

UNIVERSIDADE DE LISBOA

FACULDADE DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA ANIMAL



FACTORES QUE INFLUENCIARAM A ESCOLHA DA PRAIA DE  
NIDIFICAÇÃO POR TARTARUGAS VERDES (*CHELONIA MYDAS*) EM  
VAMIZI, MOÇAMBIQUE, ENTRE 2003 E 2012

JOANA CORTESÃO CASIMIRO NASCIMENTO TRINDADE

DISSERTAÇÃO

MESTRADO EM BIOLOGIA DA CONSERVAÇÃO

2012

UNIVERSIDADE DE LISBOA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA ANIMAL



FACTORES QUE INFLUENCIARAM A ESCOLHA DA PRAIA DE  
NIDIFICAÇÃO POR TARTARUGAS VERDES (*CHELONIA MYDAS*) EM  
VAMIZI, MOÇAMBIQUE, ENTRE 2003 E 2012

JOANA CORTESÃO CASIMIRO NASCIMENTO TRINDADE

DISSERTAÇÃO  
MESTRADO EM BIOLOGIA DA CONSERVAÇÃO

Dissertação orientada por:

Prof. Dr. Rui Rebelo (DBA) e Prof. Dr. Almeida Guissamulo (Universidade Eduardo  
Mondlane)

2012

## **Agradecimentos**

Aos meus orientadores pelo imenso e incansável apoio que me deram na elaboração deste trabalho, e por não me deixarem desistir, mesmo nos momentos em que as coisas correram menos bem.

À Isabel Silva, sem a qual este trabalho não teria sido possível, ao aceitar que eu participasse no projecto de conservação das tartarugas marinhas em Vamizi, e por todo apoio que me deu durante o meu trabalho de campo e durante a elaboração da dissertação . Ao Oliver Nelson por garantir a minha estadia em Vamizi, e por garantir ainda que eu tenha tido sempre as condições de trabalho necessárias. Aos monitores do programa de conservação de Vamizi, por partilharem comigo o seu vasto conhecimento e experiência, e pela grande ajuda na realização das várias tarefas necessárias para a elaboração deste trabalho. À direcção do Lodge de Vamizi, por aceitar que eu desenvolvesse lá o meu trabalho de campo, sem qualquer custo.

À minha família, em especial aos meus pais e irmã por me darem as condições e apoio incondicional necessários para que eu vencesse com sucesso esta etapa da minha vida.

A todos os meus amigos, em especial os que acompanharam de perto a elaboração desta tese (Catarina, Miguel, Mariana, Tojo e Diana), pelo apoio moral, emocional e críticas ao trabalho.

Aos amigos que fiz em Vamizi, por tornarem a estadia nesta maravilhosa ilha muito mais especial, o trabalho muito menos árduo, e por todos os momentos especiais que vão para sempre ficar na minha memória.

## Resumo

As tartarugas marinhas são um grupo relativamente único entre os répteis, uma vez que são dos poucos répteis verdadeiramente marinhos. Elas permanecem no entanto ligadas à terra, uma vez que dependem dela para a incubação dos seus ovos.

A identificação das possíveis pistas que conduzem a selecção do local de nidificação tem recebido uma atenção considerável. É provável que as tartarugas marinhas usem múltiplos factores ambientais na escolha do local de nidificação, quer pela integração da informação ambiental, quer pelo uso de limiares críticos que devem ser alcançados para cada um dos factores ambientais. No entanto, as pistas que atraem as fêmeas em nidificação para um local específico de construção do ninho permanecem obscuras. Uma das formas de investigar as possíveis pistas usadas na selecção do local de nidificação é documentar o padrão espacial das escavações (ou tentativas) e das posturas efectivas, comparando-o com as condições da praia que ocorrem naturalmente. O principal objectivo deste trabalho foi identificar os factores influentes na escolha do local de nidificação em Vamizi em 2012, e em 2003-2008 e 2011. A Tartaruga verde (*Chelonya mydas* L. 1758) é uma espécie circum-global, encontrando-se a maioria das suas áreas de nidificação e alimentação em águas tropicais e subtropicais.

A distribuição dos ninhos pelas várias secções não foi uniforme em nenhum dos anos. Além disso, verificou-se uma alteração no padrão de distribuição das secções de praia preferidas, passando a praia de Comisete a ser menos visitada em 2006 e 2007 e a praias Farol e Pangaio a serem mais visitadas em 2007 e 2008. Esta distribuição desigual permitiu a criação de 3 agrupamentos distintos de praias: a praia de Comisete, a praia Soweto+Farol e a praia Pangaio+Munto Nkulo. A alteração no padrão de nidificação poderá dever-se a eventos climáticos extremos, nomeadamente a três eventos positivos do Dipolo do Oceano Índico que ocorreram entre 2006 e 2008, ou poderá ser o resultado da existência de preferências individuais de fêmeas que nidificam em anos diferentes.

O factor que pareceu influenciar a selecção do local de nidificação com mais intensidade foi a largura da praia, factor este que foi seleccionado pela análise de regressão em todos os anos. Os outros factores que influenciaram esta selecção foram a altura das árvores (ou altura das árvores+arbustos para os anos anteriores a 2012), a percentagem de herbáceas, a percentagem de

duna, a cobertura rochosa e a proximidade a promontórios. A selecção do local de nidificação foi sempre efectuada no mesmo sentido, tendo os factores sempre o mesmo tipo de influência (positiva ou negativa) ao longo dos anos. Verificou-se ainda haver diferenças na largura da praia, altura das árvores e percentagem de dunas entre as três praias, sendo Soweto+Farol a praia mais larga e a que possui uma percentagem de dunas mais elevada, e a praia Comissete a que possui árvores mais altas. Relativamente aos factores cobertura rochosa, proximidade a promontórios e altura das árvores+arbustos, não foram encontradas diferenças entre as três praias.

Os resultados obtidos no presente estudo estão em conformidade com outros estudos semelhantes efectuados para outras populações. A largura da praia tem já sido identificada como um dos principais factores que conduz a selecção do local de nidificação. No entanto, o presente estudo é um dos poucos no qual a proximidade a promontórios foi avaliada e seleccionada como um factor influente na escolha do local de nidificação em 2005.

A identificação de áreas de variáveis biológicas e ambientais particulares associadas a densidades e sucesso de ninhos mais altas fornece pistas sobre as necessidades de uma espécie em termos de habitat, o que torna a compreensão das pistas ambientais usadas pelos organismos para seleccionar o local de nidificação vital em termos de conservação. De um ponto de vista prático, ao compreender melhor quais as variáveis que afectam a escolha do local de nidificação, e conseqüentemente, a sobrevivência das tartaruginhas, poder-se-à identificar quais são as praias de nidificação prioritárias, as quais devem ser protegidas do desenvolvimento costeiro, podendo-se também levar a cabo acções de reabastecimento de areia nas principais colónias, de forma compatível com as necessidades biológicas destas espécies. Uma melhor compreensão da biologia de nidificação nas tartarugas marinhas está interligada com a nossa capacidade de avaliar o efeito de várias perturbações humanas no sucesso reprodutivo, melhorando assim a eficácia dos planos de conservação.

**Palavras-chave:** selecção; praia de nidificação; factores ambientais; Tartaruga verde; Vamizi

## Abstract

Sea turtles are a relatively unique group among reptiles, as that they are among the few truly marine reptiles. They remain attached to land however, as they are dependent on land incubation of their eggs.

The identification of the possible clues that drive nest site selection has received a considerable attention. Sea turtles are likely to use multiple environmental factors when selecting a nest site. However, the clues that attract nesting females to a specific location of nest placement remain speculative. One method of investigating possible clues used in nest-site selection is to document the spatial pattern of nests in relation to a naturally occurring range of beach conditions. The main goal of this work was to identify the factors influencing nest site selection by green turtles (*Chelonia mydas* L. 1758) in Vamizi, Quirimbas Archipelago, Mozambique, in 2012, 2003-2008 and 2011.

The distribution of the nests through the various beach sections wasn't uniform for any of the years analyzed. Furthermore, there was a change in the distribution pattern of the preferred beaches: Comissete started to be less visited in 2006 and 2007, and Farol and Pangaio started having more nests in 2007 and 2008. This uneven distribution allowed for the identification of three different groups of beaches: Comissete, Soweto+Farol and Pangaio+Munto Nkulo. The change in nesting pattern might be due to extreme climate events, namely three consecutive positive Indian Ocean Dipole events between 2006 and 2008, but it could also be the result of individual preferences between females that nest in different years.

The factor that seemed to have the biggest influence in nest site selection in Vamizi was beach width, since it was selected by the regression analysis every year. The other factors that influenced this selection were tree height (or tree+bush height for the years before 2012), the percentage of weeds, the percentage of dune, rock cover and the proximity to promontories. Nest site selection was always influenced in the same way, with factors always having the same kind of effect (positive or negative) on it throughout the years. Differences were found in beach width, tree height and dune percentage between the three beaches identified, with Soweto+Farol being the widest beach and the one with the highest percentage of dunes, and Comissete the one with higher trees. Relatively to rock cover, proximity to promontories and tree+bush height, no differences were found between the three beaches.

The results obtained in the present study are in accordance with similar studies on other sea turtle populations. Beach width has been identified as one of the main factors conducting nest site selection. This is, however, one of the few studies which have analyzed and identified proximity to promontories as a factor influencing nest site selection in 2005.

The identification of areas of particular biologic and environmental factors associated with high nest densities and success provides clues about the necessities of a species in terms of habitat, which makes the comprehension of the environmental cues used by organisms to select a nest site vital in terms of conservation. From a practical point of view, a better understanding of the variables that affect nest site selection, and, consequently, hatchling survival, can help identify which nesting beaches are a priority. These beaches should be protected from coastal development, with beach renourishment programs in the main rookeries, undertaken in a way compatible to this species' biological necessities. A better understanding of the nesting biology of sea turtles is linked to our capacity to evaluate the effect of various human disturbances on reproductive success, allowing for the improvement of our conservation plans' efficiency.

**Keywords:** selection; nesting beach; environmental factors; Green turtle; Vamizi

# Índice

Agradecimentos .....	III
Resumo .....	IV
Abstract .....	VI
1. Introdução .....	1
1.1 Factores que influenciam a escolha do local de nidificação .....	5
1.2 Objectivos .....	6
2. Materiais e métodos .....	7
2.1 Local de estudo .....	7
2.2 Recolha de dados .....	9
2.2.1 Identificação das actividades de nidificação .....	9
2.2.2 Divisão da praia em secções e sua caracterização .....	10
2.2.3 Perfil e declive da praia .....	11
2.2.4 Granulometria .....	12
2.2.5 Proximidade a promontórios .....	12
2.2.6 Anos anteriores a 2012 .....	12
2.2.7 Análise estatística .....	13
3. Resultados .....	16
3.1 Características gerais das praias de Vamizi .....	16
3.2 Nidificação em 2012 .....	17

3.3 Nidificação entre 2003-2008 e 2011.....	19
3.4 Factores influentes na escolha do local de nidificação em 2012 .....	26
3.5 Factores influentes na escolha do local de nidificação entre 2003 e 2008 e 2011...27	
4. Discussão .....	30
5. Considerações finais .....	40
6. Bibliografia.....	47

# 1. Introdução

As tartarugas marinhas são um grupo relativamente único entre os répteis, uma vez que, juntamente com algumas espécies de serpentes marinhas, são os únicos répteis verdadeiramente marinhos. As tartarugas marinhas permanecem no entanto ligadas à terra, uma vez que dependem dela para a incubação dos seus ovos (Botha, 2010).

Entre as sete espécies de tartarugas marinhas actuais, o habitat utilizado varia desde águas pelágicas em regiões temperadas a águas de plataformas continentais tropicais, sendo o principal factor limitante à sua distribuição o clima, especificamente a temperatura (Hendrickson, 1980). Em Moçambique foram registadas 5 espécies de tartarugas marinhas (Hughes, 1971) sendo a informação sobre o seu estatuto e biologia reduzida devido às três décadas de guerra que devastaram o país (Louro *et al.*, 2006; Videira *et al.*, 2008). As primeiras iniciativas de conservação no país só começaram na década de 90, no sul, onde existem importantes locais de nidificação para a Tartaruga-comum (*Caretta caretta* L. 1758) e para a Tartaruga-de-couro (*Dermochelys coriacea* Vandelli 1761) (Gove & Magane, 1996; Louro *et al.*, 2006). No norte do país, as Tartarugas verde (*Chelonya mydas* L. 1758) e bico-de-falcão (*Eretmochelys imbricata* L. 1776) são as espécies predominantes e têm sido observadas a nidificar no Parque Nacional das Quirimbas, assim como nas Ilhas Primeiras e Segundas (Hughes, 1971; Costa *et al.*; 2007; Videira *et al.*, 2008).

A Tartaruga verde é uma espécie circum-global, encontrando-se a maioria das suas áreas de nidificação e alimentação em águas tropicais (Prichard, 1997) e subtropicais (Seminoff, 2004). Esta espécie nidifica em mais de 80 países por todo o mundo (Hirth, 1997), e pensa-se que habite as águas costeiras de mais de 140 países (Groombridge and Luxmoore, 1989). Há grandes colónias de nidificação nas costas continentais da Costa Rica (Bjorndal *et al.*, 1999), nas ilhas dos recifes de corais em Queensland, Austrália (Limpus, 1995), na Ilha de Ascensão (Godley *et al.*, 2001) e na ilha de Poilão, Guiné-Bissau (Catry *et al.*, 2009). Algumas populações nidificam durante todo o ano, enquanto que outras nidificam sazonalmente (Hirth, 1980). No Oeste do Oceano Índico, as maiores colónias encontram-se no arquipélago das Comores, com mais de 2000 fêmeas em Mayotte e entre 1000 e 3000 em Moheli; no arquipélago das Seychelles, com 3500 a 4700 fêmeas, e nas Ilhas Eparsas (Ilhas Europa e Tromelin), com 2000 a 11000 fêmeas (Garnier *et al.*, 2012).

Devido à sobre-exploração dos ovos e carne como recursos alimentares e, num menor grau, à mortalidade acidental relacionada com a pesca e degradação do habitat marinho e de nidificação, as populações de tartaruga-verde têm diminuído por todo o mundo (Groombridge & Luxmore, 1989). Esta espécie está actualmente listada como “em perigo” no livro vermelho da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) e está incluída no apêndice I da Convenção sobre o Comércio Internacional das Espécies da Fauna e da Flora Selvagens Ameaçadas de Extinção (CITES) (Seminoff *et al.*, 2003). No entanto, depois da implementação de programas de conservação a longo-prazo, o estatuto de algumas populações melhorou e o número de fêmeas nidificantes aumentou (Bourjea *et al.*, 2007a).

A maioria das tartarugas marinhas reproduz-se apenas de dois em dois ou de três em três anos, havendo muito poucas fêmeas que nidificam todos os anos (Boulon *et al.*, 1996; Hughes 1996; Miller *et al.*, 2001). O número de ninhos construídos por época e o número de ovos postos por ninho dependem da espécie, variando entre 6 ninhos para a Tartaruga-comum e 11 ninhos por época para a Tartaruga-de-couro (Botha, 2010). Para ser bem sucedida, a reprodução das tartarugas marinhas deve ocorrer quando as condições ambientais garantem a actividade dos adultos (e.g., quantidade e qualidade suficientes de alimento, estrutura adequada da praia para a escavação, habitat marinho adequado próximo à praia de nidificação entre as várias nidificações de uma mesma época) (Georges *et al.*, 1993). Além disso, as condições ambientais da praia de nidificação devem favorecer o desenvolvimento e sobrevivência dos embriões (i.e., flutuações de temperatura modestas, salinidade baixa, humidade elevada, boa drenagem e arejamento da areia; Miller *et al.*, 2003). Adicionalmente, as tartaruguinhas devem emergir em condições que aumentem a sua probabilidade de sobrevivência, quer na própria praia, quer no mar (e.g., uma baixa predação no percurso até ao mar e logo após a entrada, correntes no alto mar apropriadas para a dispersão) (Miller *et al.*, 2003).

As tartarugas marinhas não apresentam cuidados parentais, o que torna a escolha do local de nidificação particularmente importante para as crias. De facto, esta é a única forma que a fêmea tem de maximizar a sobrevivência das suas crias. Este comportamento é também importante uma vez que estas espécies apresentam determinação sexual dependente da temperatura (Kamel *et al.*, 2005). Uma elevada consistência na escolha maternal do local de nidificação pode assim permitir o controlo do rácio sexual das posturas (Kamel *et al.*, 2005).

Uma vez que as fêmeas tenham voltado até às suas praias natais, a área específica onde o ninho é escavado resulta de uma selecção baseada em pistas ou no conhecimento prévio da área, comportamento conhecido como fidelidade ao local de nidificação (Botha, 2010). A escolha do local de nidificação, ou seja, a colocação não aleatória dos ovos numa área particular, tem sido documentada em muitas espécies de anfíbios, répteis e aves (e.g. Madsen & Shine, 1999; Halloy & Fiano, 2000; Misenhelter & Rotenberry, 2000 *in* Kamel *et al.*, 2005). Todas as espécies de tartarugas marinhas apresentam este comportamento (Hirth, 1980, Ehrhart, 1992), sendo a Tartaruga verde a que o demonstra a um maior grau (Ekanayake, 2010).

Há algumas características comuns às praias que mantêm as colónias de tartarugas marinhas mais produtivas (Mortimer, 1982): são normalmente caracterizadas pelo fácil acesso pelo mar, pela sua natureza arenosa, que fornece um ambiente óptimo para o desenvolvimento embrionário, pela ocorrência de plataformas elevadas que minimizem a probabilidade de os ninhos serem destruídos por ondas de marés altas ou originadas por tempestades (Provancha & Ehrhart, 1987), pelas suas reduzidas comunidades de predadores terrestres (que predem as fêmeas, os ovos ou as tartaruguinhas) (Mortimer, 1982) e, para a maioria das espécies, por estarem localizadas perto de correntes oceânicas que transportam as tartaruguinhas para os seus habitats oceânicos (Salmon *et al.*, 1995). Poucas praias de nidificação possuem todas estas características, e a maior parte das praias utilizadas representam provavelmente um compromisso entre estes atributos físicos e biológicos (Mortimer, 1982).

Uma vez que as fêmeas tenham escolhido o troço da praia onde nidificar, elas necessitam de seleccionar o local por onde emergem para a praia e finalmente onde depositar os ovos (Miller *et al.*, 2001). A selecção do local de oviposição pela fêmea envolve um compromisso entre o custo da procura de um local de nidificação adequado e as vantagens reprodutivas de escolher um local com boas probabilidades de sucesso (Botha, 2010).

A escolha do local de nidificação pode fortemente influenciar a sobrevivência das crias, e ter, portanto, consequências importantes na *fitness* reprodutora dos adultos (Hays *et al.*, 1993). Através da escolha do local de nidificação, as mães influenciam as condições de incubação às quais os embriões em desenvolvimento estão sujeitos, o que tem um impacto profundo no fenótipo das crias. O tamanho corporal, o sexo, a taxa de desenvolvimento, o comportamento locomotor, o comportamento de termorregulação, a taxa de crescimento e outras características

das crias são todas influenciadas pelas condições de incubação (e.g. Miller *et al.*, 1987; Packard *et al.*, 1987; Plummer & Snell, 1988; Janzen *et al.*, 1990; Shine & Harlow, 1996; O’Steen, 1998; Packard *et al.*, 1999). Além do fenótipo das crias, a escolha do local de nidificação influencia também as crias depois de estas terem emergido do ninho, ao determinar o habitat que elas têm de atravessar para chegar ao mar (Kolbe & Janzen, 2001).

Algumas estimativas de alta repetibilidade na escolha do local de nidificação têm sido usadas como prova indirecta de que este comportamento é hereditário. Devido às dificuldades inerentes à estimativa de parâmetros genéticos quantitativos, especialmente em espécies com gerações longas, os investigadores usam frequentemente a repetibilidade como uma estimativa da hereditabilidade. É assim possível que haja uma forte componente genética na escolha do local de nidificação, uma vez que, apesar da variação ambiental, as estimativas medidas no campo são superiores às de muitas experiências laboratoriais controladas sobre a repetibilidade comportamental (Kamel & Mrosovsky, 2005).

Em alternativa, a consistência do comportamento pode surgir através de vários factores não hereditários (Widemo & Saether, 1999). Por exemplo, pode ocorrer o “imprint” das tartaruginhas durante a incubação e após a emergência dos ninhos, que as leve a voltar para nidificar no mesmo ambiente muitos anos depois. Para as tartarugas marinhas estudadas até hoje um maior número de fêmeas é produzido a temperaturas mais altas, enquanto que temperaturas mais baixas produzem um maior número de machos (Mrosovsky, 1994). Tal explicação parece então pouco provável, uma vez que, por exemplo, os ninhos construídos em áreas da floresta são geralmente mais frios (porque estão sujeitos a sombra), produzindo mais machos do que fêmeas. Isto significa que muito poucas fêmeas iriam ficar “imprinted” em áreas da floresta, uma tendência não observada actualmente, uma vez que uma proporção importante de fêmeas prefere nidificar nestas áreas. Se, no entanto, os machos transportarem os genes para as preferências do local de nidificação, eles poderão passá-los para as suas filhas, permitindo uma maior proporção de ninhos construídos na floresta. O “imprinting” extremo parece ser também um cenário pouco provável devido ao seu risco inerente. Se uma fêmea constrói o seu ninho num habitat de reduzida qualidade, então todos os ninhos escavados por esta fêmea em particular ao longo de toda a sua vida estariam também condenados (Lotem, 1993; Janzen &

Morjan, 2001). Finalmente, outra possibilidade é que a motivação ou o estado físico possa afectar a tomada de decisões (Bilde *et al.*, 2002) e levar a diferenças entre indivíduos.

### 1.1. Factores que influenciam a escolha do local de nidificação

A identificação das possíveis pistas que conduzem a selecção do local de nidificação tem recebido uma atenção considerável (Miller, 1997). É provável que as tartarugas marinhas usem múltiplos factores ambientais na escolha do local de nidificação, quer pela integração da informação ambiental, quer pelo uso de limiares críticos que devem ser alcançados para cada um dos factores ambientais (Mazaris *et al.*, 2006). No entanto, as pistas que atraem as fêmeas em nidificação para um local específico de construção do ninho permanecem obscuras (Botha, 2010). Os resultados dos estudos da escolha do local de nidificação variam frequentemente de colónia para colónia, mesmo para a mesma espécie, não havendo factores que consistentemente afectem a escolha do local de nidificação no mesmo grau (Botha, 2010).

Uma das formas de investigar as possíveis pistas usadas na selecção do local de nidificação é documentar o padrão espacial das escavações (ou tentativas) e das posturas efectivas, comparando-o com as condições da praia que ocorrem naturalmente. Podem assim ser desenvolvidas hipóteses para a identificação dos factores que levam à construção do ninho (Hays *et al.*, 1995).

As variáveis tipicamente medidas pelos pesquisadores que estudam a selecção do local de nidificação por tartarugas marinhas incluem a distância à linha da costa, a elevação acima do nível da água, o declive e a cobertura e altura da vegetação envolvente. A distância à linha da costa e a elevação acima do nível de água são as variáveis mais frequentemente avaliadas em estudos de espécies que nidifiquem em praias e baixios e relacionam-se com a probabilidade do ninho ser inundado nas marés altas ou em condições alterosas (Burger & Montevecchi, 1975; Plummer, 1976; Cox and Marion, 1978; Ehrenfeld, 1979 *in* Wilson; 1998). O declive e a densidade da vegetação mais alta são variáveis mais frequentemente associados à temperatura de incubação dos ovos (Schwarzkopf & Brooks, 1987; Plummer *et al.*, 1994 *in* Wilson, 1998). Assim, a cobertura vegetal na imediação do ninho tem sido investigada pelo seu papel na determinação do rácio sexual das tartaruginhas (Janzen, 1994 *in* Wilson, 1998).

A análise realizada para emergências de fêmeas e sucesso de nidificação de *C. caretta* por Mazaris *et al.* (2006) identificou a largura da praia como a variável mais importante para esta espécie, o que poderá ser explicado pelo facto da escolha de praias mais largas proporcionar às fêmeas um maior número de locais potenciais de nidificação em termos de características micro-ambientais favoráveis (Miller *et al.*, 2003).

## 1.2. Objectivos

Este trabalho tem como principal objectivo compreender melhor o processo de nidificação na ilha de Vamizi (arquipélago das Quirimbas, Moçambique), desde 2003, de modo a identificar quais os principais factores com influência na escolha do local de nidificação e a estimar qual a probabilidade de obter resultados diferentes analisando apenas os dados de um dos anos do programa de monitorização. Assim, o trabalho foi organizado segundo os seguintes objectivos parciais:

1. Avaliar se a nidificação foi semelhante ao longo das várias secções das praias de nidificação para os vários anos de estudo;
2. Identificar os factores influentes na escolha do local de nidificação em 2012, e em 2003-2008 e 2011.

Para tal, foram utilizados os resultados da monitorização regular que decorre nesta ilha desde 2003, tendo esse trabalho sido continuado e aprofundado com a realização de uma caracterização detalhada das condições ambientais em 2012.

## 2. Materiais e métodos

### 2.1 Local de estudo

A Ilha de Vamizi é uma das ilhas localizadas mais a norte no Arquipélago das Quirimbas (figura 1), uma cadeia contínua de 32 ilhas e vários complexos de corais que se estendem por 200km ao longo da costa da província de Cabo Delgado, no norte de Moçambique. As ilhas do Norte das Quirimbas suportam alguns dos mais saudáveis recifes de coral do Oceano Índico Oeste e têm, muito possivelmente, um papel-chave na região, uma vez que se encontram na área onde a Corrente Equatorial do Sul se divide na Corrente de Moçambique que flui para sul e a Corrente Costeira Este Africana que flui para norte (Garnier *et al.*, 2012). O clima é fortemente influenciado pelo extremo sul do Sistema Oriental Africano de Monções, sendo que a maior parte da precipitação ocorre entre Dezembro e Abril, com ventos sul-este predominando entre Março e Setembro e ventos de norte entre Outubro e Fevereiro (Garnier *et al.*, 2012).



Figura 1. Mapa da localização do Arquipélago das Quirimbas

A Ilha de Vamizi tem aproximadamente 12km de comprimento e 2km de largura, com o seu eixo principal situado numa direcção Este-Oeste. A ponta mais Oeste da ilha encontra-se a aproximadamente 4km do continente, ao longo de um sistema pouco profundo de planícies lodosas e mangais (Davidson *et al.*, 2006).

O programa comunitário de conservação de tartarugas marinhas desenvolvido em Vamizi desde 2003 tem permitido a identificação e protecção de um local chave de nidificação da Tartaruga verde em Moçambique, com uma média de 122 ninhos por ano. Esta área é também usada por fêmeas nidificantes e imaturas de *Eretmochelys imbricata* (bico-de-falcão) (Garnier *et al.*, 2012).

As principais praias de nidificação em Vamizi, Comissete e Farol encontram-se a Este, cobrindo um total de 6.5km de costa, com duas outras praias de nidificação (Munto Nkulo e Pangaio) também usadas, a sul (Garnier *et al.*, 2012) (figura 2). A nidificação na praia de Comissete é predominante entre Novembro e Fevereiro, enquanto que a nidificação na praia do Farol predomina normalmente entre Março e Junho. A nidificação na praia de Pangaio permaneceu muito baixa até 2006, quando começaram a ser contruídos ninhos nesta praia em quase todos os meses do ano. A pequena praia de Munto Nkulo é apenas usada ocasionalmente, podendo não ser usada de todo em alguns anos (Garnier & Silva, 2007).

As cerca de 50 fêmeas que nidificam anualmente em Vamizi são a mais importante população de tartarugas verdes em Moçambique (Videira *et al.*, 2008). A nidificação desta espécie só foi detectada em três outros locais no país (Parque Nacional do Arquipélago do Bazaruto, Arquipélago das Primeiras e Segundas e Parque Nacional das Quirimbas), com um máximo de 20 ninhos por ano (Videira *et al.*, 2008). Regionalmente, a população nidificante de Vamizi é muito menor do que as das grandes colónias do Oceano Índico Sudoeste, mas a sua proximidade a Mayote e Moheli no Arquipélago dos Comores, Ilha Aldabra nas Seichelles e Ilha Grande Glorieuse, onde populações nidificantes de Tartaruga verde estão a aumentar, salienta a contribuição para a manutenção desta espécie na região (Le Gall *et al.*, 1986; Seminoff, 2004; Bourjea *et al.*, 2007a). Além disso, a população de Vamizi contribui para a diversidade genética da Tartaruga verde nesta região, que acolhe populações do Atlântico e do Indo-Pacífico (Bourjea *et al.*, 2007b).

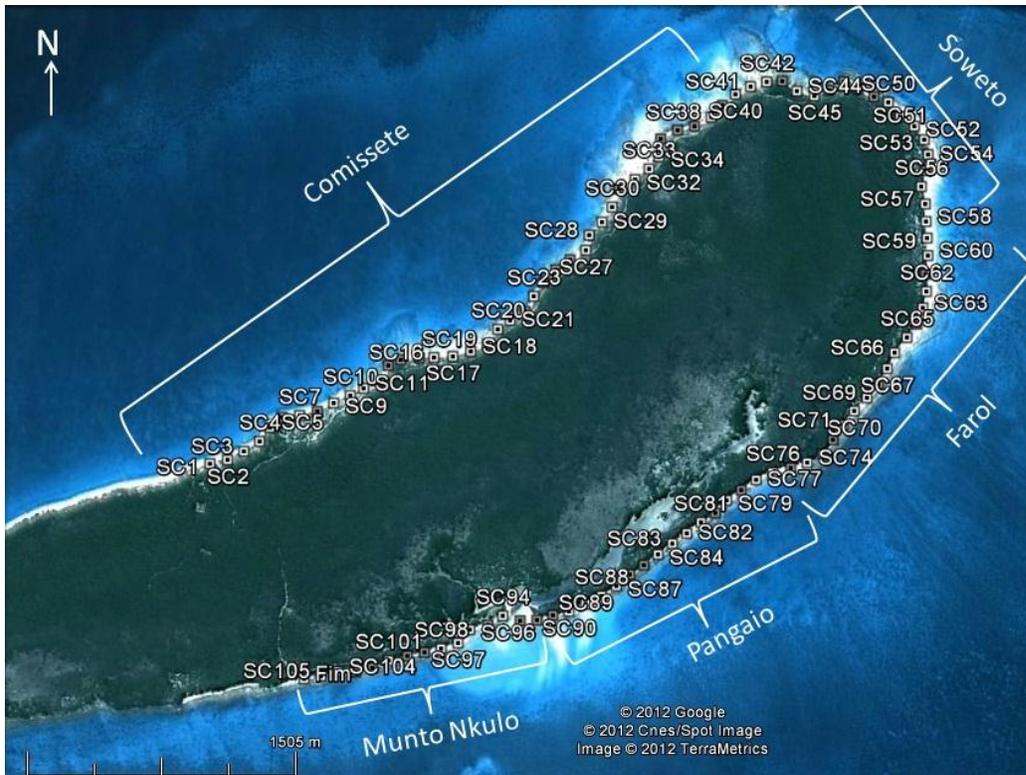


Figura 2. Mapa de Vamizi com a indicação da localização das praias de nidificação e das secções nas quais toda a zona utilizada pelas tartarugas foi dividida neste trabalho (ver 2.2.2).

## 2.2 Recolha de dados

### 2.2.1 Identificação das actividades de nidificação

A nidificação em Vamizi ocorre ao longo de cerca de 10,5km de praia, começando a norte na praia de Comissete e acabando a sul, na praia de Munto Nkulo. Esta extensão de praia é patrulhada diariamente desde 2002, ao longo de todo o ano. Tanto os novos ninhos como os chamados *no nests* (nidificação interrompida por alguma razão) são registados, sendo anotadas as suas coordenadas geográficas com um GPS. No caso dos ninhos construídos com sucesso, são ainda anotados outros dados como a espécie de tartaruga que o escavou, a distância do ninho à linha da maré alta, a altura do degrau (ou duna) no local onde o ninho foi construído, o tipo de vegetação à volta do ninho, o tamanho do rasto deixado pelas fêmeas e outras notas, como por exemplo se o ninho está em risco de ser inundado pela água do mar.

Devido a erros na marcação do GPS dos ninhos, ou à sua inexistência (as localizações das actividades de nidificação não foram registadas para os anos de 2009 e 2010, por exemplo), uma

pequena percentagem das actividades de nidificação não foi incluída neste trabalho, como indica a tabela 1.

Tabela 1. Número total de actividades de nidificação identificadas *versus* número de ninhos incluídos neste trabalho

<b>Ano</b>	<b>Total actividade de nidificação</b>	<b>Nº de ninhos incluídos neste trabalho</b>
2003	186	142
2004	123	107
2005	215	166
2006	198	130
2007	177	148
2008	248	222
2011	237	95
2012	163	145

### 2.2.2 Divisão da praia em secções e sua caracterização

Os 10,5km de praia foram divididos em 21 secções de 500m cada, sendo cada uma delas depois dividida em 5 secções de 100m, num total de 105. A posição geográfica do início de cada secção foi obtida com um GPS (eTrex H®, Garmin), o que permitiu criar o mapa apresentado na figura . Em cada secção de 100 m foram medidas as seguintes variáveis:

1. Cobertura rochosa: foi registada a existência e extensão de rochas, sendo atribuído a cada secção um valor de 0 (sem rochas), 1 (rochas em parte da extensão ou rochas submersas) e 2 (rochas em toda a extensão);
2. Presença e altura de degraus ou dunas: devido à erosão, verifica-se em algumas secções a presença de degraus. Juntamente com as dunas, estes degraus poderão dificultar o acesso das tartarugas a áreas mais afastadas da linha da maré alta. A sua altura foi medida com uma fita métrica, a meio de cada secção.

3. Sinais de erosão: foi registada a presença (ou ausência) de sinais de erosão, como por exemplo árvores caídas ou com as suas raízes expostas. A secções com sinais de erosão foi atribuído o valor 1 e a secções sem sinais de erosão o valor 0.
4. Largura da praia (extensão de areal): largura da praia em metros desde a linha da vegetação até à linha da maré baixa.
5. Percentagem de vegetação costeira: a partir de um ponto de vista semelhante ao da chegada da tartaruga à praia, foi estimada a percentagem de horizonte ocupado por árvores, arbustos e herbáceas.
6. Altura da vegetação costeira: foi também estimada a altura da vegetação costeira, de forma semelhante à indicada anteriormente.
7. Percentagem de duna: de forma semelhante à descrita para a vegetação costeira, calculou-se a percentagem das secções onde o horizonte é constituído maioritariamente por dunas ou areal.
8. Percentagem de água: uma vez que existe um estuário em uma das praias de nidificação, foi também medida a percentagem de horizonte que se apresentava como água.

### 2.2.3 Perfil e declive da praia

Foram estabelecidos 35 pontos ao longo da praia. O perfil foi medido nestes pontos uma vez por mês, entre Janeiro e Abril, através do método de Emery (Emery, 1961). Este consiste na utilização de duas varas graduadas (intervalos de 1cm), ligadas por uma corda com 1m de comprimento. Este comprimento define o intervalo entre os vários pontos de medição ao longo do perfil. Em cada ponto de medição, as duas varas foram colocadas perpendicularmente à linha da maré. Realizando a medição à medida que se desce, alinha-se o topo da vara que está mais perto do mar com a linha do horizonte, criando uma linha imaginária. Essa linha é então estendida até a vara mais próxima do observador, registando-se o valor correspondente ao local em que esta é interceptada. Esse valor terá um sinal negativo e corresponderá à diferença de altura entre os dois locais em que se encontra cada vara (neste caso, a diferença de altura ao longo de 1m). O perfil foi calculado somando os valores obtidos nas várias observações para cada estação. De modo a permitir uma comparação entre as várias secções, os vários valores foram depois transformados em declive, obtendo-se um valor único para cada estação de

medição. Para tal, foi feita a média do valor máximo do perfil para os quatro meses, dividindo-se depois essa média pela distância em metros entre a última medição e o ponto no qual começa a descida.

Para as secções localizadas entre aquelas onde foi medido o perfil, foi obtida uma estimativa de declive calculando a média ponderada entre os dois pontos de medição mais próximos, tendo em consideração a proximidade diferencial a cada ponto de medição.

#### 2.3.4 Granulometria

Em cada estação de medição de perfis foi recolhida uma amostra de areia. Cada amostra foi analisada à lupa (Zoom Stereomicroscope, Wild M8, Heerbrugg), sendo medidos 15 grãos de areia em cada caso. O valor médio da dimensão dos grãos de areia para as 105 secções foi estimado a partir dos valores obtidos para as 35 estações de medição, utilizando a metodologia descrita no ponto anterior.

#### 2.2.5 Proximidade a promontórios

A escolha do local de nidificação pode ser influenciada pela facilidade de acesso a uma determinada secção da praia (em função das correntes e da própria geografia da ilha). Observando a distribuição dos ninhos ao longo da praia, verificou-se que algumas secções próximas a promontórios tinham ninhos com mais ou menos frequência, conforme estivessem depois (secções protegidas pelo promontório) ou antes (secções expostas aos ventos e correntes dominantes) destes, respectivamente. Assim, foi medida a distância entre o ponto médio de cada secção ao promontório mais próximo. A secções situadas antes do promontório foi atribuído um valor negativo, enquanto que a secções situadas depois do promontório foi atribuído um valor positivo. A secções situadas exactamente entre dois promontórios foi atribuído o valor 0.

#### 2.2.6 Anos anteriores a 2012

Uma vez que as medições no campo para o presente trabalho só foram levadas a cabo em 2012, nem todas as variáveis puderam ser testadas para os dados referentes a anos anteriores. Para esta comparação, a altura e percentagem das árvores e arbustos foram transformados em uma só variável, uma vez que em nove anos poucas alterações terão ocorrido nestas variáveis

(comunicação pessoal da equipa de conservação da ilha de Vamizi). Foram assim criadas as variáveis “percentagem de (árvores+arbustos)” e “altura média de (árvores+arbustos)”.

Uma vez que a largura da praia se pode ter alterado ao longo dos anos, mas não de um modo extremo, as secções foram agrupadas de acordo com o critério apresentado na Tabela 2. O critério para o ponto de corte entre as diferentes larguras foi obtido pela observação da distribuição de frequências de larguras de praia entre as 105 secções, procurando-se distribuir as secções por 3 grupos com aproximadamente o mesmo número de secções:

Tabela 2. Agrupamento das secções de acordo com a sua largura

<b>Intervalo de largura da praia (m)</b>	<b>Grupo</b>
0-8m	1
8,5-16m	2
$\geq 16,5m$	3

Foi então usado o valor do grupo de cada secção, e não o valor exacto da largura dessa mesma secção, tanto para 2012 como para os anos anteriores.

### 2.2.7 Análise estatística

Para verificar se houve diferenças no número de ninhos entre as várias secções para os vários anos, foram realizados testes chi-quadrado. Para tal criaram-se conjuntos de secções de forma a que cada conjunto tivesse no mínimo 5 ninhos. Estes conjuntos de secções foram depois novamente agrupados em 3 novos agrupamentos correspondentes às praias Comissete, Soweto+Farol e Pangaio+Munto Nkulo, respectivamente (tabela 3), os quais também foram comparados com o teste chi-quadrado. Finalmente, foram comparadas as várias secções dentro de cada agrupamento, de modo a testar a uniformidade da distribuição dos ninhos dentro de cada agrupamento de secções.

Tabela 3. Secções incluídas em cada agrupamento usado nas comparações com o teste chi-quadrado

<b>Agrupamento</b>	<b>Secções</b>
Comissete	1-41
Soweto+Farol	42-73
Pangaio+Munto Nkulo	74-105

Para procurar identificar quais os factores que influenciam a escolha do local de nidificação, foi atribuído a cada secção, para cada ano, o valor de 1 ou 0, consoante algum ninho tivesse sido construído naquela secção ou não, respectivamente.

Foram primeiro feitos testes de correlação (Spearman) bivariados para verificar quais as variáveis correlacionadas fortemente (ver lista na tabela 4). Quando encontrada uma correlação significativa elevada (com um coeficiente de correlação superior a 0,6) foi excluída da análise a variável com menor interesse biológico.

De seguida foram efectuadas Regressões Binárias Logísticas para cada ano e para cada variável. Após uma selecção prévia das variáveis a considerar para cada análise, tendo sido seleccionadas apenas aquelas que apresentaram alguma relação potencialmente significativa ( $p < 0,25$ ) com a presença de ninhos, as regressões logísticas foram efectuadas segundo o Método “Enter”, que considera os efeitos da inclusão em separado de cada variável na capacidade explicativa do modelo final.

Finalmente foram efectuadas análises de variância univariadas para verificar se houve diferenças entre as variáveis seleccionadas para cada ano entre os três agrupamentos de secções propostos na Tabela 3, seguidas do teste post-hoc de Tukey nos casos em que foram encontradas diferenças.

Tabela 4. Factores incluídos na análise

<b>Factores</b>	<b>2003-2008 e 2011</b>	<b>2012</b>
Cobertura rochosa	x	x
Altura de degraus/dunas	-	x
Sinais de erosão	-	x
Largura da praia (extensão de areal)	-	x
Lixo	-	x
% árvores	-	x
Altura árvores	-	x
% arbustos	-	x
Altura arbustos	-	x
% herbáceas	-	x
Altura herbáceas	-	x
% duna	x	x
% água	x	x
Declive	-	x
Granulometria	-	x
Distância a promontórios	x	x
% árvores + arbustos	x	-
Altura árvores + arbustos	x	-

Os testes chi-quadrado foram efectuados no programa StatSoft, Inc. (2011) STATISTICA (data analysis software system), versão 10. Todas as regressões e análises de variância foram efectuadas no programa IBM® SPSS® Statistics versão 20.

### 3. Resultados

#### 3.1. Características gerais das praias de Vamizi

Em Vamizi existe uma grande variabilidade no que diz respeito à extensão de areal, ou seja, à largura da praia. A zona com extensão máxima encontra-se na praia do Farol e ocupa cerca de 1,5km da linha costeira. Nesta região a largura média da praia é de 25,5m. A zona com extensão mínima encontra-se na praia de Pangaio e ocupa cerca de 800m da linha costeira. Nesta região a largura média da praia é de 7,75m.

As 5 praias usadas pelas tartarugas na construção dos seus ninhos são quase todas rodeadas por rochas. De facto, apenas 2 das secções avaliadas se encontram completamente livres de rochas, sendo que outras 10 secções não são totalmente rodeadas de rochas ou estão rodeadas por rochas que estão imersas na maior parte do tempo, permitindo um melhor acesso pelas tartarugas.

A erosão é um grave problema em Vamizi, sendo que 55 das 105 secções (52,38%) mostram sinais claros de erosão. Grande parte das secções restantes está também sob esta ameaça, embora com sinais menos aparentes.

Quando chegam às praias, o horizonte encontrado pelas tartarugas é constituído maioritariamente por árvores (43,64%), com uma altura de cerca de 13m, herbáceas (22,4%) com cerca de 13cm e finalmente por arbustos (10,56%), com cerca de 72cm (tabela 5). Outros 23,4% são ainda constituídos por areia na forma de degraus ou dunas, sendo que uma das secções é atravessada por um estuário, na qual 50% do horizonte é constituído por água.

Embora se tenham observado tocas de caranguejos-fantasma (*Ocypode* sp.) perto dos ninhos, a predação é um fenómeno muito raro em Vamizi, tendo atingido menos de 1% dos ninhos nos meses de observação.

As secções são formadas por segmentos descontínuos constituídos por vegetação ou areia (sem vegetação). Os segmentos podem então ser divididos em 4 tipos, de acordo com a maioria da vegetação neles encontrada (quando vistos da praia): segmentos com árvores, segmentos com arbustos, segmentos com herbáceas e segmentos sem vegetação (Anexo I).

Tabela 5. Características da vegetação para o total das secções em 2012

Característica	Média	Desvio padrão
Altura média árvores	12,86m	4,93m
Altura média arbustos	71,81cm	67,48cm
Altura média herbáceas	13,12cm	8,87cm
Percentagem média árvores	43,64%	28,20%
Percentagem média arbustos	10,56%	13,74%
Percentagem média herbáceas	22,4%	18,42%

### 3.2 Nidificação em 2012

Entre 14 de Dezembro de 2011 e 14 de Setembro de 2012 foram registadas em Vamizi 162 actividades de nidificação, das quais 140 resultaram em ninhos e 22 em *no nests*.



Figura 3. Mapa da distribuição dos ninhos (vermelho) e *no nests* (amarelo) ao longo das quatro praias de nidificação em 2012

Os ninhos foram construídos a uma distância média de 0,59m da vegetação (desvio padrão (d.p.) = 1,75) e a 0,67m (d.p. = 1,74) da linha da preia mar. Encontrou-se lixo junto a

51,23% dos ninhos, no momento da sua marcação. A altura média da vegetação à volta do ninho foi de 36,4cm (d.p. = 62,33) e estes tinham em média 17% de cobertura (d.p. = 29,27) por sombra (tabela 6).

Tabela 6. Descrição do microhabitat nos locais de escavação dos ninhos em 2012

<b>Característica</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>
Distância média entre ninhos e vegetação	59cm	175cm
Distância média entre ninhos e linha da maré alta	32cm	193cm
Altura média da vegetação à volta do ninho	36,4cm	62,33cm
Percentagem média de sombra	17%	29,27%
Distância média entre a maré alta e árvores	6,73m	7,15m
Distância média entre a maré alta e herbáceas	48,41cm	104,76cm
Altura média da floresta	8,17m	4,86m
Altura média das herbáceas	13,12cm	8,45cm

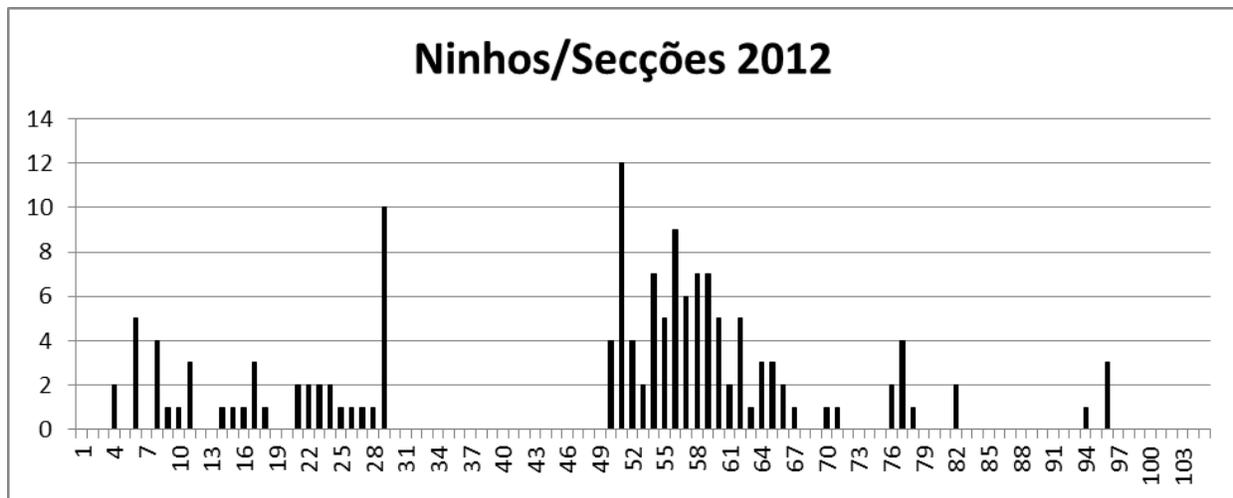


Figura 4 – Número de ninhos por secção em 2012. Para a numeração das secções, ver a Figura 2.

A distribuição dos ninhos pelas várias secções não foi uniforme (figura 4), com uma clara preferência pelas secções 29 e 51 a 59. Observaram-se também alguns grupos de secções em que não foram construídos ninhos, como é o caso das secções 30 a 49.

### 3.3 Nidificação entre 2003-2008 e 2011

Entre 2003-2008 e 2011 foram localizadas um total de 1384 actividades de nidificação (figura 5).

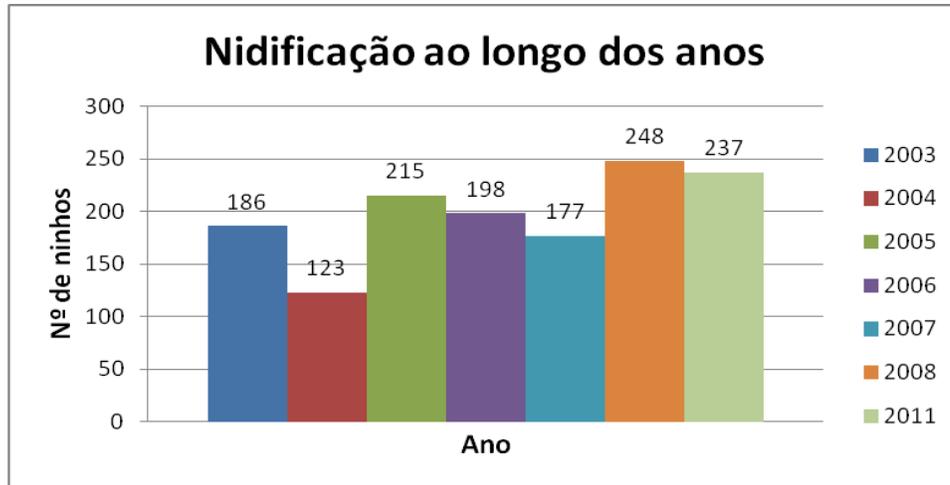


Figura 5 – Gráfico do total de actividades de nidificação por ano

Esta actividade distribuiu-se ao longo de todas as praias como se pode observar nos mapas das figuras 6 a 12.



Figura 6 - Mapa da distribuição dos ninhos (vermelho) e no nest (amarelo) ao longo das quatro praias de nidificação em 2003



Figura 7 - Mapa da distribuição dos ninhos (vermelho) e *no nest* (amarelo) ao longo das quatro praias de nidificação em 2004



Figura 8 - Mapa da distribuição dos ninhos (vermelho) e *no nest* (amarelo) ao longo das quatro praias de nidificação em 2005



Figura 9 - Mapa da distribuição dos ninhos (vermelho) e *no nest* (amarelo) ao longo das quatro praias de nidificação em 2006



Figura 10 - Mapa da distribuição dos ninhos (vermelho) e *no nest* (amarelo) ao longo das quatro praias de nidificação em 2007



Figura 11 - Mapa da distribuição dos ninhos (vermelho) e *no nest* (amarelo) ao longo das quatro praias de nidificação em 2008



Figura 12 - Mapa da distribuição dos ninhos (vermelho) ao longo das quatro praias de nidificação em 2011

O número de ninhos não foi constante ao longo das secções de praia para os vários anos analisados. Houve alguma alteração no padrão de distribuição das secções preferidas, especialmente nas primeiras secções e principalmente a partir de 2006 (figuras 13 a 19).

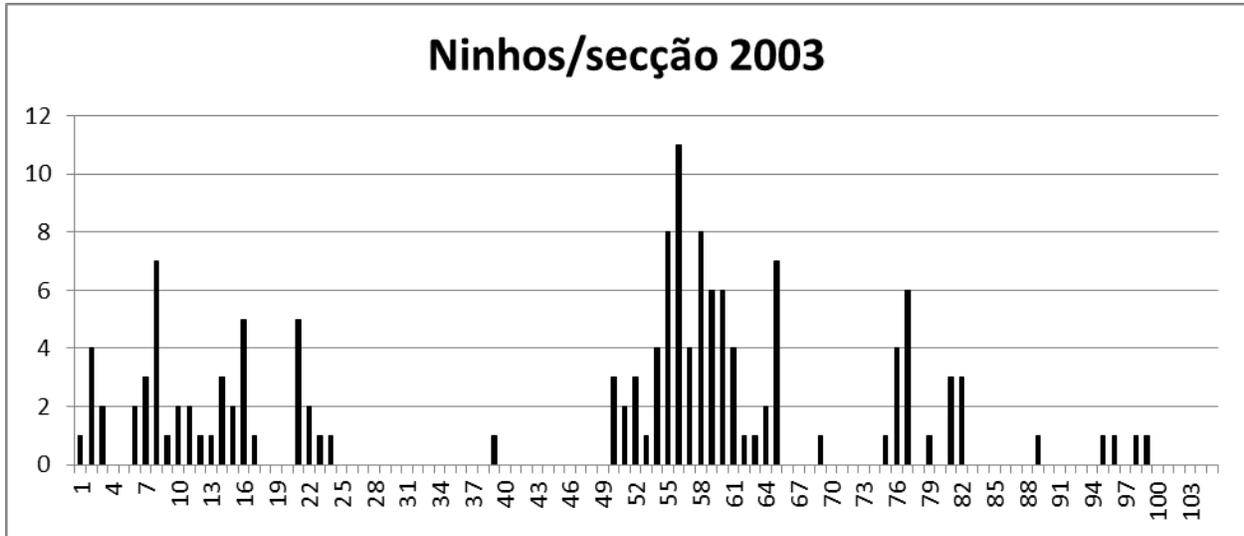


Figura 13 - Número de ninhos por secção em 2003. Para a numeração das secções, ver figura 2.

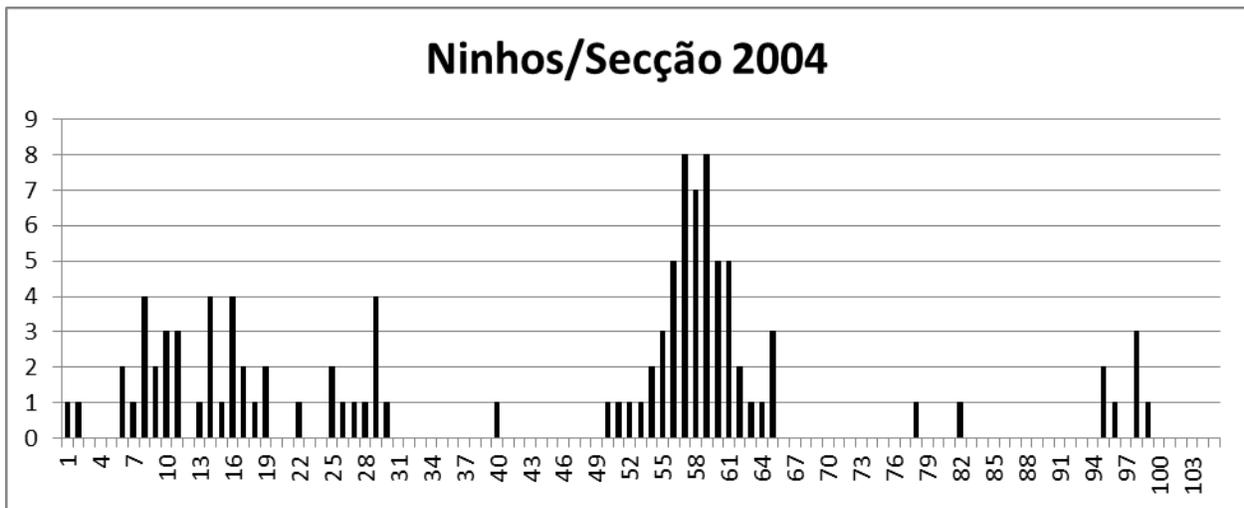


Figura 14 - Número de ninhos por secção em 2004. Para a numeração das secções, ver figura 2.

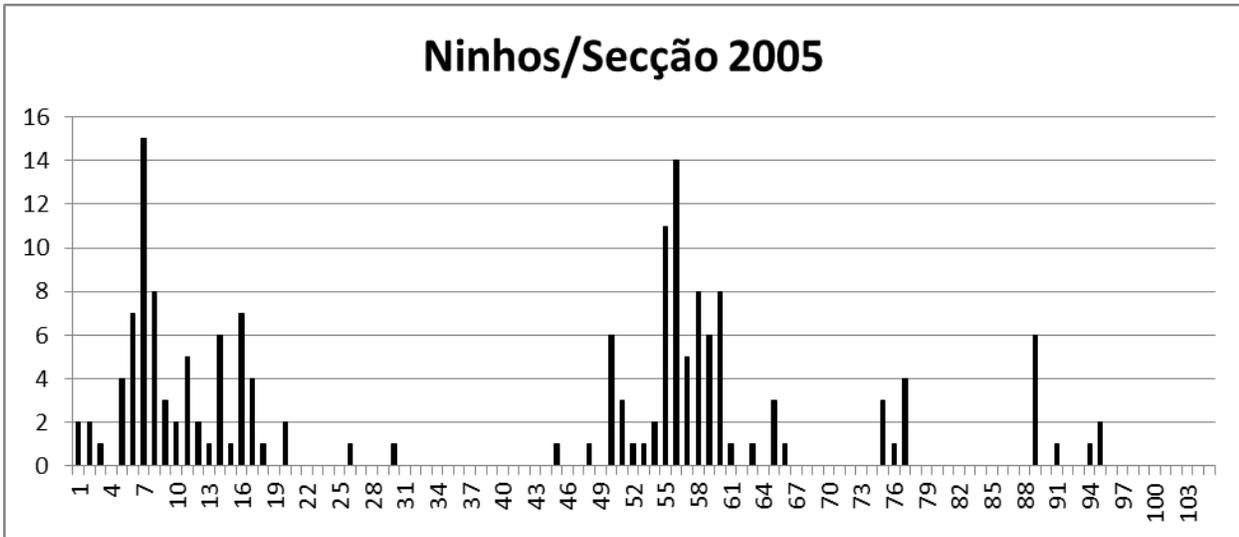


Figura 15 - Número de ninhos por secção em 2005. Para a numeração das secções, ver figura 2.

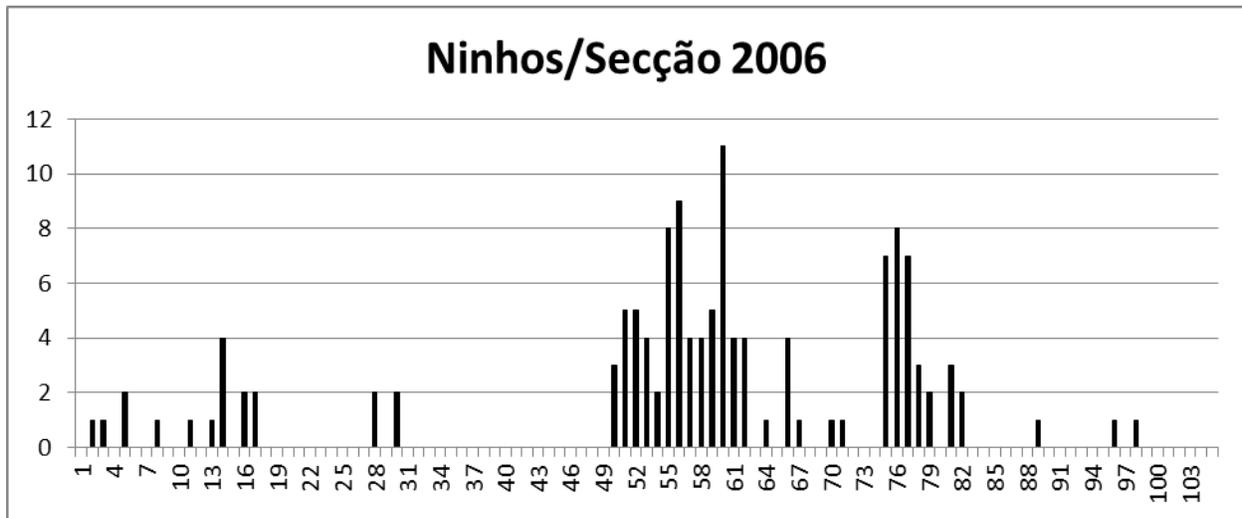


Figura 16 - Número de ninhos por secção em 2006. Para a numeração das secções, ver figura 2.

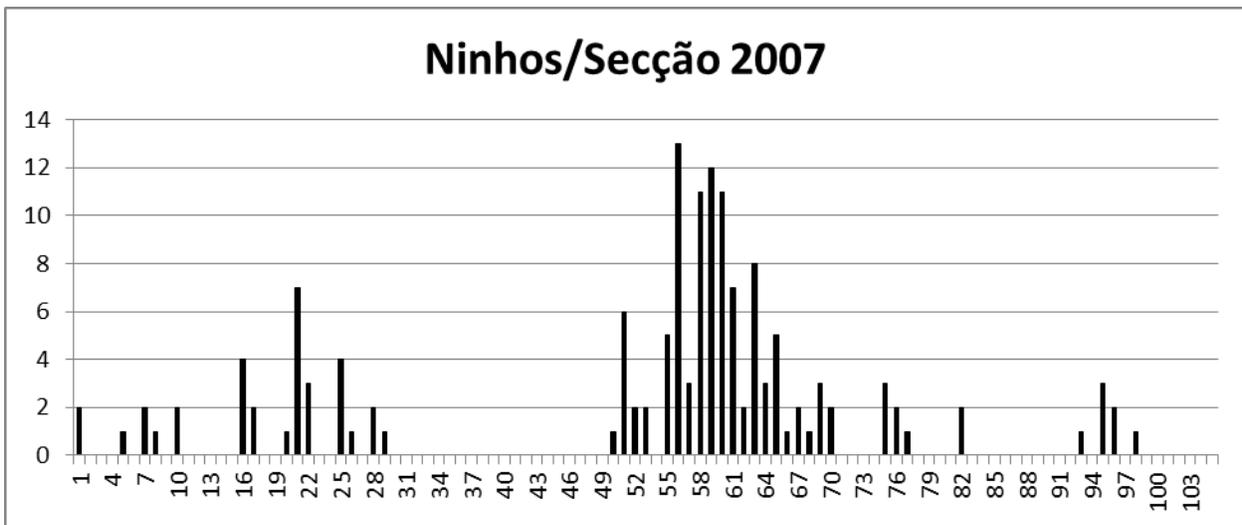


Figura 17 -Número de ninhos por secção em 2007. Para a numeração das secções, ver figura 2.



Figura 18 - Número de ninhos por secção em 2008. Para a numeração das secções, ver figura 2.

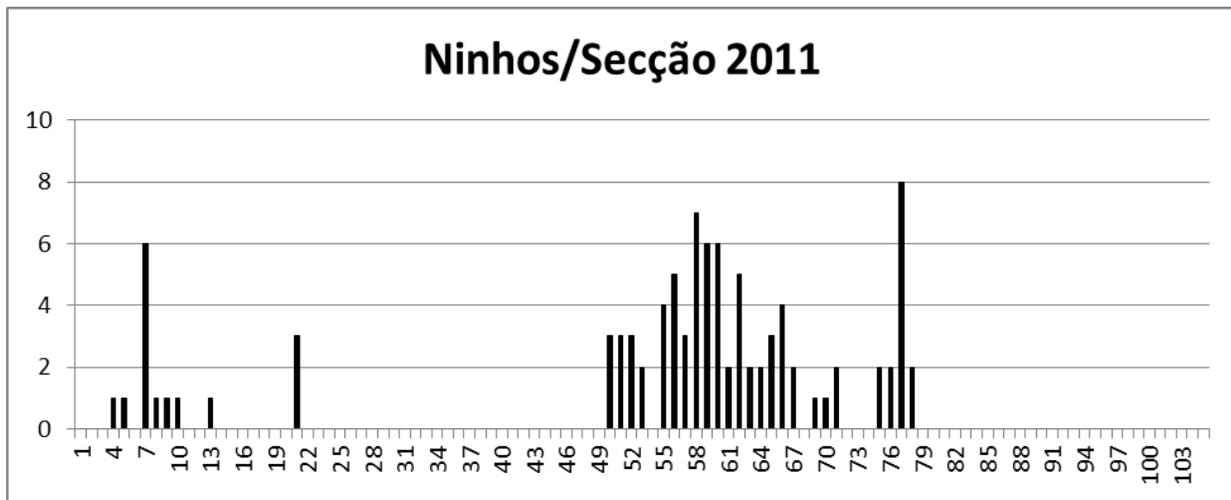


Figura 19 - Número de ninhos por secção em 2011. Para a numeração das secções, ver figura 2.

Comparando o número de ninhos nos vários grupos de secções, verificou-se que houve diferenças estatisticamente significativas entre os grupos ( $X^2 = 211,5737$ ,  $df = 71$ ,  $p < 0,05$ ). Essas diferenças devem-se provavelmente ao abandono das secções 1 a 58 em 2006 e 2007 e à utilização mais frequente das secções 57 a 105 em 2007 e 2008 (figuras 13 a 19).

O mesmo se verificou quando as secções são agrupadas em 3 agrupamentos diferentes – as praias Comissete, Soweto+Farol e Pangaio+Munto Nkulo (ver tabela 3), respectivamente ( $X^2 = 62,02$ ,  $df = 17$ ,  $p < 0,05$ ). Já na comparação entre as várias secções que constituem cada agrupamento, foram encontradas diferenças estatisticamente significativas para a praia de Comissete ( $X^2 = 41,28$ ,  $df = 17$ ,  $p < 0,05$ ), mas não para as praias Soweto+Farol ( $X^2 = 47,58$ ,  $df = 41$ ,  $p > 0,05$ ) e Pangaio+Munto Nkulo ( $X^2 = 15,38$ ,  $df = 11$ ,  $p > 0,05$ ).

### 3.4 Factores influentes na escolha do local de nidificação em 2012

A análise de correlações mostrou 5 correlações significativas ( $r_s > 0,6$ ): percentagem de arbustos e altura dos arbustos (foi eliminada a altura dos arbustos); percentagem de duna e percentagem de árvores (eliminada a percentagem de árvores); altura das dunas e erosão (eliminada a erosão); e declive e tamanho dos grãos de areia (foi eliminada a granulometria) (Anexo II).

Tabela 7. Sumário do modelo de regressão logística para 2012

<b>Variável</b> \ <b>Parâmetros</b>	<i>P</i>	B	Pontos correctamente classificados	R <sup>2</sup>
Largura Praia	0.000	1,923	77.1%	0,437
Altura Árvores	0.029	-0,103		
Percentagem de Herbáceas	0,076	-0,030		
Percentagem Duna	0,230	0,020		

A presença de ninhos esteve associada positivamente com a largura da praia e percentagem de duna, e negativamente com a altura das árvores e percentagem de herbáceas em 2012 (tabela 7).

As três praias são diferentes em relação à sua largura ( $F_{2,104} = 5,818$ ,  $p = 0,004$ ). Estas diferenças encontram-se tanto entre a praia Comissete e a praia Pangaio+Munto Nkulo como entre Comissete e a praia Soweto+Farol (teste de Tukey,  $P < 0.05$ ), sendo a praia Soweto+Farol a mais larga. As praias são também diferentes no que diz respeito à altura das árvores ( $F_{2,104} = 6,582$ ,  $p = 0,002$ ), sendo que essas diferenças são entre a de Comissete e a de Pangaio+Munto Nkulo, assim como entre a de Soweto+Farol e a de Pangaio+Munto Nkulo (teste de Tukey,  $P < 0.05$ ). A praia com árvores mais altas é a de Comissete. Relativamente à presença de dunas, foram também encontradas diferenças entre as três praias ( $F_{2,104} = 9,171$ ,  $p < 0.001$ ). Para este factor, as diferenças encontradas foram entre a de Soweto+Farol e a de Pangaio+Munto Nkulo (teste de Tukey,  $P < 0.05$ ), tendo a primeira uma maior percentagem de dunas.

### 3.5 Factores influentes na escolha do local de nidificação entre 2003 e 2008 e 2011

A análise de correlações indicou apenas uma correlação elevada e significativa entre duas das 6 variáveis testadas para os anos anteriores a 2012 - percentagem de árvores+arbustos e a percentagem de duna (Anexo III). Neste caso, a variável “percentagem de árvores+arbustos” foi removida da análise.

Tabela 8. Variáveis seleccionadas ( $P < 0.05$ ) para os anos 2003-2008 e 2011-2012, com indicação dos respectivos valores de B,  $R^2$  e percentagem de pontos correctamente classificados

<b>Ano</b>	<b>Largura Praia (B)</b>	<b>% Duna (B)</b>	<b>Cobertura rochosa (B)</b>	<b>Proximidade a promontórios (B)</b>	<b>Altura Árvores+Arbustos (B)</b>	<b>Pontos correctamente classificados</b>	<b><math>R^2</math></b>
2003	1,060	0,020	-1,142	-	-	73,3%	0,292
2004	1,530	-	-	-	-	69.5%	0,281
2005	1,389	-	-	-0,003	-	74.3%	0,432
2006	1,397	-	-	-	-	74,3%	0,276
2007	1,733	0,025	-1,014	-	-0,212	82.9%	0,446
2008	1,499	-	-	-	-	77,1%/76,2%	0,455
2011	1,450	0,043	-0,924	-	-	86,7%	0,452
2012	1,863	-	-	-	-0,196	76,2%	0,378

A tabela 8 apresenta um resumo dos factores responsáveis pela presença/ausência de ninhos, nos anos de 2003-2008, 2011 e 2012 (análise realizada apenas com as variáveis testadas para os outros anos). A largura da praia foi a variável seleccionada em todos os anos, tendo sempre uma influência positiva na presença de ninhos. A percentagem de duna e a cobertura rochosa foram seleccionadas em três anos, a primeira estando sempre associada à presença de ninhos, tendo a segunda sempre uma influência negativa nesta mesma variável. Seguem-se a altura das árvores+arbustos e proximidade a promontórios, seleccionadas em dois e um ano, respectivamente, ambas tendo influenciado negativamente a presença de ninhos.

Já se tendo verificado que há diferenças na largura da praia e percentagem de duna para os três grupos de praias (ver ponto 3.4), foi necessário verificar se o mesmo se observou para as restantes variáveis seleccionadas. Verificou-se que os três grupos de praias são semelhantes

relativamente à cobertura rochosa ( $F_{2,104} = 2,978$ ,  $p = 0,055$ ) proximidade a promontórios ( $F_{2,104} = 0,833$ ,  $p = 0,438$ ) e à altura das árvores+arbustos ( $F_{2,104} = 0,885$ ,  $p = 0,416$ ).

## 4. Discussão

Os resultados do presente trabalho permitiram verificar que houve variabilidade nos padrões de escolha das praias de nidificação em Vamizi ao longo dos anos. Em todos os anos abrangidos pelo estudo foi sempre encontrada uma relação entre a presença/ausência de ninhos e pelo menos uma das variáveis analisadas. No entanto, cada vez que foi encontrada uma relação com as variáveis analisadas, esta ocorreu sempre no mesmo sentido - cada variável seleccionada terá influenciado esta selecção sempre positivamente ou negativamente, não havendo mudanças no sentido do seu efeito de ano para ano o que indica uma selecção activa e consistente das características do local de nidificação por parte das fêmeas de Tartaruga verde que nidificam na ilha de Vamizi.

Estudos como o efectuado no presente trabalho têm vindo a ser levados a cabo há alguns anos. Ao contrário da análise realizada neste trabalho, muitos estudos focam-se nos dados de nidificação e de escolha do local de nidificação de apenas um ano (ou época de nidificação) em particular (Garmestai *et al.*, 1997; Hays & Speakman, 1993; Hays *et al.*, 1995; Kamel & Mrosovsky, 2004 e 2005; Karavas *et al.*, 2005; Mazaris *et al.*, 2006; Özdilek & Sönmez, 2006; Provancha & Ehrhart, 1987; Spanier, 2010). Em estudos que incluem vários anos os dados são normalmente agrupados e tratados como uma única unidade temporal (Bjørndal & Bolten 1992; Kolbe & Janzen, 2002; Mortimer, 1982 e 1990; Nordmoe *et al.*, 2003; Botha, 2010; Salmon *et al.*, 1995; Serafini *et al.*, 2009), sendo poucos os que fazem uma comparação entre as variáveis influentes na escolha da praia de nidificação para cada ano. O número de anos analisados nestes estudos varia entre 2 (Mortimer, 1982; Serafini *et al.*, 2009) e 8 anos (Nordmoe *et al.*, 2003; Botha, 2010).

Os factores abióticos e bióticos que influenciaram a escolha do local de nidificação noutras praias incluem a largura da praia (Garmestani *et al.*, 1997, Mazaris *et al.*, 2006, Provancha *et al.*, 1987), o declive da praia (Garmestani *et al.*, 1997, Provancha *et al.*, 1987, Spanier, 2010), a proximidade à vegetação supra-litoral (Garmestani *et al.*, 1997), a distância à linha da maré alta (Hays & Speakman, 1993), a granulometria (Karavas *et al.*, 2005, Mortimer, 1990), a silhueta de objectos por trás da praia (Mazaris *et al.*, 2006), a erosão (Spanier, 2010), as luzes artificiais, a presença de rochas (Botha, 2010; Mortimer, 1982), a cobertura vegetal (Serafini *et al.*, 2009), entre outros. A forma como estes factores afectam a selecção do local de

construção do ninho varia consoante a população e a praia em estudo, podendo nuns casos influenciar este comportamento de forma positiva, e noutros casos de forma negativa, como é o caso da largura da praia na Ilha de Zakynthos, na Grécia (Mazaris et al., 2006) e na Florida (Provanha *et al.*, 1987), respectivamente.

### ***Escolha de praia de nidificação - 2012***

A não selecção de nenhuma das variáveis de habitat do local em 2012 leva a crer que essas variáveis, como por exemplo a granulometria do local de nidificação e a presença de lixo, têm pouca importância no momento da escolha do local de nidificação pelas fêmeas desta população, guiando-se estas por factores de grande escala. Estes resultados são consistentes com os encontrados por Mortimer (1982) na Ilha de Ascensão, onde a granulometria não teve influência no local de construção do ninho, sugerindo o autor uma maior influência por parte das características da aproximação pelo mar alto (Mortimer, 1982). Tanto Garmestani *et al* (1997) como Stancyk e Ross (1978) não encontraram uma relação significativa entre o número de ninhos contruídos e o pH, a percentagem de água e de conteúdo orgânico e a granulometria, em estudos levados a cabo no arquipélago das Dez Mil Ilhas na Flórida para tartarugas comuns, e na Ilha de Ascensão, numa população de tartarugas verdes (Stancyk e Ross, 1978), respectivamente. Os mesmos resultados foram obtidos por Johannes e Rimmer (1984) para a tartaruga verde no Oeste da Austrália, para o conteúdo de carbonato em cálcio, assim como para o pH, a percentagem de água e de conteúdo orgânico e a granulometria.

Os factores que influenciaram a selecção do local de nidificação em 2012 parecem ser os mesmos, quer na análise onde foram incluídas todas as variáveis, quer na análise apenas com as variáveis comuns aos anos 2003-2008. Tanto a largura da praia como a altura das árvores (representada no segundo caso pela variável altura árvores+arbustos) foram ambas seleccionadas nas duas análises, o que sugere um papel importante no momento da escolha do local de construção do ninho por parte destas variáveis.

A variável “percentagem de herbáceas” surge apenas na primeira análise, em que são incluídas todas as variáveis, influenciando negativamente a presença de ninhos. Esta variável não foi no entanto considerada para as análises respeitantes aos outros anos, dada a sua variabilidade interanual (que não foi medida). Este resultado está em conformidade com o encontrado em um

outro estudo (Bjorndal & Bolten, 1992), onde se verificou que esta espécie prefere nidificar na areia livre de vegetação e na região de contacto entre a areia e a vegetação.

A percentagem de dunas surge apenas como influente na presença de ninhos em 2012, na análise que inclui todas as variáveis, apesar de esta variável ter também sido avaliada na análise apenas com as variáveis comuns aos anos anteriores. Esta diferença poderá dever-se ao facto de esta variável estar correlacionada com outras e ter possivelmente um efeito menos importante que elas. Uma comparação com outras populações em relação a esta variável é dificultada pelo facto de ela não ser medida da mesma forma em outros estudos. No estudo presente, esta variável foi medida num eixo perpendicular à linha da maré, eixo no qual foi também medida a percentagem da vegetação. Em outros estudos, esta variável é normalmente medida num eixo paralelo à linha da maré alta, fazendo-se a distinção entre os ninhos construídos antes da linha da vegetação e os ninhos construídos depois da linha da vegetação.

#### ***Escolha de praia de nidificação – 2003-2008***

Uma das variáveis que surge apenas nas análises dos anos anteriores a 2012 é a proximidade a promontórios, sendo um dos factores que influenciou a escolha do local de nidificação em 2005. Para animais que se deslocam num meio em movimento, esse movimento pode ter impactos profundos na sua trajectória (Lambardi *et al.*, 2008). No caso das tartarugas marinhas, que se deslocam nos oceanos, as correntes podem afectar a sua trajectória, afectando também o seu acesso às praias de nidificação. Assim, a existência de promontórios, juntamente com a direcção das correntes, pode fazer com que as tartarugas tenham mais facilmente acesso a certas zonas da praia (presumivelmente mais abrigadas) do que outras. Neste estudo, a protecção conferida pelos promontórios influenciou negativamente a presença de ninhos, o que significa que as tartarugas preferiram, ou neste caso, tiveram um acesso facilitado, a zonas das praias mais expostas.

A outra variável que surge nas análises para os alguns dos anteriores a 2012, nomeadamente em 2003, 2007 e 2011, é a cobertura rochosa. Esta variável já foi identificada em outros estudos como sendo um dos factores que influenciam a escolha do local de nidificação (Botha, 2010; Mortimer, 1982). Nos anos em que esta variável influenciou a selecção do local de nidificação, fê-lo sempre de forma negativa, o que seria de esperar, uma vez que as rochas

podem dificultar o acesso das tartarugas à praia, podendo mesmo ser perigosas, causando ferimentos quando as tartarugas se movimentam por cima delas, especialmente na maré baixa (Botha, 2010). Além disso, parece haver um aumento da predação das tartaruguinhas quando estas atravessam as rochas no caminho para o mar (Garmestani *et al.*, 2000 e Mortimer, 1995 *in* Botha, 2010), estando assim as fêmeas a proteger as suas crias ao escolher praias sem rochas na costa. Uma vez que a Ilha de Vamizi é quase totalmente rodeada por rochas, havendo apenas algumas zonas das praias onde a entrada pelas tartarugas seria livre de rochas, este factor poderá ter uma menor importância na escolha do local de nidificação do que os outros factores seleccionados, podendo ser esta a razão pela qual surge apenas em 3 dos 8 anos analisados.

Na comparação do número de ninhos por secção para cada praia, foram apenas encontradas diferenças para Comissete, e não para Soweto+Farol e Pangaio+Munto Nkulo. Sendo a praia mais extensa, Comissete apresenta uma grande variedade em termos físicos e ambientais, nomeadamente em termos de largura da praia, variando entre os 2 e os 27m. Esta variedade pode então explicar o porquê de algumas secções chegarem a ter 15 ninhos num ano, enquanto que noutras nunca foi contruído nenhum, ao longo dos anos.

#### ***Alterações na preferência das praias***

Um dos resultados mais interessantes deste estudo foi a mudança na preferência pelas diferentes secções entre 2006 e 2007. Em 2006 e 2007 a praia de Comissete passou a ser menos visitada, comparativamente ao que vinha a acontecer nos anos anteriores, principalmente nas secções 1 a 14 e 57 e 58. Além disso, entre 2007 e 2008 as praias de Farol e Pangaio passaram a ser mais visitadas, mais uma vez em comparação com o que se tinha verificado para os anos anteriores. Esta mudança verificou-se principalmente nas secções 59 e 61 a 73.

Em Vamizi existe variação sazonal no padrão de nidificação, o que poderia influenciar a distribuição do número de ninhos por secção. No entanto, o decorrer das campanhas de monitorização ao longo de todo o ano permite a contabilização de ninhos construídos em várias fases do ano, além da comparação entre os vários anos. Assim, eventuais alterações na utilização das diferentes praias não resultaram de desequilíbrios na amostragem ao longo das estações, mas serão sim o resultado de alterações reais nos padrões de uso das praias.

Os anos de 2006 a 2008 foram caracterizados por eventos positivos do Dipolo do Oceano Índico (DOI). O DOI é um dos aspectos do ciclo geral do clima global, interagindo com fenómenos semelhantes como o El Niño no Oceano Pacífico. Inclui uma oscilação aperiódica na temperatura da superfície do mar (TSM) entre fases positivas, neutras e negativas. Uma fase positiva é caracterizada por um aumento na TSM e um aumento na precipitação na região ocidental do Oceano Índico, com um correspondente arrefecimento das águas no Oceano Índico Este. Numa fase negativa são observadas as condições opostas. A ocorrência de eventos DOI positivos consecutivos é muito rara (Saji *et al.*, 1999), tendo apenas tal sido verificado entre 1913 e 1914 e entre 2006 e 2008 (Cai *et al.*, 2009).

As mudanças na TSM durante os eventos do DOI estão associadas a mudanças nos ventos de superfície no Oceano Índico equatorial central. Os ventos mudam de direcção de Oeste para Este durante o pico de um DOI positivo quando a TSM se encontra fria no Este e quente no Oeste. O efeito do vento é ainda mais significativo às profundidades do termoclina (camada de água na qual a temperatura muda mais rapidamente com a profundidade do que nas camadas superiores e inferiores) devido ao processo de ajustamento oceânico. O termoclina ascende no Este e torna-se mais profundo nas partes centrais e ocidentais (Behera & Yagamata, 2003). Os índices climáticos de larga escala como o El Niño têm sido usados na explicação das dinâmicas das populações nidificantes de tartarugas marinhas (Limpus & Nicholls, 2000; Chaloupka, 2001; Saba *et al.*, 2007 *in* Chaloupka *et al.*, 2007). Este tipo de índices são especialmente necessários uma vez que as tartarugas alimentam-se em áreas oceânicas extensas (Limpus *et al.*, 1992 *in* Chaloupka *et al.*, 2007). Além disso, o principal processo incorporado no El Niño (e neste caso no DOI) é a TSM, que é frequentemente usada como um substituto ambiental para modelar a variabilidade climática (Edwards & Richardson, 2004; Harley *et al.*, 2006 *in* Chaloupka *et al.*, 2007) e é conhecido como um factor que afecta a actividade de nidificação das tartarugas marinhas (Solow *et al.*, 2002; Mazaris *et al.*, 2004; Saba *et al.*, 2007 *in* Chaloupka *et al.*, 2007).

Tem havido um grande debate sobre o papel das principais correntes oceânicas nos movimentos migratórios das tartarugas marinhas. A disrupção ou deslocamento destas correntes pode ter repercursões nas suas populações ao influenciar os seus movimentos (Poloczanska *et al.*, 2009). Para animais que vivem e se movimentam no mar aberto, as correntes oceânicas e características com elas relacionadas representam um factor ambiental importante que afecta a

sua vida e comportamento. Estudos recentes têm mostrado que este é de facto o caso para as tartarugas marinhas, cujo estilo de vida verdadeiramente marinho e complexo é fundamentalmente influenciado pelas correntes em todos os estádios ontogénicos (Luschi *et al.*, 2003a). Os fluxos das principais correntes oceânicas terão um efeito óbvio nos movimentos das tartarugas, produzindo forças poderosas que as deslocam numa determinada direcção (Luschi *et al.*, 2003a). Luschi *et al.* (2003b) verificaram que as rotas de tartarugas de couro no Oceano Índico foram largamente influenciadas por características relacionadas com as correntes e que as tartarugas foram transportadas pelo fluxo das correntes em grande parte da sua viagem, seguindo o detalhe da circulação da mesoescala. Se as correntes são capazes de afectar esta espécie, que é a maior e portanto mais forte espécie de tartaruga marinha, de certo afectarão as tartarugas verdes, que são mais pequenas e mais leves.

Uma vez que as tartarugas marinhas em migração normalmente nadam a pouca profundidade (<20m; Hays *et al.* 2001<sup>a</sup> in Luschi *et al.*, 2003a), as correntes de superfície produzem a maioria dos efeitos. Estes efeitos são particularmente prejudiciais quando eles desviam os indivíduos da sua rota óptima, uma vez que as tartarugas terão depois que recorrer às suas capacidades de natação para compensarem esses desvios (Luschi *et al.*, 2003a). Por exemplo, Gaspar *et al.* (2006) demonstraram que as correntes têm um impacto muito variável mas raramente desprezível na movimentação de tartarugas de couro.

Uma das correntes mais importantes em Vamizi é a corrente Equatorial Sul, que se divide em frente desta ilha na Corrente do Canal de Moçambique e na Corrente Costeira Este Africana. Durante o início de um ano positivo há anomalias nas correntes Oeste, entre as latitudes 15° e 20°S, que tornam a Corrente Equatorial Sul mais forte no Oceano Índico Sul (Hermes & Reason, 2004). Assim, ao afectar esta corrente, o DOI pode ser responsável pela alteração no padrão de escolha do local de nidificação, ao obrigar as tartarugas a movimentarem-se numa direcção distinta da qual se movimentariam num ano normal.

No entanto, há poucas evidências que levem a crer que as fêmeas de tartarugas marinhas alteram o local de nidificação em resposta a alterações nas correntes (Hays *et al.*, 1995; Loop *et al.*, 1995; Mazaris *et al.*, 2006; Tiwari *et al.*, 2005; Weishampel *et al.*, 2006 in Poloczanska *et al.*, 2009). Além disso, as tartarugas verdes são capazes de corrigir as derivas à sua rota causadas pelas correntes, conseguindo actualizar continuamente a sua direcção depois de

deslocadas (Benhamou *et al.*, 2011). Por estas razões, e por não haver evidências directas de que o DOI possa levar a alteração na escolha das praias de nidificação, esta hipótese poderá não ser a mais correcta para justificar a mudança na preferência pelas praias verificada neste estudo.

A outra possível explicação para esta alteração no padrão de preferências nas praias de nidificação é a existência de preferências individuais. Uma vez que a mesma fêmea não nidifica todos os anos, sendo os intervalos de nidificação em Vamizi normalmente superiores a 3 ou 4 anos (dados não publicados), e se assumirmos que cada tartaruga poderá ser influenciada por diferentes factores aquando da escolha do local de nidificação, é de esperar que haja alguma variação nos sectores mais e menos escolhidos, cada vez que o mesmo grupo de tartarugas nidificar. No entanto, esta hipótese é impossível de testar sem a marcação individual dos animais. Além disso, esta alteração ocorreu em anos consecutivos, o que contraria o facto de as tartarugas raramente nidificarem em anos seguidos. Mais ainda, uma vez que este estudo utiliza dados recolhidos desde 2003, seria de esperar que este padrão se tivesse observado em outros anos, e não só entre 2006 e 2008.

### *Implicações para a conservação*

Compreender que pistas ambientais os organismos usam para seleccionar o local de nidificação e consequências desta escolha para as crias é importante em termos de conservação. A identificação de variáveis biológicas e ambientais particulares associadas a densidades de ninhos e sucesso de eclosão mais elevados fornece pistas sobre as necessidades de uma espécie em termos de habitat. Além disso, este conhecimento pode ajudar na compreensão das consequências das alterações humanas do habitat para eventos da história de vida críticos, como a nidificação. Em certas circunstâncias, as consequências negativas de um aparentemente normal comportamento de nidificação podem ser o resultado das modificações do habitat por parte dos humanos (Kolbe & Janzen, 2002).

A análise espacial do padrão de nidificação é muito importante em termos de esforços de conservação (Koenig, 1999 *in* Weishampel *et al.*, 2003). Ela permite que se interprete as escalas do padrão comportamental em relação aos processos e parâmetros ambientais (Levin, 1992; Ranta *et al.*, 2000 *in* Weishampel *et al.*, 2003) que poderão ser críticos para a monitorização ou

gestão que podem ajudar a regular as actividades humanas (Arianoutsou, 1988 *in* Weishampel *et al.*, 2003) ou guiar a aquisição de terra para fins de conservação.

De um ponto de vista prático, ao compreender melhor quais as variáveis que afectam a escolha do local de nidificação e, conseqüentemente, a sobrevivência das tartaruginhas, poder-se-à identificar quais são as praias de nidificação prioritárias, as quais devem ser protegidas do desenvolvimento costeiro, podendo-se também levar a cabo acções de reabastecimento de areia nas principais colónias, de forma compatível com as necessidades biológicas destas espécies. Muitas vezes estes projectos, que são empreendidos de modo a repor areia perdida pela erosão, são levados a cabo sem ter em consideração o conhecimento do impacto que o novo, e por vezes completamente diferente, substrato vai ter na reprodução das tartarugas (Garmestani *et al.*, 1997).

Compreender a influência das variáveis ambientais nos ninhos de tartarugas marinhas é importante para a sua gestão. A gestão dos ninhos é uma prática adoptada em vários locais de nidificação, uma vez que pode reduzir os riscos de predação, erosão e/ou ameaças humanas (Wyneken *et al.* 1988, Eckert & Eckert 1990, Marcovaldi & Laurent 1996, Hitchins *et al.*, 2004 *in* Serafini *et al.*, 2009). Ninhos em risco de erosão e inundaçãõ pela maré são frequentemente translocados para incubadoras ou locais mais seguros maioritariamente na berma da praia, onde as variáveis ambientais podem ser diferentes das dos locais onde os ninhos foram originalmente construídos. Estas variáveis podem influenciar a incubação dos ovos e emergência das tartaruginhas. Assim, o conhecimento da variabilidade no sucesso de eclosão ao longo de um perfil variável de factores é importante para procedimentos de gestão em evolução, com o objectivo de aumentar a produção de tartaruginhas (Serafini *et al.*, 2009).

Este estudo vem apoiar os resultados obtidos em outros estudos que mostram que a selecção do local de nidificação pode ser influenciado por variáveis ambientais. Uma vez que as praias de nidificação variam muito em termos de composição e estrutura, as variáveis que afectam uma colónia não são necessariamente as que afectam outras colónias. No caso de Vamizi, a largura da praia foi a variável que mostrou uma maior consistência em termos de influência na selecção do local de nidificação. Depois de escolhida a praia de nidificação, as tartarugas têm uma extensa área onde construir os seus ninhos. Uma praia mais larga oferece uma maior variedade em termos de variáveis quer biológicas, quer ambientais, principalmente de escala

local. Um passo seguinte interessante seria então investigar em maior profundidade a influência dos factores de escala local na escolha do local de nidificação em Vamizi.

A escolha da praia e do local de nidificação não é um processo estanque, estando em constante evolução, de acordo com a alteração das variáveis biológicas e ambientais apresentadas às tartarugas marinhas. Esta selecção pode também ser influenciada por factores de maior escala, como por exemplo as correntes oceânicas. Como se verificou no presente estudo, eventos climáticos extremos, como o DOI, poderão determinar indirectamente a praia onde o ninho é construído, ao afectarem variáveis com influência na movimentação das tartarugas marinhas.

Todas as espécies de tartaruga marinha enfrentam actualmente algum grau de ameaça de extinção. Para espécies cuja sobrevivência é ameaçada por inúmeros factores (captura acidental em redes de pesca, desenvolvimento costeiro, consumo da sua carne e ovos, entre outros), a compreensão de todos os aspectos relacionados com a sua biologia é de extrema importância. A nidificação é uma das fases mais importantes na história de vida destes organismos, uma vez que garante a sua continuação como espécie. Esta fase pode ser afectada tanto por distúrbios de origem ambiental (erosão, inundações dos ninhos pela maré alta, etc.) como por distúrbios de origem humana (presença de luzes nas praias que perturbam as fêmeas e desorientam as tartaruguinhas, etc.). Assim, torna-se vital aumentar o nosso conhecimento relativamente aos factores que influenciam a escolha do local de nidificação, quer positivamente como negativamente. Isto permitir-nos-à implementar ou moldar os nossos planos de conservação de maneira a ter estes factores em consideração, permitindo uma melhor gestão das praias de nidificação e, conseqüentemente, melhorar a sua eficácia.

Em Vamizi, está a ser implementado um projecto turístico, havendo a possibilidade de se construírem casas ao longo das várias praias de nidificação. No momento, a praia com maior impacto humano é a praia de Comissete, na qual se localizam as casas já construídas, assim como as outras infraestruturas do projecto (centro de mergulho, restaurante, bar, etc.). Ao longo dos anos, tem-se verificado uma pequena diminuição na nidificação nesta praia, principalmente nas secções imediatamente em frente às casas, onde se verificam por vezes tentativas falhadas de nidificação, devido à presença humana. No entanto, esta continua a ser uma das principais praias

de nidificação, tendo ainda um elevado número de ninhos, principalmente nas secções imediatamente depois das casas.

A praia do Farol é talvez a que se encontra numa situação mais preocupante, uma vez que tem sido grandemente afectada pela erosão nos últimos anos. Em poucos meses (durante a elaboração deste trabalho), foi removido mais de 1m de areia, fazendo crescer o enorme degrau já existente que separa a vegetação do resto da praia. Em alguns dos locais, este degrau é de tal forma elevado que impede o acesso das tartarugas à zona da vegetação, “obrigando-as” a nidificar em locais em risco de erosão e inundações pela maré (nestes locais a maré alta alcança este limite da linha da vegetação, chegando à base do degrau). Tratando-se de uma das praias mais bonitas e agradáveis de Vamizi, este será potencialmente um dos locais onde serão construídas casas e outras infraestruturas, o que poderá agravar esta situação. Sendo as tartarugas muito sensíveis à presença de luzes fortes na praia, assim como à movimentação de pessoas, a construção neste local poderá afectar o número de ninhos construídos nesta praia. No entanto, os projectos estão a ser desenvolvidos no sentido de minimizar os impactos negativos à nidificação pelas tartarugas, nomeadamente pela definição de uma distância mínima da praia à qual as casas devem ser construídas.

As praias de Soweto e Munto Nkulo serão também potencialmente locais onde se irão construir casas. Sendo estas as praias com número mais reduzido de ninhos, o impacto destas construções serão possivelmente menores, embora não inexistentes. A praia de Pangaio é a praia na qual não se deverá realizar nenhuma construção, uma vez que esta não é tão agradável quanto as restantes praias, além de nela se encontrarem dunas altas, o que dificulta o acesso ao mar.

Tendo se já verificado uma mudança no padrão de nidificação devido à presença do projecto turístico na praia de Comissete, é provável que isto se volte a verificar caso este projecto seja alargado às outras praias de nidificação. A escolha do local de nidificação poderá então passar a ser influenciada por factores antropogénicos, deixando de se observar o padrão descrito no presente estudo. Sendo a praia do Farol a que apresenta as melhores condições, tanto em termos de largura da praia como em termos de número de ninhos (principalmente em 2007 e 2008), esta deverá ser o foco principal em termos de protecção. Os projectos de desenvolvimento turístico deverão então ser efectuados tendo este factor em conta, procurando-se minimizar os possíveis impactos no processo de nidificação da tartaruga verde.

## 5. Referências Bibliográficas\*

\*De acordo com a revista Conservation Biology

- Behera, S. K., Yagamata, T., 2003. Influence of the Indian Ocean Dipole on the Southern Oscillation. *Journal of the Meteorological Society of Japan*. 81, 169-177
- Benhamou, S., Sudre, J., Bourjea, J., Ciccione, S., De Santis, A., Luschi, P., 2001. The Role of Geomagnetic Cues in Green Turtle Open Sea Navigation. *Plos One*. 6 (10), e26672
- Bilde, T., Maklakov, A. A., Taylor, P. W., Lubin, Y., 2002. State-dependent decisions in nest site selection by a web-building spider. *Animal behavior*. 64, 447-452
- Bjorndal, K. A., Bolten, A. B., 1992. Spatial distribution of green turtle (*Chelonia mydas*) nests at Tortuguero, Costa Rica. *Copeia*. 1992, 45-53
- Bjorndal, K. A., Wetherall, J. A., Bolton, A. B., Mortimer, J. A., 1999. Twenty-six years of green turtle nesting at Tortuguero, Costa Rica: and encouraging trend. *Conservation Biology*. 13, 126-134
- Botha, M., 2010. Nest site fidelity and nest site selection of loggerhead, *Caretta caretta*, and leatherback, *Dermochelys Coriacea*, turtles in Kwazulo-Natal, South Africa. 1-122
- Boulon, R. H. Dutton, P. H., McDonald, D. L., 1996. Leatherback turtles (*Dermochelys coriacea*) on St. Croix, U. S. Virgin Islands: fifteen years of conservation. *Chelonian conservation and biology*. 2, 141-147
- Bourjea, J., Frappier, J., Quillard, M., Ciccione, S., Roos, D., Hughes, G., Grizel, H., 2007. Mayotte Island: another important green turtle nesting site in the southwest Indian Ocean. *Endangered species research*. 3, 273-282
- Bourjea, J., Lapêgue, S., Gagnevin, L., Broderick, D., Mortimer, J. A., Ciccione, S. *et al.*, 2007b. Phylogeography of the green turtle, *Chelonia mydas* in the Southwest Indian Ocean. *Molecular ecology*. 16, 175-186
- Cai, W., Pan, A., Roemmich, D., Cowan, T., Guo, X., 2009. Argo profiles a rare occurrence of three consecutive positive Indian Ocean Dipole events, 2006-2008. *Geophysical research letters*. 36, 1-4

- Catry, P., Barbosa, C., Paris, B., Indjai, B., Almeida, A., Limoges, B., Silva, C., Pereira, H., 2009. Status, ecology and conservation of sea turtles in Guinea-Bissau. *Chelonian conservation and biology*. 8, 150-160
- Chaloupka, M., Kamezaki, M., Limpus, C., 2008. Is climate change affecting the population dynamics of the endangered Pacific loggerhead sea turtle? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 356, 136–143
- Costa, A., Motta, H., Pereira, M. A., Videira, E. J., Louro, C. M., João, J., 2007. Marine turtles in Mozambique: towards an effective conservation and management program. *Marine Turtle Newsletter*. 117, 1-3
- Davidson, J., Hill, N., Muaves, L., Mucaves, S., Silva, I., Guissamulo, A., Shaw, A. 2006. Vamizi assessment of fish and coral community biodiversity and health. *Zoological Society of London*.
- Ehrhart, L. M., 1992. Turtles of the worm-rock reefs. *Florida Naturalist*. 65, 9-11
- Ekanayake, E. M. L., Rajakurana, R.S., Kapurusinghe, T., Saman, M. M., Rathnakumara, D. S., Samaraweera, P., Ranawana, K. B., 2010. Nesting behavior of the Green Turtle at Kosgoda rookery, Sri Lanka. *Bio. Sci*. 39, 109-120.
- Emery, K. O. 1961. A simple method of measuring beach profiles. *Limnology and Oceanography*. 6, 90–93
- Garmestani, A. S., Percifal, A. F., Rice, K. G., Portier, K. M., 1997. Sea turtle nesting in the Ten Thousand Islands of Florida. *Fla. Coop. Fish and Wildl. Res. Unit, USGS-Biological Resources Division Tech. Rep*. 56. 96
- Garnier, J., Silva, I. 2007. Marine turtle programme: Report of activities 2006-2007. *Zoological Society of London/Maluane*
- Garnier, J., Hill, N., Guissamulo, A., Silva, A., Witt, M., Godley, B. 2012. Status and community-based conservation of marine turtles in the northern Querimbas Islands (Mozambique). *Fauna and Flora International*. 46, 359-367

- Gaspar, P., Georges, J. Y., Fossette, S., Lenoble, A., Ferraroli, S., Le Maho, Y., 2006. Marine animal behavior: neglecting ocean currents can lead us up the wrong track. *Proc. R. Soc. B.* 273, 2697-2702
- Goombridge, B., Luxmoore, R., 1989. The green turtle and hawksbill (Reptilia: Cheloniidae): World status, exploitation and trade. Lausanne, Switzerland: CITES Secretariat, pp. 601
- Gove, D., Magane, S., 1996. The status of sea turtle conservation in Mozambique, in: Status of sea turtle conservation in the Western Indian Ocean. S. L. Humpfrey & R. V. Salm, (Eds), Regional seas reports and studies, No 165. IUCN/UN Environment Programme, Nairobi, Kenya, pp. 89-94
- Hays, G. C., Speakman, J. R., 1993. Nest placement by loggerhead turtles, *Caretta caretta*. *Animal Behaviour*. 45, 47-53
- Hays, G. C., Mackay, A., Adams, C. R., Mortimer, J. A., Speakman, J. R., Boerema, M. 1995. Nest site selection by sea turtles. *J. mar. boil. Ass. U. K.* 75, 667-674
- Hendrickson, J. R., 1980. The ecological strategies of sea turtles. *American Zoology*. 20, 597-608
- Hermes, J. C., Reason, J. C., 2005. Ocean Model Diagnosis of Interannual Coevolving SST variability in the South Indian and South Atlantic Oceans. *Journal of climate*. 18, 2864-2862
- Hirth, H. F., 1980. Some aspects of the nesting behaviour and reproductive biology of marine turtles. *American zoologist*. 20, 507-523
- Hirth, H. F., 1997. Synopsis of biological data on the green turtle *Chelonya midas* (Linnaeus 1758). U.S. Fish and Wildlife Service. Biological Report. 97, 1-120
- Hughes, G. R., 1971. Preliminary report on the sea turtles and dugongs of Mozambique. *Veterinaria Moçambicana*. 4, 43-84
- Janzen, F. J., Packard, G. C., Packard, M. J., Boardman, T. J., zumBrunnen, J. R., 1990. Mobilization of lipid and protein by embryonic snapping turtles in wet and dry environments. *Journal of experimental zoology*. 255, 155-162

- Janzen, F. J., Morjan, C. L., 2001. Repeatability of microenvironment-specific nesting behavior in a turtle with environmental sex determination. *Animal behavior*. 62, 73-82
- Limpus, C. J., 1995. Global overview of the status of marine turtles: a 1995 review, in: K. A. Bjorndal (Eds.), *Biology and conservation of sea turtles*. Smithsonian Inst. Press, Washington D. C., pp. 605-609
- Louro, C. M., Pereira, M. A., Costa, A. C., 2006. Report on the conservation status of marine turtles in Mozambique. Ministério para a Coordenação da Acção Ambiental, Maputo, Moçambique
- Kamel, S. J., Mrosovsky, N., 2004. Nest site selection in leatherbacks, *Dermochelys coriacea*: individual patterns and their consequences. *Animal Behaviour*. 68, 357-366
- Kamel, S. J., Mrosovsky, N., 2005. Repeatability of nesting preferences in the hawksbill sea turtle, *Eretmochelys imbricata*, and their fitness consequences. *Animal behavior*. 40, 819-828
- Karavas, N., Georghiou, K., Arianoutsou, M., Dimopoulos, D., 2005. Vegetation and sand characteristics influencing nesting activity of *Caretta caretta* on Sekania beach. *Biological Conservation*. 121, 177-188
- Kolbe, J. J., Janzen, F. J., 2001. The influence of propagule size and maternal nest-site selection on survival and behavior of neonate turtles. *Functional Ecology*. 15, 772-781
- Kolbe, J. J., Janzen, F. J., 2002. Impact of nest-site selection on nest success and nest temperature in natural and disturbed habitats. *Ecology*. 83, 269-281
- Lambardi, P., Lutjeharms, J. R. E., Mencacci, R., Hays, G. C., Luschi, P., 2008. Influence of ocean currents on long-distance movement of leatherback sea turtles in the Southwest Indian Ocean. *Mar Ecol Prog Ser*. 353, 289-301
- Le Gall, J. Y., Bosc, P., Chateau, D., Taquet, M., 1986. Estimation du nombre de tortues vertes femelles adultes *Chelonia mydas* par saison de ponte a Tromelin et Europa (Océan Indien) (1973-1985). *Océanographie Tropicale*. 21, 3-22

- Lotem, A., 1993. Learning to recognize nestlings is maladaptive for cuckoo *Cuculus canorus* hosts. *Nature*. 362, 743-745
- Luschi, P., Hays, G. C. and Papi, F., 2003a. A review of long-distance movements by marine turtles, and the possible role of ocean currents. *Oikos* 103, 293–302.
- Luschi, P., Sale, A., Mencacci, R., Hughes, G. R., Lutjeharms, J. R. E., Papi, F., 2003b. Current transport of leatherback sea turtles (*Dermochelys coriacea*) in the ocean. *Proc. R. Soc. Lond.* 270, 129–132
- Mazaris, A. D., Matsinos, Y. G., Margaritioulis, D., 2006. Nest site selection of loggerhead sea turtles: The case of the island of Zakynthos, W Greece. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 336, 157-162
- Miller, K., Packard, G. C., Packard, M. J., 1987. Hydric conditions during incubation influence locomotor performance of hatchling snapping turtles. *Journal of experimental biology*. 127, 401-412
- Miller, J. D., Limpus, C. J., Godfrey, M. H., 2003. Nest site selection, oviposition, eggs, development, hatching, and emergence of loggerhead turtles, in: Bolten, A. B., Witherington, B. E., (Eds.), *Loggerhead sea turtles*. Smithsonian Books, Washington DC, pp. 125-143.
- Mortimer, J. A., 1982. Factors Influencing Beach Selection By Nesting Turtles. In: *Biology and conservation of sea turtles*. K. A. Bjorndal (Eds.). Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., pp. 45-51
- Mortimer, J. A., 1990. The Influence of Beach Sand Characteristics on the Nesting Behavior and Clutch Survival of Green Turtles (*Chelonia mydas*). *Copeia*. 1990, 802-817
- Mrosovsky, N., 1994. Sex ratios of sea turtles. *The journal of experimental zoology*. 270, 16-27
- Nordmoe, E. D., Sieg, A. E., Sotherland, P. R., Spotila, J. R., Paladino, F. V., Reina, R. D., 2004. Nest site fidelity of leatherback turtles at Playa Grande, Costa Rica. *Animal Behaviour*. 68, 387-394

- O'Steen, S., 1998. Embryonic temperature influences juvenile temperature choice and growth rate in snapping turtles, *Chelydra serpentina*. *Journal of experimental biology*. 201, 289-303
- Packard, G. C., Packard, M. J., Miller, K., Boardman, T. J., 1987. Influence of moisture, temperature and substrate on snapping turtle eggs and embryos. *Ecology*. 68, 983-993
- Packard, G. C., 199. Water relations of Chelonian eggs and embryos: is wetter better? *American zoologist*. 39, 289-303
- Plummer, M. V., Snell, H. L., 1988. Nest site selection and water relations of eggs in the snake, *Opheodrys aestivus*. *Copeia*. 1988, 58-64
- Poloczanska, E. V., Limpus, C. J., Hays, G. C., 2009. Vulnerability of marine turtles to climate change, in: Sims, D. W. (Eds.), *Advances in Marine Biology*. Academic Press, Burlington, pp. 151-211
- Prichard, P. C. H., 1997. Evolution Phylogeny, and current status, in: P. L. Lutz and J. A. Musick (Eds.), *The biology of sea turtles*. CRC Press, Washington DC. Pp. 1-28
- Provancha, J. A., Ehrhart, L. M., 1987. Sea Turtle Nesting Trends at Kennedy Space Center and Cape Canaveral Air Force Station, Florida, and Relationships with Factors Influencing Nest Site Selection. In: *Ecology of East Florida sea turtles*. W. N. Witzell (ed.). NOAA Technical Report NMFS 53, Miami, FL, pp. 33-44
- Saji, N. H. et al. 1999. A dipole mode in the tropical Indian Ocean. *Nature*. 401(6751), 360-3
- Salmon M., Reiners, R., Lavin, C., Wyneken, J., 1995. Behavior of loggerhead sea turtles on an urban beach. I. Correlates of nest placement. *Journal of Herpetology*. 4, 560-567
- Seminoff, J.A., Jones, T. T., Resendiz, A., Nichols, W. J., Chaloupka, M. Y., 2003. Monitoring green turtles (*Chelonia mydas*) at a coastal foraging area in Baja California, Mexico: multiple indices describe population status. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 83, 1355-1362
- Seminoff, J., 2004. Green turtle red list assessment. <http://www.iucn-mtsg.org>. IUCN Species Survival Commission

- Serafini, T. Z., Lopez, G. L., Bernardo da Rocha, P. L., 2009. Nest site selection and hatching success of hawksbill and loggerhead sea turtles (Testudines, Cheloniidae) at Arembepe Beach, northeastern Brazil. *Phyllomedusa*. 8, 3-17
- Shine, R., Harlow, P. S., 1996. Maternal manipulation of offspring phenotypes via nest-site selection in an oviparous lizard. *Ecology*. 77, 1808-1817
- Spanier, M. J., 2010. Beach erosion and nest site selection by the leatherback sea turtle *Dermochelys coriacea* (Testudines: Dermochelyidae) and implications for management practices at Playa Gandoca, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 58, 1237-1246
- Videira, E. J.; Pereira, M. A., Louro, C. M., Narane, D. A., 2008. Monitoria, marcação e conservação de tartarugas marinhas em moçambique: dados históricos e relatório anual 2007/08. Grupo de Trabalho Tartarugas de Moçambique, Maputo, Moçambique
- Weishampel, J. F., Bagley, D. A., Ehrhart, L. M., Rodenbeck, B. L., 2003. Spatiotemporal patterns of annual sea turtle nesting behaviors along an East Central Florida Beach. *Biological conservation*. 110, 295-303
- Widemo, D. S., Sæther, S. A., 1999. Beauty is in the eye of the beholder: causes and consequences of variation in mating preferences. *Trends in ecology and evolution*. 14, 26-31
- Wilson, D. S. 1998. Nest-site selection: microhabitat variation and its effects on the survival of turtle embryos. *Ecology*. 79, 1884-1892
- Yalçin-Özdilek, Ş., Sönmez, B., 2006. Some properties of new nesting areas of sea turtles in north-eastern Mediterranean situated on the extension of the Samandağ Beach, Turkey. *Journal of environmental biology*. 27, 537-544

## 6. Anexos

Anexo I. Segmentos de vegetação que constituem as várias secções

<b>Segmentos</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio padrão</b>
Árvores	43,04m	26,7m
Arbustos	14,8m	14,21m
Herbáceas	23,06m	18,27m
Areia (sem vegetação)	26,54m	19,69m

Anexo II – correlação entre as variáveis analisadas para o ano de 2012. A negrito estão assinaladas as correlações altas e significativas.

		Correlations																
		CR	AD	Er	LP	ArvAlt	ArvPer	ArbAlt	ArbPer	HA	HP	DP	AgPer	Temp	Dc	Gr	PP	
Spearman's rho	CR	Correlation Coefficient Sig. (2-tailed)	1,000	,095	-,048	-,390**	-,136	,184	-,263**	-,155	-,013	,020	-,224*	,035	-,070	,173	,223	-,069
	N		105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
	AD	Correlation Coefficient Sig. (2-tailed)		1,000	<b>,622**</b>	,025	-,120	-,373**	-,266**	-,242*	,179	,352**	,557**	-,108	-,522**	,506**	,158	,145
	N			105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
	Er	Correlation Coefficient Sig. (2-tailed)			1,000	,048	,060	-,230*	-,066	,094	,096	,079	,360**	-,103	-,205*	,378**	,064	,097
	N				105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
	LP	Correlation Coefficient Sig. (2-tailed)				1,000	,274**	-,379**	,398**	,323**	,255**	,142	,312**	-,150	-,121	-,089	-,018	-,002
	N					105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
	ArvAlt	Correlation Coefficient Sig. (2-tailed)					1,000	-,210	,385**	,339**	-,006	,009	-,014	-,169	,215*	-,181	-,026	,035
	N						105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
	ArvPer	Correlation Coefficient Sig. (2-tailed)						1,000	-,176	-,137	-,158	<b>-,607**</b>	<b>-,697**</b>	-,167	,462**	-,206*	-,272**	-,133
	N							105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
	ArbAlt	Correlation Coefficient Sig. (2-tailed)							1,000	<b>,796**</b>	,313**	-,154	-,048	-,122	,467**	-,163	,050	-,154
	N								105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
	ArbPer	Correlation Coefficient Sig. (2-tailed)								1,000	,132	-,233*	-,121	-,124	,492**	-,106	-,047	-,179
	N									105	105	105	105	105	105	105	105	105
	HA	Correlation Coefficient Sig. (2-tailed)									1,000	,312**	,073	-,172	,012	,194*	,176	,070
	N										105	105	105	105	105	105	105	105
	HP	Correlation Coefficient Sig. (2-tailed)										1,000	,258**	-,166	-,560**	,195*	,188	,141
	N											105	105	105	105	105	105	105
DP	Correlation Coefficient Sig. (2-tailed)											1,000	,124	-,449**	,302**	,266**	,208	
N												105	105	105	105	105	105	
AgPer	Correlation Coefficient Sig. (2-tailed)												1,000	-,162	,074	,091	-,055	
N													105	105	105	105	105	
Temp	Correlation Coefficient Sig. (2-tailed)													1,000	-,369**	-,235*	,039	
N														105	105	105	105	
Dc	Correlation Coefficient Sig. (2-tailed)														1,000	<b>,601**</b>	-,086	
N															105	105	105	
Gr	Correlation Coefficient Sig. (2-tailed)															1,000	-,139	
N																105	105	
PE	Correlation Coefficient Sig. (2-tailed)																1,000	
N																	105	

Legenda:

- CR – Composição rochosa
- AD – Altura dunas
- Er - Erosão
- LP – Largura da Praia
- ArvAlt – Altura das árvores
- ArvPer – Percentagem de árvores
- ArbAlt – Altura dos arbustos
- ArbPer – Percentagem de arbustos
- HA – Altura das herbáceas
- HP – Percentagem de herbáceas
- DP – Percentagem de dunas
- AgPer – Percentagem de água
- Temp – Temperatura
- Dc - Declive
- Gr - Granulometria
- PE – Proximidade a promontórios

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Anexo III – correlação entre as variáveis analisadas para os anos 2003-2008 e 2011. A negrito estão assinaladas as correlações altas e significativas.

			Correlations					
			CR	LP	DP	ArvArbPer	ArvArbAlt	PP
Spearman's rho	CR	Correlation Coefficient	1,000	-,390**	-,224*	,127	-,163	-,069
		Sig. (2-tailed)		,000	,022	,195	,098	,483
		N		105	105	105	105	105
	LP	Correlation Coefficient		1,000	,312**	-,238*	,333**	-,002
		Sig. (2-tailed)			,001	,014	,001	,981
		N			105	105	105	105
	DP	Correlation Coefficient			1,000	<b>-,795**</b>	-,014	,208*
		Sig. (2-tailed)				,000	,889	,033
		N				105	105	105
	ArvArbPer	Correlation Coefficient				1,000	-,020	-,225*
		Sig. (2-tailed)					,841	,021
		N					105	105
	ArvArbAlt	Correlation Coefficient					1,000	,012
		Sig. (2-tailed)						,903
		N						105
	PP	Correlation Coefficient						1,000
		Sig. (2-tailed)						
		N						

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Legenda:

CR – Composição rochosa

LP – Largura da praia

DP – Percentagem de dunas

ArvArbPer – Percentagem de árvores+arbustos

ArvArbAlt – Altura das árvores+arbustos

PP – Proximidade a promontórios