*No Data*) devido a períodos sem recolha de dados *in situ* (ex: foram realizadas observações de aves, fora dos transectos estipulados pelo IPIMAR enquanto o NI se dirigia para a área em estudo, pelo que foi possível obter transectos paralelos à costa) ou falhas nas imagens de satélite, geralmente criadas por passagem de nuvens.

Para além da matriz de pontos de amostragem criou-se uma segunda grelha, que abrange toda a área de estudo, para a qual se pretende estimar as densidades de Alcatraz – Grelha 2. Esta é formada por pontos

regulares distanciados 4 km entre si. Para cada ponto foram extraídas as médias mensais das variáveis ambientais disponíveis para toda a área (Figura 2.3, Quadro 2.2).

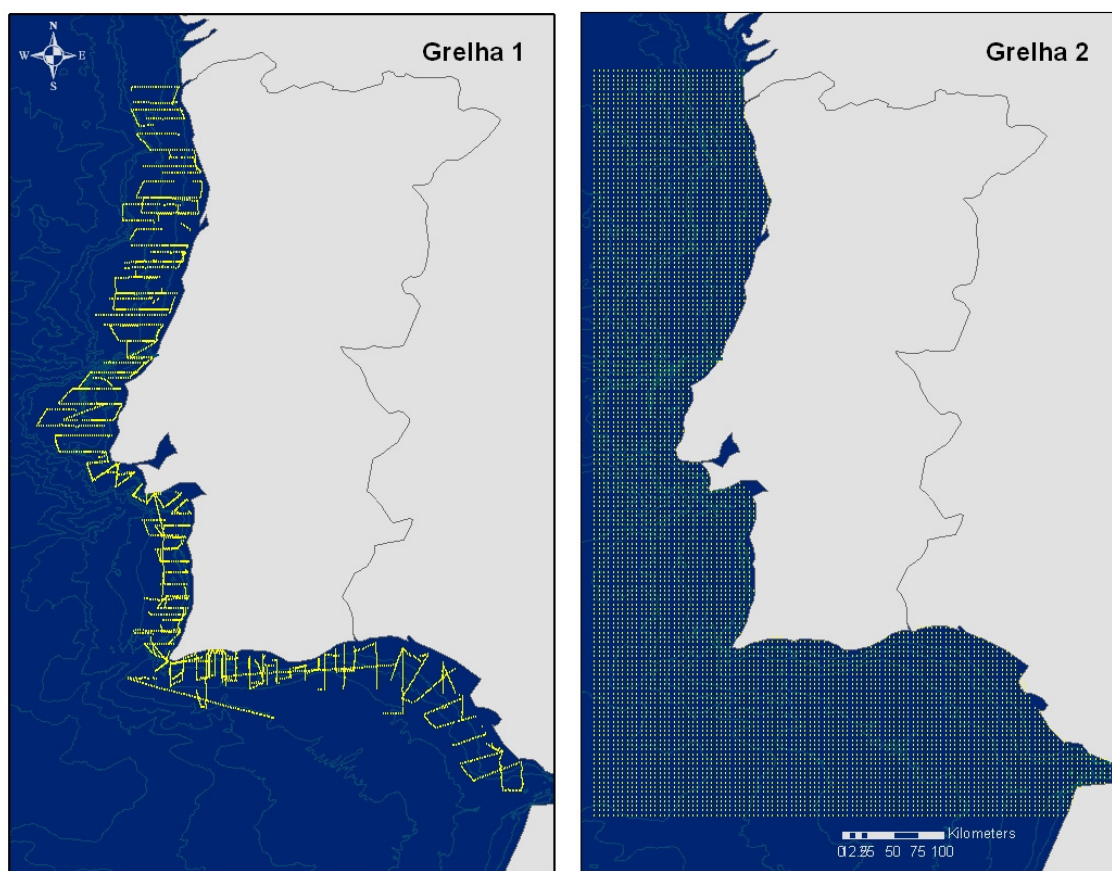


Figura 2.3 – Grelhas de pontos utilizadas. Grelha 1 – pontos utilizados na modelização das densidades de Alcatraz, coincidente com os pontos de observação; Grelha 2 – grelha de pontos para a estimativa de densidades para toda a área de estudo, pontos equidistantes com distância de 4 km entre si.

Quadro 2.2 – Descrição das Grelhas 1 e 2 e das variáveis disponíveis para cada grelha.

Nome	Código	Descrição	Unidade	Grelha 1	Grelha 2
Longitude	X	Coordenadas projectadas – UTM 29N	Metros	√	√
Latitude	Y	Coordenadas projectadas – UTM 29N	Metros	√	√
Estado do mar	SEASTATE	Identificado pelo observador na altura do censo; Escala de 1 (mar como espelho) a 6 (ondas grandes)	-	√	
Material flutuante	FLOATING	Identificado pelo observador na altura do censo; Presença/ Ausência/ Distância de outras embarcações, escala de 1 a 12	-	√	
Visibilidade	VISIBILITY	Identificado pelo observador na altura do censo; Escala de A=<2km a D=>10km	-	√	
	CRUISE	Número do Cruzeiro realizado; Escala de 1 (Fevereiro); 2 (Abril) e 3 (Novembro)	-	√	
Densidade de Alcatraz	SULA	Valor da densidade obtida para cada ponto de observação, obtido através do nº de aves observado/ Área prospectada	nº de aves/km ²	√	
Profundidade	BATIMETRY	Profundidade média calculada para cada ponto de observação (escala positiva)	Metros	√	√
Distancia à costa	DISTCOAST	Distancia à costa calculada para cada ponto de observação	Metros	√	√
Clorofila <u>a</u>	CHL	Média mensal de concentração de clorofila <u>a</u> obtida através de imagens de satélite	mg/m ³	√	√
Temperatura superficial da água do mar	SST	Média mensal de temperatura superficial da água do mar obtida através de imagens de satélite	°C	√	√
Intensidade do Vento	WIND	Valores médios mensais para intensidade do vento btidos através de imagens de satélite	km/h	√	√
Temperatura superficial da água do mar	I_TEMP	Temperatura da água do mar a 3 m de profundidade, recolhida <i>in situ</i> – IPIMAR	°C	√	
Salinidade	I_SAL	Salinidade no ponto de observação, recolhida <i>in situ</i> – IPIMAR		√	
Fluorescência	I_FLUOR	Fluorescência no ponto de observação, recolhida <i>in situ</i> – IPIMAR	volts	√	

2.6 Modelização empírica

Uma descrição mais pormenorizada dos aspectos teóricos e dos modelos estatísticos aplicados à ecologia pode ser encontrada em, por exemplo: Pebesma *et al.* (2000), Pebesma *et al.* (2005), Zar (1999). No presente estudo os modelos propostos servem dois objectivos principais: (1) averiguar se existe uma relação entre as variáveis ambientais disponíveis e as densidades de Alcatraz observadas e, em caso afirmativo, quantificar essa relação e (2) estimar a densidade de Alcatraz para além dos pontos de amostragem, para toda a área de estudo.

Nos últimos 30 anos observou-se um importante desenvolvimento na análise de regressões, proporcionado pelos modelos lineares generalizados (GLM – generalized linear models) (McCullagh & Nelder, 1989) e pelos modelos generalizados aditivos (GAM – generalized additive models) (Hastie & Tibshirani, 1990).

GLM são extensões matemáticas de modelos lineares que permitem não-linearidade e estruturas de variância que não sejam constantes nos dados, para além de permitirem a aplicação de ferramentas estatísticas mais tradicionais utilizadas em modelação linear e análise de variância (ANOVA) (Hastie & Tibshirani, 1990). Estes modelos, apresentados pela primeira vez em 1972, por Nelder e Wedderburn, baseiam-se em determinadas relações assumidas entre a média da variável de resposta e a combinação linear das variáveis explicativas. Os GLM são por isso mais flexíveis e mais adaptados para analisar relações ecológicas que podem ser pouco representadas por distribuições Gaussianas (Guisan *et al.*, 2002), uma vez que a variável de resposta do modelo passa a poder provir do universo de distribuições da família exponencial, deixando de ter obrigatoriamente uma distribuição Normal. Para além disso observou-se outra generalização, a relação entre a variável de resposta e as variáveis explicativas pode ser estabelecida por qualquer função monótona e diferenciável.

Actualmente, os acrónimos GLM e GAM traduzem um grande potencial na aplicação em investigação científica. Ambos métodos, mas sobretudo os GLM têm sido largamente aplicados na investigação ecológica, como pode ser evidenciado por um número crescente de publicações científicas que incorporam estas ferramentas de regressão (Guisan *et al.*, 2002).

2.6.1 Modelos Lineares Generalizados com todas as variáveis – GLM1

Com o intuito de averiguar as relações entre as diversas variáveis ambientais e a densidade de Alcatraz, foram realizados modelos de regressão múltipla com consideração de todas as variáveis (parâmetros ambientais) em estudo tendo como base os valores médios obtidos para cada ponto de observação e para cada mês – GLM1. Todos os cálculos foram feitos em R, versão 2.4.0., um programa estatístico de distribuição gratuita (<http://www.r-project.org/>). Tendo em conta o diferente comportamento desta espécie de acordo com a sua fenologia, realizou-se um modelo para cada mês em estudo (Fevereiro, Abril, Novembro).

Para a análise estatística deste estudo utilizaram-se valores de densidades de Alcatraz (n° de aves/km²) como variável dependente. Estes dados apresentaram um elevado número de zeros (pontos de observação sem Alcatraz), pelo que se optou pela utilização de GLM, com família quasi-Poisson, que usa uma função logarítmica da variável de resposta com parâmetros de dispersão apropriados para os dados (sobre-dispersos).

Das variáveis preditivas ou independentes (variáveis ambientais) seleccionaram-se as ecologicamente relevantes como variáveis potenciais para o modelo de regressão. Tendo em conta o considerável tamanho e porte distinto do Alcatraz, facilmente reconhecível com qualquer condição de visibilidade, decidiu-se excluir a variável “Visibilidade” (VISIBILITY) como sendo não relevante para detecção desta espécie em particular. As variáveis independentes contínuas foram testadas para normalidade e transformadas (logaritimização – base e) quando necessário.

Foram considerados dois tipos de relações entre a densidade de Alcatraz e cada uma das variáveis preditivas contínuas: linear (1ª ordem) e quadrática (2ª ordem). A primeira, linear (x), corresponde ao efeito, positivo ou negativo (tendência), da variável preditiva, representada por uma linha recta. A segunda, quadrática ($x+x^2$), permite uma resposta curvilínea, Gaussiana. Algumas variáveis preditivas, tais como estado do mar e material flutuante, são factores (variáveis em classes).

Construiu-se primeiro um modelo “completo” de regressão múltipla para cada mês em estudo, com utilização de todas as variáveis disponíveis à excepção da visibilidade (Quadro 2.3). As variáveis contínuas (eventualmente transformadas) foram incluídas com um termo linear e um quadrático.

Quadro 2.3 – Variáveis utilizadas nos modelos GLM 1.

Nome	Código	Tipo
Estado do mar	SEASTATE	Factor
Material flutuante	FLOATING	Factor
Profundidade	BATIMETRY+ BATIMETRY ²	Contínua
Distancia à costa	DISTCOAST+ DISTCOAST ²	Contínua
Clorofila <i>a</i>	log(CHL) + log(CHL) ²	Contínua
Temperatura superficial da água do mar	log(SST) + log(SST) ²	Contínua
Intensidade do Vento	WIND + WIND ²	Contínua
Temperatura superficial da água do mar	I_TEMP + I_TEMP ²	Contínua
Salinidade	I_SAL+ I_SAL ²	Contínua
Fluorescência	log(I_FLUOR) + log(I_FLUOR) ²	Contínua

Partindo de este modelo máximo, utilizou-se o processo de selecção *stepwise backward*, que elimina sucessivamente as variáveis menos significantes (usando a função “drop1” do R). O critério de selecção utilizado foi o AIC (Akaike, 1977 *in* Krishnaiah, 1977), que se torna mais restritivo à medida que o modelo se torna mais complexo (ou seja, quanto mais variáveis se encontrarem no modelo mais significante tem que ser uma variável para ser aceite no modelo). Só se considera eliminar a parte linear duma variável (x) quando o quadrado da mesma (x^2) foi eliminado. A selecção parou quando nenhuma das variáveis (ou seus quadrados) no modelo se revelava não significativa de acordo com o AIC.

A partir dos modelos finais obtidos para cada mês, efectuaram-se previsões para os pontos de amostragem (Grelha 1), e calcularam-se os erros entre as densidades observadas e as previstas pelo modelo.

2.6.2 Modelos Lineares Generalizados com variáveis de detecção remota e topografia – GLM2

Para obter estimativas de densidades para toda a área de estudo, realizou-se um segundo conjunto de modelos, considerando apenas as variáveis preditivas de detecção remota e topografia, disponíveis para toda a área em estudo (Grelha 2) – GLM2. As variáveis utilizadas para os GLM 2 foram as descritas no quadro 2.4.

Quadro 2.4 – Variáveis utilizadas nos modelos GLM 2.

Nome	Código	Tipo
Profundidade	BATIMETRY+ BATIMETRY ²	Contínua
Distancia à costa	DISTCOAST+ DISTCOAST ²	Contínua
Clorofila <i>a</i>	log(CHL) + log(CHL) ²	Contínua
Temperatura superficial da água do mar	log(SST) + log(SST) ²	Contínua
Intensidade do Vento	WIND + WIND ²	Contínua

Os modelos foram construídos do mesmo modo como os GLM1. A partir dos GLM2 finais para cada mês, obtiveram-se previsões para toda a área em estudo (Grelha 2) e os respectivos erros de previsão.

2.6.3 Correlação espacial a partir de GLM 2

Considerando que os modelos de regressão, quando aplicados a fenómenos naturais, habitualmente apenas explicam uma pequena parte da variação total observada – geralmente por falta de variáveis preditivas relevantes – os resíduos inerentes a esses modelos são grandes. Esses resíduos mostram frequentemente autocorrelação espacial, ou seja, resíduos de amostras próximas tendem a ser mais

semelhantes do que resíduos de amostras distantes, um fenómeno que pode ser aproveitado para melhorar as previsões do modelo de regressão.

Pebesma *et al.* (2000) sugeriram combinar estimativas de regressão com estimativas geostatísticas (obtidas por *krigagem*) dos resíduos dos modelos de regressão. Assim, adiciona-se a informação espacial contida nos resíduos, não explicada pelas variáveis preditivas do modelo de regressão, à estimativa da regressão, o que pode melhorar a previsão.

Este método foi aplicado aos modelos GLM 2. A autocorrelação residual de cada GLM 2 foi quantificada e modelada. Calculou-se o semivariograma, ou variograma em linguagem geostatística corrente, empírico dos resíduos standardizados de Pearson. Foi aplicado um modelo ao variograma, tendo-se recorrido a *Block kriging* para combinar os resultados da regressão com os da *krigagem* e assim efectuar uma previsão para cada quadrícula de 4 por 4km. Este procedimento forneceu também um erro de estimativa, a variância da *krigagem*, cuja raiz quadrada é comparável ao erro de estimativa da regressão. Os modelos foram assim melhorados, sobretudo na zona amostrada, pois longe dela a autocorrelação não é quantificável e a previsão baseou-se apenas na regressão (Bio, 2007). Uma descrição detalhada do procedimento pode ser encontrada em Pebesma *et al.* (2000, 2005).

3. Resultados

3.1 Variáveis ambientais *in situ*

Temperatura da água do mar

Os valores da temperatura da água recolhida a três metros de profundidade mantiveram-se mais elevados no mês de Novembro do que nos restantes meses, com temperaturas entre os 14 e os 19 °C nesse mês. O mês de Fevereiro foi o mês que registou temperaturas mais frias, sendo o valor mínimo de 11.50 e o máximo 16 °C. As águas a Norte de Portugal apresentam um valor mais baixo durante os três meses em estudo. Em Abril observa-se a presença de águas mais quentes junto à foz do Rio Minho, provavelmente consequência do mesmo. As águas algarvias e do Golfo de Cádiz apresentam valores mais elevados todos os meses (Figura 3.1).

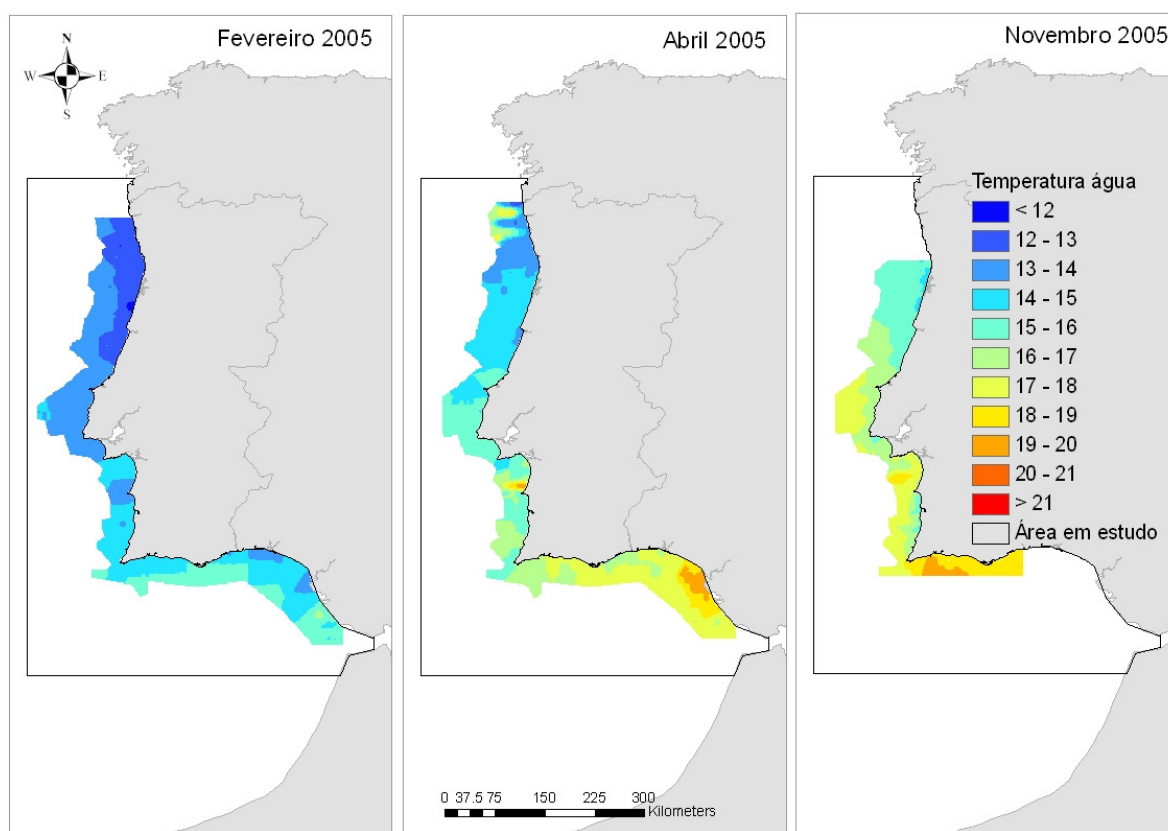


Figura 3.1 – Valores de temperatura da água do mar (L_TEMP) (°C) recolhidos *in situ* pelo NI do IPIMAR, a 3 metros de profundidade, em Fevereiro, Abril e Novembro de 2005.

Salinidade

Os valores de salinidade obtidos mantiveram-se predominantemente entre os 35 e os 36. Junto à foz de alguns rios, por exemplo Rio Douro, observa-se uma diminuição de salinidade. A salinidade a Sul de Portugal é ligeiramente mais elevada (Figura 3.2).

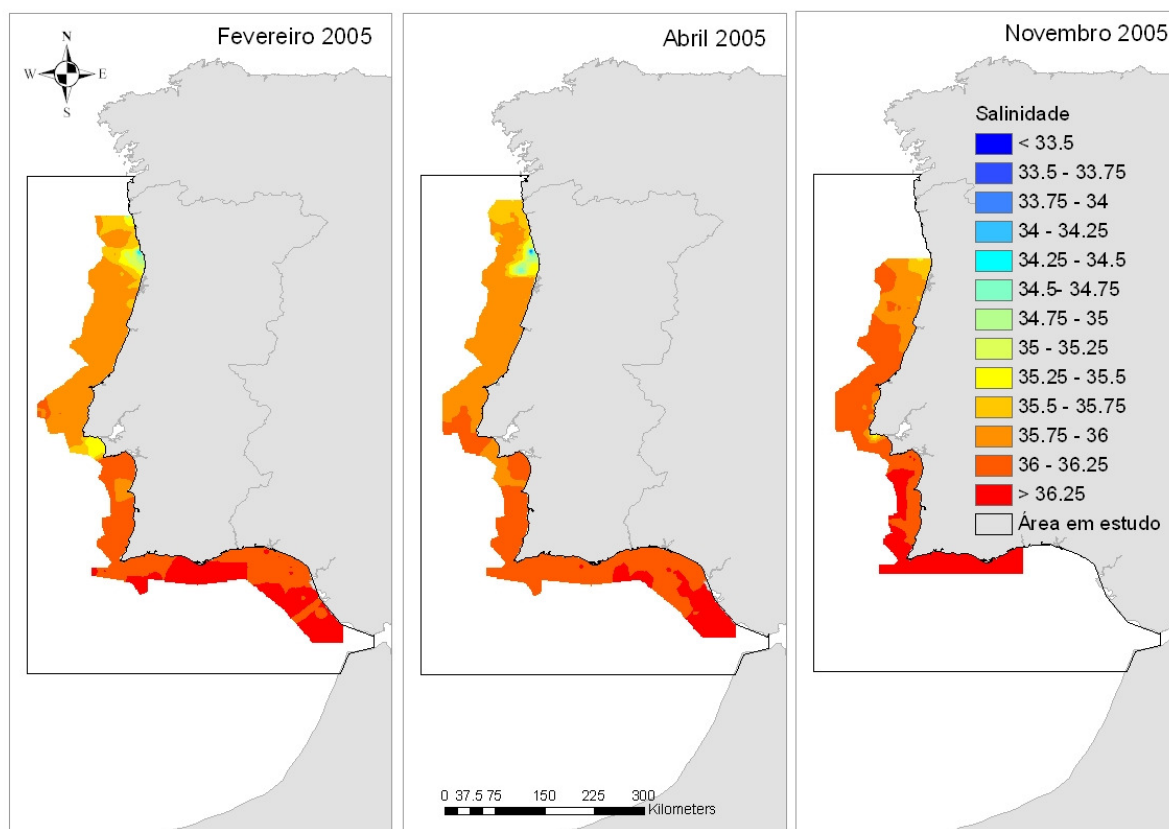


Figura 3.2 – Valores de salinidade (I_{SAL}) recolhidos *in situ* pelo NI do IPIMAR, a 3 metros de profundidade, em Fevereiro, Abril e Novembro de 2005.

Fluorescência

A Fluorescência, uma medida utilizada para determinar a clorofila na água do mar manteve-se entre os 0,07 e os 1,53 volts, sendo o mês de Abril o que apresentou uma maior amplitude de valores. Em Abril observou-se um aumento de fluorescência na costa Centro de Portugal, entre Peniche e Aveiro. Junto à foz dos principais rios (por ex. Rio Douro e Rio Tejo) observa-se um aumento de fluorescência (Figura 3.3).

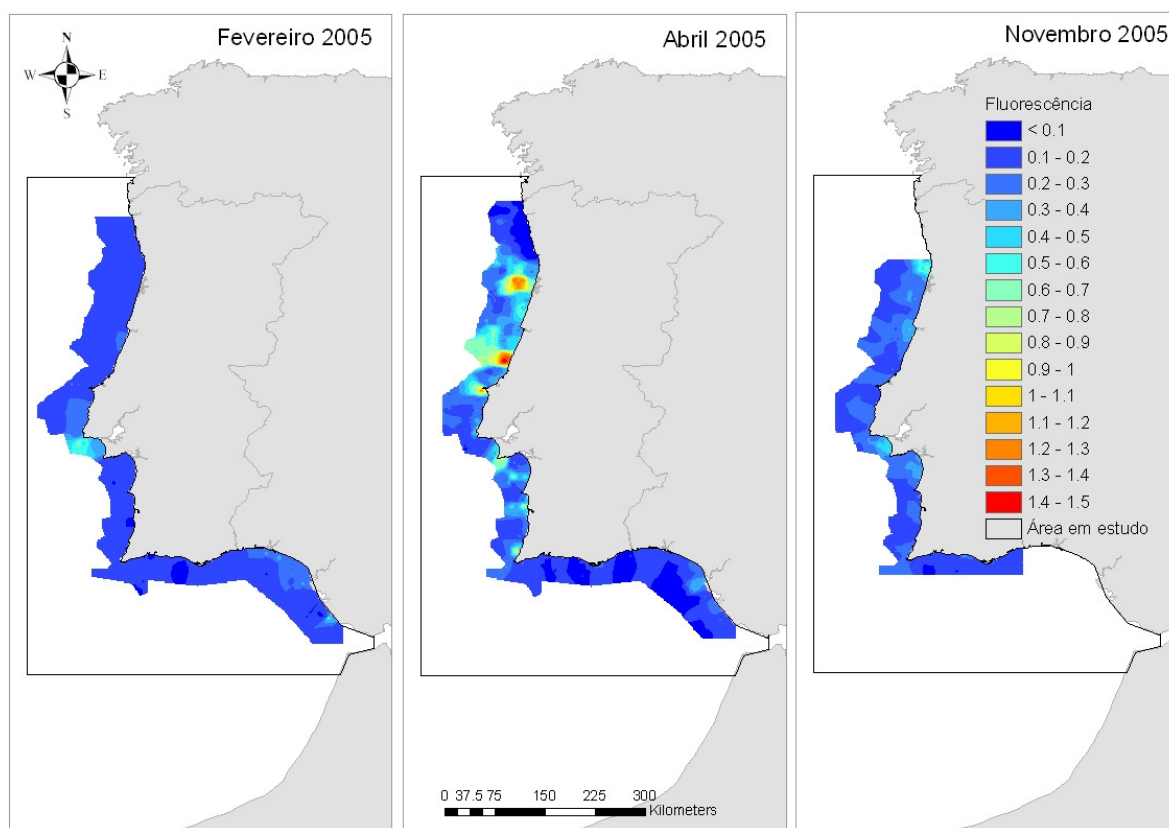


Figura 3.3 – Valores de fluorescência (I_FLUOR) (volts) recolhidos *in situ* pelo NI do IPIMAR, a 3 metros de profundidade, em Fevereiro, Abril e Novembro de 2005.

3.2 Variáveis ambientais – detecção remota

Temperatura Superficial da Água do Mar

Os dados da temperatura superficial da água do mar evidenciaram, em Fevereiro de 2005, a existência de uma massa de água mais fria na costa Norte de Portugal. Novembro foi o mês com temperaturas superficiais da água mais elevadas (Figura 3.4). Esta razão da temperatura (valores mais baixos registados para o mês de Fevereiro e valores mais elevados para o mês de Novembro) também foi notória nos valores recolhidos *in situ* (mencionados anteriormente).

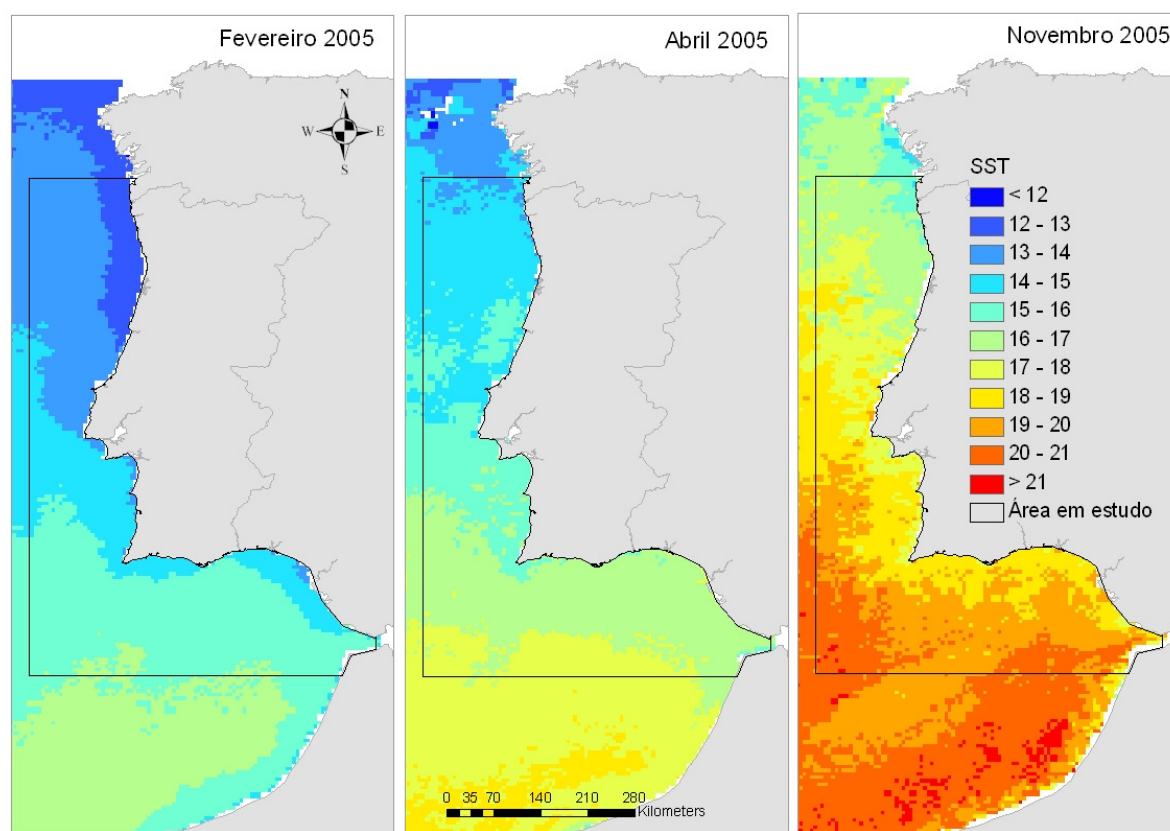


Figura 3.4 – Médias mensais da Temperatura Superficial da Água do Mar (SST) (°C), para os meses de Fevereiro, Abril e Novembro de 2005.

Clorofila *a*

Os dados de clorofila *a* para os meses em estudo revelaram uma maior concentração junto à costa, devida à menor profundidade e maior influência de nutrientes vindos de rios e de terra. O mês de maior concentração de clorofila *a* é Abril (Figura 3.5).

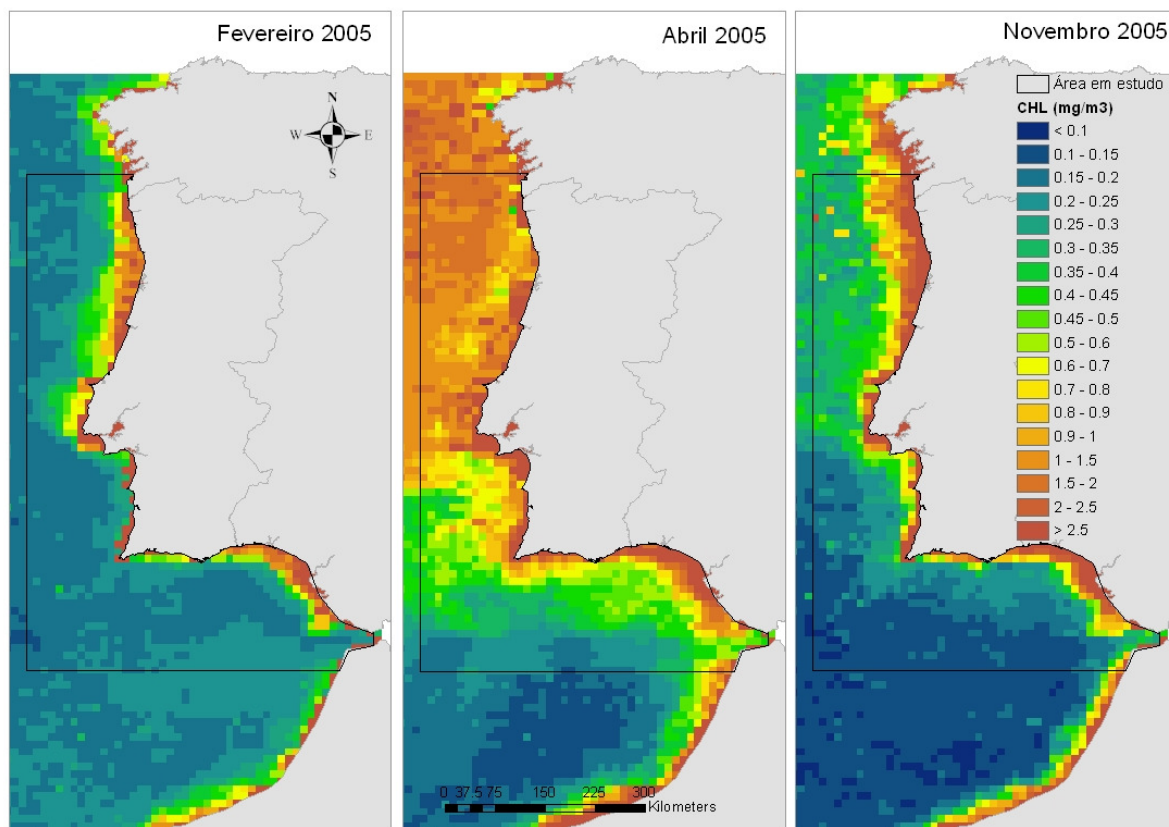


Figura 3.5 – Médias mensais de Clorofila *a* (CHL) (mg/m³), para os meses de Fevereiro, Abril e Novembro de 2005.

Intensidade do Vento

Os dados de intensidade do vento para os meses em estudo revelaram médias mensais ligeiramente superiores para os meses de Inverno e Outono, Fevereiro e Novembro, respectivamente, em comparação com o mês de Abril (Figura 3.6).

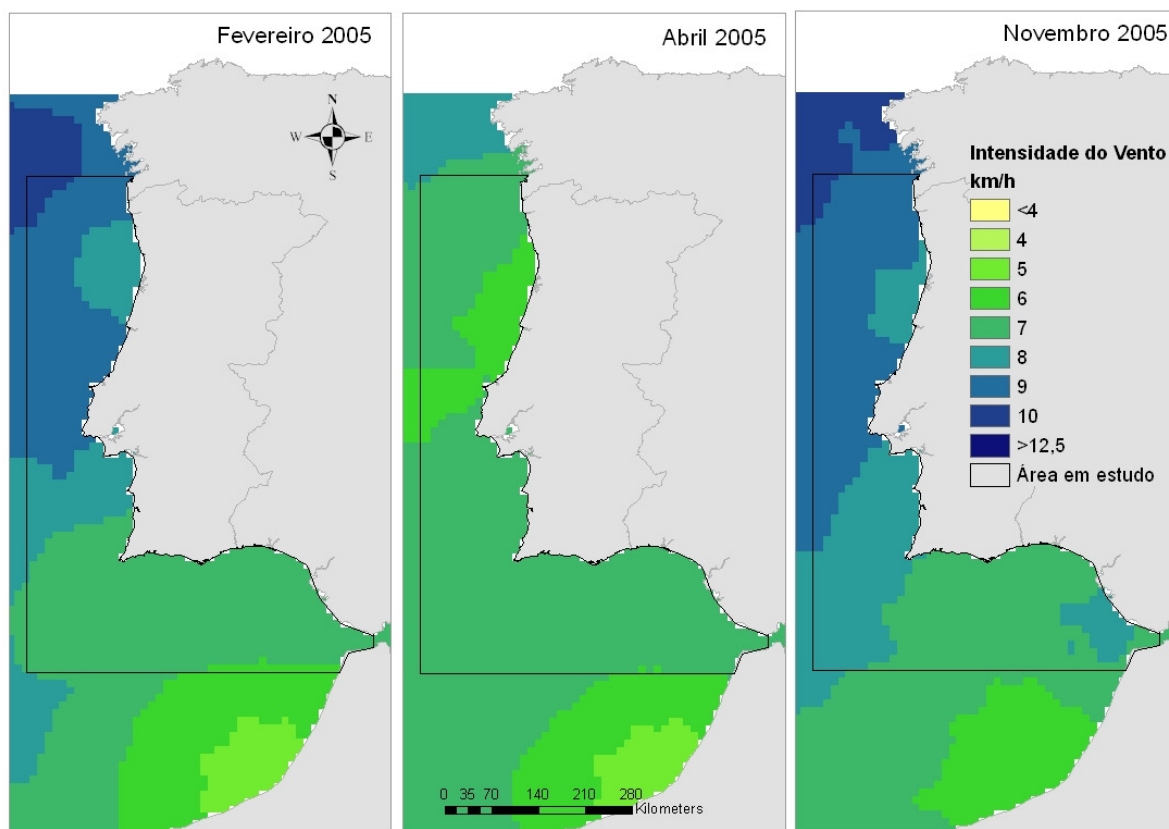


Figura 3.6 – Médias mensais de Intensidade do vento (WIND) (km/h), para os meses de Fevereiro, Abril e Novembro de 2005.

3.3 Censos visuais

Os censos visuais marítimos realizados a bordo dos navios de investigação científica do IPIMAR tiveram lugar de uma forma sistemática, afastando-se no máximo 30 milhas náuticas da costa continental portuguesa. Estes censos permitiram a identificação de 53 espécies de aves e três espécies de cetáceos, com um avistamento total de 26.960 aves, e 1.065 cetáceos, respectivamente.

Realizaram-se cerca de 59 dias de censos visuais marítimos, perfazendo um total de 327 horas de observação, distribuídas por três campanhas (Quadro 3.1).

O Alcatraz foi a segunda espécie mais comum nestas campanhas, perfazendo cerca de 32% (8.613 indivíduos) das aves observadas, apenas sendo ultrapassado pelas gaivotas (*Larus cachinnans michahellis* e *Larus fuscus*), com um total de 12.703 indivíduos observados (47%) para as três campanhas (Figura 3.7; para uma informação mais detalhada sobre as várias espécies identificadas consultar Anexo III).

Quadro 3.1 – Sumário das campanhas efectuadas a bordo dos navios de investigação do IPIMAR, em 2005.

	Campanha			Total
	Fevereiro	Abril	Novembro	
Dados Base gerais				
Datas	28/01 a 24/02	11/04 a 09/05	12/11 a 30/11	
Dias de observação	22	24	13	59
Poskeys (Unidade de amostragem)	1 213	1 797	913	3 923
Número de horas de observação	101	150	76	327
Esforço de observação (km percorridos)	3 587	5 426	3 082	12 095
Área observada (km ²)	1 076	1 628	925	3 628
Dados Biológicos gerais				
Número de espécies de aves identificadas	20	29	27	43
Número total de indivíduos de aves observados	8 740	9 755	8 465	26 960
Número de espécies de cetáceos identificados	2	2	2	2
Número total de indivíduos de cetáceos observados	256	248	461	1 065
Dados Biológicos Alcatraz				
Número total de Alcatraz observados	3 095	1 832	2 876	8 613
Percentagem do número de aves	35%	19%	34%	32%
Amostras com presença de Alcatraz (% do total)	589 (49%)	528 (29%)	389 (57%)	1 936 (49%)
Número de indivíduos de Alcatraz considerados ¹	1 157	643	1 290	3 090
Densidade média Alcatraz por km ²	1,08	0,39	1,40	0,85
Amostras com presença de Alcatraz consideradas ¹ (% do total)	336 (28%)	257 (14%)	396 (43%)	989 (25%)

¹ Tal como previamente referenciado na descrição do método, apenas as aves que estão a tocar na água, ou a voar durante o *snap-shot*, são contabilizadas como dentro do transecto. Apenas estas aves são utilizadas no cálculo de densidade (nº de aves/km²) e na análise estatística.

Os resultados obtidos apresentam numerosos períodos sem avistamento de Alcatraz; 75% das amostras utilizadas no presente estudo têm zero observações de Alcatraz. A campanha em que se registou o maior número de amostras com presença de Alcatraz foi o realizado no mês de Novembro, com 43% de amostras com presença de Alcatraz.

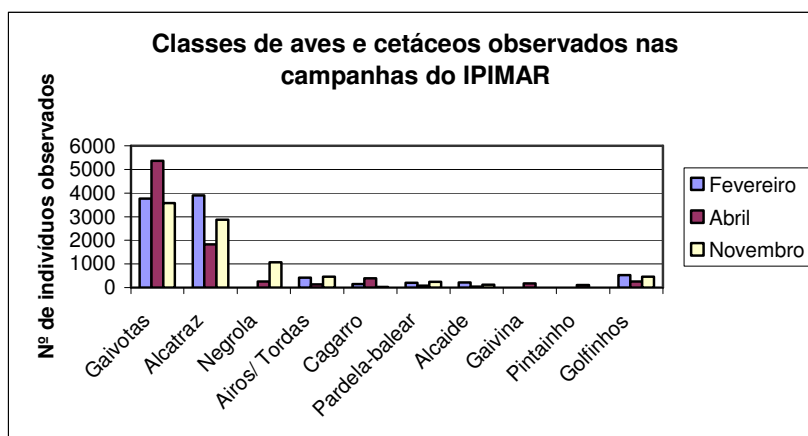


Figura 3.7 – Números de aves e cetáceos identificados das espécies/classes mais representativas durante as três campanhas do IPIMAR, em 2005.

3.3.1 Densidade de Alcatraz

As densidades de Alcatraz calculadas para as amostras variam geralmente entre o zero (75% das amostras) e poucas dezenas de aves por km^2 (Figura 3.8). Em Fevereiro observou-se um valor excepcional de $720 \text{ aves}/\text{km}^2$, possivelmente devido à passagem de uma embarcação de pesca a menos de 2 km da zona de observação. Este valor foi considerado um *outlier*, não representativo dos dados em geral, e removido. Mais de 92% dos valores de densidades situam-se abaixo dos cinco alcatrazes por km^2 .

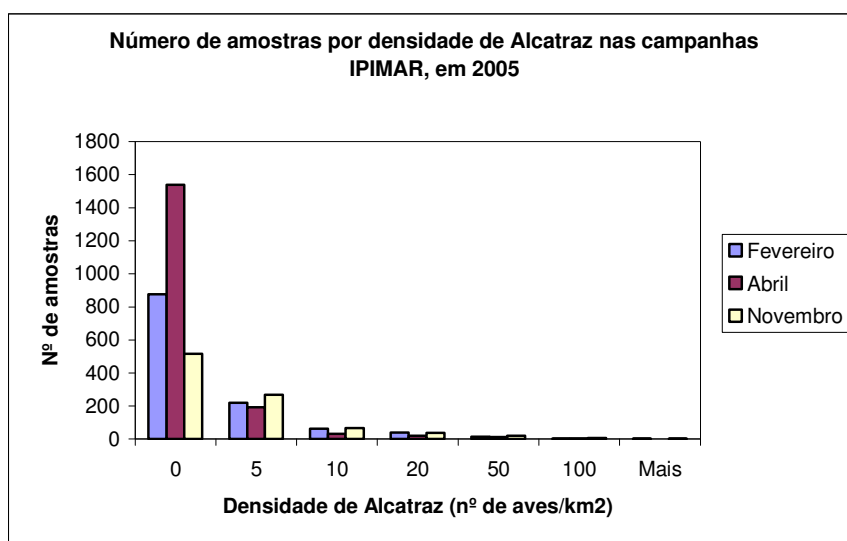


Figura 3.8 – Frequência de densidade de Alcatraz observadas para as três campanhas do IPIMAR, em 2005.

A distribuição de Alcatraz no mês de Fevereiro encontrou-se mais centrada na costa Norte e Centro de Portugal, atingindo um valor máximo de 66 indivíduos por km². Na costa algarvia observou-se um número elevado de alcatrazes junto ao Cabo de São Vicente. O mês de Abril foi o que apresentou o menor número e as menores densidades de alcatrazes, com concentração principal na costa algarvia. No Norte de Portugal observou-se uma densidade máxima de 53 alcatrazes por km², provavelmente devido à passagem de uma embarcação de pesca. O mês de Novembro foi o que apresentou a distribuição mais regular ao longo de toda a costa. Contudo, foi notório o aumento de densidades na costa Centro, entre o Rio Douro e Peniche (Figura 3.9). A gama de valores da densidade de Alcatraz observada neste mês variou entre 0 e 171 indivíduos por km².

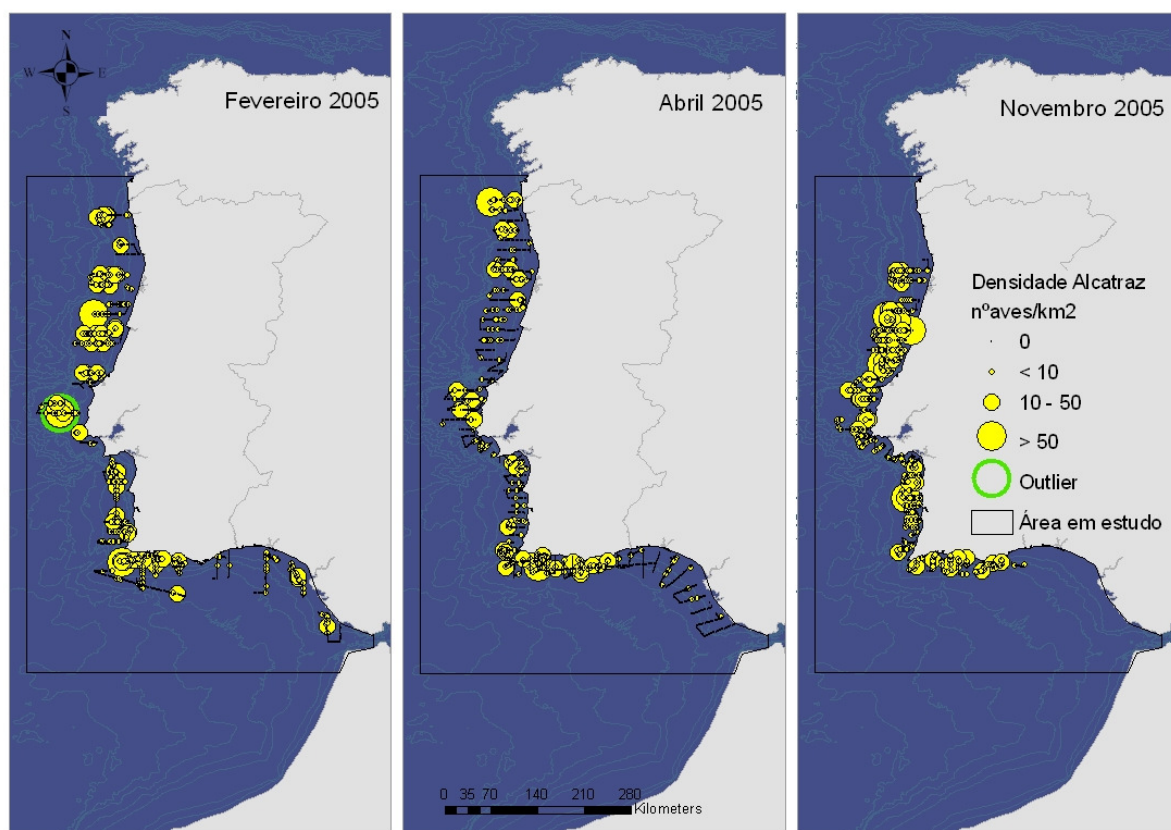


Figura 3.9 – Distribuição e densidades de Alcatraz observados durante as três campanhas. O tamanho do círculo indica a densidade de aves (nº de aves/km²), sendo o seu centro o ponto central da observação.

3.3.2 Modelos empíricos considerando todas as variáveis disponíveis – GLM 1

No quadro 3.2 é apresentado um resumo dos modelos finais obtidos para cada mês em estudo.

Quadro 3.2 – Quadro resumo dos três modelos finais GLM 1 para distribuição de Alcatraz; Nº de amostras - nº de amostras utilizadas no modelo (exclusão de valores *No data*), Variáveis – variáveis ambientais seleccionadas, Rank – ordenação das variáveis por importância no modelo (1= a mais importante), %D – percentagem de variância (*deviance*) explicada pelo modelo, SE – erro padrão do modelo (*Standard error*)¹.

Cruzeiro	Nº amostras	Variáveis	Rank	%D	SE
Fevereiro	615	DISTCOAST + DISTCOAST ²	2	21,5	4,57
		log(CHL) + log(CHL) ²	1		
		log(SST) + log(SST) ²	3		
		WIND + WIND ²	4		
		I.SAL + I.SAL ²	5		
Abril	1244	SEASTATE	4	8,6%	3,46
		BATIMETRY + I(BATIMETRY ²)	5		
		log(SST)	2		
		WIND + I(WIND ²)	3		
		I.SAL + I(I.SAL ²)	1		
		log(I.FLUOR)	6		
Novembro	699	DISTCOAST + I(DISTCOAST ²)	2	20,6%	9,31
		log(CHL) + I(log(CHL) ²)	1		
		log(SST)	7		
		WIND	4		
		I.TEMP + I(I.TEMP ²)	3		
		I.SAL + I(I.SAL ²)	6		
		log(I.FLUOR) + I(log(I.FLUOR) ²)	5		

¹ SE, Erro padrão = $\sqrt{(\sum (j_i - k_i)^2) / (n - p)}$,

Em que j são as densidades observadas; k as densidades previstas pelo modelo; n o número de amostras e p os graus de liberdade utilizados pelo modelo.

Fevereiro 2005

Para o mês de Fevereiro foi efectuado um primeiro modelo com todas as amostras e variáveis, contudo constatou-se que um valor extremo (*outlier* com 720,6 aves/km²) estava a dominar o modelo e a criar valores de dispersão sem significado ecológico. No sentido de corrigir esse efeito optou-se por eliminar a amostra referida.

O modelo final obteve como variáveis mais significativas, por ordem de importância, a clorofila *a*, distância à costa, SST, intensidade do vento e salinidade, que explicam aproximadamente 21,5% da distribuição de Alcatraz. Um sumário do modelo é visível no anexo IV. Na Figura 3.10 pode observar-se a distribuição das densidades observadas e das densidades previstas pelo GLM 1. É de salientar uma suavização das densidades previstas pelo GLM 1, eliminando valores extremos de densidade, isto é visível em todos os modelos realizados neste estudo, sendo uma característica dos GLM em geral.

Observa-se uma predominância de Alcatraz na região Centro/Norte da costa portuguesa, tanto nas densidades observadas, como nas previstas. O erro padrão associado ao modelo (SE) tende a aumentar com o aumento dos valores de densidade. A gama de valores de densidades observadas variou entre 0 e 66 alcatrazes por km^2 , enquanto que as densidades previstas apenas atingiram o máximo de 7,70. O erro padrão variou entre 0 e 2,55.

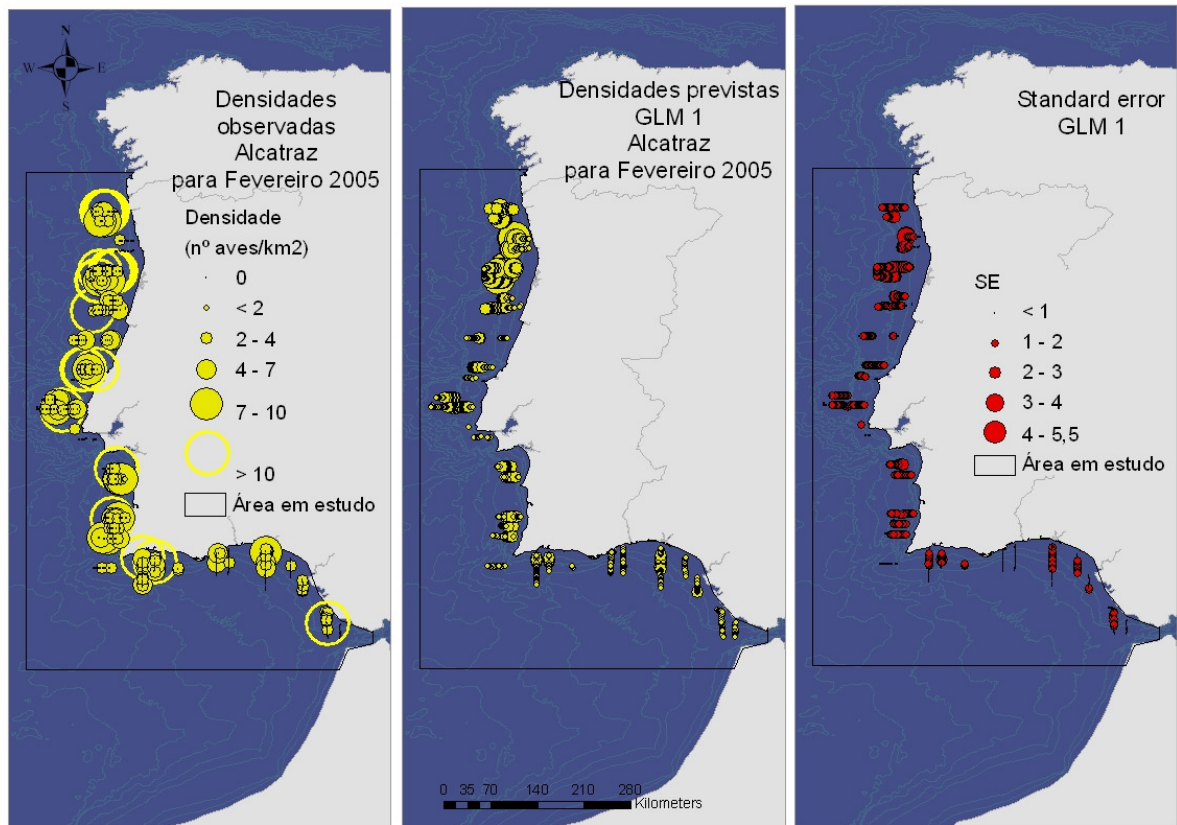


Figura 3.10 – A amarelo: Distribuição das densidades observadas e previstas pelo modelo GLM 1 de Alcatraz, para Fevereiro de 2005, na costa continental portuguesa. O tamanho do círculo indica a densidade de aves (n° de aves/ km^2), sendo o seu centro o ponto central da observação. A vermelho: erro padrão (SE) do modelo.

Abril 2005

No modelo final as variáveis mais significativas foram, por ordem de importância, a salinidade, SST, intensidade do vento, estado do mar, batimetria e fluorescência. O modelo obtido explica aproximadamente 8,6% da distribuição de Alcatraz. Um sumário do modelo é visível no anexo IV. Na Figura 3.11 pode observar-se a distribuição das densidades observadas e das densidades previstas pelo GLM 1. Em Abril pode-se constatar que as densidades observadas e previstas são bastante inferiores às de Fevereiro e centram-se predominantemente na costa Centro/Norte, na costa alentejana, entre Setúbal e Sines, e na costa algarvia. A gama de valores de densidades previstas pelo GLM1 para o mês de Abril foi muito inferior (0 - 5,37) quando comparada com as densidades observadas (0 – 53). O erro padrão variou entre 0 e 2,15.

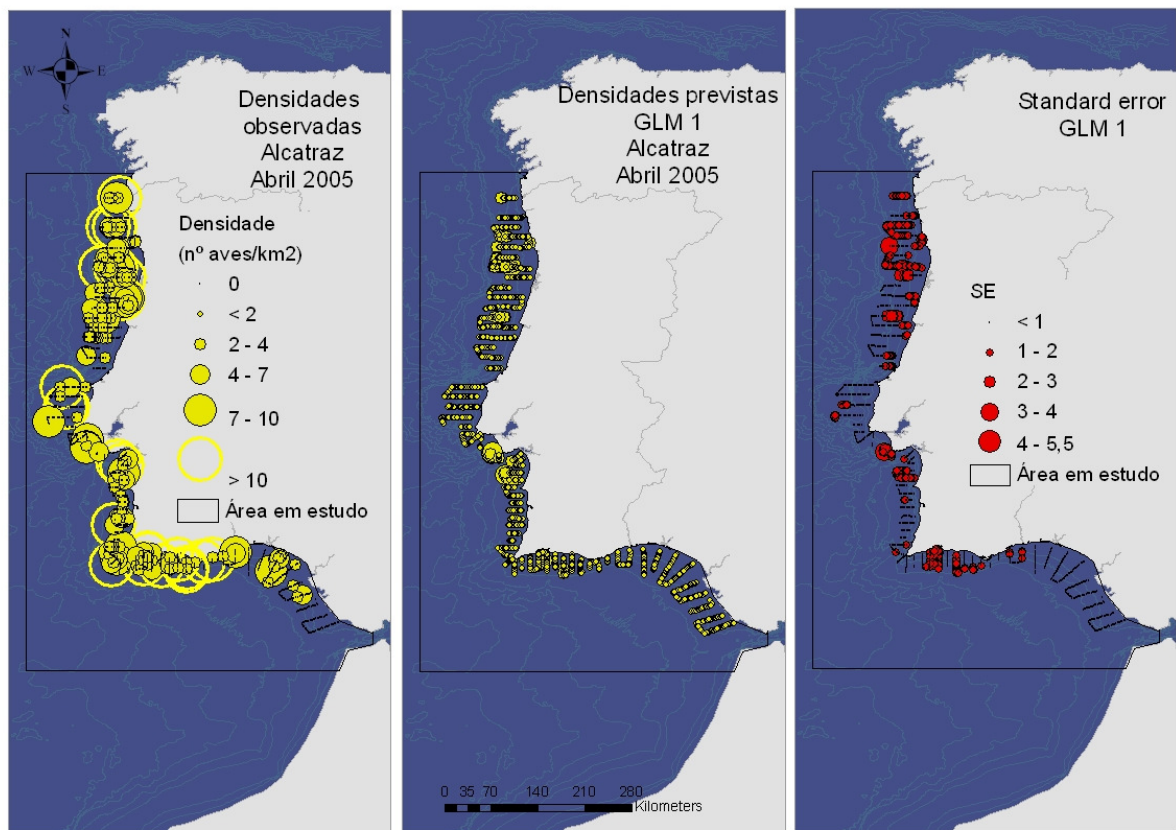


Figura 3.11 – A amarelo: Distribuição das densidades observadas e previstas pelo modelo GLM 1 de Alcatraz, para Abril de 2005, na costa continental portuguesa. O tamanho do círculo indica a densidade de aves (n° de aves/ km^2), sendo o seu centro o ponto central da observação. A vermelho: Erro padrão (SE) do modelo.

Novembro 2005

Para o mês de Novembro não foi possível realizar censos na zona a Norte do Rio Douro devido a más condições atmosféricas, pelo que os dados apenas vão até à região do Porto. As variáveis mais significativas obtidas a partir da modelação foram a clorofila *a*, distância à costa, intensidade do vento, temperatura da água a três metros e batimetria. O modelo final explica aproximadamente 21,6% da distribuição de Alcatraz. Um sumário do modelo é visível no anexo IV. Na Figura 3.12 pode-se observar a distribuição das densidades observadas e das densidades previstas pelo GLM 1. Em Novembro as observações foram dispersas por toda a costa continental portuguesa, sendo observada uma maior estimativa de alcatrazes na região centro. Tanto os valores de densidade estimados, como os observados são superiores aos valores obtidos para os outros meses em estudo, sendo que a gama de valores de densidades observadas variou entre 0 e 171 alcatrazes por km², e as densidades previstas entre 0 e 22,22. O erro padrão variou entre 0 e 5,37. Observa-se que o erro padrão é maior em áreas com maiores densidades de aves.

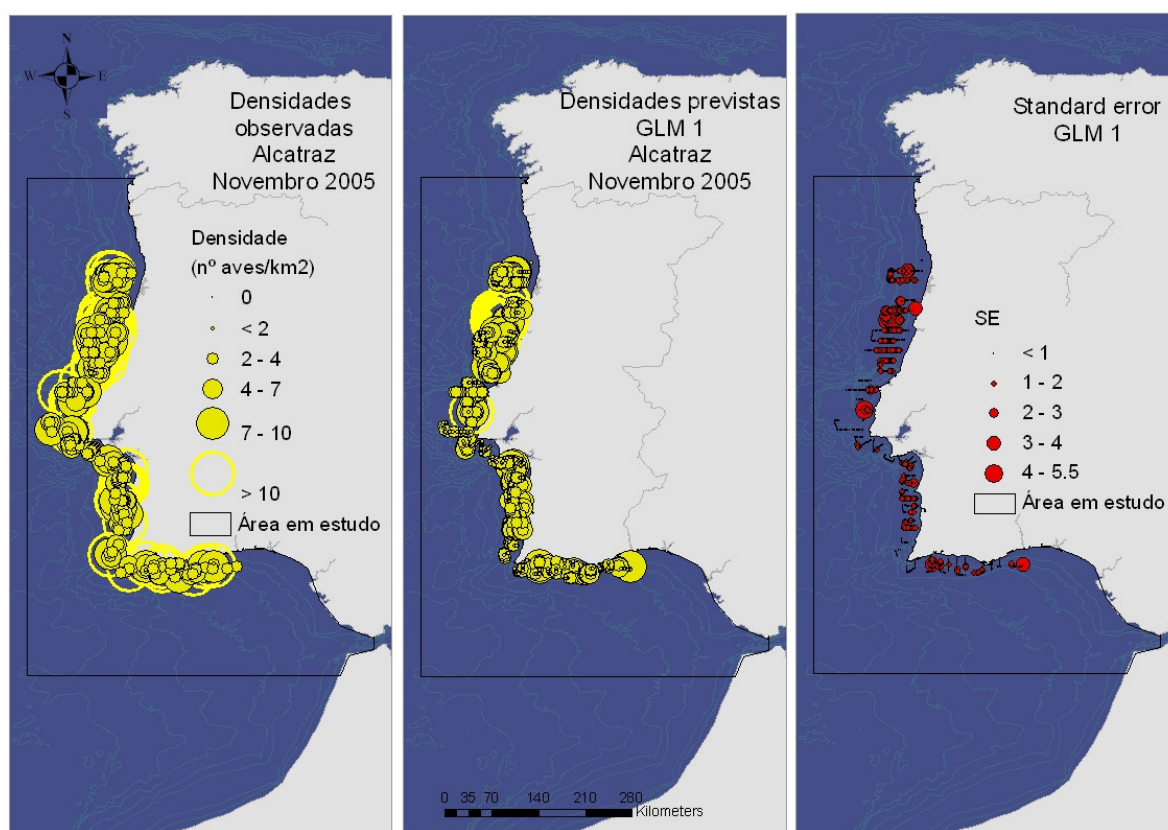


Figura 3.12 – A amarelo: Distribuição das densidades observadas e previstas pelo modelo GLM 1 de Alcatraz, para Novembro de 2005, na costa continental portuguesa. O tamanho do círculo indica a densidade de aves (nº de aves/km²), sendo o seu centro o ponto central da observação. A vermelho: Erro padrão (SE) do modelo.

3.3.3 Modelos empíricos considerando variáveis de detecção remota e topografia – GLM2

Para fazer uma previsão da distribuição de Alcatraz em toda a área de estudo foi necessário realizar novos modelos apenas com as variáveis ambientais disponíveis para essa área, ou seja, batimetria, distância à costa, SST, concentração de clorofila *a* e intensidade do vento. Os modelos finais obtidos para cada mês em estudo encontram-se descritos no Quadro 3.3. A gama de valores de densidade de Alcatraz prevista pelos GLM2 variou entre 0 e 12 indivíduos por km².

Quadro 3.3 – Quadro resumo dos três modelos finais GLM 2 para distribuição de Alcatraz; N^o de amostras - n^o de amostras utilizadas no modelo (exclusão de valores *No data*), Variáveis – variáveis ambientais seleccionadas, Rank – ordenação das variáveis por importância no modelo (1= a mais importante), %D – percentagem de variância explicada pelo modelo, SE – erro padrão do modelo (*Standard error*)¹.

Cruzeiro	N ^o amostras	Variáveis	Rank	%D	SE
Fevereiro	1027	DISTCOAST + I(DISTCOAST ²)	3	16,5%	4,57
		log(CHL) + I(log(CHL) ²)	2		
		log(SST) + I(log(SST) ²)	1		
		WIND	4		
Abril	1652	BATIMETRY	2	3,2%	3,61
		log(SST)	3		
		WIND	1		
Novembro	776	BATIMETRY	3	18,9%	9,35
		DISTCOAST + I(DISTCOAST ²)	2		
		log(CHL) + I(log(CHL) ²)	1		

$$^1 SE = \sqrt{(\sum(j_i - k_i)^2 / (n - p))}$$

Em que *j* são as densidades observadas; *k* as densidades previstas pelo modelo; *n* o número de amostras e *p* os graus de liberdade utilizados pelo modelo.

Fevereiro 2005

O modelo final obteve como variáveis mais significativas a SST, clorofila *a*, distância à costa e intensidade do vento que explicam aproximadamente 16,5% da distribuição de Alcatraz, um pouco menos do que a percentagem obtida pelo GLM 1 (21,5%). Um sumário do modelo é visível no anexo IV. Na Figura 3.13 pode observar-se a distribuição das densidades observadas e das densidades previstas pelo GLM 2. Os valores de densidades previstos pelo GLM 2 são muito semelhantes aos obtidos pelo GLM 1. Isto é notório para toda a costa portuguesa. Neste modelo foi utilizado um número superior de amostras, uma vez que não se verificaram muitas amostras sem valores atribuídos (*No data*). A gama de valores de densidades de Alcatraz obtida para o GLM2 de Fevereiro variou entre 0 e 5,91 enquanto que o valor máximo para o erro foi de 1,05.

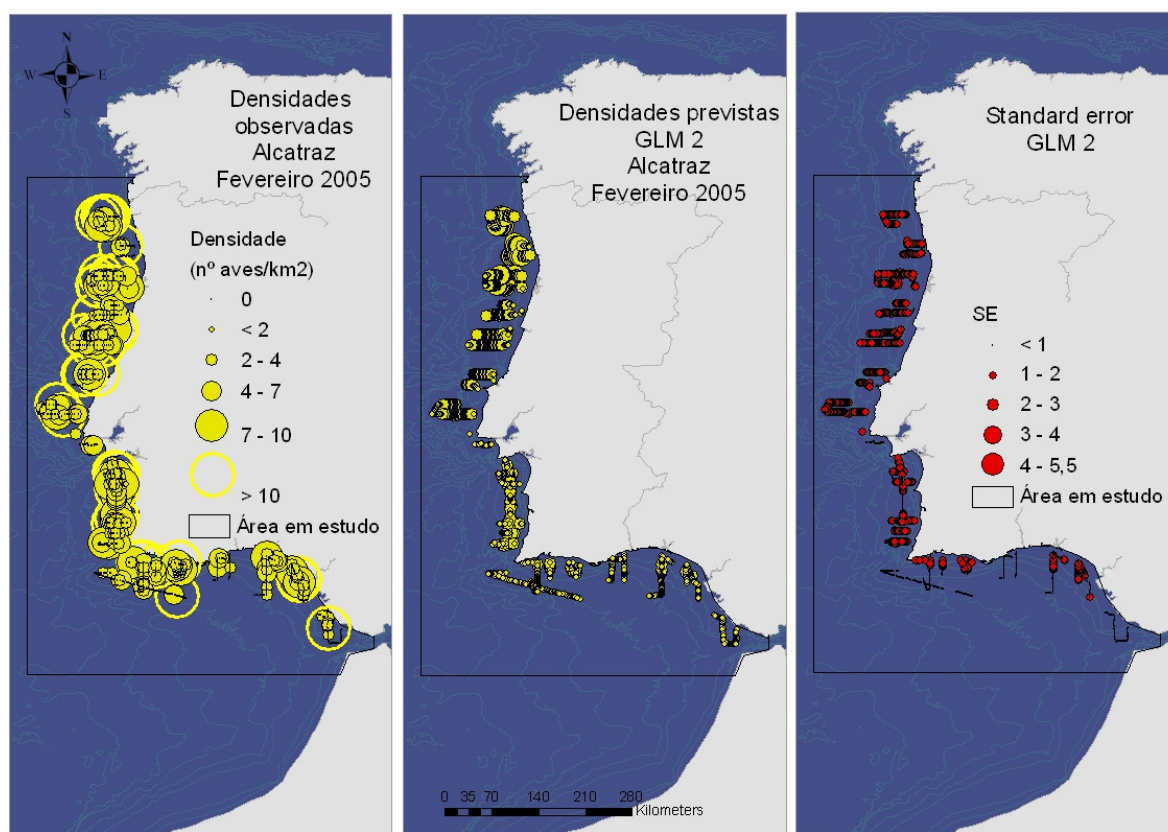


Figura 3.13 – A amarelo: Distribuição das densidades observadas e previstas pelo modelo GLM 2 de Alcatraz, para Fevereiro de 2005, na costa continental portuguesa. O tamanho do círculo indica a densidade de aves (nº de aves/km²), sendo o seu centro o ponto central da observação. A vermelho: Erro padrão (SE) do modelo.

A Figura 3.14, representa uma previsão de densidades de Alcatraz para toda a área em estudo e o seu erro associado. Nesta figura pode observar-se um corredor Norte/Sul junto à costa Centro/Norte, representado pelos quadrados a verde. Este corredor apresenta como valores máximos de densidades de Alcatraz, quatro alcatrazes por km^2 .

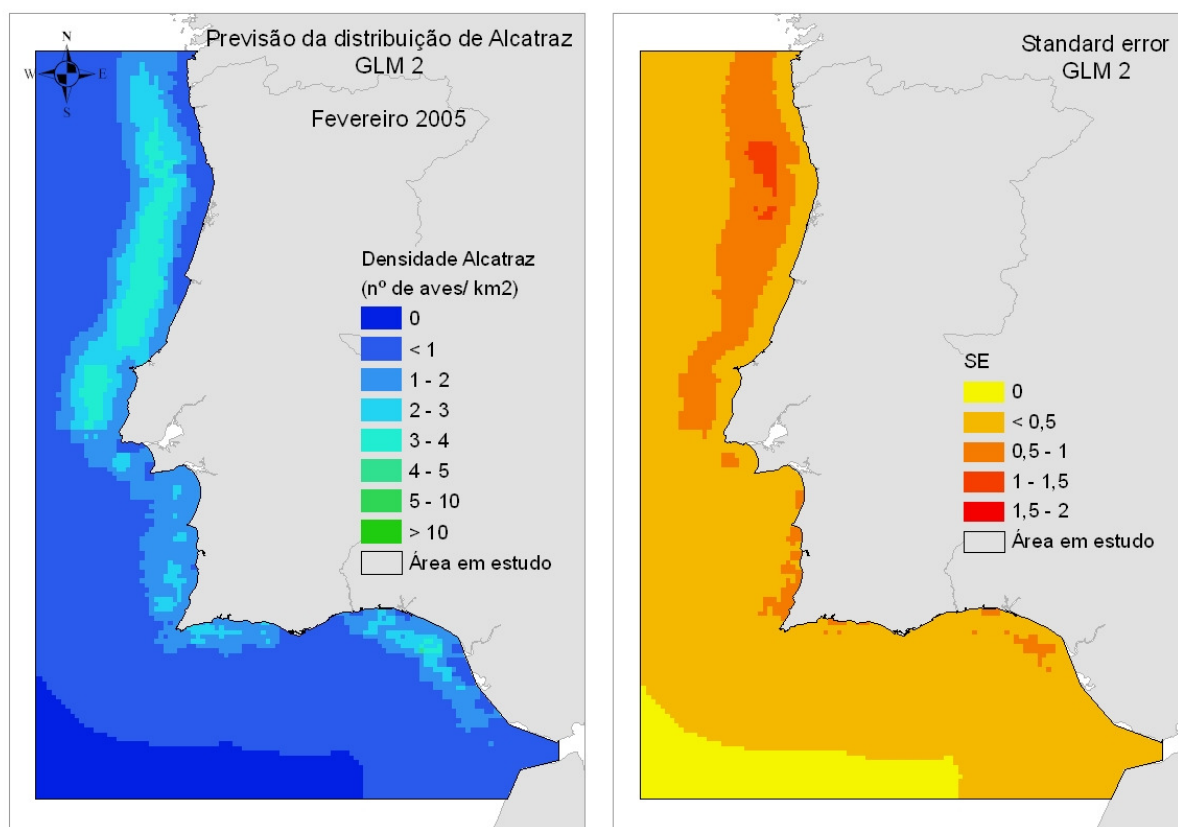


Figura 3.14 – Lado Esquerdo: Previsão da distribuição de densidade de Alcatraz obtida pelo modelo GLM 2, para Fevereiro de 2005, na costa continental portuguesa. Lado direito: Erro padrão (SE) do modelo. Quadrículas de 4x4km.

Abril 2005

O modelo final obteve como variáveis mais significativas a intensidade do vento, SST e batimetria. O modelo obtido apenas explica aproximadamente 3,2% da distribuição de Alcatraz. Um sumário do modelo é visível no anexo IV. Na Figura 3.15 pode observar-se a distribuição das densidades observadas e das densidades previstas pelo GLM 2, cujo valor máximo atingido é de 2,36. Estas diferem das densidades obtidas pelo GLM 1. O valor máximo para o erro foi de 0,98.

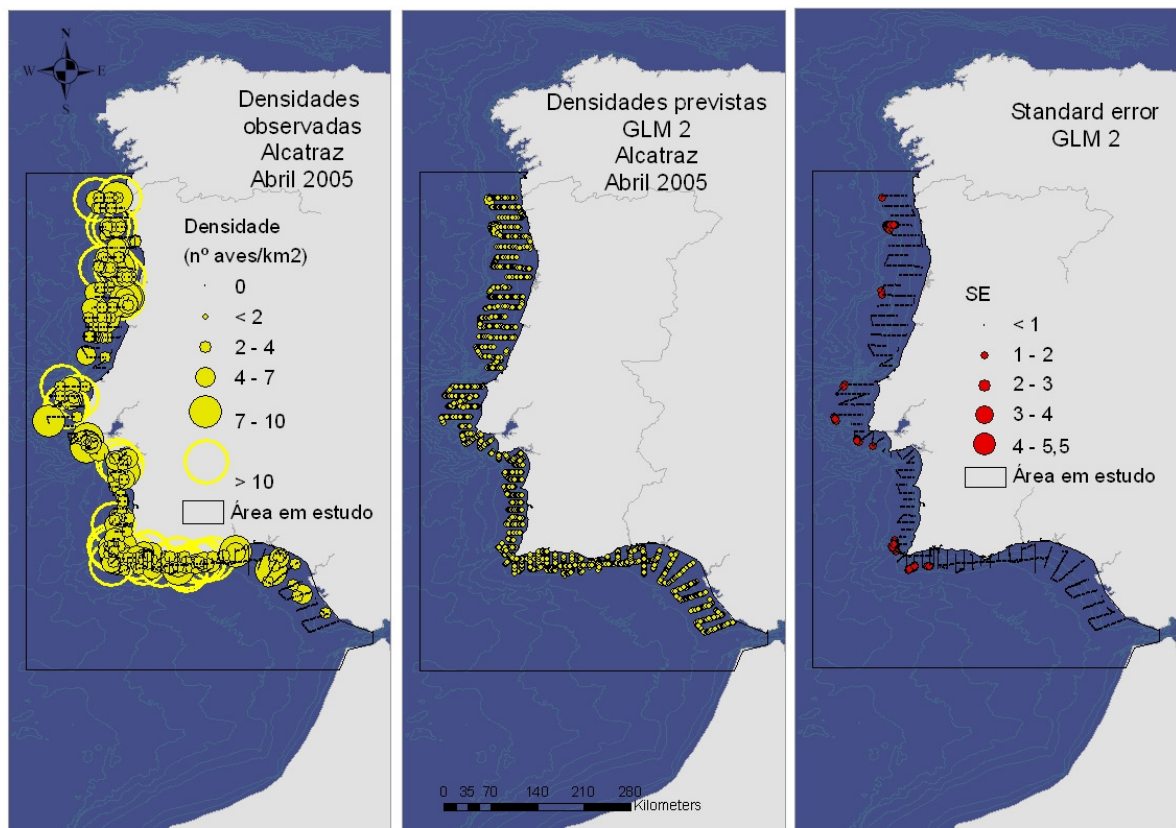


Figura 3.15 – A amarelo: Distribuição das densidades observadas e previstas pelo modelo GLM 2 de Alcatraz, para Abril de 2005, na costa continental portuguesa. O tamanho do círculo indica a densidade de aves (n° de aves/ km^2), sendo o seu centro o ponto central da observação. A vermelho: Erro padrão (SE) do modelo.

Na Figura 3.16, que representa uma estimativa para toda a área em estudo e o seu erro associado, observa-se uma extrapolação para zonas do limite exterior da área em estudo. É de salientar que no mês de Abril não se observam muitos alcatrazes em águas portuguesas. Nessa altura do ano, os adultos encontram-se em nidificação no Norte da Europa, podendo os indivíduos imaturos dirigir-se a águas mais a Sul. Os valores estimados são muito superiores aos obtidos no mês de Fevereiro, atingindo um valor máximo de 90 alcatrazes por km^2 , junto ao limite Oeste da área de estudo. O erro obtido neste modelo foi

na mesma ordem de grandeza da densidade. Em todas as previsões observou-se que o erro é maior quanto maiores as densidades previstas.

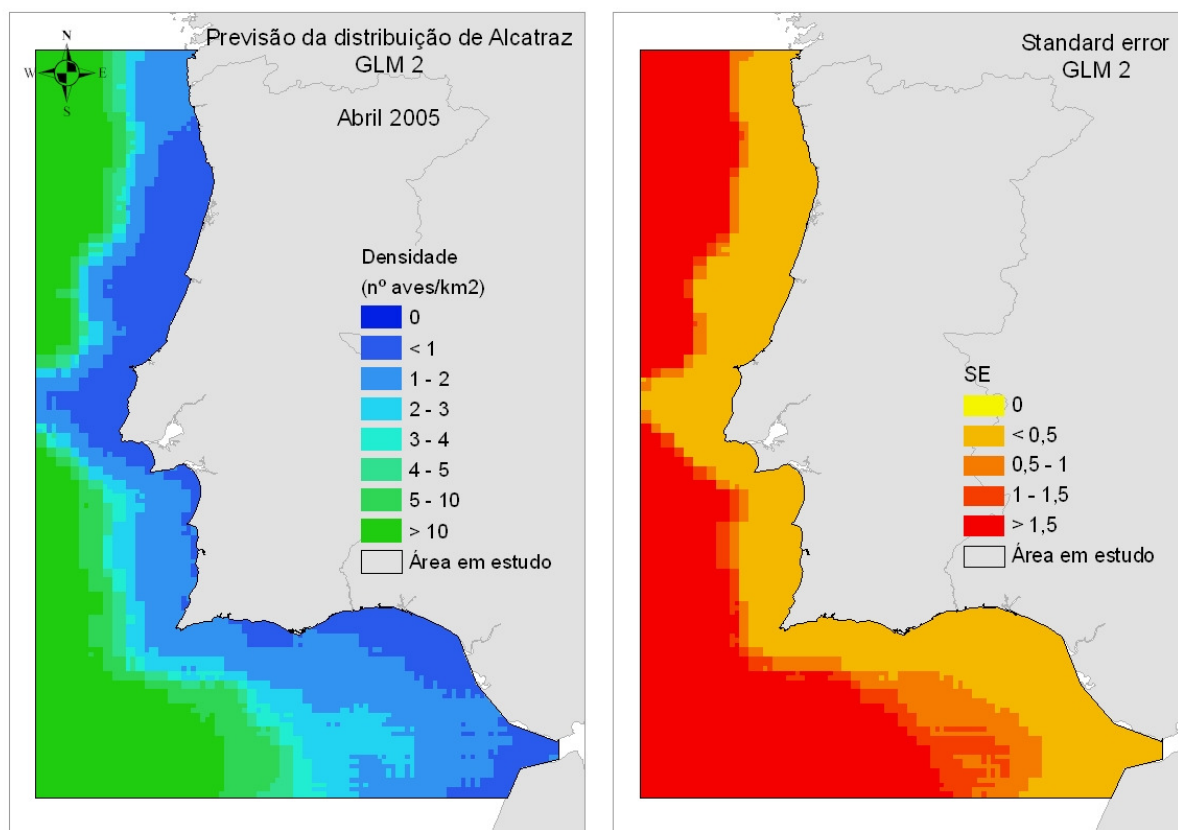


Figura 3.16 – Lado Esquerdo: Previsão da distribuição de densidade de Alcatraz obtida pelo modelo GLM 2, para Abril de 2005, na costa continental portuguesa. Lado direito: Erro padrão (SE) do modelo. Quadrículas de 4x4km.

Novembro 2005

Para o mês de Novembro as variáveis mais significativas seleccionadas na modelação foram a clorofila *a*, distância à costa, intensidade do vento, batimetria e SST. O modelo final explica aproximadamente 20,8% da distribuição de Alcatraz, ligeiramente menos que o GLM 1 (21,6%). Um sumário do modelo é visível no anexo IV. Na Figura 3.17 pode-se observar a distribuição das densidades observadas e das densidades previstas pelo GLM 2. Novamente se constata que em Novembro as observações foram dispersas por toda a costa continental portuguesa, sendo observada uma maior densidade estimada de alcatrazes na região centro, com um valor máximo de 11,39 alcatrazes por km² e um erro máximo de 1,71. Tanto os valores de densidade estimados, como os observados são superiores aos valores obtidos para os outros meses em estudo. Os valores de densidades previstos pelo GLM 2 são muito semelhantes aos obtidos pelo GLM 1.

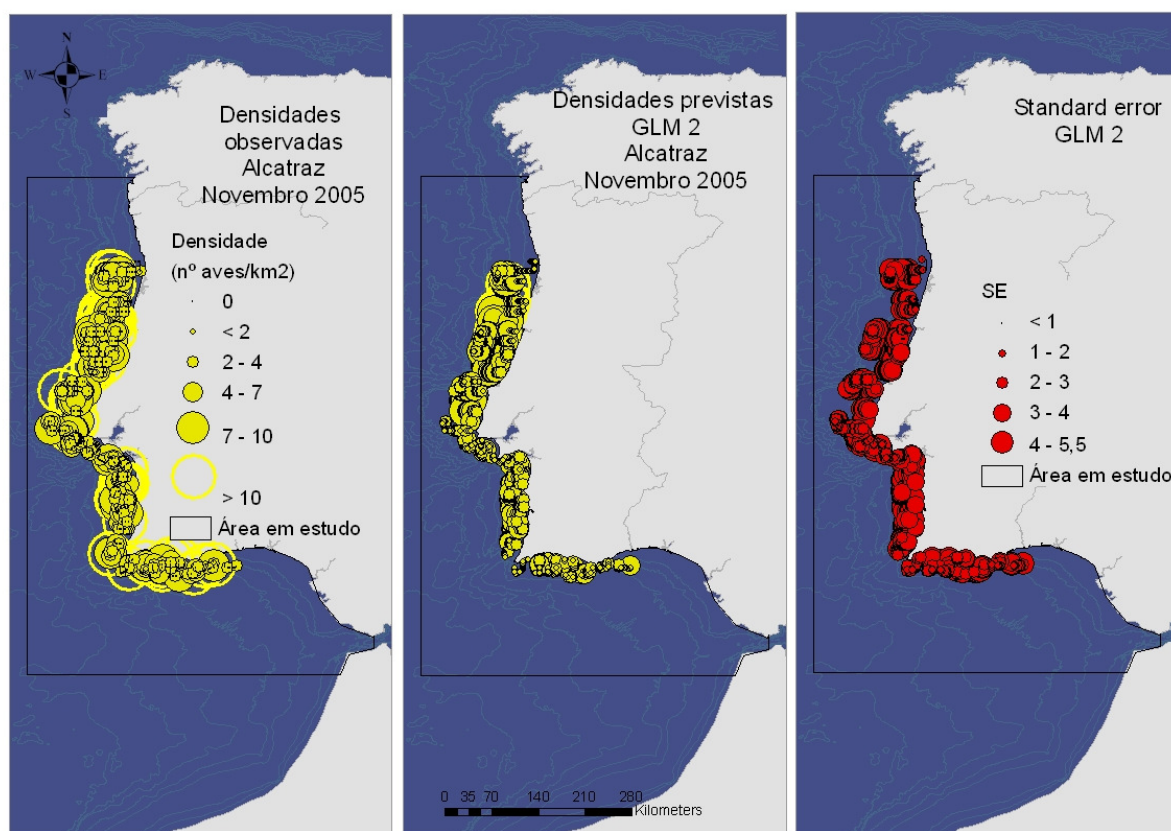


Figura 3.17 – A amarelo: Distribuição das densidades observadas e previstas pelo modelo GLM 2 de Alcatraz, para Novembro de 2005, na costa continental portuguesa. O tamanho do círculo indica a densidade de aves (nº de aves/km²), sendo o seu centro o ponto central da observação. A vermelho: Erro padrão (SE) do modelo.

Na Figura 3.18, que representa uma estimativa para toda a área em estudo e o seu erro associado, observa-se um corredor Norte/Sul com maiores densidades de alcatrazes, ao longo de toda a costa

portuguesa e Golfo de Cadiz, sendo mais acentuado junto à costa Centro/Norte. O valor máximo de densidade obtido foi de 12,33 alcatrazes por km², com um erro máximo de 1,91. Este corredor é mais estreito que o identificado no mês de Fevereiro, sugerindo uma linha de migração contínua pela costa portuguesa, em direcção a África.

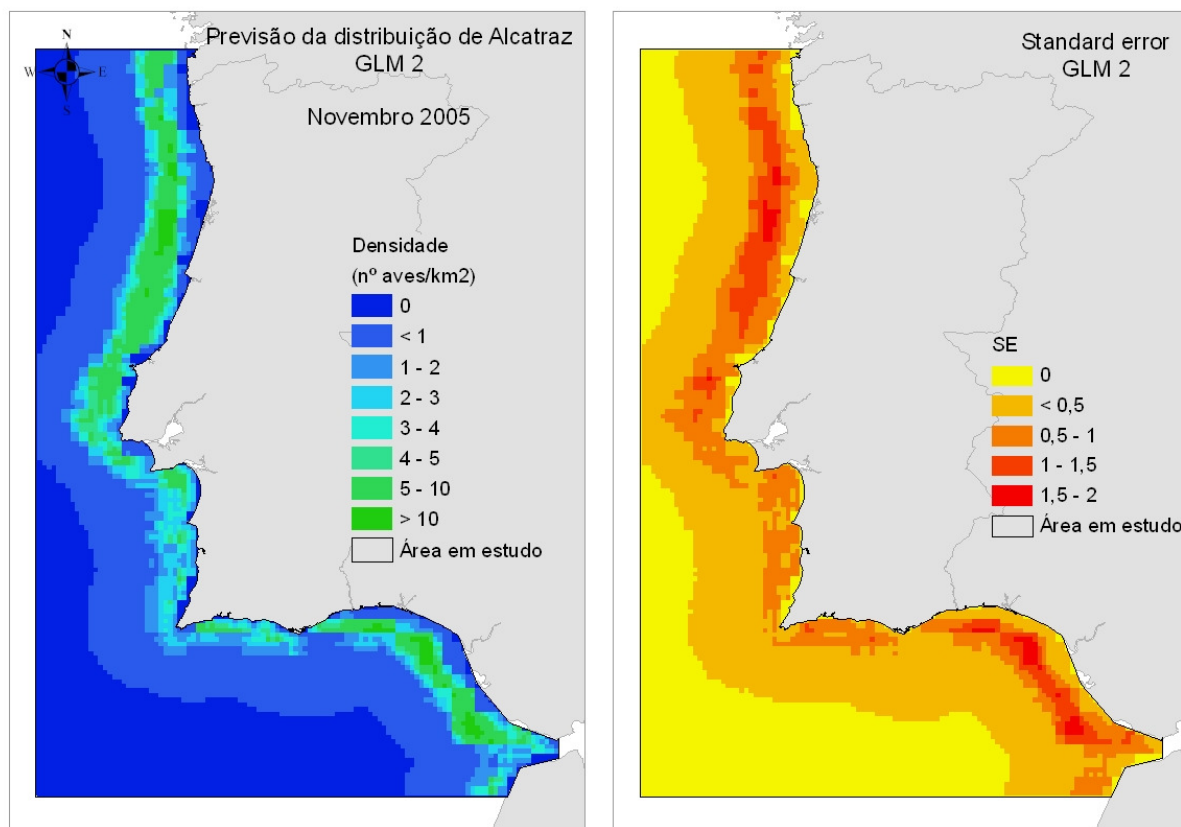


Figura 3.18 – Lado Esquerdo: Previsão da distribuição de densidade de Alcatraz obtida pelo modelo GLM 2, para Novembro de 2005, na costa continental portuguesa. Lado direito: Erro padrão (SE) do modelo. Quadrículas de 4x4km.

3.3.4 Correlação espacial a partir de GLM2

Para determinar uma possível autocorrelação residual, utilizável para um melhoramento das previsões de densidades de Alcatraz, calcularam-se variogramas a partir dos resíduos estandardizados (de Pearson) dos modelos GLM 2. Os variogramas resultantes podem ser observados na Figura 3.19.

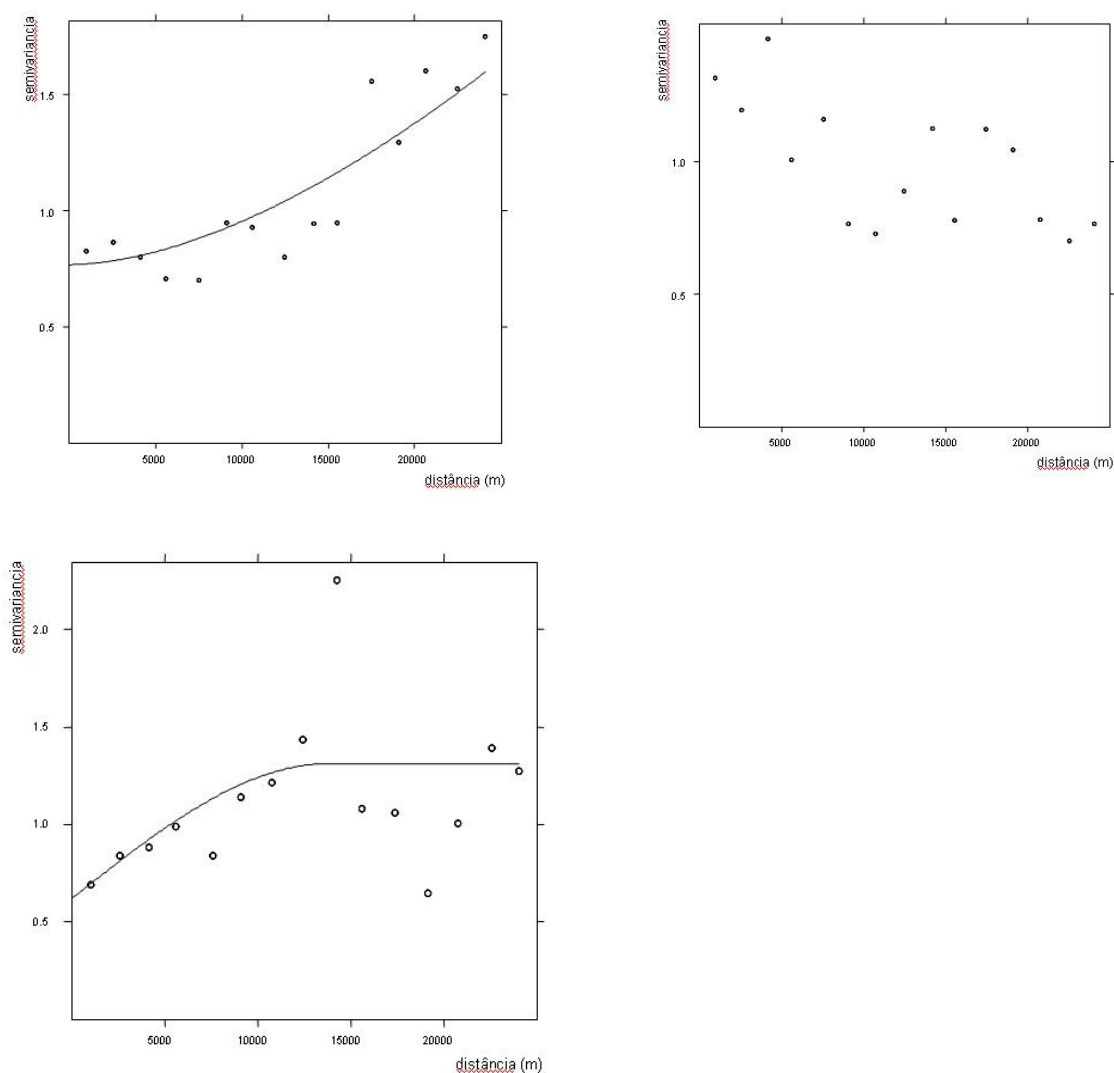


Figura 3.19 – Variogramas de resíduos estandardizados dos modelos GLM 2; • (pontos) variograma empírico, — (linha) modelo ajustado. Em cima do lado esquerdo – Fevereiro 2005; em cima do lado direito – Abril 2005; em baixo – Novembro 2005.

O variograma para Fevereiro apresenta pouca autocorrelação para observações próximas (até 10 km de distância entre pontos) e o variograma para Abril não mostra qualquer autocorrelação positiva. O variograma obtido para Novembro foi o melhor dos três meses em estudo. Este variograma apresenta como patamar (*sill* – limite superior para o qual tendem os valores do variograma com o aumento dos

valores da distância) o valor de 1,311 e como efeito pepita (*nugget* - mede a descontinuidade na origem, provocada por ruído e variabilidade a pequena escala) o valor de 0,619. O alcance (*range* – distância entre pontos até à qual se verifica autocorrelação espacial) foi de aproximadamente 13,8 km.

Na Figura 3.20 são apresentadas as densidades estimadas através do método de *Block kriging*, considerando o GLM 2 de Alcatraz para o mês de Novembro. O valor máximo de densidade obtido foi de 49 alcatrazes por km², sendo o erro máximo de 6,63. Os valores de densidades obtidos foram consideravelmente superiores aos obtidos apenas pelo GLM 2.

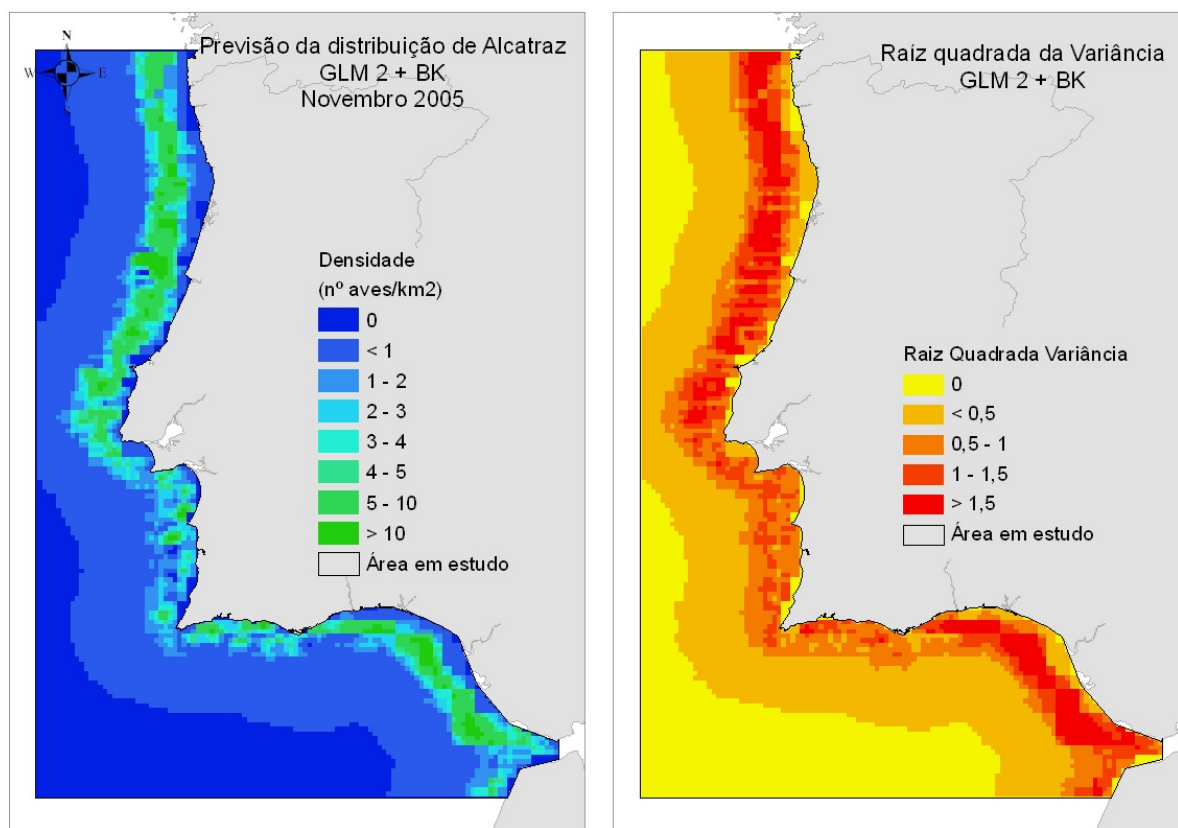


Figura 3.20 – Lado Esquerdo: Previsão da distribuição de densidade de Alcatraz obtida pelo modelo GLM 2 e *block kriging*, para Novembro de 2005, na costa continental portuguesa. Lado direito: Erro padrão (SE) do GLM 2 e *block kriging*. Quadrículas de 4x4km.

De forma a comparar mais facilmente os dados obtidos nas densidades observadas e previstas pelo modelo GLM 2 e GLM 2 + bk, optou-se por colocar lado a lado os 3 resultados utilizando a mesma escala. Os valores referentes às densidades observadas foram obtidos através do cálculo das médias para quadrículas de 4 por 4 km (Figura 3.21). Os valores de densidades previstas obtidos através do método GLM 2 e GLM 2 + bk não variaram muito entre si. De uma forma geral as densidades variaram da seguinte forma para este mês: densidades observadas entre 0 e 171, densidades estimadas GLM1 entre 0 e 22 (pontos de observação), GLM2 entre 0 e 12 (toda a área), GLM2+bk entre 0 e 49 (toda a área).

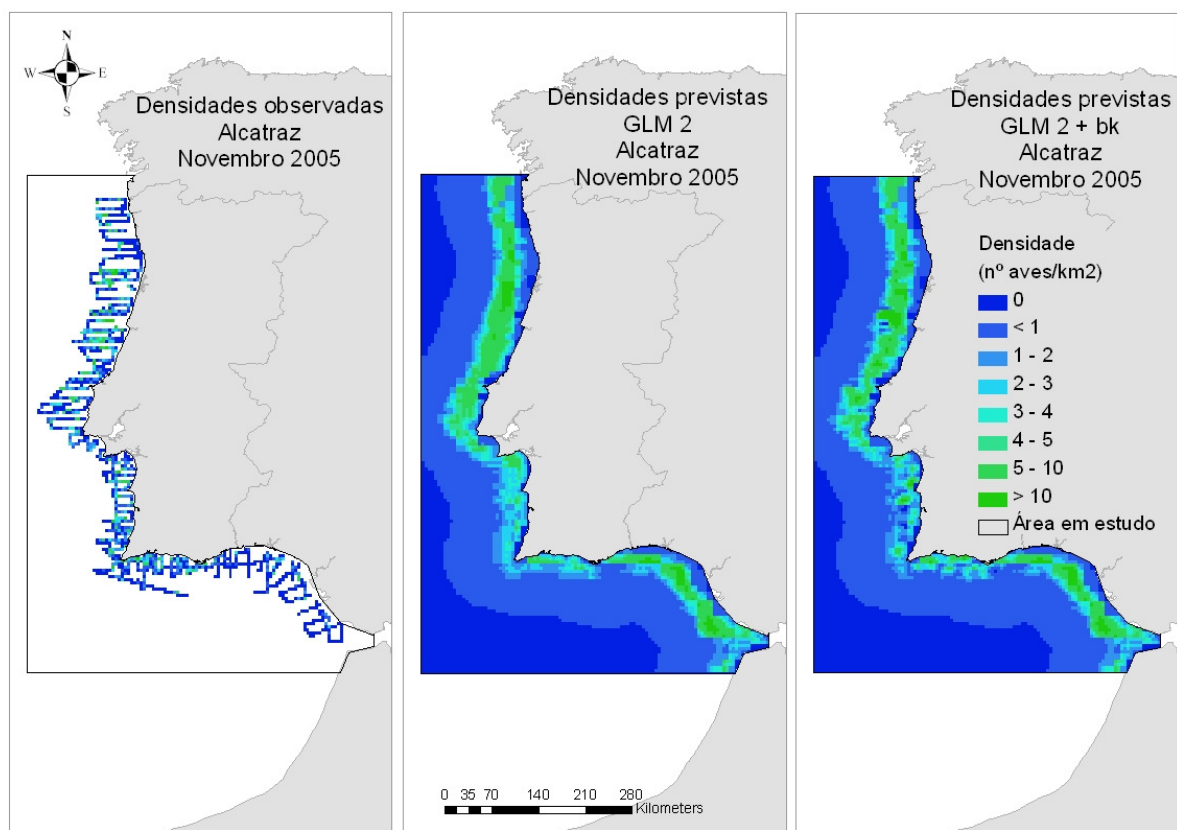


Figura 3.21 – Densidades de Alcatraz previstas e observadas em Novembro de 2005, na costa continental portuguesa. Lado Esquerdo: Densidade de Alcatraz observada. Centro: Previsão da distribuição de densidade de Alcatraz obtida pelo modelo GLM 2. Lado direito: Previsão da distribuição de densidade de Alcatraz obtida pelo modelo GLM 2 + bk. Quadrículas de 4x4km.

4. Discussão

Desde há vários anos, que se torna cada vez mais notório e importante que os estudos em aves marinhas devem ser estendidos para além das colónias de nidificação (Tasker *et al.*, 1984). Assim, este estudo pretendeu prever a distribuição espacial de Alcatraz na costa continental portuguesa e determinar a razão pela qual as aves seleccionam determinadas áreas para alimentação e repouso. A função principal do estudo foi servir como modelo a seguir para outros estudos a serem realizados pelo mesmo projecto, IBAs Marinhas, para diferentes áreas, períodos temporais e/ou espécies ou agregações de espécies.

Censos visuais – metodologia ESAS

A metodologia seguida pelo grupo ESAS mostrou-se bastante completa e consistente para ser utilizada durante o projecto IBAs marinhas, e nomeadamente neste estudo. Esta metodologia permitiu a identificação e quantificação de aves, cetáceos e tartarugas marinhas recorrendo a censos visuais a partir de embarcações marítimas. Para além dos dados de contagem, esta metodologia permitiu determinar o comportamento, idade, e agregações efectuadas para as espécies identificadas. Estes dados não foram utilizados neste estudo em particular, estando disponíveis para estudos futuros.

Com o intuito de minimizar alguns dos possíveis erros inerentes a esta metodologia os observadores foram sempre treinados previamente e foi evitada a realização de contagens em condições atmosféricas não propícias para a utilização da metodologia. Uma outra limitação importante deste método é o número de observadores em cada embarcação. Geralmente as equipas de observadores de aves no mar são constituídas por apenas um observador, principalmente devido a custos ou à acomodação disponível nas embarcações. Contudo, ao utilizar esta metodologia, torna-se importante a presença de dois observadores ao mesmo tempo para capturar todos os dados sobre as aves, principalmente em termos do comportamento e em alturas de grande densidade e/ou actividade das aves (Camphuysen & Garthe, 2004). No sentido de minimizar esta limitação, recorreu-se à presença constante de dois observadores em cada embarcação. Em períodos de repouso ou alimentação de um dos observadores, foi possível recorrer à utilização de instrumentos de áudio (*Walkie-Talkies*) para assim assegurar a presença dos dois observadores no local em momentos de grande actividade das aves. Deste modo foi possível registar contagens e comportamentos das aves nos principais eventos decorridos (por ex. períodos de grande actividade/alimentação devido à presença de embarcações de pesca) e minimizar eventuais falhas na aplicação do método. No entanto, é necessário ter em atenção que caso se realizem contagens durante um destes eventos de pesca esporádicos a densidade de aves nesse local irá ser profundamente afectada. Devido a isso os estudos de aves marinhas devem incorporar avaliações dos padrões sazonais (migração, invernção, nidificação, etc.) e diários das aves (alimentação) e a distribuição espacial causada por factores externos (Camphuysen *et al.*, 2004).

A utilização de metodologias como esta torna-se de vital importância pois permitem uniformizar os dados de contagem de aves, tornando-os comparáveis em todo o mundo e ajudando a desenvolver uma visão global da distribuição e comportamento das aves marinhas.

Distribuição de Alcatraz

A presença de Alcatraz na costa continental portuguesa é devida à migração que os juvenis imaturos desta espécie efectuam do Norte da Europa, onde se situam as colónias de nidificação, para a costa sul-africana, bem como à presença de adultos em invernada. A migração de juvenis ocorre maioritariamente nos meses de Setembro a Novembro, de Norte para Sul, em que o pico da migração ocorre principalmente no mês de Outubro. O regresso às áreas de nidificação é feito mais espaçadamente, sem haver um período de maior intensidade. Algumas das aves, com maior incidência para os animais adultos, permanecem na costa portuguesa durante os meses de Inverno, não chegando a migrar para Sul se encontrarem condições de alimento satisfatórias.

As campanhas de observação levadas a cabo neste estudo ocorreram em diferentes fases do ciclo de vida da espécie em estudo. Torna-se necessário salientar novamente que este estudo decorreu de uma forma um pouco “oportunista”, sendo levado a cabo em datas marcadas *a priori* pelo IPIMAR, tendo em consideração a avaliação de *stocks* de sardinha. Assim sendo, os meses de campanha não foram os mais interessantes do ponto de vista da fenologia desta espécie. Caso fosse possível planear campanhas exclusivas de observação de aves ter-se-iam escolhido datas mais aproximadas do pico de migração de aves invernantes. A diferenciação na metodologia utilizada pelo IPIMAR no estudo do *stock* de avaliação de sardinha durante as campanhas também foi um factor a ter em consideração nas observações dos censos visuais de aves. Na campanha de Fevereiro, em que foi efectuado o MPDO, o NI esteve sempre em navegação, não tendo realizado paragens durante a noite e efectuando transectos mais extensos. Houve uma cobertura mais espaçada de observação de aves devido aos períodos nocturnos. As campanhas de Abril e Novembro, de rastreio acústico, foram realizadas exclusivamente no período diurno, em transectos mais curtos. Para estas campanhas foi possível obter dados de aves nos transectos completos.

As campanhas irão ser discutidas em outra ordem que não a cronológica a fim de evidenciar o ciclo de migração que esta espécie efectua: Novembro – finais migração para continente africano e altura de invernada; Fevereiro – regresso da migração às colónias de nidificação; Abril – nidificação no Norte da Europa.

A campanha de Novembro decorreu durante uma altura em que parte das aves migradores já teriam passado pela nossa costa na sua migração Norte/Sul, e muitas das aves observadas, possivelmente, já se encontrariam nos territórios onde iriam permanecer durante o Inverno. Esta foi a campanha que obteve melhores resultados quer para os valores de densidades observadas, quer para os modelos efectuados, podendo-se especular que isto se deve a uma maior estabilidade das aves observadas, por

já se encontrarem afectas aos territórios de invernada. Apesar de esta ter sido a campanha mais pequena, em que não foi possível realizar a zona a Norte do Porto e o Golfo de Cádiz, devido às condições atmosféricas, esta foi a campanha em que se registou o maior número de Alcatrazes, em que 43% das amostras (registos de observação) apresentaram presença de Alcatraz. A densidade média obtida durante o mês de Novembro foi consideravelmente acima das restantes, 1,40 alcatrazes por km². No geral, tendo em consideração os três meses em estudo, apenas 25% das amostras revelaram presença desta espécie.

A campanha de Fevereiro decorreu no período de regresso da migração de juvenis, em que a mesma é dispersa e faseada. Nesta fase ainda se podem encontrar adultos invernantes na nossa costa, em busca de alimento, ou de regresso às colónias de nidificação, no Norte da Europa. Esta campanha evidenciou a presença mais regular de alcatrazes na costa Norte e Centro do país e junto ao Cabo de São Vicente. É de ter em atenção que este cabo é um importante marco na migração de aves de e para o continente africano, pois as aves são obrigadas a contorná-lo para efectuar a rota mais directa para Sul.

A campanha de Abril decorreu durante o período de nidificação de Alcatraz, em que os indivíduos desta espécie se encontram nas respectivas colónias de nidificação. Provavelmente, devido a isso, poucos alcatrazes foram observados neste mês. Apenas 14% das amostras evidenciaram a presença de Alcatraz. Esta campanha foi a mais extensa em termos de tempo e de quilómetros percorridos, perfazendo cerca de 45% da distância percorrida no total das três campanhas. Apesar disso, esta campanha foi a que teve o menor número de aves consideradas, encontrando-se os alcatrazes muito dispersos por toda a costa portuguesa.

Variáveis preditivas

O parâmetro Temperatura da Superfície do Mar varia com a altura do ano e com a latitude, observando-se uma progressiva diminuição dos valores de temperatura com o aumento de latitude, ou seja, no caso de Portugal, à medida que transitamos da costa Sul para a costa Norte. De um modo geral, registaram-se temperaturas mais baixas em Fevereiro enquanto que as temperaturas mais elevadas ocorreram em Novembro. O padrão de distribuição da temperatura e salinidade foi o característico da região Sul e Oeste da Península Ibérica, com valores de temperaturas e salinidades mais elevadas nas áreas a Sul provocadas pela influência das águas do Golfo de Cádiz e corrente dos Açores. (Mason *et al.*, 2005) É visível a influência de água de origem terrestre junto à foz dos principais dos rios (ex: rio Douro). Isto foi evidente tanto nas temperaturas recolhidas *in situ* como nas obtidas através de detecção remota. Esta variável encontrou-se presente em quase todos os modelos de regressão, sendo de relativa importância para a distribuição da espécie. Contudo, a variável mais utilizada foi a SST, proveniente de detecção remota. Apenas no mês de Novembro foi utilizada a Temperatura da água recolhida *in situ*. Para este mês o modelo considerou a duas variáveis (I_TEMP e SST) dando preferência à variável recolhida *in situ* (3ª posição no rank) enquanto que a variável SST foi colocada em última posição na identificação de variáveis explicativas da distribuição de Alcatraz.

O aumento da produção primária no meio marinho está associado a um aumento da concentração de Clorofila *a*, resultante de certos processos oceanográficos, tais como, o afloramento costeiro, giros ciclónicos, frentes e *eddies*. A costa de Portugal é igualmente caracterizada por valores elevados de clorofila *a*, como consequência do afloramento costeiro. A clorofila *a* foi uma das variáveis preditivas mais significativas dos modelos, principalmente para os meses de Fevereiro e Novembro onde se observa uma distribuição regular da concentração, uma maior concentração junto à costa e menor concentração à medida que a distância à costa aumenta.

A fluorescência é também uma medida de concentração de clorofila *a*, recolhida *in situ*. Através da fluorescência foi mais evidente constatar a influência dos caudais dos principais rios na mistura de águas. Os meses de Abril e Novembro foram os que evidenciaram um aumento da fluorescência junto à costa. Possivelmente devido a esse efeito, a fluorescência foi uma variável significativa para os meses de Abril e Novembro. Contudo, apesar de ser significativa, pouca significância tem quando comparada com as outras variáveis explicativas escolhidas pelos modelos.

Tal como salientado para a temperatura, o padrão de distribuição da salinidade foi o característico da região Sul e Oeste da Península Ibérica, com valores de salinidades mais elevadas nas áreas a Sul provocadas pela influência das águas do Golfo de Cádiz e corrente dos Açores. (Mason *et al.*, 2005) As oscilações observadas na salinidade ao longo da costa, situaram-se entre os 34 – apenas visível junto à foz do Rio Douro, devido à influência de água de origem terrestre junto à foz e os 36,5. O mês de Abril apresentou uma delimitação mais evidente nos valores de salinidade, tendo a costa Norte valores inferiores aos da costa Sul. O ponto de diferenciação mais visível é junto à costa de Lisboa. Talvez devido a essa diferenciação mais pronunciada no mês de Abril, esta variável foi a mais significativa no modelo correspondente. Nos modelos de Fevereiro e Novembro a salinidade, embora presente, desempenhou um papel mais secundário na determinação da distribuição da espécie.

A intensidade do vento foi mais uma das variáveis preditivas utilizada nos GLM, tendo sido considerada significativa em todos os modelos, para todos os meses em estudo. No entanto, verificaram-se algumas incongruências que levam a considerar que não seja o mais correcto ecologicamente considerar esta variável tal como ela é fornecida. Os dados de intensidade de vento utilizados neste estudo apenas fornecem a indicação sobre a força média mensal do vento exercida numa grelha de aproximadamente 55 por 55 km. Esta grelha é considerada demasiado extensa para ter significado ecológico para aves marinhas. Outra das indicações a ter em consideração no futuro é que deverá ser possível obter informação sobre a direcção dos ventos, e assim obter a intensidade média dos ventos para os quatro pontos cardeais. Este factor de direcção poderá trazer dados de importância para os voos de migração das aves marinhas no geral. Será relevante no futuro obter dados de intensidade e direcção do vento contemporâneos com as observações.

Modelação da distribuição de Alcatraz

O Alcatraz mostrou um padrão de distribuição distinto na costa portuguesa para os três meses em estudo e os modelos de regressão efectuados sugerem que isso é, em parte, devido a variáveis ambientais e topográficas.

No mês de Novembro, a variável preditiva mais explicativa para o Alcatraz foi a concentração de clorofila *a*. Isto pode ser devido à procura de alimento pelos alcatrazes em zonas mais ricas em nutrientes e, consequentemente, mais ricas em clorofila e em peixe. Outros autores sugerem a mesma tendência das aves marinhas de escolherem áreas mais produtivas (Louzão *et al.*, 2006). A segunda variável preditiva obtida foi a distância à costa. Observou-se que os alcatrazes mantêm uma distância à costa mais ou menos estável em toda a costa continental portuguesa, o que foi evidenciado pela constatação de uma faixa/corredor de circulação ao longo da costa continental portuguesa, mais evidente na zona Centro/Norte da costa. Este período corresponde ao final de migração de juvenis de Alcatraz das colónias no Norte da Europa para o Norte de África. Um dos factores a ter em consideração no futuro será realizar um estudo com indicações das direcções de voo dos Alcatrazes nesta área, para assim verificar a quantidade de aves que se dirige para Sul durante a migração. A percentagem de variância explicada pelos modelos foi de 20,6% para o modelo baseado em variáveis obtidas *in situ* e por detecção remota (GLM 1) e 18,9% para o modelo excluindo variáveis *in situ* (GLM 2). Estes valores de percentagem de variância vão de encontro a estudos de diversos autores sobre distribuição de aves marinhas (Louzão, *et al.* 2006; Spear *et al.* 2003). Após a eliminação de variáveis pouco significantes, o GLM 1 ficou com sete variáveis preditivas, enquanto que o GLM 2 apenas escolheu três. O significado de uma variável num modelo de regressão múltipla depende das restantes variáveis existentes no modelo. Devido a isso, o processo de selecção pode considerar uma variável significativa para o GLM 1, mas não significativa para o GLM 2, tal como acontece com o SST, disponível para ambos.

Em Fevereiro mantiveram-se como as três variáveis preditivas mais importantes para a distribuição de Alcatraz a concentração de clorofila *a*, a SST e a distância à costa. Estas variáveis parecem indicar águas mais frias e ricas em clorofila na costa Centro/Norte de Portugal, mantendo os alcatrazes nessa área. No mês de Fevereiro também foi possível identificar a faixa/corredor, presente também no mês de Novembro, mas o número de alcatrazes observado e estimado foi menor. Esta altura do ano coincide com o regresso faseado dos alcatrazes ao Norte da Europa. Outras duas variáveis foram também identificadas no GLM 1, a intensidade do vento e a salinidade. No total o GLM 1 explicou 21,5 % da distribuição de Alcatraz na costa continental portuguesa e o GLM 2 16,5%.

Os resultados obtidos para o mês de Abril não foram muito conclusivos. Os modelos obtiveram uma percentagem explicativa de distribuição de Alcatraz menor do que os outros meses em estudo, situando-se nos 8,6% para GLM 1 e 3,2% para GLM 2. Além disso, os modelos finais foram muito diferentes entre si. Isto deve-se em parte ao facto de se tratar da época de nidificação desta espécie no Norte da Europa

e o número de indivíduos observados na costa portuguesa ser muito reduzido. O GLM 1 utilizou como variáveis explicativas mais importantes a salinidade, SST, intensidade do vento, estado do mar, batimetria e fluorescência. O GLM 2 apenas utilizou três variáveis preditivas para o cálculo da densidade, a intensidade do vento, SST e batimetria, o que pode explicar as densidades diferentes previstas pelo GLM 1 e pelo GLM 2. Ao efectuar-se a previsão para toda a área em estudo, a partir do GLM 2, e o seu erro associado, observaram-se valores de densidade e de erro associado muito elevados para as zonas do limite exterior da área em estudo, o que indica que a extrapolação deste modelo para além da zona próxima das amostragens não é apropriada. Isto pode ser devido à previsão estar a ser fortemente condicionada pela variável batimetria, que tem no modelo uma relação linear com a densidade da espécie, e que assim resulta em densidades maiores para áreas mais profundas.

Note-se que a área de estudo é bastante mais extensa do que a área amostrada. Nas zonas em que não foram obtidas quaisquer amostras, as previsões devem ser interpretadas com cuidado. Um outro aspecto a ter em conta é que a selecção de uma variável ambiental para um modelo de regressão não implica obrigatoriamente causalidade. A relação entre a variável ambiental e a variável de resposta pode ser indirecta (por exemplo no caso da batimetria) ou devida ao acaso.

Os modelos obtidos neste estudo explicaram no máximo aproximadamente 20% da distribuição de Alcatraz na costa continental portuguesa. Grande parte da variabilidade da densidade das aves não conseguiu ser explicada pelo modelo, o que é frequente para modelos aplicados a fenómenos naturais e o que sugere que o modelo não dispõe das variáveis mais relevantes para a distribuição das aves ou que a complexidade do modelo não é adequada ao fenómeno estudado (Bio, 2007).

Vários autores sugerem que a disponibilidade de alimento, ou seja a distribuição de potenciais presas, deverá ser de uma importância valiosa para a previsão de densidades de aves (Pebesma *et al.*, 2000; Pebesma *et al.*, 2005; Weichler *et al.*, 2004), principalmente fora do período de nidificação. Uma das variáveis que se considera importante, mas que não se encontrou disponibilizada a tempo de efectuar este estudo foi a distribuição de sardinha na costa continental portuguesa. Novos estudos deverão ser conduzidos no sentido de testar esta variável assim que esta for disponibilizada.

As aves marinhas respondem muito rapidamente a fontes de alimento temporárias tais como descargas de barcos de pesca, peixes pelágicos trazidos à superfície por predadores de fundo, entre outras. Estes eventos de pesca chegam a atrair centenas e mesmo milhares de aves para uma determinada localização por serem um recurso alimentar acessível a muitas espécies de aves (Camphuysen *et al.* 1995, Garthe *et al.*, 1996). Estudos decorrentes em outras zonas do mundo, tais como Mar do Norte, sugerem que as actividades piscatórias exercem uma considerável influência em aves marinhas. Os alcatrazes aproveitam muitas vezes as descargas de embarcações de pesca ou os próprios eventos de pesca para se alimentarem. Contudo, a sua distribuição não é baseada na presença ou ausência de embarcações de pesca. Esta característica da sua alimentação parece mais ser um factor de oportunidade do que o objectivo principal da sua dieta alimentar (Camphuysen, 2005; Louzão *et al.*, 2006; Weichler *et al.*, 2004). Através deste estudo, foi possível comprovar que a distribuição de alcatrazes não

se baseia na actividade piscatória, na costa continental portuguesa. A variável preditiva “material flutuante” (presença/ausência/distância de embarcações de pesca) não foi considerado por qualquer dos modelos, sendo deixada de fora e não contribuindo para a distribuição da espécie. Assim é de prever que esta espécie recorra a eventos de pescas apenas de forma oportunista e na ausência da sua presa preferencial.

Uma outra variável preditiva a ter em consideração no futuro é proposta por Camphuysen (2005) que sugere que os alcatrazes que se encontram mais *offshore* se encontram muito focalizados em áreas utilizadas por cetáceos marinhos. Os cetáceos desempenham a função de predadores de fundo e concentram as presas à superfície da água. Nestas ocasiões, os alcatrazes executam mergulhos de fundo (comportamento registado através da metodologia ESAS) até cerca de 10-20 m para capturarem as suas presas. Este processo deverá ser verificado através de estudo futuros, utilizando o comportamento e agregações com cetáceos e/ou outras espécies de aves como factores a ter em consideração.

Comparação de modelos

Em termos dos diferentes métodos utilizados para previsão de densidades de Alcatrazes discutir-se-á como exemplo a campanha realizada no mês de Novembro, pois esta foi a única para a qual se realizaram três tipos de: GLM 1, GLM 2 e GLM 2 + krigagem de resíduos.

É de salientar uma suavização da variabilidade da densidade estimada em comparação com a observada em todos os modelos utilizados; ou seja, não são reproduzidos picos de densidades observadas. A título de exemplo, no mês de Novembro, as densidades observadas variaram entre 0 e 171, as densidades estimadas pelo GLM 1 entre 0 e 22 (para os pontos de observação), pelo GLM 2 entre 0 e 12 (para toda a área) e pelo GLM 2 + krigagem entre 0 e 49 (para toda a área). Esta suavização é uma característica da regressão (e da krigagem) em geral. Em comparação entre os três modelos, o GLM 1 suaviza menos do que GLM 2, possivelmente por dispor de mais variáveis ambientais preditivas, podendo captar mais da variabilidade observada nas densidades. O GLM 2+bk é o modelo que suaviza menos. Isto pode ser devido ao facto de que o GLM 2 suaviza a previsão de tal forma, que se obtêm grandes resíduos nos locais de amostragem onde se observaram os maiores números de Alcatraz. Uma vez que os resíduos são modelados na krigagem, parte da suavização das estimativas do GLM 2 é compensada combinando-o com a estimativa obtida da krigagem dos resíduos na krigagem. Em áreas que apresentavam muitos resíduos de GLM 2 grandes positivos (zonas de maior densidade observada) a estimativa da krigagem fez aumentar a previsão (GLM 2+bk) e em zonas de resíduos baixos (negativos) a estimativa da krigagem fez diminuir a previsão, obtendo-se uma gama de valores mais ampla e realista. A krigagem reproduz o valor de uma variável no local; de amostragem, isso é inerente ao método. De uma forma geral, ao modelar os resíduos do GLM 2 e adicioná-los à previsão do GLM 2, obtêm-se uma previsão igual à observação. Nos mapas apresentados não foi obtida uma gama de valores na ordem de grandeza

das densidades observadas (0-171) porque a krigagem foi realizada para um quadrado de 4 por 4km, o que por sua vez suaviza os resultados, mas também diminui o seu erro.

Tendo em consideração a percentagem de variabilidade explicada observou-se que para o mês de Novembro esta foi superior no GLM 1 (20,6%) do que no GLM 2 (18,9%) e que o erro padrão foi menor para GLM 1 (9,31) do que para GLM 2 (9,35). Isto poderá ser um bom indício da importância de utilização de variáveis explicativas medidas *in situ*, bastante mais precisas do que as médias mensais obtidas por detecção remota. No entanto, devido ao carácter oportunista das observações de aves que, de uma maneira geral, utilizam embarcações com outros propósitos, por exemplo embarcações de turismo e/ou de transporte, nem sempre é possível realizar medições *in situ*.

Em comparação dos dois modelos para toda a área em estudo, o GLM 2 e o GLM 2 + bk, observou-se que este último reproduziu o valor das densidades observadas nos locais de amostragem, e conseqüentemente, foi possível observar um maior detalhe nessas áreas. Os erros dos GLM obtidos neste estudo (SE e raiz quadrada das variâncias) estão fortemente relacionados com a escala da observação, ou seja, tendem a ser maiores onde foram observados picos de densidade. Os erros do GLM 2 + bk são uma combinação de erros, os da regressão (relacionados com a escala da observação) e os da krigagem (relacionados com a própria localização das observações, onde o erro é por definição mínimo).

Sendo possível comparar o erro de estimativa do GLM 2 + bk, a raiz quadrada da variância da *krigagem*, com o erro da estimativa da regressão, GLM 2, observou-se que o erro associado às zonas amostradas para o GLM 2 + bk foi superior ao erro obtido pelo GLM 2. Isto deve-se ao facto de que os valores extraídos dos resíduos terem sido acrescentados aos valores das estimativas e ampliado a gama de valores das densidades, conseqüentemente, o erro associado. Nas restantes áreas estimadas, em que não se registaram resíduos, o valor da previsão da densidade e do erro foi idêntico para o GLM 2 e o GLM 2 + bk.

Estudos futuros

Este estudo serviu como um ponto de partida para outros estudos que deverão ser realizados no âmbito do projecto IBAs Marinhas (anteriormente mencionado) que pretende identificar as Áreas Importantes para Aves Marinhas. Assim sendo aqui ficam alguns exemplos de estudos futuros a ter em consideração:

- A utilização de dados referentes a estado de maturidade de Alcatraz poderá dar indicações valiosas sobre a quantidade de indivíduos que se encontram em migração na costa portuguesa (adultos/juvenis).
- Direcções de voo de Alcatraz poderão indicar as principais rotas de migração da espécie.
- O comportamento da espécie poderá dar indicações sobre a principal utilização das áreas marinhas (em repouso/alimentação).

- Agregações de Alcatraz com outras espécies (aves e/ou cetáceos) poderão dar informações gerais sobre o comportamento da espécie (por ex. alimentação em grupo com outras espécies de aves; alimentação em grupo com cetáceos).
- Realização de modelos mais adaptados às diferentes regiões do país, distinção entre costa Centro/Norte, Sudoeste e Sul).
- Realização de novos modelos com outras variáveis mais relevantes, nomeadamente a distribuição de potenciais presas de Alcatraz na costa continental portuguesa e variáveis oceanográficas com melhor resolução.

Para além dos estudos acima referidos estão já a ser realizados outros modelos, utilizando a mesma metodologia, para outras espécies-alvo de aves do projecto IBAs Marinhas.

5. Conclusões finais

Em conclusão, a distribuição de alcatrazes na costa continental portuguesa encontra-se relacionada com diversos factores bióticos e abióticos. Dos factores estudados, o predominante foi a concentração de clorofila *a* e, conseqüentemente, a presença de potenciais presas. Foi notória a existência de uma faixa/corredor nos modelos das campanhas de Fevereiro e Novembro, que agregam aves de passagem de migração e invernantes. Na época de nidificação desta espécie, representada pela campanha de Abril, poucas aves se encontraram em águas portuguesas.

Apesar das limitações encontradas tanto a nível da disponibilização de informação biológica como ambiental, o trabalho desenvolvido veio salientar a importância de alguns parâmetros ambientais para a compreensão da dinâmica espaço-temporal das espécies de aves marinhas.

A utilização de GLM e de correlação espacial (com recurso a krigagem) permitiu compreender melhor a distribuição de Alcatraz na costa continental portuguesa, utilizando como informação auxiliar os parâmetros ambientais com maior influência nas áreas amostradas. Este tipo de técnicas, associadas ao processamento da informação espacial em SIG, indicam ser uma mais valia na estimação de distribuição de aves marinhas.

A realização de campanhas de observação de aves de forma sistemática ao longo do ciclo anual de vida das aves marinhas e ao longo dos anos, utilizando a mesma metodologia, é de vital importância para a identificação de áreas importantes para aves marinhas e para determinar o estado das populações dessas mesmas aves e detectar possíveis ameaças.

Torna-se imprescindível que estudos futuros de conservação dos ecossistemas marinhos, agrupem quer dados, quer interesses de conservação das aves marinhas criando assim a possibilidade de criar estudos multidisciplinares.

Os dados obtidos com este estudo (e os mapas resultantes) servem de apoio ao objectivo final do projecto IBAs Marinhas, de identificar Áreas Importantes para Aves Marinhas e definir as áreas mais importantes a nível internacional com um maior grau de detalhe. Torna-se imprescindível que estudos futuros de conservação dos ecossistemas marinhos, agrupem este tipo de dados, que sirvam interesses para a conservação das aves marinhas, criando assim estudos multidisciplinares para um objectivo comum de uma boa gestão e conservação da biodiversidade e recursos marinhos.

6. Bibliografia

Akaike, H. 1977. On entropy maximization principle. In: Krishnaiah, P.R. (ed) Applications of Statistics. North-Holland Publishing Company, Amsterdam, pp. 27–41

Arcos, J.M. & D. Oro. 2002. Significance of fisheries discards for a threatened Mediterranean seabird, the Balearic shearwater *Puffinus mauretanicus*. Marine Ecology Progress Series. Vol. 239:209-220.

Bio, A. 2007. Statistical Modelling of Species Distribution. Relatório para workshop de estatística no âmbito do Projecto LIFE IBAs Marinhas.

BirdLife International. 2004. Birds in Europe: population estimates, trends and conservation status. Cambridge, UK: BirdLife International. BirdLife Conservation Series No. 12. 374 pp.

Cairns, D.K.1992. Bridging the Gap between ornithology and fisheries: use of seabirds data in stock assessment models. The Condor 94:811-824.

Camphuysen, K. 2005. Seabirds at sea in summer in the northwest North Sea. British Birds 98:2-19.

Camphuysen, K., B. Calvo, J. Durinck, K. Ensor, A. Follestad, C.J.N. Winter. 1995. Consumption of discards by seabirds in the North Sea. Final Report EC DG XIV Research Contr. BIOECO/93/10. NIOZ Rapport 1995 – 5. Netherlands Institute for Sea Research, Texel.

Camphuysen, K., T. Fox, M. Leopold, K. Peterson. 2004. Towards standardised seabirds at sea census techniques in connection with environmental impact assessments for offshore wind farms in the U.K. Report commissioned by COWRIE. Royal Netherlands Institute for Sea Research. 38p.

Camphuysen, K. & S. Garthe. 2004. Recording foraging Seabirds at Sea – Standardised recording and coding of foraging behaviour and multi-species foraging associations. IMPRESS report #2001-001, EC Quality of Life and Management of living resources. 21pp.

Checkley Jr, D.M., P.B. Ortner, L.R. Settle, S.R. Cummings 1997. A continuous, underway fish egg sampler. Fish. Oceanogr. 6(2):58-73.

Daunt, F., G. Peters, B. Scott, D. Grémillet, S. Wanless. 2003. Rapid-response recorders reveal interplay between marine physics and seabird behaviour. Marine Ecology Progress Series. Vol. 255:283-288.

Furness, R.W, & K. Camphuysen. 1997. Seabirds as monitors of the marine environment. ICES Journal of Marine Science, 54:726-737.

Garthe, S., K. Camphuysen, R.W. Furness. 1996. Amounts of discards by commercial fisheries and 136:1-11.

- Guisan, A., T.C. Edwards, Jr, T. Hastie. 2002. Generalized linear and generalized additive models in studies of species distributions: setting the scene. *Ecological Modelling* 157:89-100.
- Hamer, K.C., R.A. Phillips, J.K. Hill, S.Wanless, A.G. Wood.2001. Contrasting foraging strategies of gannets *Morus bassanus* at two North Atlantic colonies: foraging trip duration and foraging area fidelity. *Marine Ecology Progress Series*. Vol.224:283-290.
- Haney, J.C. & P.A. McGillivray. 1985. Aggregations of Cory's shearwaters (*Calonectris diomedea*) at Gulf Stream Fronts. *Wilson Bulletin*. 97(2):191-200.
- Del Hoyo, J., A. Elliott, J. Sargatal. eds. 1992. Handbook of the Birds of the World. Vol 1. Lynx Edicions. Barcelona. 696 pp.
- Hastie T.J. & R.J. Tibshirani. 1990. Generalized Additive Models. Chapman & Hall, London.
- Louzão, M., K.D. Hyrenbach, J.M. Arcos, P. Abello, L.G. de Sola, D. Oro. 2006. Oceanographic habitat of na endangered mediterranean Procellariiform: implications for marine protected areas. *Ecological Applications*. 16(5):1683-1695.
- Mason, E., S. Coombs, P.B. Oliveira. 2005. An overview of the literature concerning the oceanography of the eastern North Atlantic region. Relatório Científico Técnico. IPIMAR, Série digital nº 33, 58 pp. (<http://ipimar-iniap.ipimar.pt>).
- McCullagh P. & J.A. Nelder 1989. Generalized Linear Models. 2nd Edition. Chapman & Hall, London.
- McSorley, C.A., A.Webb, B.J.Dean, J.B.Reid. 2005. UK inshore Special Protection Areas: a methodological evaluation of site selection and definition of the extend of an interest feature using line transect data. JNCC Report N° 344. Peterborough. ISSN 0963 8901.
- Nelson, B. 2002. The Atlantic Gannet. 2ª Edição. Fenix Books Limited. 396 p.
- Pebesma, E.J., A.M.F. Bio, R.N.M. Duin. 2000. Mapping sea bird densities on the North Sea: combining geostatistics and generalised linear models. In: Kleingeld, W.J., & D.G. Kridge (eds.) Geostatistics 2000 – Cape Town. Proceedings of the Sixth International Geostatistics Congress held in Cape Town, South Africa, April 2000, Vol. 2:654-663.
- Pebesma, E.J., R.N.M. Duin, P.A. Burrough. 2005. Mapping sea bird densities over the North Sea: spatially aggregated estimates and temporal changes. *Environmetrics* 16:573-587.
- Projecto, J. & M. Lecoq. 1998. Aves da Costa Alentejana. Direcção Regional do Ambiente – Alentejo. 96 pp.

Spear, L.B., D.G. Ainley, S.W. Webb. 2003. Distribution, abundance of Buller's, Chatham Island and Salvin's Albatrosses off Chile and Peru. *Ibis*. 145:253-269.

Spear, L.B., L.T. Balance, D.G. Ainley. 2001. Response of seabirds to thermal boundaries in the tropical Pacific: the thermocline versus the Equatorial Front. *Marine Ecology Progress Series*. Vol.219:275-289.

Svensson, L., P.J. Grant, K. Mullarney, D. Zetterström. 2003. *Guia de Aves – Guia de campo das aves de Portugal e Europa*. Assírio & Alvim. 400 p.

Tasker, M.L., P.H. Jones, T. Dixon, B.F. Blake. 1984. Counting Seabirds at Sea from ships: a review of methods employed and suggestion for a standardized approach. *The Auk* 101:567-577.

Weichler, T., S. Garthe, G. Luna-Jorquera, J. Moraga. 2004. Seabird distribution on the Humboldt Current in northern Chile in relation to hydrography, productivity and fisheries. *ICES Journal of Marine Science*, 61:148-154.

Zar, J.H. 1999. *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall, 4ª Edição. 663p.

Legislação

(1979) Directiva 79/409/CEE – Directiva Aves, relativa à conservação de todas as espécies de aves selvagens.

Anexos

Anexo I – Fotografias de Alcatraz



Figura 1 – Ave capturada e morta por arte de pesca (foto: BirdLife).



Figura 2 – Mergulhos profundos de Alcatraz (foto: Pedro Geraldés).



Figura 3 – Códigos de comportamento de aves, metodologia ESAS.

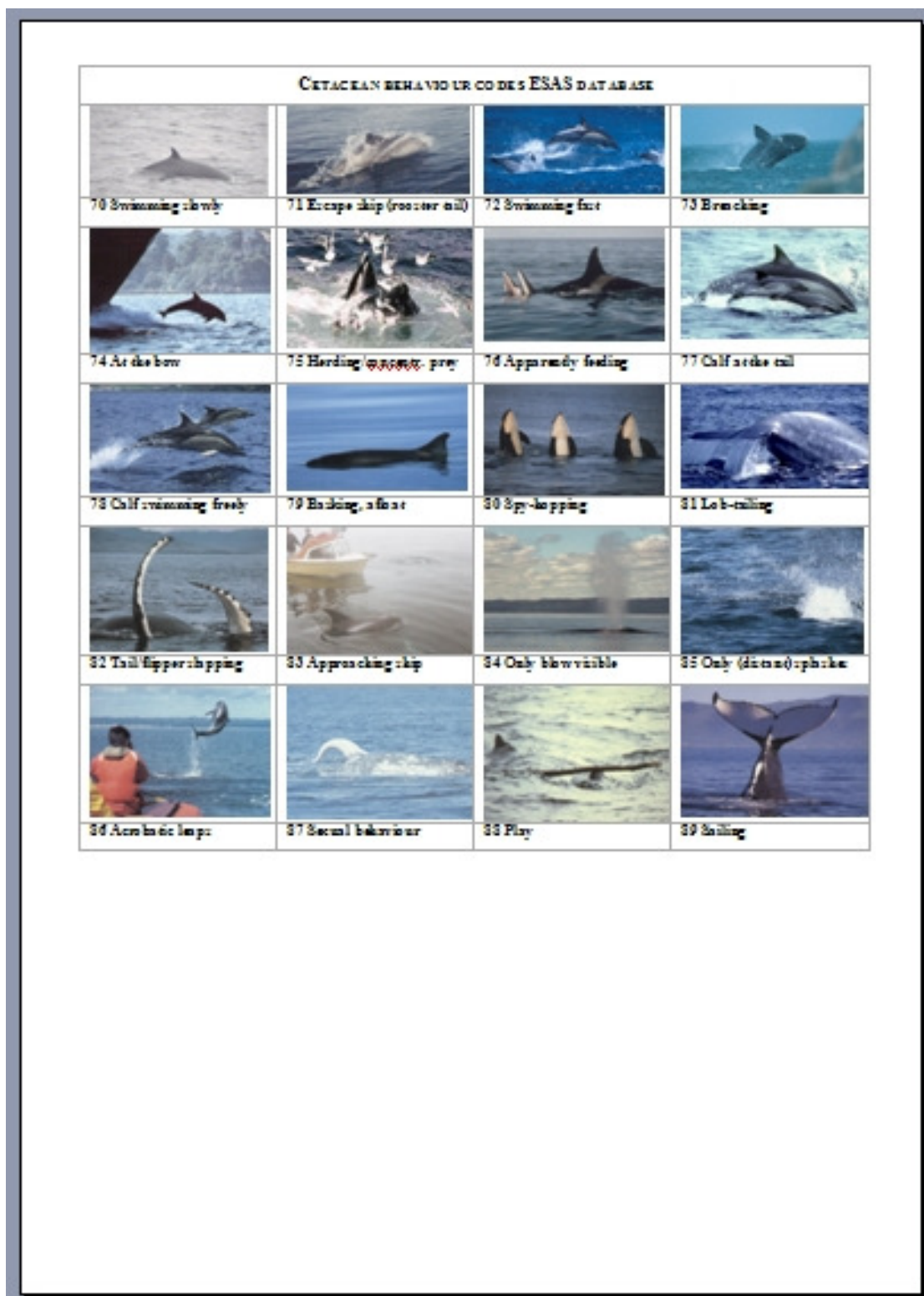


Figura 4 – Códigos de comportamento de cetáceos, metodologia ESAS.

Anexo III – Espécies observadas durante o presente estudo a partir de embarcações marítimas**Quadro 1 – Lista de espécies observadas nas campanhas IPIMAR, em 2005.**

Código EURING	Nome Português	Nome científico	Fevereiro	Abril	Novembro	Total
0	Periodos sem aves		395	726	209	1330
340	Alma-negra	<i>Bulweria bulwerii</i>	0	0	7	7
360	Cagarro	<i>Calonectris diomedea</i>	143	385	29	557
400	Pardela-de-barrete	<i>Puffinus gravis</i>	0	0	6	6
430	Pardela-preta	<i>Puffinus griseus</i>	0	1	9	10
460	Fura-bucho do Atlântico	<i>Puffinus puffinus</i>	0	58	14	72
462	Pardela-balear	<i>Puffinus mauretanicus</i>	196	74	232	502
469	Pardelas	<i>Puffinus spec.</i>	1	21	7	29
480	Pintainho	<i>Puffinus assimilis</i>	0	104	1	105
500	Casquilho	<i>Oceanites oceanicus</i>	0	0	1	1
520	Alma-de-mestre	<i>Hydrobates pelagicus</i>	1	0	0	1
		<i>H. pelagicus/</i>				
559	Painho não identificado	<i>Oceanodroma sp./</i> <i>O. oenitius</i>	0	0	2	2
580	Roquinho	<i>Oceanodroma castro</i>	0	0	2	2
710	Alcatraz	<i>Morus bassanus</i>	3905	1832	2876	8613
720	Corvo-marinho	<i>Phalacrocorax carbo</i>	1	2	0	3
800	Galheta	<i>Phalacrocorax aristotelis</i>	1	5	11	17
2130	Negrola	<i>Melanitta nigra</i>	0	253	1074	1327
2150	Negrola-d'asa-branca	<i>Melanitta fusca</i>	0	0	1	1
2269	Pato não identificado	<i>unidentified duck</i>	0	1000	0	1000
4860	Tarambola-cinzenta	<i>Pluvialis squatarola</i>	0	14	0	14
5120	Pilrito-de-peito-preto	<i>Calidris alpina</i>	0	26	0	26
5149	Pilrito	<i>Calidris spec.</i>	0	33	0	33
5660	Moleiro do Arctico	<i>Stercorarius pomarinus</i>	0	3	1	4
5670	Moleiro-pequeno	<i>Stercorarius parasiticus</i>	0	16	1	17
5690	Alcaide	<i>Stercorarius skua</i>	211	36	115	362
5699	Moleiros	<i>Stercorarius spec.</i>	0	2	1	3
5750	Gaivota-de-cabeça-preta	<i>Larus melanocephalus</i>	15	0	9	24
5790	Gaivota de Sabine	<i>Larus sabini</i>	2	0	0	2
5820	Guincho	<i>Larus ridibundus</i>	0	0	2	2
5880	Gaivota de Audouin	<i>Larus audouinii</i>	39	0	0	39
5900	Famego	<i>Larus canus</i>	2	0	0	2

Código EURING	Nome Português	Nome científico	Fevereiro	Abril	Novembro	Total
5910	Gaivota-d'asa-escura	<i>Larus fuscus</i>	13	15	9	37
5928	Gaivota-de-patas-amarelas	<i>Larus cachinnans michahellis</i>	160	3366	19	3545
6008	G-d'asa escura ou G-patas-amarelas	<i>Larus fuscus/ L. cachinnans</i>	3600	1980	3541	9121
6020	Gaivota-tridactila	<i>Rissa tridactyla</i>	17	1	0	18
6110	Garajau	<i>Sterna sandvicensis</i>	6	24	0	30
6115	Tagaz	<i>Sterna nilotica</i>	0	3	0	3
6150	Gaivina	<i>Sterna hirundo</i>	0	172	1	173
6160	Gaivina do Arctico	<i>Sterna paradisaea</i>	1	70	0	71
6240	Chilreta	<i>Sterna albifrons</i>	0	57	0	57
6270	Gaivina-preta	<i>Chlidonias niger</i>	0	43	0	43
6289	Gaivina	<i>Sterna spec.</i>	0	5	0	5
6340	Airo	<i>Uria aalge</i>	98	98	122	318
6345	Airo/ Torda mergulheira	<i>Alca torda / Uria aalge</i>	0	0	31	31
6360	Torda mergulheira	<i>Alca torda</i>	318	14	272	604
6540	Papagaio-do-mar	<i>Fratercula arctica</i>	8	15	40	63
7950	Andorinhao-preto	<i>Apus apus</i>	0	2	0	2
9920	Andorinha-das-chamines	<i>Hirundo rustica</i>	0	4	0	4
10201	Alveola-branca	<i>Motacilla alba alba</i>	1	0	4	5
12999		<i>Phylloscopus sp.</i>	0	0	5	5
16400	Milheirinha	<i>Serinus serinus</i>	0	1	0	1
16530	Pintassilgo	<i>Carduelis carduelis</i>	0	0	8	8
19998	Ave não identificada	unidentified bird	0	20	0	20
19999	Passeriforme não identificado	unidentified passerine	1	0	12	13
23110	Golfinho	unidentified dolphin	5	12	0	17
23190	Roaz-corvineiro	<i>Tursiops truncatus</i>	145	36	384	565
23250	Golfinho-comum	<i>Delphinus delphis</i>	378	200	77	655
27900	Peixe-lua	<i>Mola mola</i>	0	12	3	15
29000	Aparelho de pesca	set net or long-line flag	557	1393	271	2221
Total Geral			10220	12134	9409	31763

Anexo III – Sumário dos GLM obtidos**GLM1 – Fevereiro**

```
Call: glm(formula = SULA ~ DISTCOAST + I(DISTCOAST^2) + log(CHL) + I(log(CHL)^2)
+
  log(SST) + I(log(SST)^2) + WIND + I(WIND^2) + I.SAL + I(I.SAL^2),
  family = quasi(link = log, var = mu), data = ipifeb05[-410, ],
  na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value
(Intercept)	-8.012851e+003	3.542501e+003	-2.261919
DISTCOAST	1.433477e-004	4.303391e-005	3.331040
I(DISTCOAST^2)	-2.408274e-009	7.098182e-010	-3.392804
log(CHL)	-9.191910e-001	3.453421e-001	-2.661682
I(log(CHL)^2)	-9.117797e-001	2.611201e-001	-3.491802
log(SST)	7.302121e+002	2.673807e+002	2.730982
I(log(SST)^2)	-1.395823e+002	5.122195e+001	-2.725049
WIND	9.852761e+000	6.545256e+000	1.505329
I(WIND^2)	-6.123477e-001	3.841418e-001	-1.594067
I.SAL	3.893017e+002	2.013289e+002	1.933661
I(I.SAL^2)	-5.398687e+000	2.800003e+000	-1.928100

(Dispersion Parameter for Quasi-likelihood family taken to be 9.081052)

Null Deviance: 3424.302 on 614 degrees of freedom
Residual Deviance: 2689.339 on 604 degrees of freedom

597 observations deleted due to missing values

Number of Fisher Scoring Iterations: 6

GLM1 – Abril

```
Call: glm(formula = SULA ~ SEASTATE + BATIMETRY + I(BATIMETRY^2) + log(SST) + WI
ND + I(WIND^2) + I.SAL + I(I.SAL^2) + log(I.FLUOR), family = quasi(link = log, var = mu), data =
ipiapr05, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value
(Intercept)	-4.973139e+003	1.876807e+003	-2.64978754
SEASTATE1	2.127766e-001	1.489816e-001	1.42820713
SEASTATE2	-1.461998e-001	8.612705e-002	-1.69749027
SEASTATE3	-2.532306e-001	1.182946e-001	-2.14067752
SEASTATE4	1.679920e-001	1.446673e-001	1.16123056
SEASTATE5	-5.578829e-003	2.151051e-001	-0.02593536
BATIMETRY	3.135469e-003	2.198575e-003	1.42613691
I(BATIMETRY^2)	-4.894106e-006	3.881365e-006	-1.26092368
log(SST)	1.048863e+001	3.589564e+000	2.92197927
WIND	3.461334e+001	1.774406e+001	1.95070041
I(WIND^2)	-2.384261e+000	1.251422e+000	-1.90524148
I.SAL	2.729270e+002	1.051492e+002	2.59561685
I(I.SAL^2)	-3.863467e+000	1.477803e+000	-2.61433178
log(I.FLUOR)	-8.393772e-002	1.816932e-001	-0.46197499

(Dispersion Parameter for Quasi-likelihood family taken to be 10.81281)

Null Deviance: 5111.119 on 1243 degrees of freedom
Residual Deviance: 4674.063 on 1230 degrees of freedom

553 observations deleted due to missing values

Number of Fisher Scoring Iterations: 6

GLM1 – Novembro

```
Call: glm(formula = SULA ~ DISTCOAST + I(DISTCOAST^2) + log(CHL) + I(log(CHL)^2)
+ log(SST) + WIND + I.TEMP + I(I.TEMP^2) + I.SAL + I(I.SAL^2) + log(I.FLUOR) +
I(log(I.FLUOR)^2), family = quasi(link = log, var = mu), data = ipinov05, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value
(Intercept)	-1.507115e+004	8.933311e+003	-1.687073
DISTCOAST	1.001170e-004	3.606331e-005	2.776145
I(DISTCOAST^2)	-2.235789e-009	7.462521e-010	-2.996024
log(CHL)	-1.311458e+000	3.222649e-001	-4.069502
I(log(CHL)^2)	-1.458115e+000	2.910009e-001	-5.010689
log(SST)	5.079058e+000	3.341803e+000	1.519855
WIND	-1.348061e+000	5.126576e-001	-2.629553
I.TEMP	-1.351267e+001	4.994966e+000	-2.705258
I(I.TEMP^2)	4.199812e-001	1.519583e-001	2.763792
I.SAL	8.497314e+002	4.983052e+002	1.705243
I(I.SAL^2)	-1.189588e+001	6.927623e+000	-1.717166
log(I.FLUOR)	-5.955388e+000	3.216889e+000	-1.851288
I(log(I.FLUOR)^2)	-1.670625e+000	9.771600e-001	-1.709674

(Dispersion Parameter for Quasi-likelihood family taken to be 14.70045)

Null Deviance: 6824.224 on 698 degrees of freedom
Residual Deviance: 5419.56 on 686 degrees of freedom

214 observations deleted due to missing values
Number of Fisher Scoring Iterations: 5

GLM2 – Fevereiro

```
Call: glm(formula = SULA ~ DISTCOAST + I(DISTCOAST^2) + log(CHL) + I(log(CHL)^2)
+ log(SST) + I(log(SST)^2) + WIND, family = quasi(link = log, var = mu), data = ipifeb05[-410,
], na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value
(Intercept)	-9.905078e+002	2.283645e+002	-4.337398
DISTCOAST	9.108252e-005	3.182992e-005	2.861538
I(DISTCOAST^2)	-1.493375e-009	5.274032e-010	-2.831562
log(CHL)	-5.019628e-001	1.879735e-001	-2.670392
I(log(CHL)^2)	-3.934597e-001	1.675106e-001	-2.348864
log(SST)	7.652871e+002	1.732551e+002	4.417112
I(log(SST)^2)	-1.472958e+002	3.285502e+001	-4.483206
WIND	-4.029991e-001	1.927937e-001	-2.090313

(Dispersion Parameter for Quasi-likelihood family taken to be 10.7495)

Null Deviance: 6015.305 on 1026 degrees of freedom
Residual Deviance: 5023.059 on 1019 degrees of freedom

185 observations deleted due to missing values

Number of Fisher Scoring Iterations: 5

GLM2 – Abril

Call: glm(formula = SULA ~ BATIMETRY + log(SST) + WIND, family = quasi(link = log, var = mu), data = ipiapr05, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value
(Intercept)	-0.51360082	4.6416138759	-0.1106513
BATIMETRY	0.00106815	0.0005846127	1.8271072
log(SST)	-1.89735339	1.3333328610	-1.4230155
WIND	0.76370999	0.3082266694	2.4777544

(Dispersion Parameter for Quasi-likelihood family taken to be 13.26739)

Null Deviance: 6846.53 on 1651 degrees of freedom
Residual Deviance: 6626.617 on 1648 degrees of freedom

145 observations deleted due to missing values

GLM2 – Novembro

Call: glm(formula = SULA ~ BATIMETRY + DISTCOAST + I(DISTCOAST^2) + log(CHL) + I(log(CHL)^2), family = quasi(link = log, var = mu), data = ipinov05, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value
(Intercept)	9.576574e-002	3.497451e-001	0.2738158
BATIMETRY	-2.827085e-003	7.538170e-004	-3.7503595
DISTCOAST	1.721260e-004	3.339564e-005	5.1541457
I(DISTCOAST^2)	-3.195950e-009	7.228974e-010	-4.4210291
log(CHL)	-9.697883e-001	2.489824e-001	-3.8950078
I(log(CHL)^2)	-1.247929e+000	2.396731e-001	-5.2067963

(Dispersion Parameter for Quasi-likelihood family taken to be 16.0672)

Null Deviance: 7599.261 on 775 degrees of freedom
Residual Deviance: 6164.971 on 770 degrees of freedom

137 observations deleted due to missing values

Number of Fisher Scoring Iterations: 5