



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE BIOCÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL

SAFIRA NÚBIA DIAS DE MELO

**COMPARAÇÃO ACÚSTICA ENTRE NINHOS E FILHOTES DE
TARTARUGAS MARINHAS EM IPOJUCA, LITORAL SUL DE
PERNAMBUCO**

Recife

2021

SAFIRA NÚBIA DIAS DE MELO

**COMPARAÇÃO ACÚSTICA ENTRE NINHOS E FILHOTES DE
TARTARUGAS MARINHAS EM IPOJUCA, LITORAL SUL DE
PERNAMBUCO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biologia Animal, Área de Concentração, Centro de Biociências, da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Biologia Animal.

Orientador (a): Bruna Martins Bezerra

Recife

2021

Catálogo na Fonte:
Elaine C Barroso CRB-4/1728

Melo, Safira Núbia Dias de
Comparação acústica entre ninhos e filhotes de tartarugas marinhas em Ipojuca, Litoral Sul de Pernambuco / Safira Núbia Dias de Melo– 2021.

76 f.: il., fig., tab.

Orientadora: Bruna Martins Bezerra

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Biociências. Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Recife, 2021.

Inclui referências.

1. Tartaruga- marinha 2. Ovos-incubação 3. Acústica I. Bezerra, Bruna Martins (orient.) II. Título

597.928

CDD (22.ed)

UFPE/CB-2022-019

SAFIRA NÚBIA DIAS DE MELO

**COMPARAÇÃO ACÚSTICA ENTRE NINHOS E FILHOTES DE
TARTARUGAS MARINHAS EM IPOJUCA, LITORAL SUL DE
PERNAMBUCO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biologia Animal, Área de Concentração, Centro de Biociências, da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Biologia Animal.

Aprovado em: 30/11/2021

BANCA EXAMINADORA

Dr. Pedro Murilo Sales Nunes (Titular interno) – UFPE

Dr^a. Ednilza Maranhão dos Santos (Titular externo) – UFRPE

Dr^a. Thyara Noely Simões (Titular externo) – Instituto Marcos Daniel - IMD/ES

Dr. Artur Campos Dália Maia (Suplente interno) – UFPE

Dr. Frederico Simão Hintze de Oliveira (Suplente externo)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha mãe, Djanira, que me apoiou e torceu por mim desde o início em cada escolha que tomei nessa trajetória acadêmica. Aos demais da minha família que me incentivaram, principalmente a minha irmã, Esther, que sempre curiosa me perguntava algo sobre os animais, ou quando descobria algo, corria para me contar.

A minha orientadora, Bruna Bezerra que antes mesmo de me conhecer, aceitou me orientar, e desde então com muita calma e paciência me ensinou sobre essa nova área (para mim) da bioacústica.

Ao meu namorado, Matheus, que sempre foi meu companheiro e aguentou todos os meus momentos de altos e baixos e que me ajudou neste trabalho. Aos amigos que torceram por mim, em todo o processo até chegar aqui. As minhas orientadoras da graduação, Maria Danise e Paula Regina que sempre me guiaram e incentivaram a dar o meu melhor.

A equipe da ONG Ecoassociados, que me acolheu desde o início, e que me deu todo espaço e apoio para o desenvolvimento deste trabalho.

A Capes pela bolsa concedida durante a realização deste estudo.

RESUMO

Tartarugas têm sido consideradas como um dos répteis vivos menos vocais. Entretanto, estudos recentes mostraram atividade vocal durante a incubação dos ovos e embaixo da água em espécies marinhas e dulcícolas. Dos estudos com espécies marinhas, apenas um foi realizado no Brasil. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi descrever e comparar a produção de sinais acústicos em ninhos de *Eretmochelys imbricata* e *Caretta caretta* no município de Ipojuca, litoral sul do estado de Pernambuco, Brasil. As praias do município de Ipojuca representam um importante sítio reprodutivo para as espécies que utilizam a costa brasileira, um cenário ideal para os estudos com tartarugas marinhas. Esta dissertação traz três partes principais: 1- Um referencial teórico contextualizando o tema; 2 – Um capítulo detalhando as informações obtidas sobre a comunicação acústica *in situ* das espécies-alvo e; 3 – Uma finalização trazendo as principais conclusões no estudo. Foram monitorados 13 km de linha costeira, compreendendo cinco praias de Ipojuca para registro dos ninhos. Foram realizadas gravações em cinco ninhos de cada uma das espécies-alvo durante a temporada reprodutiva de outubro 2020 a maio 2021. As gravações dos ninhos foram iniciadas a partir dos 45 dias de incubação e encerradas após a saída dos filhotes do ninho. Para três dos cinco ninhos de cada espécie, também realizamos registros acústicos dos filhotes durante a caminhada para o mar. Foram construídos espectrogramas das gravações através do software Raven Pro 1.5 para extração das características físicas dos sinais acústicos. Foram encontrados um total de 12 tipos de sinais acústicos, distribuídos entre os cinco contextos analisados (i.e. ovos, a eclosão, filhotes, emergência do ninho e caminhada para o mar) para *Caretta caretta*, e apenas cinco para *Eretmochelys imbricata*. Os sons encontrados nesta pesquisa, variaram até frequências ultrasônicas, que chegaram à 24 kHz. Considerando o tipo de vocalização mais representativo de ambas as espécies (vocalização tipo 1/I), foi possível verificar que a estrutura física das vocalizações variou entre os ninhos, evidenciando uma assinatura vocal. A estrutura física dessa vocalização também variou entre ninhos da espécie *Caretta caretta*, mas não entre ninhos da espécie *Eretmochelys imbricata*. Com relação ao padrão total de produção das vocalizações, não houve diferenças entre períodos diurno e noturno, e entre as espécies dentro do ninho e durante a caminhada para o mar. Não houve correlação entre a produção de vocalizações e a quantidade de filhotes vivos. Apesar da fama de silenciosas, o presente estudo mostra um diverso repertório vocal nos filhotes de duas espécies de tartarugas marinhas que utilizam a costa do Brasil para nidificar,

indicando que comunicação acústica pode ter um papel crucial para coordenação dos filhotes nos ninhos até a chegada das tartarugas ao mar após a emergência.

Palavras-chave: testudines; vocalização; bioacústica; assinatura vocal; incubação.

ABSTRACT

Turtles are considered one of the least vocal living reptiles. However, recent studies have shown acoustic activity during egg incubation and underwater in marine and freshwater species. Of the studies with marine turtle species, only one was carried out in Brazil. Thus, the objective of this dissertation was to describe and compare the production of acoustic signals in nests of *Eretmochelys imbricata* and *Caretta caretta* in the municipality of Ipojuca on the southern coast of the state of Pernambuco in northeastern Brazil. The beaches of the Ipojuca municipality represent an important reproductive site for the sea turtle species occurring in Brazil. This dissertation has three main parts: 1- A theoretical framework contextualizing the theme of this work; 2 – A chapter detailing the information obtained about the acoustic communication of the target species *in situ* and; 3 – A conclusion bringing the primary outcomes of the study. We monitored 13km of coastline comprising five beaches of Ipojuca to record the nests. Recordings of five nests of each target species were carried out during the breeding season from October 2020 to May 2021. Nest recordings started after 45 days of incubation and ended after the chicks left the nest. For three of the five nests of each species, we also carried out acoustic recordings of the surviving turtles during their walk to the sea. Spectrograms of the recordings were built using the Raven Pro 1.5 software to extract the physical characteristics of the acoustic signals. We found a total of 12 types of acoustic signals, distributed among the five analyzed contexts (i.e., eggs, hatching, hatchlings, nest emergence, and walk to the sea) for *Caretta caretta* and only five for *Eretmochelys imbricata*. The sounds found in this research ranged to ultrasonic frequencies up to 24 kHz. When considering the most representative type of vocalization in both species (i.e., vocalization type 1/I), it was possible to verify that the physical structure of this vocalization varied between species, evidencing a vocal signature for the species. The physical structure of this vocalization varied between nests of the species *Caretta caretta*. However, it did not vary among nests of the species *Eretmochelys imbricata*. Regarding the total pattern of vocalization production, there were no differences in the production of vocalizations between diurnal and nocturnal periods and between species inside the nest or during the walk to the sea. There was no correlation between the production of vocalizations and the number of live offspring. Despite the reputation of being silent, this study shows a diversity of vocalizations in the vocal repertoire of two species of sea turtles in Brazil, indicating that acoustic communication can play a crucial role in coordinating nestlings until the arrival of the sea turtles in the ocean after they come out of their nest.

Keywords: testudines; vocalization; bioacoustics; vocal signature; incubation.

LISTA DE FIGURAS

REFERENCIAL TEÓRICO

-
- FIGURA 1.** Características gerais das duas famílias representantes das tartarugas marinhas. (A) Espécie *Eretmochelys imbricata* da família Cheloniidae, retornando ao mar após desova no litoral de Ipojuca, Pernambuco, Brasil. (B) Espécie *Dermochelys coriacea* da família Dermochelyidae. Fonte: (A) Safira Melo; (B) Imagem retirada do Plano de Ação Nacional para conservação das tartarugas marinhas (SANTOS et al., 2011)..... 17
- FIGURA 2.** Filhote da espécie *Caretta caretta* (visualização dos dois pares de placas pré-frontais em seu crânio, e dos cinco pares de placas laterais da carapaça) do ninho monitorado no litoral de Ipojuca, Pernambuco, Brasil. Fonte: Safira Melo..... 19
- FIGURA 3.** Filhote da espécie *Eretmochelys imbricata* (visualização dos dois pares de placas pré-frontais em seu crânio, e dos quatro pares de placas laterais da carapaça) do ninho monitorado no litoral de Ipojuca, Pernambuco, Brasil. Fonte: Safira Melo..... 20
- FIGURA 4.** Ninho da espécie *Caretta caretta*, monitorado no litoral de Ipojuca, Pernambuco, Brasil. Fonte: Safira Melo..... 21
-

CAPÍTULO 1: COMPARAÇÃO ACÚSTICA ENTRE NINHOS E FILHOTES DE TARTARUGAS MARINHA EM IPOJUCA, LITORAL SUL DE PERNAMBUCO

-
- FIGURA 1.** Área de estudo pontuando as praias de Muro Alto, Cupe, Merepe, Porto de Galinhas e Maracaípe em Ipojuca, Pernambuco, Brasil. Fonte: Safira Melo..... 33
- FIGURA 2.** A - Representação gráfica da metodologia da gravação das vocalizações de tartarugas marinhas durante o período de incubação; B – Gravador AudioMoth 1.1.0, dentro do recipiente plástico (para proteção do gravador); C – Gravador posicionado dentro de um ninho de *Eretmochelys imbricata*, do município de Ipojuca, litoral sul de Pernambuco, Brasil. Fonte: Safira Melo 35
- FIGURA 3.** Gravação da caminhada dos filhotes de *Eretmochelys imbricata* do ninho 8 na praia de Maracaípe, do município de Ipojuca, litoral sul de Pernambuco, Brasil. Fonte: Karl Prado 36
- FIGURA 4.** Espectrogramas e oscilogramas dos tipos de sinais acústicos emitidos pela espécie *Caretta caretta*, durante o período de incubação e caminhada 40

dos filhotes ao mar, em Ipojuca, litoral sul de Pernambuco, Brasil. Fonte: Safira Melo.....	
FIGURA 5. Espectrogramas e oscilogramas dos tipos de sinais acústicos emitidos pela espécie <i>Eretmochelys imbricata</i> , durante o período de incubação e caminhada dos filhotes ao mar, em Ipojuca, litoral sul de Pernambuco, Brasil. Fonte: Safira Melo.....	43
FIGURA 6. Funções canônicas discriminantes geradas para diferenciação dos tipos de vocalizações do tipo 1, 2 e 4 entre ninhos de <i>Caretta caretta</i>	47
FIGURA 7. Funções canônicas discriminantes geradas para diferenciar os ninhos de <i>Caretta caretta</i> com base em características físicas da vocalização tipo 1.....	50
FIGURA 8. Funções canônicas discriminantes geradas para diferenciar os ninhos de <i>Eretmochelys imbricata</i> com base em características físicas da vocalização tipo 1.....	51
FIGURA 9. Produção de vocalizações por filhotes de <i>Caretta caretta</i> (A) e <i>Eretmochelys imbricata</i> (B) nos períodos noturnos e diurnos, do município de Ipojuca, litoral sul de Pernambuco, Brasil. Teste de Wilcoxon mostra que não há diferença na produção de vocalizações entre turnos.....	52
FIGURA 10. Produção de vocalizações por filhotes de <i>Caretta caretta</i> e <i>Eretmochelys imbricata</i> durante as primeiras 24h da fase filhote ainda dentro do ninho (A) e durante o processo de caminhada para o mar (B). Teste de Mann-Whitney mostra ausência de diferença na quantidade de vocalizações produzidas entre as espécies nesse estágio.....	53
FIGURA 11. Correlação entre quantidade de vocalizações produzidas e a quantidade de filhotes vivos para <i>Caretta caretta</i> considerando as primeiras 24h da fase filhote. Correlação de Spearman mostra que não há correlação.....	54
FIGURA 12. Correlação entre quantidade de vocalizações produzidas e a quantidade de filhotes nascidos vivos para <i>Eretmochelys imbricata</i> considerando as primeiras 24h da fase filhote. Correlação de Spearman mostra que não há correlação.....	54
FIGURA 13. Correlação entre a quantidade de vocalizações produzidas e a quantidade de filhotes vivos durante a caminhada para o mar em <i>Caretta caretta</i> e <i>Eretmochelys imbricata</i> (3 ninhadas de cada espécie, sendo 1, 2 e 3 de <i>Caretta caretta</i> , 4, 5 e 6 de <i>E. imbricata</i>). Correlação de Spearman mostra que não há correlação entre a quantidade de filhotes vivos e a quantidade de vocalizações produzidas nessa fase.....	55
FIGURA 14. Sons de origem antrópica e natural identificados dos ninhos monitorados no litoral de Ipojuca, Pernambuco, Brasil. Fonte: Safira Melo.....	56

LISTA DE TABELAS

REFERENCIAL TEÓRICO

TABELA 1. Status de conservação de acordo com as listas nacional e internacional adaptada do ICMBio/MMA, 2018; IUCN, 2019.....	22
TABELA 2. Metas para conservação de tartarugas marinhas no Brasil, listadas no Ação Nacional (PAN) para Conservação das Tartarugas Marinhas (Portaria nº287/2017; tabela adaptada da matriz do PAN).....	23
TABELA 3. Variação dos sinais acústicos das espécies de tartarugas marinhas ocorrentes no Brasil.....	27

CAPÍTULO 1: COMPARAÇÃO ACÚSTICA ENTRE NINHOS E FILHOTES DE TARTARUGAS MARINHA EM IPOJUCA, LITORAL SUL DE PERNAMBUCO

TABELA 1. Tempo de incubação, total de ovos, filhotes vivos e sua porcentagem de sucesso de emergência, por espécie e ninho das praias do município de Ipojuca, litoral sul de Pernambuco, Brasil. PA: predação animal aos ovos, após a saída dos filhotes do ninho, impossibilitando a contagem das cascas.....	38
TABELA 2. Características físicas dos tipos de sinais acústicos encontrados nos ninhos de <i>Caretta caretta</i> das praias do município de Ipojuca, litoral sul de Pernambuco, Brasil.....	42
TABELA 3. Características físicas dos tipos de sinais acústicos encontrados nos ninhos de <i>Eretmochelys imbricata</i> das praias do município de Ipojuca, litoral sul de Pernambuco, Brasil.....	44
TABELA 4. Quantidade de sinais acústicos emitidos registrados nos diferentes ninhos das espécies <i>Caretta caretta</i> e <i>Eretmochelys imbricata</i> e nos contextos Filhotes e Caminhada. NR – Quando não foi realizada a gravação da ninhada durante a caminhada.....	45
TABELA 5. Variáveis contribuindo para diferenciação dos tipos de vocalizações do tipo 1, 2 e 4 entre ninhos de <i>Caretta caretta</i> monitorados do município de Ipojuca, litoral sul de Pernambuco, Brasil. F - teste; gl – Grau de liberdade; p – probabilidade de significância.....	46
TABELA 6. Variáveis contribuindo para diferenciação dos tipos de vocalizações do tipo I e V entre ninhos de <i>Eretmochelys imbricata</i>	47

monitorados do município de Ipojuca, litoral sul de Pernambuco, Brasil. F - teste; gl – Grau de liberdade; p – probabilidade de significância.....

TABELA 7. Variáveis contribuindo para diferenciação do tipo 1 entre os ninhos de <i>Caretta caretta</i> e <i>Eretmochelys imbricata</i> monitorados do município de Ipojuca, litoral sul de Pernambuco, Brasil. F - teste; gl – Grau de liberdade; p – probabilidade de significância.....	48
TABELA 8. Comparação par-a-par da vocalização tipo 1 entre ninhos de <i>Caretta caretta</i> monitorados do município de Ipojuca, litoral sul de Pernambuco, Brasil.....	49
TABELA 9. Variáveis contribuindo para diferenciar os ninhos de <i>Caretta caretta</i> com base em características físicas da vocalização tipo 1. F - teste; gl – Grau de liberdade; p – probabilidade de significância.	59
TABELA 10. Variáveis contribuindo para diferenciar os ninhos de <i>Eretmochelys imbricata</i> com base em características físicas da vocalização tipo 1. F - teste; gl – Grau de liberdade; p – probabilidade de significância.....	51

SUMÁRIO

1	REFERÊNCIAL TEÓRICO	16
1.1	TARTARUGAS MARINHAS	16
1.1.1	Características gerais.....	16
1.1.2	Espécies de ocorrência no Brasil, com ênfase em <i>Caretta caretta</i> e <i>Eretmochelys imbricata</i>	18
1.1.3	Ciclo de vida	20
1.1.4	Importância ecológica	21
1.1.5	Conservação	22
1.2	ECOLOGIA ACÚSTICA DE TARTARUGAS MARINHAS.....	24
1.2.1	Bioacústica	24
1.2.2	Sensibilidade auditiva.....	26
1.2.3	Produção de sinais acústicos	26
1.3	RUÍDOS ANTRÓPICOS.....	27
2	OBJETIVOS.....	29
3	COMPARAÇÃO ACÚSTICA ENTRE NINHOS E FILHOTES DE TARTARUGAS MARINHAS <i>Eretmochelys imbricata</i> E <i>Caretta caretta</i> EM IPOJUCA, LITORAL SUL DE PERNAMBUCO	30
3.1	Introdução.....	31
3.2	Metodologia.....	32
3.2.1	Área de Estudo	32
3.2.2	Gravações das tartarugas	34
3.2.3	Análise dos dados	36
3.3	Resultados	38
3.3.1	Registros acústicos e ninhos.....	38
3.3.2	Repertório de vocalizações de <i>Caretta caretta</i>	39
3.3.3	Comparação da estrutura da vocalização tipo 1/ I entre espécies.....	48

3.3.4	Comparação da estrutura da vocalização tipo 1 entre ninhos de <i>Caretta caretta</i>	49
3.3.5	Comparação da estrutura da vocalização tipo I entre ninhos de <i>Eretmochelys imbricata</i>	50
3.3.6	Padrão de produção de vocalizações nos períodos noturno e diurno.....	52
3.3.7	Comparação do padrão de produção de vocalizações entre espécies.....	52
3.3.8	Relação entre produção de som e quantidade de filhotes vivos na ninhada.....	53
3.3.9	Sons de origem antrópica e natural identificados nos ninhos	55
3.4	Discussão	56
4	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA CONSERVAÇÃO	62
5	REFERÊNCIAS.....	64

1. REFERÊNCIAL TEÓRICO

1.1. TARTARUGAS MARINHAS

1.1.1. Características gerais

As tartarugas marinhas são seres que apresentam grande longevidade, originados no período Jurássico (PRITCHARD, 1997). No decorrer da sua evolução, algumas adaptações permitiram a vida no ambiente marinho, por exemplo: glândulas de sal (equilíbrio fisiológico); carapaça mais achatada (hidrodinâmica); e modificações dos membros locomotores em nadadeiras (mobilidade) (REINA et al., 2002; DOUGHERTY et al., 2010). A locomoção destes animais alterna de acordo com as espécies, sob influência do peso e do tipo de comportamento que esteja exercendo, seja no meio terrestre ou subaquático (RENOUS et al., 2000).

A ordem Testudines é representada pelos animais que possuem o corpo revestido por uma carapaça óssea, formada da fusão das vértebras e costelas, que resulta no endo e exoesqueleto (WYNEKEN, 2001; FERRARA et al., 2016; VIEIRA et al., 2016). As subordens são divididas de acordo com a retração do pescoço: os membros de Cryptodira retraem o pescoço verticalmente, e os de Pleurodira, retraem lateralmente (MEYLAN e MEYLAN, 1999; RONNING et al., 2013). Os Cryptodira são os mais diversos entre os testudines e incluem as atuais famílias das tartarugas marinhas: Cheloniidae e Dermochelyidae (ECKERT et al., 1999; MEYLAN e MEYLAN, 1999; FERRARA et al., 2016).

A família Cheloniidae caracteriza-se principalmente por ter o corpo recoberto por placas queratinizadas (Figura 1a), que variam em quantidade e formato entre as espécies (ECKERT et al., 1999; WYNEKEN, 2001). As placas da carapaça são classificadas em: Nucal, marginal, vertebral, lateral e supracaudal, sendo as placas laterais as mais comuns para a identificação das espécies, assim como as placas pré-frontais do crânio (WYNEKEN, 2001). O plastrão (a parte ventral) também pode ser utilizado para essa diferenciação, mas as suas divisões (intergular, gular, humeral, peitoral, abdominal, femoral, inframarginal e anal) são comumente utilizadas como referências para os órgãos internos (WYNEKEN, 2001). A maioria das espécies possuem duas garras, tanto nos membros anteriores como nos posteriores, sendo mais alongadas e curvadas nos machos adultos auxiliando durante a cópula (WYNEKEN, 2001). Também apresentam um bico

córneo (ranfoteca) que recobre as mandíbulas, com características individuais para a dieta de cada espécie (WYNEKEN, 2001).

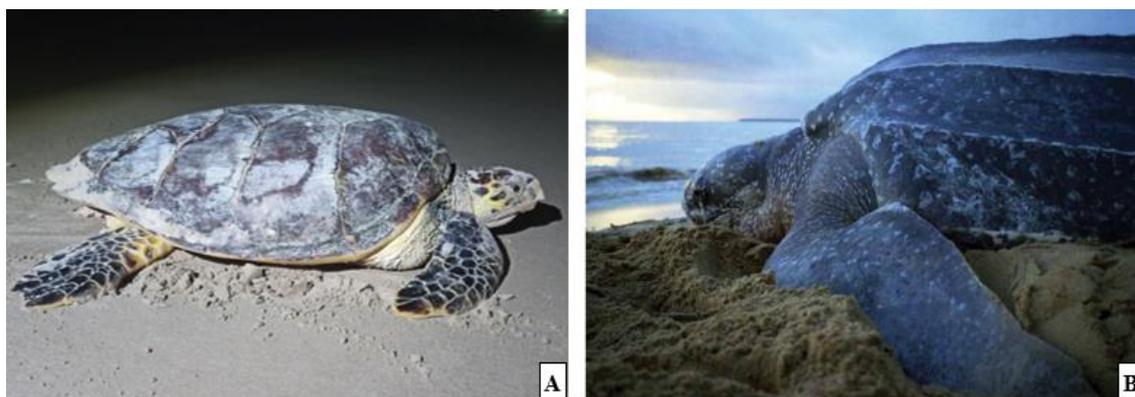


FIGURA 1. Características gerais das duas famílias representantes das tartarugas marinhas. (A) Espécie *Eretmochelys imbricata* da família Cheloniidae, retornando ao mar após desova no litoral de Ipojuca, Pernambuco, Brasil. (B) Espécie *Dermochelys coriacea* da família Dermochelyidae. Fonte: (A) Safira Melo; (B) Imagem retirada do Plano de Ação Nacional para conservação das tartarugas marinhas (SANTOS et al., 2011).

A família Dermochelyidae possui atualmente apenas uma espécie representante (*Dermochelys coriacea*), que se caracteriza pela epiderme coriácea (Figura 1B) com significativo acúmulo de gordura (WYNEKEN, 2001). A sua carapaça apresenta sete quilhas longitudinais que convergem acima da cauda, distribuídas em cinco dorsais e duas marginais, e seu crânio é o mais largo e arredondado entre as tartarugas marinhas, de grandes orbitas e maxilares afiados (WYNEKEN, 2001).

A distribuição das tartarugas marinhas pode ser delimitada pelas condições climáticas, de modo diferente entre as espécies (PARENTE et al., 2006). Entretanto, as espécies podem ocorrer em simpatria, porém ocupando diferentes nichos ecológicos (PIKE, 2013; LUCHETTA e WATANABE, 2017). Apresentam maior atividade no horário entre 08:00h e 14:00h para se aquecer, e podem realizar longas migrações entre as áreas de alimentação e nidificação (PARENTE et al., 2006; WEIR, 2007; PIKE, 2013; MONTERO et al., 2019). De modo geral, as desovas são pantropicais, e estas áreas precisam apresentar condições bióticas e abióticas favoráveis ao desenvolvimento dos filhotes (FERREIRA JÚNIOR, 2009; FADINI et al., 2011; PIKE, 2013). As tartarugas de maior porte conseguem, por exemplo, ampliar as possibilidades da temperatura de incubação de acordo com a profundidade de seu ninho (PIKE, 2013; MONTERO et al., 2019).

1.1.2. Espécies de ocorrência no Brasil, com ênfase em *Caretta caretta* e *Eretmochelys imbricata*

Atualmente existem sete espécies conhecidas de tartarugas marinhas no mundo: *Caretta caretta* (Linnaeus 1758); *Chelonia mydas* (Linnaeus 1758); *Eretmochelys imbricata* (Linnaeus 1766); *Lepidochelys kempii* (Garman 1880); *Lepidochelys olivacea* (Eschscholtz 1829); *Natator depressus* (Garman 1880), incluídas na família Cheloniidae; e *Dermochelys coriacea* (Vandelli 1761) na família Dermochelyidae (WYNEKEN, 2001). As únicas que não ocorrem no Brasil são *L. kempii* e *N. depressus* que apresentam uma distribuição mais restrita, sendo encontradas no Golfo do México e costa oriental dos Estados Unidos e no continente australiano, respectivamente (MEYLAN e MEYLAN, 1999; PIKE, 2013; COLEMAN et al., 2016; VAN LOHUIZEN et al., 2016).

A espécie *Ca. caretta* (Figura 2) é conhecida popularmente como tartaruga cabeçuda, devido a desproporção da cabeça ao corpo, com dois pares de placas pré-frontais e três pós orbitais (WYNEKEN, 2001). Sua carapaça possui cinco pares de placas laterais justapostas, de coloração marrom-amarelada e plastrão amarelo-claro (WYNEKEN, 2001). Os adultos no Brasil foram registrados com aproximadamente 105 cm de comprimento curvilíneo de carapaça (MARCOVALDI e CHALOUPKA, 2007). Sua distribuição é global, com as áreas prioritárias de desova no Brasil localizadas na Bahia, Espírito Santo, Rio de Janeiro e Sergipe; Pernambuco como área de desova esporádica (município de Ipojuca), e as áreas de alimentação comprovadas são do litoral do Ceará, Maranhão e Pará (MARCOVALDI et al., 2010; SANTOS et al., 2018). São predominantemente carnívoras, alimentando-se principalmente de moluscos, crustáceos, e em menor preferência de algas e peixes (LENZ, 2009; BARROS, 2010; DI BENEDITTO et al., 2015).

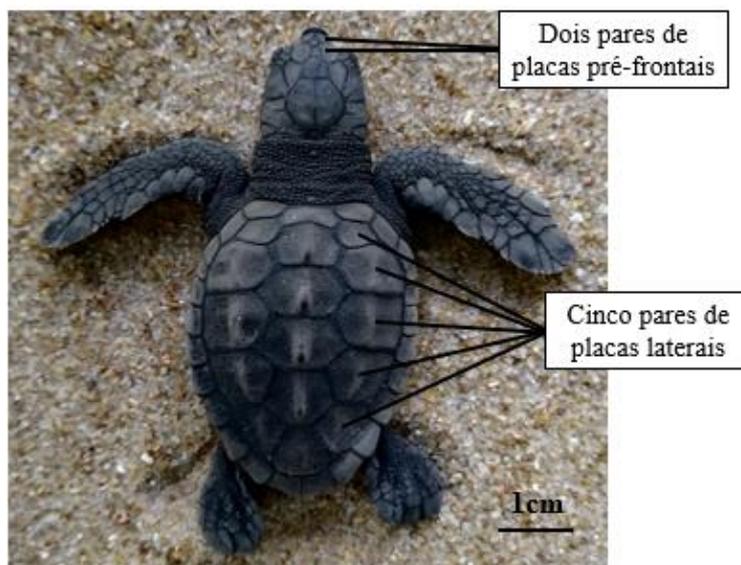


FIGURA 2. Filhote da espécie *Caretta caretta* (visualização dos dois pares de placas pré-frontais em seu crânio, e dos cinco pares de placas laterais da carapaça) do ninho monitorado no litoral de Ipojuca, Pernambuco, Brasil. Fonte: Safira Melo.

A *E. imbricata* (Figura 3) é encontrada globalmente e é a espécie mais tropical dentre as tartarugas marinhas, conhecida popularmente como tartaruga de pente (MARCOVALDI et al., 2018). Apresenta dois pares de placas pré-frontais, três pares pós orbitais, e quatro pares de placas laterais sobrepostos na carapaça (WYNEKEN, 2001). Possui em média 95 cm de comprimento, e as áreas prioritárias de desovas no Brasil são na Bahia, Sergipe e o Rio Grande do Norte; Pernambuco como área de desova regular (município de Ipojuca), e as áreas de alimentação conhecidas são as ilhas oceânicas de Fernando de Noronha-PE e Atol das Rocas-RN, se alimentando principalmente de ouriços, crustáceos e moluscos (MOURA et al., 2012; MARCOVALDI et al., 2018).

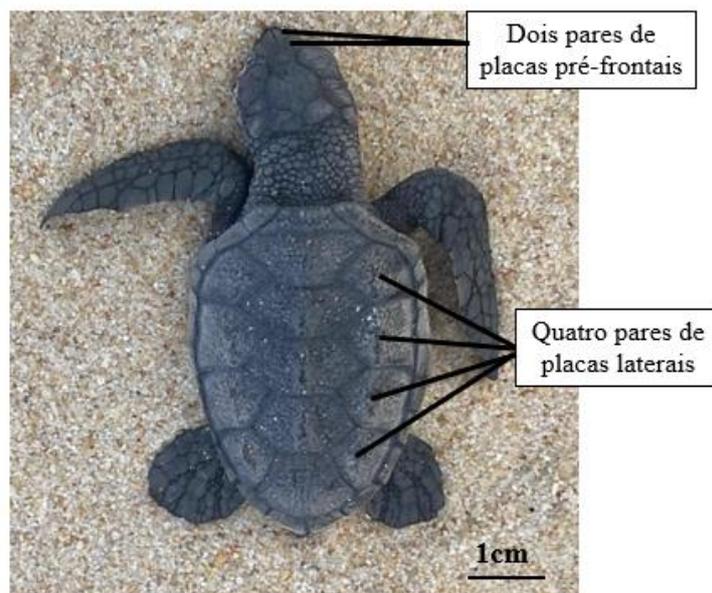


FIGURA 3. Filhote da espécie *Eretmochelys imbricata* (visualização dos dois pares de placas pré-frontais em seu crânio, e dos quatro pares de placas laterais da carapaça) do ninho monitorado no litoral de Ipojuca, Pernambuco, Brasil. Fonte: Safira Melo.

1.1.3. Ciclo de vida

Apresentam maturação sexual tardia (em média 30 anos) e, quando adultas, migram das áreas de alimentação para as áreas de reprodução próximas à região que nasceram devido a sua filopatria (fidelidade ao local de nascimento) (MEYLAN e DONNELLY, 1999; BOWEN et al., 2004; JAMES et al., 2005; AVENS et al., 2009).

A fêmea é fecundada por diferentes machos, o que resulta em uma maior variabilidade genética e conseqüentemente maior taxa de sobrevivência de seus descendentes (MEYLAN e MEYLAN, 1999; BYRNE e ROBERTS, 2000; BOWEN e KARL, 2007). Após a reprodução, os machos retornam às áreas de alimentação, e as fêmeas permanecem nos sítios de desova por cerca de mais dois meses (BOWEN et al., 2004; JAMES et al., 2005). Dependendo da espécie, as fêmeas desovam de três a seis vezes em uma temporada reprodutiva, em intervalos de aproximadamente quinze dias (CHAN e LIEW, 1999). Os ciclos reprodutivos podem ser anuais, bianuais, trianuais ou irregulares, com início de dois meses antes do início das desovas (período receptivo) (TROËNG e CHALOUKKA, 2007; REIS e GOLDBERG, 2017).

A escolha do sítio de nidificação é determinante para o sucesso de eclosão dos filhotes, visto que esses animais não possuem cuidado parental (TRINDADE, 2012).

Cada ninho (Figura 4) possui em média cerca de 120 ovos, que são incubados em uma câmara de profundidade de aproximadamente 50 cm, por volta de 50 a 60 dias, variando entre as espécies (Tabela 1) (SILVA, 2011; MOURA et al., 2012; MELO, 2016). Durante o período de incubação ocorre a determinação do sexo dos filhotes de acordo com a temperatura pivotal, entre 24° e 34° C de forma equivalente entre machos e fêmeas (LIMPUS et al., 1992; MROSOVSKY, 1994; SIMÕES et al., 2014). Após a eclosão, os filhotes emergem em concomitância do ninho através da prática da facilitação social, que pode reduzir as possibilidades de predação durante a caminhada até o mar (CARR e HIRTH, 1961). Dos primeiros anos até a fase juvenil, pouco se sabe sobre o comportamento desses animais (anos perdidos), mas se acredita que estejam em locais que possuam refúgio, alimento e proteção térmica (SCOTT et al., 2014; PUTMAN e MANSFIELD, 2015; MANSFIELD et al., 2014).



FIGURA 4. Ninho da espécie *Caretta caretta*, monitorado no litoral de Ipojuca, Pernambuco, Brasil. Fonte: Safira Melo.

1.1.4. Importância ecológica

As tartarugas marinhas são importantes no transporte de nutrientes entre ecossistemas, devido as longas rotas migratórias em regiões costeiras, oceânicas, entre

equatoriais, tropicais e até temperadas (HEITHAUS, 2013). Elas servem de habitat para centenas de epibiontes, e as migrações proporcionam a dispersão de organismos como cracas, algas, tunicados e moluscos (FRICK et al., 1998; PFALLER et al., 2008; ROBINSON et al., 2019).

A energia e os nutrientes vão para o ambiente terrestre por meio dos ovos nas áreas de nidificação, sendo transferidos para o solo, vegetação e fauna local, e apenas um terço retorna ao mar com os filhotes (HEITHAUS, 2013; BJORNDAL e JACKSON, 2003). São fonte de alimento para alguns predadores tais como caranguejos, raposas e tubarões (BARTON e ROTH, 2008; LONGO, 2008; BORNATOWSKI et al., 2012). Como consumidores, atingem o segundo, terceiro, e quarto nível trófico na cadeia alimentar (BARROS, 2010; DI BENEDITTO et al., 2015; HEITHAUS, 2013).

1.1.5. Conservação

Mesmo com todas as adaptações para sobreviver, as tartarugas marinhas são submetidas a diversos impactos como: perda de habitat, poluição, coleta de ovos, e pesca incidental (MASCARENHAS et al., 2008; FERNANDES et al., 2016; GUIMARÃES et al., 2017; SIMÕES et al., 2017). A tartaruga de pente foi uma das espécies que mais sofreu com a exploração, principalmente com a retirada das placas de queratina, que serviam para produção de pente e outros artesanatos, que resultou em seu nome popular (MEYLAN e MEYLAN, 1999; MARCOVALDI et al., 2018). Essas ameaças têm resultado na redução das populações das espécies brasileiras, incluindo-as na: Lista Nacional das Espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção; e na Lista Vermelha da União Internacional para a Conservação da Natureza – IUCN Red List (Tabela 1) (ICMBio/MMA, 2018; IUCN, 2019).

TABELA 1. Status de conservação de acordo com as listas nacional e internacional adaptada do ICMBio/MMA, 2018; IUCN, 2019.

Espécies	Lista	Status
<i>Caretta caretta</i>	Nacional	Em perigo
	Internacional	Vulnerável

<i>Chelonia mydas</i>	Nacional	Vulnerável
	Internacional	Em perigo
<i>Dermochelys coreacea</i>	Nacional	Criticamente em perigo
	Internacional	Vulnerável
<i>Ertemochelys imbricata</i>	Nacional	Criticamente em perigo
	Internacional	Criticamente em perigo
<i>Lepdochelys olivacea</i>	Nacional	Em perigo
	Internacional	Vulnerável

Atualmente fazem parte do Plano de Ação Nacional (PAN) para Conservação das Tartarugas Marinhas (Segundo ciclo: Portaria n° 287/2017), que têm o objetivo de manter a restauração das populações desses animais, ao aprimorar as ações de conservação, pesquisa, e inclusão a sociedade. Para a execução do plano, as ameaças foram identificadas e mapeadas, e definidas sete metas e 56 ações prioritárias para a concretização da conservação dessas espécies bandeira (Tabela 2).

TABELA 2. Metas para conservação de tartarugas marinhas no Brasil, listadas no Ação Nacional (PAN) para Conservação das Tartarugas Marinhas (Portaria n°287/2017; tabela adaptada da matriz do PAN).

N#	Meta do plano de ação	Número de ações
1	Estimativa de capturas, mortalidade e identificação de áreas onde ocorre maior interação das tartarugas marinhas em pescarias prioritárias.	9
2	Redução das capturas incidentais e da mortalidade de tartarugas marinhas nas atividades pesqueiras.	6
3	Proteção das áreas prioritárias de reprodução de tartarugas marinhas.	8

4	Monitoramento e proteção em outras áreas identificadas de reprodução das tartarugas marinhas.	4
5	Conservação de áreas de alimentação das tartarugas marinhas.	9
6	Redução dos impactos da poluição nas tartarugas marinhas.	4
7	Aprimoramento das políticas públicas de proteção às tartarugas marinhas.	16

O litoral brasileiro se destaca como importante área para a conservação porque apresenta áreas ideais de reprodução, alimentação, descanso e desenvolvimento (SFORZA et al., 2017). A proteção dessas espécies-bandeira também favoreceu a criação de várias áreas de proteção marinhas e costeiras, resultando na proteção de outras espécies menos conhecidas (FRAZIER, 2005; VERÍSSIMO et al., 2011).

1.2. ECOLOGIA ACÚSTICA DE TARTARUGAS MARINHAS

1.2.1. Bioacústica

A bioacústica visa compreender a produção, a dispersão e a recepção de sinais acústicos por animais, tendo sido alvo de estudos de invertebrados até mamíferos (BRADBURY e VEHRENCAMP 1998; FLETCHER, 2007). A emissão de sinais acústicos pode ser utilizada para navegação, reprodução, defesa de território, fuga de predadores, coesão de grupos, forrageio e migração (FLETCHER, 2007; AU e HASTINGS, 2008; MÁRQUEZ et al., 2011). Para o ambiente aquático marinho, o meio opaco e viscoso faz da comunicação acústica uma modalidade chave de comunicação, tendo em vista as limitações de transmissão e propagação de outros meios, como a visual, olfatória e tátil, e chega a propagar mais de quatro vezes mais rápido que no ar (BRADBURY e VEHRENCAMP, 1998; NOWACEK et al., 2007).

A análise da paisagem acústica permite a percepção da atividade vocal que as espécies podem apresentar em um ambiente, assim como os sons do meio em que ocupam (PIJANOWSKI et al., 2011; DEICHMANN et al., 2017). Essa é composta por sons

(sinais acústicos) de origem biológica que são emitidos por organismos vivos, classificada como biofonia; os sons provenientes de atividade geológica, como os ventos, ondas do mar e chuva, são conhecidos como geofonia; e os ruídos produzidos pela atividade humana, como de carros e maquinário industrial, identificados como antropofonia (KRAUSE, 2012; FARINA, 2014; PAPALE et al., 2020).

A visualização desses sons pode ser realizada em diversos programas, como o RAVEN Pro (Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY), e BatSound, esses softwares apresentam o oscilograma (representam as curvas da onda sonora) e espectrograma (a densidade de energia do som), que são utilizados para realizar a análise (BEZERRA et al., 2010; MONTEIRO et al., 2019). Esses dados são apresentados na unidade de medida de frequência (Hertz), que corresponde a oscilação do som pelo tempo (1 Hz = uma oscilação por segundo; 1 kHz = 1.000 oscilações por segundo) (TOUGAARD, e BEEDHOLM, 2019).

Os sons apresentam características físicas que podem ser utilizadas para diferenciar um sinal acústico de outro, e desse modo é possível investigar o repertório das espécies, e caracterizar os sons não biológicos (BEZERRA et al., 2010; FARINA, 2014). Algumas dessas características são: a duração da sílaba/ pulso (é o tempo do som), frequência mínima (menor limite de frequência da seleção no espectrograma), frequência máxima (maior limite de frequência da seleção no espectrograma), frequência de máxima energia (banda de frequência com maior energia); e número de harmônicas (linhas horizontais no eixo de frequência, ao longo do tempo) (CHARIF et al., 2010).

A individualização (assinatura vocal) das vocalizações acontece quando o mesmo tipo de som analisado, possui características específicas diferentes entre os indivíduos da mesma espécie ou o tipo difere entre as espécies (SOUSA-LIMA et al., 2002; DOBSON e JOUVENTIN, 2003; AUBIN et al., 2007). Essa assinatura vocal pode ser influenciada por fatores bióticos como: comprimento, biomassa e fisiologia dos espécimes; e abióticos: temperatura e umidade (GERHARDT e HUBER, 2002; GUIMARÃES e BASTOS, 2003; SILVA et al., 2008; TAYLOR e REBY, 2010). Outras análises que podem ser realizadas sobre o som é o padrão vocal (padrão de produção total) que a espécie pode apresentar, que é a proporção de emissão dos diferentes tipos de som, e a atividade acústica (orçamento acústico), que corresponde a quantidade de sinais acústicos (CORNICK e MARKOWITZ, 2002; SOUZA, 2019).

1.2.2. Sensibilidade auditiva

As tartarugas marinhas não possuem orelha (ouvido) externa, o tímpano fica após a linha média do crânio, que é possível identificá-lo ao tatear a área, e após a essa estrutura, se encontra a cavidade do ouvido médio (BARTOL et al., 2003). O ouvido médio possui ossículos, como o osso estribo, que capta os sons/ vibrações e leva as informações até o cérebro (LOPES et al., 2021). A audição das tartarugas marinhas e suas respostas comportamentais e fisiológicas ao som ainda são pouco compreendidas, sendo possivelmente utilizadas para interpretação da paisagem sonora, e para sua comunicação (PINIAK, 2012; TYSON et al., 2017). A capacidade acústica das tartarugas marinhas é diferente entre as espécies, havendo ainda influência da idade e do meio em que a tartaruga se encontra, subaquático (maior sensibilidade) ou terrestre (LAVENDER et al., 2012; PINIAK, 2012).

Para a espécie *Ca. caretta*, as tartarugas adultas no ambiente aquático podem responder aos sons com frequência entre 200 e 700 Hz (LAVENDER et al., 2012). Já os filhotes de *E. imbricata* apresentaram sensibilidade à pressão no ambiente aquático de 85 dB, e 51 dB no terrestre (PINIAK, 2012).

1.2.3. Produção de sinais acústicos

O repertório acústico das tartarugas marinhas varia entre as espécies (MUÑOZ, 2010; FERRARA et al., 2014a; MONTEIRO et al., 2019). A emissão acústica durante o período de incubação e/ ou após a emergência do ninho foi registrada para todas as espécies que ocorrem no Brasil (MUÑOZ, 2010; FERRARA et al., 2014a, FERRARA et al., 2014b; MONTEIRO et al., 2019).

Para a espécie *Ca. caretta* foram descritos cinco tipos de sinais acústicos durante o período de eclosão dos ovos (MUÑOZ, 2010). Os sons foram chamados de tipo: “tosse”; “assobio”; “flexões”; “guinchos”; e “raspagem”, que tiveram frequências entre: 300 e 2600 Hz (MUÑOZ, 2010).

Para a espécie *E. imbricata* durante seu período de incubação, foram registrados quatro tipos de sinais sonoros (MONTEIRO et al., 2019). O tipo “1” pode ser único ou em sequência, com duração média de 0,0015 s cada pulso; a média da frequência mínima, máxima e de máxima energia ocorreram respectivamente em 2200; 870; e 760 Hz (MONTEIRO et al., 2019). O tipo “2”, foi o sinal acústico mais registrado, com duração

média entre 0,0011 s, podendo também ser únicos ou em sequência, a média da frequência mínima, máxima e de máxima energia ocorreram respectivamente em 15420; 935; e 3050 Hz (MONTEIRO et al., 2019). O tipo “3” são sinais formados por um único harmônico, de duração média de 0,0138 (MONTEIRO et al., 2019). a média da frequência mínima, máxima e de máxima energia ocorreram respectivamente em: 2910; 2230; e 2400 (MONTEIRO et al., 2019). O tipo “4” possuem sinais multi-harmônicos, e a duração média de 0,0072 s, a média da frequência mínima, máxima e de máxima energia ocorreram respectivamente em: 5940; 3200; e 4000 Hz (MONTEIRO et al., 2019).

TABELA 3. Variação dos sinais acústicos das espécies de tartarugas marinhas ocorrentes no Brasil.

Espécie	Estágio de vida	Repertório acústico	Fontes
<i>Caretta caretta</i>	Embrião/ Filhote	5 tipos	MUÑOZ, 2010.
<i>Chelonia mydas</i>	Embrião/ Filhote	Não identificado	MCKENNA et al., 2019
<i>Chelonia mydas</i>	Filhote	4 tipos	FERRARA et al., 2014
<i>Dermochelys coriacea</i>	Embrião/ Filhote	4 tipos	FERRARA et al., 2014;
<i>Dermochelys coriacea</i>	Embrião/ Filhote	Não identificado	MCKENNA et al., 2019
<i>Eretmochelys imbricata</i>	Embrião/ Filhote	4 tipos	MONTEIRO et al., 2019
<i>Lepidochelys olivacea</i>	Embrião/ Filhote	Não identificado	MCKENNA et al., 2019

1.3. RUÍDOS ANTRÓPICOS

Os processos de urbanização, são um dos fatores que ameaçam a biodiversidade, devido a redução dos habitats para as espécies, por meio da fragmentação e degradação

do ambiente, além de gerar ruídos que mascaram a biofonia e geofonia do meio (PROPPE et al., 2013; FARINA, 2014). O litoral sul de Pernambuco tem sofrido perturbações antrópicas, voltadas ao turismo e ao complexo portuário de Suape (ao norte de Muro Alto), onde a disposição de resíduos sólidos, a ocupação desordenada e a exploração dos habitats estão entre os maiores problemas para os organismos viventes no local (SILVA, 2011; VASCONCELOS e SALAZAR, 2007; FERNANDES et al., 2016). A praia de Porto de Galinhas, por exemplo, é o principal centro turístico da região, recebendo mais de 60.000 turistas em alta temporada (DIAS e VITAL, 2014; FRANÇA, 2007).

A poluição sonora próxima aos sítios de nidificação de tartarugas é uma das ameaças ao desenvolvimento e comportamento dos filhotes, e podem estar afetando o desenvolvimento e o comportamento desses animais (SAMUEL et al., 2005; MONTEIRO et al., 2019).

2. OBJETIVOS

Objetivo geral

Descrever a produção de sinais acústicos em ninhos de tartarugas marinhas comparando entre as espécies *Eretmochelys imbricata* e *Caretta caretta* no município de Ipojuca, litoral sul de Pernambuco

Objetivos específicos

- Descrever fisicamente a estrutura dos tipos sinais acústicos emitidos por filhotes de *Eretmochelys imbricata* e *Caretta caretta in situ*, comparando com outros estudos para a espécie;
- Descrever e comparar o padrão de produção de sinais acústico por filhotes de *Eretmochelys imbricata* e *Caretta caretta in situ*;
- Investigar se é possível detectar sons externos de dentro dos ninhos de *Eretmochelys imbricata* e *Caretta caretta in situ* na área de estudo.

3. COMPARAÇÃO ACÚSTICA ENTRE NINHOS E FILHOTES DE TARTARUGAS MARINHAS *Eretmochelys imbricata* E *Caretta caretta* EM IPOJUCA, LITORAL SUL DE PERNAMBUCO

RESUMO

Tartarugas marinhas têm sido consideradas como um dos répteis vivos menos vocais, entretanto, estudos recentes mostraram atividade vocal durante a incubação dos ovos. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi descrever e comparar a produção de sinais acústicos e sons externos em ninhos de *Eretmochelys imbricata* e *Caretta caretta* no município de Ipojuca, litoral sul de Pernambuco. Foram monitorados 13 km de linha costeira, compreendendo cinco praias de Ipojuca. Realizamos gravações em cinco ninhos de cada uma das espécies-alvo e registros acústicos dos filhotes durante a caminhada para o mar na temporada reprodutiva 2020/2021. Construímos espectrogramas das gravações através do software Raven Pro 1.5 para extração das características físicas dos sons. Foram encontrados um total de 12 tipos de sinais acústicos para *E. imbricata*, e cinco para *Caretta caretta*, distribuídos entre os cinco contextos analisados (ovos, a eclosão, filhotes, emergência e caminhada para o mar). Os sons encontrados nesta pesquisa, chegaram até frequências ultrasônicas de 24 kHz. Foi possível verificar que a estrutura física das vocalizações variou entre os ninhos, evidenciando uma assinatura vocal. Com relação ao padrão total de produção das vocalizações, não houve diferenças entre períodos diurno e noturno, e entre as espécies dentro do ninho e durante a caminhada para o mar. Também não houve correlação entre a produção de vocalizações e a quantidade de filhotes vivos. Sons externos de origem antrópica e biótica com frequências até 18kHz foram detectados dentro dos ninhos. Esses sons tem sobreposição com as frequências das vocalizações das tartarugas, indicando a necessidade de estudos de como eles podem influenciar na dinâmica dos filhotes. Apesar da fama de silenciosas, o presente estudo mostra um diverso repertório vocal nos filhotes de duas espécies de tartarugas marinhas que utilizam a costa do Brasil para nidificar.

Palavras-chave: testudines; vocalização; bioacústica; assinatura vocal; incubação.

3.1. Introdução

Para a Ordem Testudines acreditava-se, por muito tempo, que seus representantes não tinham capacidade de emitir sons, restringindo sua comunicação por meio visual e olfativo (feromônios) (POPE, 1955; GALEOTTI et al., 2005). Os estudos com espécies dulcícolas, observaram a importância desta comunicação para o cuidado parental e a diminuição do risco à predação (CAMPBELL 1967; FERRARA, 2012). As emissões de sinais acústicos por tartarugas ocorrem mais frequentemente durante a emergência dos neonatos do ninho, e suspeita-se que esteja relacionado com a sincronização da saída dos filhotes reduzindo o risco de predação (FERRARA, 2012; MONTEIRO et al., 2019). A sensibilidade auditiva das tartarugas varia de acordo com a espécie, o seu estágio de desenvolvimento, e o ambiente em que se encontram (aquático ou terrestre) (LAVENDER et al., 2012 e PINIAK, 2012). Por exemplo, para a espécie *Eretmochelys imbricata* (Linnaeus 1766), verificou-se que os filhotes apresentam sensibilidade aos sons de aproximadamente 51 dB no ambiente terrestre, e 85 dB no ambiente aquático (PINIAK, 2012).

A produção de sinais acústicos em tartarugas marinhas durante o período de incubação foi identificada e descrita para todas as espécies que ocorrem no Brasil (i.e., *Caretta caretta*), *Chelonia mydas* (Linnaeus 1758), *E. imbricata*, *Dermochelys coriacea* (Vandelli 1761), *Lepidochelys olivacea* (Eschscholtz 1829). Contudo, apenas uma dessas pesquisas foi realizada no país e voltada para a espécie *E. imbricata* (ver MONTEIRO et al., 2019). Já foram registrados cinco tipos de sinais acústicos para *Caretta caretta*, e quatro para *E. imbricata*, e de modo geral as frequências dos sons produzidos pelas tartarugas marinhas variaram em média de 0,3 a 15 kHz, com sílabas únicas ou em sequência (MUÑOZ, 2010; MONTEIRO et al., 2019). O estudo feito com a *E. imbricata* mostrou características de 575 sinais acústicos gravados, os quais variaram entre 1,125 e 15 kHz (MONTEIRO et al., 2019). Porém, o trabalho realizado com a espécie *Caretta caretta* em Cabo Verde (MUÑOZ, 2010) não apresenta uma classificação dos sinais muito clara. Estudos acústicos aprofundados se fazem necessários sobre as espécies de tartarugas marinhas em território brasileiro para avaliar potenciais diferenças geográficas na produção de sons por esses animais. Além disso, o conhecimento básico sobre os sons produzidos pode ser usado como ferramenta para monitoramento não-invasivo desses animais em áreas de desova.

Nas praias do litoral sul de Pernambuco ocorrem desovas regulares de tartarugas da espécie *E. imbricata* e esporádicas de *Ca. caretta* (SFORZA et al., 2017; SANTOS et al., 2019). São importantes áreas reprodutivas (SFORZA et al., 2017) no Brasil e sítios potenciais para estudos acústicos de ninhos de tartarugas marinhas. Além disso, o litoral de Ipojuca tem importância substancial para o turismo e outras atividades econômicas no estado (SILVA et al., 2011; DIAS e VITAL, 2014). Desta forma, o objetivo deste estudo foi descrever e comparar a produção Dessa forma, o objetivo deste estudo foi descrever e comparar os sinais acústicos de *E. imbricata* (Linnaeus 1766) e *Ca. caretta* (Linnaeus 1758) em ninhos das praias do litoral sul de Pernambuco. Além disso, almejamos entender se outros sons, como ruídos antrópicos, podem ser perceptíveis dentro dos ninhos dessas espécies. Portanto, aqui descrevemos quantitativamente o repertório dos sinais acústicos obtidos das gravações dentro dos ninhos das duas espécies-alvo e durante a caminhada dos filhotes para o mar. Além disso, investigamos se as características físicas desses sons podem ser usadas para diferenciar espécies e entre ninhos das espécies. Comparamos o padrão de produção de sinais acústicos das espécies, investigando diferenças entre as espécies e entre períodos do dia (i.e., períodos noturno e diurno). Investigamos ainda se existe correlação entre a produção de sons e a quantidade de filhotes vivos em cada ninho. Por fim, descrevemos qualitativamente os diferentes ruídos antrópicos registrados dentro dos ninhos.

3.2. Metodologia

3.2.1. Área de Estudo

O presente trabalho foi realizado em cinco praias compreendendo 13 km no litoral no litoral de Ipojuca (Figura 1): praias de Muro Alto, Cupe, Merepe, Porto de Galinhas e Maracaípe. A costa de Ipojuca compreende aproximadamente 35 km de extensão, que vai do porto de Suape (8°23'26.84"S, 34°58'44.12"O), extremo norte, a toquinho (Serrambi), extremo sul (8°36'23.03"S, 35°2'48.30"O) e contém 10 praias (DOMINGUEZ et al., 1990; MALLMANN et al., 2014). Este município localiza-se entre o Cabo de Santo Agostinho (norte) e Sirinhaém (sul) e está situado ao sul do estado de Pernambuco, que fica a 60 km de distância da capital Recife (VASCONCELOS e SALAZAR, 2007; SILVA et al., 2011).

Apresentando um grande processo de urbanização na sua orla, o litoral de Ipojuca constitui um importante ponto turístico de Pernambuco e do Brasil chegando a receber mais de 60 mil visitantes nas altas temporadas (DIAS e VITAL, 2014; FRANÇA, 2007). Apresenta pousadas, hotéis e condomínios, e isso contribui para a modificação do ambiente natural (SILVA, 2011; VASCONCELOS e SALAZAR, 2007).

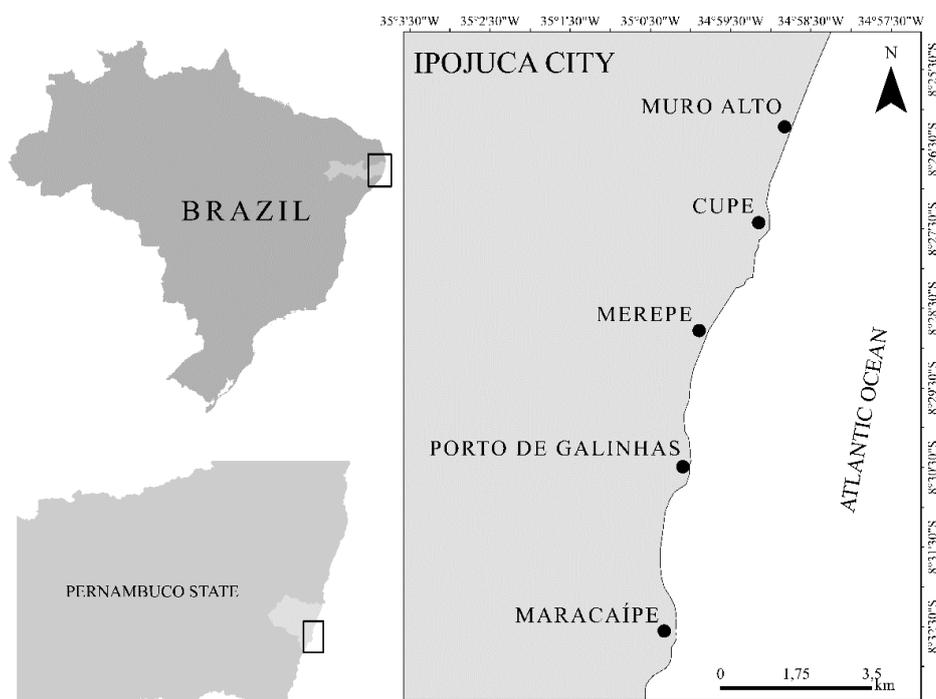


FIGURA 1. Área de estudo pontuando as praias de Muro Alto, Cupe, Merepe, Porto de Galinhas e Maracáipe em Ipojuca, Pernambuco, Brasil. Fonte: Safira Melo.

O clima do litoral de Pernambuco é caracterizado como tropical quente e úmido, e possui duas estações anuais, a seca (setembro a fevereiro) e a chuvosa (março a agosto), com precipitação anual média de 2000 mm e com temperatura média de 27°C (MANSO et al., 2003). Os ventos alísios que a região de Ipojuca apresenta são predominantes vindo do Sul e Sudeste, com variações durante o ano (LIRA et al., 2010). Os regimes de ondas são na direção Sul, influenciados diretamente pelos ventos (MANSO et al., 2003), e o regime de maré pode alcançar altura máxima de 4,8 m e mínima de 0,21 m (LIRA et al., 2010; PEREIRA e NOGUEIRA-NETO, 2015).

Segundo Manso et al. (2003) a morfologia sedimentar da plataforma continental é de cascalho e areia grossa, média, fina a muito fina e lama, enquanto as suas praias são arenosas variando de grãos grossos, médios a finos (MANSO et al., 2003; MALLMANN

et al., 2014). Mediante as condições, este litoral apresenta uma diversidade de ecossistemas, como: terraços marinhos, recifes (areníticos, coralíneos e calcários), depósitos de praias, manguezais e estuários (DOMINGUEZ et al., 1990; LABOREL-DEGUEN, 2019).

3.2.2. Gravações das tartarugas

O monitoramento de sítios de nidificação ocorreu por meio de rondas noturnas com auxílio de quadriciclo no horário da maré enchente ou vazante. Foram acompanhados cinco ninhos de cada uma das espécies-alvo deste estudo para registro dos sinais acústicos, durante a temporada reprodutiva de 2020/2021, entre os meses de outubro/2020 e maio/2021.

As gravações dos ninhos foram realizadas com o gravador AudioMoth 1.1.0 configurado para captar sons até frequências de 24 kHz (48kHz, 16 bit como taxa de amostragem), e gravar durante 5 minutos, com intervalos de 1 minuto. Devido a umidade natural dentro do ninho, foi utilizado um recipiente plástico para proteção do gravador. Para posicionar o equipamento, uma abertura no centro do ninho foi realizada até o encontro dos ovos e / ou filhotes, colocamos o gravador na superfície da câmara, e recobrimos o ninho e o gravador com a areia (Figura 2). As gravações começaram a partir do 45° dia de incubação dos ovos, e encerradas após a caminhada dos filhotes.

Com a verificação diária dos ninhos, foi feita a categorização nos contextos de gravação em: Ovos – Antes da saída dos filhotes; Eclosão - Presença de filhotes eclodindo dos ovos; Filhotes - Presença de mais de dez filhotes completamente fora do ovo no ninho; Emergência – Filhotes na superfície dos ninhos; e Caminhada – Percurso dos filhotes até o mar, seguindo a metodologia MONTEIRO et al., (2019).

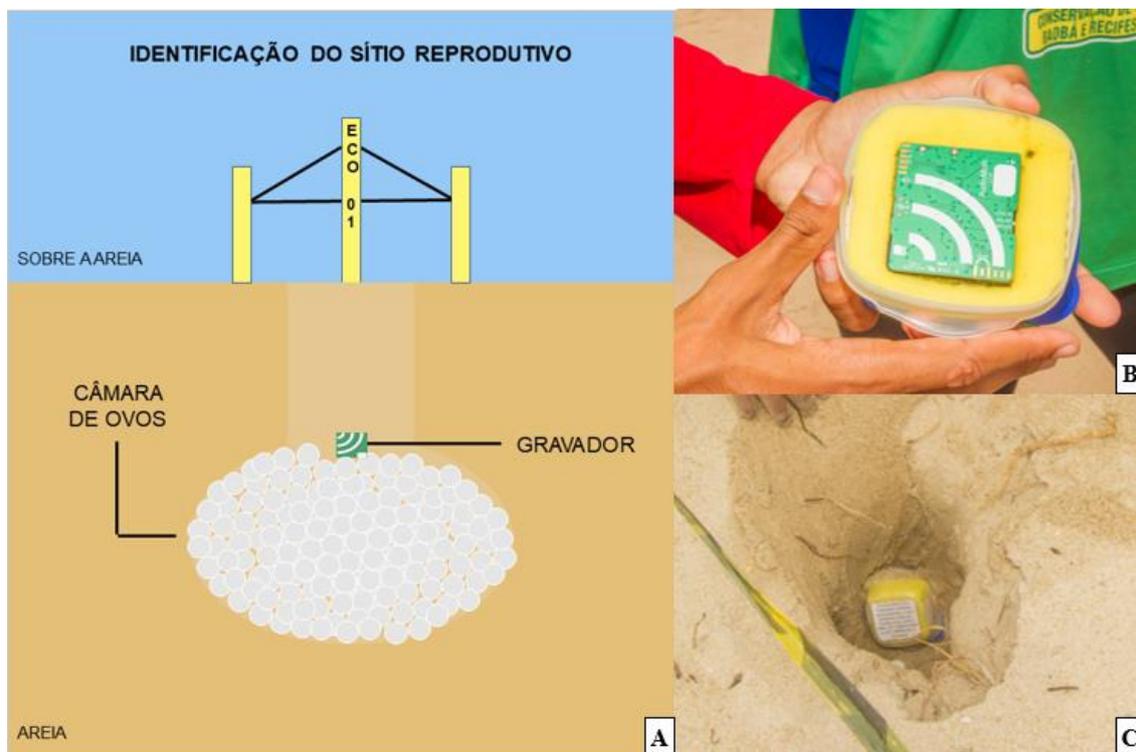


FIGURA 2. A - Representação gráfica da metodologia da gravação das vocalizações de tartarugas marinhas durante o período de incubação; B – Gravador AudioMoth 1.1.0, dentro do recipiente plástico (para proteção do gravador); C – Gravador posicionado dentro de um ninho de *Eretmochelys imbricata*, do município de Ipojuca, litoral sul de Pernambuco, Brasil. Fonte: Safira Melo.

Para gravação dos filhotes durante a caminhada, contamos com o auxílio de um túnel pop-up de 1,75 m de comprimento (Figura 3) para a passagem dos filhotes. O tempo de caminhada pelo túnel foi contabilizado desde a entrada simultânea de todos os animais até a passagem do último animal pelo percurso. O túnel foi usado para reduzir a geofonia (i.e., sons principalmente de vento e ondas do mar) durante as gravações e assim, otimizar os registros dos sinais acústicos das tartarugas durante a caminhada para o mar. A base do túnel foi preenchida com areia da praia para simular o caminho natural por onde as tartarugas passariam quando saem dos ninhos até chegar ao mar.



FIGURA 3. Gravação da caminhada dos filhotes de *Eretmochelys imbricata* do ninho 8 na praia de Maracaípe, do município de Ipojuca, litoral sul de Pernambuco, Brasil. Fonte: Karl Prado.

Após a última fase de gravação dos animais, todos os ovos do ninho foram retirados para a contagem de cascas para sabermos o total de ovos, quantos filhotes obtiveram o sucesso de emergência do ninho, e para compreender quantos filhotes poderiam estar produzindo os sons gravados (Tabela 1). Para a obtenção da porcentagem dos filhotes vivos, foi realizada a divisão do número de vivos pelo total de ovos.

3.2.3. Análise dos dados

O início das gravações aos 45 dias de incubação, foi devido ao período de incubação mais curto para *Ca. caretta* em relação a *E. imbricata*, e para conseguir comparar entre os contextos em espécies diferentes, foi realizada essa escolha.

Foram construídos espectrogramas das gravações através do software Raven Pro 1.5 (Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY) para extração das características físicas dos sinais acústicos e contagem dos sinais, assim como investigar a presença de sons externos ao ninho, que poderiam ser identificados. Dentre as variáveis físicas dos sinais das tartarugas foi considerado: duração da sílaba, frequência mínima, frequência máxima,

frequência de máxima energia e o número de harmônicas. A janela utilizada nas análises dos espectrogramas foi do tipo *Hamming*, em escala de cinza, brilho 45, contraste 57, e o tamanho FFT 512. Para a versão final das imagens dos espectrogramas e oscilogramas apresentadas nesse trabalho, foi utilizado o programa RStudio, com os pacotes SeeWave e TuneR.

Para descrever os tipos de som, consideramos todas os contextos (ovos, eclosão, filhotes, emergência e caminhada). Entretanto, para as análises subsequentes, consideramos apenas a fase filhote dentro do ninho (primeiras 24h) e/ou a fase de caminhada para o mar conforme especificado para cada análise. A escolha desse período foi realizada para padronizar a quantidade de horas registradas que variaram entre os ninhos.

Para verificar se nossa classificação dos diferentes tipos de sinais acústicos foi objetiva para cada espécie, realizamos Análises de Função Discriminante (AFD). Para tanto, selecionamos 10 exemplares de cada tipo de sinal acústico (considerando apenas os sons que estavam presentes em todos os ninhos da mesma espécie, e ao menos duas amostras de cada ninho). Foi selecionado apenas o contexto filhote nas primeiras 24h.

Para verificar se as características físicas dos sinais acústicos eram suficientes para discriminar entre ninhos e entre espécies, realizamos Análises de Função Discriminante (AFD). Neste caso, selecionamos a vocalização mais representativa (ou seja, a mais numerosa), e obtivemos a estrutura física de 10 exemplares da vocalização para cada ninho, foram usadas apenas sinais do contexto filhote e em suas primeiras 24h. Também foi realizada uma Análise Permutacional de Variância (PERMANOVA), usando o programa Primer 6, para confirmar se as características físicas dos sinais acústicos mais representativa na fase filhote poderiam separar os sons de acordo com a espécie e com o ninho dentro de cada espécie. Consideramos as mesmas características físicas usadas para realizar as análises de função discriminante, mas estas variáveis foram normalizadas antes da realização da PERMANOVA. Em caso de diferença entre ninhos, testes-t permutacionais foram usados como *post hoc* para comparações par-a-par para averiguar entre quais ninhos existia diferença.

Realizamos um teste de Wilcoxon para explorar se havia diferença na produção de vocalizações por filhotes de *Ca. caretta* e *E. imbricata*, entre períodos diurnos e noturnos.

Consideramos o período noturno como sendo das 18:00h às 05:00h e o período diurno de 5:01h até 17:59h.

Utilizamos testes de Mann-Whitney para comparar o padrão de produção total de sinais acústicos entre as espécies-alvo, usando uma amostra 24h do período de filhote, e o tempo levado por cada ninho para realizar a caminhada no túnel durante o processo de soltura.

Realizamos correlações de Spearman para avaliar se existiu correlação entre a produção de vocalizações (na fase filhote dentro do ninho e na fase de caminhada para o mar) e a quantidade de filhotes vivos para *Ca. caretta* e *E. imbricata*. Para a fase filhote dentro do ninho, realizamos uma análise de correlação para cada espécie, visto que tivemos dados de cinco ninhos para cada. Para a fase de caminhada, aglutinamos os dados de *Ca. caretta* e *E. imbricata* visto que gravações de caminhadas só foram feitas para três ninhos de cada espécie e não encontramos diferenças no padrão de produção total entre as espécies (ver resultado).

3.3. Resultados

3.3.1. Registros acústicos e ninhos

Foram registradas 889 horas de gravações acústicas para a espécie *E. imbricata* e 446 horas para *Ca. caretta*, evidenciando o menor tempo de incubação para *Ca. caretta* em comparação a *E. imbricata*. Todos os ninhos de *Ca. caretta* tiveram a porcentagem de sucesso de emergência superior a 50%, apenas o ninho 8 de *E. imbricata* que não atingiu essa porcentagem. O ninho 6 não teve essa proporção calculada devido à ausência dos dados de total de ovos e filhotes vivos, em decorrência da predação animal por cachorros domésticos, que espalharam os ovos e impossibilitaram a coleta dos dados (Tabela 1).

TABELA 1. Tempo de incubação, total de ovos, filhotes vivos e sua porcentagem de sucesso de emergência, por espécie e ninho das praias do município de Ipojuca, litoral sul de Pernambuco, Brasil. PA: predação animal aos ovos, após a saída dos filhotes do ninho, impossibilitando a contagem das cascas.

Ninho	Espécie	Tempo de incubação	Total de ovos	Filhotes vivos	% Vivos
1		49 dias	129	72	55,80
2*		49 dias	130	111	85,38
3	<i>Caretta caretta</i>	49 dias	106	79	74,53
4*		51 dias	90	70	77,78
5*		51 dias	92	65	70,65
6		55 dias	PA	PA	PA
7		55 dias	167	158	94,61
8*	<i>Eretmochelys imbricata</i>	55 dias	144	36	25,00
9*		57 dias	118	78	66,10
10*		58 dias	151	135	89,40

*Ninhos que tiveram filhotes gravados durante a caminhada para o mar.

3.3.2. Repertório de vocalizações de *Caretta caretta*

Foram encontrados 12 tipos de sinais acústicos para a espécie *Ca. caretta* durante o período de incubação, e caminhada dos filhotes (Figura 4). Os sons apresentam características físicas diferentes entre si, desde frequências mais baixas de 0,7 kHz até frequências ultrassônicas de 24 kHz (Tabela 2).

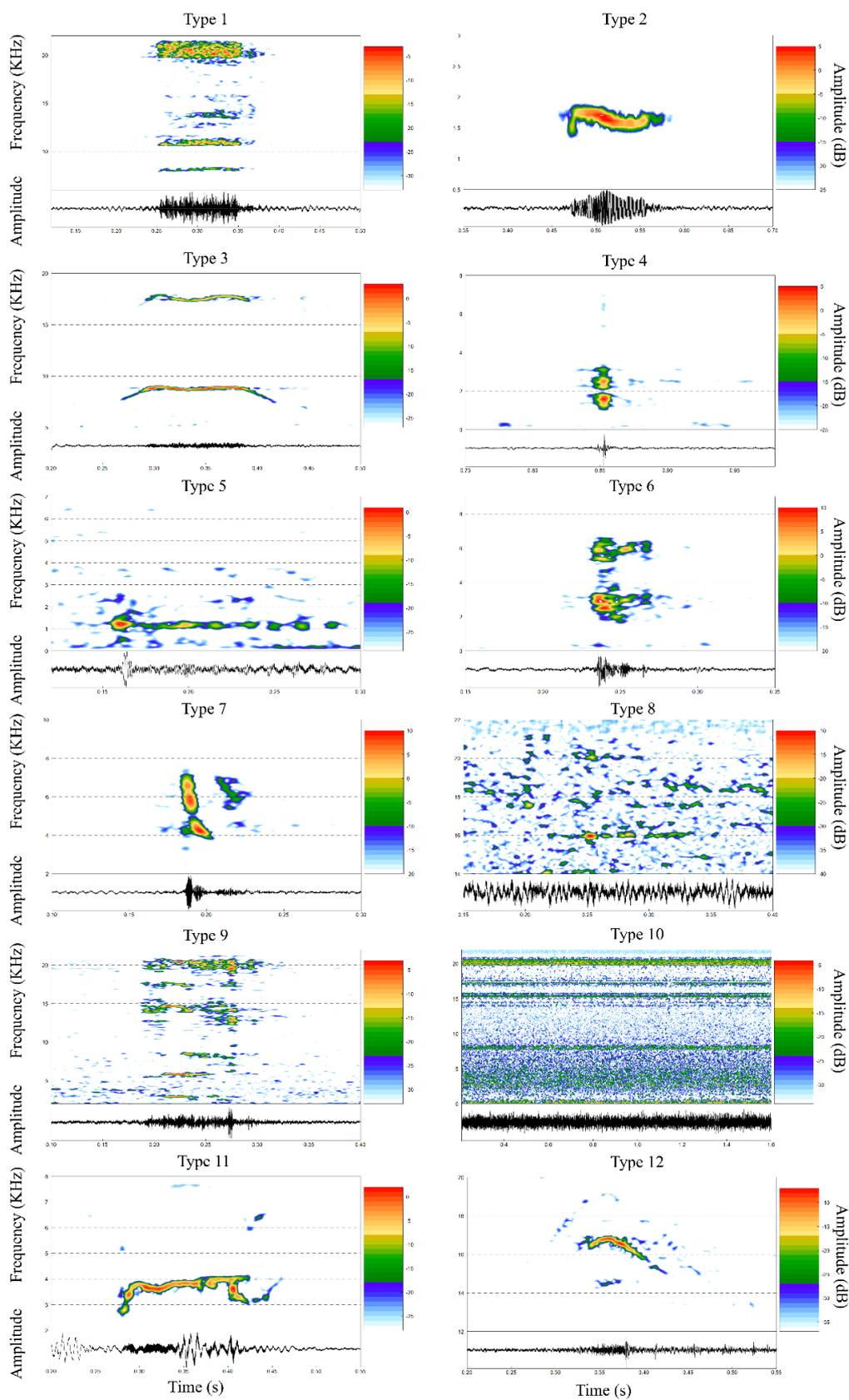


FIGURA 4. Espectrogramas e oscilogramas dos tipos de sinais acústicos emitidos pela espécie *Caretta caretta*, durante o período de incubação e caminhada dos filhotes ao mar, em Ipojuca, litoral sul de Pernambuco, Brasil. Fonte: Safira Melo.

De acordo a visualização dos espectrogramas (Figura 4) e os dados mensurados das características físicas (Tabela 2), foi possível descrever os tipos de sinais acústicos de *Ca. caretta* da seguinte maneira:

Tipo 1: Possui pulsos com duração média de 1,2 s. Apresentam tanto sílabas únicas e em série. A frequência mínima foi em média 7 kHz, e a máxima em 21 kHz, com a frequência de máxima energia em 22 kHz. Os harmônicos variaram de dois a 13.

Tipo 2: Possui sílabas únicas que duram em média 0,15 s. A frequência mínima foi em média 1,13 kHz, e a máxima em 1,82 kHz, com a frequência de máxima energia em 1,57 kHz. Apenas harmônico fundamental.

Tipo 3: Possui pulsos com duração média de 0,16 s. A frequência mínima foi em média 5,34 kHz, e a máxima em 10,38 kHz, com a frequência de máxima energia em 10,18 kHz. Apenas harmônico fundamental.

Tipo 4: Possui sílabas únicas que duram em média 0,14 s. A frequência mínima foi em média 0,7 kHz, e a máxima em 2,31 kHz, com a frequência de máxima energia em 1,09 kHz. Os harmônicos variaram de dois a oito harmônicos.

Tipo 5: Possui pulsos com duração média de 0,16 s. A frequência mínima foi em média 5,34 kHz, e a máxima em 10,38 kHz, com a frequência de máxima energia em 10,18 kHz. Apenas harmônico fundamental.

Tipo 6: Possui sílabas únicas que duram em média 0,04 s. A frequência mínima foi em média 1,68 kHz, e a máxima em 7,88 kHz, com a frequência de máxima energia em 4,29 kHz. Os harmônicos variaram de dois a nove harmônicos, com modulação ascendente.

Tipo 7: Teve apenas uma ocorrência com duração de 0,04 s. A frequência mínima foi em média 3,61 kHz, e a máxima em 7,90 kHz, com a frequência de máxima energia em 5,81 kHz, com dois harmônicos.

Tipo 8: Possui sílabas únicas que duram em média 0,03 s. A frequência mínima foi em média 21,62 kHz, e a máxima em 22,11 kHz, com a frequência de máxima energia em 21,93 kHz. Apenas harmônico fundamental.

Tipo 9: Teve apenas uma ocorrência com duração de 0,04 s. A frequência mínima foi em média 2,71 kHz, e a máxima em 21,52 kHz, com a frequência de máxima energia em 20,34 kHz, com seis harmônicos.

Tipo 10: Possui sílabas únicas que duram em média 3,85 s. A frequência mínima foi em média 5,04 kHz, e a máxima em 23,66 kHz, com a frequência de máxima energia em 20,13 kHz. Os harmônicos variaram de sete a 14 harmônicos.

Tipo 11: Possui sílabas únicas que duram em média 0,16 s. A frequência mínima foi em média 6,8 kHz, e a máxima em 10,83 kHz, com a frequência de máxima energia em 8,53 kHz. Os harmônicos variaram até dois harmônicos.

Tipo 12: Possui sílabas únicas que duram em média 0,09 s. A frequência mínima foi em média 14,33 kHz, e a máxima em 16,51 kHz, com a frequência de máxima energia em 15,96 kHz. Os harmônicos variaram de dois a três harmônicos.

TABELA 2. Características físicas dos tipos de sinais acústicos encontrados nos ninhos de *Caretta caretta* das praias do município de Ipojuca, litoral sul de Pernambuco, Brasil.

Características físicas (Média ± Erro padrão)						
Tipos de sinais acústicos	N	Número de Harmônicos	Duração da sílaba (s)	Frequência mínima (kHz)	Frequência máxima (kHz)	Frequência de máxima energia (kHz)
1	100	5±0,02	1,2±0,73	7±0,02	21±0,06	22±0,03
2	100	1±0	0,15±0,01	1,13±0,13	1,82±0,21	1,57±0,20
3	5	1±0,4	0,16±0,03	5,34±0,50	10,38±2,63	10,18±2,61
4	100	2±0,08	0,14±0,004	0,7±0,02	2,31±0,09	1,09±0,05
5	8	1±0	1,62±0,06	1,25±0,05	1,76±0,09	1,5±0,05
6	13	3±0,54	0,04±0,003	1,68±0,41	7,88±1,29	4,29±1,30
7	1	2	0,0413	3,61	7,90	5,81
8	100	1±0	0,03±0,0001	21,62±0,02	22,11±0,01	21,93±0,01
9	1	6	0,0372	2,71	21	20,34
10	37	9±0,54	3,85±1,17	5,04±0,47	23,66±0,11	20,13±0,55
11	3	2±0,4	0,16±0,02	6,8±3,65	10,83±2,27	8,53±4,05
12	17	2±0,08	0,09±0,01	14,33±0,52	16,51±0,51	15,96±0,47

Para a espécie *E. imbricata* foram encontrados cinco tipos de sinais acústicos durante o período de incubação, e caminhada dos filhotes (Figura 4). Os sons apresentam características físicas diferentes entre si, desde frequências mais baixas de 0,48 kHz até frequências ultrassônicas de 23 kHz (Tabela 2).

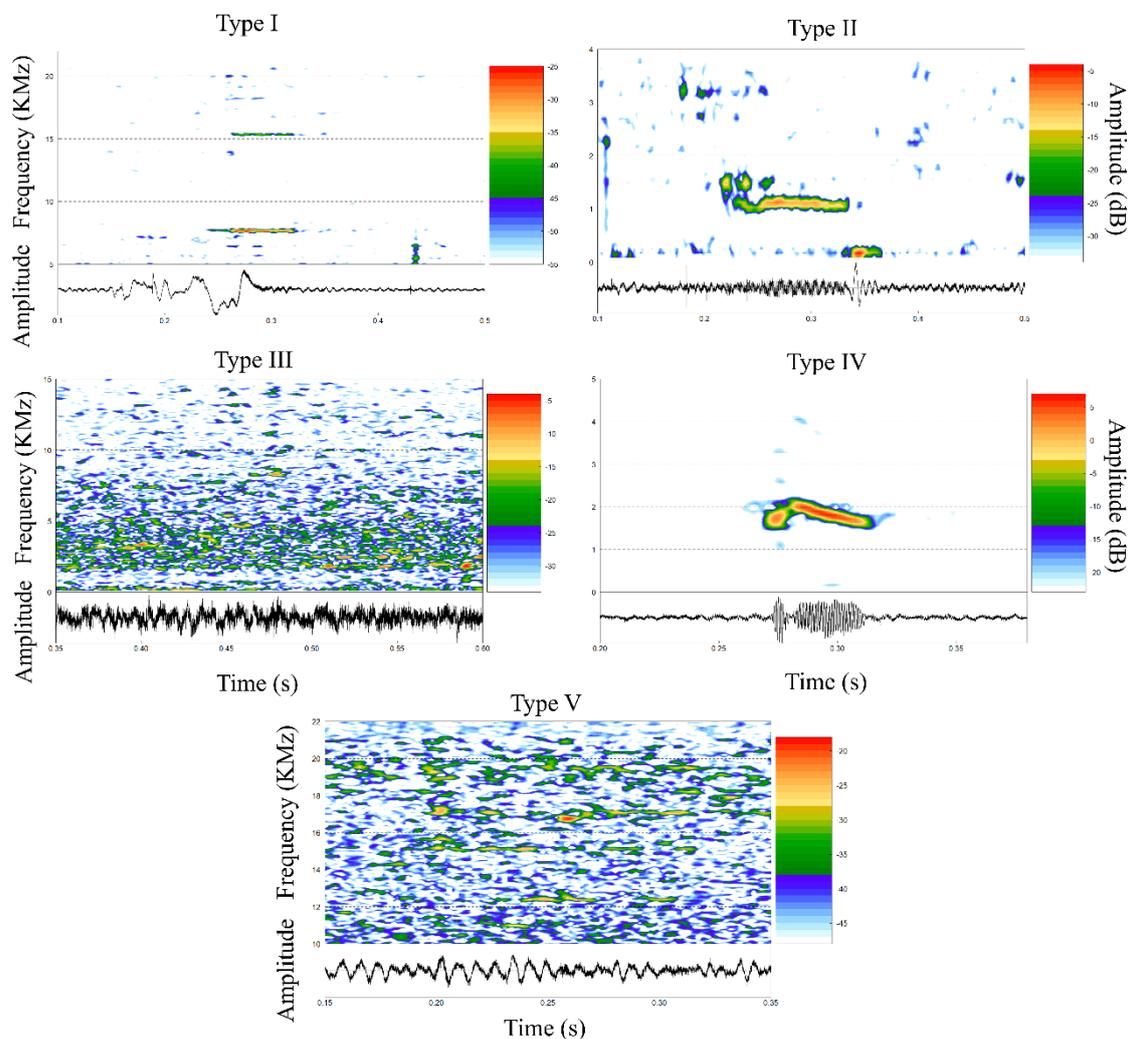


FIGURA 5. Espectrogramas e oscilogramas dos tipos de sinais acústicos emitidos pela espécie *Eretmochelys imbricata*, durante o período de incubação e caminhada dos filhotes ao mar, em Ipojuca, litoral sul de Pernambuco, Brasil. Fonte: Safira Melo.

De acordo a visualização dos espectrogramas (Figura 4) e os dados mensurados das características físicas (Tabela 2), foi possível descrever os tipos de sinais acústicos de *E. imbricata* da seguinte maneira:

Tipo I: Possui pulsos com duração média de 0,05 s. Apresentam tanto sílabas únicas e em série. A frequência mínima foi em média 7,54 kHz, e a máxima em 23,47 kHz, com a frequência de máxima energia em 22,91 kHz, com harmônicos variando entre dois até oito.

Tipo II: Possui sílabas únicas que duram em média 0,12 s. A frequência mínima foi em média 0,81 kHz, e a máxima em 1,39 kHz, com a frequência de máxima energia em 1,12 kHz. Apenas harmônico fundamental.

Tipo III: Possui sílabas únicas que duram em média 0,11 s. A frequência mínima foi em média 0,53 kHz, e a máxima em 2,77 kHz, com a frequência de máxima energia em 1,09 kHz, com harmônicos variando entre dois até 15.

Tipo IV: Possui sílabas únicas que duram em média 0,06 s. A frequência mínima foi em média 0,48 kHz, e a máxima em 6,72 kHz, com a frequência de máxima energia em 1,2 kHz. Os harmônicos variaram de dois a onze.

Tipo V: Possui sílabas únicas que duram em média 0,03 s. A frequência mínima foi em média 21,63 kHz, e a máxima em 22,14 kHz, com a frequência de máxima energia em 21,94 kHz. Apenas harmônico fundamental.

TABELA 3. Características físicas dos tipos de sinais acústicos encontrados nos ninhos de *Eretmochelys imbricata* das praias do município de Ipojuca, litoral sul de Pernambuco, Brasil.

Características físicas (Média ± Erro padrão)						
Tipos de sinais acústicos						
	N	Número de Harmônicos	Duração da sílaba (s)	Frequência mínima (kHz)	Frequência máxima (kHz)	Frequência de máxima energia (kHz)
I	100	5±0,02	0,05±0,0002	7,54±0,01	23,47±0,01	22,91±0,02
II	38	1±0	0,12±0,01	0,81±0,04	1,39±0,05	1,12±0,05
III	100	3±0,14	0,11±0,005	0,53±0,03	2,77±0,12	1,09±0,08
IV	5	7±1,56	0,06±0,01	0,48±0,06	6,72±1,04	1,2±0,23
V	100	1±0	0,03±0,0001	21,63±0,02	22,14±0,001	21,94±0,001

Os sinais acústicos foram encontrados desde o contexto de ovos até a caminhada para o mar para ambas as espécies (Tabela 4). De acordo com as características físicas e os espectrogramas analisados, os sons do tipo 1 e 8 da tartaruga cabeçuda são semelhantes ao I e V da tartaruga de pente. O som do tipo 1 (*Ca. caretta*) e I (*E. imbricata*) foi o som mais abundante em todos os ninhos analisados em ambas as espécies, e em todos os contextos, podendo ser encontrados em sílabas únicas e/ ou série. Nas primeiras 24h da fase filhote, esse som representou 63,09% dos sinais gravados para a tartaruga cabeçuda e 70,04 % para tartaruga de pente.

A caminhada foi realizada em seis ninhos, (três de cada espécie) dos 10 ninhos investigados. Nos demais ninhos não foram realizados esse registro, devido à saída dos filhotes antes de chegada da equipe para a realização do monitoramento. e foram encontrados quatro tipos de sinais acústicos: tipo 1/I; 2/II; 4/III; e 8/V, com 58 vocalizações para *Ca. caretta*, mas um dos ninhos não houve registro de sinais acústicos e 64 para *E. imbricata*, totalizando 122 vocalizações distribuídas entre os ninhos. A taxa média de vocalização da caminhada foi de aproximadamente uma vocalização por minuto ($\pm 1,27$ EP - erro padrão) para *Ca. caretta* e de duas vocalizações por minuto ($\pm 0,98$ EP) para *E. imbricata*. O tempo médio levado para a tartaruga cabeçuda percorrer o túnel de caminhada foi $12 \text{ min} \pm 5,29$ EP, uma velocidade média de 9,82 m/h, enquanto para tartaruga de pente foi $9,3 \text{ min} \pm 1,15$ EP, uma velocidade média de 11,38 m/h.

TABELA 4. Quantidade de sinais acústicos emitidos registrados nos diferentes ninhos das espécies *Caretta caretta* e *Eretmochely imbricata* e nos contextos Filhotes e Caminhada. NR – Quando não foi realizada a gravação da ninhada durante a caminhada.

Espécie	Ninho	Contexto/Quantidade de sinais acústicos	
		Filhotes	Caminhada
<i>Caretta caretta</i>	1	1.652	NR
	2	295	0
	3	309	NR
	4	1.984	13
	5	1.556	45
<i>Eretmochely imbricata</i>	6	1.554	NR
	7	1.589	NR

8	1.682	20
9	1.773	11
10	1.583	33

A análise de função discriminante realizada para diferenciar vocalizações de *Ca. carreta* compreendeu três tipos de vocalizações que se enquadraram no nosso critério (i.e., 10 amostras do tipo de vocalização, sendo duas de cada ninho). Foi verificado que a classificação subjetiva dos três tipos de vocalização consideradas para a espécie *Ca. caretta* estava 100% de correta, permanecendo em 100% mesmo após a validação cruzada. Todas as características físicas consideradas na análise contribuíram para diferenciação entre as vocalizações de filhotes de *Ca. caretta* (Tabela 5 e Figura 6) nas primeiras 24 horas dessa fase. A função 1 gerada explicou 99,8% da variação entre as vocalizações.

TABELA 5. Variáveis contribuindo para diferenciação dos tipos de vocalizações do tipo 1, 2 e 4 entre ninhos de *Caretta caretta* monitorados do município de Ipojuca, litoral sul de Pernambuco, Brasil. F - teste; gl – Grau de liberdade; p – probabilidade de significância.

Características físicas	Wilks' Lambda	F	gl1	gl2	p
Número de harmônicas	0.079	157.140	2	27	<0.001
Duração de sílaba (s)	0.667	6.730	2	27	0.004
Frequência mínima (kHz)	0.005	2517.765	2	27	<0.001
Frequência máxima (kHz)	0.020	645.841	2	27	<0.001
Frequência de máxima energia (kHz)	0.007	1804.510	2	27	<0.001

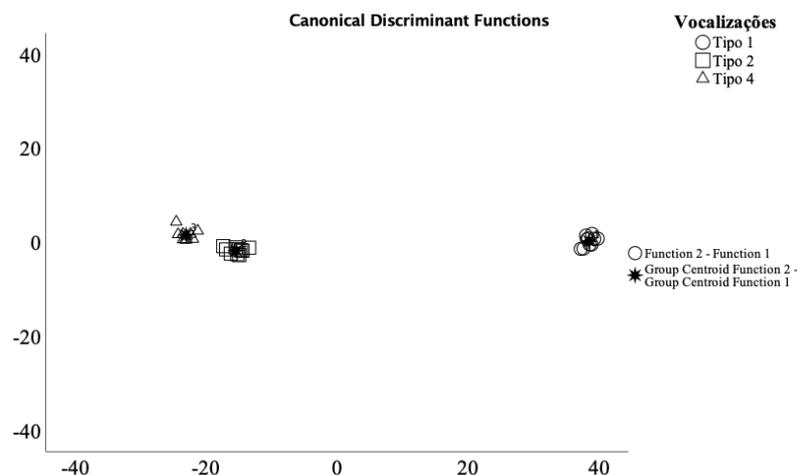


FIGURA 6. Funções canônicas discriminantes geradas para diferenciação dos tipos de vocalizações do tipo 1, 2 e 4 entre ninhos de *Caretta caretta* monitorados do município de Ipojuca, litoral sul de Pernambuco, Brasil.

A análise de função discriminante realizada para diferenciar vocalizações de *E. imbricata* compreendeu dois tipos de vocalizações que se enquadraram no nosso critério (i.e., 10 amostras do tipo de vocalização, sendo duas de cada ninho). Foi verificado que a nossa classificação subjetiva dos dois tipos de vocalizações consideradas para a espécie *E. imbricata* também estava 100% correta, permanecendo em 100% mesmo após a validação cruzada. Todas as características físicas consideradas na análise contribuíram para diferenciação entre as vocalizações de *E. imbricata* (Tabela 6). A função gerada explicou 100% da variação entre as vocalizações.

TABELA 6. Variáveis contribuindo para diferenciação dos tipos de vocalizações do tipo I e V entre ninhos de *Eretmochelys imbricata* monitorados do município de Ipojuca, litoral sul de Pernambuco, Brasil. F – teste ; gl – Grau de liberdade; p – probabilidade de significância.

Características físicas	Wilks' Lambda	F	gl1	gl2	p
Número de harmônicas	0.157	96.862	1	18	<0.001
Duração de sílaba (s)	0.058	291.709	1	18	<0.001
Frequência mínima (kHz)	0.000	154221.592	1	18	<0.001
Frequência máxima (kHz)	0.000	162634.386	1	18	<0.001

Frequência de máxima energia (kHz)	0.000	237833.734	1	18	<0.001
---------------------------------------	-------	------------	---	----	--------

3.3.3. Comparação da estrutura da vocalização tipo 1/ I entre espécies

Quando comparamos a estrutura da vocalização tipo 1 de *Ca. caretta* e I para *E. imbricata*, detectamos diferença entre as espécies, com 80% de classificação correta dos sons, baixando para 78% quando consideramos a validação cruzada (Tabela 7).

TABELA 7. Variáveis contribuindo para diferenciação do tipo 1 entre os ninhos de *Caretta caretta* e *Eretmochelys imbricata* monitorados do município de Ipojuca, litoral sul de Pernambuco, Brasil. F - teste; gl – Grau de liberdade; p – probabilidade de significância.

Características físicas	Wilks' Lambda	F	gl1	gl2	p
Número de harmônicos	0.952	4.982	1	98	0.028
Duração de sílaba (s)	0.901	10.710	1	98	0.001
Frequência mínima (kHz)	0.755	31.862	1	98	<0.001
Frequência máxima (kHz)	0.698	42.428	1	98	<0.001
Frequência de máxima energia (kHz)	0.732	35.961	1	98	<0.001

Confirmando o encontrado nas análises de função discriminantes detalhadas acima, a PERMANOVA mostrou que a estrutura da vocalização tipo 1 produzida por tartarugas marinhas na fase filhote é diferente entre espécies (PERMANOVA: pseudo-F = 23,372; df = 1; P = 0,0001), entre ninhos da espécie *Caretta caretta* (PERMANOVA: pseudo-F = 38,036; df = 4; P = 0,0001), mas não entre ninhos da espécie *E. imbricata* (PERMANOVA: pseudo-F = 2,0521; df = 4; P = 0,0527), corroborando o encontrado nas análises de função discriminante detalhada acima para comparação entre espécies, e detalhadas abaixo para comparação entre ninhos. Na comparação par-a-par entre os ninhos de *Ca. caretta*, não encontramos diferenças entre os ninhos 1 e 4, 2, e 3 e 4 e 5 (Tabela 8).

TABELA 8. Comparação par-a-par da vocalização tipo 1 entre ninhos de *Caretta caretta* monitorados do município de Ipojuca, litoral sul de Pernambuco, Brasil.

Ninhos	Teste-t	P(perm)	Permutações únicas
1 versus 2	6,9839	0,0001	9356
1 versus 3	6,8683	0,0001	9390
1 versus 4	1,4843	0,1261	9415
1 versus 5	2,461	0,0145	9093
2 versus 3	1,4547	0,0883	9293
2 versus 4	9,4866	0,0002	9349
2 versus 5	8,6719	0,0001	9125
3 versus 4	8,726	0,0001	9357
3 versus 5	8,2208	0,0001	9158
4 versus 5	1,5352	0,0877	9164

3.3.4. Comparação da estrutura da vocalização tipo 1 entre ninhos de *Caretta caretta*

Considerando os ninhos da espécie *Ca. caretta*, encontramos que a estrutura física dos sons produzidos por eles varia. Todas as características consideradas contribuíram para diferenciar entre os ninhos (Tabela 9 e Figura 7). A função 1 gerada explicou 95,7% da variância entre os ninhos. Obtivemos 80% de classificação correta dos sons para cada um dos 5 ninhos considerados, baixando para 74% quando consideramos a correção por validação cruzada. Isso mostra que existe potencial assinatura vocal dentro dos ninhos.

TABELA 9. Variáveis contribuindo para diferenciar os ninhos de *Caretta caretta* com base em características físicas da vocalização tipo 1. F - teste; gl – Grau de liberdade; p – probabilidade de significância.

Características físicas	Wilks' Lambda	F	gl1	gl2	p
Número de harmônicos	0.957	7.593	4	45	<0.001

Duração de sílaba (s)	0.081	127.815	4	45	<0.001
Frequência mais baixa (kHz)	0.186	49.262	4	45	<0.001
Frequência mais alta (kHz)	0.159	59.516	4	45	<0.001
Frequência de máxima energia (kHz)	0.259	32.225	4	45	<0.001

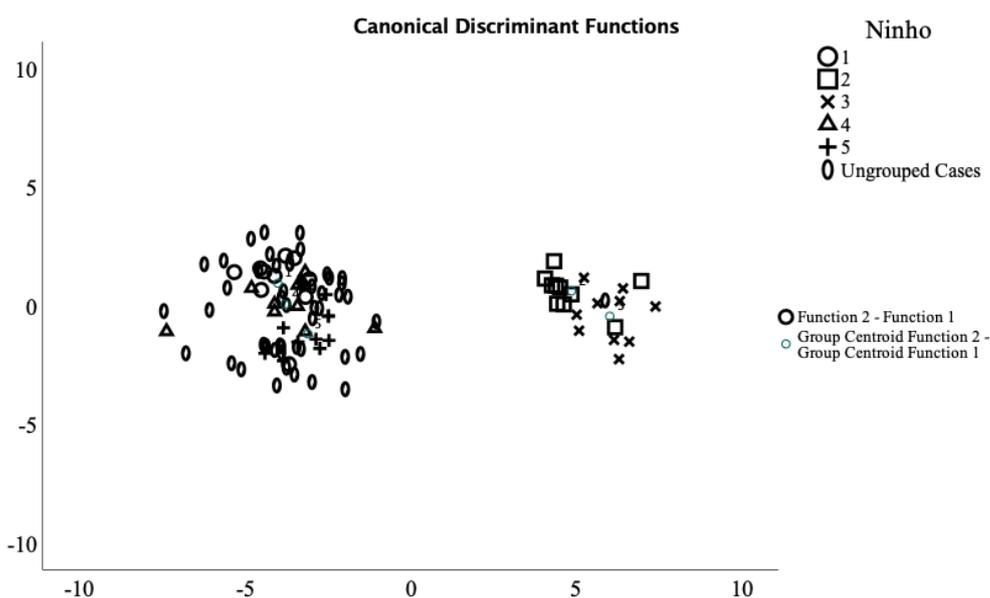


FIGURA 7. Funções canônicas discriminantes geradas para diferenciar os ninhos de *Caretta caretta* com base em características físicas da vocalização tipo 1. Município de Ipojuca, litoral sul de Pernambuco, Brasil.

3.3.5. Comparação da estrutura da vocalização tipo I entre ninhos de *Eretmochelys imbricata*

Considerando os ninhos da espécie *E. imbricata*, encontramos que a estrutura física dos sons produzidos por eles não variou. Duas das características consideradas diferiram, mas não o suficiente para proporcionar uma diferenciação robusta entre os ninhos (Tabela 10 e Figura 8). A função 1 gerada explicou 95,7% da variância entre os ninhos, mas obtivemos apenas 58% de classificação correta dos sons para cada um dos 5 ninhos considerados, baixando para 36% quando consideramos a correlação por

validação cruzada. Isso mostra potencial ausência de assinatura vocal dentro dos ninhos de *E. imbricata*.

TABELA 10. Variáveis contribuindo para diferenciar os ninhos de *Eretmochelys imbricata* com base em características físicas da vocalização tipo 1. F - teste; gl – Grau de liberdade; p – probabilidade de significância.

Características físicas	Wilks' Lambda	F	gl1	gl2	p
Número de harmônicos	0.837	2.189	4	45	0.085
Duração de sílaba (s)	0.928	.870	4	45	0.489
Frequência mínima (kHz)	0.817	2.528	4	45	0.054
Frequência máxima (kHz)	0.813	2.583	4	45	0.050
Frequência de máxima energia (kHz)	0.801	2.792	4	45	0.037

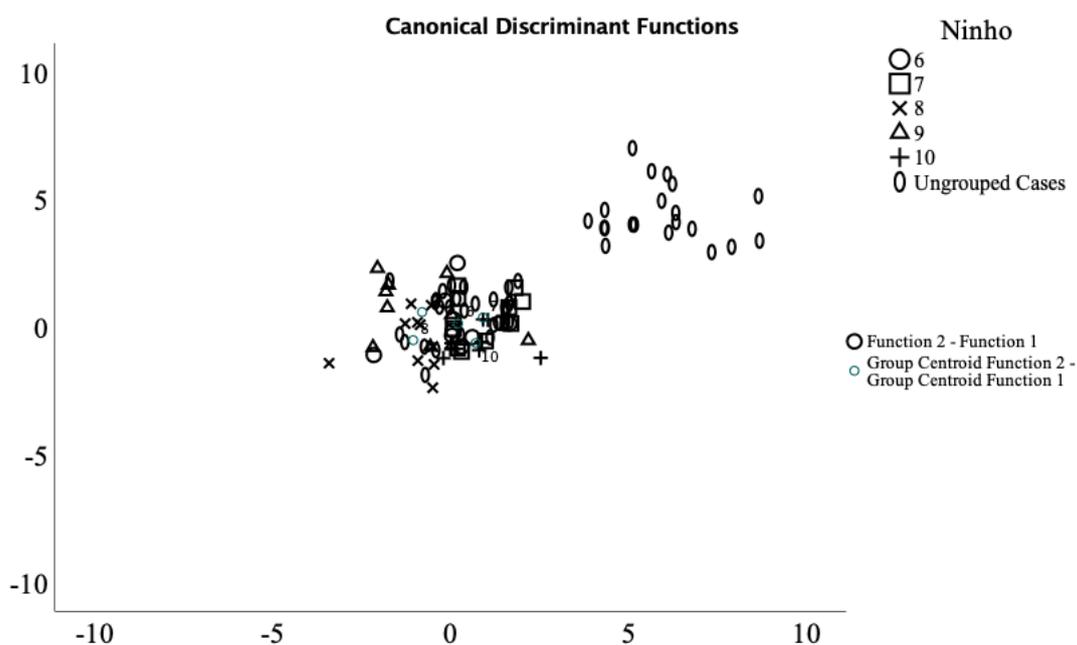


FIGURA 8. Funções canônicas discriminantes geradas para diferenciar os ninhos de *Eretmochelys imbricata* com base em características físicas da vocalização tipo 1.

3.3.6. Padrão de produção de vocalizações nos períodos noturno e diurno

Observamos que não existem diferenças na produção de vocalizações entre períodos noturno e diurno para *Ca. caretta* ($Z: -0,674; N_{1,2}; 5 p= 0,5$) e para *E. imbricata* ($Z: -1,753; N_{1,2}; 5 p= 0,08$) (Figura 9 A e B).

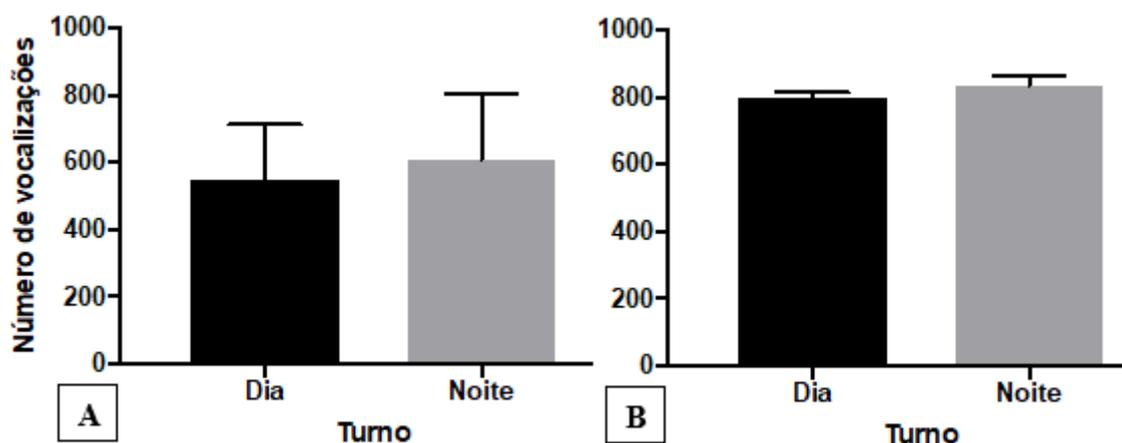


FIGURA 9. Produção de vocalizações por filhotes de *Caretta caretta* (A) e *Eretmochelys imbricata* (B) nos períodos noturnos e diurnos, do município de Ipojuca, litoral sul de Pernambuco, Brasil. Teste de Wilcoxon mostra que não há diferença na produção de vocalizações entre turnos.

3.3.7. Comparação do padrão de produção de vocalizações entre espécies

Não foi encontrada diferença na quantidade de vocalizações produzidas por filhotes de *Ca. caretta* e *E. imbricata* dentro do ninho durante as 24h iniciais da fase filhote ($U= 9,000; N_{1,2}= 5; p=0,465$, Figura 10A), ou durante o processo da caminhada ($U= 4,000; N_{1,2}= 3; p= 0,827$, Figura 10B).

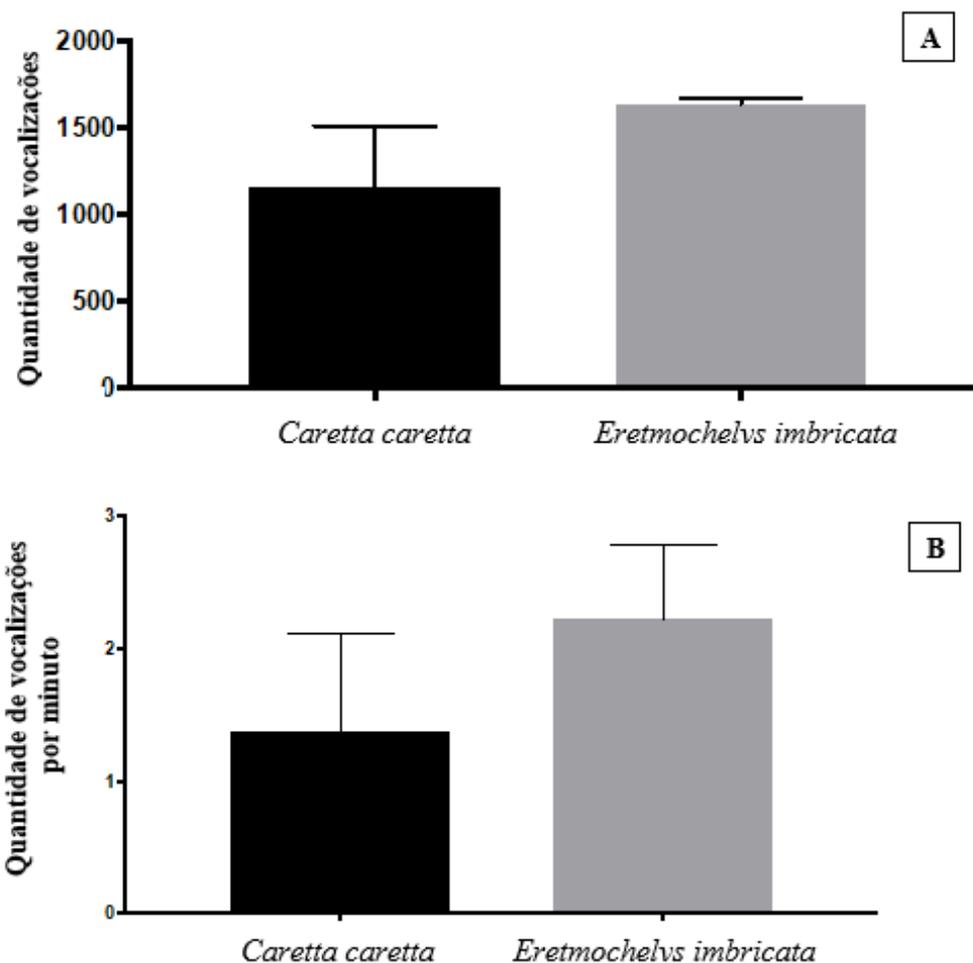


FIGURA 10. Produção de vocalizações por filhotes de *Caretta caretta* e *Eretmochelvs imbricata* durante as primeiras 24h da fase filhote ainda dentro do ninho (A) e durante o processo de caminhada para o mar (B). Teste de Mann-Whitney mostra ausência de diferença na quantidade de vocalizações produzidas entre as espécies nesse estágio.

3.3.8. Relação entre produção de som e quantidade de filhotes vivos na ninhada

Não encontramos correlação entre a produção de vocalizações e a quantidade de filhotes vivos para *Ca. caretta* (Coeficiente de Correlação de Spearman= -0,700; n= 5; p= 0,188) e para *E. imbricata* (Coeficiente de Correlação de Spearman= -0,600; n= 4; p= 0,400) durante a fase de filhote dentro do ninho (Figure 11 e 12). Também não encontramos correlação entre a produção de vocalizações e a quantidade de filhotes vivos durante a caminhada para o mar (Coeficiente de Correlação de Spearman= 1000; n= 6; p= 0,872) (Figura 13).

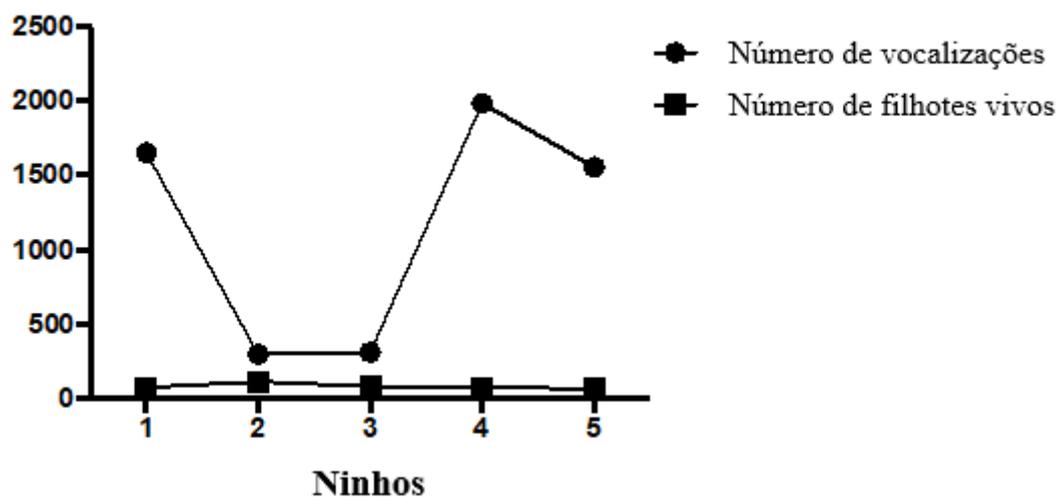


FIGURA 11. Correlação entre quantidade de vocalizações produzidas e a quantidade de filhotes vivos para *Caretta caretta* considerando as primeiras 24h da fase filhote. Correlação de Spearman mostra que não há correlação.

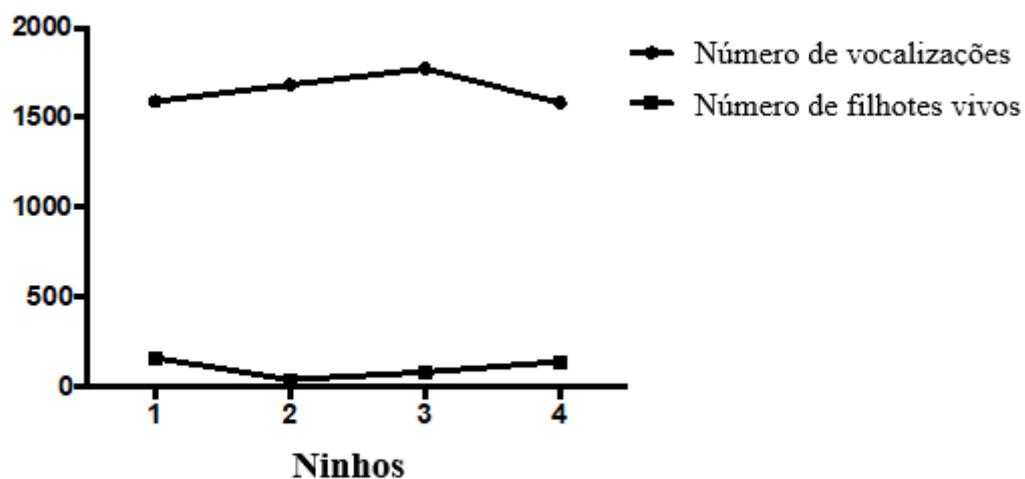


FIGURA 12. Correlação entre quantidade de vocalizações produzidas e a quantidade de filhotes nascidos vivos para *Eretmochelys imbricata* considerando as primeiras 24h da fase filhote. Correlação de Spearman mostra que não há correlação.

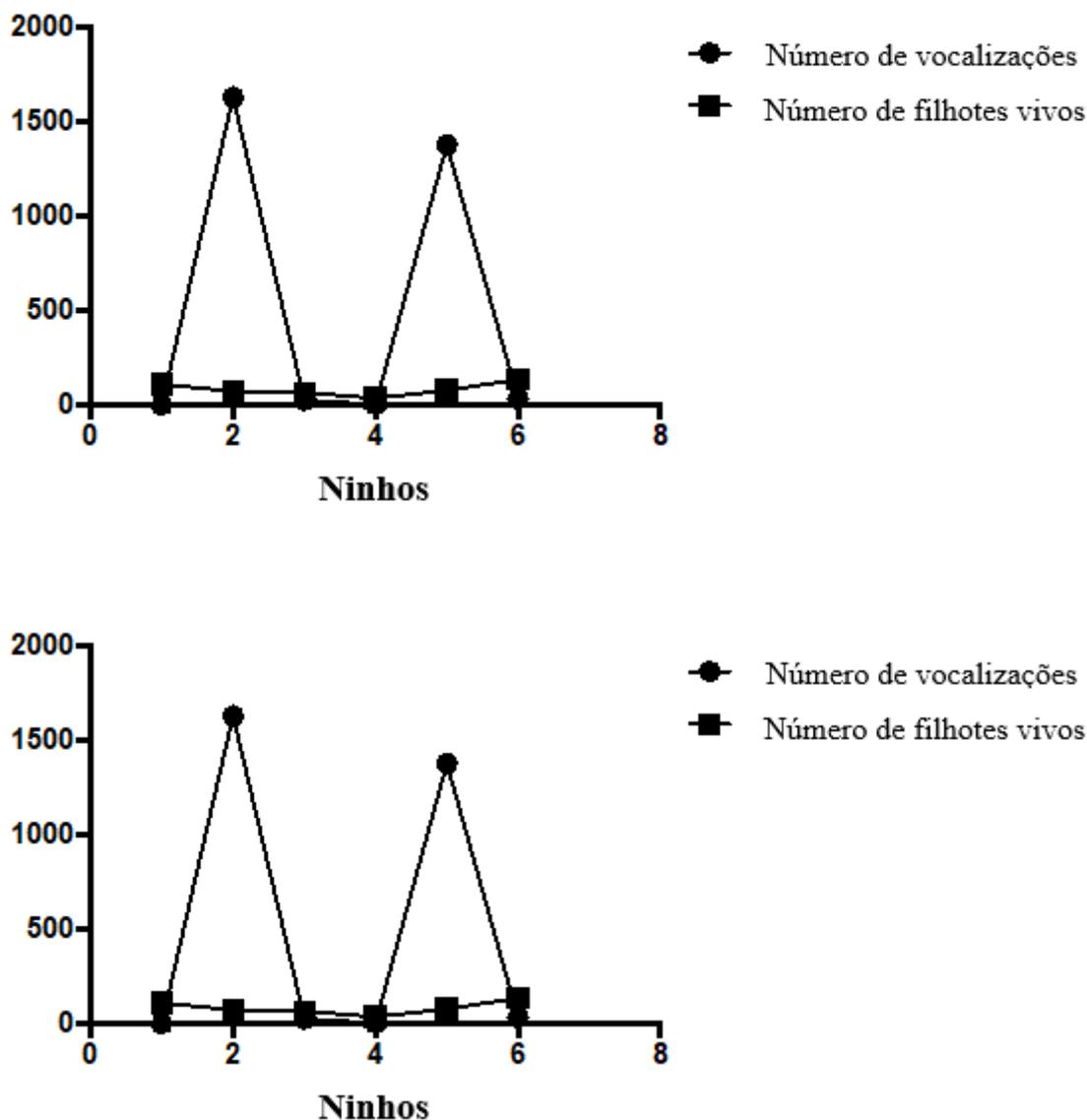


FIGURA 13. Correlação entre a quantidade de vocalizações produzidas e a quantidade de filhotes vivos durante a caminhada para o mar em *Caretta caretta* e *Eretmochelys imbricata* (3 ninhadas de cada espécie, sendo 1, 2 e 3 de *Caretta caretta*, 4, 5 e 6 de *E. imbricata*). Correlação de Spearman mostra que não há correlação entre a quantidade de filhotes vivos e a quantidade de vocalizações produzidas nessa fase.

3.3.9. Sons de origem antrópica e natural identificados nos ninhos

Além dos sinais acústicos identificados, sons externos ao ninho também foram registrados, como ruídos antrópicos, tais como: buzina e som de cortador de grama, respectivamente apresentando frequências de aproximadamente 18 e 8 kHz. Nos sons classificados como biofonia, regularmente ocorreu registros de seres humanos

conversando próximo ao ninho, que foi recorrente em todos os ninhos registrados, e cachorros latindo com frequências até 2 e 1,21 kHz, respectivamente. Também foi possível registrar sons de chuva (geofonia) apresentando frequências de aproximadamente 3 kHz.

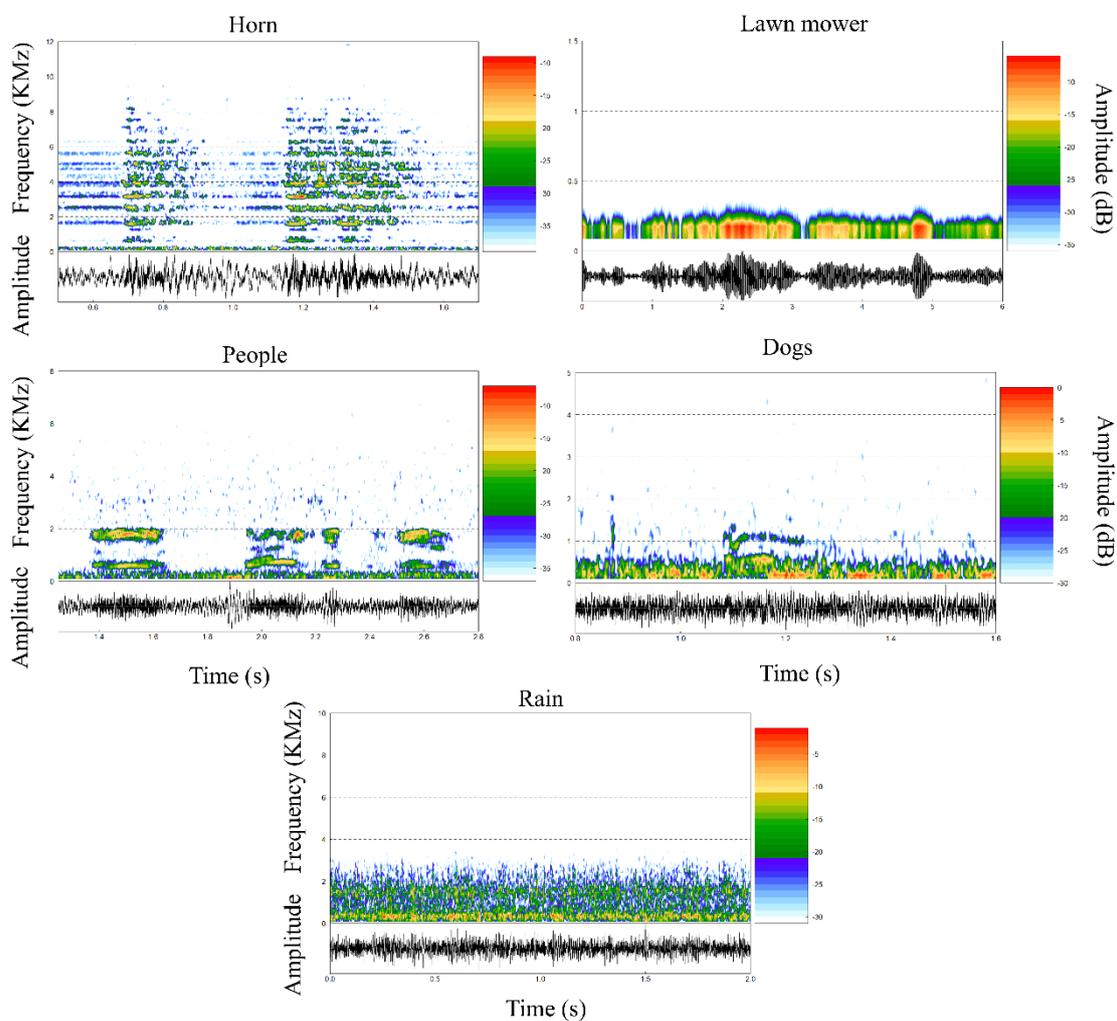


FIGURA 14. Sons de origem antrópica e natural identificados dos ninhos monitorados no litoral de Ipojuca, Pernambuco, Brasil. Fonte: Safira Melo.

3.4. Discussão

O período de incubação das espécies foi diferente entre si, mais curto para *Ca. caretta*, e mais longo para *E. imbricata*. O tempo de incubação varia entre as espécies, e o local do sítio de nidificação, assim como o período do ano (seco/ chuvoso) (FERREIRA

JÚNIOR, 2009). O sucesso de emergência foi superior a 50% para todos os ninhos da tartaruga cabeçuda. No trabalho de Simões et al., (2014) que foi desenvolvido no município de Ipojuca, a média de eclosão de *E. imbricata* foi de 51,33%, e aponta que os ninhos com incubação média de 55 dias obtiveram maior taxa de eclosão. Essa porcentagem pode estar relacionada com alguns fatores, tais como: temperatura, granulometria, vegetação, profundidade do ninho (VAN DE MERWE et al., 2006; SERAFINI, 2007; TACCHI et al., 2019).

Nosso estudo mostrou um repertório de 12 vocalizações para *Ca. caretta*, fornecendo adições de vocalizações já identificadas. Para essa espécie, Muñoz (2010) fez os registros de vocalização dos animais durante a eclosão dos ovos na praia de Ponta Cosme, Cabo Verde, e se verificou cinco tipos de sons, mas nenhum destes semelhantes aos espectrogramas dos sons encontrados no nosso estudo. Já para *E. imbricata* foram encontrados cinco tipos de sinais acústicos. A investigação da produção de sinais acústicos nessa espécie ocorreu pela primeira vez durante seu período de incubação por Monteiro et al. (2019) nas praias do Centro de Lançamentos da Barreira do Inferno, Brasil. Esse estudo, relatou a ocorrência de quatro tipos de sons, sendo o tipo 4, semelhante ao chamado tipo III do nosso estudo, se considerarmos a semelhança na estrutura física do espectrograma. A possibilidade de ter aumentado a quantidade de sonótipos que já haviam sido encontrados na literatura para cada espécie, pode estar correlacionado com fato desta pesquisa ter feito gravações contínuas diariamente em todos os contextos de desenvolvimento (ovos, eclosão, filhotes, emergência e caminhada), enquanto os demais estudos ocorrerem em apenas um estágio de desenvolvimento do embrião/filhote, ou através de gravações curtas (e.g., 10 minutos de gravação por dia). Ao somarmos os estudos de Muñoz (2010) e Monteiro et al. (2019), com o nosso, conhecemos agora pelo menos 17 vocalizações para a espécie *Ca. caretta*, e oito para espécie *E. imbricata*.

O som do tipo 8 da tartaruga cabeçuda é semelhante ao tipo V da tartaruga de pente, assim como outros sons encontrados neste trabalho são similares ao repertório já identificado em outras espécies de tartarugas marinhas. A vocalização tipo I descrita para *Chelonia mydas*, por Ferrara et al. (2014a), na Ilha de Ascensão, localizada no oceano Atlântico, podem ser comparados ao tipo 4 da *Ca. caretta* e o tipo III de *E. imbricata*. A vocalização tipo III descrita para *Dermochelys coriacea* em um trabalho realizado na Praia Barra de La Cruz, Oaxaca, México, por Ferrara et al. (2014b), se assemelha ao tipo

6 da tartaruga cabeçuda. Esses dados podem evidenciar que mesmo espécies diferentes existem o potencial de apresentar algum sinal em comum para o grupo das tartarugas marinhas.

A produção de vocalizações com frequências ultrassônicas encontrada neste trabalho, ainda não havia sido relatado para nenhuma espécie de tartaruga marinha. Todos os trabalhos que abordaram a emissão de sinais acústicos das tartarugas marinhas durante o período de incubação ou filhotes após emergência do ninho, relataram sons até 2,6 kHz para a Tartaruga cabeçuda (MUÑOZ, 2010); 2,71 kHz para Tartaruga verde (FERRARA et al., 2014a); 2,250 kHz para a Tartaruga de couro (FERRARA et al., 2014b); 11,62 kHz para a Tartaruga de pente (MONTEIRO et al., 2019); e 0,63 kHz para a Tartaruga oliva (MCKENNA et al., 2019). A vocalização em diferentes frequências, permitem que a comunicação desses animais seja mais eficaz, principalmente quando o ambiente em que ocorrem é urbanizado, e possuem ruídos antrópicos que mascaram os sons com frequências mais baixas.

A importância do uso de frequências mais altas também foi pontuado por Forrest et al. (1993) e Nummela e Thewissen, (2008), que devido a rápida atenuação do som, evitam que o sinal seja detectado por predadores, enquanto sons em baixas frequências, auxiliam o receptor a localizar o emissor, exigindo menor gasto de energia, e percorrem maiores distâncias (FORREST, 1994). Entretanto, sugere-se que sons de baixa frequência também são úteis para auxiliar na sincronização dos filhotes da emergência dos ninhos, como testado em crocodilianos por Vergne e Manthevon, (2008) e Vergne et al., (2009). Apesar desse novo resultado da presença de ultrassons em tartarugas marinhas, as pesquisas que verificaram a capacidade auditiva desses animais (LAVENDER et al., 2012; PINIAK, 2012) não evidenciam que essas espécies possuam a percepção aos ultrassons. Dessa forma, se faz necessárias novas pesquisas que testem possíveis respostas a essa faixa de frequência.

Os registros dos sinais acústicos ocorreram desde os 45 dias de incubação quando se iniciou as coletas para ambas as espécies. Não havia essa documentação para a tartaruga cabeçuda, mas no trabalho de Monteiro et al. (2019), as vocalizações só aconteciam a partir dos 51 dias de incubação para a tartaruga de pente. Durante a caminhada dos filhotes para o mar foi observada a redução das vocalizações, de acordo com Monteiro et al. (2019) essa redução da vocalização nos períodos de emergência e

saída dos filhotes do ninho, está relacionada com a possível pressão de predação do ambiente que os animais podem sofrer.

Para a tartaruga cabeçuda, três tipos (1, 2 e 4) apresentaram em mais de 10 amostras por ninho, e estes diferiram significativamente em sua estrutura de acordo com as características físicas analisadas. Para *E. imbricata*, foram analisados dois tipos (I e V), que também foram classificados corretamente. De acordo com Morton (1977), a maior variedade de sons ocorre em espécies sociais, comportamento não comumente apresentado pelas tartarugas marinhas, que são classificadas como solitárias (SANTOS et al., 2011).

Nosso estudo também mostrou que a estrutura física das vocalizações do tipo 1/ I (i.e., som presente nas duas espécies estudadas e mais abundante em todos os contextos gravados) variou entre as espécies. Com a ocorrência dessa potencial assinatura vocal, o monitoramento acústico dos ninhos pode ser utilizado para diferir taxonomicamente quando não se observou o espécime que realizou a postura. A assinatura vocal já foi registrada para diferentes grupos de animais como peixe boi da Amazônia (SOUSA-LIMA et al., 2002), lobo marinho (DOBSON e JOUVENTIN, 2003) e capivaras (LACERDA et al., 2014) e vários outros.

Ao realizar a comparação entre os ninhos da mesma espécie, a assinatura vocal foi encontrada apenas nos ninhos de *Ca. caretta*. De acordo com os autores Guimarães e Bastos (2003); Silva et al., 2008; Taylor e Reby, (2010), a variação na vocalização pode ter influência dos fatores bióticos e abióticos. Os filhotes de modo geral apresentam o mesmo padrão de tamanho, e peso entre as espécies, não divergindo em sua anatomia (ECKERT et al., 1999). Entretanto, os ninhos gravados nesse trabalho para a espécie da tartaruga cabeçuda foram registrados entre novembro e abril (tanto período seco, como chuvoso), e os ninhos da tartaruga de pente em abril e maio (apenas período chuvoso) (Melo et al. *dados não publicados*), representando diferença entre as espécies nas condições de temperatura, pluviosidade e umidade nos ninhos. Dessa forma, sugere-se que mais pesquisas devem ser realizadas para verificar se realmente não existe a assinatura vocal entre ninhos de *E. imbricata*, considerando a potencial influência de fatores bióticos e abióticos.

O padrão vocal também variou entre as duas espécies alvo, foram um total de 5.796 sons para *Ca. caretta*, e 8.181 para *E. imbricata* durante a fase de filhote. Essa divergência pode estar relacionada com o diferente período de incubação entre as espécies, entre 49 e

51 dias para *Ca. caretta*, e 55 à 58 dias para *E. imbricata*, conforme os dados apresentados na Tabela 1. O padrão vocal identificado nos ninhos de *D. coriacea*, corrobora com esta hipótese, visto que apresentam alta taxa de emissão em comparação com as demais espécies, e maior tempo de incubação em média 64 dias (SANTOS e FERREIRA JÚNIOR, 2009; FERRARA et al., 2014b; MCKENNA et al., 2019). O orçamento acústico de um período de 24h ainda não tinha sido relatado, sendo extremamente importante para a compreensão do comportamento dos filhotes durante o período de incubação.

A quantidade de sons não apresentou relação significativa com a quantidade de filhotes vivos do ninho e nem pelo turno. Mas na pesquisa realizada por Monteiro et al. (2019) nos ninhos de tartaruga de pente mostrou-se a existência de uma maior quantidade de sons durante o período noturno, assim como no trabalho de Nishizawa et al. (2021) com as tartarugas verdes. Esses trabalhos mostram que a maioria dos filhotes emergem do ninho durante a noite, sendo um contexto em que os filhotes apresentam grande atividade para conseguirem sair do ninho. De acordo com Limpus et al. (1992), a emergência durante a noite pode ser uma estratégia que as tartarugas marinhas utilizam para evitarem a predação. Os trabalhos desenvolvidos na área de estudo não relatam incidentes com predação, mas durante as coletas desta pesquisa, foi observada cães domésticos cavando a área do ninho, logo após a emergência dos filhotes (Melo et al., *dados não publicados*). A predação aos ninhos desses animais pode estar relacionada com alguns sinais químicos liberados durante a incubação, e que atrai possíveis predadores para os ovos restantes (LACK, 1968; VITT, 1991).

Não é possível ainda estabelecer a função real das vocalizações dos animais investigados pelo nosso estudo. Contudo, Ferrara et al. (2014a) relata que os filhotes podem estar se comunicando para sincronizar a emergência do ninho e a caminhada ao mar. A consequência deste comportamento, reduz o risco à predação, e esta função foi discutida para as espécies dulcícolas, além da função de cuidado parental pelas fêmeas (CAMPBELL, 1967; FERRARA, 2012). No trabalho de Doody et al. (2012) também sugerem que os espécimes se comuniquem durante o período de incubação, e aumentem a sua sobrevivência. Mas já de acordo com MCKENNA et al. (2019), as vocalizações são provavelmente subprodutos de outras atividades, como a respiração ou de movimentos durante a caminhada.

A percepção de outros sons de dentro do ninho mostra que mesmo em uma profundidade média de 50 cm, o ambiente externo é perceptível e pode ter alguma influência no mascaramento de alguns sons produzidos pelas tartarugas marinhas. As coletas foram realizadas durante a pandemia da COVID-19, o que registra o ruído antrópico em condições atípicas, mas relevantes para a compreensão do comportamento das tartarugas marinhas durante esse período em relação ao meio externo. As coletas aconteceram durante os decretos executivos de N° 51.346 de 1° de março de 2021; N° 51.433 de 15 de março de 2021; N° 51.471, de 26 de março de 2021; e em abril o decreto N° 51.561, de 23 de abril de 2021. Em março as praias inicialmente ficaram fechadas, havendo flexibilização do acesso apenas no último decreto e no mês de abril.

A antropofonia evidencia a alta urbanização das praias do litoral sul, alguns ninhos que estavam localizados na praia de Muro alto, e ficaram próximos a residenciais e nessas, continham grama em que periodicamente eram podadas. Outros ninhos da praia de Porto de Galinhas e Maracaípe, estavam localizados próximo a áreas de estrada da orla. Já o fluxo de pessoas é constante por toda a praia, sendo possível de ser identificado em todos os ninhos, assim como o de cachorro domésticos. A geofonia podem auxiliar durante a caminhada para o mar, quando é referente ao som das ondas. No trabalho realizado por HOLTZ et al., (2021), mostrou que os filhotes caminham mais rápido ao escutarem o som das ondas. Também foi registrado pessoas conversando (biofonia) passando próximas pelos ninhos, assim como cachorros latindo, que são potenciais predadores aos filhotes. Estudos futuros deveriam abordar essa lacuna no conhecimento, ou seja, o impacto do ruído antrópico e ruído natural para os filhotes de tartarugas marinhas. No trabalho de Samuel et al. (2005) evidenciam que a exposição constante desses animais aos ruídos antropogênicos, podem afetar a ecologia e o comportamento dos espécimes.

Apesar da fama de silenciosas, o presente estudo mostra uma diversidade de vocalizações no repertório vocal de tartarugas marinhas, mostrando que comunicação acústica pode ter um papel crucial para coordenação dos ninhos até a chegada das tartarugas ao mar após emergência. Este estudo adicionou novas vocalizações no repertório vocal de duas espécies de tartarugas marinhas que ocorrem no Brasil, presença de diferenças na estrutura física de vocalizações entre espécies, mas não na taxa de produção de sons. Encontramos variação na estrutura física de vocalizações entre ninhos de uma das espécies. Além disso, mostramos que mesmo dentro dos ninhos, os filhotes

estão expostos a poluição sonora, podendo, portanto, ter sua comunicação vocal mascarada por esses ruídos externos.

Com esse trabalho será possível colaborar para a conservação das espécies ocorrentes do município de Ipojuca, por meio da divulgação dos dados coletados e discussão de medidas mitigatórias aplicáveis para cada empreendimento costeiro e residências da orla, para redução dos ruídos antrópicos das áreas de desova. Além disso, é necessário a padronização dos dados, sendo este trabalho um potencial modelo de protocolo a seguir, por considerar todos os contextos de desenvolvimento dos espécimes durante o período de incubação, e pelo esforço amostral que adicionou novas informações, não identificadas anteriormente.

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA CONSERVAÇÃO

Este trabalho trouxe novas contribuições para o entendimento do repertório acústico de duas espécies de tartarugas marinhas, a *Eretmochelys imbricata* e a *Caretta caretta*, sendo identificados 17 tipos de sinais acústicos em cinco contextos diferentes (ovo, eclosão, filhotes, emergência e caminhada ao mar), fornecendo adições de vocalizações ao repertório de ambas as espécies. Quatro das vocalizações da tartaruga cabeçuda e duas da tartaruga de pente, chegam a frequências ultrassônicas, ainda não documentadas para o grupo das tartarugas marinhas.

Com a comprovação da assinatura vocal, o monitoramento acústico dos ninhos se torna potencial e poderia ser utilizado para as diferir taxonomicamente os espécimes quando não se observou a espécie que realizou a postura. A ausência dessa assinatura vocal entre os ninhos de *E. imbricata*, evidencia que novas pesquisas devem ser realizadas, para verificar outros contextos que interferem nas emissões dos sinais acústicos, como fatores bióticos e abióticos.

Na mesma região amostrada ocorrem outras duas espécies, *Chelonia mydas* e *Lepidochelys olivacea*, sendo importante a replicação do estudo com essas espécies, em busca de entender o repertório acústico e padrão vocal que esses animais podem apresentar. É importante entender se existe alguma similaridade com as espécies já

estudadas para gerar protocolos mais eficazes de monitoramento acústico das tartarugas marinhas no Brasil.

Mesmo os ninhos apresentando uma profundidade média de 50 cm, a paisagem acústica sob o ninho é perceptível, podendo potencialmente causar alguma influência sobre os espécimes, positiva (a percepção do som das ondas do mar, que podem auxiliar durante o processo de caminhada), e/ou negativa (som de origem antrópica, que podem mascarar os sons das vocalizações, e a percepção do meio, assim como sua ecologia e comportamento). Portanto, é fundamental, estudos que verifiquem os níveis de ruídos da paisagem, para analisar as condições diversas que as tartarugas podem ocorrer no momento de desova, e que podem afetar o desenvolvimento dos filhotes.

É necessário a padronização das coletas e análises dos dados das pesquisas que abordam a investigação do repertório acústico desses animais, para facilitar o entendimento do comportamento vocal do grupo das tartarugas marinhas. A continuidade do monitoramento nas áreas de desova é fundamental para a conservação das espécies que ocorrem no estado de Pernambuco, e que estão ameaçadas de extinção. Assim como este trabalho, futuros estudos podem trazer novas informações a respeito do comportamento das espécies e contribuir na elaboração de possíveis medidas mitigatórias contra impacto da poluição sonora, e que sejam eficazes para o grupo das tartarugas.

5. REFERÊNCIAS

- AU, W. W. L. e HASTINGS, M. C. Some Instrumentation for Marine Bioacoustics Research. In: **Principles of Marine Bioacoustics**. New York: Springer, p. 621-659, 2008.
- AUBIN, T. et al. Acoustic communication in the Kittiwake *Rissa tridactyla*: potential cues for sexual and individual signatures in long calls. **Polar Biology**, v. 30, n. 8, p.1027- 1033, 2007.
- AVENS, L. et al. Use of skeletochronological analysis to estimate the age of leatherback sea turtles *Dermochelys coriacea* in the western North Atlantic. **Endangered Species Research**, v. 8, n. 3, p. 165-177, 2009.
- BARROS, J. **Alimentação da tartaruga-cabeçuda (*Caretta caretta*) em habitat oceanic e nerítico no Sul do Brasil: composição, aspectos nutricionais e resíduos sólidos Antropogênicos**. 2010. p. 118. Dissertação de Mestrado, apresentada ao Programa de Pós-graduação em Oceanografia Biológica. Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Rio Grande, Brasil. 2010.
- BARTOL, S. M. et al. Sensory biology of sea turtles. In: **The biology of sea turtles**, v. 2, p. 79-102, 2003.
- BARTON, B. T. e ROTH, J. D. Implications of intraguild predation for sea turtle nest protection. **Biological Conservation**, v. 141, n. 8, p. 2139-2145, 2008.
- BEZERRA, B. M.; SOUTO, A. S.; JONES, G. Vocal repertoire of golden-backed uakaris (*Cacajao melanocephalus*): call structure and context. **International Journal of Primatology**, v. 31, n. 5, p. 759-778, 2010.
- BJORNDAL, K. A. e JACKSON, B. C. Roles of sea turtle in marine ecosystems: reconstructing the past. In: **The biology of sea turtles**, v. 2, p. 259-273. 2003.
- BORNATOWSKI, H. et al. Shark scavenging and predation on sea turtles in northeastern Brazil. **Amphibia-Reptilia**, v. 33, n. 3-4, p. 495-502, 2012.
- BOWEN, B.W. et al. Natal homing in juvenile loggerhead turtles (*Caretta caretta*). **Molecular Ecology**. v 13, n 12, p 3797–3808. 2004.

- BOWEN, B.W. e KARL, S.A. Population genetics and phylogeography of sea turtles. **Molecular Ecology**. v 16, n 23, p 4886–4907, 2007.
- BRADBURY J. W. e VEHCENCAMP S. **Principles of Animal Communication**. Sinauer Associates, Sunderland, 1998.
- BYRNE, P.G.; ROBERTS, J.D. Does multiple paternity improve the fitness of the frog *Crinia georgiana*? **Evolution**. v 54, n 3, p 968–973, 2000.
- CAMPBELL, H.W. Sound production in two species of tortoises. **Herpetologica**, v. 23, p. 20-209, 1967.
- CARR, A. e HIRTH, H. Social facilitation in green turtle siblings. **Animal Behavior**. V 9 p. 68–70, 1961.
- CHAN, E. - H. e LIEW, H. - C. Hawksbill turtles, *Eretmochelys imbricata*, nesting on Redang Island, Terengganu, Malaysia, from 1993 to 1997. **Chelonian Conservation and Biology**, v. 3, n. 2, p. 326-329, 1999.
- CHARIF, R. A.; WAACK A. M.; STRICKMAN L. M. Raven Pro 1.4 User's Manual. **Cornell Lab of Ornithology**, Ithaca, NY. 2010.
- COLEMAN, A. T. et al. Seasonal movements of immature Kemp's ridley sea turtles (*Lepidochelys kempii*) in the northern gulf of Mexico. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 27, n. 1, p. 253-267, 2016.
- CORNICK, L. A. e MARKOWITZ, H. Diurnal vocal patterns of the black howler monkey (*Alouatta pigra*) at Lamanai, Belize. **Journal of Mammalogy**, v. 83, n. 1, p. 159-166, 2002.
- DEICHMANN, J. L. et al. Soundscape analysis and acoustic monitoring document impacts of natural gas exploration on biodiversity in a tropical forest. **Ecological indicators**, v. 74, p. 39-48, 2017.
- DIAS, P. e VITAL, T. O Ecoturismo no Estado de Pernambuco: uma visão do segmento a partir da oferta de serviços. **Revista Turismo em Análise**. v. 25, n. 2, p. 316–336, 2014.

- DI BENEDITTO, A. P. M., MOURA, J. F., SICILIANO, S. Feeding habits of the sea turtles *Caretta caretta* and *Lepidochelys olivacea* in south-eastern Brazil. **Marine Biodiversity Records**, v. 8, p 1-5, 2015.
- DOBSON, F. S. e JOUVENTIN, P. How mothers find their pups in a colony of Antarctic fur seals. **Behavioural Processes**, v. 61, n. 1-2, p. 77-85, 2003.
- DOMINGUEZ, J. M. L. et al. Geologia do Quaternário costeiro do estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 20, n. 2, p 208-215, 1990.
- DOODY, J. S. et al. Good vibrations? Sibling embryos expedite hatching in a turtle. **Animal Behaviour**, v. 83, n. 3, p. 645-651, 2012.
- DOUGHERTY, E. et al. Hydrodynamic stability in posthatchling loggerhead (*Caretta caretta*) and green (*Chelonia mydas*) sea turtles. **Zoology**, v. 113, n. 3, p. 158-167, 2010.
- ECKERT, K. L. et al. Taxonomy, External Morphology, and Species Identification. In: **Research and management techniques for the conservation of sea turtles**. v. 21, p. 11-13, 1999.
- FADINI, L. S.; SILVA, A. G.; FERREIRA-JÚNIOR, P. D. Sedimentary characteristics and their effects on hatching success and incubation duration of *Caretta caretta* (Testudines: Cheloniidae) in Espírito Santo, Brazil. **Zoologia (Curitiba)**, v. 28, n. 3, p. 312-320, 2011.
- FARINA, A. e PIERETTI, N. Sonic environment and vegetation structure: a methodological approach for a soundscape analysis of a Mediterranean maqui. **Ecological Informatics**, v. 21, p. 120-132, 2014.
- FERNANDES, M. L. B., SILVA, L. C. C., MOURA, G. J. B. Influência dos impactos ambientais na escolha da praia de desova da espécie *Eretmochelys imbricata*. **Biota Amazônia**, v. 6, n. 4, p. 44-48, 2016.
- FERRARA C. R. **Comunicação acústica em tartaruga-da-amazônia (*Podocnemis expansa*) (Schweigger, 1812) Testudines: Podocnemididae) na Reserva Biológica do rio Trombetas, Pará, Brasil**. 2012. Tese apresentada ao Programa Integrado de

- Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Amazônia, Brasil. p 111. 2012.
- FERRARA, C. R.; MORTIMER, J. A.; VOGT, R. C. First evidence that hatchlings of *Chelonia mydas* emit sounds. **Copeia**. v. 2014, n. 2, p. 245–247, 2014a.
- FERRARA, C. R. et al. First evidence of leatherback turtle (*Dermochelys coriacea*) embryos and hatchlings emitting sounds. **Chelonian Conservation and Biology**. v. 13, n. 1, p. 110–114, 2014b.
- FERRARA, C. R. et al. História natural e biologia dos quelônios amazônicos. In: **Manejo conservacionista e monitoramento populacional de quelônios amazônicos**. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Brasília, Brasil. p. 15-28. 2016.
- FERREIRA JÚNIOR, P. D. Efeitos de fatores ambientais na reprodução de tartarugas. **Acta Amazonica**, v. 39, n. 2, p. 319-334, 2009.
- FLETCHER N. Animal Bioacoustics. In: **Springer Handbook of Acoustics**. Nova Iorque: Springer. p. 785-802, 2007.
- FORREST, T. G.; MILLER, G. L.; ZAGAR, J. R. Sound propagation in shallow water: Implications for acoustic communication by aquatic animals. **Bioacoustics: The International Journal of Animal Sound and its Recording**, v. 4, p 259-270. 1993.
- FORREST, T. G. From sender to receiver: propagation and environmental effects on acoustic signals. **American Zoologist**. v. 34, p. 644- 654. 1994.
- FRANÇA, A. L. G. **O turismo em porto de galinhas- PE: políticas de desenvolvimento e o desafio da sustentabilidade**. Dissertação – universidade federal de Pernambuco. Recife. 2007; 193p.
- FRAZIER, J. G. Marine turtles: the role of flagship species in interactions between people and the sea. **Mast**, v. 3, n 2, p 5–38. 2005.
- FRICK, M. G.; WILLIAMS, K. L. e ROBINSON, M. Epibionts associated with nesting loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) in Georgia, USA. **Herpetological Review**, v 29, n 4, p 211-214.1998.

- GALEOTTI, P. et al. Do mounting vocalizations in tortoises have a communication function? A comparative analysis. **Herpetological Journal**. v. 15, p.61–71, 2005.
- GUIMARÃES, L. D. e BASTOS, R. P. Vocalizações e interações acústicas em *Hyla raniceps* (Anura, Hylidae) durante a atividade reprodutiva. **Iheringia**, Sér. Zool. 93, p 149-158. 2003.
- GUIMARÃES, S. M.; TAVARES, D. C.; MONTEIRO-NETO, C. Incidental capture of sea turtles by industrial bottom trawl fishery in the Tropical South-western Atlantic. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 98, n. 6, p. 1525-1531, 2017.
- HEITHAUS, M. R., 2013. Predators, prey and the ecological roles of sea turtles. In: **The biology of sea turtle**. v. 3, p. 249-284. Marine Science Series. CRC Press. 457p.
- HOLTZ, B.; STEWART, K. R.; PINIAK, W. E. D. Influence of environmental and anthropogenic acoustic cues in sea-finding of hatchling leatherback (*Dermochelys coriacea*) sea turtles. **Plos one**, v. 16, n. 7, p. e0253770, 2021.
- Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 2018. Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume IV - Répteis. In: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. (Org.). **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção**. Brasília: ICMBio. 252p. 2018.
- IUCN 2019. **A Lista Vermelha da IUCN de Espécies Ameaçadas**. Versão 2019-2. <<https://www.iucnredlist.org>> ISSN 2317-8235.
- JAMES, M. C., ECKERT, S. A., MYERS, R. A. Migratory and reproductive movements of male leatherback turtles (*Dermochelys coriacea*). **Marine Biology**. v 147, n 4, p 845–853, 2005.
- KRAUSE, B. **The great animal orchestra: finding the origins of music in the world's wild places**. Little, Brown, 2012
- LABOREL-DEGUEN, F. et al. Recifes Brasileiros: o legado de Laborel. Rio de Janeiro, Museu Nacional. **Série Livros**. n. 64. 376 p.2019.

- LACERDA, P. O.; TOKUMARU, R. S.; DA CUNHA NOGUEIRA, S. S. Vocal signature in capybara, *Hydrochoerus hydrochaeris*. **Acta Ethologica**, v. 17, n. 2, p. 77-81, 2014.
- LACK, D. *Ecological Adaptations for Breeding in Birds*. London: Methuen, 1968.
- LAVENDER, A. L., BARTOL, S. M., e BARTOL, I. K. Hearing capabilities of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) throughout ontogeny. **The Effects of Noise on Aquatic Life**, Springer, New York, NY, p. 89-92. 2012.
- LENZ, A. J. **Dieta da tartaruga cabeçuda, *Caretta caretta* (Testudines, Cheloniidae), no litoral norte do Rio Grande do Sul**. 2009. Trabalho de conclusão de curso em Ciências Biológicas. Universidade Federal do Rio Grande do sul, Brasil. 39p. 2009.
- LIMPUS, C. J. et al. Migration of green (*Chelonia mydas*) and loggerhead (*Caretta caretta*) turtles to and from eastern Australian rookeries. **Wildlife Research**. v. 19, n 3, p. 347–357, 1992.
- LIRA, L. et al. Estudo de correntes marinhas por meio do lançamento de cartões de deriva no litoral do estado de Pernambuco, Brasil. **Arquivos de Ciência do Mar**, v. 43, n 1, p 30 - 37, 2010
- LONGO, G. O. **Análise espaço-temporal da predação de ninhos de tartarugas marinhas e avaliação de metodologia antipredação, no litoral norte da Bahia**. 2008. Trabalho de conclusão de curso de bacharel em Ciências Biológicas. Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil. 94p. 2008.
- LOPES, E. Q. et al. Descrição Anatômica Esquelética da tartaruga verde (*Chelonia Mydas*) proveniente de encalhe nas unidades de Conservação do Mosaico Jureia-Itatins, Estação Ecológica Tupiniquins e APACIP–Área de Proteção Ambiental Cananeia-Iguape-Peruíbe-SP. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 4, n. 4, p. 5441-5456, 2021.
- LUCHETTA, A. C.; WATANABE, L. E. Y. Preliminary data on the occurrence of marine turtles in the Laje de Santos Marine State Park (SP, Brazil). **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 65, n. 4, p. 644-655, 2017.

- MANSFIELD, K. L. et al. First satellite tracks of neonate sea turtles redefine the 'lost years' oceanic niche. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 281, n. 1781, p. 20133039, 2014.
- MANSO, V. A. V.; CORREA, I. S.; GUERRA, N. Morfologia e sedimentologia da plataforma continental interna entre as Praias Porto de Galinhas e Campos-Litoral Sul de Pernambuco, Brasil. **Pesquisas em Geociências**, v. 30, n. 2, p. 17-25, 2003.
- MARCOVALDI, M. Â.; CHALOUPKA, M. Conservation status of the loggerhead sea turtle in Brazil: an encouraging outlook. **Endangered Species Research**, v. 3, n. 2, p. 133-143, 2007.
- MARCOVALDI, M. Â. et al. Satellite-tracking of female loggerhead turtles highlights fidelity behavior in northeastern Brazil. **Endangered Species Research**, v. 12, n. 3, p. 263-272, 2010.
- MARCOVALDI, M. A. et al. *Eretmochelys imbricata* (Linnaeus, 1766). In: **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume IV - Répteis**. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Brasília, Brasil. p. 31-36. 2018.
- MÁRQUEZ, R. et al. Los sonidos de los animales: una firma de su identidad. **Quercus**, n. 299, p. 34-44, 2011.
- MASCARENHAS, R. et al. Lixo marinho em área de reprodução de tartarugas marinhas no Estado da Paraíba (Nordeste do Brasil). **Revista de Gestão Costeira Integrada- Journal of Integrated Coastal Zone Management**, v. 8, n. 2, p. 221-231, 2008.
- MALLMANN, D. et al. Classificação morfodinâmica das praias arenosas de Ipojuca (Pernambuco, Brasil) através da análise semântica de imagens de satélite pancromáticas. **Pesquisas em Geociências**, v. 41, n. 2, p. 169-189, 2014.
- MCKENNA, L. N. et al. Do sea turtles vocalize to synchronize hatching or nest emergence?. **Copeia**, v. 107, n. 1, p. 120-123, 2019.

- MELO, R. F. **Distribuição espacial e temporal de ninhos de *Eretmochelys imbricata* no litoral sul do Rio Grande do Norte, Brasil**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil. 25p. 2016.
- MEYLAN, A. B.; DONNELLY, M. Status justification for listing the hawksbill turtle (*Eretmochelys imbricata*) as critically endangered on the 1996 IUCN Red List of Threatened Animals. **Chelonian Conservation and Biology**. v. 3, n. 2, p. 200-224, 1999.
- MEYLAN, A. B.; MEYLAN, P. A. Introduction to the evolution, life history, and biology of sea turtles. In: **Research and management techniques for the conservation of sea turtles**. IUCN/SSC Marine Turtle Specialist Group Publication, v. 4, p. 3-5, 1999.
- NISHIZAWA, H. et al. Sensing underground activity: diel digging activity pattern during nest escape by sea turtle hatchlings. **Animal Behaviour**, v. 177, p. 1-8, 2021.
- MONTEIRO, C. C. et al. First Record of Bioacoustic Emission in Embryos and Hatchlings of Hawksbill Sea Turtles (*Eretmochelys imbricata*). **Chelonian Conservation and Biology**, v. 18, n 2, p 273–278. 2019.
- MONTERO, N. et al. Effects of local climate on loggerhead hatchling production in Brazil: Implications from climate change. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 1-12, 2019.
- MORTON, E. S. On the occurrence and significance of motivation-structural rules in some birds and mammal sounds. **The American Naturalist**, v 111, n 981, p 855 – 869. 1977.
- MOURA, C. C. de M. et al. Distribuição espaço-temporal e sucesso reprodutivo de *Eretmochelys imbricata* nas praias do Ipojuca, Pernambuco, Brasil. **Iheringia série Zoologia**, v. 112, n. 3, p. 254-261, 2012.
- MROSOVSKY, N. Sex ratios of sea turtles. **Journal of Experimental Zoology**. v 270, n 1, p 16–27, 1994.
- MUÑOZ, R. S. Estudio de los sonidos emitidos por las crías de tortuga boba, *Caretta caretta*, en el momento de la eclosión. **Anales Universitarios de Etología**. v. 4, n. February, p. 63–70, 2010.

- NOWACEK, D. P. et al. Responses of cetaceans to anthropogenic noise. **Mammal Review**, v. 37, n. 2, p. 81-115, 2007.
- NUMMELA, S. e THEWISSEN, J. G. M. 2008. The physics of sound in air and water. In: **Sensory Evolution on the Threshold: Adaptions in Secondarily Aquatic Vertebrates**. University of California Press, Berkeley. p. 175 – 181. 2008.
- PAPALE, E. et al. Soundscape of green turtle foraging habitats in Fiji, South Pacific. **PloS one**, v. 15, n. 8, p. e0236628, 2020.
- PARENTE, C. L.; LONTRA, J. D.; ARAÚJO, M. E. Occurrence of sea turtles during seismic surveys in Northeastern Brazil. **Biota Neotropica**, v. 6, n. 1, p. 0-0, 2006.
- PEREIRA, P. S. e NOGUEIRA NETO, A. V. Tendência de aumento da altura das ondas na costa de Pernambuco: uma análise a partir dos dados do WW3. In: XI Simpósio sobre Ondas, Marés, Engenharia Oceânica e Oceanografia por Satélite, 2015, Arraial do Cabo. **Anais do XI Simpósio sobre Ondas, Marés, Engenharia Oceânica e Oceanografia por Satélite**. v. Único. 2015.
- PFALLER, J. B. et al. Carapace epibionts of loggerhead turtles (*Caretta caretta*) nesting at Canaveral National Seashore, Florida. **Journal of Natural History**. v. 42, n. 13-14, p 1095-1102. 2008.
- PIJANOWSKI, B. C. et al. Soundscape ecology: the science of sound in the landscape. **Bioscience**, v. 61, p. 203–216, 2011.
- PIKE, D. A. Climate influences the global distribution of sea turtle nesting. **Global Ecology and Biogeography**, v. 22, n. 5, p. 555-566, 2013.
- PINIAK, W E D. **Acoustic ecology of sea turtles: Implications for conservation**. 2012. Thesis of Philosophy in Marine Science and Conservation in the Graduate School of Duke University. 2012.
- POPE, C. H. **The Reptile World**. New York: Knopf, 1955.
- PRITCHARD, P. C. H. Evolution, phylogeny, and current status. In: **The Biology of Sea Turtles**. Florida: CRC Press. p. 1–28, 1997.

- PROPPE, D.S.; STURDY, C.B.; ST CLAIR, C.C. Anthropogenic noise decreases urban songbird diversity and may contribute to homogenization. **Global Change Biology**, v. 19, n. 4, p. 1075- 1084, 2013.
- PUTMAN, N. e MANSFIELD, K., 2015. Direct evidence of swimming demonstrates active dispersal in the sea turtle ‘lost years’. **Current Biology**, v. 25, n. 9, p. 1221-1227, 2015.
- REINA, R. D., JONES, T. T., SPOTILA, J. R. Salt and water regulation by the leatherback sea turtle *Dermochelys coriacea*. **Journal of Experimental Biology**, v. 205, n. 13, p. 1853-1860, 2002.
- REIS, E. C. e GOLDBERG, D. W. Biologia, ecologia e conservação de tartarugas marinhas. **Elsevier**. Mamíferos, Quelônios e Aves, Vol 7. 1o ed, p.63–89, 2017.
- RENOUS, S.; BELS, V.; DAVENPORT, J. Locomotion in marine Chelonia: adaptation to the aquatic habitat. **Historical Biology**, v. 14, n. 1-2, p. 1-13, 2000.
- ROBINSON, N. J. et al. Spatial distribution of epibionts on olive ridley sea turtles at Playa Ostional, Costa Rica. **PloS one**, v. 14, n. 9, 2019.
- RONNING, K. et al. Using RAG-1 and morphological characters to define phylogenetic relationships of turtles: Separation of Cryptodira and Pleurodira, designating two novel infraorders Cryptodira and Trionychida (Tax. Nov.). **Euglena**. v. 1, n. 1, p 1-9. 2013.
- SAMUEL, Y. et al. Underwater, low-frequency noise in a coastal sea turtle habitat. **Journal of the Acoustical Society of America**. v. 117, n. 3, p. 1465-1472, 2005.
- SANTOS, A.S. et al. **Plano de ação nacional para a conservação das Tartarugas Marinhas**. Brasília: ICMBio, 2011. 63 p.
- SANTOS, A.S. et al. *Caretta caretta* (Linnaeus, 1758). In: **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume IV - Répteis**. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Brasília, Brasil. p. 20-25. 2018.
- SANTOS, C. H. dos e FERREIRA JÚNIOR, P. D. Influência do local da desova na incubação de *Dermochelys coriacea* Vandelli, 1761 (Testudines: Dermochelyidae) na

- Reserva Biológica de Comboios, norte do estado do Espírito Santo, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 9, p. 413-418, 2009.
- SANTOS, R. L. et al. Tartarugas marinhas sob a ótica dos mergulhadores recreativos no litoral do Ipojuca (Pernambuco–Brasil). **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 5, n. 1, 2019.
- SCOTT, R., MARSH, R., HAYS, G. C. Ontogeny of long-distance migration. **Ecology**, v. 95, n. 10, p. 2840-2850, 2014.
- Secretária da saúde. **Medidas governamentais**. Pernambuco. c2021. Disponível em: <http://www.pge.pe.gov.br/PGEPE_LegislacaoEstadualCovid19.aspx> Acesso em: 15 de junho de 2021.
- SERAFINI, T. Z. **Seleção do local de desova das tartarugas marinhas *Eretmochelys imbricata* e *Caretta caretta* na praia de Arembepe, Bahia, Brasil: conseqüências sobre o sucesso de eclosão e para o manejo das desovas**. Dissertação de mestrado em Ecologia e Biomonitoramento. Instituto de Biologia da Universidade Federal da Bahia. Salvador, Bahia. 61 p. 2007.
- SFORZA, R.; MARCONDES, A.C.J.; PIZETTA, G.T. **Guia de Licenciamento Tartarugas Marinhas - Diretrizes para Avaliação e Mitigação de Impactos de Empreendimentos Costeiros e Marinhos**. Brasília: ICMBio, 2017. 130 p.
- SILVA, A. R., MARTINS, I. A. e ROSSA-FERES, D. C. Bioacústica e sítio de vocalização em taxocenoses de anuros de área aberta no noroeste paulista. **Biota Neotropica**. v. 8, p. 123-134. 2008.
- SILVA, J. P. JESUS, P. FONSECA, J. M. Turismo, economia solidária e inclusão social em Porto de Galinhas, PE. **Caderno Virtual de Turismo**, v. 11, n. 3, p. 325 -340, 2011.
- SILVA, P. F. **Aspectos de nidificação e infestação de ovos de tartarugas marinhas da espécie *Eretmochelys imbricata* (Linnaeus, 1766) na praia da Pipa, município de Tibau do Sul, Rio Grande do Norte, Brasil**. 2011. 52 p. Trabalho de Conclusão do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, Centro de Educação e Saúde, Universidade Federal de Campina Grande, Cuité, Paraíba, Brasil, 2011.

- SIMÕES, T. N. SILVA, A. C.; SANTOS, E. M.; CHAGAS, C. A. Temperatura de incubação e razão sexual em filhotes recém-eclodidos da tartaruga marinha *Eretmochelys imbricata* (Linnaeus, 1766) no município do Ipojuca, Pernambuco, Brasil. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 54, n. 25, p. 363-374, 2014.
- SIMÕES, T. N.; SILVA, A. C.; MOURA, C. C. M. Influence of artificial lights on the orientation of hatchlings of *Eretmochelys imbricata* in Pernambuco, Brazil. **Zoologia**, v. 34, p. 1–6, 2017.
- SOUSA-LIMA, R. S.; PAGLIA, A. P.; FONSECA, G. A. B. Signature information and individual recognition in the isolation calls of Amazonian manatees, *Trichechus inunguis* (Mammalia: Sirenia). **Animal Behaviour**, v. 63, p. 301-310, 2002.
- SOUZA, A. L. B. N. **Distribuição espacial e atividade acústica de machos de *Barycholos ternetzi* (miranda-ribeiro, 1937) em fragmentos florestais do cerrado goiano**. Dissertação apresentada, ao Programa de Pós Graduação em Biodiversidade e Conservação, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano. Rio verde, 45p. 2019.
- TACCHI, M. F. et al. Efeito da granulometria da areia no sucesso de eclosão de ovos da tartaruga marinha *Caretta caretta*. **Neotropical Biology and Conservation**. v. 14, n 1, p. 43–54. 2019
- TAYLOR, A. M. e REBY, D. The contribution of source–filter theory to mammal vocal communication research. **Journal of Zoology**, v. 280, p. 221-236, 2010.
- TOUGAARD, J. e BEEDHOLM, K. Practical implementation of auditory time and frequency weighting in marine bioacoustics. **Applied Acoustics**, v. 145, p. 137-143, 2019.
- TRINDADE, J. C. C. N. **Factores que influenciaram a escolha da praia de nidificação por tartarugas verdes (*Chelonia mydas*) em Vamizi, Moçambique, entre 2003 e 2012**. Dissertação de Mestrado em Biologia da Conservação, Faculdade de Ciência, Universidade de Lisboa. 58 p., 2012.
- TROËNG, S. e CHALOUPKA, M. Variation in adult annual survival probability and remigration intervals of sea turtles. **Marine Biology**. v. 151, n. 5, p 1721–1730, 2007.

- TYSON, R. B. et al. Novel bio-logging tool for studying fine-scale behaviors of marine turtles in response to sound. **Frontiers in Marine Science**, v. 4, p. 219, 2017.
- VAN DE MERWE, J.; IBRAHIM, K.; WHITTIER, J. Effects of nest depth, shading, and metabolic heating on nest temperatures in sea turtle hatcheries. **Chelonian Conservation and Biology**, v. 5, n. 2, p. 210-215, 2006.
- VAN LOHUIZEN, S. et al. The effect of incubation temperatures on nest success of flatback sea turtles (*Natator depressus*). **Marine Biology**, v. 163, n. 7, p. 150, 2016.
- VASCONCELOS, Y. e SALAZAR, V. S. Complexo Porto de Galinhas: um paraíso e uma arena competitiva. **Revista Acadêmica–Observatório de Inovação do Turismo**, v. 2, p. 1-19, 2007.
- VERGNE, A. L. e MATHEVON, N. Crocodile egg sounds signal hatchling time. **Current Biology**. v. 18, p 513-514. 2008.
- VERGNE, A. L.; PRITZ M. B.; MATHEVON, N. Acoustic communication in crocodylians: from behaviour to brain. **Biological Reviews**. v. 84, p 391- 411. 2009.
- VERÍSSIMO, D., MACMILLAN, D. C.; SMITH, R. J. Toward a systematic approach for identifying conservation flagships. Canterbury. **Conservation Letters**, v. 4, n. 1, p. 1-8, 2011.
- VIEIRA, L. G. et al. Morphology, development and heterochrony of the carapace of Giant Amazon River Turtle *Podocnemis expansa* (Testudines, Podocnemidae). **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 36, n. 5, p. 436-446, 2016.
- VITT, L. J. Ecology and life history of the scansorial arboreal lizard *Plica plica* (Iguanidae) in Amazonian Brazil. **Canadian Journal of Zoology**. v. 69, p. 504–511, 1991.
- WEIR, C. R. Observations of marine turtles in relation to seismic airgun sound off Angola. **Marine Turtle Newsletter**, v. 116, p. 17-20, 2007.
- WYNEKEN, J. **The Anatomy of Sea Turtles**.172 p. 2001.