



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAGLIARI

FACOLTÀ DI BIOLOGIA E FARMACIA

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN BIOECOLOGIA MARINA

DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA VITA E DELL' AMBIENTE

Incidenza di variabili ambientali ed effetto dell'esperienza nel comportamento della Berta maggiore, *Calonectris borealis*, durante le cure parentali sull'isola di Berlenga (Portogallo)

Relatore:

Prof.ssa A. M. Deiana

Relatore esterno:

Nuno Oliveira

Tesi di Laurea di:

Irene Tolu

Anno Accademico 2014-2015



*Alle adorate "cagarras".*

## RINGRAZIAMENTI

Questo lavoro non sarebbe stato possibile senza l'appoggio, l'aiuto e la disponibilità di tante persone, alle quali porgo il mio più sincero e riconoscente *grazie!*

In particolar modo:

ad Alessandro Marraccini, straordinario fisico e oceanografo. Solo grazie al suo sostegno, al supporto tecnico-statistico e al fondamentale aiuto durante l'analisi dei dati, questa tesi ha potuto vedere la luce.

Alla Dott.sa Carla Zucca e al Dott. Sergio Nissardi per la loro grande disponibilità e per la tempestività nel darmi utili consigli anche all'ultimo momento.

A Vítor Paiva, per le sue preziose idee e suggerimenti che hanno portato allo sviluppo di questa tesi.

Al Prof. Cau, per avermi incoraggiato a seguire le mie passioni.

A tutti i volontari della SPEA, soprattutto ad Ana Santos, Bella Rodrigues, Beta Silva, Catarina Galego, Claudia Pich, Inês Ferreira, Isabelle Bellier, Iván Gutiérrez, Margarida Monteiro, Marta Catita, Max Hoppe, Nuno Santos, Sara Soares, Toni Mullet e alle "non-volontarie" Isabel Fagundes e Ana Meirinho per il loro grande aiuto durante il lavoro di campo e la buona compagnia in quel di Berlenga; senza di loro la raccolta dei dati non sarebbe stata umanamente possibile.

Alla SPEA per avermi fatto sentire parte di una squadra dove ogni contributo è considerato di fondamentale importanza; in particolare a Nuno Oliveira per avermi spinto a mettere alla prova le mie capacità, lasciandomi molta libertà e insegnandomi così a strutturare da zero un lavoro di ricerca.

# INDICE

INTRODUZIONE	6
1. INQUADRAMENTO GENERALE DELLA SPECIE	
1.1. Biologia	8
1.1.1. Inquadramento sistematico	8
1.1.2. Distribuzione e abbondanza	8
1.1.3. Caratteristiche morfologiche e biometriche	9
1.1.4. Ecologia e biologia riproduttiva	10
1.2. Stato di conservazione e principali minacce	12
2. OBIETTIVI DELLO STUDIO	14
3. MATERIALI E METODI	
3.1. Area di studio	15
3.2. Metodo di studio e monitoraggio	17
3.3. Analisi dei dati	21
4. RISULTATI E DISCUSSIONE	
4.1. Successo riproduttivo	23
4.2. Biometrie	24
4.3. Variabili ambientali	27
5. CONCLUSIONI	33
BIBLIOGRAFIA	35

## INTRODUZIONE

Nei vertebrati, e in particolare negli uccelli, si ritiene che l'esperienza sia un fattore determinante nella scelta della migliore strategia per il successo riproduttivo e per le capacità di sopravvivenza (Haug *et al.* 2015).

Alcuni studi hanno evidenziato come con l'aumentare dell'età gli individui acquisiscano maggiore esperienza (Zimmer *et al.* 2011) migliorando le loro capacità nella ricerca del cibo (Péron and Grémillet 2013; Gutowsky *et al.* 2014) o modificando la loro *performance* riproduttiva (Daunt *et al.* 2007) e il loro comportamento migratorio. Altri studi si sono focalizzati sul mostrare la differenza tra individui giovani e vecchi di una stessa specie (Mougin 2000; Catry *et al.* 2006; Geslin *et al.*; 2004; Haug *et al.* 2014), differenze che potrebbero dipendere da una maggiore conoscenza ed esperienza acquisita durante gli anni, portando gli individui più vecchi a scegliere per la migliore strategia (Catry *et al.* 2011) o potrebbero essere mascherate dalla variabilità ambientale (Laaksonen *et al.* 2002). Infatti, è stato riscontrato che esiste una interazione tra esperienza e condizioni ambientali (Sydeman *et al.* 1991; Pardo *et al.* 2013). Eppure è ancora ignoto se questi modelli comportamentali sono influenzati da caratteristiche oceaniche, caratteristiche determinabili attraverso indici di produttività marina primaria, come la concentrazione di Clorofilla-a [Chl-a] e la Temperatura Superficiale del Mare [SST]. Diversi autori hanno mostrato che i luoghi di foraggiamento degli uccelli marini sono significativamente associati ad elevate concentrazioni di Chl-a (Louzão *et al.* 2006; Magalhães *et al.* 2008; Navarro and González-Solis. 2009; Paiva *et al.* 2010) ed a basse temperature della superficie del mare, che porterebbero a un aumento complessivo dell'abbondanza e della disponibilità di una varietà di organismi marini nei diversi livelli della catena alimentare (Mann & Lazier 2006).

Inoltre, fortemente associata all'alta produttività oceanica è la concentrazione di dimetil-solfuro (DMS), un composto prodotto dalla decomposizione metabolica del dimetilsolfoniopropionato (DMSP), prodotto durante il consumo di fitoplancton da parte dello zooplancton. Gli uccelli pelagici usano il DMS come indizio olfattivo per la localizzazione delle aree di foraggiamento (Nevitt *et al.* 1995; Dell'Araccia *et al.* 2014).

Tuttavia, in quanto predatori al vertice della catena alimentare, gli uccelli marini si nutrono a due o più livelli trofici superiori rispetto alle indicazioni date da Chl-a e SST.

Da un punto di vista teorico entrambe le fonti di variabilità, ambientale e dovuta all'esperienza, dovrebbero essere prese in considerazione simultaneamente in modo da stimare appropriatamente i cambiamenti correlati all'età come una funzione delle condizioni ambientali (Pardo *et al.* 2013). Ciò risulta essere particolarmente rilevante per organismi longevi, come i Procellariiformes, ordine a cui appartengono gli uccelli più longevi (Bried *et al.* 2003), la Berta maggiore *Calonectris borealis* ha infatti un'aspettativa di vita di più di 30 anni (Navarro & González-Solis 2009).

È una delle specie di uccelli marini atlantici più rappresentative, con una popolazione stimata intorno ai 500 mila individui (BirdLife International, 2015).

La loro strategia di volo e le loro rotte migratorie sono ben documentate (Gonzalez-Solis *et al.* 2007; González-Solis *et al.* 2009; Paiva *et al.* 2010), ma le informazioni riguardanti il comportamento durante l'alimentazione provengono prevalentemente da studi effettuati durante il periodo di riproduzione (Catry *et al.* 2006; Catry *et al.* 2009; Granadeiro *et al.* 1998a; Granadeiro *et al.* 1998a; Granadeiro *et al.* 1998b; Magalhães *et al.* 2008; Mougin *et al.* 2002; Navarro and González-Solis 2009; Navarro *et al.* 2007). Infatti, questa specie è considerata una specie ombrello dato che la profonda conoscenza della sua *life-history* ha portato alla creazione di IBAS marine (Aree Importanti per gli Uccelli) in Portogallo (Ramírez *et al.* 2008) e in Spagna (Arcos *et al.* 2009).

L'arcipelago delle Berlengas è l'unica area di nidificazione della Berta maggiore presente nel Portogallo continentale, ed è qui che ha avuto luogo la raccolta dei dati. Lo studio è stato portato avanti all'interno del progetto Life + Berlengas (LIFE13 NAT/PT/000458) coordinato dalla SPEA – Società Portoghese per lo Studio dell'Avifauna, che ha come obiettivo principale quello di riportare l'ecosistema di questa Riserva Naturale quanto più vicino allo stato originale, in modo da recuperare le condizioni ideali per le specie autoctone e nidificanti nella Zona di Protezione Speciale (ZPS).

# 1. INQUADRAMENTO GENERALE DELLA SPECIE *Calonectris borealis*

## 1.1. Biologia

### 1.1.1. Inquadramento sistematico

La Berta maggiore che nidifica nell' Atlantico Nord, *Calonectris borealis* (Cory 1881) fino a poco tempo fa era considerata una unica specie insieme alla sottospecie nidificante nel Mediterraneo, *Calonectris diomedea diomedea* e alla capoverdiana *Calonectris diomedea edwardsii* ; recentemente sono state invece separate in tre specie differenti: per prima la Berta endemica di Capo Verde passò ad essere *C. edwardsii* (Gómez-Días *et al.* 2006), e solo l'anno passato *C. borealis* e *C. diomedea* passarono ad essere specie distinte (Hoyo e Collar 2014).

Questi uccelli fanno parte dei Procellariiformes, ordine che comprende la maggior parte degli uccelli ben adattati alla vita pelagica , con una distribuzione cosmopolita su tutti gli oceani del pianeta.

La Berta maggiore rappresenta il più grande esponente della famiglia dei Procellariidae che nidifica nell'Atlantico nord.



**Regno** Animalia  
**Phylum** Chordata  
**Subphylum** Vertebrata  
**Superclasse** Tetrapoda  
**Classe** Aves  
**Ordine** Procellariiformes  
**Famiglia** Procellariidae  
**Genere** *Calonectris*  
**Specie** *Calonectris borealis*

FIGURA1: BERTA MAGGIORE - ATLAS DAS AVES MARINHAS DE PORTUGAL

### 1.1.2. Distribuzione e abbondanza

Più dell'85% della popolazione mondiale di questa specie nidifica in Portogallo nell'arcipelago delle Azzorre, di Madeira e di Berlenga, il restante 15% nidifica nelle isole Canarie (Granadeiro *et al.* 2006). La popolazione trascorre la stagione non riproduttiva viaggiando per i loro luoghi di svernamento situati



soprattutto nell'Atlantico sud, lungo le coste dell'America del sud e lungo le coste meridionali del continente africano; alcuni individui permangono nell'Atlantico nord mentre altri si spingono fino all'Oceano Indiano sulle coste del Mozambico (Dias *et al.* 2011). La popolazione europea viene stimata intorno alle 252.000-253.000 coppie riproduttrici, che corrispondono a 504.000-507.000 individui maturi (BirdLife International 2015).

### 1.1.3. Caratteristiche morfologiche e biometriche

Una delle caratteristiche più particolari dei Procellariiformi è il lungo becco adunco con narici esterne tubulari. Queste narici tubulari sembrano essere correlate ad un marcato sviluppo del senso dell'olfatto, che viene utilizzato nella ricerca di cibo in alto mare e per localizzare il proprio nido anche in completa oscurità (del Hoyo *et al.* 1992).

Questo procellaride dell'Atlantico è identificabile per la sua dimensione, lungo dai 45 ai 56 cm, ha ali strette e allungate con un'apertura alare di circa 112-126 cm, dimensioni che risultano essere leggermente maggiori rispetto alla "sorella" mediterranea. La testa è ricoperta da un piumaggio grigio chiaro, mentre il piumaggio del dorso è bruno-grigio e quello di collo e ventre bianco. Il becco è tendenzialmente giallo e le zampe palmate rosate. Il pulcino appena nato è ricoperto da un morbido e folto piumino grigio, con becco di colore scuro. Al momento dell'involo tutti i giovani presentano un piumaggio indistinguibile da quello degli adulti (del Hoyo *et al.* 1992).

Come molti altri Procellariiformes, anche la Berta maggiore non mostra dimorfismo sessuale marcato in caratteri come il piumaggio; esistono però differenze consistenti nelle misure biometriche tra maschio e femmina dove, nei valori medi, il maschio risulta essere più grande della femmina. La misura discriminante è il becco, ragionevolmente di più grandi dimensioni nel maschio rispetto alla femmina (Granadeiro 1993). Ciò che con grande sicurezza ci permette di distinguere il sesso in questi animali, senza bisogno di effettuare misurazioni, è il suono da essi prodotto (Thibault *et al.* 1997), grave e rauco della femmina e acuto del maschio.

#### 1.1.4. Ecologia e biologia riproduttiva

La Berta maggiore è un uccello migratore che sverna dell'oceano Atlantico. Si avvistano in tutta la Zona Economica Esclusiva (ZEE) del Portogallo.

Come tutti gli esponenti dell'ordine dei Procellariiformes passano la maggior parte del tempo in mare, volando sopra l'oceano aperto, anche se battuto spesso da forti venti; il termine "*procella*" deriva infatti dal latino e ha il significato di *tempesta*. Tornando a terra solo per riprodursi e per deporre l'uovo. Scelgono preferibilmente di costruire il nido su isole e isolotti brulli, su scogliere all'interno di cavità o fenditure nella roccia; talvolta in piccole grotte; possono anche decidere di posare l'uovo sul terreno protetto da vegetazione o radici; altri scelgono di fare il nido all'interno di buchi nel terreno, simili a tane di coniglio selvatico; accettano volentieri di nidificare in strutture artificiali.

La loro stagione riproduttiva si estende da inizio marzo a fine ottobre (Granadeiro 1991). Passano i primi anni di vita quasi esclusivamente in alto mare; fanno ritorno alla colonia dove sono nati, per la prima volta da quando l'hanno lasciata, all'incirca a 3-4 anni di età, ma è solo a circa 9 anni di età che iniziano a riprodursi (Mougin 2000). Questo lungo periodo di immaturità suggerisce che le competenze di foraggiamento che questi uccelli marini devono ottenere, prima di riprodursi e allevare una prole, sono molto complesse da ottenere (Zimmer *et al.* 2011).

A partire dalla fine di febbraio, inizio di marzo, i primi esemplari riproduttori cominciano a tornare alla colonia dimostrando grande fedeltà al nido e al partner che di anno in anno rimangono gli stessi (Thibault 1994).

Il periodo di copula, o di pre-deposizione, compreso tra la data di arrivo alla colonia e di deposizione, dura approssimativamente 90 giorni, termina tra la fine del mese di maggio e l'inizio di giugno quando l'uovo viene deposto (Mougin *et al.* 2000). Questo è un momento cruciale, infatti entrambi i partner devono alimentarsi per recuperare le energie usate durante la migrazione.

La femmina deve guadagnare energie sufficienti per produrre l'uovo; questa infatti, una volta avvenuta la copula, rimane assente dalla colonia per un periodo di circa 20 giorni proprio per alimentarsi a sufficienza (Granadeiro *et al.* 1998b; Jouanin *et al.* 2001) per deporre un unico grande uovo, che può anche raggiungere dimensioni pari

al 29% della massa corporea della femmina (Brooke 2004), senza possibilità di una seconda deposizione in caso di perdita accidentale o rottura dell'uovo (Cramp & Simmons 1977).

Il maschio invece, durante il periodo di pre-deposizione, passa molto tempo a difendere il nido da possibili intrusi (Ramos *et al.* 1997). Infatti essendo una specie gregaria, le colonie di nidificazione risultano essere densamente popolate, con nidi molto vicini tra loro, questo porta a lotte, spesso violente, tra maschi durante quest'epoca. A causa di queste lotte gli individui più giovani e inesperti, spesso perdono il luogo prescelto per deporre l'uovo e sono così più suscettibili a fallire nella riproduzione (Mougin *et al.* 2002).

L'uovo si schiude di norma nella seconda metà di luglio, dopo un periodo di 54 giorni, di media (Granadeiro 1991; Granadeiro *et al.* 2000), durante il quale entrambi i genitori partecipano alla cova alternandosi (Mougin & Jouanin 1997). Il pulcino passa il suo primo periodo di vita, più o meno 9 giorni, sempre in compagnia di almeno uno dei genitori "Brooding period"; terminato questo verrà lasciato da nel nido durante il giorno e alimentato durante la notte. Il loro completo accrescimento avviene in circa 90 giorni. Nella seconda metà di ottobre la maggior parte dei pulcini lascia il nido per la prima volta (Granadeiro 1991).

La berta maggiore è un predatore generalista, si alimenta principalmente di piccoli pesci (e.g. *Capros aper*, *Macrorharnphosus sp.*, *Sardina pilchardus*, *Scomber sp.*), calamari e piccoli crostacei che cattura dalla superficie o tuffandosi nell'acqua a un paio di metri di profondità (Granadeiro *et al.* 1998b). Sono capaci di percorrere grandi distanze in cerca di cibo, percorrendo anche più di 1000 km dalla colonia di nidificazione (Mougin & Jouanin 1997; Navarro & González-Solís 2009) in base alla disponibilità di cibo. Anche l'alimentazione del *pullus* può essere molto variabile in base alla disponibilità del cibo (Hamer *et al.* 1999), i genitori possono, infatti, visitare il nido meno frequentemente quando le condizioni non sono favorevoli .

## 1.2. Stato di conservazione e principali minacce

Secondo le Liste Rosse Europee degli Uccelli (BirdLife International 2015) l'andamento della popolazione di *C. borealis* è difficile da stimare e non è precisamente noto; nonostante sembri essere in declino, non è comunque sufficientemente rapido per poter rientrare nei criteri della categoria Vulnerabile (>30% in calo nell'arco di dieci anni o tre generazioni) delle Liste Rosse definite dall'Unione Internazionale per la Conservazione della Natura (IUCN). Inoltre, sia l'areale della specie (maggiore di 20.000 km<sup>2</sup>), sia la dimensione della sua popolazione (con più di 10.000 individui maturi) vengono stimati sufficientemente grandi per rientrare nella categoria Rischio Minimo (*Least Concern*). Inoltre la Berta maggiore è inserita nell'allegato I della Direttiva Comunitaria Uccelli del 1979 (79/409/CEE) come specie per cui sono necessari particolari interventi per la tutela degli habitat. Ed è presente nell'allegato II "*Specie di fauna rigorosamente protette*" della Convenzione di Berna (1979).

Le principali minacce a questa specie sono considerate quelle di tipo antropico sia nelle aree costiere che in mare. La presenza di predatori come ratti, gatti o altri mammiferi introdotti nelle aree di nidificazione di questi uccelli, rappresenta una possibile fonte di disturbo (Hervías *et al.* 2013), in quanto sono capaci di predare le uova o i pulcini. Studi effettuati in altre colonie di riproduzione, dove sono state contrastate efficacemente le azioni negative degli animali introdotti si è registrato uno spiccato aumento del successo riproduttivo della specie (Igual *et al.* 2006; Zino *et al.* 2008). In mare, le catture accidentali con alcuni attrezzi da pesca (come ad esempio il palamito) costituiscono una pericolosa minaccia per questi animali in quanto contribuiscono a una diminuzione della probabilità di sopravvivenza degli adulti durante la stagione riproduttiva (Ramos *et al.* 2012). In Spagna è la principale vittima, tra le specie di uccelli marini, delle catture accidentali (*bycatch*) su palamito nel Mediterraneo occidentale (Báez *et al.* 2014).

Per queste ragioni è di estrema importanza comprendere le dinamiche comportamentali, le rotte migratorie, i movimenti e la distribuzione di una specie marina come la Berta maggiore, sia per poter applicare misure di conservazione che evitino o minimizzino la sua esposizione all'impatto antropico (Ramos *et al.* 2012), sia

perché lo studio della Berta può fornire utili informazioni riguardo l'abbondanza e la distribuzione di popolazioni di piccoli pesci pelagici (Granadeiro 1998b).

## 2. OBIETTIVI DELLO STUDIO

Il presente studio si pone come scopo quello di verificare l'esistenza di un effetto dell'esperienza, acquisita col tempo, nelle cure parentali di un procellaride quale la Berta maggiore atlantica, il più grande esponente di questa famiglia che nidifica nell'Atlantico nord, una specie estremamente longeva che presenta forte filopatria natale e fedeltà al compagno. Ogni anno le stesse coppie tendono a riformarsi e a occupare lo stesso nido. Per questo motivo è stato possibile suddividere il campione oggetto di studio in tre gruppi: uno formato da coppie "anziane" e uno formato da "giovani" coppie, ed un ulteriore gruppo formato da individui "misti".

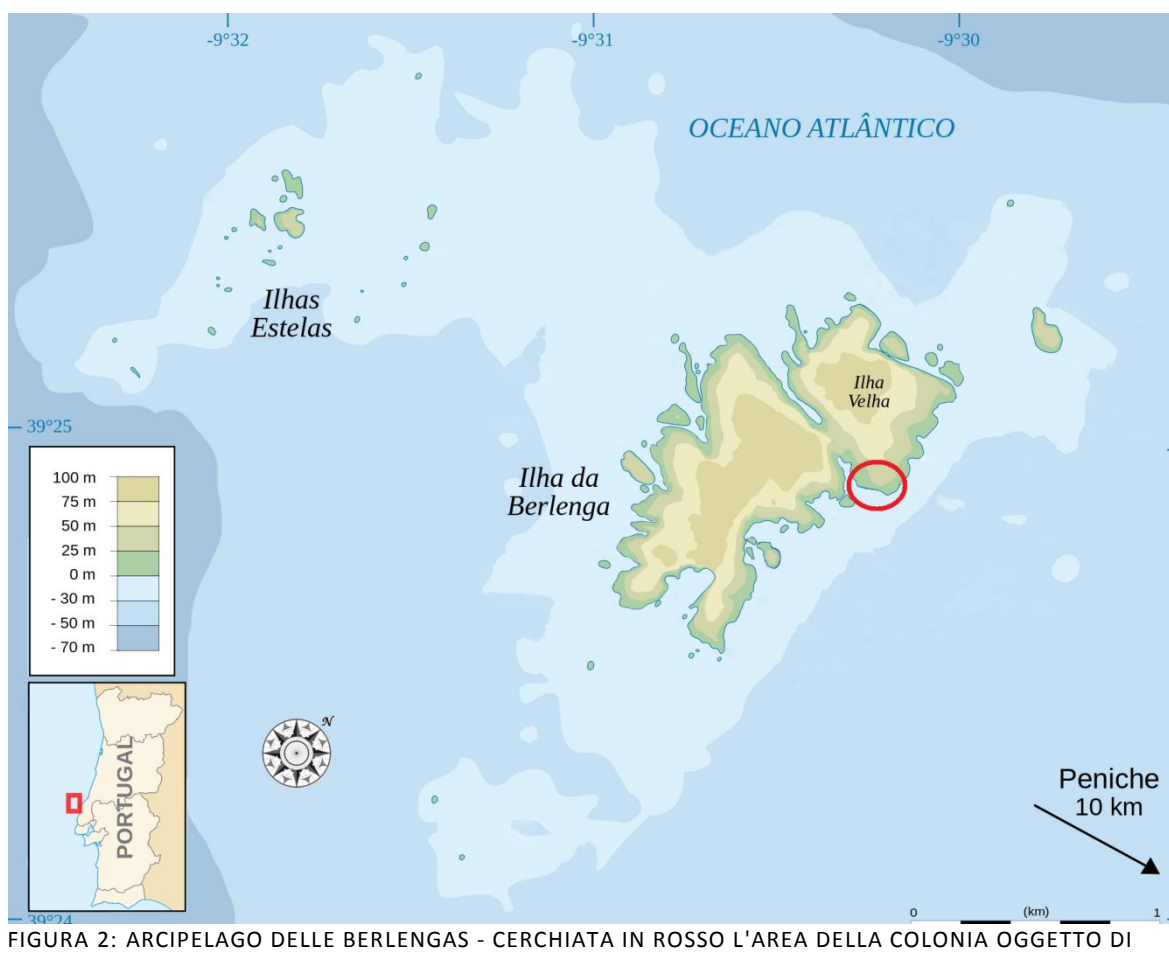
Inoltre mira a verificare l'influenza delle variabili ambientali intorno all'area di studio sul comportamento degli adulti durante la fase di accrescimento dei piccoli. Infatti, variabili come la concentrazione di Clorofilla-*a* e Temperatura Superficiale del mare hanno, presumibilmente, un effetto positivo sull'abbondanza di piccoli pesci pelagici (clupeidi ad esempio, animali che si alimentano alla base della catena alimentare) prede favorite dalla Berta maggiore.

Gli obiettivi di questo studio sono quindi : **i)** verificare l'esistenza di una differenza nelle cure parentali tra coppie di esemplari giovani e coppie di esemplari più anziani della Berta maggiore ovvero l'esistenza di una differenza nei modi e tempi di alimentazione dei pulcini in base all'esperienza; **ii)** quindi verificare l'esistenza di una differenza nella velocità di sviluppo (in termini di peso, lunghezza del tarso e dell'ala) tra pulcini di coppie giovani e "inesperte" e coppie anziane ed "esperte"; **iii)** valutare in che modo le variabili ambientali (Chl-*a* e SST) influenzano il comportamento degli adulti nella ricerca di cibo per alimentare il pulcino.

### 3. MATERIALI E METODI

#### 3.1. Area di studio

L'arcipelago delle Berlengas è formato da tre gruppi di isole granitiche, Berlenga, Estelas e Farilhões, localizzate a circa 5,7 miglia a largo della costa continentale portoghese. L'arcipelago costituisce una Riserva Naturale, classificata come Zona di Protezione Speciale (ZPS; Direttiva 2009/147/CE) per gli uccelli e come Area Importante per gli Uccelli (IBA; Ramírez *et al.* 2008).



La flora della Berlenga contiene più di un centinaio di specie, tutte a portamento erbaceo o arbustivo. Di particolare importanza si ritrovano, tra i tanti endemismi botanici portoghesi e iberici, tre endemismi dell'arcipelago come la *Armeria berlengensis*, *Herniaria berlengiana* e la *Pulicaria microcephala*, pericolosamente minacciate dalla presenza di una specie aliena e invasiva quale il Fico degli ottentotti

*Carpobrotus edulis*. Per quanto riguarda l'erpetofauna sono presenti due specie di rettili quali la Lucertola delle Berlengas, *Podarcis carbonelli berlengensis* e la Lucertola ocellata *Lacerta lepida*.

Tra i mammiferi sono presenti il Ratto nero *Rattus rattus* e il Coniglio selvatico europeo *Oryctolagus cuniculus*, due specie introdotte dall'uomo che costituiscono una tra le più grandi minacce per la flora e la fauna nativa.

Tra le specie di uccelli marini nidificanti sull'arcipelago, oltre la Berta maggiore, importanti da ricordare sono anche il Gabbiano reale, *Larus michahellis*, lo Zafferano, *Larus fuscus*, e il Marangone dal ciuffo, *Phalacrocorax aristotelis*, che presentano popolazioni molto numerose.

Attualmente questo arcipelago ospita circa 850 coppie di Berta maggiore, 300 delle quali nidificano sull'isola di Berlenga (Lecoq *et al.* 2010).

Questo studio è stato condotto durante stagione riproduttiva 2015. La colonia di studio si trova sull'isola principale dell'arcipelago (39.413611N, 9.508056W) ed è denominata "Melreu" (cerchiata in rosso nella figura 2) ed è esposta a est nella parte dell'isola chiamata "Isola vecchia", dove sono presenti un gran numero di nidi sia naturali (~30) che artificiali (~120), nei quali nidificano approssimativamente 130 coppie di Berta maggiore.

I nidi artificiali costruiti, nel corso degli anni, con l'obbiettivo di migliorare le condizioni di nidificazione di questo animale in un habitat dove la mancanza di cavità naturali era tra i fattori limitanti per la crescita della popolazione. La maggior parte degli esemplari di questa colonia è stata inanellata negli anni precedenti o nel 2015 durante le visite di monitoraggio per questo studio.



### 3.2. Metodo di studio e monitoraggio

Il lavoro di campo, per la raccolta dei dati necessari, è stato svolto durante il periodo riproduttivo della Berta maggiore, da giugno a ottobre 2015. Nella prima settimana di giugno ogni nido, all'interno nella colonia, è stato monitorato ed è stata registrata la presenza dell' uovo ai fini di determinare il successo riproduttivo.

A partire dal 21 luglio sono state effettuate visite quotidiane ad ogni nido in cui era stata osservata la presenza dell' uovo covato dai genitori, per registrare i seguenti dati:

- Verificare lo stato dell'uovo (intero, schiuso, abbandonato, predato)
- Data della schiusa dell'uovo
- Data di fine del "Brooding period"
- Data dell'abbandono del nido da parte del giovane

A partire dal giorno successivo alla data che segnava la fine del "Brooding period" (ovvero quando il pulcino viene lasciato per la prima volta da solo nel nido) di ogni pulcino sono state registrate le biometrie relative al peso, alla lunghezza dell'ala, del tarso e del becco.

Queste misurazioni sono state effettuate durante tre cicli da sette notti ciascuno intervallati da una pausa di quindici giorni tra un ciclo e l'altro, per arrecare meno disturbo possibile e minimizzare l'impatto del monitoraggio sullo sviluppo dei pulcini.

Nello specifico il peso è stato registrato in tre diversi momenti durante le ore notturne, ogni 6 ore:

- alle ore 18 (ora in cui generalmente i genitori non sono ancora tornati al nido per alimentare il piccolo)
- alle ore 24 (ora in cui la maggior parte dei pulcini è già stata nutrita)
- alle ore 6 per determinare la quantità di cibo somministrata al pulcino da parte degli adulti (l'incremento di peso netto, tra la prima e l'ultima pesata, hanno dato un'idea della quantità di alimento approvvigionato).

Le misure relative all'ala, al tarso e al becco sono state registrate una volta al giorno, alle ore 18.

Il peso è stato misurato utilizzando una bilancia Pesola fino a un massimo di 600 g ( $\pm 2$  g) di peso; successivamente, per pesi superiori è stata utilizzata una bilancia di precisione digitale.

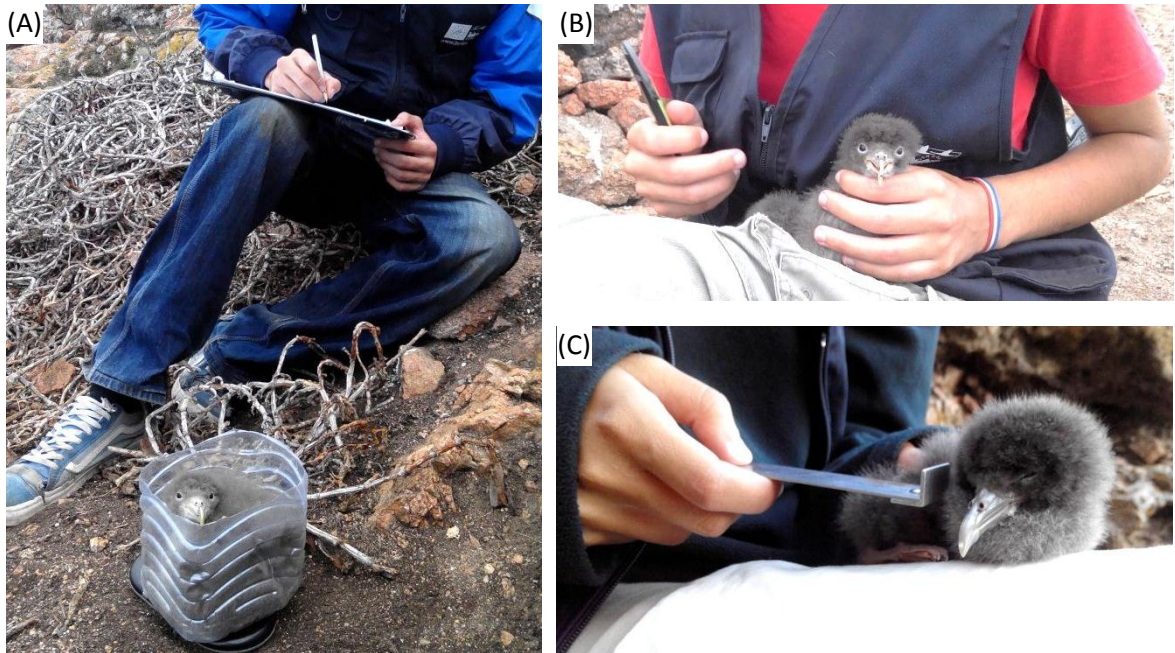


FIGURA 3: misurazioni di alcune biometrie sul campo; (A) pesata del *pullus* su bilancia digitale; (B) misurazione del becco con l'uso di un calibro; (C) misurazione dell'ala.

Le misure di lunghezza sono state registrate grazie all'utilizzo di un calibro (per becco e tarso) e di una riga (per la lunghezza dell'ala).

Durante i cicli da sette giorni, è stata prestata particolare attenzione alla registrazione della presenza o meno di uno o di entrambi gli adulti presenti nel nido. Inoltre all'entrata di alcuni nidi sono state posizionate delle fotocamere (Camera traps) 27 in totale (suddivise su 56 nidi) per monitorare con più precisione le modalità e i tempi di visita al nido dei due partner, anche durante i 15 giorni di pausa tra un ciclo e l'altro.

Avendo registrato i dati di presenza, o assenza, nei diversi nidi sono state confrontate le percentuali di nidi visitati per ogni ciclo di misurazione (7 giorni) di ogni gruppo individuato nel campione, con i dati relativi alla concentrazione di Chl-a e SST.

In base all'età delle coppie di adulti, i nidi monitorati sono stati suddivisi in tre gruppi, tenendo conto dell'età media di prima riproduzione (Mougain *et al.* 2000):

- *Anziani*: coppie formate da individui di età superiore a 9 anni di età dal primo inanellamento.
- *Giovani*: coppie formate da individui di età inferiore a 9 anni di età dal primo inanellamento.
- *Misti*: coppie formate da un individuo di età superiore e un individuo di età inferiore a 9 anni di età dal primo inanellamento.

Le età di ognuno degli individui sono state stimate in base all'anno di inanellamento e al codice d'età dell' EURING - European Union for Bird Ringing (Figura 3) attribuito a ciascun individuo al momento dell'inanellamento; tutte le informazioni riguardo gli anelli appartenenti agli individui monitorati sono stati reperiti presso il centro Nazionale di Inanellamento portoghese gestito dall'Istituto per la Conservazione della Natura e delle Foreste (ICNF) del Portogallo .



## EURING age codes

EURING Number	Definition
0	Age unknown - only to be used if data have been lost and the ringer has no idea if a bird was a nestling or full-grown
1	Pullus (Use P not 1 for pullus on handwritten schedules as a series of 1s looks like a ditto line)
1J	Passerines only - fledged, but flying so weakly that it is obviously incapable of having flown far from the nest (include as pullus for annual totals)
2	Fully grown, year of hatching quite unknown (including current year)
2J	Fully grown, year of hatching quite unknown (including current year), still partly or completely in juvenile body plumage (rarely used)
3	Definitely hatched during current calendar year (eg first-years in autumn)
3J*	Passerines only - definitely hatched this calendar year and still partly or completely in juvenile body plumage*
4	Hatched before current calendar year - exact year unknown (eg many adults in autumn)
4I	Hatched before current calendar year - exact year unknown but definitely not full adult
5	Definitely hatched during previous calendar year (eg first-years in early spring)
5J	Definitely hatched during previous calendar year (eg first-years in early spring) still partly or completely in juvenile body plumage rarely used)
6	Hatched before last calendar year - exact year unknown (eg many adults in Spring)
6I	Hatched before last calendar year - exact year unknown but definitely not full adult
7	Definitely hatched in calendar year before last
8	Hatched three or more years ago - exact year unknown
8I	Hatched three or more years ago - exact year unknown but definitely not full adult
9	Definitely hatched three years ago
10	Hatched four or more years ago - exact year unknown
11	Definitely hatched four years ago
12	Hatched five or more years ago - exact year unknown
13	Definitely hatched five years ago
14	Hatched six or more years ago - exact year unknown
15	Definitely hatched six years ago
16	Hatched seven or more years ago - exact year unknown

\*Because juvenile plumage - ie the feathers grown by the birds in the nest - is more easily recognised than the plumage which succeeds it, the analyst can assume a high degree of accuracy in birds aged 3J, whereas those aged 3 might possibly include a few individuals which were in fact older.

FIGURA 4: Codici di età secondo lo schema Euring.

### 3.3. Analisi dei dati

I dati sono stati analizzati utilizzando i software Microsoft Excel e R.

Dei dati riguardanti le biometrie sono stati calcolati i valori medi per ogni età, distintamente per ogni gruppo del campione in esame.

La dimensione del pasto quotidiano è stata stimata facendo la somma degli incrementi positivi di massa corporea del pulcino tra le pesate. I valori delle dimensioni del pasto potrebbero essere sottostimati poiché non tengono conto delle eventuali perdite dovute a respirazione ed escrezione (Ricklefs 1984).

I dati relativi alla presenza degli adulti nel nido, arricchiti dall'analisi di migliaia di fotografie scattate dalle *Camera-traps*, sono stati trasformati in percentuale di nidi visitati rispetto ad ogni giorno del periodo di monitoraggio.

I dati relativi alla produttività del mare (CHL-a e SST) sono stati ottenuti dal sito della NASA: <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/cms/>, con una risoluzione spaziale di 4x4 Km in corrispondenza delle date di monitoraggio e per un periodo di 3 giorni precedenti, perché si ha un leggero ritardo della risposta dei grandi predatori alle variazioni ambientali, gli uccelli marini si alimentano a 2 o 3 livelli trofici superiori nella catena alimentare rispetto al fitoplancton.

Sia SST che CHL-a sono ottenuti a distanza dal sensore satellitare MODIS Aqua.

Con il software R si è calcolata la media quotidiana per ognuna delle due variabili ambientali per due aree differenti intorno all'isola Berlenga, creando così:

- Buffer di 50 Km
- Buffer di 150 Km

Queste due aree con differente raggio sono state create tenendo conto dei viaggi che questi animali compiono per alimentarsi durante il periodo di allevamento dei pulcini, che possono essere distinti in brevi o lunghi (Paiva *et al.* 2010; Magalhaes *et al.* 2008).

Si sono così ottenuti quattro parametri ambientali da poter confrontare:

- SST a 50 km
- SST a 150 km
- Chl-a a 50 km
- Chl-a a 150 km

Per poter comparare i dati relativi alla percentuale di visita da parte degli adulti al nido e le variazioni dei parametri ambientali nel tempo, questi sono stati standardizzati (sottraendo il valore medio e dividendo per la deviazione standard).

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

Dove Z è il valore standardizzato della variabile, X il valore della variabile,  $\mu$  la media e  $\sigma$  la deviazione standard.

Lo stesso è stato fatto per i valori medi relativi ai pasti consumati dai pulcini. Il valore così ottenuto rappresenta l'anomalia della variabile rispetto alla sua media.

Per misurare la forza e la linearità della correlazione tra le variabili osservate e i dati di produttività del mare si è usato il coefficiente di correlazione di Pearson (R), che esprime la relazione di linearità tra le due variabili statistiche. Le correlazioni si considerano statisticamente significative per  $p < 0.05$ .



## 4. RISULTATI E DISCUSSIONE

### 4.1. Successo riproduttivo

Il successo riproduttivo totale del campione analizzato (n° pulcini involati/n° uova deposte) è risultato essere pari al 72,3%. Il successo primario (n° uova schiuse/n° uova deposte) è pari al 75%.

Comparando questo risultato con il successo riproduttivo relativo ad anni precedenti, per esempio con quello del 2010 (Lecoq 2010) si osserva un leggero aumento. Infatti la percentuale di successo riproduttivo totale relativo a quell'anno, per la stessa colonia presa in esame, Melreu, era pari a 71.1%.

Sono state contate in totale 76 uova deposte in tutta la colonia di Melreu (che ospita circa 150 nidi), tra queste ne sono state selezionate 70 per il monitoraggio, in base alla raggiungibilità e all'accessibilità del nido in cui erano presenti.

Tra tutte le uova monitorate, 57 si sono schiuse, in media nei giorni 23 e 24 luglio 2015; i piccoli che sono riusciti a sopravvivere e a lasciare il nido sono in tutto 55. Le cause che hanno determinato il fallimento di alcune coppie e la morte di alcuni pulcini sono pressoché sconosciute, alcune uova sono state trovate abbandonate, altre sono state lasciate sole, senza essere covate da nessuno dei due partner per diversi giorni, altre ancora sono state ritrovate con evidenti segni di predazione. La presenza del ratto nero potrebbe essere considerata un fattore che contribuisce ad abbassare il tasso di successo di riproduzione; il *Rattus rattus* è già noto come predatore di uova e piccoli di Berta maggiore (Thibault 1995).



FIGURA 5: Uovo ritrovato fuori dal nido con evidenti segni di predazione. Berlenga, colonia "Melreu", luglio 2015.

## 4.2. Biometrie

I seguenti grafici a dispersione (Figure 6, 7, 8, 9) mostrano in che modo si distribuiscono le grandezze biometriche registrate per ogni giovane individuo monitorizzato in base all'avanzare dell'età. Si osserva che non ci sono apprezzabili differenze nella velocità e modalità di sviluppo tra i piccoli dei diversi gruppi, in nessuna delle variabili misurate quali peso, lunghezza dell'ala, del tarso e del becco.

Lo sviluppo dei pulcini mostra un andamento simile nei tre gruppi; si nota, ad esempio nel caso del peso, un periodo di veloce crescita dal 5° giorno fino a circa il 40° giorno di età, seguito da un periodo di più lenta crescita fino a stabilizzarsi, raggiungendo un peso asintotico a circa 46 giorni di età; questo conferma quanto già presente in letteratura (Granadeiro *et al.* 1999; Ramos *et al.* 2003).

Le tre distinguibili dispersioni osservabili in ognuno dei seguenti grafici individuano i tre cicli di monitoraggio, ognuno dei quali distanziato di 15 giorni di pausa dall'altro.

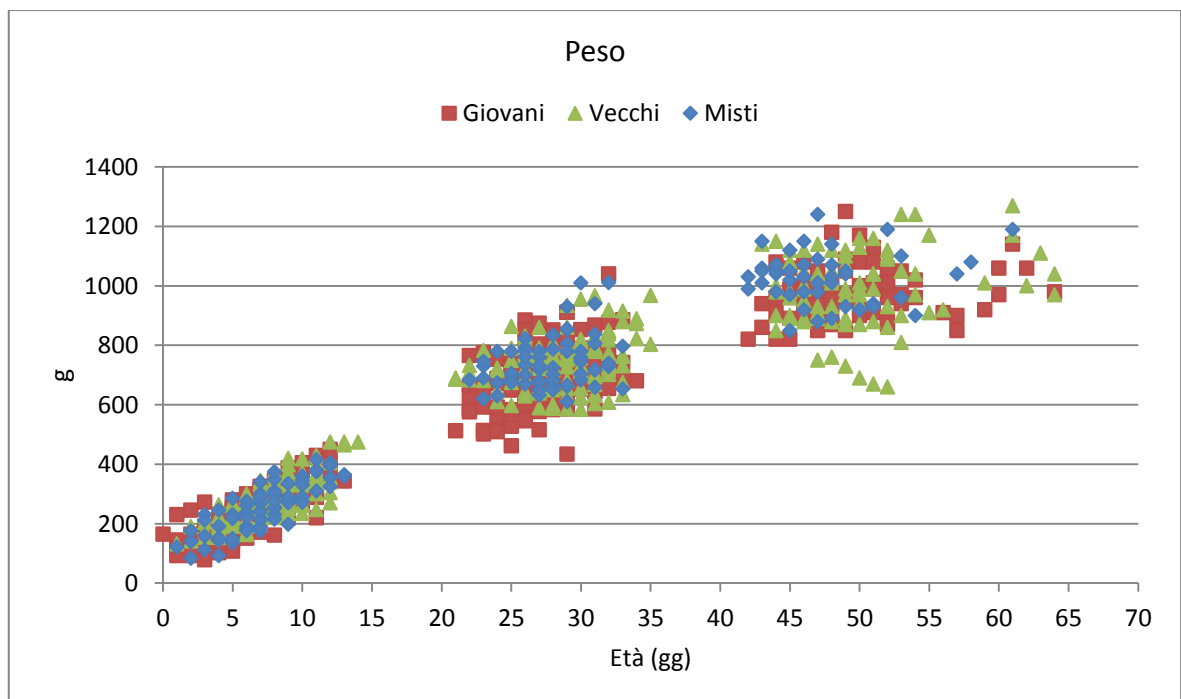


FIGURA 6: Grafico a dispersione del peso dei *pulci*, registrato ogni giorno durante i tre cicli di monitoraggio da 7 giorni ciascuno, in relazione all'età. Forme e sfumature di colore differenti corrispondono ai tre gruppi di studio individuati: giovani (quadrato), vecchi (triangolo), misti (rombo).



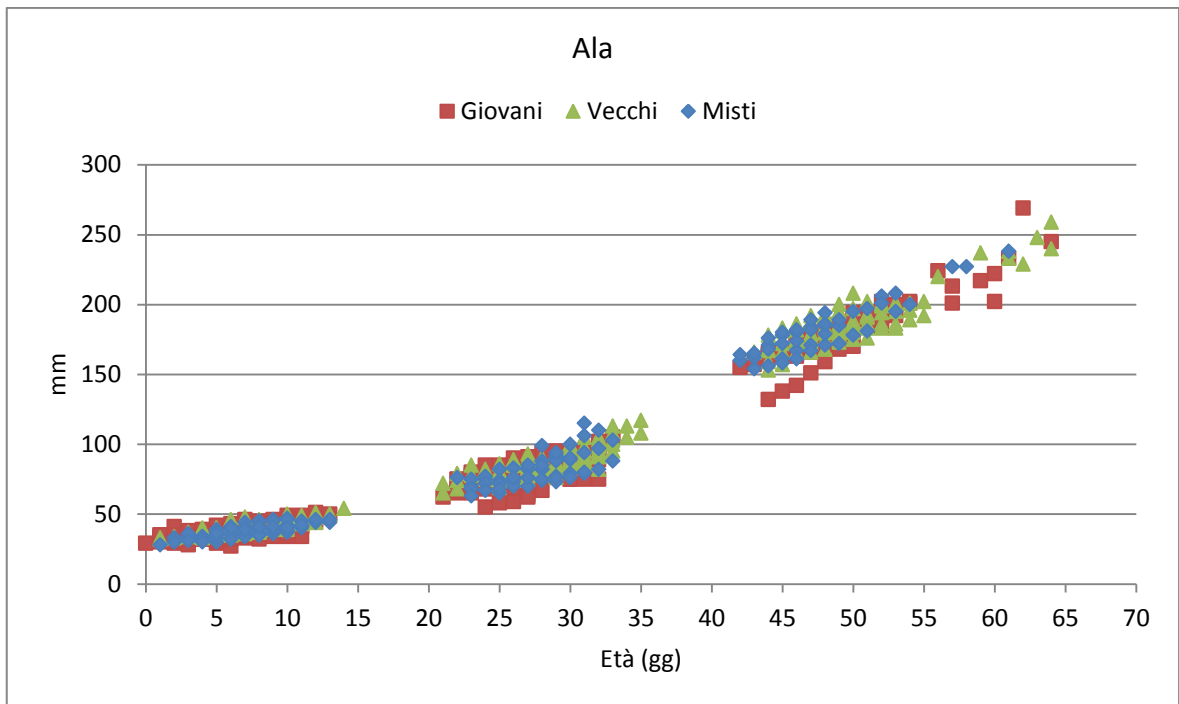


FIGURA 7: Grafico a dispersione riguardante la lunghezza dell'ala dei *pulli*; biometria registrata ogni giorno durante i tre cicli di monitoraggio da 7 giorni ciascuno, in relazione all'età. Forme e sfumature di colore differenti corrispondono ai tre gruppi di studio individuati: giovani (quadrato), vecchi (triangolo), misti (rombo).

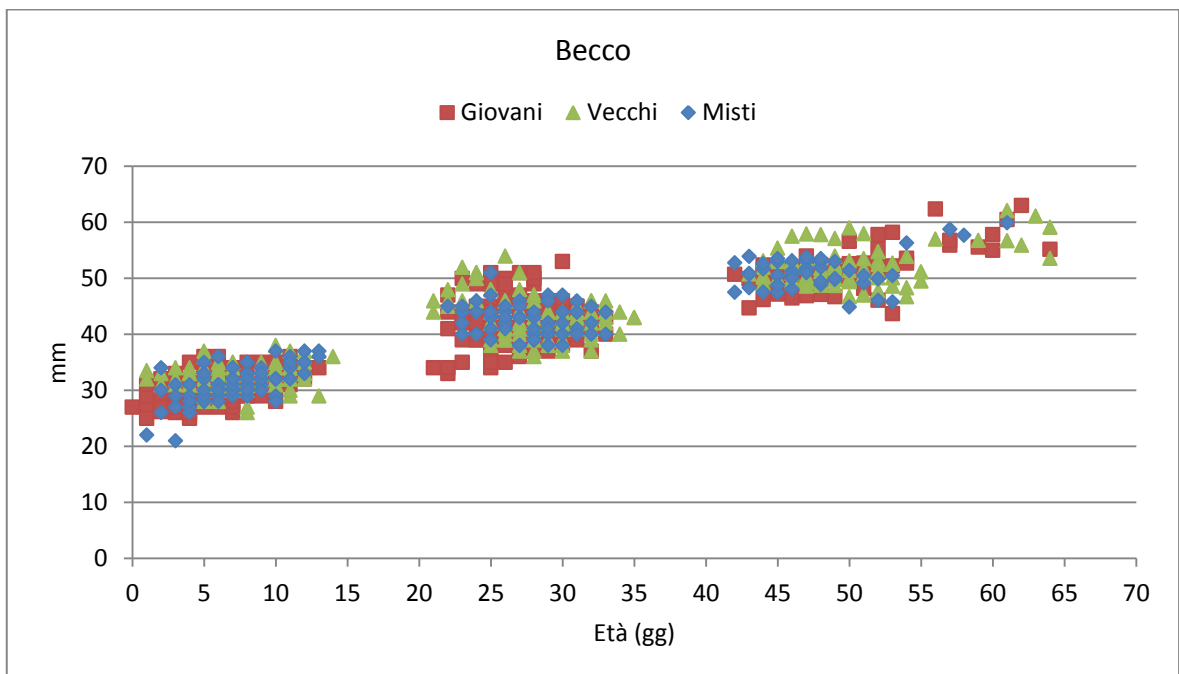


FIGURA 8: Grafico a dispersione riguardante la lunghezza del becco dei *pulli*; biometria registrata ogni giorno durante i tre cicli di monitoraggio da 7 giorni ciascuno, in relazione all'età. Forme e sfumature di colore differenti corrispondono ai tre gruppi di studio individuati: giovani (quadrato), vecchi (triangolo), misti (rombo).

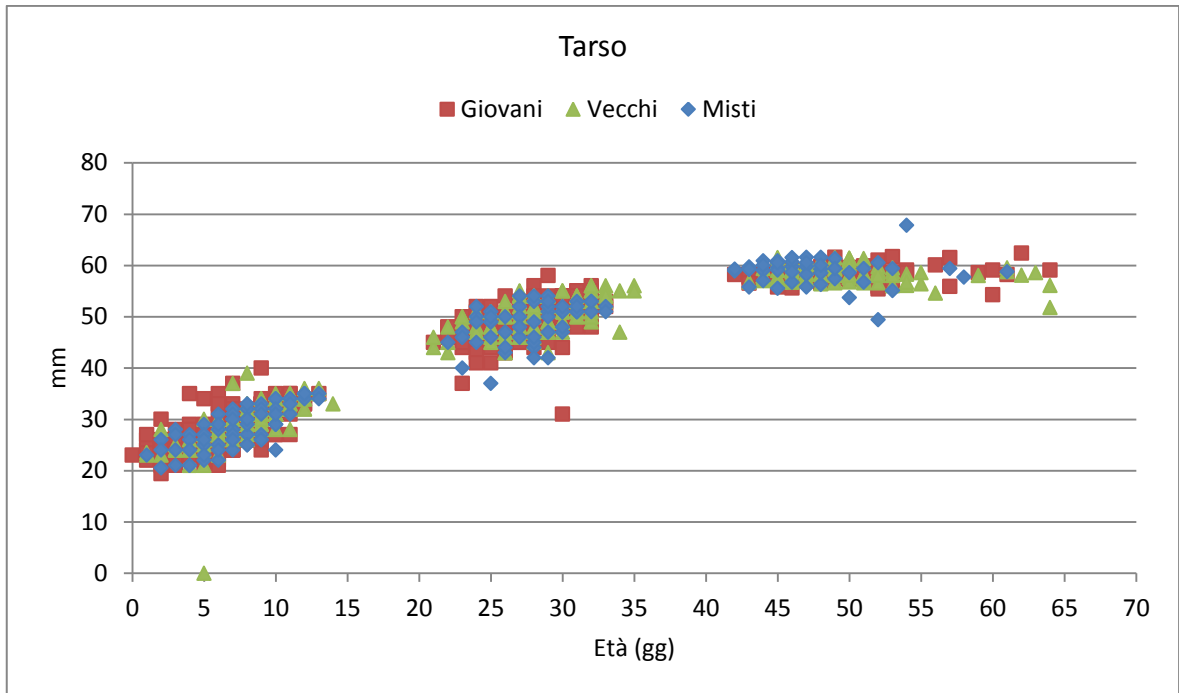


FIGURA 9: Grafico a dispersione riguardante la lunghezza del tarso dei *pulli*; biometria registrata ogni giorno durante i tre cicli di monitoraggio da 7 giorni ciascuno, in relazione all'età. Forme e sfumature di colore differenti corrispondono ai tre gruppi di studio individuati: giovani (quadrato), vecchi (triangolo), misti (rombo).

### 4.3. Variabili ambientali

Il possibile effetto delle variabili ambientali sul comportamento degli adulti durante le cure parentali è stato studiato comparando le anomalie della produttività marina intorno alla colonia con le anomalie nella percentuale di nidi visitati e con le anomalie della media dei pasti somministrati ogni giorno ai piccoli.

Sono stati comparati i cambiamenti della produttività marina intorno alla colonia con la percentuale delle visite al nido. In particolare sono stati riportati, tra tutti, solo i valori che sono risultati statisticamente significativi.

Per quanto riguarda le anomalie nella percentuale di nidi visitati sono stati ottenuti risultati significativi solo per il gruppo *Giovani* (figure 10, 11, 12A e 12B).

Tra i parametri di produttività marina in analisi la correlazione più forte ( $R=0.356$ ) è stata trovata con la SST 50km (Fig. 10).

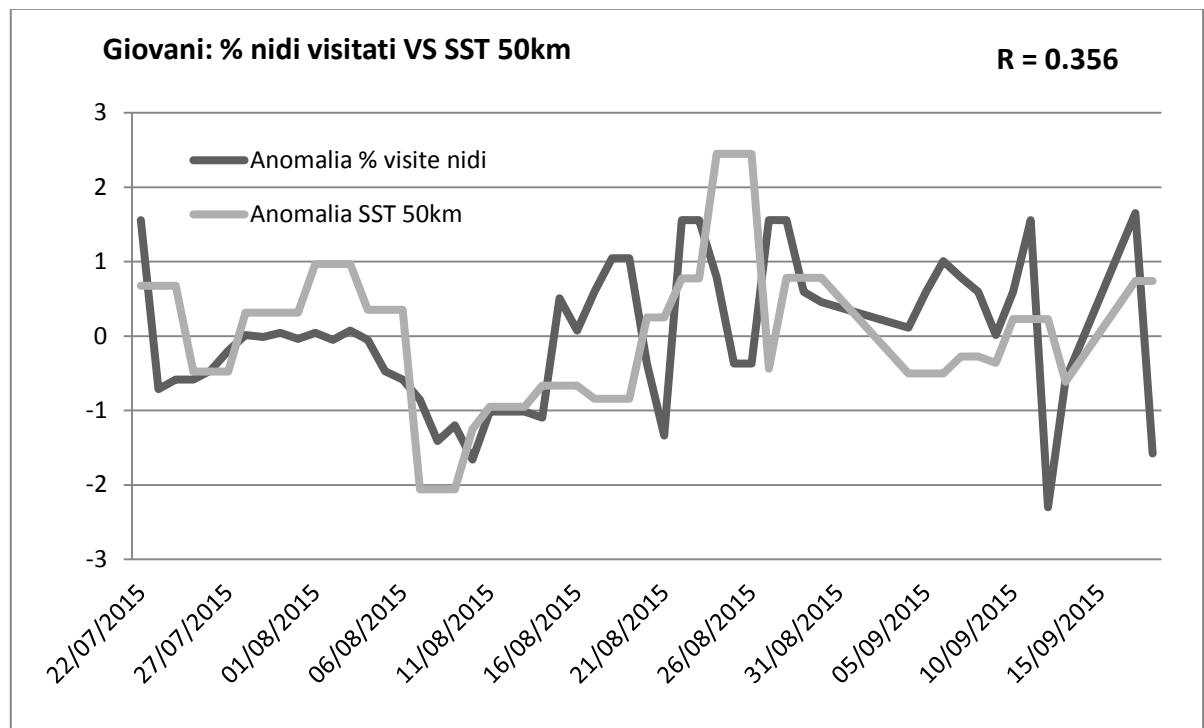


FIGURA 10: Comparazione tra la percentuale di nidi visitati dagli adulti appartenenti al gruppo *Giovani* e l'andamento della temperatura superficiale del mare a 50 km dalla colonia di studio durante tutto il periodo di monitoraggio. I dati sono stati normalizzati.

L'analisi è stata poi ripetuta comparando le anomalie nella percentuale dei nidi visitati con i dati di produttività marina osservati nei 3 giorni precedenti. Le correlazioni sono migliori ( $R=0.372$ ) per la SST 50km (Figura 12A) e sono stati trovati risultati significativi anche per Chl-a 50km e per SST 150km (Figura 11 e 12B rispettivamente).

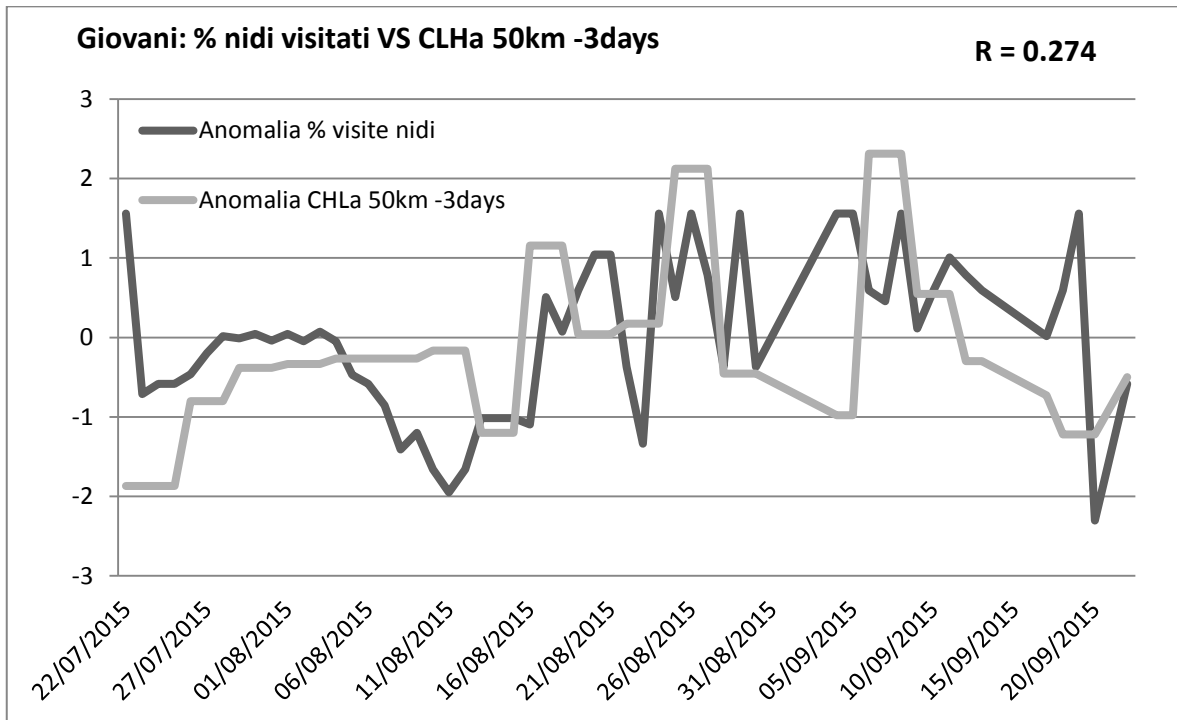
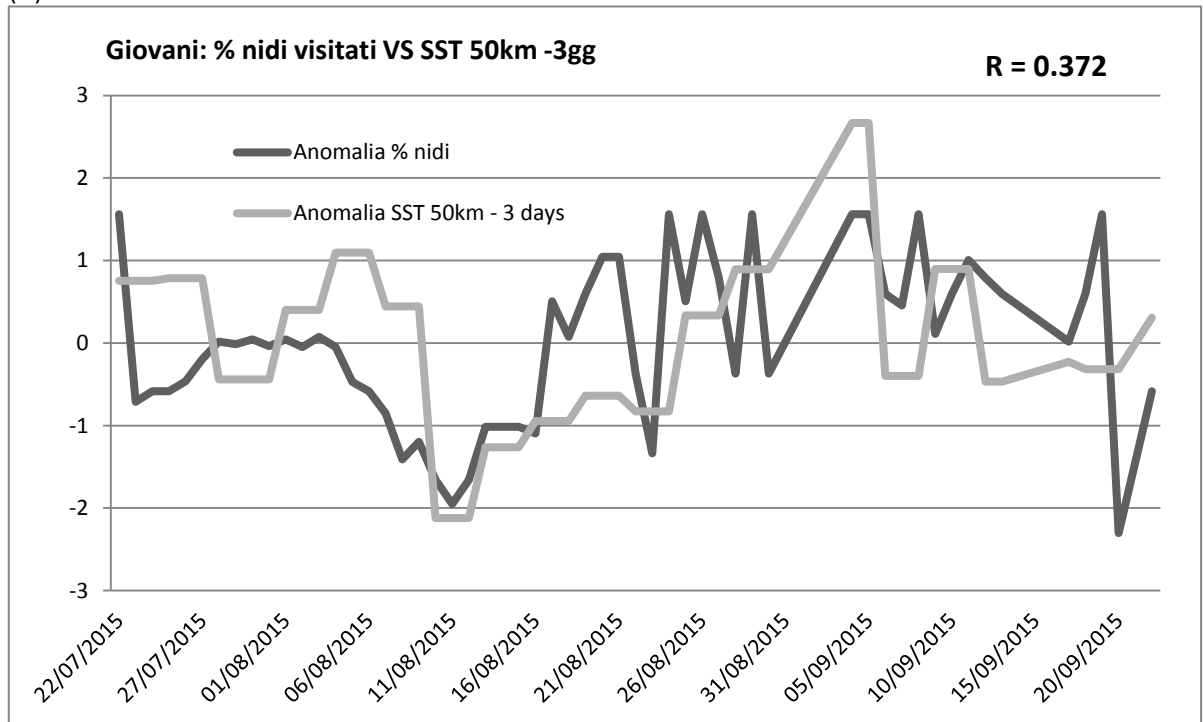


FIGURA 11: Comparazione tra la percentuale di nidi visitati dagli adulti del gruppo *Giovani* e la concentrazione di Chl-a in mare a 50 km dalla colonia di studio durante tutto il periodo di monitoraggio. I valori della Chl-a sono relativi ai tre giorni precedenti la registrazione delle visite al nido da parte degli adulti di *C. borealis*. I dati sono stati normalizzati.

(A)



(B)

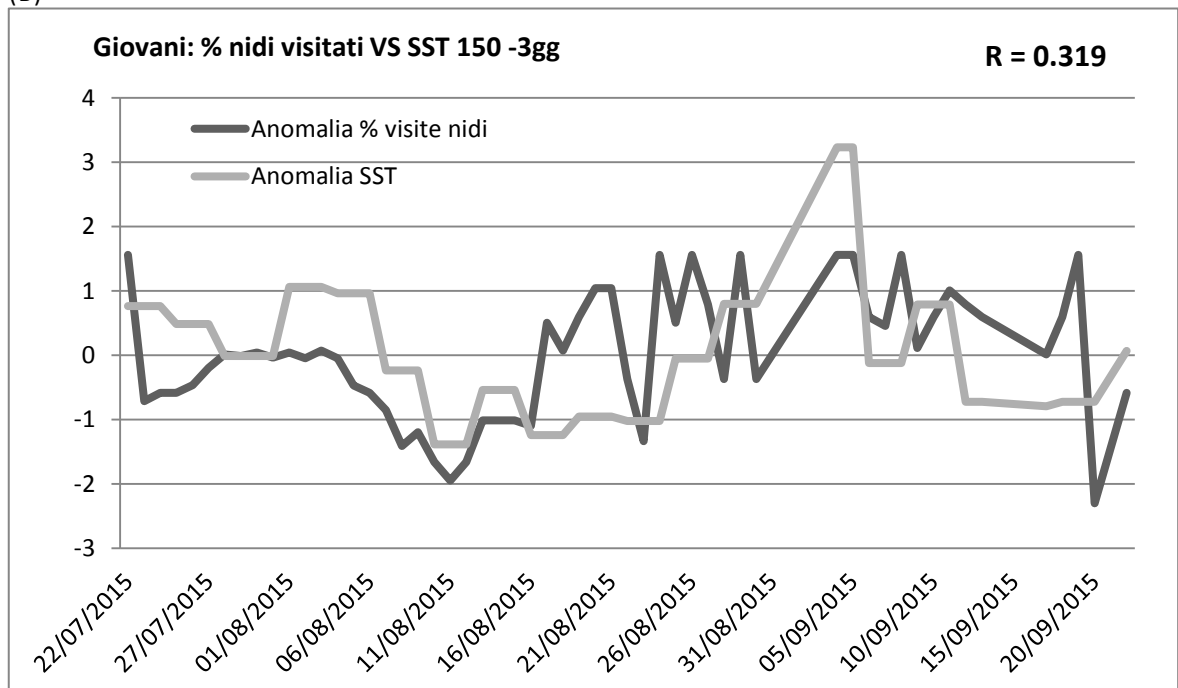


FIGURA 12(A e B): Comparazione tra la percentuale di nidi visitati dagli adulti appartenenti al gruppo *Giovani* e l'andamento della temperatura superficiale del mare a 50 km e a 150km dalla colonia di studio durante tutto il periodo di monitoraggio. I valori della SST sono relativi ai tre giorni precedenti la registrazione delle visite al nido da parte degli adulti di *C. borealis*. I dati sono stati normalizzati.

Allo stesso modo sono stati confrontati i valori medi dei pasti somministrati quotidianamente ai pulcini da parte dei genitori, con le variazioni dei parametri ambientali.

Come riportato in Tabella 1 le correlazioni migliori risultano essere quelle tra i valori di Chl-a 150 km dalla colonia, relativi al giorno stesso della somministrazione del pasto ( $R=0.434$ ), e ai tre giorni precedenti, per il gruppo dei *Misti* (Figure 13 e 14). Per il gruppo *Giovani* è risultata essere significativa solo la correlazione tra i pasti medi e i valori di Chl-a a 150 km dalla colonia nei 3 giorni precedenti il pasto (Figura 15).

	SST50	SST150	CHL50	CHL150	SST 50 - 3days	SST 150 - 3days	CHL50- 3days	CHL150- 3days
<b>Misti</b>	0.048	0.020	0.165	<b>0.434</b>	0.011	0.040	0.057	<b>0.312</b>
<b>Giovani</b>	0.039	0.064	0.046	0.271	0.069	0.0435	0.078	<b>0.386</b>
<b>Vecchi</b>	0.227	0.212	0.214	0.073	0.016	0.093	0.033	0.242

TABELLA 1: Valori di correlazione tra le anomalie delle differenti variabili ambientali e dei valori medi dei pasti per ogni gruppo. Evidenziati i valori di R significativi ( $p > 0.05$ ).

Contrariamente a quanto osservato nelle comparazioni fra produttività marina e visite al nido, in questo caso la concentrazione di Chl-a gioca un ruolo di primo piano in viaggi di approvvigionamento lunghi (150 km a largo della colonia) come già suggerito da Paiva *et al.* (2010).

L'analisi dei dati relativi al gruppo dei *Vecchi* non ha prodotto correlazioni significative neanche in questo caso.

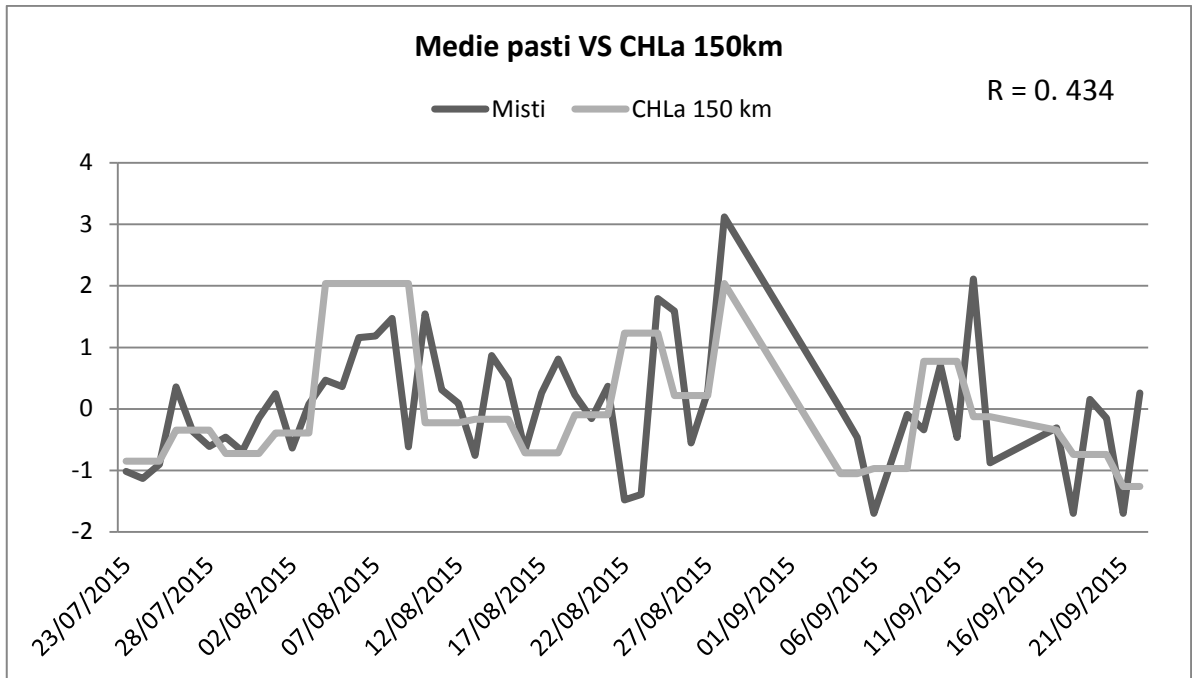


FIGURA 13: Correlazione tra la quantità media di pasto somministrato ai *pulli* appartenenti al gruppo *Misti* e l'andamento del valore di Chl-a 50 km dalla colonia di studio durante tutto il periodo di monitoraggio. I dati sono stati normalizzati.

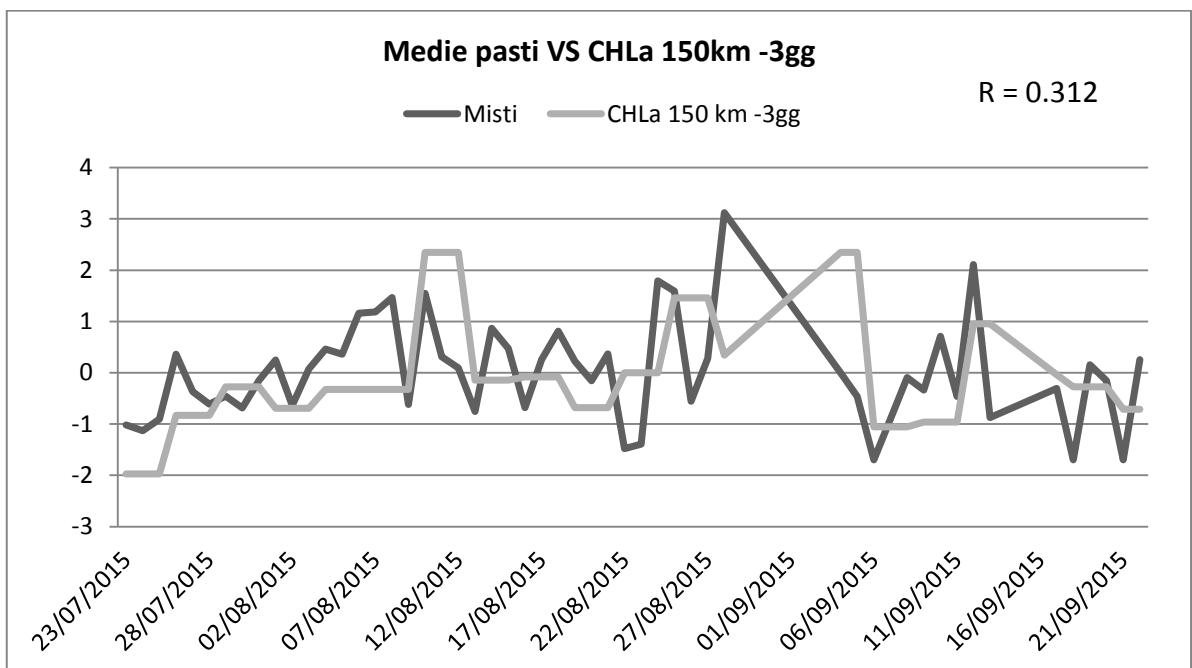


FIGURA 14: Comparazione tra la quantità media di pasto somministrato ai *pulli* appartenenti al gruppo *Misti* e l'andamento del valore di Clorofilla- a presente a 150 km dalla colonia di studio durante tutto il periodo di monitoraggio. I valori della Chl-a sono relativi ai tre giorni precedenti la registrazione delle quantità di pasto somministrato ai piccoli di *C. borealis*. I dati sono stati normalizzati.

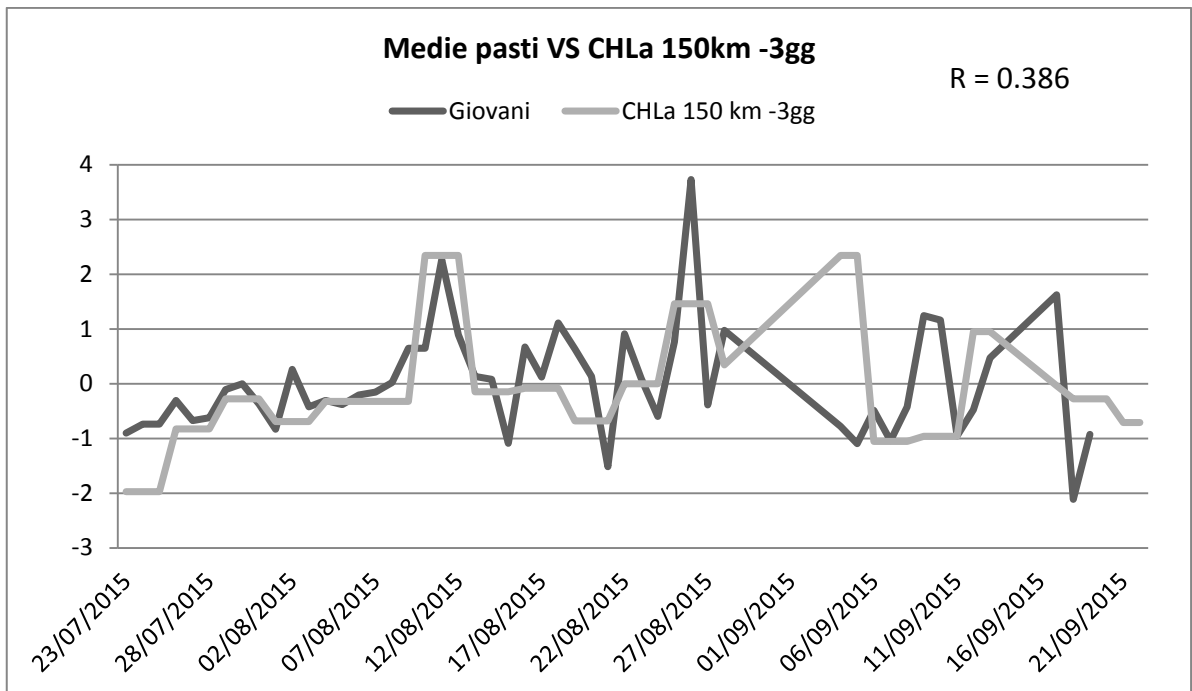


FIGURA 15: Comparazione tra la quantità media di pasto somministrato ai *pulli* appartenenti al gruppo *Nuovi* e l'andamento del valore di Clorofilla- a presente a 150 km dalla colonia di studio durante tutto il periodo di monitoraggio. I valori della Chl-a sono relativi ai tre giorni precedenti la registrazione delle quantità di pasto somministrate ai piccoli di *C. borealis*. I dati sono stati normalizzati.



## 5. CONCLUSIONI

In questo lavoro è stato studiato l'effetto dell'esperienza e delle variabili ambientali sul comportamento della Berta maggiore durante il periodo dell'allevamento del *pullus*.

È stato verificato se esista una differenza nelle cure parentali tra gruppi composti da coppie di esemplari giovani, coppie miste e coppie di esemplari vecchi. I risultati delle analisi biometriche non hanno mostrato differenze apprezzabili nelle cure parentali tra i diversi gruppi.

Per quanto riguarda le influenze delle variabili ambientali (Concentrazione di Clorofilla-a – Chl-a e Temperatura Superficiale del Mare – SST) sul comportamento degli adulti dei diversi gruppi, in particolare nella frequenza di visite al nido, l'analisi dei dati ha evidenziato correlazioni deboli ma statisticamente significative fra le variabili ambientali e la percentuale di nidi visitati per il gruppo dei *Giovani*.

Questo gruppo tenderebbe a visitare più frequentemente il nido in occasione di anomalie positive nella SST sia a 50km che a 150km di distanza radiale dalla colonia, in particolare quando sono stati usati per il confronto i dati di SST relativi a 3 giorni prima. Anche la comparazione con l'anomalia di Chl-a a 150km ha prodotto correlazioni significative per il gruppo dei *Giovani* ma solo con i dati di produttività anticipati di 3 giorni, indicando quindi che solo gli individui meno anziani, e presumibilmente con meno esperienza, subiscono l'influenza delle variazioni ambientali nell'intorno della colonia. Dai risultati emerge inoltre che il gruppo dei *Misti* e il gruppo dei *Vecchi* non sarebbero influenzati nella frequenza di visite al nido dalle variabili ambientali, come se le coppie appartenenti a questi gruppi avessero maturato l'esperienza sufficiente per gestire periodi di produttività minore o maggiore senza alterare significativamente il loro comportamento.

Per quanto riguarda l'impatto delle variabili ambientali sul pasto medio somministrato ai *pulli* dei diversi gruppi sono state registrate correlazioni significative per i gruppi *Giovani* e *Misti* solo per la Chl-a a 150km. Sembra quindi confermato che le variabili ambientali incidono sul comportamento durante le cure parentali dei *Giovani* e, in questo caso specifico anche, e maggiormente, nelle coppie in cui è presente almeno un individuo giovane. Questi risultati suggeriscono anche

che il gruppo dei *Vecchi* non sia influenzato nel suo comportamento dalle variabili ambientali, le correlazioni studiate per questo gruppo forniscono risultati deboli e non significativi. Data la lunghezza temporale dell'osservazione e il numero di nidi osservati non è possibile escludere che anche il gruppo dei *Vecchi* possa essere influenzato nel comportamento dai fattori ambientali analizzati.

Tuttavia non appaiono forti differenze nel tasso di accrescimento dei pulcini dei differenti gruppi; questo potrebbe portare a concludere che nonostante l'influenza delle variabili ambientali riscontrata nel comportamento delle coppie *Giovani* e di quelle *Miste*, gli adulti meno anziani abbiano acquisito un bagaglio di esperienza, nella ricerca del cibo, sufficiente a provvedere alle cure parentali.

A conferma di questa ipotesi, sarebbe opportuno associare a questi dati delle informazioni dettagliate sulle effettive aree di foraggiamento. Questo potrebbe essere possibile dotando esemplari adulti di età nota di dispositivi GPS per il tracciamento in tempo reale, per analizzare la produttività di quelle precise aree, come già visto in numerosi studi presenti in letteratura (Granadeiro *et al.* 1999; Granadeiro *et al.* 1998b; Paiva *et al.* 2010; Haug *et al.* 2015).

Sarebbe, inoltre, interessante verificare l'esistenza di una correlazione tra età e variabili ambientali dei singoli individui, senza la suddivisione in gruppi del campione. Ma questo sarebbe possibile solo se si continuasse il monitoraggio per un lungo periodo e se si conoscessero con rigorosa esattezza le età di ognuno degli esemplari presi in esame.

I risultati ottenuti rappresentano, pertanto, un punto di partenza e hanno bisogno di essere confermati e migliorati da nuove campagne di osservazione e monitoraggio al fine di arricchire ulteriormente i dati disponibili e per aumentare così la significatività statistica delle correlazioni analizzate.

## Bibliografía

- Arcos J.M., Bécáres J., Rodríguez B., Ruiz A. (2009)** Important Areas for the Conservation of Seabirds in Spain. LIFE04NAT/ES/000049 Sociedad Española de Ornitología (SEO/BirdLife), Madrid.
- Báez, J.C, García-Barcelona, S., Mendoza, M., Ortiz de Urbina, J.M., Real, R. and Macías, D. (2014)** Cory's shearwater by-catch in the Mediterranean Spanish commercial longline fishery: implications for management. *Biodiversity and Conservation* 23: 661-681.
- BirdLife International. (2015)** *Calonectris borealis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2015: e.T22732244A83955374.
- Bried J., Pontier D., Jouventin P. (2003)** Mate fidelity in monogamous birds: a reexamination of the Procellariiformes. *Animal Behaviour* 65:235-246. DOI: 10.1006/anbe.2002.2045.
- Brooke M. (2004)** Albatrosses and petrels across the world. Bird Families of the World series. Oxford University Press, Oxford.
- Bunce A., Ward S.J., Norman F.I. (2005)** Are age-related variations in breeding performance greatest when food availability is limited? *J Zool* 266:163-169
- Catry, P., Phillips, R. A., Phalan. B. & Croxall, J. P. (2006)** Senescence effects in an extremely long-lived bird: the grey-headed albatross *Thalassarche chrysostoma*. *Proceedings of the Royal Society*, 273, 1625-1630.
- Catry P., Matias R., Vicente L., Granadeiro J.P. (2009)** Brood-guarding behaviour in Cory's Shearwaters *Calonectris diomedea*. *Journal of Ornithology* 150:103-108. DOI: 10.1007/s10336-008-0322-x.
- Catry, P., Granadeiro, J. P., Ramos, J., Philips, R. A. & Oliveira, P. (2011)** Either taking it easy or feeling too tired: old Cory's Shearwaters display reduced activity levels while at sea. *Journal of Ornithology*, 152, 549-555.
- Cramp, S. & Simmons, K. E. L. (1977)** Handbook of the birds of Europe, the Middle East and North Africa: the birds of the Western Palearctic, (Ostrich to Ducks), Oxford University Press, Oxford.

- Daunt F, Wanless S, Harris MP, Money L, Monaghan P. (2007)** Older and wiser: improvements in breeding success are linked to better foraging performance in European shags. *Funct Ecol* 21:561–567
- Dell'Arciccia, G., Célérier A., Gabirot M., Palmas P., Massa, B. and Bonadonna, F. (2014)** Olfactory foraging in temperate waters: sensitivity to dimethylsulphide of shearwaters in the Atlantic Ocean and *The Journal of Experimental Biology* 217, 1701-1709
- Dias, M. P., Granadeiro, J. P., Phillips, R. A., Alonso, H. and Catry, P. (2011)** Breaking the routine: individual Cory's shearwaters shift winter destinations between hemispheres and across ocean basins. *Proc. Biol. Sci.* 278, 1786-1793.
- Geslin, T., Questia, S., Eybert, M. (2004)** Age-related improvement of reproductive success in Bluethroats *Luscinia svecic*. *Bird Study* 51, 178–184
- Gómez-Díaz, E., J. González-Solís, M.A. Peinado & R.M. Page (2006)** Phylogeography of the Calonectris shearwaters using molecular and morphometric data. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 41: 322-332
- Gonzalez-Solis J., Shaffer S.A. (2009)** Introduction and synthesis: spatial ecology of seabirds at sea. *Marine Ecology-Progress Series* 391:117-120. DOI: 10.3354/meps08282.
- Gonzalez-Solis J., Croxall J.P., Oro D., Ruiz X. (2007)** Trans-equatorial migration and mixing in the wintering areas of a pelagic seabird. *Frontiers in Ecology and the Environment* 5:297-301.
- Granadeiro, J. P. (1991)** The breeding biology of Cory's shearwater *Calonectris diomedea borealis* on Berlenga Island, Portugal. *Seabird*, 13, 30–39.
- Granadeiro, J. P. (1993)** Variation in measurements of Cory's shearwater between populations and sexing by discriminant analysis. *Ringing & Migration*, 14,103–112.
- Granadeiro J.P., Nunes M., Silva M.C., Furness R.W. (1998a)** Flexible foraging strategy of Cory's shearwater, *Calonectris diomedea*, during the chick-rearing period. *Animal Behaviour* 56:1169-1176.
- Granadeiro, J.P., Monteiro, L.R. & Furness, R.W. (1998b)** Diet and feeding ecology of Cory's shearwater *Calonectris diomedea* in the Azores, north-east Atlantic. *Marine Ecology Progress Series*, 166, 267-276.

- Granadeiro J.P., Burns M.D., Furness R.W. (1999)** Food provisioning to nestling shearwaters: why parental behaviour should be monitored? *Anim Behav* 57: 663-671.
- Granadeiro, J.P., Bolton, M., Silva, M.C., Nunes, M. & Furness, R.W. (2000)** Responses of breeding Cory's shearwater *Calonectris diomedea* to experimental manipulation of chick condition. *Behavioural Ecology*, 11, 274-281.
- Granadeiro, J. P.; Dias, M. P.; Rebelo, R.; Santos, C.D.; Catry, P. (2006)** Numbers and population trends of Cory's Shearwater *Calonectris diomedea* at Selvagem Grande, Northeast Atlantic. *Waterbirds* 29: 56-60.
- Gutowsky S.E., Tremblay Y., Kappes M.A., Flint E.N., Klavitter J., Laniawe L., Shaffer S.A. (2014)** Divergent post-breeding distribution and habitat associations of fledgling and adult Black-footed Albatrosses *Phoebastria nigripes* in the North Pacific. *Ibis* 156:60–72
- Hamer, K.C., Hill, J.K., Scott, I. (1999)** Chick provisioning and parental attendance in Cory's Shearwaters: implications for nestling obesity. *Journal of Avian Biology*, 30: 309-315.
- Haug Fredrik D. · Paiva Vítor H. · Werner Antje C. · Ramos Jaime A. (2014)** Foraging by experienced and inexperienced Cory's shearwater along a 3-year period of ameliorating foraging conditions. *Mar Biol* DOI 10.1007/s00227-015-2612-1
- Hervías, S., Henriques, A., Oliveira, N., Pipa, T., Cowen, H., Ramos, J.A., Nogales, M., Geraldés, P., Silva, C., Ruiz de Ybáñez, R. and Opper, S. (2013)** Studying the effects of multiple invasive mammals on Cory's shearwater nest survival. *Biological Invasions* 15: 143-155.
- del Hoyo, J.; Elliot, A.; Sargatal, J. (1992)** Handbook of the Birds of the World, vol. 1: Ostrich to Ducks. Lynx Edicions, Barcelona, Spain
- Hoyo, J.; Collar, N. J.; Christie, D. A.; Elliott, A.; Fishpool, L. D. C. (2014)** HBW and BirdLife International Illustrated Checklist of the Birds of the World. Barcelona, Spain and Cambridge UK: Lynx Edicions and BirdLife International.
- Igual, J.M., Forero, M.G., Gomez, T., Orueta, J.F. e Oro, D. (2006)** Rat control and breeding performance in Cory's Shearwater (*Calonectris diomedea*): effects of poisoning effort and habitat features. *Anim. Conserv.* 9: 59-66.

- Jouanin C., Roux F., Mougin J.L., Stahl J.C. (2001)** Prelaying exodus of Cory's shearwaters (*Calonectris diomedea borealis*) on Selvagem Grande. *Journal Fur Ornithologie* 142:212-217.
- Laaksonen T., Korpimäki E., Hakkarainen H. (2002)** Interactive effects of parental age and environmental variation on the breeding performance of Tengmalm's owl. *J Anim Ecol* 71:23-31
- Lecoq, M. (2010)** Censo da População Reprodutora da Cagarra na Ilha da Berlenga em 2010. Relatório da Acção A – Actividade 2. Projecto FAME. Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves, Lisboa
- Lecoq, M., Catry P., and Granadeiro J. P. (2010)** Population trends of Cory's Shearwaters *Calonectris diomedea borealis* breeding at Berlengas Islands, Portugal. *Airo* 20:36-41.
- Lecoq M., Oliveira N. (2011)** Relatório Campanha de Manutenção e Construção de Ninhos Artificiais para a Cagarra na Ilha da Berlenga.
- Louzao M., Hyerenbach K.D., Arcos J.M., Abelló P., G. d.S.L., Oro D. (2006)** Oceanographic habitat of an endangered Mediterranean procellariiform: Implications for marine protected areas. *Ecological Applications* 16:1683-1695.
- Magalhaes M.C., Santos R.S., Hamer K.C. (2008)** Dual-foraging of Cory's shearwaters in the Azores: feeding locations, behaviour at sea and implications for food provisioning of chicks. *Marine Ecology-Progress Series* 359:283-293. DOI: 10.3354/meps07340.
- Mann K, Lazier J (2006)** Dynamics of marine ecosystems: biological-physical interactions in the oceans. Wiley- Blackwell, Oxford
- Meirinho A., Barros N., Oliveira N., Catry P., Lecoq M., Paiva V., Geraldés P., Granadeiro J.P., Ramírez I. & Andrade J. (2014)** Atlas das Aves Marinhas de Portugal. Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves. Lisboa.
- Mougin J. L. & Jouanin C. (1997)** Prospecção alimentare du puffin cendre *Calonectris diomedea borealis* de Selvagem Grande (30° 09' N, 15° 52' W) pendant l'incubation, par telemetrie satellitaire. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 320, 825-83.
- Mougin J.L., Jouanin C., Roux F. (2000)** The attendance cycles of the Cory's Shearwater *Calonectris diomedea borealis* on Selvagem Grande. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences - Series III - Sciences de la Vie* 323:385-390.

- Mougin, J. L., Jouanin, C. & Roux, F. (2000a)** Démographie du puffin cendré *Calonectris diomedea* de Selvagem Grande. *Revue d' Ecologie (Terre Vie)*, 55, 275-290.
- Mougin, J. L., Jouanin, C. & Roux, F. (2002)** Inexperienced birds and breeding in the Cory's Shearwater (*Calonectris diomedea*). *Journal of Ornithology*, 143, 57-63.
- NASA Ocean Biology (OB). Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor (SeaWiFS) Ocean Color Data, 2014.** Reprocessing. NASA OB.DAAC, Greenbelt, MD, USA. doi: 10.5067/ORBVIEW-2/SEAWIFS\_OC.2014.0. Accessed 2015/10. Maintained by NASA Ocean Biology Distributed Active Archive Center (*OB.DAAC*), Goddard Space Flight Center, Greenbelt MD.
- Navarro, J. & González-Solís, J., Viscor G. (2007)** Nutritional and feeding ecology in Cory's shearwater *Calonectris diomedea* during breeding. *Marine Ecology Progress Series*, 351: 261–271.
- Navarro, J. & González-Solís, J. (2009)** Environmental determinants of foraging strategies in Cory's shearwaters *Calonectris diomedea*. *Marine Ecology Progress Series*, 378, 259–267.
- Nevitt G.A., Veit R.R., Kareiva P. (1995)** Dimethyl sulfide as a foraging cue for antarctic Procellariiform seabirds. *Nature* 376:680-682.
- Paiva V.H., Geraldes P., Ramirez I., Meirinho A., Ramos J.A. & Garthe S. (2010).** Oceanographic characteristics of areas used by Cory's shearwaters during short and long foraging trips in the North Atlantic. *Marine Biology* 157: 1385-1399
- Paiva V.H., Geraldes P., Marques V., Rodrigues R., Garthe S., Ramos J.A. (2013)** Environmental variability affecting the distribution and abundance of different trophic levels of the North Atlantic food web. *Mar Ecol Prog Ser* 477:15–28
- Pardo D., Barbraud C., Authier M., Weimerskirch H. (2013)** Evidence for an age-dependent influence of environmental variations on a long-lived seabird's life-history traits. *Ecology* 94:208–220
- Péron C., Grémillet D. (2013)** Tracking through life stages: adult, immature and juvenile autumn migration in a long-lived seabird. *PLoS One* 8:e72713

- Ramirez I., Geraldés P., Meirinho A., Amorim P., Paiva V. (2008)** Areas Marinhas Importantes para as Aves em Portugal. Projecto LIFE04NAT/PT/000213. Sociedade Portuguesa Para o Estudo das Aves. Lisboa.
- Ramos J.A., Monteiro L.R., Sola E., Moniz Z. (1997)** Characteristics and competition for nest cavities in burrowing procellariiformes. *Condor* 99:634-641.
- Ramos J.A., Moniz Z., Solá E., Monteiro L.R. (2003)** Reproductive measures and chick provisioning of Cory's Shearwater *Calonectris diomedea borealis* in the Azores. *Bird Study*, 50: 47-54.
- Ramos R., Granadeiro, J. P., Nevoux M., Mougin J. L., Dias, M. P. & Catry, P. (2012)** Combined Spatio-Temporal Impacts of Climate and Longline Fisheries on the Survival of a Trans-Equatorial Marine Migrant. *PLoS ONE*, 7: e40822.
- Ricklefs, R. E. (1984).** Meal sizes and feeding rates of Christmas Shearwaters and Phoenix Petrels on Christmas Island, Central Pacific Ocean. - *Ornis Scand.* 15: 16- 22.
- Sydeman W.J., Penniman J.F., Penniman T.M., Pyle P., Ainley D.G. (1991)** Breeding performance in the Western gull—effects of parental age, timing of breeding and year in relation to food availability. *Anim Ecol* 60:135–149
- Thibault J. C. (1994)** Nest site tenacity and mate fidelity in relation to breeding success in Cory's Shearwater *Calonectris diomedea* *Bird Study* 41:25-28.
- Thibault J. C. (1995)** Effect of predation by the Black Rat *Rattus rattus* on the breeding success of Cory's Shearwater *Calonectris diomedea* in Corsica. *Marine Ornithology* 23: 1-10.
- Thibault J. C., Bretagnolle, V., Rabouam, C. (1997)** *Calonectris diomedea* Cory's shearwater. *BWP Update* 1:75–98
- Werner Antje Chiu (2010)** Pre-breeding period in Cory's shearwater: bird quality and foraging behavior. *Tesi MSc - UNIVERSIDADE DE COIMBRA.*
- Zimmer I., Ropert-Coudert Y., Kato A., Ancel A., Chiaradia A. (2011)** Does foraging performance change with age in female little penguins (*Eudyptula minor*)? *PLoS One* 6(1):e16098



**Zino F., Hounscome M. V., Buckle A. P., Biscoito M. (2008)** Was the removal of rabbits and house mice from Selvagem Grande beneficial to the breeding of Cory's shearwaters *Calonectris diomedea borealis*? *Oryx* 42: 151-154.