



2012

Vera Fidalgo Ecologia trófica da Gaivota de Patas-amarelas (*Larus michahellis*) e do Pintainho (*Puffinus baroli*): uma abordagem isotópica em áreas costeiras e pelágicas



DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DA VIDA

FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Ecologia trófica da Gaivota de patas-amarelas (*Larus michahellis*) e do Pintainho (*Puffinus baroli*): uma abordagem isotópica em áreas costeiras e pelágicas



Vera Alexandra Correia Fidalgo

2012



DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DA VIDA

FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Ecologia trófica da Gaivota de patas-amarelas (*Larus michahellis*) e do Pintainho (*Puffinus baroli*): uma abordagem isotópica em áreas costeiras e pelágicas

Dissertação apresentada à Universidade de Coimbra para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Biologia, realizada sob a orientação científica do Professor Doutor Jaime Ramos (Universidade de Coimbra)

Vera Alexandra Correia Fidalgo

2012

À minha Família

Ao Emanuel

Agradecimentos

Como alguém muito importante na minha vida escreveu um dia “Nenhum homem é uma ilha, nenhum céu se ilumina só com uma estrela e a glória não se atinge na solidão”, e não tenho dúvidas que sem a ajuda das pessoas que aqui vou nomear, concluir este trabalho teria sido uma tarefa impossível.

Assim, gostaria de agradecer em primeiro lugar ao Professor Doutor Jaime Ramos, por me guiar e orientar na execução deste trabalho. Gostaria de lhe agradecer também por todos os ensinamentos, toda a disponibilidade e suporte que me prestou ao longo de todas as fases de execução deste trabalho.

Gostaria de agradecer ao meu colega Filipe Ceia pela paciência, ensinamentos, apoio e toda a disponibilidade. Assim como ao meu colega Vítor Paiva, por estar sempre disponível para me ajudar.

Um obrigada ainda aos colegas, funcionários e técnicos do IMAR, e também aos vigilantes do ICNB Paulo Crisóstomo e Eduardo Mourato, pela colaboração prestada no decurso deste trabalho. Agradeço ainda ao Luís Ferreira que gentilmente cedeu todas as fotografias do Pintainho presentes nesta tese.

Não posso deixar de agradecer aos meus amigos, sobretudo à minha querida amiga Ana Lucinda, que compartilharam comigo as dificuldades inerentes a um “candidato a Mestre” e que se mostraram tão importantes ao longo desta jornada. Obrigada pelos bons momentos, pelas gargalhadas e pelo convívio, que foram fundamentais em todas as alturas.

À minha família, que merece um obrigada especial, pois foram os primeiros a acreditar em mim e a incentivarem-me. Obrigada pelo “colinho da mãe”, tantas vezes insubstituível, pelo amor incondicional e por todo o apoio...

E por ultimo, mas não menos importante, ao Emanuel pelo amor, por todo o apoio e por tantas vezes me chamar à razão. Obrigada por partilhares comigo todos os momentos!

Um Obrigada a Todos!

Índice

Abstract	I
Resumo	II
<u>Capítulo 1 – Introdução</u>	1
1.1 - Importância do estudo da ecologia trófica das aves marinhas	1
1.2 - Ecologia Trófica de Aves Pelágicas e Aves Costeiras	7
1.3 - Análise dos Isótopos Estáveis como metodologia em estudos de ecologia trófica	12
1.4 - Objectivos	17
<u>Capítulo 2 – Materiais e Métodos</u>	18
2.1 - Espécies de estudo	18
2.2 - Áreas de Estudo	25
2.3 - Trabalho de campo	29
2.4 - Análise dos isótopos estáveis	30
2.5 - Análise estatística	31
<u>Capítulo 3 – Resultados</u>	34
3.1 - Análise isotópica para a Gaivota de Patas-amarelas: Sazonalidade na sua ecologia trófica.	34

	Índice
3.2 - Análise isotópica para o Pintainho	37
3.2.1 - Comparação da sazonalidade na ecologia trófica entre duas colónias distintas	37
3.2.2 - Determinação da variação inter-anual na ecologia trófica do Pintainho na colónia de Porto Santo	42
<u>Capítulo 4 – Discussão</u>	47
4. 1- Ecologia trófica da Gaivota de patas-amarelas	47
4.2 – Ecologia trófica do Pintainho	51
4.3 – Considerações finais	57
Referências	59

Abstract

The monitoring and management of marine ecosystems requires a thorough knowledge of the trophic ecology of top predators such as seabirds. Thus, this work was composed of three distinct objectives: evaluate the seasonality in the trophic ecology of the population of Yellow-legged gull (*Larus michahellis*) nesting on the island of Berlenga, ii) compare the trophic ecology of two separate colonies of Barolo shearwaters (*Puffinus baroli*), in the islands of Porto Santo and in the Selvagens, and iii) compare the inter-annual variation of the trophic ecology of the Barolo shearwaters in the colony in the island of Porto Santo in the years 2011 and 2012. We evaluated the isotopic ratios of $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ in blood and in three types of feathers (first primary feather (P1), eighth secondary feather (S8) and breast feathers) collected during the breeding season of the two seabird species. For the first objective, the isotopic signatures of $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$ showed significant differences among the various tissues analyzed, indicating that the Yellow-legged gulls nesting on the island of Berlenga changed their trophic ecology throughout the year. For the second objective, there was an interpopulation difference in the trophic ecology between Barolo shearwaters breeding in colonies of Porto Santo and Selvagens. Finally, we also found significant differences in $\delta^{13}\text{C}$ isotope ratios in blood samples of Barolo shearwaters collected in two consecutive years in the colony of Porto Santo, which indicates that individuals of this colony possibly changed their feeding area during the breeding season between years. Overall, this work confirms that seabirds may change their feeding strategies depending on existing environmental conditions, therefore they may be used as indicators of ecological conditions in marine ecosystems.

Key words: Foraging ecology, Stable isotopes, *Puffinus baroli*, *Larus michahellis*

Resumo

A monitorização e gestão dos ecossistemas marinhos requerem um conhecimento profundo da ecologia trófica de predadores de topo como as aves marinhas. Assim, este trabalho foi composto por três objectivos distintos: i) avaliar a sazonalidade na ecologia trófica da população da Gaivota de patas-amarelas (*Larus michahellis*) nidificante na ilha da Berlenga; ii) comparar a ecologia trófica entre duas colónias distintas de Pintainhos (*Puffinus baroli*), nas ilhas de Porto Santo e das Selvagens; iii) comparar a variação inter-anual da ecologia trófica dos Pintainhos da colónia da ilha de Porto Santo entre os anos de 2011 e 2012. Para tal foram avaliados os rácios isotópicos de $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ no sangue e em três tipos de penas (Primeira pena primária (P1), Oitava pena secundária (S8) e penas do peito), recolhidos durante a época de reprodução destas aves. No primeiro caso, as assinaturas isotópicas de $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ evidenciaram diferenças significativas entre os vários tecidos analisados, o que indica que as Gaivotas de patas-amarelas nidificantes na ilha da Berlenga alteraram a sua ecologia trófica ao longo do ano. No segundo caso, comprovou-se existir uma variação interpopulacional entre os Pintainhos nidificantes nas colónias de Porto Santo e das Selvagens quanto à sua ecologia trófica. Por fim, foram ainda encontradas diferenças significativas nos rácios isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$ nas amostras de sangue de Pintainhos recolhidas em dois anos consecutivos na colónia de Porto Santo, o que indica que os indivíduos desta colónia, possivelmente alteraram a sua área de alimentação durante a sua época de reprodução. Este trabalho confirma assim que as aves marinhas podem alterar as suas estratégias alimentares consoante as condições do meio em que estão inseridas, facto este que pode funcionar como indicador das condições ecológicas dos ecossistemas marinhos.

Palavras-chave: Ecologia trófica, Isótopos estáveis, *Puffinus baroli*, *Larus michahellis*

Capítulo 1 – Introdução

1.1 - Importância do estudo da ecologia trófica das aves marinhas

Em 1935, Transley introduziu o termo “ecossistema”, definindo-o como a unidade básica da Natureza, espacialmente definida na Terra e que inclui todos os organismos e todos os componentes abióticos dentro de limites definidos (Transley, 1935). Hoje em dia, o termo “ecossistema” é tema central da Ecologia e, é encarado como uma forma de integração para estudos ecológicos (Cury *et al.*, 1995). Contudo, é difícil estudar um ecossistema na sua generalidade, não só pela complexidade das suas relações bióticas e abióticas, mas também pelas contínuas alterações que este sofre ao longo do tempo, um ecossistema é um sistema em permanente mudança (Likens, 1992). Exemplos disso são os ecossistemas marinhos. Um ecossistema marinho inclui detritos, centenas de tipos de organismos, tais como fitoplâncton, bactérias, peixes, mamíferos e aves, entre outros, e todos estes componentes encontram-se interligados numa complexa rede trófica em permanente alteração (Cury *et al.*, 1995).

Os ecossistemas desempenham um diversificado conjunto de processos, que proporcionam aos seres humanos bens e serviços indispensáveis (Constanza *et al.*, 1997). Por isso, torna-se imprescindível compreender a sua dinâmica, de forma a prever e gerir as consequências e os impactos da exploração humana, tornando os ecossistemas em sistemas sustentáveis e equilibrados (Cury *et al.*, 1995). Um requisito essencial para uma gestão eficiente de um ecossistema é a obtenção de informações oportunas sobre flutuações significativas nesse mesmo ecossistema (Piatt *et al.*, 2007).

Existem várias abordagens para o estudo de um ecossistema, de entre as quais, a abordagem empírica ou histórica, que consiste na observação a longo prazo e na descrição de determinados parâmetros da Natureza, de forma a estabelecer padrões e a formular teorias. E, por outro lado, existe também uma abordagem experimental, que

consiste na manipulação experimental de componentes estruturais ou funcionais de um ecossistema (Likens, 1992). Contudo, manipular um ecossistema inteiro é demasiado dispendioso, por isso muitas vezes são utilizados os chamados indicadores ecológicos.

Os indicadores ecológicos são utilizados para detectar variações nos ecossistemas, permitindo avaliar a sua condição e diagnosticar os problemas que eventualmente existam. Devido à elevada complexidade de um ecossistema é muito difícil avaliá-lo na sua totalidade, por isso os indicadores ecológicos são uma ferramenta muito útil para o fazer e permitem tomar decisões quanto à sua gestão de uma forma rápida e eficiente (Duran *et al.*, 2009).

Pode definir-se um indicador ecológico como uma ou várias características mensuráveis da estrutura (genética, população, habitat), composição (genes, espécies, comunidades) ou função (genética, demográfica) de um determinado ecossistema, os indicadores ecológicos focam-se apenas em aspectos do ecossistema que são importantes para avaliar a sua condição, mas que são também representativos de todo o ecossistema (Niemi & McDonald, 2004; Dale *et al.*, 2003).

A utilização de algumas espécies como indicadores ecológicos (bioindicadores) é uma prática recorrente em Ecologia. Este conceito determina que uma única espécie representa várias espécies com os mesmos requisitos, num determinado ecossistema (Niemi & McDonald, 2004; Landres *et al.*, 1988). As espécies tipicamente utilizadas como indicadores pertencem sobretudo, à macroflora, principalmente as plantas vasculares e à macrofauna, representada sobretudo por alguns macroinvertebrados marinhos, peixes, mamíferos e aves (Niemi & McDonald, 2004). As principais razões para a escolha de algumas espécies como indicadores ecológicos são, o facto de serem relativamente fáceis de identificar, despertarem o interesse do público em geral, serem relativamente fáceis de monitorizar, existir muita informação sobre algumas espécies,

nomeadamente de como reagem a perturbações, e também o facto deste tipo de avaliação ter custos relativamente baixos (Niemi & McDonald, 2004). Contudo, é de salientar que a ecologia das espécies indicadoras deve ser bem conhecida e estudada, para que se consiga separar de forma clara a dinâmica natural da espécie em questão, dos efeitos causados pela alteração do ecossistema (Koskimies, 1989).

As aves são frequentemente utilizadas como indicadores ecológicos, não só por serem um grupo muito estudado, mas também por despertarem o interesse público em geral e pela facilidade prática da sua monitorização em comparação com outros grupos de organismos, para além de serem ecologicamente muito versáteis, explorando diferentes habitats de diferentes formas (Gregory *et al.*, 2010; Koskimies, 1989). A monitorização biológica, nestes caso das aves, permite detectar alterações ambientais que não seriam possíveis de detectar através de uma monitorização não biológica de parâmetros físicos ou químicos do ecossistema e também permite detectar consequências biológicas, muitas vezes cumulativas de várias alterações ambientais que actuam simultaneamente e que não seriam detectadas de outra forma (Koskimies, 1989). Ao utilizar-se as aves como bioindicadores, é possível avaliar as alterações que ocorrem num dado ecossistema não só de uma forma quantitativa, mas também de uma forma qualitativa (Koskimies, 1989).

Como espécies marinhas, estas aves possuem vários atributos que as destacam em relação a outras espécies do meio marinho. Algumas das características que as tornam bioindicadores por eleição são o facto de serem facilmente observadas num ambiente onde a maioria das espécies se encontra imersa, estarem frequentemente no topo das cadeias tróficas e portanto reflectirem as alterações que ocorrem em níveis tróficos inferiores (Cury *et al.*, 1995). São também bastante afectadas por pressões antropogénicas, tais como, a poluição e a sobreexploração dos recursos marinhos

disponíveis, e ainda são espécies que despertam um grande interesse por parte do público, o que ajuda muito na tomada de consciência para os problemas ambientais que se vivem nos dias de hoje, tais como as alterações climáticas e a poluição excessiva (Parsons *et al.*, 2008, Piatt *et al.*, 2007).

A biologia e ecologia destas aves permitem que estas constituam dois tipos de indicadores ecológicos. Podem funcionar como ‘sentinelas’ ou biomonitores para alterações do ecossistema, tais como focos de poluição de metais pesados e outros poluentes ou, podem funcionar como indicadores quantitativos de componentes específicos do ecossistema, tais como a abundância de peixe em determinados locais (Piatt *et al.*, 2007; Furness & Camphuysen, 1997). Devido à sua mobilidade e longevidade, as aves marinhas têm ainda a vantagem de responder às alterações do ecossistema marinho onde estão inseridas em diferentes escalas espaciais e temporais. Exemplo disso são alguns Procellariiformes, que durante a sua época de reprodução, limitam-se a procurar alimento nas zonas circundantes ao seu local de nidificação, contudo quando esta termina, realizam migrações que lhes permitem explorar outras fontes de alimento e, assim reflectirem condições de habitats completamente distintos e, que de outra forma, dificilmente estariam acessíveis (Diamond & Devlin., 2003).

Quando se pretende utilizar uma ave marinha como indicador ecológico, os parâmetros tidos em conta devem ser parâmetros rápidos de medir, sensíveis ao stress e às alterações no ecossistema e também devem ser integrativos (Iverson *et al.*, 2007). Para escolher qual, ou quais os parâmetros mais informativos, deve ter-se em consideração a escala temporal, ou seja, existem parâmetros que reflectem alterações a curto-prazo, como o tamanho das ninhadas, enquanto outros reflectem alterações a longo prazo, como o tamanho das populações. Deve ter-se também em conta a escala espacial na escolha da espécie indicadora, pois existem espécies que utilizam uma

escala espacial mais ampla, como é o caso das aves pelágicas, enquanto outras espécies limitam-se a uma escala espacial mais restrita, como é o caso das aves costeiras e, portanto reflectem variações nos ecossistemas marinhos a uma escala local (Einoder, 2009). Parâmetros demográficos, fisiológicos ou comportamentais podem ser medidos e avaliados, fornecendo indicações sobre o estado ecológico de determinado ecossistema (Piatt *et al.*, 2007). Contudo os parâmetros comportamentais e fisiológicos são mais sensíveis a alterações (Mallory *et al.*, 2010; Duran *et al.*, 2009). O tamanho das populações, o sucesso reprodutor, a sobrevivência dos indivíduos e a ecologia alimentar das aves marinhas, são alguns dos parâmetros mais utilizados para avaliar o estado dos ecossistemas marinhos (Iverson *et al.*, 2007; Diamond & Devlin, 2003).

Como já foi referido, um dos principais parâmetros estudados nas aves marinhas é a sua ecologia alimentar. O estudo das suas dietas pode fornecer informações sobre a diferenciação da cadeia alimentar, a importância e a abundância de presas, em diferentes escalas espaciais e temporais, determinar a dinâmica predador/presa, avaliar as necessidades energéticas e nutricionais destes animais e avaliar o grau de sobreposição de nichos e a competição entre espécies (Weiser, 2010). Em conjunto com outros tipos de dados, estas informações são importantes para a compreensão da distribuição das aves marinhas, da sua dinâmica populacional e, também da estrutura do ecossistema e as suas alterações ao longo do tempo (Iverson *et al.*, 2007).

Existem várias abordagens para os estudos da ecologia trófica das aves marinhas (Iverson *et al.*, 2007). A análise do conteúdo estomacal das aves é uma abordagem bastante comum, este pode ser conseguido utilizando aves mortas ou regurgitações. Contudo, esta abordagem pode trazer algumas desvantagens pois, no caso das aves mortas elimina a oportunidade de se realizar um estudo contínuo; no caso das regurgitações espontâneas ou induzidas nas aves, a informação obtida é apenas da

refeição mais recente, não reflectindo a dieta a longo prazo, pode acontecer também que algumas presas estejam sobre-representadas, por apresentarem partes que são resistentes á digestão (Iverson *et al.*, 2007). Outra metodologia bastante utilizada para reconstruir a dieta das aves é a análise de excrementos e das plumadas (Barret *et al.*, 2007). A análise dos excrementos é bastante útil, pois é um método não invasivo e revela diferentes tipos de presas que são ingeridas pelas aves, contudo tal como na análise de regurgitados este não permite determinar todo o tipo de presas ingeridas pelo predador, pois neste caso algumas são completamente destruídas durante a digestão (Barret *et al.*, 2007). A análise das plumadas assemelha-se muito à análise dos excrementos. As plumadas consistem em regurgitações voluntárias, que contém aquilo que não pode ser digerido pela ave, como as partes duras de algumas presas (Garthe & Scherp, 2003). Tal como a análise de excrementos, este é também um método não invasivo, de fácil execução e que proporciona informação bastante relevante sobre a dieta da ave. Contudo, este método traz algumas desvantagens, pois não só está restrito às colónias, e como normalmente existem várias espécies de aves marinhas na mesma colónia por vezes é difícil identificar a que espécie pertence determinada plumada, como também há a possibilidade de existirem elementos na plumada que não tenham sido ingeridos pelo predador, mas pela presa (Barret *et al.*, 2007). A identificação visual da captura das presas ou dos restos encontrados nos ninhos é também uma prática recorrente na determinação da ecologia trófica das aves marinhas, contudo só é aplicável em algumas espécies e apenas durante a época de reprodução (Iverson *et al.*, 2007). Actualmente, as técnicas biomoleculares são das metodologias mais utilizadas e robustas para determinar a ecologia trófica das aves marinhas (Barret *et al.*, 2007). Técnicas como a análise dos isótopos estáveis (SIA) e a quantificação dos ácidos gordos de tecidos (QFASA), entre outras, são utilizadas na maioria dos estudos de ecologia trófica em aves marinhas, pois

permitem integrar informação da dieta no tempo e no espaço (Barret *et al.*, 2007; Iverson *et al.*, 2007).

Em suma, pode afirmar-se que a informação detalhada sobre a ecologia trófica das aves marinhas é muito importante para aprofundar o conhecimento da dinâmica dos ecossistemas marinhos e a forma como estes variam espacialmente e temporalmente em resposta às alterações climáticas e outras perturbações (Iverson *et al.*, 2007).

1.2 - Ecologia Trófica das Aves Pelágicas e Aves Costeiras

Os animais vivem num ambiente altamente heterogéneo, em que os recursos estão distribuídos de forma irregular e hierárquica, e a forma como cada indivíduo os procura e explora é crucial para a sua sobrevivência. Os efeitos da heterogeneidade na distribuição dos recursos, bem como os efeitos da escala espacial na percepção dos indivíduos para encontrar alimento são determinantes no seu desempenho e sucesso como predadores (Fritz *et al.*, 2003). A heterogeneidade espacial e distribuição irregular dos recursos são fenómenos inerentes aos oceanos. Assim, para serem bem-sucedidos os predadores marinhos devem procurar continuamente as suas presas e responder à complexa heterogeneidade dos oceanos em diferentes escalas espaciais e temporais (Benoit-Bird & Au, 2003).

No caso das aves marinhas, estas são predadores marinhos de topo, extremamente móveis e que exploram os oceanos em escalas espaciais e temporais muito alargadas (Fig.1) (Fraser & Trivelpiece, 1996). A maioria das espécies alimenta-se em áreas marinhas mais produtivas, facilmente caracterizadas em termos oceanográficos por temperaturas da água do mar mais baixas, maior concentração de clorofila, zonas de upwelling ou convergência entre massas de água distintas, entre

outros (Monticelli *et al.*, 2007; Ramos *et al.*, 2002). As presas mais habituais na dieta destas aves são pequenos peixes pelágicos, lulas e crustáceos que existem à superfície da coluna de água (Montevecchi & Myers, 1996). As aves podem ser classificadas em dois grandes grupos: aves costeiras, como a maioria das Gaivotas e Andorinhas do mar, que se reúnem em grandes grupos para se alimentar em áreas costeiras onde as presas são abundantes; e aves pelágicas, que incluem espécies como os Pintainhos e as Pardelas, que percorrem vastas extensões no oceano em busca das suas presas (Schreiber *et al.*, 2001).

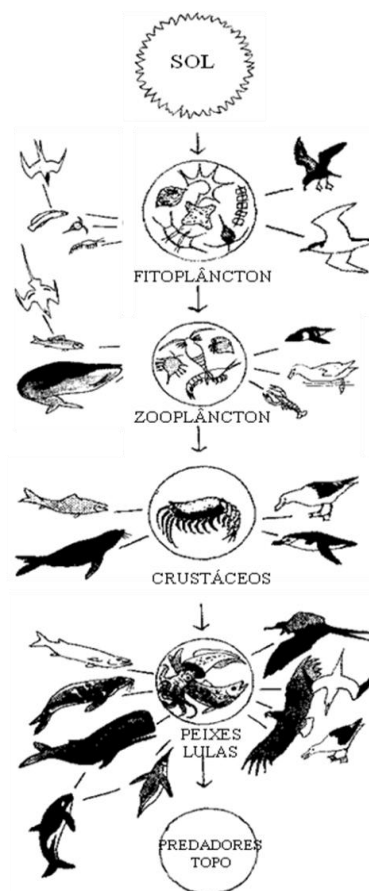


Figura 1 - Representação de uma cadeia trófica marinha. As aves marinhas têm a capacidade de explorar vários níveis tróficos ao longo das cadeias tróficas marinhas (adaptado de Nelson, 1979).

Espécies costeiras, como as gaivotas (Familia Laridae) alimentam-se geralmente junto à costa e podem muitas vezes recorrer a habitats estuarinos e terrestres (Schreiber *et al.*, 2001). A maioria das espécies de gaivotas apresenta um comportamento alimentar omnívoro e generalista, o que lhes confere uma elevada plasticidade na procura de alimento (Christel *et al.*, 2012; Moreno *et al.*, 2010). Estão adaptadas para capturar uma elevada diversidade de presas: crustáceos, moluscos, e organismos planctónicos porém, na maioria das espécies as principais presas são peixes. A sua versatilidade na procura de alimento permite-lhes ainda modificar as suas estratégias e ter acesso a um elevado número de fontes de alimento de origem antropogénica, como lixeiras e excedentes das pescas (Christel *et al.*, 2012). Os métodos mais utilizados para capturar o alimento são a pesca superficial e o mergulho (Serrano & Azevedo-Júnior, 2005), mas algumas espécies praticam ainda o chamado cleptoparasitismo, ou seja, roubam frequentemente o alimento a outros animais (Oro & Martínez-Abraín, 2007).

As gaivotas alimentam-se geralmente durante o dia, pois a grande maioria utiliza a visão para procurar o alimento, contudo algumas espécies, como é o caso da Gaivota de Audouin, alimentam-se principalmente à noite, quando as suas presas estão mais disponíveis (Mañosa *et al.*, 2004). A ecologia trófica das gaivotas varia também sazonalmente, pois exibem um comportamento alimentar distinto na época de reprodução e na época de invernada (Daunt *et al.*, 2006). Durante a época de reprodução tendem a formar grandes colónias e a alimentarem-se preferencialmente junto à colónia, contudo podem percorrer longas distâncias para procurar alimento caso seja necessário (Masello *et al.*, 2010), como é o caso das Gaivotas de asa escura nas ilhas holandesas do mar de Wadden que procuram alimento numa área de 135 km em torno das suas colónias (Camphuysen, 1995). Fora da época de reprodução a ecologia trófica das

gaivotas é pouco conhecida, sabe-se apenas que durante o Outono e o Inverno a maioria destas aves utiliza fontes de alimento terrestres, nomeadamente de origem antropogénica, alimentam-se ainda em águas costeiras pouco profundas e em planaltos rochosos durante a maré baixa (Poot, 2003).

As aves marinhas pelágicas, das quais fazem parte as espécies da Ordem Procellariiformes, são predadores marinhos altamente móveis e conspícuos, passam a maior parte da sua vida no mar e, geralmente, voltam a terra apenas para se reproduzir (Quillfeldt *et al.*, 2010; Fauchald, 2009; Chown *et al.*, 1998). Comparados com os ecossistemas terrestres e costeiros, os ecossistemas pelágicos apresentam uma produção primária mais baixa e, conseqüentemente, os recursos são esparsos e efémeros (Croll & Tershy, 2008), assim as aves pelágicas têm de percorrer centenas, ou milhares de quilómetros à procura das suas presas de eleição, que são na maioria crustáceos, cefalópodes e cardumes de peixes pelágicos (Fauchald, 2009; Nevitt, 2000).

As aves pelágicas aproveitam as correntes de ar que existem sobre os oceanos para se deslocarem longas distâncias sem bater as asas, o que lhes permite minimizar os gastos de energia durante a procura de alimento (Paiva *et al.*, 2010b; Nevitt, 2000). Estudos recentes indicam também que alguns dos Procellariiformes utilizam o olfacto para localizar os aglomerados de presas dispersos pelos oceanos (Mardon *et al.*, 2010; Buskirk & Nevitt, 2008) Estas aves são sensíveis a alguns compostos de enxofre libertados pelo plâncton: compostos como o dimetilsulfureto (DMS) funcionam como um sinal indicativo de produtividade primária elevada que é utilizado pelas aves para encontrarem as áreas mais produtivas (Nevitt & Bonadonna, 2005; Nevitt, 2000).

Tal como as aves costeiras, as aves pelágicas também apresentam vários métodos para capturar as suas presas, como a pesca superficial e o mergulho raso ou profundo (Haynes *et al.*, 2011). Contudo, muitas vezes as presas não estão acessíveis às aves na

coluna de água, e por isso estas tiram partido da capacidade de alguns predadores subaquáticos como os cetáceos, que para se alimentarem forçam as presas a subir em direcção à superfície, trata-se de um tipo de comensalismo entre as aves marinhas e os predadores subaquáticos (Le Corre *et al.*, 2012).

Quanto aos seus padrões de actividade diários, vários autores mencionam que a maioria das espécies se alimentam habitualmente durante o dia, mas também procuram regularmente alimento à noite, porque ocorrem migrações verticais na coluna de água de algumas espécies de presas nocturnas, como várias espécies de cefalópodes (Catry *et al.*, 2004; Fernández & Anderson, 2000; Croxall, 1987).

As aves marinhas pelágicas caracterizam-se por investir muito na reprodução e nos cuidados parentais (Giudici *et al.*, 2010). Por isso, durante a época de reprodução a procura por alimento é muito elevada dado que as aves têm de garantir não só a manutenção das suas capacidades físicas, como suprimir as necessidades nutricionais das suas crias (Navarro & González-Solís, 2007). Para resolver este conflito muitas espécies desenvolveram uma estratégia bimodal, que consiste na alternância entre viagens curtas para procurar alimento para as crias e viagens longas onde os progenitores procuram alimento para restituir as suas reservas corporais (Paiva *et al.*, 2010a; Weimerskirch *et al.*, 2003; Schreiber *et al.*, 2001).

Fora da época de reprodução pouco se sabe sobre a ecologia trófica das aves pelágicas, sabe-se apenas que muitas espécies optam por migrar para zonas onde os recursos são mais abundantes (Quillfeldt *et al.*, 2010), sendo que algumas espécies exploram várias áreas de invernada, enquanto outras parecem migrar apenas para uma área definida e restrita (Guildfort *et al.*, 2009). Porém, existem espécies que são relativamente mais sedentárias, como é o caso dos Pintainhos, *Puffinus baroli*, objecto deste estudo, que após a época de reprodução viajam em várias direcções e percorrem

distâncias até 2500 Km, mas visitam regularmente a colónia de reprodução, o que indica que não empreendem em grandes migrações (Neves *et al.*, 2012; Priddel *et al.*, 2003).

Os predadores de topo como as aves marinhas pelágicas e costeiras podem ser utilizados como indicadores ecológicos (Furness & Camphuysen, 1997). Contudo, esta abordagem requer um conhecimento profundo da ecologia destas aves, nomeadamente da sua ecologia trófica (Diamond & Devlin, 2003) mas, o estudo deste tipo de interacções em ambientes pelágicos e costeiros apresenta algumas dificuldades. Como estas aves são altamente móveis e exploram vastas áreas à procura de alimento é difícil obter amostras e efectuar observações nas escalas espaciais e temporais apropriadas (Adams & Navarro, 2005). Assim, os estudos de ecologia trófica incidem principalmente sobre a época de reprodução, quando as aves estão disponíveis para realizar amostragens (Hobson, 1993). Por isso, existe uma grande lacuna na informação sobre a ecologia trófica das aves marinhas fora da época de reprodução, nomeadamente, durante a época de invernada ou de migração (Quillfeldt *et al.*, 2005). Nas últimas décadas, surgiram algumas metodologias para colmatar estas lacunas, como a análise dos isótopos estáveis (SIA), que permitem integrar a informação trófica das diferentes épocas do ano (Hobson *et al.*, 1994).

1.3 - Análise dos Isótopos Estáveis como metodologia em estudos de ecologia trófica

A dieta das aves marinhas e a sua ecologia trófica são parâmetros bastante utilizados como indicadores de alterações nos ecossistemas marinhos (Barret *et al.*, 2007). Os estudos de dieta mais tradicionais, tais como a análise do conteúdo estomacal, as observações directas ou ainda a recolha de restos de presas nas colónias de

reprodução, reflectem a dieta apenas durante esse período e alguns tipos de presas podem estar sobre-representadas por serem mais difíceis de digerir pela ave (Hobson *et al.*, 1994). Assim, ao longo das últimas décadas têm sido desenvolvidas novas técnicas, que visam complementar a informação dada pelos métodos mais tradicionais (Barret *et al.*, 2007). Uma dessas técnicas é a Análise dos Isótopos Estáveis (SIA) (Moreno *et al.*, 2010).

A análise dos isótopos estáveis foi reconhecida como uma metodologia importante para estudos ecológicos em meados dos anos 80 (Peterson & Fry, 1987). Contudo, só por volta dos anos 90, esta técnica começa a ser utilizada em estudos ornitológicos, nomeadamente em estudos de ecologia trófica (Bond & Jones, 2009).

A utilização desta técnica para estudos de ecologia trófica baseia-se em dois pressupostos. Primeiro, no facto de os rácios dos isótopos estáveis nos tecidos dos predadores reflectirem, de forma previsível, os rácios dos isótopos das suas presas (Catry *et al.*, 2008). Segundo, no facto dos isótopos apresentarem um comportamento cumulativo ao longo dos níveis tróficos nos ecossistemas marinhos (Hobson *et al.*, 1994).

Os isótopos estáveis mais utilizados nos estudos de ecologia trófica em ecossistemas marinhos são o nitrogénio ($\delta^{15}\text{N}$) e o carbono ($\delta^{13}\text{C}$) (Catry *et al.*, 2008). A utilização do $\delta^{15}\text{N}$ baseia-se no enriquecimento trófico em ^{15}N à medida que se ascende nos níveis da cadeia trófica, de uma forma previsível. Assim, os tecidos dos consumidores tendem a ser enriquecidos em ^{15}N em relação aos tecidos das suas presas (Forero & Hobson, 2003). Em cada nível trófico os níveis de ^{15}N aumentam entre 3 – 5%, este aumento acontece porque durante a produção de ureia ou ácido úrico, o ^{14}N é preferencialmente excretado em relação ^{15}N (Bond & Jones, 2009). Já a utilização do $\delta^{13}\text{C}$, baseia-se no gradiente do ^{13}C , visto que há o enriquecimento de ^{13}C nos espécimes

costeiros em relação aos pelágicos, aumentando entre 1 – 3% em cada nível trófico, permitindo que o $\delta^{13}\text{C}$ funcione como um identificador geográfico para aceder aos locais de alimentação (Catry *et al.*, 2008; Quillfeldt *et al.*, 2005; Forero & Hobson, 2003). Este enriquecimento ao longo da cadeia trófica em ^{13}C pode ter várias explicações, de entre as quais, uma perda preferencial de ^{12}C durante a respiração, ou uma captação preferencial de ^{13}C dos compostos enriquecidos durante a digestão ou assimilação, ou ainda um fraccionamento metabólico durante a síntese dos diferentes tipos de tecidos (Michener & Lajtha, 2007). Assim, pela assinatura dos isótopos $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ é possível avaliar as interações nas cadeias tróficas, as posições tróficas das espécies e ainda as suas variações espaciais e temporais (Ramos *et al.*, 2009; Hobson *et al.*, 1994).

A análise dos isótopos estáveis tem-se mostrado uma metodologia complementar para os estudos de ecologia trófica muito vantajosa, pois permite colmatar algumas das falhas dos métodos mais convencionais (Forero & Hobson, 2003). Algumas das vantagens que esta metodologia traz para os estudos de ecologia trófica, em relação aos métodos convencionais são: i) fornece informações sobre todos os indivíduos amostrados, mesmo aqueles que não tenham qualquer conteúdo no estômago; ii) evita algumas tendências promovidas pela digestão diferencial dos diversos tecidos (moles e rígidos) que compõe as presas; iii) fornece informação não apenas sobre o alimento ingerido, mas também sobre os alimentos que foram assimilados pelos tecidos; iv) permite integrar informação de escalas temporais alargadas, não apenas do período de tempo em que as amostragens foram obtidas (Ogden *et al.*, 2004).

Este tipo de metodologia permite, através da análise de diferentes tecidos do mesmo indivíduo, obter informações sobre a sua ecologia trófica em diferentes escalas temporais, pois a assinatura isotópica de cada tecido, reflecte a altura em que este foi

sintetizado (Bond & Jones, 2009; Forero & Hobson, 2003). Assim, ao analisar diferentes tecidos duma ave, torna-se possível avaliar a sua dieta em diferentes alturas do ano, mesmo quando esta não está acessível para fazer amostragens, nomeadamente quando se encontra em migração, ou fora da época de reprodução (Quillfeldt *et al.*, 2008).

Dependendo da questão ecológica que se pretende avaliar, podem ser utilizados diferentes tipos de tecidos para realizar a SIA. No caso das aves, os tecidos que são mais utilizados são as penas, o sangue, albúmen dos ovos, musculo, fígado, entre outros (Bond & Jones, 2009). Sendo que, tecidos com uma rotatividade isotópica rápida irão reflectir uma dieta mais recente, enquanto tecidos com uma rotatividade isotópica mais lenta irão reflectir a dieta a longo prazo (Hobson & Clarck, 1992a). Sabe-se que, a taxa de rotatividade dos isótopos está relacionada de forma linear com a taxa metabólica de cada tecido, ou seja, tecidos com uma taxa metabólica elevada, como é o caso do fígado ou do sangue, apresentam uma rotatividade isotópica elevada, o que significa que a análise isotópica desses tecidos irá reflectir a dieta do indivíduo a curto prazo. Por outro lado, tecidos com taxas metabólicas mais baixas, como é o caso das penas e dos ossos, apresentam uma rotatividade isotópica mais baixa e portanto reflectem a dieta a longo prazo (Ogden *et al.*, 2004; Hobson & Clarck, 1992a).

Actualmente, no caso das aves, os tecidos de eleição para análise dos isótopos estáveis em estudos de ecologia trófica são as penas e o sangue, pois estes tecidos fornecem uma grande quantidade de informações dietéticas, reduzindo a necessidade de sacrificar as aves para avaliar a sua dieta (Forero & Hobson, 2003; Bearhop *et al.*, 2002). Como já foi dito, a assinatura isotópica dos tecidos reflecte a dieta das aves durante a síntese desses mesmos tecidos. No caso das penas, uma vez que a queratina é um composto metabolicamente inerte conserva informações sobre a dieta ao longo do

tempo de crescimento da pena. Assim, ao analisar a assinatura isotópica de determinada pena de uma ave, esta vai reflectir a sua dieta na altura da muda da respectiva pena (Bond & Jones, 2009; Forero & Hobson 2003). No caso do sangue, a assinatura isotópica deste tecido reflecte a dieta da ave 12 a 15 dias antes da sua recolha, altura em que foi sintetizado (Bond & Jones, 2009). O sangue pode ainda ser dividido em células sanguíneas (RBC) e plasma, e a sua análise isotópica pode ser feita separadamente. Neste caso, as células sanguíneas reflectem a dieta das últimas semanas e o plasma reflecte a dieta dos últimos 2 a 5 dias (Votier *et al.*, 2010).

Esta técnica permite assim avaliar a flutuação das aves nos níveis tróficos ao longo do ano, ou seja, se estão num nível trófico mais elevado ou mais baixo e ainda determinar a sua variação espacial na procura do alimento, permitindo reconstruir um histórico da dieta ao longo do ano (Hobson *et al.*, 1994). Contudo, tal como todas as metodologias, esta técnica também apresenta algumas limitações. A principal limitação deste tipo de metodologia está relacionada com o fraccionamento ou alteração dos isótopos estáveis nos tecidos dos consumidores, pois ainda não se compreende totalmente como estes são fraccionados ou alterados quando são incorporados nos tecidos, ou seja, não se compreende totalmente as alterações isotópicas entre os tecidos da presa e os tecidos do consumidor, mas sabe-se que este efeito é devido a assimilação bioquímica selectiva de alguns componentes da dieta com diferentes assinaturas isotópicas (Hobson & Clarck, 1992a, b). Vários factores têm sido sugeridos para explicar estas variações na assimilação dos isótopos pelos tecidos. Os factores mais mencionados são a dieta, a idade, o metabolismo, o stress nutricional, as diferenças entre indivíduos e os locais de alimentação (Quillfeldt *et al.*, 2005; Hobson & Clarck, 1992b). Contudo, é ainda desconhecido até que ponto estes factores podem complicar os estudos de ecologia trófica/dieta baseados em isótopos (Hobson & Clarck, 1992b).

Assim, a análise dos isótopos estáveis consiste numa técnica robusta para estudar determinados parâmetros da ecologia das aves marinhas, nomeadamente a sua ecologia trófica (Caut *et al*, 2008).

1.4 - Objectivos

O intuito deste trabalho consiste em avaliar a ecologia trófica de duas espécies de aves marinhas utilizando para isso uma abordagem isotópica, que consiste na comparação dos rácios de isótopos de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) e azoto ($\delta^{15}\text{N}$) em tecidos sintetizados em diferentes épocas do ano (sangue, que em algumas análises se dividiu em células e plasma, e diferentes tipos de penas). Assim, este trabalho teve três objectivos distintos:

- 1) Avaliar as diferenças sazonais na ecologia trófica da Gaivota de patas-amarelas (*Larus michahellis*) que nidifica na ilha da Berlenga, através da análise de isótopos estáveis ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$) no sangue e em três tipos de penas (primárias, secundárias e do peito);
- 2) Comparar a ecologia trófica entre duas colónias distintas de Pintainhos (*Puffinus baroli*), nas ilhas de Porto Santo e das Selvagens através da análise de isótopos estáveis ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$) de sangue e três tipos de penas (primárias, secundárias e do peito);
- 3) Comparar a variação inter-anual da ecologia trófica dos Pintainhos da colónia da ilha de Porto Santo através da comparação de isótopos estáveis ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$) em sangue, penas primárias, penas secundárias e penas do peito, entre 2011 e 2012.

Capítulo 2 – Materiais e Métodos

2.1 - Espécies de estudo

Para desenvolver este trabalho estudaram-se duas espécies de aves marinhas, uma costeira e a outra pelágica, a Gaivota de patas-amarelas (*Larus michahellis*) e o Pintainho (*Puffinus baroli*), respectivamente.

A *Larus michahellis* (Naumann, 1840), vulgarmente conhecida como Gaivota de patas-amarelas, é uma ave marinha costeira pertencente à Família Laridae e à Ordem Charadriiformes. Esta é uma ave de grande porte, apresentando uma envergadura de asas que varia entre os 138 e os 155 cm e pode atingir, aproximadamente, os 68 cm de comprimento. O corpo é na sua maioria branco, apresentando o dorso e as asas com uma tonalidade cinzenta, contrastando com as extremidades pretas com manchas brancas das asas. Apresenta um bico forte e amarelo, com a ponta caracteristicamente vermelha, as suas patas são amarelas, atribuindo o nome comum à espécie, assim como os olhos, que apresentam ainda um anel orbital alaranjado (Fig. 2). Enquanto juvenis e imaturos, os indivíduos desta espécie apresentam uma plumagem em tons castanhos, assim como as patas, o bico e os olhos (Cramp *et al.*, 1983). Apenas quando estão próximos da maturidade, aproximadamente aos 5 anos, adquirem a plumagem característica da espécie (Skórka *et al.*, 2005). A muda das penas nos indivíduos adultos desta espécie inicia-se nos finais de Junho após o período reprodutor, com a muda das penas primárias, que termina em meados de Setembro, as penas secundárias começam a ser mudadas logo após o início da muda das penas primárias e vão sendo mudadas ao longo da época de invernada (Ramos *et al.*, 2011). Já as penas do peito são mudadas ao longo do ano (Monteiro *et al.*, 1996). Os indivíduos desta espécie podem facilmente ser confundidos com outras espécies de gaivotas como é o caso da Gaivota de asa escura

(*Larus fuscus*) quando imaturos e da Gaivota prateada (*Larus argentatus*) em adultos (Mullarney *et al.*, 2003).

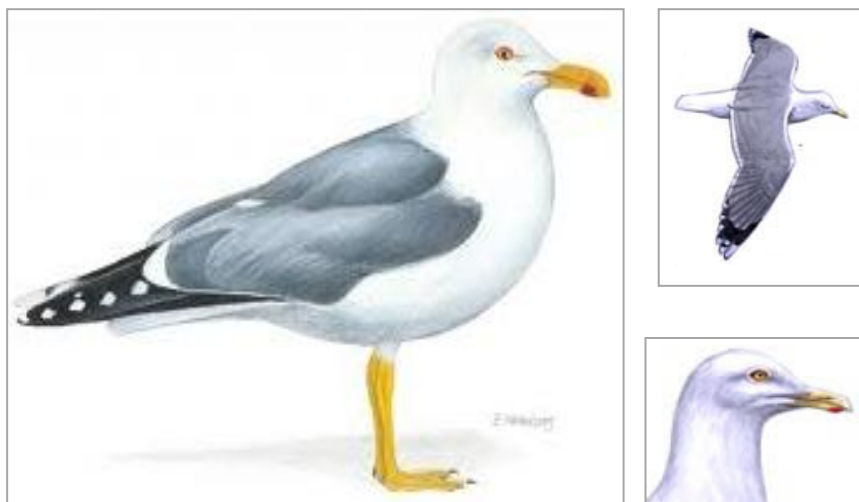


Figura 2 - Esquema representativo de um indivíduo adulto da espécie *Larus michahellis*. Esta ave marinha de grande porte caracteriza-se por possuir grande parte do corpo branco, dorso e asas cinzento-claro, sendo que as asas apresentam as extremidades pretas com manchas brancas. As patas são amarelas, assim como os olhos e o bico, este apresenta uma mancha vermelha característica.

Não existem diferenças morfológicas acentuadas entre os sexos desta espécie, os machos são apenas ligeiramente maiores e mais pesados do que as fêmeas, o que pode ser útil para diferenciar os sexos nesta espécie, contudo devem ser tidas em conta as variações sazonais que ocorrem, nomeadamente na massa corporal dos indivíduos do sexo feminino aquando da época de reprodução (Aguirre *et al.*, 2009; Arizaga *et al.*, 2008). O período reprodutor desta espécie inicia-se em Abril e prolonga-se até meados de Junho. Normalmente as fêmeas produzem entre dois e três ovos, ambos os progenitores participam na incubação, que dura aproximadamente 30 dias, e na

alimentação das crias, a emancipação dos juvenis dá-se ao fim de 35 a 40 dias (Ramírez *et al.*, 2010; Ouarab *et al.*, 2009).

Esta espécie pode ser considerada sedentária, formando grandes colónias sobretudo aquando da época de reprodução, contudo em alguns casos pode verificar-se alguma dispersão, principalmente em indivíduos imaturos ou em situações em que as fontes de alimento sejam instáveis (Arizaga *et al.*, 2010). Tem preferência por habitats costeiros, contudo graças ao seu carácter oportunista e, á sua grande plasticidade adaptativa e competitiva tem a capacidade de colonizar diversos tipos de habitats, tais como habitats estuarinos e corpos de água interiores (Velasco *et al.*, 1999), pode ainda encontrar-se em meios urbanos, particularmente em cidades litorais (Morais *et al.*, 2008). As populações desta espécie têm, nas últimas décadas prosperado de forma notória, tanto que em alguns locais já são consideradas como praga (Skórka *et al.*, 2005; Oro *et al.*, 2007). É residente em grande parte do sul da Europa, na costa do Mediterrâneo, no Mar Negro e Mar Cáspio, nas Ilhas Canárias, nas ilhas dos Açores e da Madeira e também, em Portugal Continental. Os seus locais de invernada incluem a costa do sudeste da Ásia, a maior parte da costa europeia, e a costa de África (BirdLife International (2011) Species factsheet: *Larus michahellis*). Em Portugal Continental esta ave pode ser encontrada ao longo de toda a costa, sendo que o seu principal local de nidificação ocorre na ilha das Berlengas, onde existe uma colónia com vários milhares de casais, cerca de 25.000 aves no censo de 2008; ICNB/RNB. Também é muito frequente nas ilhas dos Açores e da Madeira, onde se podem encontrar algumas colónias de menores dimensões (Ramírez *et al.*, 2008).

Quanto á sua ecologia trófica, esta espécie é oportunista por excelência, apresentando um comportamento alimentar totalmente omnívoro, com a capacidade de se alimentar de quase tudo, desde que tenha a textura e o tamanho apropriado (Cramp *et*

al., 1983). Estes animais são extremamente versáteis na procura do alimento, o que lhes permite explorar diferentes oportunidades, aumentando assim as fontes de alimento disponíveis.

Como predadores de topo generalistas têm a capacidade de capturar vários tipos de presas, desde peixe junto á costa, como pequenos mamíferos, pequenos répteis, ou outras aves em terra. Habitualmente, nas épocas de reprodução também furtam os ovos de outras aves, ou as crias caso já tenham eclodido (Matias *et al.*, 2010). Estas aves praticam ainda o chamado cleptoparasitismo, ou seja, roubam frequentemente o alimento a outros animais (Oro *et al.*, 2007). Com a crescente pressão da população humana e com a diminuição dos recursos naturais disponíveis, estas aves procuram cada vez mais as fontes de alimento provenientes da actividade antropogénica, como lixeiras, descargas provenientes da actividade piscatória, entre outros (Matias *et al.*, 2010). Estas fontes de alimento antropogénicas condicionam de forma determinante a dinâmica de algumas populações da *Larus michahellis*, influenciando a sobrevivência dos indivíduos imaturos, o sucesso reprodutivo, os padrões de distribuição geográfica, entre outros, alterando as taxas de mortalidade esperadas. É um facto que, o aumento da disponibilidade de alimentos resultantes da actividade humana leva a um aumento das populações desta espécie (Ramos *et al.*, 2009). Estas fontes de alimento antropogénicas, permitem às Gaivotas de patas-amarelas uma maior taxa de sobrevivência pois, proporcionam-lhe alimentos extremamente ricos em proteínas/energia (Pierotti & Annett, 1987), contudo não fornecem os nutrientes óptimos necessários para um desenvolvimento saudável destas aves. É de salientar ainda que, a dieta destas aves pode variar consideravelmente com a sua localização geográfica e a distância a que se encontram das principais fontes de alimento, assim, conforme a sua localização

geográfica, a sua dieta pode ser mais rica numa ou outra presa, que seja mais abundante no local em causa (Arizaga *et al.*, 2010).

O comportamento alimentar da Gaivota de patas-amarelas varia também de acordo com a idade dos indivíduos e a época do ano. Quando crias, estas aves são inteiramente dependentes dos progenitores, sendo que a sua alimentação deve ser superior em termos qualitativos, de forma a suprimir as necessidades nutricionais dos indivíduos em crescimento (Nogales *et al.*, 1995). Vários estudos demonstram que a dieta das crias é muito heterogénea e bastante rica, sobretudo em peixe e invertebrados marinhos ou terrestres. Já os imaturos, recorrem mais a fontes de alimento antropogénicas, como lixeiras, visto estas serem mais abundantes e de fácil captura mas, nutricionalmente mais pobres. Contudo, este tipo de comportamentos pode variar com a localização geográfica da colónia e também com a disponibilidade dos recursos (Arizaga *et al.*, 2010; Ramos *et al.*, 2009). Assim, a idade e a experiência dos indivíduos, pode ser um factor que afecta a exploração alimentar, condicionando a dieta e consequentemente o sucesso de cada indivíduo.

O Pintainho ou Frulho, de nome científico *Puffinus baroli* (Bonaparte, 1857) é uma espécie recentemente separada da espécie *Puffinus assimilis*, com uma população estimada entre os 2700 e os 3900 casais (Groz *et al.*, 2005). Pertence á Família Procellariidae e á Ordem Procellariiformes. É uma ave com distribuição pelágica, que é endémica da Macaronésia e reproduz-se nos arquipélagos da Madeira, dos Açores e nas Canárias (Groz *et al.*, 2005).

Esta ave apresenta um comprimento entre 25 e 30 cm, uma envergadura média de asas que varia entre os 58 e os 67 cm e um peso médio de 170g. A sua coloração é preta na zona dorsal, já a parte inferior do corpo e das asas brancas e as extremidades das asas

são cinza-prateado, curtas e arredondadas. Apresenta uma cabeça arredondada e o rosto branco, a divisória entre a coloração preta e a branca ocorre acima do olho, o que permite distingui-lo de outras espécies de *Puffinus* norte-atlânticas, como o *Puffinus assimilis* (Lee, 1988). Tem um bico curto e fino, de cor preta, assim como os seus olhos, que são pequenos e pretos. As suas pernas apresentam uma tonalidade azulada com laivos cinzento-escuro (Fig. 3). Não existem diferenças morfológicas entre sexos e também não é possível distinguir os adultos dos imaturos, contudo os juvenis apresentam parte do tarso e as membranas interdigitais com uma tonalidade rosada. Também não existem diferenças sazonais na plumagem dos indivíduos (Cramp *et al.*, 1977).

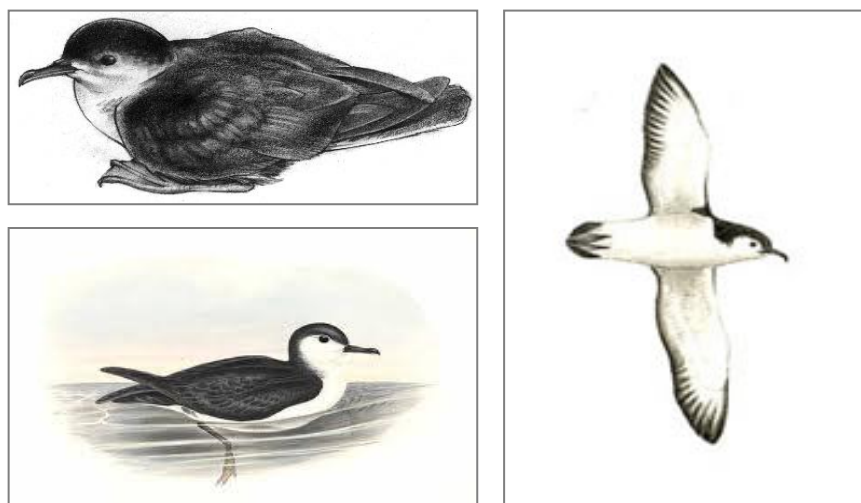


Figura 3 - Esquema representativo de um indivíduo adulto da espécie *Puffinus baroli*. Esta ave marinha caracteriza-se por possuir a parte inferior do corpo branca, o dorso e as asas pretas. A cabeça também é branca, sendo que a divisória entre o preto e o branco ocorre acima do olho. As patas são de tonalidade azulada com laivos cinzento-escuros e os olhos e o bico são pretos.

A muda das penas nos indivíduos adultos desta espécie inicia-se em Março, com renovação das penas do peito, que termina em meados de Setembro ou Outubro, enquanto a muda das penas primárias, inicia-se entre Abril e Maio, numa sequência descendente que termina em Agosto, quanto às penas secundárias, apenas se sabe que a muda ocorre perto do final do período não reprodutor (Neves *et al.*, 2012; Monteiro *et al.*, 1996).

Ao contrário de outros Procellariiformes, esta espécie caracteriza-se por ser relativamente sedentária. Normalmente fica próxima das colónias a maior parte do ano e não faz grandes migrações na procura do alimento, com excepção de alguns indivíduos imaturos que dispersam. Aquando da época de reprodução formam colónias em ilhas e falésias costeiras. Caracteriza-se também por fazer visitas frequentes ao local de nidificação fora da época de reprodução, contudo a sua presença em terra pode facilmente passar despercebida, pois em noites de luar esta ave tem por hábito cessar a sua actividade vocal (Monteiro *et al.*, 1996). Esta ave é, aparentemente, mais aquática do que as restantes espécies da família dos Procellariiformes, ou seja, passa mais tempo na água do que em voo (Cramp *et al.*, 1977).

O período reprodutor desta espécie inicia-se em meados de Janeiro e termina em meados de Maio, a eclosão das crias dá-se em Março e adquirem capacidade de voo em Maio, tornando-se independentes 8 a 11 dias depois (Monteiro *et al.*, 1996). As fêmeas apenas põem um ovo por ninhada. Ambos os progenitores participam na construção do ninho, na incubação do ovo e na alimentação da cria. O ninho normalmente é construído em cavidades nas rochas ou no chão, o que os torna muito vulneráveis a ataques de predadores (Cramp *et al.*, 1977).

Quanto á sua ecologia trófica muito pouco se sabe, apenas que depende inteiramente dos oceanos para se alimentar, a sua alimentação consiste

predominantemente em peixe e cefalópodes capturados á superfície ou por mergulho (Monteiro *et al.*, 1996; Cramp *et al.*, 1977).

Esta espécie está classificada nas ilhas dos Açores e da Madeira como espécie vulnerável (VU) pelo Instituto de Conservação da Natureza (Cabral *et al.*, 2006). As principais ameaças a esta espécie são a presença de mamíferos predadores introduzidos próximo aos seus locais de nidificação, tais como ratos e gatos, entre outros. A competição por locais de nidificação com outras espécies, nomeadamente Procellariiformes maiores como a Cagarra (*Calonectris diomedea*) influencia negativamente o sucesso reprodutor (Ramos *et al.*, 1997). O desenvolvimento costeiro por parte do Homem, quer pela construção de edifícios, quer pela exploração agrícola ou piscatória, leva á perda de habitat, com conseqüente diminuição dos recursos e do espaço disponível para estas aves nidificarem, o que promove um decréscimo acentuado do número de indivíduos (Cabral *et al.*, 2006; Groz *et al.*, 2005; Monteiro *et al.*, 1996).

2.2 - Áreas de estudo

Este estudo realizou-se em três áreas distintas, a ilha da Berlenga (*Larus michahellis*), Selvagem Grande (arquipélago das Selvagens) e ilhéu do Farol, ilha de Porto Santo (*Puffinus baroli*).

A ilha da Berlenga pertence ao arquipélago das Berlengas (39°23'N, 9°36'W). Este pequeno arquipélago situa-se no Atlântico Nordeste e dista cerca de 5,7 milhas do Cabo Carvoeiro, junto á cidade de Peniche (Fig. 4). É composto por três grupos de ilhéus, a Berlenga, as Estelas e os Farilhões e é o único local da zona continental portuguesa onde nidificam aves marinhas pelágicas. É uma zona de upwelling que suporta um elevado número de aves marinhas na sua época de reprodução, em passagem

migratória e durante o Inverno, funcionando como limite biogeográfico para muitas espécies (Ramírez *et al.*, 2008). Apresenta um clima de características marcadamente oceânicas, dominado por influências Atlânticas, em especial nas encostas viradas a Norte e a Oeste, também se verifica uma forte componente mediterrânica, visível nas encostas voltadas a Sul (Amado *et al.*, 2007). Em 1981 foi reconhecida como Reserva Natural e este ano foi classificada pela UNESCO como Reserva Mundial da Biosfera, por forma salvaguardar toda a biodiversidade lá existente. Nas Berlengas existem cerca de 80 espécies de plantas, sendo três delas endémicas do arquipélago. Contudo, actualmente a espécie exótica *Carpobrotus edulis*, comumente conhecida como Chorão, cobre uma grande área na ilha da Berlenga, colocando em perigo a vegetação endémica. Os únicos mamíferos existentes nas Berlengas, para além do Homem são o coelho comum (*Oryctolagus cuniculus*) e o rato preto (*Rattus rattus*). Existe ainda uma população de lagarto (*Lacerta lépida*) e de lagartixa (*Podarcis bocagei*) (Amado *et al.*, 2007). A avifauna é omnipresente em todo o arquipélago, existindo diversas espécies de aves marinhas e algumas terrestres. A Reserva Natural das Berlengas é uma importante área de nidificação para algumas aves, sobretudo marinhas, de entre as quais a Cagarra (*Calonectris diomedea*), o Corvo-marinho de crista (*Phalacrocorax aristotelis*), o Airo (*Uria aalge*), o Painho-da-madeira (*Oceanodroma castro*) e também a Gaiyota de patas- amarelas (*Larus michahellis*), que possui na ilha da Berlenga o maior núcleo populacional da costa portuguesa, com cerca de 25.000 aves nidificantes, constituindo a espécie dominante em toda a ilha (Ramírez *et al.*, 2008). O valor ornitológico desta Reserva Natural é ainda reforçado pelo facto do arquipélago das Berlengas funcionar como ponto de escala para um elevado número de espécies migratórias nas suas rotas transcontinentais.

As Selvagens (30°07'N, 15°53'W) são um arquipélago inabitado constituído por grupos distintos de ilhas de origem vulcânica, sendo que as mais importantes em termos científicos são a Selvagem Grande, a Selvagem Pequena. Situa-se a 280 quilómetros a sul da ilha da Madeira e a 160 quilómetros a norte das ilhas Canárias (Fig. 4). Este arquipélago faz parte do arquipélago da Madeira e está classificado como Reserva Natural devido á sua riqueza em fauna e flora (Leitão *et al.*, 2005). É de extrema importância sobretudo, para a avifauna marinha, pois reúne algumas das maiores colónias de aves marinhas. Sendo que aqui nidifica a maior colónia de Cagarra com aproximadamente 30.000 casais, e as maiores colónias de Pintainho (*Puffinus baroli*) de todo o Atlântico, aproximadamente 4000 casais, entre outras espécies, como a Alma-negra (*Bulweria bulwerii*) e o Calcamar (*Pelagodroma marina*) (Ramírez *et al.*, 2008). Com a percentagem mais elevada de endemismos por unidade de superfície, em toda a Macaronésia, estas ilhas exibem uma flora à base de plantas herbáceas e arbustivas, sendo que não existe vegetação arbórea. A flora das ilhas Selvagens apresenta maiores semelhanças com as Canárias, com vários endemismos em comum, ostentando características de um habitat desértico (Leitão *et al.*, 2005).

Devido às suas condições árduas e á difícil acessibilidade, as Selvagens são totalmente despovoadas, apesar de já terem sido colonizadas no passado. Actualmente estas ilhas constituem um santuário para as aves marinhas, muitas delas com estatuto vulnerável. O maior predador natural nestas ilhas é a Gaivota de patas-amarelas (*Larus michahellis*) que se alimenta, frequentemente, de ovos, de crias e até de indivíduos adultos de espécies mais pequenas, como é o caso do Calcamar (*Pelagodroma marina*), entre outros (Matias *et al.*, 2010; Leitão *et al.*, 2005). Além da avifauna existem outros elementos faunísticos de elevado interesse, como é o caso da Osga-das-Selvagens (*Tarentola bischoffi*) e da Lagartixa (*Lacerta dugesii*), entre outros (Leitão *et al.*, 2005).

Os ilhéus de Porto Santo (33°01'N 16°22'W) são vários ilhéus rochosos desabitados que rodeiam a ilha de Porto Santo, no arquipélago da Madeira (Fig. 4). São três os ilhéus principais, o Ilhéu de Fora, o Ilhéu de Baixo e o Ilhéu de Ferro. Estes encontram-se cobertos por arbustos e também por flora costeira da Macaronésia. Na ilha de Porto Santo e nos ilhéus que a circundam existem pequenas populações de algumas aves marinhas, tais como a Cagarra, o Roque-de-castro, a Alma-negra e o Pintainho (Ramírez *et al.*, 2008).

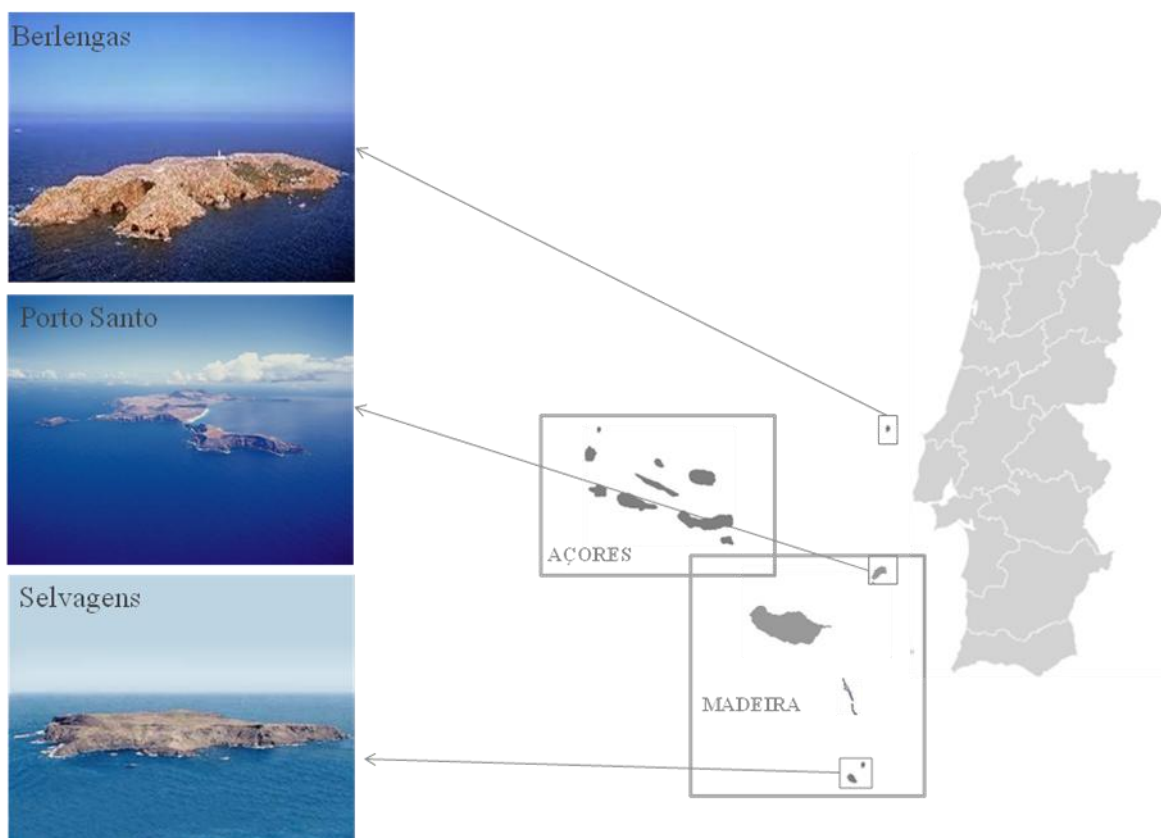


Figura 4 - Localização geográfica e imagens das áreas de estudo. O arquipélago das Berlengas encontra-se a aproximadamente 5,7 milhas do Cabo Carvoeiro e pertence ao concelho de Peniche. As ilhas Selvagens encontram-se a aproximadamente 660 milhas de Portugal Continental e pertencem ao arquipélago da Madeira. Porto Santo dista cerca de 539 milhas de Portugal Continental e, tal como as ilhas Selvagens, também pertence ao arquipélago da Madeira.

2.3 - Trabalho de campo

Na ilha das Berlengas, a recolha das amostras para *Larus michahellis* foi feita durante a primeira quinzena do mês de Junho no ano de 2011, aquando da sua época de reprodução. Para capturar os indivíduos foram colocadas gaiolas sobre ninhos com dois a três ovos. Após capturar os indivíduos, estes foram pesados e as suas asas foram medidas.

Para posterior análise isotópica, foi-lhes retirada uma pequena amostra de penas de peito, e uma pequena parte das penas P1 e S8 (Fig. 5), uma faixa de 2-5 mm foi cortada de forma a não prejudicar o voo. Depois foi-lhes ainda retirada uma pequena amostra de sangue (0,3 ml aproximadamente) das veias metatarsal ou braquial, posteriormente separada em plasma e células sanguíneas por centrifugação e foram congeladas até serem analisadas.

A recolha de amostras da espécie *Puffinus baroli* foi efectuada durante a sua época de reprodução nos meses de Fevereiro – Março de 2011 na Selvagem Grande, Abril de 2011 e Fevereiro – Março de 2012 em Porto Santo. A captura dos indivíduos foi feita quando estes estavam no ninho a incubar os ovos ou quando os indivíduos estavam a descansar junto aos locais de nidificação. Os indivíduos foram pesados, foram medidas as suas asas e foram recolhidas amostras de penas do peito, penas P1 e S8 (Fig. 5). Foi-lhes ainda retirada uma pequena amostra de sangue (0,1 – 0,2 ml) que foi preservada em álcool a 70% até ser analisado.

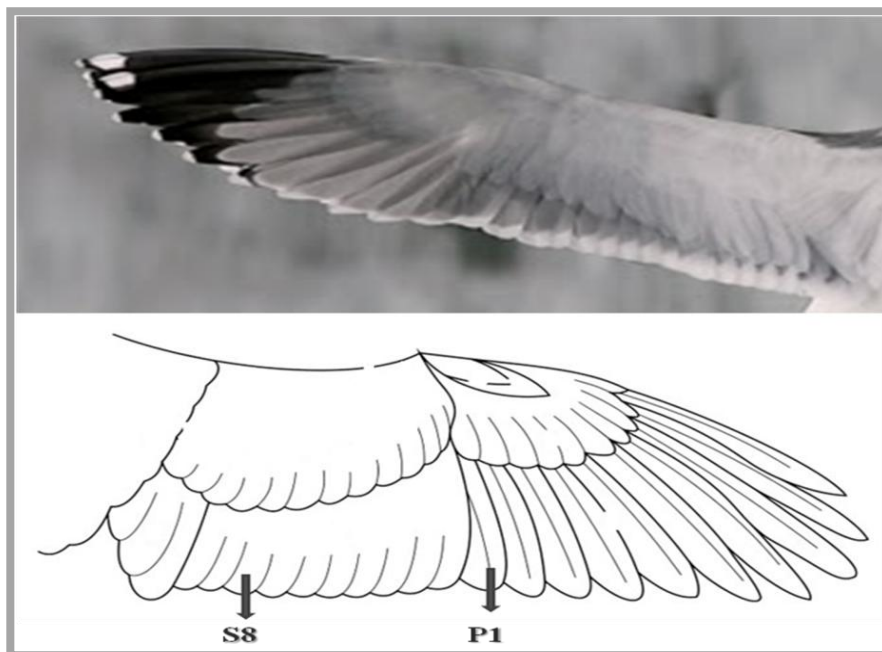


Figura 5 - Esquema representativo da asa de uma ave. Para a análise isotópica recolheu-se uma pequena porção das penas P1 e S8 em ambas as espécies.

2.4 - Análise dos isótopos estáveis

As amostras de penas recolhidas (peito, P1 e S8), assim como as amostras de sangue de *Larus michahellis* e *Puffinus baroli*, foram ambas sujeitas a uma análise isotópica (SIA), para os isótopos ^{15}N e ^{13}C , por forma a avaliar a ecologia trófica das aves em diferentes épocas do ano (Tabela I). Para tal, as penas foram lavadas três vezes numa solução de Clorofórmio e Metanol (razão 2:1, respectivamente), de forma a retirar impurezas que nelas se pudessem encontrar. Depois, foram acondicionadas em folhas de alumínio e foram para a estufa a 50°C para secarem. Após estarem secas, as penas foram cortadas em pedaços muito pequenos e armazenadas em eppendorfs. Depois deste procedimento, seguiu-se o encapsulamento, que consistiu em colocar cerca de 0,5 a 0,7g de pena em cápsulas de papel de estanho, para finalmente proceder à sua análise isotópica utilizando o espectrofótometro de massa (IRMS) do Instituto do Mar.

Quanto às amostras de sangue e plasma, estas foram secas na estufa e depois foram moídas até ficarem em pó. Depois de estarem reduzidas a pó, as amostras foram encapsuladas, tal como as amostras de pena e por fim, procedeu-se à análise isotópica.

Tabela I. Análise isotópica dos tecidos: Época do ano a que corresponde cada tipo de tecido (penas P1, S8 e do peito, células sanguíneas, plasma e sangue) na análise isotópica para ambas as espécies de estudo.

Tecido Espécie	P1	S8	Peito	Células Sanguíneas	Plasma	Sangue
<i>Puffinus baroli</i>	Maio - Agosto	Época de Invernada	Todo o ano	12 a 15 dias antes da colheita	2 a 5 Dias antes da colheita	12 a 15 dias antes da colheita
<i>Larus michahellis</i>	Junho - Setembro	Época de Invernada	Todo o ano	12 a 15 dias antes da colheita	2 a 5 Dias antes da colheita	12 a 15 dias antes da colheita

2.5 - Análise estatística

Para uma primeira análise dos resultados calcularam-se as médias \pm desvio padrão dos valores de ^{15}N e ^{13}C obtidos para cada tecido, tendo em conta que no caso da Gaivota de patas-amarelas, para obter os valores isotópicos do sangue na sua totalidade (separado em células sanguíneas e plasma aquando do trabalho de campo) fez-se a média entre os valores isotópicos das células sanguíneas e do plasma. Posteriormente, para verificar se existia uma variação sazonal na ecologia trófica da Gaivota de patas-amarelas, comparam-se os diferentes tecidos (sangue e penas) entre si quanto aos valores de $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$, contudo para que esta comparação pudesse ser feita foram aplicados os factores de discriminação, que consistem em factores de correcção que possibilitam comparar diferentes tecidos quanto aos seus valores isotópicos. A aplicação

dos factores de discriminação foi feita segundo o artigo de Caut *et al.* (2009), onde os autores apontam um método para a obtenção de valores adequados quando os factores de discriminação não podem ser medidos experimentalmente. Assim, no caso do $\delta^{15}\text{N}$, foi adicionado aos valores isotópicos do sangue o valor de 1,59, resultado proveniente da diferença entre os valores médios discriminados para as penas (3,24) e o sangue (2,25). Quanto ao $\delta^{13}\text{C}$, para obter os valores discriminados para cada amostra de sangue, aplicou-se a equação [$\Delta^{13}\text{C}_{\text{sangue}} = (-0,199 \times \delta^{13}\text{C}) - 3,986$], indicada pelos autores. Cada valor obtido através da equação foi então subtraído ao valor médio discriminado para as penas (2,16). Por fim, os resultados provenientes das subtracções foram adicionados aos valores isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$, obtidos inicialmente para as amostras de sangue. Assim, após aplicados os factores de discriminação, para verificar se existiam diferenças significativas entre os valores isotópicos de $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ nos diferentes tipos de tecidos utilizou-se a ANOVA de uma via, e para determinar quais tecidos apresentavam diferenças significativas entre si aplicou-se o teste post-hoc de Tuckey.

No caso dos Pintainhos, para verificar se existiam diferenças na ecologia trófica de duas colónias distintas, compararam-se, através de uma ANOVA de duas vias, os valores de $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ entre os diferentes tipos de pena, as duas colónias e a interacção entre estes dois factores. Após se verificar que existiam diferenças significativas, foi aplicado um teste post-hoc de Tuckey, para determinar quais os tecidos que apresentavam diferenças entre as duas colónias. Neste caso, realizou-se ainda uma ANOVA de uma via para verificar se, no caso do sangue, também existiam diferenças significativas nos valores de $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$, entre as duas colónias.

Por fim, para determinar a variação inter-anual na ecologia trófica de uma colónia de Pintainho, tal como no caso anterior, foi aplicada uma ANOVA de duas vias aos

valores de $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ por forma a comparar os diferentes tipos de penas, os dois anos de dados e ainda a interacção entre estes dois factores. De seguida foi utilizado um teste post-hoc de Tuckey, para determinar quais os tecidos que apresentavam diferenças entre os dois anos. Também neste caso, foi aplicada uma ANOVA de uma via no caso do sangue, para verificar se existiam diferenças significativas entre os dois anos quanto aos valores de $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$.

Capítulo 3 – Resultados

3.1 - Análise isotópica para a Gaivota de Patas-amarelas: Sazonalidade na sua ecologia trófica.

É facilmente observável que o valor médio da assinatura isotópica de ^{15}N para a pena primária 1 (P1) é superior aos valores dos restantes tecidos (Fig. 6A). À pena primária 1 correspondem os valores de $13,95 \pm 1,11$, enquanto à secundária 8 (S8) correspondem os valores $13,22 \pm 1,58$, às penas do peito correspondem $13,95 \pm 1,11$ $12,95 \pm 1,15$ e por fim, ao sangue correspondem os valores $12,70 \pm 1,35$. Já no que respeita às assinaturas de Carbono, os valores médios para o sangue são os que apresentam os valores mais negativos, $-19,08 \pm 0,74$, enquanto os restantes tecidos apresentam valores muito semelhantes, sendo que a P1 apresenta $-17,71 \pm 0,91$, a S8 apresenta $-17,19 \pm 0,54$ e o peito apresenta $-17,41 \pm 0,41$ (Fig. 6B).

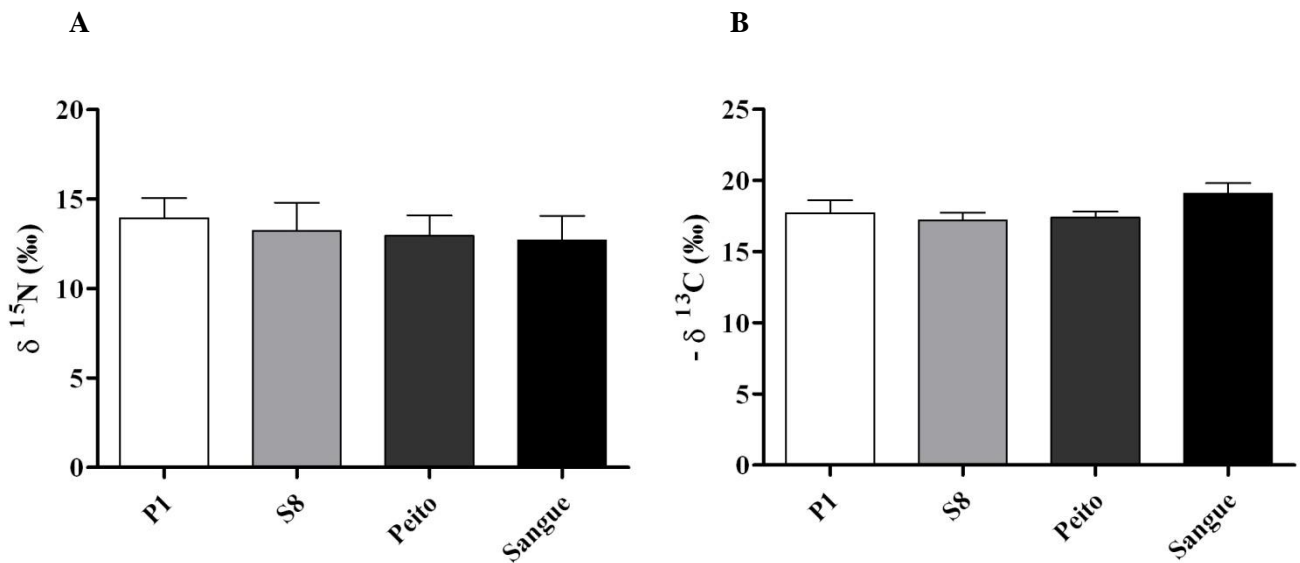


Figura 6 – Rácios dos isótopos estáveis de Azoto (^{15}N) e Carbono (^{13}C) (‰). Médias \pm desvio padrão dos valores isotópicos para diferentes tecidos sintetizados em diferentes épocas do ano (P1 – pena primária 1; S8 – pena secundária 8; peito – penas do peito; sangue), para um total de 26 indivíduos. A representa os valores de $\delta^{15}\text{N}$ e B representa os valores de $\delta^{13}\text{C}$.

Quanto aos resultados da ANOVA encontraram-se diferenças significativas no $\delta^{15}\text{N}$ entre os diferentes tipos de tecidos analisados ($F_{(3, 100)} = 5,97$; $p=0,0008$), como está representado na Fig.7. Neste caso verificou-se, através do teste de Tuckey, que existiam diferenças significativas entre todos os tecidos, excepto entre a pena P1 e o sangue e a pena P1 e S8, e verificou-se também que as diferenças estatísticas mais acentuadas se encontravam entre as penas do peito e o sangue ($p = 0.0019$).

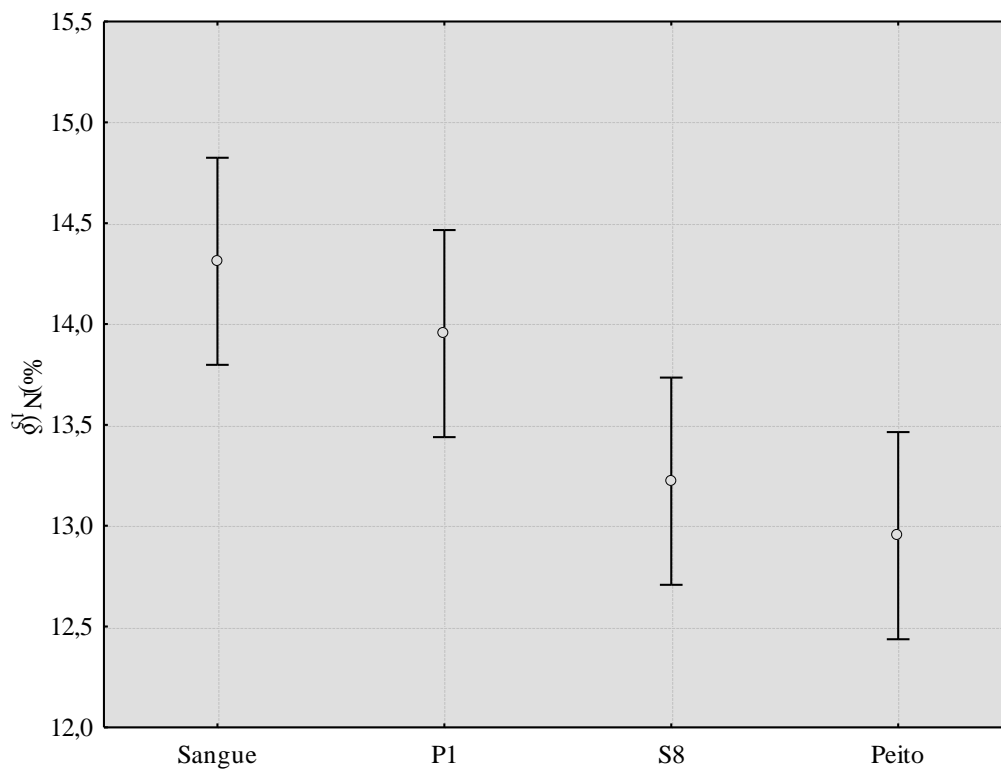


Figura 7 - Diferenças sazonais no nível trófico da Gaiivota de Patas-amarelas, através do $\delta^{15}\text{N}$ (média \pm desvio padrão). Diferenças encontradas nos valores do isótopo $\delta^{15}\text{N}$ em diferentes tecidos, organizados cronologicamente quanto à época que representam (sangue e pena P1: época de reprodução; pena S8: época de invernada; Penas do peito: restante parte do ano. n=26 indivíduos

Para o $\delta^{13}\text{C}$, também foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os diferentes tipos de tecidos analisados ($F_{(3, 100)} = 8,24$; $p < 0,0001$), como se encontra representado na Fig. 8 Neste caso, através do teste de Tuckey, foram encontradas diferenças significativas entre a pena P1 e o sangue e, também, entre o sangue e as penas do peito, sendo que as diferenças mais expressivas estão entre a P1 e o sangue ($p = 0,0002$).

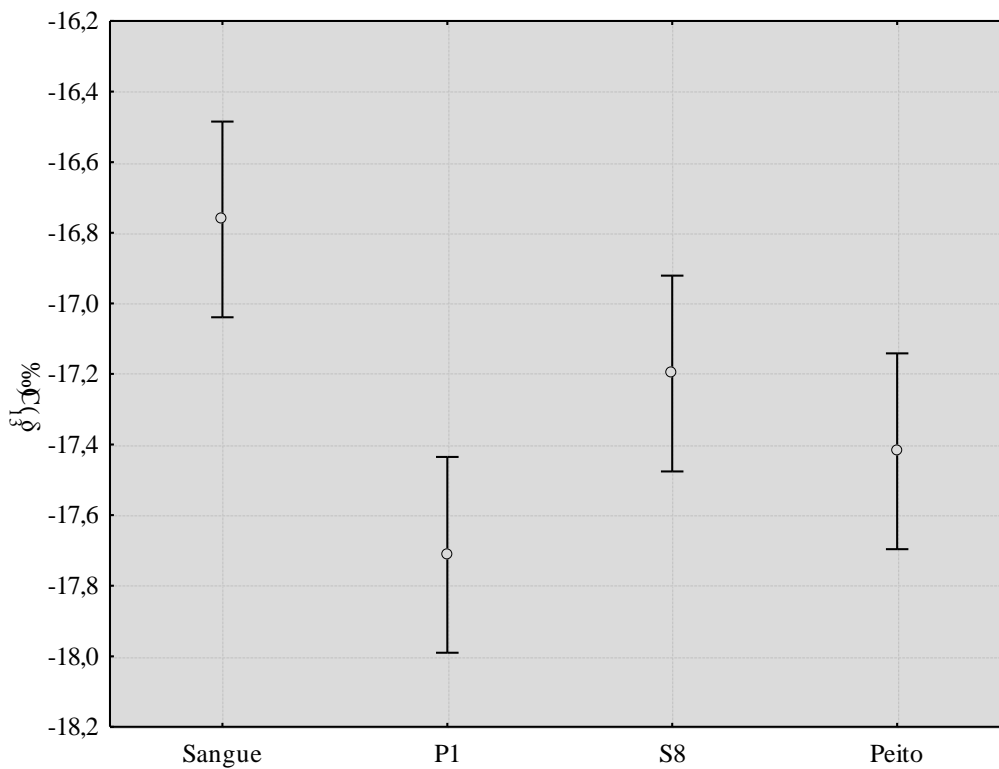


Figura 8 - Diferenças sazonais na dieta da Gaivota de Patas-amarelas, através do $\delta^{13}\text{C}$ (média \pm desvio padrão). Diferenças encontradas nos valores do isótopo $\delta^{13}\text{C}$ em diferentes tecidos organizados cronologicamente quanto à época que representam (sangue e pena P1: época de reprodução; pena S8: época de invernada; Penas do peito: restante parte do ano. $n = 26$ indivíduos).

3.2 - Análise isotópica para o Pintainho

3.2.1 - Comparação da sazonalidade na ecologia trófica entre duas colónias distintas

Pode verificar-se que o valor médio da assinatura isotópica de ^{15}N da pena secundária 8 (S8) dos indivíduos da colónia de Porto Santo é o mais elevado de entre todos os tecidos. Já o tecido que apresenta os valores de ^{15}N mais baixos é o sangue em ambas as colónias. Verifica-se ainda que na colónia de Porto Santo os valores de ^{15}N são sempre mais elevados para todos os tecidos, em relação à colónia das Selvagens (Fig. 9A). O valor médio mais elevado, em ambos os casos, corresponde à pena secundária 8 (S8): $12,06 \pm 1,72$ e $13,99 \pm 1,55$ para as Selvagens e Porto Santo, respectivamente. Já os valores mais baixos dizem respeito ao sangue: $9,60 \pm 0,49$ e $9,97 \pm 0,29$ para Selvagens e Porto Santo, respectivamente. Para a assinatura de ^{13}C , os valores médios do sangue são os que apresentam os valores mais negativos em ambas as colónias: $-19,96 \pm 0,22$ e $-19,82 \pm 0,17$ para as Selvagens e Porto Santo, respectivamente. Enquanto as penas do peito são as que apresentam os valores menos negativos: $-17,09 \pm 0,38$ correspondem à colónia das Selvagens e os valores $-17,46 \pm 0,62$ pertencem à colónia de Porto Santo (Fig. 9B).

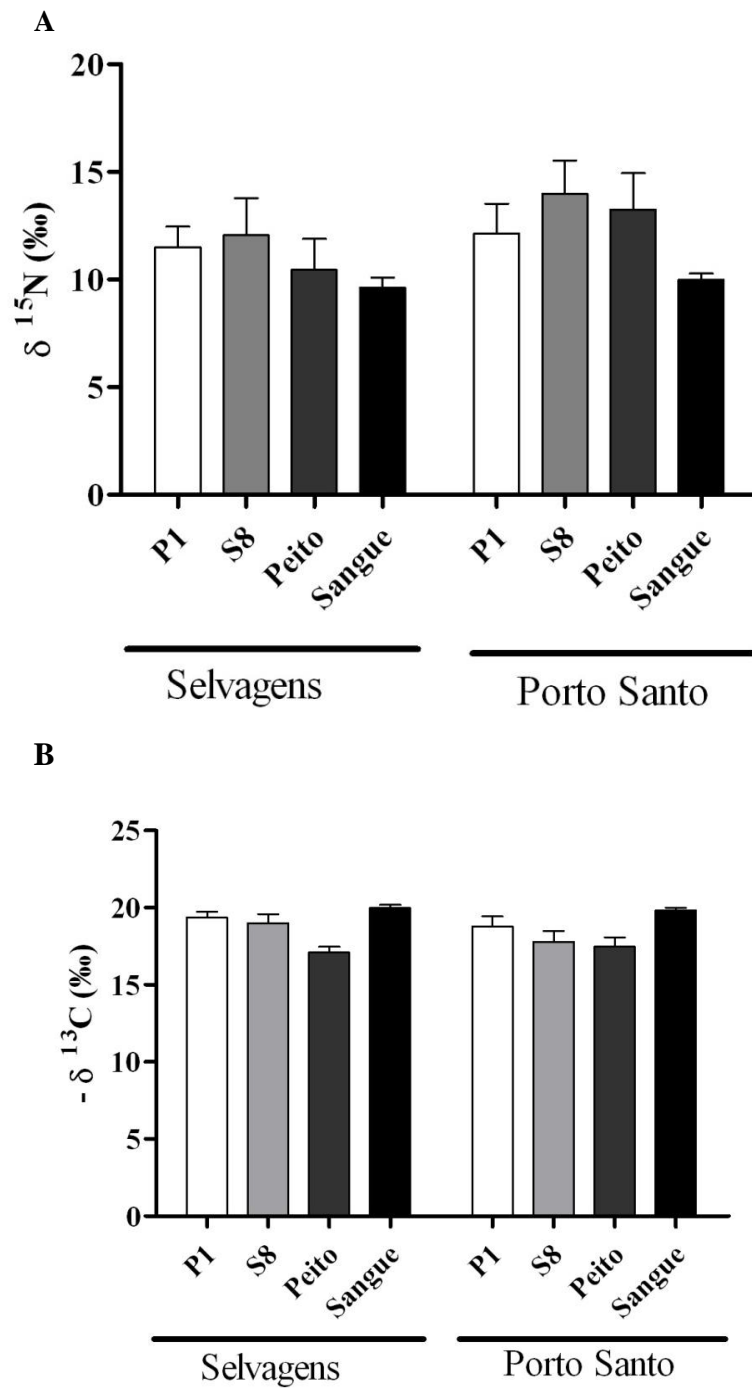


Figura 9 - Rácios dos isótopos estáveis de Azoto (¹⁵N) e Carbono (¹³C) (‰), para duas colónias distintas de Pintainho. Média ± desvio padrão dos valores isotópicos para diferentes tecidos sintetizados em diferentes épocas do ano (P1 – pena primária 1; S8 – pena secundária 8; peito – penas do peito; sangue), para duas colónias de Pintainho, Selvagens e Porto Santo. A representa os valores de δ¹⁵N e B representa os valores de δ¹³C

Quanto aos resultados da ANOVA para os diferentes tipos de penas, para as duas colónias e para a interacção entres ambos, verifica-se que em termos do $\delta^{15}\text{N}$ obteve-se um efeito significativo do tipo de pena ($F_{(2, 152)} = 11,14$; $p < 0,0001$), da colónia ($F_{(1, 152)} = 57,75$; $p < 0,0001$) e da interacção entre as colónias e o tipo de penas ($F_{(2, 152)} = 7,14$; $p = 0,001$), como se pode verificar na Fig.10. Através do teste de Tuckey verificou-se que os valores isotópicos das penas do peito diferem das restantes. Em termos de interacção, o resultado mais importante foi devido às penas do peito e S8 que diferiam entre as ilhas de Porto Santo e Selvagens ($p < 0,0001$, em ambos os casos).

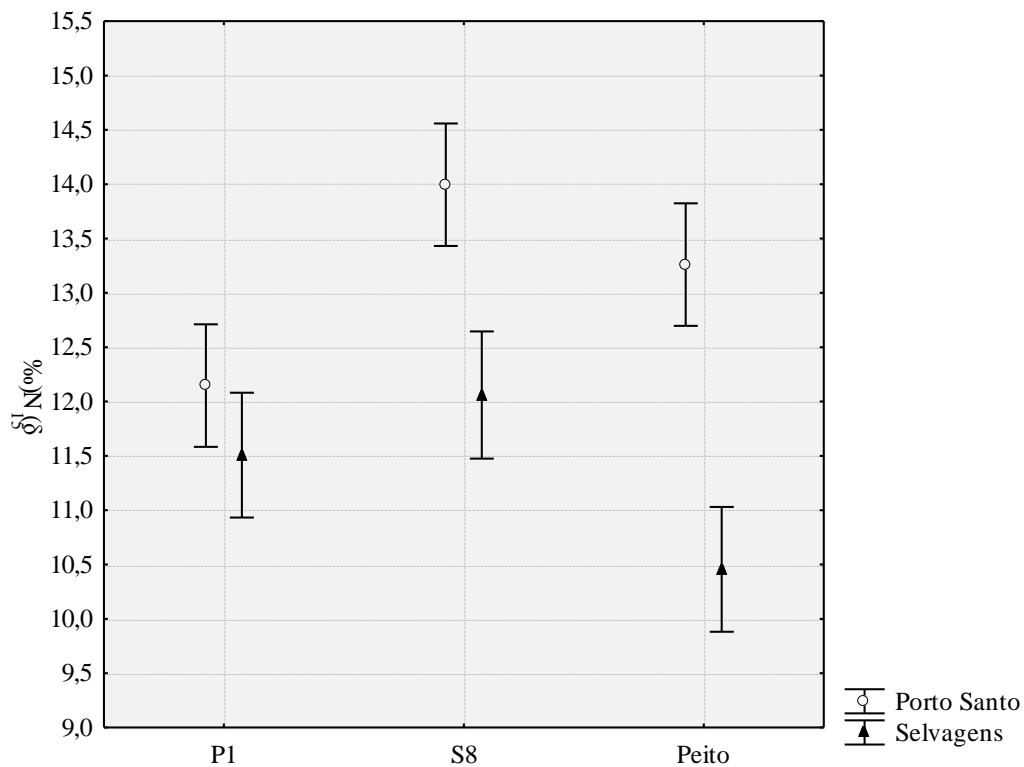


Figura 10 - Interacção entre a assinatura isotópica de $\delta^{15}\text{N}$ nos diferentes tipos de pena e as colónias de nidificação. Diferenças encontradas nos valores do isótopo $\delta^{15}\text{N}$ (média \pm desvio padrão) em diferentes tipos de pena, organizados por ordem cronológica quanto à época que representam (pena P1 – época reprodutora; pena S8 e penas do peito – época de inverno), nas colónias de Porto Santo (círculo) e das Selvagens (triângulo).

Quanto aos resultados da ANOVA para valores de $\delta^{13}\text{C}$ também se verificou um efeito significativo do tipo de pena ($F_{(2, 152)} = 134,9$; $p < 0,0001$), das colónias ($F_{(1, 152)} = 26,6$; $p < 0,0001$) e da interacção entre o tipo de penas e as colónias ($F_{(2, 152)} = 25,0$; $p < 0,0001$), como se pode visualizar na Fig. 11. O teste de Tuckey realizado à posteriori, revelou que os tipos de penas apresentam bastantes diferenças entre si e que em termos de interacção, as penas P1 e S8 são as que apresentam diferenças mais significativas entre as duas colónias ($p = 0,0028$ e $p < 0,0001$, respectivamente).

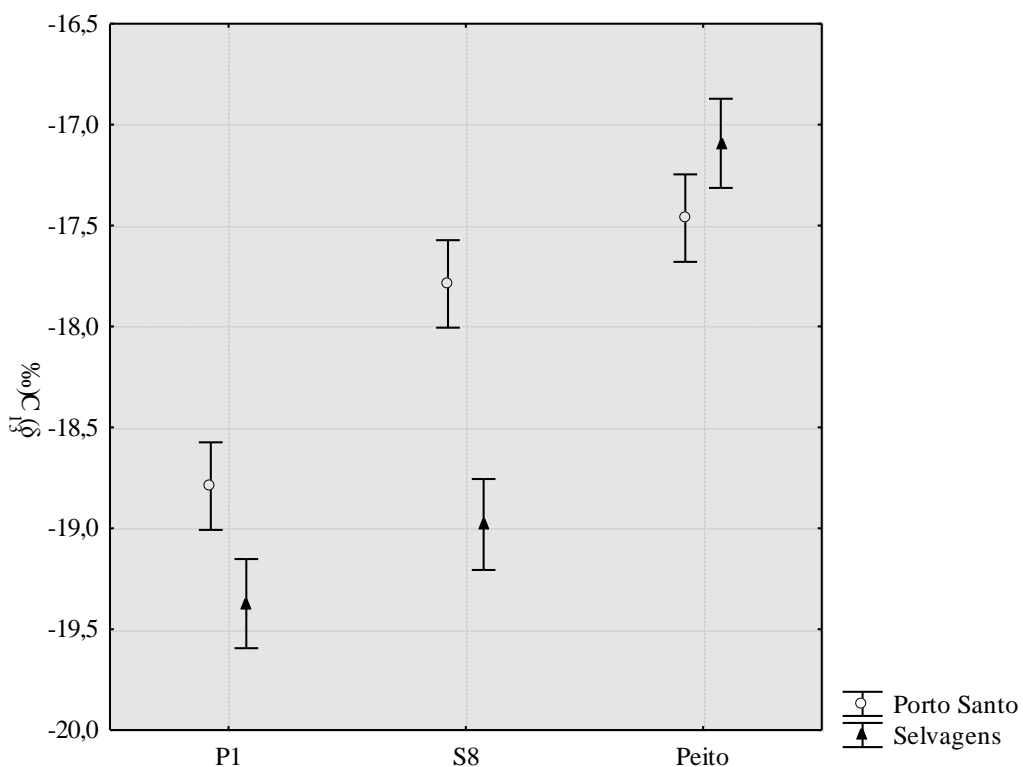


Figura 11 - Relação entre a assinatura isotópica de $\delta^{13}\text{C}$ (média \pm desvio padrão) nos diferentes tipos de penas e a localização. Diferenças encontradas nos valores do isótopo $\delta^{13}\text{C}$ em diferentes tipos de pena, organizados por ordem cronológica quanto à época que representam (pena P1 – época reprodutora; pena S8 e penas do peito – época de invernada), nas colónias de Porto Santo (círculo) e das Selvagens (triângulo).

No caso do sangue, existe um efeito significativo da colónia nos valores isotópicos de $\delta^{15}\text{N}$, ($F_{(1, 145)} = 37,24$; $p < 0,0001$), verificando-se que as aves da colónia de Porto Santo apresentam valores de $\delta^{15}\text{N}$ no sangue mais elevados que as aves da colónia das Selvagens (Fig.12). Tal como no $\delta^{15}\text{N}$, para o $\delta^{13}\text{C}$ também se encontraram diferenças significativas no sangue dos animais das duas colónias ($F_{(1, 145)} = 17,00$; $p < 0,0001$), verificando-se um enriquecimento em $\delta^{13}\text{C}$ no sangue dos animais da colónia de Porto Santo em comparação com os animais da colónia das Selvagens (Fig.12).

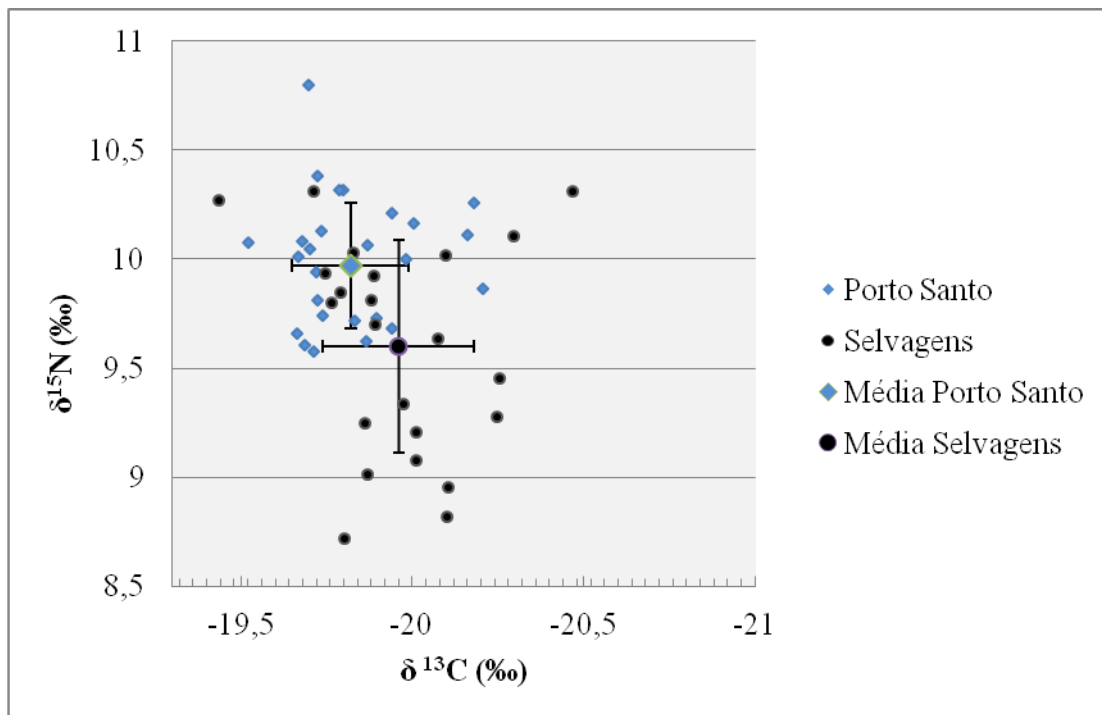
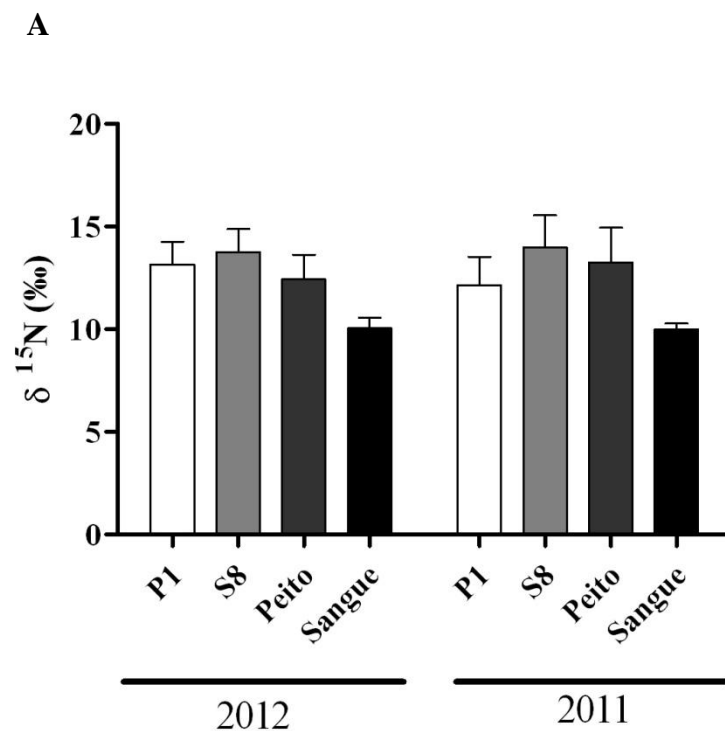


Figura 12 – Valores isotópicos de $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$, e respectivas médias (média \pm desvio padrão), no sangue de Pintainhos de duas colónias distintas. Distribuição e diferenças (média \pm desvio padrão) encontradas para os valores de $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ no sangue (tecido que representa a época reprodutiva) de indivíduos de duas colónias distintas, Porto Santo (Azul) e Selvagens (Preto).

3.2.2 - Determinação da variação inter-anual na ecologia trófica do Pintainho na colónia de Porto Santo

Verifica-se que não existe uma variação acentuada nos valores médios do isótopo ^{15}N nos tecidos amostrados nos dois anos. O tecido que apresenta os valores de ^{15}N mais elevados nos dois anos é a pena S8, e o que apresenta os valores mais baixos é o sangue (Fig.13A). À pena S8, correspondem os valores $13,99 \pm 1,55$ para o ano de 2011, e $13,75 \pm 1,12$ para o ano de 2012. O sangue apresenta como valores médios, $9,97 \pm 0,29$ e $10,04 \pm 0,52$ para 2011 e 2012, respectivamente.

Nos valores de ^{13}C , também não se verifica uma mudança acentuada de um ano para o outro (Fig.13B). Em ambos os casos o tecido que apresenta os valores mais elevados é a pena S8, à qual correspondem os valores $-17,78 \pm 0,69$ para o ano de 2011 e $-17,98 \pm 0,67$ para o ano de 2012. Já o tecido que apresenta os valores médios de ^{13}C mais baixos é o sangue, $-19,82 \pm 0,17$ para 2011 e $-20,77 \pm 0,23$ para 2012.



B

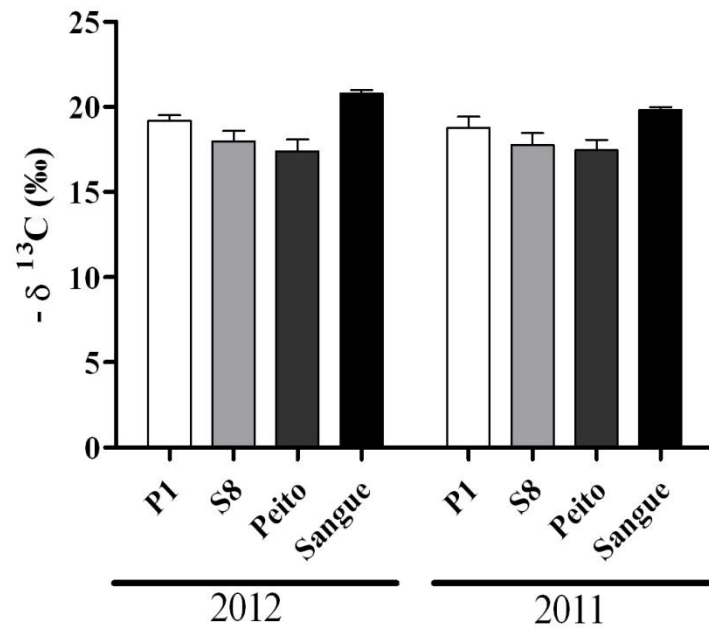


Figura 13 - Rácios dos isótopos estáveis de Azoto (¹⁵N) e Carbono (¹³C) (‰), em dois anos distintos, na colónia de Pintainho de Porto Santo. Média ± desvio padrão dos valores isotópicos para diferentes tecidos sintetizados em diferentes épocas do ano (P1 – pena primária 1; S8 – pena secundária 8; peito – penas do peito; sangue), em dois anos distintos (2011 e 2012) na colónia de Porto Santo. A representa os valores de δ¹⁵N e B representa os valores de δ¹³C.

Quanto aos resultados da ANOVA para os valores de δ¹⁵N verificou-se que existe um efeito significativo do tipo de pena ($F_{(2, 147)} = 11,60$; $p < 0,0001$), e verificou-se também que os anos não exerceram um efeito significativo nos valores de δ¹⁵N dos tecidos ($F_{(1, 147)} = 0,01$; $p = 0,93$). Quanto à interação entre o tipo de penas e o ano, obteve-se um efeito significativo nos valores de δ¹⁵N ($F_{(2, 147)} = 6,01$; $p = 0,003$), como se pode visualizar na Fig.14. No entanto, o teste de Tuckey realizado à posteriori, não conseguiu detectar diferenças nos valores de ¹⁵N nos vários tipos de penas entre os dois anos.

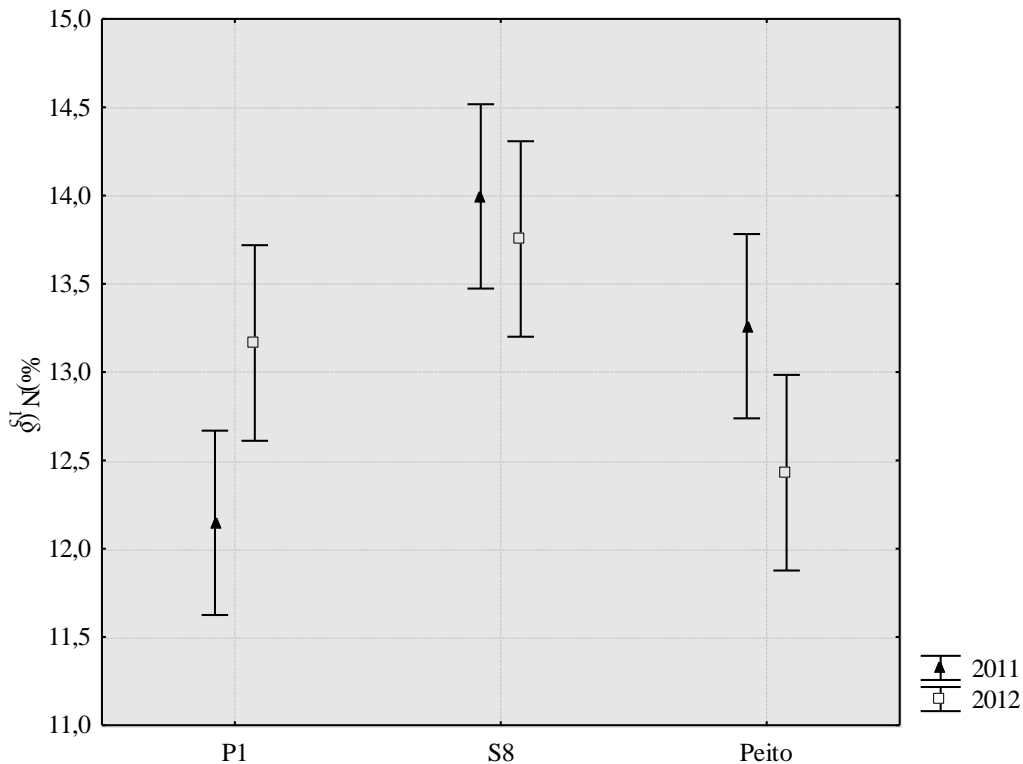


Figura 14 - Interação entre a assinatura isotópica de $\delta^{15}\text{N}$ (média \pm desvio padrão) nos diferentes tipos de pena e o ano. Diferenças encontradas nos valores do isótopo $\delta^{15}\text{N}$ em diferentes tipos de pena organizados por ordem cronológica quanto à época que representam (pena P1 – época reprodutora; pena S8 e penas do peito – época de invernada), em dois anos distintos, 2011 (triângulo) e 2012 (quadrado), na colónia de Porto Santo

Em termos de $\delta^{13}\text{C}$, os resultados da ANOVA revelam que, tal como para o isótopo ^{15}N , o tipo de pena exerce um efeito significativo ($F_{(2, 147)} = 83,0$; $p < 0,0001$), no entanto, o ano e a interação entre o tipo de pena, e o ano, não exercem quaisquer efeitos significativos nos valores de $\delta^{13}\text{C}$ ($F_{(1, 147)} = 2,9$; $p = 0,08$ e $F_{(2, 147)} = 1,7$; $p = 0,19$, respectivamente), tal como se pode observar na Fig.15. Neste caso, o teste post-hoc de Tuckey, tal como no caso anterior, não conseguiu detectar diferenças significativas nos valores de ^{13}C nas diferentes penas ao longo dos dois anos.

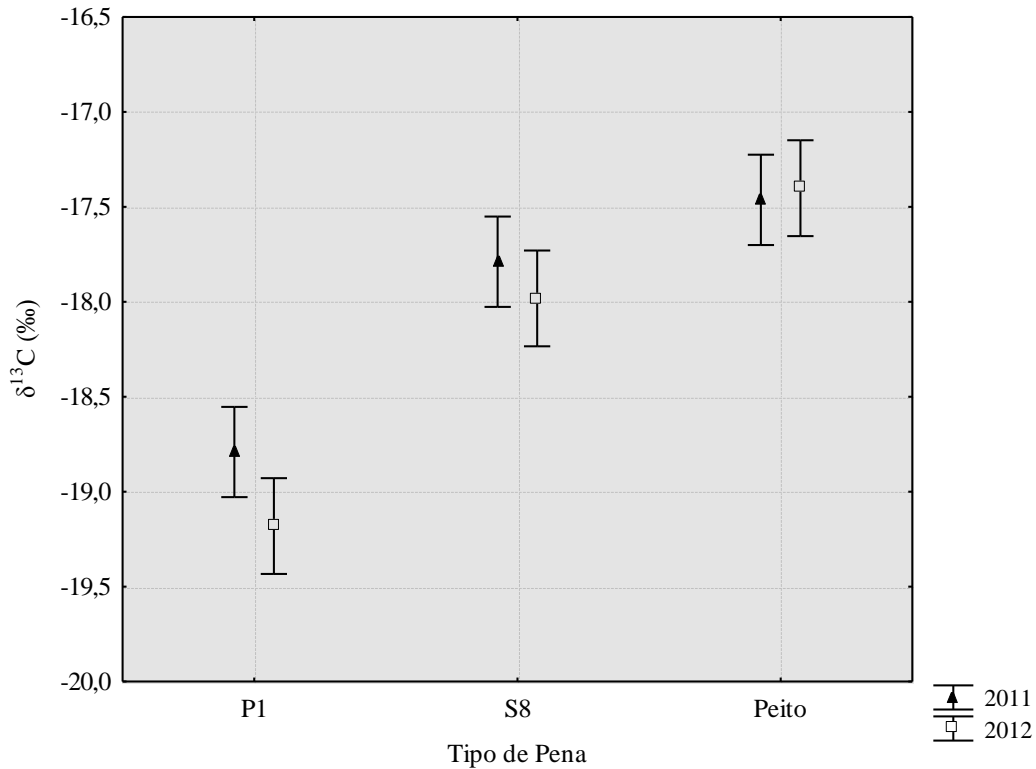


Figura 15 - Relação entre a assinatura isotópica de $\delta^{13}\text{C}$ (média \pm desvio padrão) nos diferentes tipos de pena e o ano. Diferenças encontradas nos valores do isótopo $\delta^{13}\text{C}$ em diferentes tipos de pena organizados por ordem cronológica quanto à época que representam (pena P1 – época reprodutora; pena S8 e penas do peito – época de invernada), em dois anos distintos, 2011 (triângulo) e 2012 (quadrado), na colónia de Porto Santo.

Por fim, os valores da ANOVA revelaram que não existe um efeito significativo do ano na assinatura isotópica de $\delta^{15}\text{N}$ no sangue ($F_{(1, 145)} = 0,45$; $p = 0,50$), tal como está representado na Fig.16. Por outro lado, verificou-se que o ano exerce um efeito significativo na assinatura isotópica de $\delta^{13}\text{C}$ no sangue ($F_{(1, 145)} = 816$; $p < 0,0001$), Fig.16.

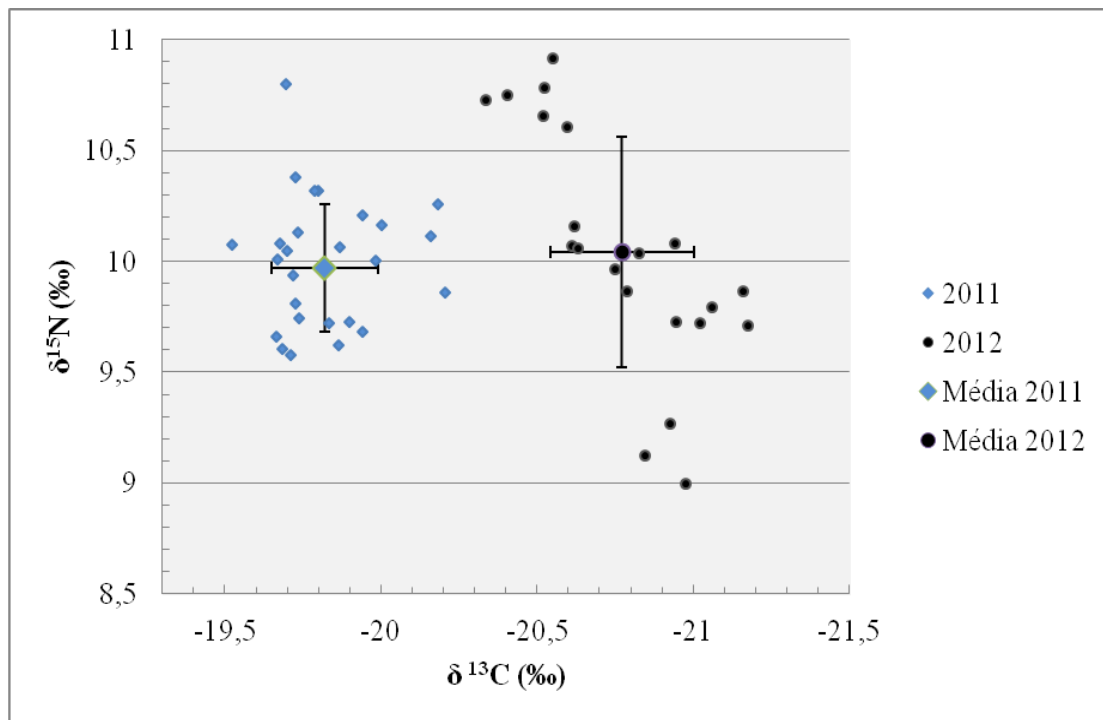


Figura 16 - Valores isotópicos de $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$, e respectivas médias (média \pm desvio padrão), no sangue de Pintainhos recolhido em dois anos distintos. Diferenças encontradas para os valores de $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ nas amostras de sangue (tecido que representa a época reprodutiva) recolhidas em dois anos distintos, 2011 e 2012, na colónia de Porto Santo.

Capítulo 4 – Discussão

4.1 - Ecologia trófica da Gaivota de patas-amarelas

Através da análise isotópica de $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ em diferentes tecidos da Gaivota de patas-amarelas nidificante na ilha da Berlenga, a maior colónia de nidificação desta ave em Portugal, foi possível verificar que esta ave apresenta uma sazonalidade na sua ecologia trófica ao longo do ano. Os resultados obtidos demonstraram que o sangue e a pena P1, que representam a época reprodutora desta espécie, são os tecidos que apresentam os valores mais elevados do isótopo $\delta^{15}\text{N}$, não se registando diferenças significativas entre estes dois tecidos. A pena S8, representativa da época de invernada, apresenta valores intermediários deste isótopo e significativamente diferentes dos valores obtidos para o sangue. Já as penas do peito, que reflectem a generalidade do ano, são as que apresentam os valores mais baixos, os quais são significativamente diferentes dos valores obtidos para a pena P1 e o sangue. Assim, estes resultados sugerem que apesar da Gaivota de patas-amarelas apresentar um carácter oportunista e generalista (Ramos *et al.*, 2009b), durante a época de reprodução explora recursos alimentares de níveis tróficos mais elevados do que na época não reprodutora. Este tipo de comportamento poderá ser explicado pela elevada disponibilidade de peixe em torno da colónia durante a época reprodutiva, pois a circulação oceânica e os fenómenos de upwelling característicos da área em redor das Berlengas, e que se fazem sentir principalmente entre Junho e Outubro, tornam a área circundante à colónia extremamente produtiva (Paiva *et al.*, 2010b). A intensa actividade piscatória na zona de Peniche (Queiroga *et al.*, 2008) constitui outra fonte abundante de peixe para as Gaivotas, pois como está documentado, estas aves recorrem muito às descargas de peixe para se alimentarem (Duhem *et al.*, 2008; Duhem *et al.*, 2003; Arcos *et al.*, 2001). As necessidades nutricionais mais elevadas durante a época de reprodução poderão ser

outro factor que permite justificar este comportamento pois, como vários estudos indicam, na família dos larídeos os custos nutricionais e energéticos associados à reprodução são muito elevadas (Blight, 2011; Ramírez *et al.*, 2011), pelo que as aves têm de garantir todos os nutrientes necessários ao processo reprodutivo e também à manutenção da sua condição corporal, alimentando-se para isso de presas de níveis tróficos superiores. Como demonstraram estudos de Annett e Pierotti (1999) com a espécie *Larus occidentalis*, onde as aves que se alimentavam em níveis tróficos superiores apresentavam ninhadas maiores, maior sucesso de eclosão e uma taxa de sobrevivência bastante mais elevada do que os indivíduos que se alimentavam principalmente de detritos antropogénicos. Nogales *et al.* (1995) verificou também que, no caso da Gaivota prateada (*Larus argentatus argenteus*) os progenitores seleccionavam os alimentos com maior valor nutricional para alimentar as crias, por forma a garantir o seu desenvolvimento.

Durante a época de invernada, bem como no restante do ano, os resultados indicam que os indivíduos desta espécie se alimentam maioritariamente em níveis tróficos mais baixos, possivelmente pela diminuição dos recursos disponíveis. O inverno é a época do ano com maior índice de mortalidade na maioria dos animais, devido ao agravamento das condições climáticas e à diminuição da disponibilidade de alimento (Maciusik *et al.*, 2010). A diminuição dos recursos alimentares durante o inverno, leva várias espécies de gaivotas a procurarem outras fontes de alimento alternativas, muitas vezes de níveis tróficos inferiores, tais como, pequenos moluscos, invertebrados marinhos e terrestres, insectos, e detritos antropogénicos entre outros (Bernhardt *et al.*, 2010; Skórka & Wójcik, 2008; Vaitkus, 1999;). Para além disso, após o período reprodutor as aves iniciam a muda, este é um processo muito dispendioso em termos energéticos, pelo que as aves necessitam de recursos alimentares abundantes e

ricos em energia (Blomqvist, 2003). Os resíduos antropogénicos constituem uma fonte abundante de alimentos muito ricos em energia/proteínas e que as aves utilizam frequentemente para colmatar as suas necessidades energéticas durante o processo de muda, contudo são muitas vezes de níveis tróficos baixos e nutricionalmente pobres (Blomqvist, 2003; Pierotti & Anetta, 1987)

A partir da análise dos rácios isotópicos de ^{13}C nos vários tecidos, foi ainda possível verificar que as aves alteram as suas fontes de alimento ao longo do ano. Neste caso, verificou-se que o tecido mais enriquecido em ^{13}C era o sangue e os menos enriquecidos eram a P1 e o peito, sendo que existem diferenças significativas entre o sangue e a pena P1, e entre as penas do peito e o sangue. Visto o ambiente marinho ser mais enriquecido em $\delta^{13}\text{C}$ do que o ambiente terrestre (Rubenstein & Hobson, 2004), estes resultados sugerem que as Gaivotas de patas-amarelas alteram a sua área de alimentação ao longo do seu ciclo anual, recorrendo não só a ambientes marinhos, mas também a ambientes terrestres. Aparentemente, no início da época de reprodução as aves alimentaram-se sobretudo em meio marinho, como indicam os valores de ^{13}C enriquecidos para o sangue, enquanto no final do período reprodutor e no restante do ano, representado pela pena P1 e pelas penas do peito, respectivamente, alimentaram-se maioritariamente em meio terrestre. Uma possível explicação para estes resultados, reside no facto de no início da época de reprodução, em que as aves estavam na fase de postura/incubação dos ovos, estarem condicionadas ao local de nidificação, e também ao facto de necessitarem de um maior número de nutrientes essenciais ao seu processo reprodutivo e à manutenção da sua condição corporal, alimentando-se assim maioritariamente nas áreas marinhas que circundam a colónia, evitando perder tempo na procura de alimento e, simultaneamente, beneficiando da elevada disponibilidade de recursos que existe. Pois, tal como referem Schwemmer & Garthe (2008), aves

oportunistas como as gaivotas alteram a sua área de alimentação em função da disponibilidade/abundância dos recursos. Enquanto no final do período reprodutor, início do período pós-reprodutor, em que as aves já não se encontram tão condicionadas ao local de nidificação, podem alargar a sua área de procura de alimento e, portanto, explorar mais recursos provenientes do meio terrestre. A época de invernada apresenta algumas semelhanças com o final do período reprodutor: apesar de não se registarem diferenças significativas entre a pena S8 e os restantes tecidos, verificou-se uma tendência de enriquecimento em ^{13}C na pena S8 em comparação com o sangue, o que indica que durante a época de invernada a aves, possivelmente, se alimentaram mais em meio terrestre do que no meio marinho. Este comportamento poderá estar relacionado com a diminuição dos recursos no meio marinho e com o agravamento das condições atmosféricas durante o Inverno, o que muitas vezes força as gaivotas a moverem-se para regiões interiores, tais como zonas intertidais, rios e até mesmo cidades, em busca de alimento em abundância (Maciusik *et al.*, 2010). Martinez- Abraín *et al.* (2002) demonstrou que, quando as condições de agravam no inverno, as Gaivotas de patas- amarelas do Mediterrâneo ocidental, migravam para zonas mais interiores. Estudos de Sol *et al.* (1995) com a mesma espécie, nidificante em várias colónias em Espanha, demonstraram ainda que a distribuição durante o inverno desta espécie está altamente relacionada com a disponibilidade de alimento proveniente de actividades antropogénicas.

Para as penas do peito, que representam a restante parte do ano, verificou-se um enriquecimento significativo em ^{13}C quando comparado com os valores obtidos para o sangue, o que indica que os indivíduos terão utilizado principalmente o meio terrestre para se alimentarem, pois existe uma elevada disponibilidade de alimento. Contudo, existem vários estudos que contradizem estes resultados e defendem que não existe uma

sazonalidade na ecologia trófica destas aves. Alguns autores afirmam que as Gaivotas de patas-amarelas são extremamente dependentes de resíduos antropogénicos, alimentando-se apenas de recursos marinhos e naturais quando não existem recursos antropogénicos disponíveis (Duhem *et al.*, 2003). Outros autores defendem ainda que uma alimentação mais rica em detritos antropogénicos derivados de lixeiras e aterros aumentam o sucesso reprodutor destas aves e por isso estas não apresentam uma alimentação diferenciada na época de reprodução (Weiser & Powell, 2010; Ramos *et al.*, 2009b).

4.2 - Ecologia trófica do Pintainho

Neste trabalho comprovou-se também existir uma variação sazonal e inter-populacional na ecologia trófica das populações de Pintainho (*Puffinus baroli*) nas ilhas das Selvagens e no ilhéu do Farol, Porto Santo. Verificou-se que estas aves alteram o seu nível trófico entre o período reprodutor e o período de invernada. Durante a época reprodutora a aves parecem alimentar-se em níveis tróficos mais baixos, como se pode comprovar pelos níveis de $\delta^{15}\text{N}$ no sangue e na P1, enquanto na época de invernada, bem como na maior parte do ano, parecerem selecionar presas de níveis tróficos superiores e/ou presas maiores, como demonstram os níveis de $\delta^{15}\text{N}$ mais elevados na pena S8 e nas penas do peito. Estudos de Neves *et al.* (2012) realizados com a mesma espécie numa colónia no arquipélago dos Açores, estão de acordo com os resultados obtidos neste trabalho, estes autores verificaram que estas aves se alimentaram em níveis tróficos superiores na época de invernada, como demonstram os valores isotópicos de ^{15}N para a pena S8 ($\delta^{15}\text{N}$ S8 = 13.5 ± 0.5), enquanto na época reprodutora

recorreram a níveis tróficos mais baixos para se alimentar, como se pode constatar através dos valores isotópicos de ^{15}N na pena P1 ($\delta^{15}\text{N P1} = 11.7 \pm 0.6$).

Estes resultados poderão ser explicados pela selecção de presas mais pequenas para as crias e uma área de procura mais restrita em torno da colónia durante a época reprodutora, contrariamente ao que acontece na época não reprodutora, em que as aves não se encontram limitadas à área de reprodução para procurar alimento, e podem aumentar em cerca de 10 vezes a área de procura de alimento (Neves *et al.*, 2012; Fagundes *et al.*, 2011). Sabendo que nos ecossistemas marinhos existe um gradiente no enriquecimento de ^{13}C , em que as fontes alimentares costeiras são enriquecidas em ^{13}C em relação às fontes alimentares pelágicas (Bond & Jones, 2009; Forero & Hobson, 2003), seria de esperar que os valores de $\delta^{13}\text{C}$ fossem menores na pena S8 e no peito, quando a ave percorre áreas mais vastas à procura de alimento, do que na pena P1 e no sangue, quando a ave está na sua época reprodutiva e portanto restrita a uma área menor para procurar alimento. Neste estudo, isso não se verifica, pois a pena P1 e o sangue são os tecidos que apresentam os valores mais baixos de $\delta^{13}\text{C}$, o que indica que, possivelmente, as aves se alimentaram mais afastadas da costa durante a época de reprodução. Este resultado poderá no entanto ser explicado pelo facto do sangue representar o tempo de incubação, enquanto a pena P1 representa o final do período reprodutor, e nestes períodos as aves procuram alimento em áreas mais alargadas do que na época de alimentação das crias, tal como descreve Neves *et al.* (2012).

Para além da variação sazonal encontrada em ambas as colónias, verificou-se também que existe uma variação inter-populacional na ecologia trófica entre as populações nidificantes de Pintainho nas Selvagens e Porto Santo, pois o nível trófico em que se alimentam, bem como local onde providenciam o alimento parecem variar entre as duas colónias. Verificou-se que os indivíduos da colónia de Porto Santo apresentam valores

significativamente mais elevados de $\delta^{15}\text{N}$ na pena S8, nas penas do peito e no sangue do que os indivíduos da colónia das Selvagens, o que indica que durante a época de invernada, parte da época de reprodução e o restante do ano, provavelmente, as aves de Porto Santo alimentaram-se num nível trófico superior em comparação com as aves das Selvagens. Para além disso, verificou-se ainda que no caso do isótopo ^{13}C também existiam diferenças significativas entre as duas colónias, visto que os valores isotópicos de ^{13}C das penas P1 e S8 e do sangue eram significativamente mais elevados para os indivíduos da colónia de Porto Santo, em relação aos valores obtidos para os indivíduos da colónia das Selvagens, o que sugere que as aves de Porto Santo, tanto na época de reprodução, como na época de invernada se alimentaram mais próximas da costa, do que as aves das Selvagens. Estes resultados poderão estar relacionados com a localização das colónias e a produtividade das águas envolventes. Visto existir um gradiente no Atlântico Norte, em que a produtividade aumenta das águas subtropicais até às águas frias mais a norte, as águas que rodeiam as Selvagens possuem baixos índices de clorofila *a* e as temperaturas da superfície do mar são elevadas, o que indica que a sua produtividade é baixa (Paiva *et al.*, 2010c), enquanto as águas em torno da colónia de Porto Santo são um pouco mais frias e os níveis de clorofila *a* são mais elevados (Caldeira *et al.*, 2002), o que indica que a produtividade em torno desta ilha será mais elevada do que na ilha das Selvagens, o que poderá contribuir para uma maior abundância de presas junto à ilha de Porto Santo.

Em ambientes oceânicos, onde os recursos são escassos, os predadores marinhos de topo procuram alimento em áreas onde a produtividade é mais elevada, tais como zonas de upwelling e montes submarinos (Paiva *et al.*, 2010a) e, tal como demonstram alguns estudos, os Pintainhos não são excepção. Estudos de Fagundes *et al.* (2011) em que os Pintainhos foram seguidos com dispositivos electrónicos (GLS) demonstraram que as

aves que nidificam na ilha da Selvagem Grande, sobretudo fora da época de reprodução, procuram alimento em zonas com elevadas concentrações de clorofila *a*, e temperaturas à superfície do mar baixas, desde o Norte dos Açores até à zona de upwelling na costa noroeste Africana, onde a produtividade é muito elevada. Estes autores demonstraram assim que as áreas de upwelling associadas à corrente das Canárias e à costa africana adjacente são muito procuradas pelos Pintainhos para se alimentarem. Tal como os indivíduos que nidificam nas Selvagens, possivelmente também os Pintainhos nidificantes na ilha de Porto Santo recorrem a estas zonas de produtividade elevada. Contudo, como as águas em torno da ilha de Porto Santo são ligeiramente mais produtivas que as águas que rodeiam as Selvagens, estas aves podem alimentar-se mais próximas da colónia, tanto durante a época de reprodução, como fora desta, o que poderá explicar os valores isotópicos de ^{13}C mais elevados nos tecidos dos indivíduos que nidificam em Porto Santo. Este tipo de diferenças inter-coloniais relacionadas com a produtividade dos locais de nidificação também está documentado para outras espécies de aves pelágicas, como é o caso da Cagarra (*Calonectris diomedea*). Estudos de Alonso *et al.* (2012) demonstraram que durante a época de reprodução, indivíduos nidificantes na Selvagem Grande estavam envolvidos em viagens muito mais longas, tanto em termos de distância percorrida como tempo de duração, para procurar alimento do que os indivíduos nidificantes na colónia da Berlenga, que procuram o alimento principalmente junto da costa e em redor da colónia. Isto acontece porque a ilha da Berlenga está localizada numa zona de elevada produtividade, pelo que as aves não têm de percorrer grandes distâncias para encontrar alimento, enquanto a ilha da Selvagem Grande se encontra numa zona de fraca produtividade marítima, o que obriga as aves a procurar áreas de maior produtividade como a plataforma ocidental africana que se caracteriza por ser uma zona de upwelling. Contudo, para comprovar esta hipótese

seriam necessários mais estudos, nomeadamente o seguimento das aves que nidificam em Porto Santo com GLS.

Através deste trabalho encontrou-se ainda uma variação interanual na ecologia trófica dos Pintainhos da colónia de Porto Santo. Os resultados obtidos sugerem que os indivíduos desta colónia exploraram áreas alimentares distintas durante as épocas de reprodução de 2011 e 2012, tal pode comprovar-se pelos valores de $\delta^{13}\text{C}$ significativamente mais baixos nas amostras de sangue (tecido que representa a época reprodutora) recolhidas em 2012, em comparação com as amostras do mesmo tecido, recolhidas em 2011. Quanto ao período pós-reprodutor e à época de invernada, representados pelas penas P1 e S8, respectivamente, não foram encontradas quaisquer diferenças entre os dois anos, o que indica que as aves possivelmente exploraram as mesmas fontes de alimento ou fontes de alimento com uma constituição semelhante. Os resultados obtidos neste estudo indicam ainda, que os indivíduos da colónia de Porto Santo mantiveram uma determinada consistência no nível trófico em que se alimentaram ao longo dos dois anos de estudo, ou seja, aparentemente as aves procuraram alimentar-se em níveis tróficos semelhantes nas épocas similares, pois não foram encontradas diferenças significativas nos valores isotópicos de $\delta^{15}\text{N}$ entre as amostras de tecidos recolhidas em 2011 e, em 2012. Uma possível explicação para estes resultados poderá estar relacionada com a abundância de presas aquando da época de reprodução destas aves, pois como vários autores indicam a disponibilidade de presas pode influenciar de forma determinante a ecologia trófica das aves marinhas (Garthe *et al.*, 2011; Harding *et al.*, 2007; Suryan *et al.*, 2002). Assim, durante a época de reprodução, eventualmente poderá ter ocorrido uma diminuição da disponibilidade das presas de eleição destas aves nas fontes de alimento habituais, o que as forçou a procurar o mesmo tipo de presas em outros locais, pois as aves apresentam valores

isotópicos de $\delta^{15}\text{N}$ aproximados nos dois anos, em outras massas de água, eventualmente mais pelágicas, pois para o ano de 2012 o sangue apresenta valores de $\delta^{13}\text{C}$ ainda mais baixos. Este tipo de comportamento está já descrito em vários trabalhos, como é o caso do trabalho desenvolvido por Burke & Montevecchi (2009) com a espécie *Uria aalge*, vulgarmente conhecida por Airo. Os autores verificaram que, aquando da sua época de reprodução na colónia na ilha Funk, os indivíduos desta espécie alteravam de forma significativa a sua área de procura de alimento, quando ocorria uma diminuição da abundância da sua presa principal, o Capelim (*Mallotus villosus*), aumentando em cerca de 35% a sua área de procura. Estudos de Garthe *et al*, (2011), também descrevem um comportamento semelhante por parte dos gansos-patolas (*Morus bassanus*). Neste caso, os autores verificaram que indivíduos da mesma colónia, durante a sua época de reprodução no ano de 2005 duplicaram a sua área de alimentação, em relação ao ano de 2003, para obterem presas de maiores dimensões, tais como grandes peixes pelágicos.

Alterações nos constituintes das massas de água em que os Pintainhos se alimentaram durante a época de reprodução também podem ter influenciado os seus valores isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$ no sangue. Pois, a presença ou ausência de determinados organismos constituintes do fitoplâncton, podem influenciar de forma significativa os valores isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$, levando a um enriquecimento ou empobrecimento da massa de água neste isótopo (Fry & Wainright, 1991).

4.3 Considerações finais

Este trabalho ilustra de forma bastante clara que, apesar de todas as aves marinhas dependerem do mar para se alimentarem, podem apresentar estratégias de aprovisionamento bastantes distintas, sendo altamente influenciadas pelo ambiente que as rodeia.

Com o estudo isotópico da ecologia trófica da Gaivota de patas-amarelas, uma espécie costeira extremamente abundante na costa Portuguesa, foi possível concluir que, apesar do seu comportamento altamente oportunista e generalista, esta ave apresenta uma sazonalidade acentuada na sua ecologia trófica, alterando o nível trófico em que se alimenta e as suas fontes de alimento entre a época reprodutora e as épocas não reprodutoras, tirando assim o máximo partido dos diferentes recursos que se encontram disponíveis nas diferentes alturas do ano.

Quanto aos Pintainhos, foi possível concluir que a sua ecologia trófica é bastante influenciada pelas condições ambientais que rodeiam as suas colónias de nidificação. Pois, neste trabalho foram encontradas diferenças notórias entre os indivíduos de duas colónias localizadas em locais com produtividades distintas (Porto Santo e Selvagens), quanto ao nível trófico em que se alimentaram e as áreas que exploraram na procura do alimento. Para além disso, foi ainda possível concluir que os Pintainhos podem alterar a sua estratégia alimentar de um ano para o outro, caso ocorram alterações significativas na sua área de alimentação aquando da sua época de reprodução. O que mais uma vez comprova que as aves marinhas são altamente influenciadas pelo ambiente que as rodeia, e que podem alterar as suas estratégias de aprovisionamento quando as condições são desfavoráveis.

Assim, este tipo de estudos constituem uma importante área de investigação na Biologia/Ecologia, pois permitem um conhecimento mais aprofundado acerca do papel das aves nas cadeias alimentares marinhas e, conseqüentemente, da dinâmica dos ecossistemas marinhos em que estas estão inseridas. Contribuindo com informações importantes para a implementação de medidas e políticas de gestão e conservação mais adequadas e eficazes.

Quanto à metodologia utilizada neste estudo, a análise dos isótopos estáveis, para além de ter permitido um estudo numa escala temporal alargada, revelou-se ainda extremamente eficaz na deteção de diferenças na ecologia trófica das duas espécies de aves marinhas. Contudo, a interpretação dos resultados obtidos foi por vezes difícil pois, apenas através desta metodologia não foi possível definir com certeza qual a dieta das aves e quais as áreas em que estas procuraram alimento. Assim, em estudos posteriores, a utilização de outras metodologias complementares, tais como, a análise de conteúdos estomacais ou o seguimento das aves com GLS/GPS, poderão revelar-se uma mais-valia, pois com os resultados obtidos através dessas metodologias, será possível confirmar-se alguns resultados retirados a partir das análises isotópicas.

Referências

- Adams NJ, Navarro RA (2005) Foraging of a coastal seabird: flight patterns and movements of breeding Cape gannets *Morus capensis*. *African Journal of Marine Science* 27: 239 – 248
- Aguirre JI, Arana P, Antonio MT (2009) Testing effectiveness of discriminant functions to sex different populations of Mediterranean Yellow-legged Gulls *Larus michahellis michahellis*. *Ardeola* 56: 281 – 286
- Alonso H, Granadeiro JP, Paiva VH, Dias AS, Ramos JA, Catry P (2012) Parent-offspring dietary segregation of Cory's shearwaters breeding in contrasting environments. *Marine Biology* 159: 1197 - 1207
- Amado A, Gafeira C, Teixeira A, Preto A (2007) Plano de Ordenamento da Reserva Natural das Berlengas. Instituto Conservação da Natureza - Capítulo 6
- Annett CA, Pierotti R (1999) Long-term reproductive output in western gulls: consequences of alternate tactics in diet choice. *Ecology* 80: 288 – 297
- Arcos JM, Oro D, Sol D (2001) Competition between the yellow-legged gull *Larus cachinnans* and Audouin's gull *Larus audouinii* associated with commercial fishing vessels: the influence of season and fishing fleet. *Marine Biology* 139: 807 - 816
- Arizaga J, Aldalur A, Herrero A, Cuadrado J, Mendiburu A, Sanpera C (2010) High importance of fish prey in the diet of Yellow-legged Gull *Larus michahellis* chicks from the southeast Bay of Biscay. *Seabird* 23: 1 - 6
- Arizaga J, Aldalur A, Herrero A, Galicia D (2008) Sex Differentiation of Yellow-legged Gull (*Larus michahellis lusitanius*): the Use of Biometrics, Bill Morphometrics and Wing Tip Coloration. *Waterbirds* 31: 211 – 219

Arizaga J, Herrero A, Galarza A, Hidalgo J, Aldalur A, Cuadrado JF, Ocio G (2010) First-Years Movements of Yellow-Legged Gull (*Larus michahellis lusitanicus*) from the Southeastern Bay of Biscay. *Waterbirds* 33: 444 – 450

Barret RT, Camphusyen K, Anker-Nilssen T, Chardine JW, Furness RW, Garthe S, Hüppop O, Leopold MF, Montevecchi WA, Veit RR (2007) Diet studies of seabirds: a review and recommendations. *Journal of Marine Science* 64: 1675 – 1691

Benoit-Bird KJ, Au WWL (2003) Prey dynamics affect foraging by a pelagic predator (*Stenella longirostris*) over a range of spatial and temporal scales. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 53: 364 – 373

Bernhardt GE, Kutschbach-Brohl L, Washburn BE, Chipman R, Francoeur L (2010) Temporal variation in Terrestrial Invertebrate consumption by Laughing Gulls in New York. *The American Midland Naturalist* 163: 442 – 454

Bond AL, Jones IL (2009) A practical introduction to stable-isotope analysis for seabird biologists: approaches, cautions and caveats. *Marine Ornithology* 37: 183 – 188.

Blomqvist L (2003) Yellow-legged Gull *Larus michahellis* in the Secovlje Saltpans (SW Slovenia) – abundance, age distribution and habitat preference in post-breeding period in July 2003. *Acrocephalus* 28: 69 – 73

Burke CM, Montevecchi WA (2009) The foraging decisions of a central place foraging seabird in response to fluctuations in local prey conditions. *Journal of Zoology* 278: 354 - 361

Buskirk RWV, Nevitt GA (2008) The influence of developmental environment on the evolution of olfactory foraging behaviour in procellariiform seabirds. *Journal of Evolutionary Biology* 21: 67 - 76

Cabral MJ, Almeida J, Almeida PR, Dellinger T, Ferrand de Almeida N, Oliveira ME, Palmeirim JM, Queiroz AI, Rogado L & Santos-Reis M (2006) Livro Vermelho dos

Vertebrados de Portugal. 2ªed. Instituto da Conservação da Natureza/Assírio & Alvim. Lisboa: 157 – 158.

Camphuysen K (1995) Herring Gull *Larus argentatus* and Lesser Black- Backed Gull *L. fuscus* feeding at fishing vessels in the breeding season: competitive scavenging versus efficient flying. *Ardea* 83: 365 – 380

Catry T, Ramos JA, Le Corre M, Kojadinovic J, Bustamante P (2008) The role of stable isotopes and mercury concentrations to describe seabird foraging ecology in tropical environments. *Marine Biology* 155: 637 – 647.

Catry P, Phillips RA, Phalan B, Silk JRD, Croxall JP (2004) Foraging strategies of grey-headed albatrosses *Thalassarche chrysostoma*: integration of movements, activity and feeding events. *Marine Ecology Progress Series* 280: 261–273

Caut S, Angulo E, Couchamp F (2009) Variation in discrimination factors ($\Delta^{15}\text{N}$ and $\Delta^{13}\text{C}$) the effect of diet isotopic values and applications for diet reconstruction. *Journal of Applied Ecology* 46: 443 – 453

Chown SL, Gaston KJ, Williams PH (1998) Global patterns in species richness of pelagic seabirds: the Procellariiformes. *Ecography* 21: 342 – 350

Christel I, Navarro J, Castillo M, Gama A, Ferrer X (2012) Foraging movements of Audouin's gull (*Larus audouinii*) in the Ebro Delta, NW Mediterranean: A preliminary satellite-tracking study. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 96: 257 – 261

Connan M, Mayzaud P, Hobson KA, Weimerskirch H, Cherel Y (2010) Food and feeding ecology of the Tasmanian short-tailed shearwater (*Puffinus tenuirostris*, Temminck): insights from three complementary methods. *Journal of Oceanography, Research and Data* 3: 19 – 32

Constanza R, Arge Raph, Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S, O'Neill R, Paruelo J, Raskin RG, Sutton P, Belt M (1997) The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 153 – 260

Cramp S, Simmons KEL, (1977) Handbook of the birds of Europe the Middle East and North Africa – The Birds of the Western Palearctic. Oxford University Press, Vol I: Ostrich to Ducks: 151 - 155

Cramp S, Simmons KEL, (1983) Handbook of the birds of Europe the Middle East and North Africa – The Birds of the Western Palearctic. Oxford University Press, Vol III: Waders to Gulls: 815-837

Croll DA, Tersby BR Erik JS, Brian F (2008) Pelagic predators. Encyclopedia of Ecology. Academic Press: 121-164

Croxall JP (1987) Seabirds: feeding ecology and role in marine ecosystems. Cambridge University Press: 135 – 173

Cury P, Shannon L, Shin Y (1995) The functioning of marine ecosystems. *CAB International*: 103 – 123

Dale VH, Beyeler SC (2001) Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological Indicators* 1: 3 – 10.

Diamond AW, Devlin CM (2003) Seabirds as indicators of change in marine ecosystems: Ecological monitoring on Machias Seal Island. *Environmental Monitoring and Assessment* 88: 153– 175

Duhem C, Roche P, Vidal E, Tatoni T (2008) Effects of anthropogenic food resources on yellow-legged gull colony size on Mediterranean islands. *Population Ecology* 50: 91 – 100

Duhem C, Vidal E, Legrand J, Tatoni T (2003) Opportunistic feeding responses of the Yellow-legged Gull *Larus michahellis* to accessibility of refuse dumps. *Bird Study* 50: 61 - 67

Durant JM, Hjermmann DO, Frederiksen M, Charrassin JB, Maho YL, Sabarros PS, Crawford RJM, Stenseth NC (2009) Pros and cons of using seabirds as ecological indicators. *Climate research* 39: 115-129

Einoder LD (2009) A review of the use of seabirds as indicators in fisheries and ecosystem management. *Fisheries Research* 95: 6 – 13

Fauchald P (2009) Spatial interaction between seabirds and prey: review and synthesis. *Marine Ecology Progress Series* 391: 139 – 151

Fernández P, Anderson DJ (2000) Nocturnal and diurnal foraging activity of Hawaiian Albatrosses detected with a new immersion monitor. *The Condor* 102: 577–584

Forero MG, Hobson KA (2003) Using stable isotopes of nitrogen and carbon to study seabird ecology: applications in the Mediterranean seabird community. *Scientia Marina* 67: 23 – 32

Fraser WR, Trivelpiece WZ (1996) Factors controlling the distribution of seabirds: Winter-Summer heterogeneity in the distribution of Adélie Penguin populations. *Antartic Research Series* 70: 257 – 272

Fritz H, Said S, Weimerskirch H (2003) Scale-dependt hierarchial adjustments of movement patterns in a long-range foraging seabird. *Proceedings of the Royal Society of London B* 270: 1143 – 1148

Fry B, Wainright SC (1991) Diatom sources of ^{13}C -rich carbon in marine food webs. *Marine Ecology Progress Series* 76: 149 - 157

Furness RW, Camphuysen K (1997) Seabirds as monitors of the marine environment. *Journal of Marine Science* 54: 726– 737

Garthe S, Montevecchi WA, Davoren GK (2011) Inter-annual changes in prey fields trigger different foraging tactics in large marine predator. *Limnology and Oceanography* 56: 802 – 812

Garthe S, Scherp B (2003) Utilization of discards and offal from commercial fisheries by seabirds in the Baltic Sea. *Journal of Marine Science* 60: 980 – 989

Giudici A, Navarro J, Juste C, González-Sólis J (2010) Physiological ecology of breeders and sabbaticals in a pelagic seabird. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 389: 13 – 17

Gregory RD, Strien A (2010) Wild bird indicators: using composite population trends of birds as measures of environmental health. *Ornithological Science* 9: 3 – 22.

Groz MP, Monteiro LR, Pereira JC, Silva AG, Ramos JA (2005) Conservation of *Puffinus* species in the Azores. *Airo* 15: 11 – 17.

Guilford T, Meade J, Willis J, Phillips RA, Boyle D, Roberts S, Collet M, Freeman R, Perrins CM (2009) Migration and stopover in a small pelagic seabird, the Manx shearwater *Puffinus puffinus*: insights from machine learning. *Proceedings of the Royal Society B* 276: 1215– 1223

Harding AMA, Piatt JF, Schmutz JA, Shultz MT, Van Pelt TI, Kettle AB, Speckman SG (2007) Prey density and the behavioural flexibility of a marine predator: The Common Murre (*Uria aalge*). *Ecology* 88: 2024 – 2033

Haynes TB, Nelson K, Padula VM (2011) Dynamics of multi-species feeding associations in marine waters near Juneau, Alaska. *Marine Ornithology* 39: 227 – 234

Hobson KA, Clark RG (1992a) Assessing avian diets using stable isotopes I: turnover of ¹³C in tissues. *The Condor* 94: 181 – 188

Hobson KA, Clark RG (1992b) Assessing avian diets using stable isotopes II: Factors influencing diet-tissue Fractionation. *The Condor* 94: 189 – 197

Hobson KA, Piatt JF, Pitocchell J (1994) Using stable isotopes to determine seabird trophic relationships. *Journal of Animal Ecology* 63: 786 – 798

Iverson SJ, Springer AM, Kitaysky AS (2007) Seabirds as indicators of food Web structure and ecosystem variability: qualitative and quantitative diet analyses using fatty acids. *Marine Ecology Progress Series* 352: 235-244

Koskimies P (1989) Birds as a tool in environmental monitoring. *Annales Zoologici Fennici* 26: 153 – 166

Landres PB, Verner J, Thomas JW (1988) Ecological uses of vertebrate indicator species: a critique. *Conservation Biology* 2: 1 – 13

Le Corre M, Jaeger A, Pinet P, Kappes MA, Weimerskirch H, Catry T, Ramos JA, Russell JC, Shah N, Jaquemet S (2012) Tracking seabirds to identify potential Marine Protected Areas in the tropical western Indian Ocean. *Biological Conservation*. In press

Lee DS (1988) The Little Shearwater (*Puffinus assimilis*) in the western North Atlantic. *Seabird Ecology* 42: 213-220

Leitão N, Carvalho L (2005) A noção estratégica das ilhas Selvagens. *GeoINova*, 11: 267 – 283

Likens G (1992) An ecosystem approach: its use and abuse. Excellence in Ecology. Ecology Institute Oldendorf/Luhe, Germany, Book 3.

Maciusik B, Lenda M, Skórka P (2010) Corridors, local food resources, and climatic condition affect the utilization of the urban environment by the Black-Headed Gull *Larus ridibundus* in winter. *Ecological Research* 25: 263 - 272

Mallory ML, Robinson SA, Hebert CE, Forbes MR (2010) Seabirds as indicators of aquatic ecosystem conditions: A case for gathering multiple proxies of seabird health. *Marine Pollution Bulletin* 60: 7 – 12

Mañosa S, Oro D, Ruiz X (2004) Activity patterns and foraging behavior of Audouin's gulls in the Ebro Delta, NW Mediterranean. *Scientia Marina* 68: 605 – 614

Mardon J, Nesterova AP, Traugott, Saunders SM, Bonadonna F (2010) Insight of scent: experimental evidence of olfactory capabilities in the wandering albatross (*Diomedea exulans*). *The Journal of Experimental Biology* 213: 558-563

Martinez-Abraín A, Oro D, Carda J, Señor XD (2002) Movements of Yellow-legged gulls *Larus(cachinnans) michahellis* from two small western Mediterranean colonies. *Atlantic Seabirds* 4: 101 - 108

Masello JF, Mundry R, Poisbleau M, Demongin L, Voigt C, Wikelski M, Quilfeldt P (2010) Diving seabirds share foraging space and time within and among species. *Ecosphere* 1: 1 - 28

Matias R, Catry P (2010) The diet of Atlantic Yellow-legged Gulls (*Larus michahellis atlantis*) at an oceanic seabird colony: estimating predatory impact upon breeding petrels. *European Journal of Wildlife Research* 56: 861-869

Monteiro LR, Ramos JA, Furness RW (1996) Past and Present Status and Conservations of the Seabirds in the Azores Archipelago. *Biological Conservation* 78: 319 – 328

Monteiro LR, Ramos JA, Furness RW, Nevo AJ (1996) Movements, Morphology, Breeding, Molt, Diet and Feeding of Seabirds in the Azores. *Colonial Waterbirds* 19: 82 – 97

Montevecchi WA, Myers RA (1996) Dietary changes of seabirds indicate shifts in pelagic food webs. *Sarsia* 80: 313 – 322

Monticelli D, Ramos JA, Quartly GD (2007) Effects of annual changes in primary productivity and ocean indices on the breeding performance of tropical roseate terns in the western Indian Ocean. *Marine Ecology Progress Series* 351: 273-286

Morais L, Casanova A (2008) Roof-nesting Yellow-legged Gulls (*Larus michahellis*) in the town of Peniche, Portugal. *Airo* 18: 29-33.

Moreno R, Jover L, Munilla I, Velando A, Sanpera C (2019) A three-isotope approach to disentangling the diet of a generalist consumer: the yellow-legged gull in northwest Spain. *Marine Biology* 157: 545 – 553

Mullarney K, Svensson L, Zetterström, Grant PJ (2003) Guia de aves – Guia de campo das aves de Portugal e da Europa. Assírio e Alvim. Lisboa: 168-183

Navarro J, González-Sólis J (2007) Experimental increase of flying costs in a pelagic seabird: effects on foraging strategies, nutritional state and chick condition. *Oecologia* 151: 150 – 160

Neves VC, Bied J, González –Sólis, Roscales JL, Clarke MR (2012) Feeding ecology and movements of the Macaronesian shearwater *Puffinus baroli baroli* in the Azores, NE Atlantic. *Marine ecology Progress Series* (In press)

Nevitt GA (2000) Olfactory Foraging by Antarctic Procellariiform Seabirds: Life at High Reynolds Numbers. *Biological Bulletin* 198: 245 – 253

Nevitt GA, Bonadonna F (2005) Sensitivity to dimethyl sulphide suggests a mechanism for olfactory navigation by seabirds. *Biology Letters* 1: 303–305

Niemi GJ, McDonald ME (2004) Application of Ecological Indicators. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 35:89 – 111

Nogales M, Zonfrillo B, Monaghan P (1995) Diets of adult and chick Herring Gulls *Larus argentatus argenteus* on Ailsa Craig south-west Scotland. *Seabird* 17: 56 – 63.

Ogden LJE, Hobson KA, Lank DB (2004) Blood Isotopic ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$) Turnover and Diet-Tissue Fractionation Factors in Captive Dunlin (*Calidris alpina pacifica*). *The Auk* 121: 170 – 177

Oro D, Martínez-Abraín A (2007) Deconstructing myths on large gulls and their impact on threatened sympatric waterbirds. *Animal Conservation* 10: 117 – 126

Ouarab S, Voisin JF, Thevenot M, Doumandji S (2009) Numbers and phenology of the Yellow-legged Gull *Larus michahellis* in the wetland of Réghaïa. *Journal of Cell and Animal Biology* 3: 231-238.

Paiva VH, Geraldés P, Ramírez I, Garthe S, Ramos JA (2010a) How area restricted search of a pelagic seabird changes while performing a dual foraging strategy. *Oikos* 119: 1423 – 1434

Paiva VH, Guilfordt T, Meade J, Geraldés P, Ramos JA, Garthe S (2010b) Flight dynamics of Cory's shearwater foraging in a coastal environment. *Zoology* 113: 47– 56

Paiva VH, Geraldés P, Ramírez I, Meirinho A, Garthe S, Ramos JA (2010c) Foraging plasticity in a pelagic seabird species along a marine productivity gradient. *Marine Ecology Progress Series* 398: 259 – 274

Piatt JF, Sydeman WJ, Wiese F (2007) Introduction: a modern role for seabirds as indicators. *Marine Ecology Progress Series* 352: 199 – 204

Pierotti R, Annett C A (1987) Reproductive consequences of dietary specialization and switching in an ecological generalist. *Foraging behavior*: 417-442

Poot M (2003) Offshore foraging of Mediterranean gulls *Larus Melanocephalus* in Portugal during the winter. *Atlantic Seabirds* 5: 1 – 12

Priddel D, Hutton I, Carlile N, Bester A (2003) Little Shearwaters, *Puffinus assimilis assimilis*, breeding on Lord Howe Island. *Emu* 103: 67-70

Queiroga H, Leão F, & Coutinho M (2008) “Candidatura das Berlengas a Reserva da Biosfera da UNESCO”, Versão para Consulta Pública, Instituto do Ambiente e Desenvolvimento, 38-83

Quillfeldt P, Bugoni L, McGill RAR, Masello JF, Furness RW (2008) Differences in stable isotopes in blood and feathers of seabirds are consistent across species, age and latitude: implications for food webs studies. *Marine Biology* 155: 593 – 598

Quillfeldt P, Masello JF, McGill R, Adams M, Furness RW (2010a) Moving polewards in winter: a recent change in the migratory strategy of a pelagic seabird? *Frontiers in Zoology* 7: 1-11

Quillfeldt P, McGill RAR, Furness RW (2005) Diet and foraging areas of Southern Ocean seabirds and their prey inferred from stable isotopes: review and case study of Wilson's storm-petrel. *Marine Ecology Progress Series* 295: 295–304

Quillfeldt P, Voigt CC, Masello JF (2010b) Plasticity versus repeatability in seabirds migratory behavior. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 64:1157 – 1164

Ramírez F, Hobson KA, Wangsteen OS, Genovart M, Viscor G, Sanpera C, Jover L (2010) A physiological marker for quantifying differential reproductive investment between the sexes in Yellow-legged gulls (*Larus michahellis*). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 392: 48 - 52

Ramírez I, Geraldés P, Meirinho A, Amorim P, Paiva V (2008) Áreas Marinhas Importantes para as Aves em Portugal. Projecto LIFE04NAT/PT/000213 – Sociedade Portuguesa Para o Estudo das Aves.

Ramos JA, Maul AM, Ayrton V, Bullock I, Hunter J, Bowler J, Castle G, Mileto R, Pacheco C (2002). The influence of local and large scale weather events and timing of breeding on tropical Roseate Tern reproductive parameters. *Marine Ecology Progress Series* 243: 271-279.

Ramos R, Ramirez F, Sanpera C, Jover L, Ruiz X (2009a) Diet of Yellow-legged Gull (*Larus michahellis*) chicks along the Spanish Western Mediterranean coast: the relevance of refuse dumps. *Journal of Ornithology* 150: 265-272.

- Ramos R, Ramírez F, Sanpera C, Jover L, Ruiz X (2009b) Feeding ecology of yellow-legged gulls *Larus michahellis* in the western Mediterranean: a comparative assessment using conventional and isotopic methods. *Marine Ecology Progress Series* 377:289 - 297
- Rubenstein DR, Hobson KA (2004) From birds to butterflies: animal movement patterns and stable isotopes. *Trends in Ecology and Evolution* 19: 253 – 263
- Schwemmer P, Garthe S (2008) Regular habitat switch as an important feeding strategy of an opportunistic seabird species at the interface between land and sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 77: 12 - 22
- Schreiber EA, Burger J (2001) *Biology of Marine Birds*. CRC Press. Florida: 137 – 178
- Serrano IL, Azevedo-Júnior SM (2005) Dietas das aves marinhas no Parque Nacional dos Abrolhos, Bahia, Brasil. *Ornithologia* 1:75-92
- Skórka P, Wójcik JD (2008) Habitat utilization, feeding tactics and age related feeding efficiency in the Caspian Gull *Larus cachinnans*. *Journal of Ornithology* 149: 31 - 39
- Skórka P, Wójcik JD, Martyca R (2005) Colonization and population growth of Yellow-legged Gull *Larus cachinnans* in southeastern Poland: causes and influence on native species. *Ibis* 147: 471 – 482.
- Sol D, Arcos JM, Senar JC (1995) The influence of refuse tips on the winter distribution of Yellow-legged Gull *Larus cachinnans*. *Bird Study* 42: 216 – 221
- Suryan RM, Irons DB, Kaufman M, Benson J, Jodice PGR, Roby DD, Brown ED (2002) Short-term fluctuations in forage fish availability and the effect on prey selection and brood-rearing in the black-legged kittiwake *Rissa tridactyla*. *Marine Ecology Progress Series* 236: 273 - 287
- Tansley, AG (1935) The use and abuse of vegetational concepts and terms. *Ecology* 16: 284 – 307

Velasco T, Acha A, Marchamalo J (1999) Nidificación de la Gaivota Patiamarilla *Larus michahellis* en España Central. *Butll. GCA* 16: 41 – 46

Weimerskirch H, Ancel A, Caloin M, Zahariev A, Spagiari J, Kersten M, Chastel O (2003) Foraging efficiency and adjustment of energy expenditure in a pelagic seabird provisioning its chick. *Journal of Animal Ecology* 72: 500 – 508

Weiser, EL (2010) Use of anthropogenic foods by Glaucous Gulls (*Larus Hyperboreus*) in Northern Alaska. In Master thesis, Faculty of the University of Alaska Fairbanks: 7 - 43

Weiser EL, Powell AN (2010) Does garbage in the diet improve reproductive output of Glaucous Gulls? *The Condor* 112: 530 - 538

Williams CT, Buck CL, Sears J, Kitaysky AS (2007) Effects of nutritional restriction on nitrogen and carbon stable isotopes in growing seabirds. *Oecologia* 153: 11 – 18

Referências online:

BirdLife International (2011) Species factsheet: *Larus michahellis*. Download de <http://www.birdlife.org> em 24/05/2011

“A Ciência será sempre uma busca e jamais uma descoberta”

Karl Popper