



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE BIOCÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE MORFOLOGIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ESTRUTURAL E
FUNCIONAL



GABRIELA COLOMBINI CORRÊA

MORFOLOGIA DO COMPLEXO TÍMPANO-PERIÓTICO DE CETÁCEOS

Natal-RN

2020

GABRIELA COLOMBINI CORRÊA

MORFOLOGIA DO COMPLEXO TÍMPANO-PERIÓTICO DE CETÁCEOS

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biologia Estrutural e Funcional da Universidade Federal do Rio Grande do Norte para obtenção do título de Mestre.

Natal-RN

2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE CENTRO DE BIOCÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE MORFOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ESTRUTURAL E
FUNCIONAL

MORFOLOGIA DO COMPLEXO TÍMPANO-PERIÓTICO DE CETÁCEOS

ORIENTADORA

Profa. Dra. Simone Almeida Gavilan

COORIENTADORA

Profa. Dra. Ana Bernadete Lima Fragoso

Natal-RN

2020

"O ouvido é o caminho do coração"

Voltaire

"The ear is the avenue to the heart"

Voltaire

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Sistema de Bibliotecas - SISBI

Catálogo de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Setorial Prof. Leopoldo Nelson - -Centro de Biociências - CB

Corrêa, Gabriela Colombini.

Morfologia do complexo tímpano-periótico de cetáceos /
Gabriela Colombini Corrêa. - Natal, 2021.
100 f.: il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do
Norte. Centro de Biociências. Programa de Pós-graduação em
Biologia Estrutural e Funcional.

Orientadora: Profa. Dra. Simone Almeida Gavilan.

Coorientadora: Profa. Dra. Ana Bernadete Lima Fragoso.

1. Odontocetos - Dissertação. 2. Morfometria - Dissertação. 3.
Ouvido - Dissertação. 4. Encalhe - Dissertação. 5. Sísmica -
Dissertação. I. Gavilan, Simone Almeida. II. Fragoso, Ana
Bernadete Lima. III. Universidade Federal do Rio Grande do
Norte. IV. Título.

RN/UF/BSCB

CDU 599.53

Elaborado por KATIA REJANE DA SILVA - CRB-15/351

GABRIELA COLOMBINI CORRÊA

MORFOLOGIA DO COMPLEXO TÍMPANO-PERIÓTICO DE CETÁCEOS

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-graduação em Biologia
Estrutural e Funcional da Universidade
Federal do Rio Grande do Norte

Aprovado em: 30 de novembro de 2020.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Simone Almeida Gavilan

Prof. Dr. Flávio José de Lima Silva

Ph.D Maria Morell

Natal-RN

2020

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos a todos que estiveram presentes nesses anos de estudo e que contribuíram para a elaboração deste trabalho, com destaque para algumas pessoas/ instituições em especial.

À Universidade Federal do Rio Grande do Norte pela formação acadêmica e oportunidade de ingresso no programa de Pós-graduação em Biologia Estrutural e Funcional.

Ao Projeto Cetáceos da Costa Branca (PCCB/UERN) e ao Centro de Estudos e Monitoramento Ambiental (CEMAM) que me incentivou a realizar este mestrado e me forneceu todo o apoio e os dados necessários para elaboração deste estudo. Em especial ao professor Dr Flávio Lima por ter acreditado em mim e no meu trabalho e ter me dado a oportunidade de trabalhar neste projeto e estar onde estou hoje.

A professora Dra Simone Almeida não só pela orientação, mas também pelas oportunidades e pela amizade e carinho durante todo o processo de elaboração deste estudo sempre me deixando mais confiante.

A todos os meus amigos do PCCB/UERN e CEMAM, que estiveram diariamente ao meu lado, me alegrando e incentivando durante todo este tempo.

A Daniel, Aline e Gustavo pela amizade e por compartilhar o dia a dia de uma rotina intensa de trabalho e estudos acadêmicos, me dando palavras de conforto e sabendo sempre como me deixar mais tranquila.

A Radan, Vinicius, Lara e Stella pela amizade e contribuições e apoio de grande importância nos laudos, análises e exames realizados.

Ao Instituto de Radiologia Veterinária, pelo apoio na realização das análises.

A toda a equipe do Laboratório de Morfofisiologia de Vertebrados – UFRN- que me apoiaram e auxiliaram na organização das análises.

A Dra Maria Morell que me inspirou a trabalhar com o aparato auditivo de cetáceos e por aceitar a participar desta banca e contribuir com este trabalho.

A minha família querida, Mãe, Pai, Irmã, Madrasta e Vó por todo o carinho e incentivo e por sempre acreditarem em mim e me incentivarem em todas as minhas escolhas e caminhos.

Ao meu querido esposo Alberto por ter estado ao meu lado e me apoiado em todas as vastas horas de estudo e dedicação, sempre me acalmando e me exaltando a cada passo.

As minhas queridas amigas Stefanny e Manu, pela amizade e por me incentivarem e acalmarem sempre.

A todos que, de alguma forma, colaboraram para a realização deste trabalho.

RESUMO

O presente estudo tem por objetivo descrever a morfologia do complexo ósseo tímpano-periótico (T-P) de diferentes espécies de cetáceos, bem como investigar a influência das atividades de pesquisas sísmicas nos encalhes desse grupo. Os dados analisados neste trabalho foram obtidos pelo Projeto Cetáceos da Costa Branca-UERN (PCCB/UERN), em parceria com o Centro de Estudos e Monitoramento Ambiental (CEMAM), durante a execução de Projetos de Monitoramento de Praias, ou através de acionamentos pela comunidade. Exemplares mortos ou que vieram a óbito durante a reabilitação tiveram seus complexos timpânicos removidos durante a realização de necropsias ou procedimentos de análise de carcaça, sendo identificados em direito e esquerdo e submetidos ao processo de maceração. Para cada exemplar foram registrados dados referentes à fase de desenvolvimento, sexo e espécie. Foram coletados 57 complexos T-P de 31 indivíduos de cetáceos, distribuídos em 6 espécies: *Peponocephala electra* (N = 4), *Pseudorca crassidens* (N = 2), *Sotalia guianensis* (N = 39), *Stenella attenuata* (N = 4), *Stenella longirostris* (N = 4) and *Tursiops truncatus* (N = 4). Foi realizada a biometria e descrição morfológica para cada complexo de cada espécie, sendo avaliadas as possíveis variações ontogenéticas e taxonômicas. As seis espécies compartilharam de características morfológicas semelhantes por pertencerem a mesma família (Delphinidae) porém, as espécies *S. guianensis*, *S. attenuata* e *S. longirostris* apresentaram um maior número de características em comum, o que pode indicar uma maior relação evolutiva entre estas. Não foram observadas variações ontogenéticas significativas para as espécies *S. guianensis*, *P. electra* e *S. longirostri*, na qual apresentaram amostras em diferentes faixas etárias para comparação. Foi observado que as características morfológicas mais representativas para a identificação da espécie foram, para o timpânico: o processo posterior, as proeminências interna e externa e o processo sigmóide. Para o periótico: a porção coclear e as aberturas do aqueduto coclear e vestibular e a crista parabular. Ainda com os dados obtidos a partir do monitoramento de praias, foi realizada uma descrição da diversidade e padrões de encalhes de cetáceos, nos períodos de ocorrência de dois projetos de Pesquisas Sísmicas, denominados de PCS01 e PCS02 sendo comparados com os mesmos períodos em anos anteriores, sem a ocorrência das atividades de pesquisa sísmica, o PSS01 e PSS02. Foi possível observar, durante o período das atividades sísmicas 01 e 02, a redução do número de registros de encalhes nas áreas de maior impacto, concomitante com o aumento desses em outras áreas menos impactadas. Sugere-se a partir deste resultado, um possível afastamento ou alteração de rota, em decorrência do impacto causado pelos ruídos sísmicos. Além disso, foram apresentados três casos de encalhes que apresentaram alterações morfológicas e sinais de embolia gasosas, compatíveis com possíveis impactos causados pelas atividades sísmicas.

Palavras-chave: odontocetos; morfometria; ouvido; encalhe; sísmica.

ABSTRACT

The present study aims to describe the morphology of the tympanic-periotic bone complex (T-P) of different species of cetaceans, as well as to investigate the influence of seismic research activities in the strandings of this group. The data analyzed in this work were obtained by the Cetáceos da Costa Branca-UERN Project (PCCB / UERN), in partnership with the Center for Environmental Studies and Monitoring (CEMAM), during the execution of Beach Monitoring Projects, or through actions by the community. Specimens that stranded or died during rehabilitation had their tympanic complexes removed during necropsies or carcass analysis procedures, being identified on the right and left and submitted to the maceration process. For each specimen, data related to the development phase, sex and species were recorded. 57 TP complexes were collected from 31 cetacean individuals, distributed in 6 species: *Peponocephala electra* (N = 4), *Pseudorca crassidens* (N = 2), *Sotalia guianensis* (N = 39), *Stenella attenuata* (N = 4), *Stenella longirostris* (N = 4) and *Tursiops truncatus* (N = 4). Biometrics and morphological description were performed for each complex of each species, and possible ontogenetic and taxonomic variations were evaluated. The six species shared similar morphological characteristics because they belong to the same family (Delphinidae); however, the species *S. guianensis*, *S. attenuata* and *S. longirostris* had a greater number of characteristics in common, which may indicate a greater evolutionary relationship between them. No significant ontogenetic variations were observed for the species *S. guianensis*, *P. electra* and *S. longirostris*, which are the species where we had data from several age classes to compare with. It was observed that the most representative morphological characteristics for the identification of the species would be, for the tympanic: the posterior process, the internal and external prominences and the sigmoid process. For the periotic: the cochlear portion and the cochlear and vestibular aqueduct openings and the parabular crest. Still with the data obtained from the monitoring of beaches, a description of the diversity and patterns of cetacean stranding was carried out, in the periods of occurrence of two Seismic Research projects, denounced from PCS01 and PCS02 being compared with the same periods in previous years, without the occurrence of seismic research activities, PSS01 and PSS02. It was possible to observe, during the period of seismic activities 01 and 02, a reduction in the number of stranding records in the areas of greatest impact, concomitant with the increase of these in other less impacted areas. Assuming a possible departure or change of route, due to the impact caused by seismic noise. In addition, three stranding cases were presented that presented morphological changes and signs of gas embolism, compatible with possible impacts caused by the seismic activities.

Key words: odontocets; morphometry; ear; stranding; seismic

SUMÁRIO

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO GERAL | 13 |
| 1.1 | Cetáceos e o som | 14 |
| 1.2 | Estruturas para produção e recepção sonora | 15 |
| 1.3 | Impactos das atividades sísmicas nos cetáceos | 20 |
| 2 | OBJETIVOS | 21 |
| 2.1 | Objetivo geral | 21 |
| 2.2 | Objetivos específicos | 21 |
| 3 | METODOLOGIA GERAL | 22 |
| 3.1 | Coleta de dados | 22 |
| 3.2 | Análise dos complexos tímpano-perióticos | 24 |
| 3.3 | Avaliação dos padrões de encalhes durante as atividades sísmicas | 29 |
| 4 | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 30 |
| | CAPÍTULO 1- MORFOLOGIA DO COMPLEXO TÍMPANO-PERIÓTICO DE CETÁCEOS ENCALHADOS NO NORDESTE DO BRASIL | 34 |
| | RESUMO | 36 |
| 1. | INTRODUÇÃO | 38 |
| 2. | MATERIAL E MÉTODOS | 39 |
| 2.1 | Área de coleta | 39 |
| 2.2 | Coleta de dados | 40 |
| 2.3 | Procedimentos de coleta | 41 |
| 2.4 | Morfometria | 41 |
| 2.5 | Caracterização morfológica | 45 |
| 2.6 | Estatística | 45 |
| 3. | RESULTADOS | 46 |

| | |
|---|------------|
| 3.1 Morfometria | 46 |
| 3.2 Caracterização morfológica | 52 |
| 3.2.1 <i>Peponocephala Electra</i> | 52 |
| 3.2.2 <i>Pseudorca crassidens</i> | 53 |
| 3.2.3 <i>Sotalia guianensis</i> | 54 |
| 3.2.4 <i>Stenella attenuata</i> | 54 |
| 3.2.5 <i>Stenella longirostris</i> | 55 |
| 3.2.6 <i>Tursiops Truncatus</i> | 56 |
| 4. DISCUSSÃO | 59 |
| 5. CONCLUSÃO | 68 |
| 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 69 |
| CAPÍTULO 2- PADRÃO DE ENCALHES DE CETÁCEOS DURANTE ATIVIDADES DE PESQUISAS SÍSMICAS NO NORDESTE DO BRASIL | 73 |
| 1. INTRODUÇÃO | 77 |
| 2. METODOLOGIA..... | 79 |
| 2.1 Área de Estudo | 79 |
| 2.2 Coleta de dados | 80 |
| 3. RESULTADOS..... | 84 |
| 3.1 Alterações morfológicas registradas nos espécimes encalhados e necropsiados com laudo sugestivos de impacto por atividade sísmica..... | 88 |
| 3.1.1 <i>Stenella Clymente</i> | 88 |
| 3.1.2 <i>Globicephala macrorhynchus</i> | 90 |
| 3.1.3 <i>Kogia sima</i> | 92 |
| 4. DISCUSSÃO..... | 93 |
| 5 CONCLUSÃO | 95 |
| 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 96 |
| ANEXO 1 | 99 |
| ANEXO 2 | 100 |
| ANEXO 3 | 101 |
| ANEXO 4..... | 102 |

1 INTRODUÇÃO GERAL

Os cetáceos são os mamíferos mais bem adaptados ao meio aquático, podendo ser encontrados em oceanos, mares e rios, sendo um dos grupos mais diversos. Este grupo encontra-se subdividido em três subordens de acordo com suas características: Archaeoceti, Odontoceti e Mysticeti (MILLER, 2007).

Os arqueocetos incluem todos os cetáceos já extintos. Os misticetos são representados pelas baleias, que apresentam como principal característica a presença de barbatanas, estruturas de queratina responsáveis pela filtração e retenção dos alimentos, e podem dividir-se em 4 famílias e 14 espécies. Enquanto que os odontocetos englobam os denominados golfinhos, que apresentam dentes e dividem-se em 10 famílias e 92 espécies, sendo que para o litoral do Brasil já foram registradas até o momento 47 espécies (MIRANDA *et al.*, 2020).

Os mamíferos aquáticos evoluíram a partir de seus ancestrais terrestres e durante este processo evolutivo, passaram por diversas adaptações morfológicas e fisiológicas, necessárias ao ambiente aquático. Para tornar sua anatomia hidrodinâmica e funcional, os cetáceos passaram a apresentar um formato fusiforme, com a cabeça pouco diferenciada e ausência de pêlos. As vértebras do pescoço tornaram-se fundidas, na maior parte das espécies, fornecendo maior estabilidade durante a natação. Os membros anteriores foram remodelados em nadadeiras e os posteriores desapareceram durante o processo de evolução, permanecendo apenas ossos vestigiais da cintura pélvica e dando espaço para o aparecimento da cauda - estrutura de tecido conjuntivo, que assumiu um importante papel locomotor. Seu orifício respiratório foi deslocado para o alto da cabeça, tornando possível respirar rapidamente durante comportamentos de deslocamento e descanso e passaram a ter uma espessa camada de gordura que reveste todo o corpo e auxilia na termorregulação e flutuabilidade do animal. Além de apresentarem a interiorização de algumas estruturas como no caso do pênis, em machos, das glândulas mamárias, em fêmeas, e do ouvido externo, em ambos os sexos (HETZEL; LODI, 1993; JEFFERSON, 1993; MARX *et al.* 2016).

Esses animais apresentam os sentidos de tato, visão e audição bem desenvolvidos. Seus olhos apresentam uma lente ocular maleável que possibilita a modificação da forma em função do meio, possibilitando aos animais visão eficiente tanto na água quanto fora dela. Aliado a isso, a pupila apresenta ampla capacidade de dilatação e contração. Por outro lado, cetáceos associados às águas profundas ou de elevada turbidez, como verificado em sistemas fluviais, possuem visão limitada, contando principalmente com a ecolocalização para sua orientação no meio (BENEDITTO, SICILIANO, & RAMOS, 2010).

A audição passou a ser um dos sentidos mais utilizados pelos cetáceos tendo em vista que na água a energia acústica propaga-se a distâncias maiores, com menor perda do que a energia luminosa e, portanto, é mais eficiente. Estudos afirmam que sons de baleias, de baixa frequência, podem ser detectados a centenas e às vezes milhares de quilômetros (COSTA 1993; CLARK 1994, 1995). Desta forma, o sistema auditivo adquire um papel ainda mais relevante na transmissão e aquisição de informação no meio aquático.

1.1 Cetáceos e o som

Os cetáceos são muito dependentes do som, não só por serem animais com estruturas sociais complexas e utilizarem o som para se relacionar, mas também por utilizarem como uma forma de percepção do ambiente, através da ecolocalização (NORRIS, 1964).

Os odontocetos apresentam uma grande variedade acústica, apresentando sons que podem variar de 10Hz até 200KHz, dependendo da espécie, do hábitat e do comportamento (KETTEN & WARTZOK, 1990). Essas emissões sonoras podem ser classificadas como sons tonais (assobios) ou sons pulsados que incluem os cliques de ecolocalização e podem ser produzidas de forma simultânea e com diferentes propósitos (HERZING, 2014).

Os assobios ou sons tonais nos odontocetos, apresentam intensidade entre 110-180 dB, com frequências inferiores a 22 kHz, duração entre 0,1 a 4 segundos e parecem apresentar frequências inversamente correlacionadas com o tamanho do corpo. Assim, os odontocetos pequenos têm frequências máximas mais altas do que as espécies maiores (AU, 2000). Os sons tonais podem ser denominados como constantes, quando sua frequência não apresenta variação ao longo da duração, ou modulados como *upsweeps* ou *downsweeps*, quando os assobios aumentam ou diminuem a frequência ao longo do tempo (TOOD *et al.*, 2015). Estes e alguns tipos de sons pulsados desempenham uma importante função na comunicação e relação social entre indivíduos. Sabe-se até mesmo que estes animais podem possuir sinais acústicos individuais, que serviriam como uma assinatura pessoal, semelhante a um nome (CALDWELL *et al.*, 1990).

Já os chamados cliques de ecolocalização são emitidos durante comportamentos de caça e navegação, com função de orientação e detecção de presas. A capacidade de usar sons auto-gerados para obter informações sobre objetos e características do ambiente - ecolocalização - foi demonstrada para pelo menos 13 espécies de odontocetos (RICHARDSON *et al.* 1995). Estes são emitidos em séries sucessivas de cliques que apresentam pulsos curtos e discretos que, variam em uma faixa de frequências de 10-150 kHz, com durações entre 50-200 microsegundos (TOOD *et al.*, 2015).

Duas categorias acústicas foram estabelecidas para odontocetos com base no pico de

frequência e na energia máxima de sinais ultrassônicos comuns (KETTEN, 1984): Tipo I com espectros de pico acima de 100kHz e Tipo II com espectros de pico abaixo de 100kHz.

Os ecolocadores do tipo I tendem a ser espécies costeiras e ribeirinhas que operam em águas com pouca luz e acusticamente complexas. Enquanto que os ecolocalizadores do tipo II são principalmente delfínídeos marítimos que habitam ambientes de baixa densidade de objetos, que migram, são altamente sociais e empregam frequências ultrassônicas mais baixas com comprimentos de onda mais consistentes para a detecção de objetos maiores em distâncias maiores (KETTEN, 2000).

Os mysticetos geralmente produzem sons de baixa frequência em uma faixa de intensidade entre 129-189 dB, com frequência inferior a 5 kHz e duração geralmente de 0,04-13,98s (MATTHEWS *et al.*, 1999). Esses sons podem ser gerados como chamadas individuais ou combinados em sequências, como no caso da jubarte (*Megaptera novaeangliae*) que pode apresentar um conjunto de harmônicos modulados formando canções, que podem ter como objetivo a atração de parceiros sexuais, delimitação de território ou até mesmo a comunicação com outros indivíduos, visto que estes animais podem se unir para a execução de estratégias alimentares.

Os sons pulsados nos mysticetos, possuem intensidade entre 120-203 dB, com frequências menores do que 5 KHz, com duração inferior a 0,1s e com taxa de repetição entre 250 a 5000 e também estão relacionados a comportamentos sociais (RICHARDISON *et al.*, 1995; AU, 2000).

Recentemente tem sido proposta a possibilidade de mysticetos também realizarem ecolocalização, porém seria um certo tipo de ecolocalização diferente da realizada pelos odontocetos. Esta emissão sonora seria realizada através de pulsos de baixa frequência e curta duração, apresentando assim um comprimento de onda entre 50-100m, sendo possível apenas a detecção de estruturas de ampla escala e com uma baixa resolução comparada a dos odontocetos (BERTA, *et al.*, 2006). No entanto, faltam evidências experimentais para apoiar a capacidade de recepção de som necessária para a ecolocalização em mysticetos.

1.2 Estruturas para produção e recepção sonora

A produção e recepção sonora nos cetáceos apresenta um dos sistemas mais complexos do reino animal. Diversas estruturas funcionam de forma coordenada permitindo a produção e recepção de diferentes tipos de sons de forma simultânea, reciclando o ar inspirado e evitando que o animal tenha que submergir (FRANKEL, 2009).

A produção sonora nos odontocetos ocorre através da vibração do complexo nasal, que consiste em um complexo estrutural associado às passagens nasais superiores denominadas de “lábios de macaco” (lábios fônicos) e bursa dorsal (complexo LMBD). Os lábios fônicos são

estruturas musculares semelhantes a fendas, localizadas abaixo da abertura do espiráculo, mais especificamente abaixo dos sacos aéreos vestibulares (estruturas de armazenamento de ar) e apresentam de forma acoplada as bursas dorsais direita e esquerda, que são estruturas gordurosas incorporadas aos lábios através de uma lâmina cartilaginosa resistente (a cartilagem bursal) e um ligamento robusto, todos suspensos em um complexo conjunto de músculos e espaços aéreos (BERTA et al., 2006). A passagem de ar pelos lábios fônicos gera uma vibração sonora que é transmitida para o melão (camada gordurosa a frente do crânio) através das bursas. No melão, esta vibração é transmitida de forma direcional para o meio externo, devido à variação de camadas de gordura com densidades diferentes que agem como uma lente focal, direcionando as vibrações para o meio externo (AU, 2000). Este sistema pode variar entre os odontocetos, como é o caso da cachalote (*Physeter macrocephalus*) que possui um sistema de produção acústica um pouco maior e estruturalmente mais complexo, pois além de apresentar o órgão espermacete, seus lábios fônicos são grandes, cornificados e estão localizados na extremidade anterior ao melão e ao espermacete. Seus sacos aéreos são separados, sendo o saco aéreo frontal próximo ao crânio e ao saco aéreo distal, na ponta da cabeça, próximo ao espiráculo. O som produzido pelos lábios fônicos é conduzido pela passagens nasal direita, refletido nos sacos aéreos frontais e direcionado para o exterior através do melão (BERTA et al., 2006).

Por outro lado, os mysticetos possuem uma laringe com pregas vocais que se acredita serem a fonte responsável por sua produção sonora (REIDENBERG E LAITMAN, 2007). Porém, as pregas vocais nos mysticetos são combinadas em uma única prega em formato de "U" que está posicionada de forma paralela ao fluxo de ar, além disso, nos mysticetos, o saco laríngeo é encontrado sob a laringe. O que pode vir a ser uma estrutura de amplificação acústica adicional, uma adaptação ao ajuste da pressão do ar na estrutura da laringe, ou uma estrutura de armazenamento de ar, para que o animal possa reciclar o ar inspirado para a produção acústica, assim como nos odontocetos (FRANKEL, 2009).

O sistema de recepção sonora nos cetáceos também apresenta uma alta complexidade de estruturas adaptadas a necessidades específicas, como perceber os ecos de baixa intensidade de seus próprios cliques, mas também suportar simultaneamente a alta intensidade de seus sons gerados e encaminhados em regiões adjacentes da cabeça (TYACK & CLARK, 2000).

Existem três partes essenciais no sistema auditivo de mamíferos: 1) uma orelha externa que capta o som, 2) uma orelha média que filtra e amplifica os sons e 3) uma orelha interna (cóclea), que é um transdutor mecânico-químico do som em impulsos neurais (THEWISSEN, 2002). No caso dos cetáceos, apesar do seu sistema auditivo apresentar claramente estas três divisões, esse possui também algumas adaptações macroscópicas e microscópicas, necessárias ao

seu hábitat e comportamento (KETTEN, 1994).

Diferente de outros mamíferos, os cetáceos não possuem pavilhão auditivo (orelha externa) e apresentam seus canais auditivos preenchidos com cera, sem uma ligação visível com o tendão timpânico, julgando-se não terem um papel ativo no processo auditivo (KETTEN, 1990; RIDGWAY *et al.*, 2001).

Nos cetáceos, a principal fonte de recepção e condução sonora se dá através da “janela acústica”, uma porção mais fina da mandíbula posterior (**Figura 1**), e é transmitido pelo corpo adiposo mandibular, camada de gordura existente na mandíbula. A recepção e condução de energia sonora ocorrem de forma natural, pois a impedância característica dos tecidos moles de mamíferos é semelhante ao da água, e portanto, um “feixe de som” não é dramaticamente refletido ou refratado na fronteira entre a água e os tecidos circundantes, como pele ou gordura (HEMILÄ; NUMMELA; REUTER, 2010).

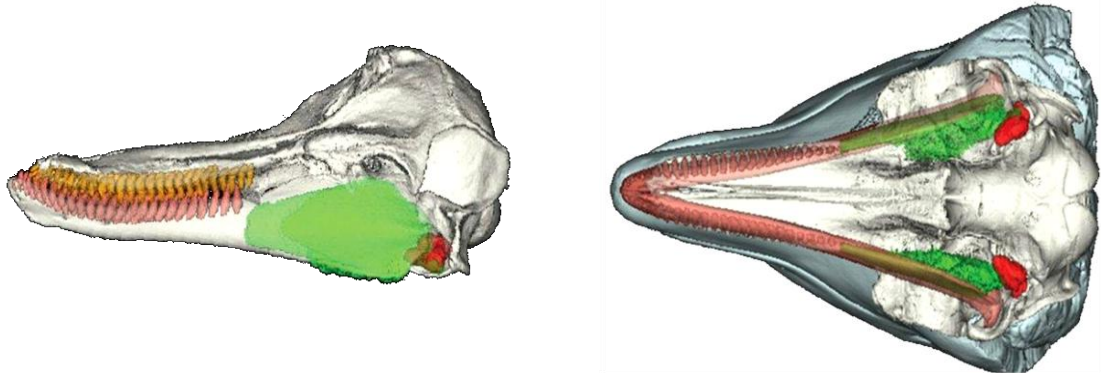


Figura 1 Vista lateral e ventral de um exemplar da espécie *Tursiops truncatus*, evidenciando em verde a localização da janela acústica e gordura mandibular e em vermelho o complexo tímpano-periótico. Fonte: Cranford, 2010.

Sua orelha média é formada pelo osso timpânico e sua orelha interna pelo osso periótico. Estes dois ossos são conectados entre si pelos ossículos e formam o chamado complexo Tímpano-periótico (T-P), ou também chamado de bula timpânica (**Figura 2**), localizados nas cavidades peribulares direita e esquerda. A cavidade peribular é delimitada pelos ossos da mandíbula: esquamosal, pterigóideo e basococcital e exoccipital. Nos odontocetos, um epitélio de tecido conjuntivo e suspenso em uma emulsão isolante de muco e ar (BERTA *et al.*, 2006), chamado plexo peribular, preenche os espaços da cavidade peribular, que não são ocupados pelos tecidos moles convencionais, normalmente encontrados no espaço temporomandibular (KETTEN, 2000). Esta anatomia suspensa do T-P, permite que seus ossos vibrem de forma isolada do crânio e funcionem como ótimos receptores de som, funcionando de forma independente, capazes de decifrar melhor as características direcionais das fontes sonoras

(KETTEN E WARTZOK, 1990; NUMMELA E COLS, 1999; MORELL, 2007).

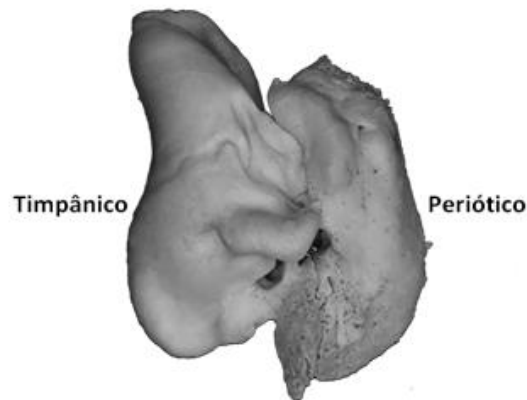


Figura 2 Imagem lateral do complexo T-P indicando os ossos timpânico e periótico de um indivíduo da espécie *Sotalia guianens*, representando o grupo dos odontocetos. Fonte: Acervo pessoal.

Nos mysticetos, diferentemente dos odontocetos, o osso timpânico e periótico estão firmemente presos um ao outro por meio de duas conexões ósseas: os pedículos anterior e posterior. Além disso, o complexo T-P dos mysticetos está firmemente preso entre os ossos esquamosal e exoccipital por meio do processo posterior composto (**Figura 3**).

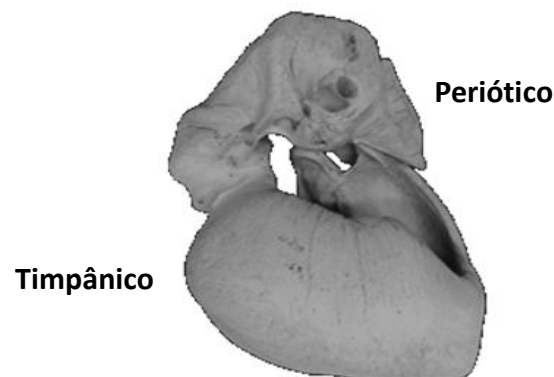


Figura 3 Imagem medial do complexo T-P, indicando os ossos timpânico e periótico de um indivíduo da espécie *Eschrichtius robustus*, representando o grupo dos mysticetos.

No entanto, para ambos os grupos, na orelha média, o osso timpânico funciona como um sistema mecânico que absorve a energia acústica através da placa timpânica (estando em contato direto com o canal adiposo da mandíbula inferior), que é colocada em vibração por ondas sonoras incidentes que chegam ao martelo e são direcionadas, através da cadeia ossicular, para a janela oval e ouvido interno, fazendo vibrar todo o líquido presente no ducto coclear (HEMILÄ; NUMMELA; REUTER, 2010).

Já a orelha interna é subdividida em sistema vestibular e auditivo. O sistema vestibular é formado pelos canais semicirculares, enquanto que o sistema auditivo é composto pelo osso

periótico, onde podemos encontrar a cóclea e suas estruturas de entrada e saída, a janela oval e a janela redonda, respectivamente (KETTEN; WARTZOK, 1990). O sistema vestibular dos cetáceos costuma apresentar um tamanho reduzido em comparação com os diâmetros e volumes do canal coclear, tendo em vista a necessidade de realizar uma variedade de movimentos sem interferir na estabilidade corporal (COSTEUR et al., 2018).

A cóclea é uma estrutura em formato de espiral, presente dentro do osso periótico e assim como de outros mamíferos é composta por três divisões: escala média (ducto coclear), escala timpânica e escala vestibular (KETTEN; WARTZOK, 1990). As escalas parecem ser três tubos paralelos, mas na verdade são dois: um tubo externo em forma de U, formado pela escala timpânica e escala vestibular que circunda o ducto coclear, e um espaço revestido de tecido epitelial e que abriga o órgão de Corti (**Figura 4**).

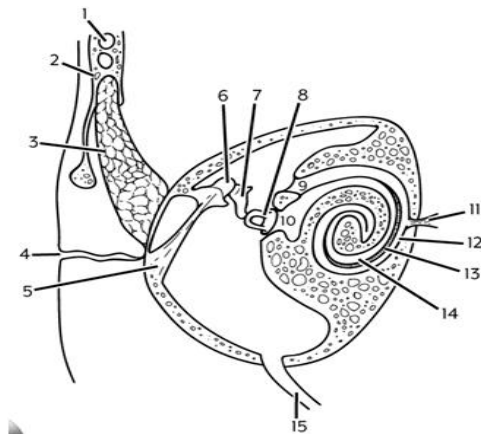


Figura 4 Aparato auditivo interno de cetáceos identificando suas principais estruturas. 1: Dentes, 2: Mandíbula, 3: Gordura acústica, 4: Abertura externa do meato auditivo, 5: Ligamento timpânico, 6: Martelo, 7: Bigorna, 8: Estribo, 9: Janela redonda, 10: Janela oval, 11: VIII Nervo crâniano, 12: Escala timpânica, 13: Ducto coclear, 14: Escala vestibular, 15: Tubo auditivo. Fonte: THEWISSEN, 2002

O órgão de Corti é um conjunto complexo de células que transduz estímulos mecânicos em respostas neurais e está presente no topo da membrana basilar. O número de voltas da cóclea pode variar entre 1,5 a 4,5, dependendo da espécie e o diâmetro da membrana basilar, que é maior na porção basal e se estreita gradualmente em direção ao ápice (KETTEN, 2000).

Sendo assim, a percepção acústica ocorre da seguinte forma: a vibração acústica é recebida através da janela oval, transmitida pela escala vestibular, percorrendo toda a cóclea, da base até o ápice, retornando pela escala timpânica e saindo pela janela redonda. Durante o percurso das vibrações sonoras pelas escalas, ocorre a transmissão da vibração para o ducto coclear, onde estão presentes a membrana basilar, composta pelas células do órgão de Corti, que captam as vibrações acústica e transduzem em respostas neurais.

Nos odontocetos, a cóclea mostrou-se morfologicamente diferente da dos mysticetos,

sendo geralmente mais curta e apresentando uma lâmina mais rígida, suportando uma membrana basal estéril na curva coclear basal, uma característica crucial para a audição em altas frequências. Outras diferenças cocleares observadas em odontocetos são o número de espirais cocleares e a distribuição de estruturas de suporte de membrana (KETTEN *et al.*, 1992, SPOOR *et al.*, 2002).

As frequências de audição são consistentes com os espectros de pico das vocalizações e se correlacionam com o habitat. Espécies ribeirinhas e que vivem em águas turvas e com alta densidade de objetos, ecolocalizam com espectros de pico acima de 100 kHz, enquanto que os delfínídeos de águas profundas, que habitam ambientes com baixa densidade de objetos empregam espectros de pico abaixo de 100 kHz (VATER; KÖSSL, 2011). Sendo assim, pode-se imaginar que a sensibilidade auditiva desses animais esteja diretamente relacionada à morfologia de seu aparato auditivo, podendo este ser utilizado como forma de identificação de espécies.

Estudos com a morfometria do complexo tímpano-periótico de cetáceos já foram anteriormente realizados (KASUIA, 1973; PARENTE, 1999; MORELL, 2007; ARCOVERDE, 2014) e tem se mostrando uma ferramenta eficiente não apenas para a caracterização dos padrões morfológicos de cada espécie, mas também para a identificação de variações existentes em grupos geograficamente distintos. O que é de grande importância para auxiliar na identificação da espécie e origem de um indivíduo que venha a encalhar morto.

1.3 Impactos das atividades sísmicas nos cetáceos

Já se sabe que a poluição sonora pode gerar diversas respostas comportamentais, fisiológicas ou acústicas nos cetáceos (NOWACEK *et al.*, 2007). Atualmente, as fontes sonoras de maior preocupação são as provenientes de navios, exploração sísmica e sonares (NOWACEK *et al.*, 2007), isto devido a sua alta intensidade e curta duração que podem causar danos físicos e perda de sensibilidade auditiva em mamíferos marinhos (BAILEY *et al.*, 2010).

A atividade de pesquisa sísmica é um dos métodos geofísicos mais utilizados para o mapeamento da subsuperfície. Este método consiste na geração artificial de ondas de energia, através de canhões de ar, que são direcionadas à crosta terrestre e ao entrar em contato com o solo, são refletidas e captadas por uma rede de hidrofones presentes na superfície. Através do cálculo destes sinais é possível inferir sobre a conformação das camadas rochosas de superfície (VILARDO, 2007). Este método é utilizado principalmente para a prospecção de fontes de petróleo e gás.

Os disparos dos canhões sísmicos produzem sons de 235-263 dB re 1 μ Pa at 1m, tão altos quanto terremotos ou vulcões submarinos e podem ser prejudiciais ao ouvido dos cetáceos, tendo

em vista que o seu limiar auditivo varia entre aproximadamente 110- 190 dB. Estes disparos muito altos e intensos geram uma variação de pressão abrupta no meio, o que a pequenas distâncias pode ser prejudicial a todos os tecidos vivos. (UDOINYANG; IGBOEKWE, 2012).

A “síndrome da embolia gasosa e gordurosa”, assim como a doença descompressiva, vem sendo descrita em baleias-bicuda encalhadas em associação temporal e espacial com exercícios militares (JEPSON *et al.*, 2003; FERNÁNDEZ *et al.*, 2005), sendo uma provável causa de encalhes e mortes de cetáceos, (HILDEBRAND, 2005).

No estudo realizado por Morell (2017), é possível visualizar lesões nas células do órgão de corti da espécie *Globicephala melas*. Lesões estas possivelmente correlacionadas a ruídos antropogênicos. É importante notar também que, mesmo que sem nenhuma evidência interna ou externa do trauma acústico, as mortes ainda poderiam ser causadas pelo ruído. Animais podem entrar em pânico e encalhar, o que também pode ser considerado como um sinal de trauma acústico.

Entretanto, esses estudos ainda são muito recentes e além de não se ter muitas informações sobre a morfologia e possíveis variações do aparato auditivo nas diversas espécies, não se sabe ao certo os efeitos crônicos desta exposição a longo prazo (TYACK, 2008).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Descrever a morfologia do complexo ósseo tímpano-periótico de diferentes espécies de cetáceos, bem como investigar a influência das atividades de pesquisas sísmicas nos encalhes desse grupo.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar a morfometria dos ossos timpânicos e perióticos de diferentes espécies de cetáceos encalhados no litoral do Rio Grande do Norte;
- Avaliar a existência de variações ontogenéticas nos tamanhos dos complexos tímpano-periótico das diferentes espécies;
- Comparar a morfologia do complexo T-P entre as diferentes espécies de cetáceos registrados;
- Realizar um levantamento dos encalhes de cetáceos no âmbito das atividades de pesquisas sísmicas no Rio Grande do Norte
- Investigar a possível relação das atividades de pesquisas sísmicas com os encalhes de cetáceos na região

3 METODOLOGIA GERAL

3.1 Coleta de dados

Os dados analisados neste trabalho foram coletados de animais encalhados, mortos ou que vieram à óbito durante a reabilitação, nas praias do Litoral do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil, entre os anos de 2009 a 2019. Todos esses animais foram registrados pelo Projeto Cetáceos da Costa Branca- UERN (PCCB-UERN), junto com o Centro de Estudos e Monitoramento Ambiental (CEMAM), durante a execução de projetos de monitoramento de praias realizados como condicionante ambiental para as atividades de prospecção e extração de petróleo e gás, ou através de atendimentos acionados pela comunidade. Todo o corpo técnico que atua no projeto possui a Autorização de captura, coleta e transporte de material biológico- ABIO (**Anexo 1**) e cadastro no SISBIO (**Anexo 2**). Além disso, por trabalhar com animais já mortos, este trabalho está isento de autorização pela comissão ética de uso de animais, de acordo com protocolo n° 062/2019 (**Anexo 3**).

Os monitoramento de praias ocorreram de forma diária desde 2009, no litoral setentrional, compreendendo as praias do município de Caiçara do Norte-RN ($5^{\circ}4'1.15''S$; $36^{\circ}4'36.41''O$) até Tibau do Norte ($4^{\circ}50'0.04''S$; $37^{\circ}15'5.99''O$). Já no litoral Oriental, os atendimentos a encalhes têm sido realizados por demanda desde 2010, sendo o monitoramento diário realizado apenas durante a execução das atividades sísmicas que compreenderam o período de Novembro de 2018 até Setembro de 2019. Além disso, o monitoramento diário realizado no litoral oriental compreendeu apenas a região entre as praias dos municípios de São Bento do Norte ($5^{\circ}3'5.77''S$; $36^{\circ}2'16.34''O$) até o município de Rio do Fogo ($5^{\circ}16'40.81''S$; $35^{\circ}22'33.16''O$), sendo as demais áreas atendidas por demanda. Desta forma, foram coletados dados em uma extensão de aproximadamente 410 km do litoral do Rio Grande do Norte. (**Figura 5**).

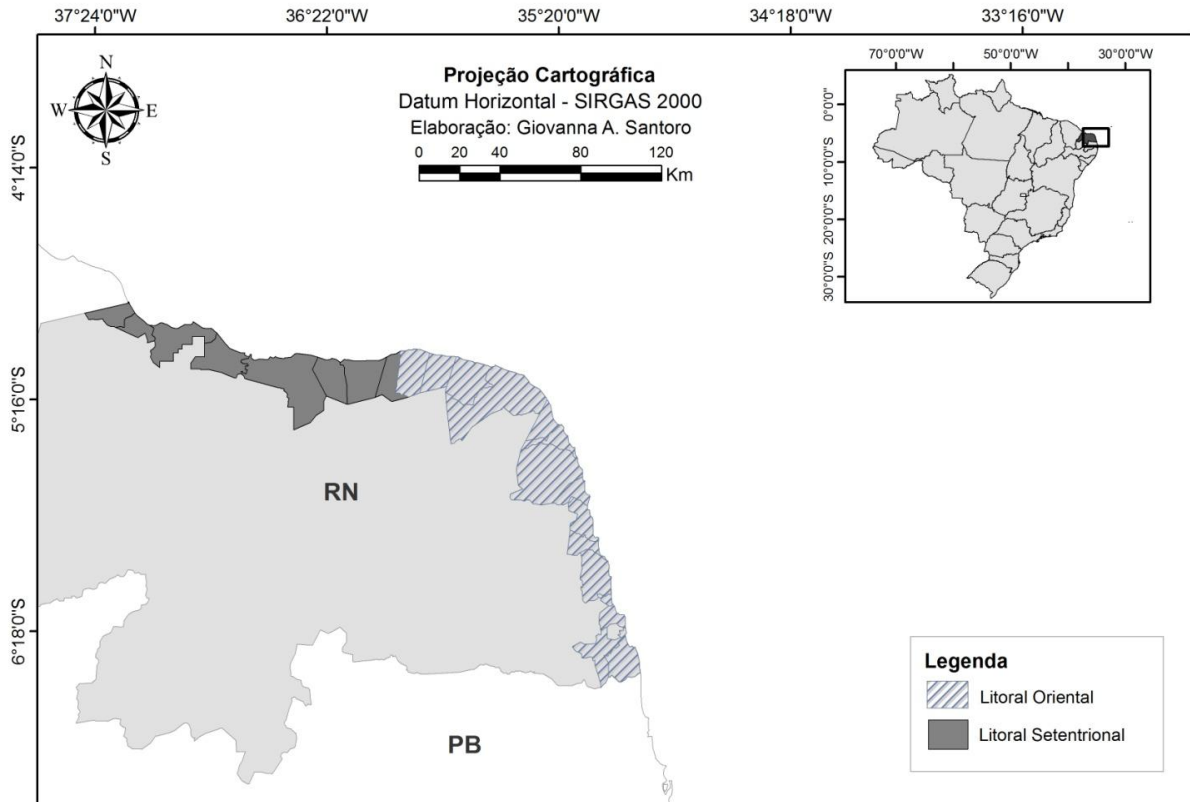


Figura 5 Localização da área de estudo, mostrando as delimitações do litoral setentrional e Oriental do Rio Grande do Norte.

Todos os exemplares de cetáceos encalhados foram inicialmente avaliados quanto ao seu estado; sendo classificados como COD1 para animais vivos, COD2 para animais mortos com órgãos intactos, COD3 para animais mortos com órgãos em estágio inicial de decomposição, COD4 para animais mortos em estágio avançado de decomposição e COD5 para animais mortos em estágio mumificado ou de restos (apenas ossos), de acordo com o protocolo elaborado pela rede de encalhes de mamíferos aquáticos do Nordeste (GERACI; LOUNSBURY, 1993). Após serem classificados quanto ao estado de carcaça, os animais foram identificados, fotografados e tiveram os seguintes dados registrados em planilhas: data e local do encalhe, espécie, biometria, sexo e qualquer outra observação relevante para a avaliação da causa de encalhe (**Anexo 4**)

Os animais encalhados que se enquadravam no COD 2 ou COD3 foram levados pela equipe de campo do PCCB-UERN para serem necropsiados no Laboratório de Monitoramento de Bióta Marinha em Mossoró, ou na sala de preparação de peças do Museu de Ciências Morfológicas da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), a depender do local de encalhe. Já as carcaças que se enquadravam entre o COD4 e COD5 foram avaliadas através de procedimentos realizados em campo (**Figura 6**).

As necrópsias e avaliações de carcaça foram realizadas pela equipe veterinária do projeto com objetivo de avaliar as condições fisiológicas do animal e determinar a possível causa *mortis*, tendo todos os achados de necrópsia registrados em planilhas (**Anexo 5**).



Figura 6 Avaliação de carcaça COD4, de boto cinza, *Sotalia guianensis*, encalhado no dia 09 de Outubro de 2018 na Praia de Tabatinga. Fonte: Projeto Cetáceos da Costa Branca.

3.2 Análise dos complexos tímpano-perióticos

Os aparatos auditivos foram removidos manualmente durante os procedimentos de necropsia (**Figura 7**), seguindo o protocolo descrito por Ketten (2007). Após removidos, foram identificados em direito e esquerdo, armazenados separadamente em meio líquido, álcool 70% ou formol 10%, e encaminhados para o processo de maceração no Laboratório de Biotá Marinha da UERN ou Laboratório de Morfofisiologia de Vertebrados da UFRN.

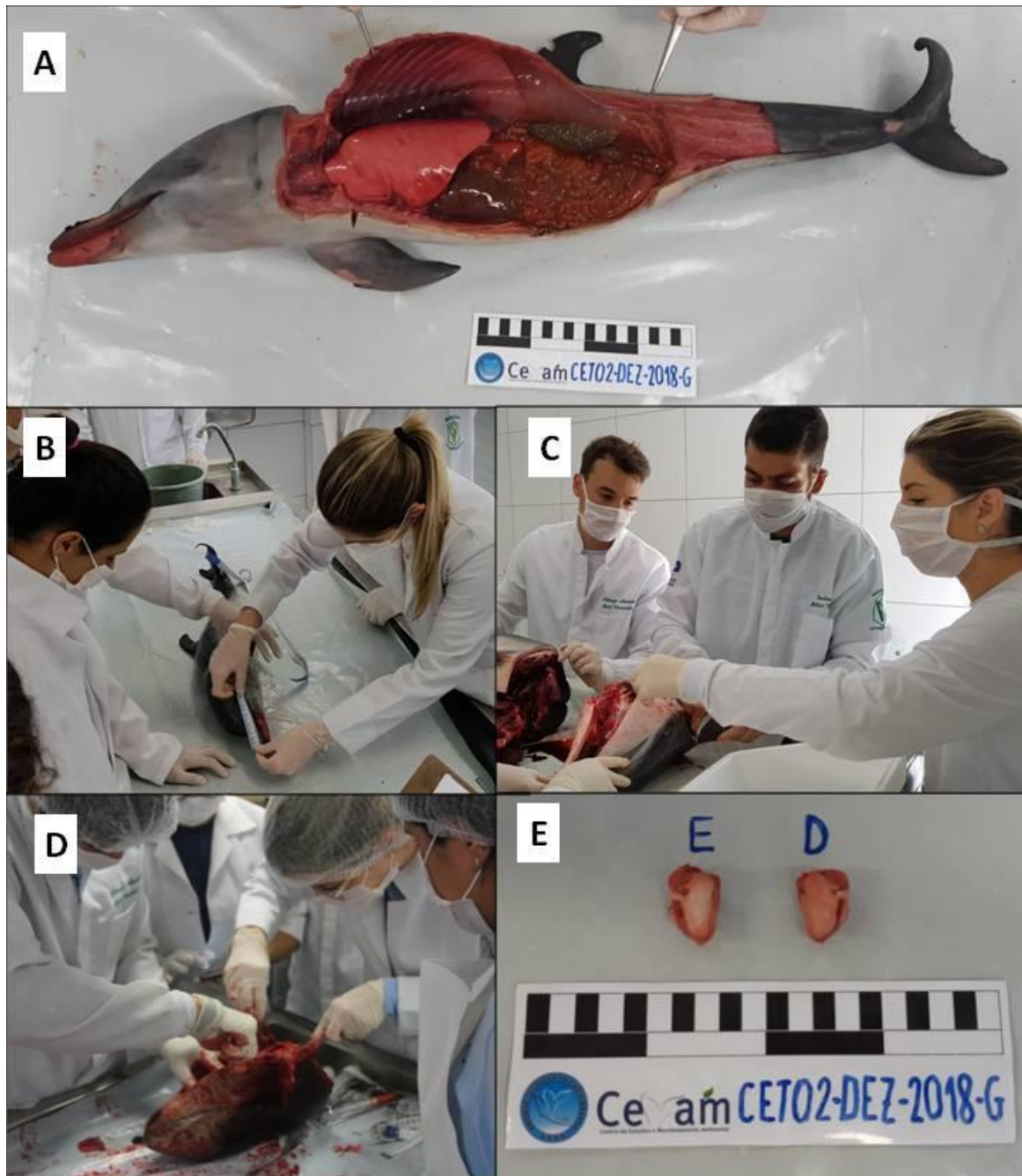


Figura 7 Procedimentos de necropsia para remoção dos complexos: **A:** indivíduo imaturo da espécie *Stenella attenuata* preparado para a necrópsia, **B:** realização das medidas do animal, **C e D:** procedimentos de retirada dos complexos, **E:** separação dos complexos direito e esquerdo após retirada procedimentos. Fonte: Projeto Cetáceos da Costa Branca-UERN e CEMAM.

As bulas encaminhadas para o processo de maceração foram posteriormente armazenadas secas e incorporadas ao acervo da coleção osteológica do Laboratório de Biota Marinha da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), em Mossoró.

Para avaliar as possíveis variações ontogenéticas e descrever os padrões morfológicos encontrados para as espécies registradas, foram realizadas análises morfométricas dos complexos direito e esquerdo. Cada complexo foi registrado por foto e medido através de um paquímetro

digital de precisão 0,01mm. Todas as medidas foram realizadas por uma única pessoa com o intuito de minimizar possíveis variações decorrentes de diferentes coletores.

Para cada bula foram realizadas 24 medidas, sendo as medidas de 1 a 22 já descritas anteriormente nos estudos de Kasuia (1993), Parentte (1999) e Arcoverde (2014). Neste estudo foram consideradas as seguintes medidas (**Tabela 1**).

Tabela 1 Descrição das 24 medidas realizadas em cada complexo T-P armazenado em meio seco.

| Nº | Descrição da medida |
|----|--|
| 1 | Comprimento padrão do osso timpânico, distância da ponta anterior até a extremidade posterior da proeminência posterior externa; |
| 2 | Distância da ponta anterior até a extremidade posterior da proeminência posterior interna; |
| 3 | Distância da ponta póstero-ventral da proeminência posterior externa até a ponta do processo sigmóide; |
| 4 | Distância da ponta póstero-ventral da proeminência posterior externa até a ponta do processo cônico; |
| 5 | Largura do osso timpânico ao nível do processo sigmoide; |
| 6 | Altura do osso timpânico, da ponta do processo sigmoide à quilha ventral; |
| 7 | Largura através das proeminências posteriores internas e externas; |
| 8 | Maior profundidade do entalhe interpromestral; |
| 9 | Largura da borda superior do processo sigmóide; |
| 10 | Largura do processo sigmoide; |
| 11 | Largura do ramo posterior da abertura timpânica inferior; |
| 12 | Largura do forame elíptico; |
| 13 | Largura interna entre proeminência posterior interna e externa; |
| 14 | Comprimento padrão do periódico, desde a ponta do processo anterior até a extremidade posterior do processo posterior; |
| 15 | Comprimento da crista parabular; |
| 16 | Comprimento lateral do osso periótico, deste a ponta do processo anterior até o nível da abertura do arquoducto vestibular |
| 17 | Largura do periódico através da porção coclear e processo superior, no nível da abertura timpânica superior; |
| 18 | Menor distância entre as margens do fundo do conduto auditivo interno e do ducto endolinfático (vestibular aqueduto); |
| 19 | Menor distância entre as margens do fundo do conduto auditivo interno e do aquaeductus cochleae; |

-
- 20 Comprimento da faceta articular do processo posterior do periótico ao processo posterior do osso timpânico;
 - 21 Diâmetro ântero-posterior da porção coclear;
 - 22 Diâmetro do meato acústico interno, da margem de abertura endocranial do canal facial até a margem da área cribrosa media;
 - 23* Distância entre as pontas da proeminência posterior interna e externa do osso timpânico;
 - 24* Largura do complexo tímpano-periótico na porção abaixo do processo sigmoide
-

As medidas 23 e 24 foram adicionadas a este estudo por não apresentarem dados referenciais em estudos anteriores e por sugerirem apresentar variações significativas entre diferentes espécies.

Os complexos medidos foram também categorizados por faixa etária, considerado o comprimento total do indivíduo, de acordo com as definições estabelecidas para cada espécie (**Tabela 2**).

Tabela 2 Comprimento médio de cada espécie registrada durante o período de estudo. Fonte: Guia Ilustrado de Identificação de Cetáceos e Sirênios do Brasil ICMBio/CMA, 2020.

| Espécies | Comprimento médio- Filhote | Comprimento médio -Adulto |
|------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| <i>Peponocephala electra</i> | 1,1m | 2,5m |
| <i>Pseudorca crassidens</i> | 1,70m | 5m - 6m |
| <i>Sotalia guianensis</i> | 1m | 1,90m |
| <i>Stenella attenuata</i> | 90cm | 2m - 2,4m |
| <i>Stenella longirostris</i> | 80cm | 1,8m |
| <i>Tursiops truncatus</i> | 1m | 3m |

Foram avaliadas as associações entre o comprimento do animal e o maior comprimento do complexo T-P, sendo este representado por duas principais medidas (1 e 14). A medida 1, representando o comprimento do timpânico e a medida 14 representando o comprimento do periótico (**Figura 9**).

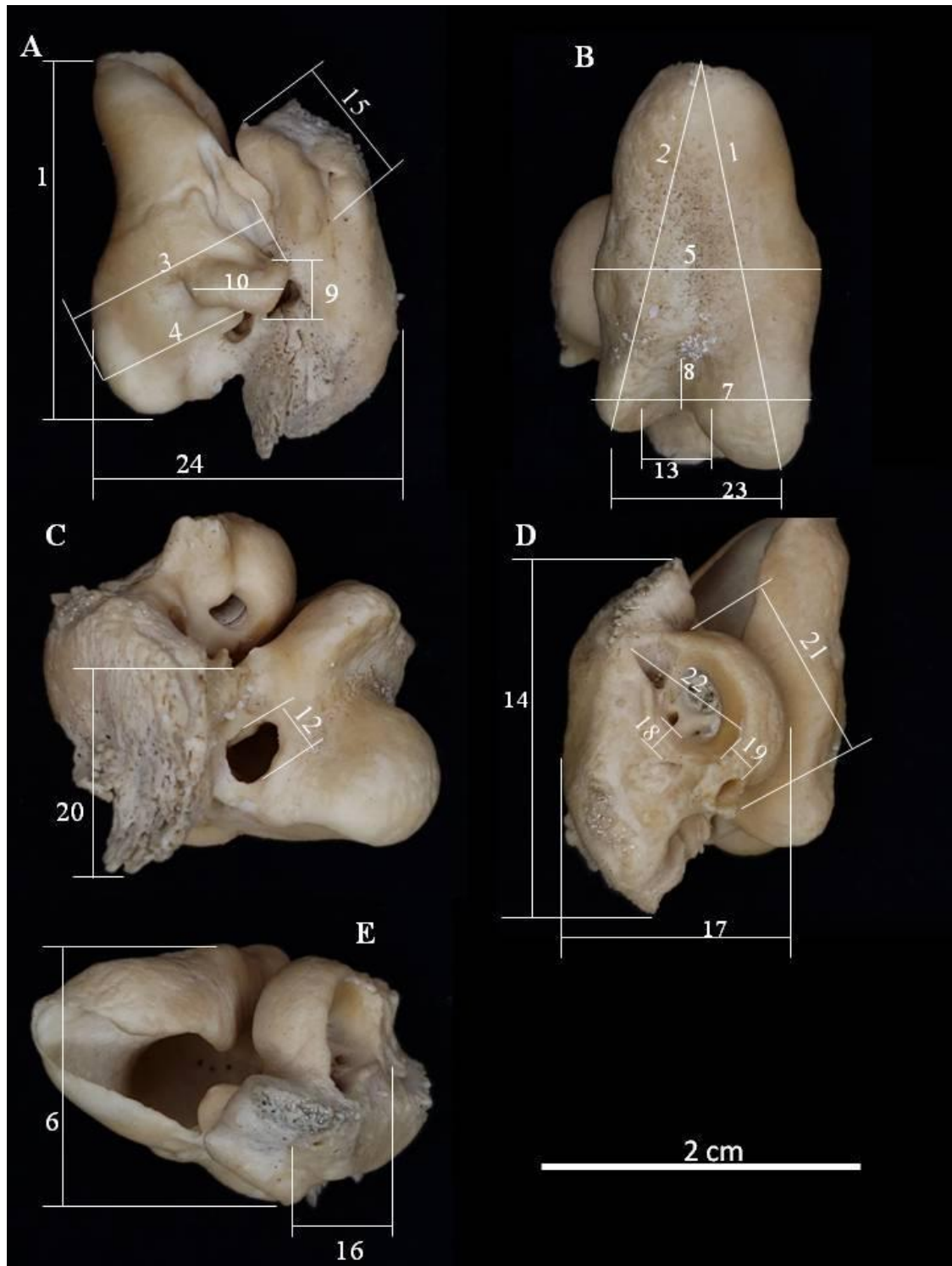


Figura 8 Complexo tímpano-periótico da espécie *Sotalia guianensis* com as medidas realizadas: A, lateral; B, ventral; C posterior; D, dorsomedial; E, Anterior;. CW, janela coclear; FE, forame elíptico). Fotografias: Acervo pessoal.

Para descrever os padrões morfológicos encontrados para cada espécie e avaliar possíveis variações taxonômicas e populacionais, foram observadas e caracterizadas as principais estruturas morfológicas dos complexos. A orientação e nomenclatura utilizadas para as descrições morfológica deste estudo seguiram as definições estabelecidas

anteriormente por Mead and Fordyce (2009).

Foram realizadas também, análises estatísticas para verificar a possível relação entre a ontogenia e o tamanho das bulas, sendo realizada uma regressão linear com objetivo de avaliar o efeito do comprimento do animal sobre o comprimento do complexo tímpano-periótico. Para isso foi adotado um nível de significância de $p < 0,05$.

3.3 Avaliação dos padrões de encalhes durante as atividades sísmicas

Ainda com os dados de encalhes, foi realizada uma análise dos padrões desses registros nos períodos com e sem atividades sísmicas, buscando compreender o impacto dessas atividades nesses registros.

Para esta avaliação foram selecionados os encalhes que ocorreram nos períodos de ocorrência de dois projetos de Pesquisas Sísmicas Marítimas 3D na Bacia Potiguar (Rio Grande do Norte e Ceará). O primeiro foi executado entre o período de 21 de Outubro de 2017 a 18 de Junho de 2018 (PCS01), totalizando 8 meses de atividades, localizado entre o litoral Setentrional do Rio Grande do Norte e parte do Ceará, situada a partir da região do talude com uma distância mínima de 27,32km da costa e profundidade mínima de 20 metros (Figura 2). O segundo foi realizado no período de 28 de Novembro de 2018 a 25 de Setembro de 2019 (PCS02), totalizando 10 meses de atividades em em uma área marítima frontal, predominantemente no litoral setentrional e parte do litoral oriental, situada a partir da região do talude, com distância mínima de 41 km da costa e profundidades mínimas de cerca de 350 metros. Para comparação, foram avaliados os registros referentes aos mesmos períodos em anos anteriores, sem a ocorrência das atividades de pesquisa sísmica, sendo PSS01 o período de 21 de Outubro de 2015 a 18 de Junho de 2016, equivalente ao período com sísmica PCS01 e o PSS02 de 28 de Novembro de 2016 a 25 de Setembro de 2017 equivalente ao período com sísmica PCS02.

Desses registros obtidos, foram ainda considerados os animais encalhados no período de atividades sísmicas, que apresentaram condições favoráveis para realização de necrópsia e avaliação fisiológica buscando avaliar possíveis danos compatíveis com as alterações relatadas anteriormente em outros estudos sobre os impacto das atividades sísmicas.

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARCOVERDE, D. L. et al. Evaluation of periotic–timpanic bone complex of *Sotalia guianensis* (Cetacea: Delphinidae) as tool in identification of geographic variations. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 94, n. 6, p. 1127-1132, 2014.

AU, W.W.L. Hearing in Whales and Dolphins: an overview. In R.R. FAY, A.N. POPPER, Hearing by whales and Dolphins: **Springer handbook of auditory research**, Nova York, p 1-42, 2000.

BAILEY, Helen et al. Assessing underwater noise levels during pile-driving at an offshore windfarm and its potential effects on marine mammals. **Marine pollution bulletin**, v. 60, n. 6, p. 888-897, 2010.

BENEDITTO, A. P. M. Di; SICILIANO, S.; RAMOS, R. M. A. Cetáceos: introdução à biologia e metodologia básica para o desenvolvimento de estudos. [s.l: s.n.].

BERTA, A. et al. Sound Production for Communication, Echolocation, and Prey Capture. **Marine Mammals**, [s. l.], p. 270–311, 2006.

CALDWELL, M. C., D. K. CALDWELL, AND P. L. TYACK. Review of the signature-whistle hypothesis for the Atlantic Bottlenose Dolphin. In S. R. LEATHERWOOD, AND R. R. REEVES, eds. “The Bottlenose Dolphin”, **Academic Press, San Diego, CA**, pp. 199–234, 1990

COSTEUR, L. et al. The bony labyrinth of toothed whales reflects both phylogeny and habitat preferences. **Scientific Reports**, [s. l.], v. 8, n. 1, p. 8–13, 2018.

FERNÁNDEZ, A., *et al.* "Gas and fat embolic syndrome" involving a mass stranding of beaked whales (Family Ziphiidae) exposed to anthropogenic sonar signals. **Veterinary Pathology** 42, 446-457. 2005.

FRANKEL, Adam S. Sound production. In: **Encyclopedia of marine mammals**. Academic Press, p. 1056-1071, 2009.

HEMILÄ, S.; NUMMELA, S.; REUTER, T. Anatomy and physics of the exceptional sensitivity of dolphin hearing (Odontoceti: Cetacea). **Journal of Comparative Physiology A:**

Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology, [s. l.], v. 196, n. 3, p. 165–179, 2010.

HERZING, D. L. Clicks, whistles and pulses: Passive and active signal use in dolphin communication. **Acta Astronautica**, [s. l.], v. 105, n. 2, p. 534–537, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.actaastro.2014.07.003>>

HILDEBRAND, J. A. Impacts of anthropogenic sound. In: Reynolds, J.E. et al. (eds.), *Marine mammal research: conservation beyond crisis*. **The Johns Hopkins University Press**, Baltimore, Maryland, pp. 101-124, 2005.

JEPSON, P. D. et al. Gas-bubble lesions in stranded cetaceans. **Nature**, v. 425, n. 6958, p. 575-576, 2003.

KASUYA T. Systematic consideration of recent toothed whales based on the morphology of tympano-periotic bone. **Scientific Reports of the Whales Research Institute** 25, 1–103, 1973.

KETTEN, D. R.; WARTZOK, D. Three-Dimensional Reconstructions of the Dolphin EAR. **Sensory Abilities of Cetaceans**, [s. l.], p. 81–105, 1990.

KETTEN, D. R. Functional analyses of whale ears: adaptations for underwater hearing. In: **Proceedings of OCEANS'94**. IEEE, 1994. p. I/264-I/270 vol. 1.

KETTEN, D. R.; CRAMER, S. R.; ARRUDA, J. J. A Manual for the Removal, Fixation and Preservation of Cetacean Ears. **Woods Hole Oceanographic Institution**: Woods Hole. 2007

KETTEN, D. R. Cetacean Ears. In W.W.L. AU *et al* . *Hearing by whales and dolphins* , **Springer handbook of auditory research**, p. 43–108. New York, 2000

MATTHEWS, J. N. et al. A review of frequency and time parameters of cetacean tonal calls. **Bioacoustics**, v. 10, n. 1, p. 47-71, 1999.

MEAD, James G.; FORDYCE, R. Ewan. The therian skull: a lexicon with emphasis on the odontocetes. **Smithsonian contributions to zoology**, 2009.

MIRANDA, A. V. D. E. **Guia Ilustrado de Identificação de Cetáceos e Sirênios do Brasil**

ICMBio / CMA, [s.l: s.n.]. 2020.

MORELL, M. et al. Comparative morphometry of odontocete ears through computerized tomography. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 87, n. 1, p. 69-76, 2007.

MORELL, M., *et al.* Shadwick, R.E.; André, M. Implementation of a method to visualize noise-induced hearing loss in mass stranded cetaceans. **Scientific Reports** 7, 41848, 2017.

NORRIS, K. The evolution of acoustic mechanisms in odontocete cetaceans. In E. T. DRAKE, ed. *Evolution and environment*. **Yale University Press**, New Haven, p 297– 324. 1968

NOWACEK, D. P., *et al.* Responses of cetaceans to anthropogenic noise. **Mammals Review**. 37:p 81-115, 2007

NUMMELA, S., *et al.* The anatomy of the killer whale middle ear (*Orcinus orca*). **Hearing Research**, 133, p 61–70, 1999.

PARENTE C.L.,*et al.* Estudo da morfologia dos ossos tímpano-perióticos de cetáceos da subordem odontoceti (Mammalia: Cetacea), 1999.

REIDENBERG, Joy S.; LAITMAN, Jeffrey T. Discovery of a low frequency sound source in Mysticeti (baleen whales): Anatomical establishment of a vocal fold homolog. **The Anatomical Record: Advances in Integrative Anatomy and Evolutionary Biology: Advances in Integrative Anatomy and Evolutionary Biology**, v. 290, n. 6, p. 745-759, 2007.

RICHARDSON WJ, GREENE CR JR, MALME CI, THOMSON DH. **Marine Mammals and Noise**. New York: Academic Press, 1995.

RIDGWAY, S. H.; CARDER, D. A. Assessing hearing and sound production in cetaceans not available for behavioral audiograms: Experiences with sperm, pygmy sperm, and gray whales. **Aquatic Mammals**, v. 27, n. 3, p. 267-276, 2001.

SPOOR, Fred et al. Vestibular evidence for the evolution of aquatic behaviour in early cetaceans. **Nature**, v. 417, n. 6885, p. 163-166, 2002.

THEWISSEN, Johannes GM; WILLIAMS, Ellen M. The early radiations of Cetacea (Mammalia): evolutionary pattern and developmental correlations. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 33, n. 1, p. 73-90, 2002.

TOOD, V.L.G et al. Marine Mammal Observer & Passive Acoustic Monitoring. In __Marine mammal vocalisation.1 ed. **Pelagic Publishing**, cap 8, p. 158 -216, 2015.

TYACK, Peter L. Implications for marine mammals of large-scale changes in the marine acoustic environment. **Journal of Mammalogy**, v. 89, n. 3, p. 549-558, 2008.

TYACK, P. L.; CLARK, C. W. **Communication and Acoustic Behavior of Dolphins and Whales**. In: [s.l: s.n.]p. 156–224. 2000.

UDOINYANG, I, IGBOEKWE M. U. The Impacts of Seismic Activities on Marine Life and its Environment. **International Archive of Applied Sciences and Technology**, Vol. 2,p 1 - 10, 2011.

VATER, M.; KÖSSL, M. **Comparative aspects of cochlear functional organization in mammals**, 2011.

VILARDO, C. N. G. Avaliação Ambiental De Pesquisas Sísmicas Marítimas No Brasil: Evolução e Perspectivas. **Dissertação de mestrado**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil. 288 p. 2007.

CAPÍTULO 1

MORFOLOGIA DO COMPLEXO TÍMPANO-PERIÓTICO DE CETÁCEOS ENCALHADOS NO NORDESTE DO BRASIL

Morfologia do Complexo Tímpano-Periótico de Odontocetos encalhados no Nordeste do Brasil.

Gabriela Colombini Corrêa¹, Ana Bernadete Lima Fragoso², Flávio José de Lima Silva², Simone Almeida Gavilan¹

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Programa de Pós Graduação em Biologia Estrutural e Funcional. Projeto Cetáceos da Costa Branca.
(gabi.colombini@hotmail.com)

² Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. Projeto Cetáceos da Costa Branca.

Será submetido para a revista Marine Mammals Science/ Journal of morphology

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7023-1283>

RESUMO

O complexo timpano-periótico (T-P) é composto por dois ossos distintos, constituindo a orelha média e interna dos cetáceos. Estudos sobre esse complexo são relevantes para o conhecimento dos padrões morfológicos das espécies, visto que variações no repertório acústico, habitat, comportamento e tamanho dos odontocetos, implicam na variação da anatomia do sistema auditivo e consequentemente, na sua capacidade auditiva. Nesse contexto, o presente trabalho objetivou descrever a morfologia dos ossos T-P de 6 espécies de cetáceos encalhados no litoral do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. Os encalhes foram registrados pelo Projeto Cetáceos da Costa Branca-UERN (PCCB), em parceria com o Centro de Estudos e Monitoramento Ambiental (CEMAM), durante a execução do Projeto de Monitoramento de Praias, ou através de acionamentos pela comunidade. Exemplares mortos ou que vieram a óbito durante a reabilitação tiveram seus complexos timpânicos removidos manualmente durante a realização de necrópsias ou procedimentos de análise de carcaça, sendo esses identificados em direito e esquerdo e submetidos ao processo de maceração. Os indivíduos coletados foram categorizados quanto à fase de desenvolvimento, sexo e espécie. Foram coletados 57 complexos T-P de 31 indivíduos de cetáceos, distribuídos em 6 espécies: *Peponocephala electra* (N = 4), *Pseudorca crassidens* (N = 2), *Sotalia guianensis* (N = 39), *Stenella attenuata* (N = 4), *Stenella longirostris* (N = 4) and *Tursiops truncatus* (N = 4). Foi realizada a biometria e descrição morfológica dos complexos de cada espécie, sendo avaliadas as possíveis variações ontogenéticas e taxonômicas. As seis espécies compartilharam de características morfológicas semelhantes por pertencerem a mesma família (Delphinidae), porém as espécies *S. guianensis*, *S. attenuata* e *S. longirostris* apresentaram um maior número de características em comum, o que pode indicar uma maior relação evolutiva entre estas. Não foram observadas variações ontogenéticas significativas para as espécies *S. guianensis*, *P. electra* e *S. longirostris*. As características mais representativas para identificação das espécies seriam, para o timpânico: o processo posterior, as proeminências interna e externa e o processo sigmóide. Para o períótico: a porção coclear e as aberturas do aqueduto coclear e vestibular e a crista parabular.

PALAVRAS-CHAVE: bula timpânica, cetáceos, morfometria, orelha, taxonomia.

ABSTRACT

The tympano-periotic (T-P) complex is composed of two distinct bones, constituting the middle and inner ear of cetaceans. Studies about this complex are relevant for the knowledge of the morphological patterns of the species, since variations in the acoustic repertoire, habitat, behavior and size of the odontocetes, can be correlated with the variation of the anatomy of the auditory system and, consequently, in their hearing capacity. In this context, the present work aimed to describe the morphology of the T-P bones of 6 cetacean species stranded or dead during rehabilitation on the coast of Rio Grande do Norte, Northeast Brazil. The strandings were recorded by the Cetáceos da Costa Branca Project (PCCB), in partnership with the Center for Environmental Studies and Monitoring (CEMAM), during the execution of the Beach Monitoring Project, or through actions by the community. The T-P complexes were removed during necropsies. The collected data were categorized according to the stage of development, sex and species. 57 T-P complexes from 31 individuals were collected, distributed in 6 species: *Peponocephala electra* (N = 4), *Pseudorca crassidens* (N = 2), *Sotalia guianensis* (N = 39), *Stenella attenuata* (N = 4), *Stenella longirostris* (N = 4) and *Tursiops truncatus* (N = 4). Biometrics and morphological description of the complexes of each species were performed, being evaluated as ontogenetic and taxonomic variations. The six species shared similar morphological characteristics because they belong to the same family (Delphinidae). However, *S. guianensis*, *S. attenuata* and *S. longirostris* species had a greater number of characteristics in common, which may indicate an evolutionary relationship between them. No relevant ontogenetic variations were observed for the species that we had several age classes from (*S. guianensis*, *P. electra* and *S. longirostris*). The most representative morphological characteristics for the identification of the species would be, for the tympanic: the posterior process, the internal and external prominences and the sigmoid process, and for the periotic: the cochlear portion, the cochlear and vestibular aqueduct openings and the parabular crest.

Key-words: tympanic bulla, cetaceans, morphometry, ear, taxonomy.

1. INTRODUÇÃO

Após a conquista do ambiente aquático o som passou a ter um papel fundamental na vida de mamíferos aquáticos (Tyack & Clark, 2000). No caso dos cetáceos, sua audição passou a ter um importante papel não apenas para a comunicação, como para o sistema sensorial (ecolocalização) (Ary et al., 2016), apresentando estruturas de produção e recepção acústica altamente complexas (Beneditto, Siciliano, & Ramos, 2010).

Existem três partes essenciais no sistema auditivo dos mamíferos: 1) uma orelha externa que capta o som, 2) uma orelha média que filtra e amplifica os sons e 3) uma orelha interna (cóclea), que é um transdutor mecânico-químico do som em impulsos neurais (Thewissen, 2002). Nos cetáceos, a orelha externa é caracterizada por um pequeno orifício com um canal cartilaginoso que acreditava-se apresentar função rudimentar, porém, estudos recentes revelaram a existência de células mecanoreceptoras, que podem estar relacionadas a detecção da variação de pressão no ambiente (Vreese et al., 2020). No entanto, a captação sonora nesses animais ocorre, potencialmente, através da “janela acústica”, uma porção mais fina da mandíbula posterior, coberta por uma camada de tecido adiposo (Norris, 1968; Au, 2000). Já a sua orelha média é formada pelo osso timpânico e sua orelha interna pelo osso periótico, ambos muito densos e com formas extremamente diferentes (Berta, 2006). Enquanto o osso periótico é robusto e abriga a parte vestibular e coclear, o osso timpânico é semelhante a uma concha, em formato de U em secção transversal. Estes dois ossos são conectados entre si pelos ossículos martelo, estribo e bigorna, formando o chamado complexo Tímpano-periótico (T-P) ou bula timpânica, sendo altamente especializados em morfologia e função (Cozzi et al., 2016).

Os odontocetos apresentam uma grande variedade acústica, apresentando sons que podem variar entre uma frequência de 10Hz a 200KHz, dependendo da espécie. Suas frequências de audição são consistentes com os espectros de pico das vocalizações e conseqüentemente se correlacionam com o seu habitat e comportamento (Ketten & Wartzok, 1990). Espécies ribeirinhas e que vivem em águas turvas, com alta densidade de objetos, ecolocalizam com espectros de pico acima de 100 kHz, enquanto que os delfínídeos de águas profundas, que habitam ambientes com baixa densidade de objetos empregam espectros de pico abaixo de 100 kHz (Ketten & Wartzok, 1990). Sendo assim, pode-se imaginar que a sensibilidade auditiva desses animais esteja diretamente relacionada à morfologia de seu aparato auditivo, podendo variar entre as diferentes espécies.

Estudos morfológicos do complexo ósseo T-P de cetáceos são escassos e tem se mostrado

de grande importância para o estabelecimento de padrões taxonômicos (Kasuya, 1973; Ketten, 1990; Parente et al 1999; Simões-Lopes, 2006; Morell et al., 2007; Gutstein, 2014; Rigon, 2015) e populacionais (Arcoverde, 2014), além de auxiliar na identificação de variações anatômicas e patológicas dos complexos.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi analisar e descrever a morfologia do complexo ósseo tímpano-periótico de diferentes espécies de odontocetos encontrados no litoral do Rio Grande do Norte, considerando possíveis variações morfológicas taxonômicas e ontogenéticas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de coleta

Os animais foram registrados e coletados pelo Projeto Cetáceos da Costa Branca-UERN (PCCB-UERN) e o Centro de estudos e monitoramento ambiental (CEMAM), através de chamados da comunidade ou durante o monitoramento de praias, realizado como condicionante ambiental para atividades de prospecção sísmica e extração de petróleo e gás no litoral do RN, totalizando uma área de 410 km de praias (**Figura 1**).

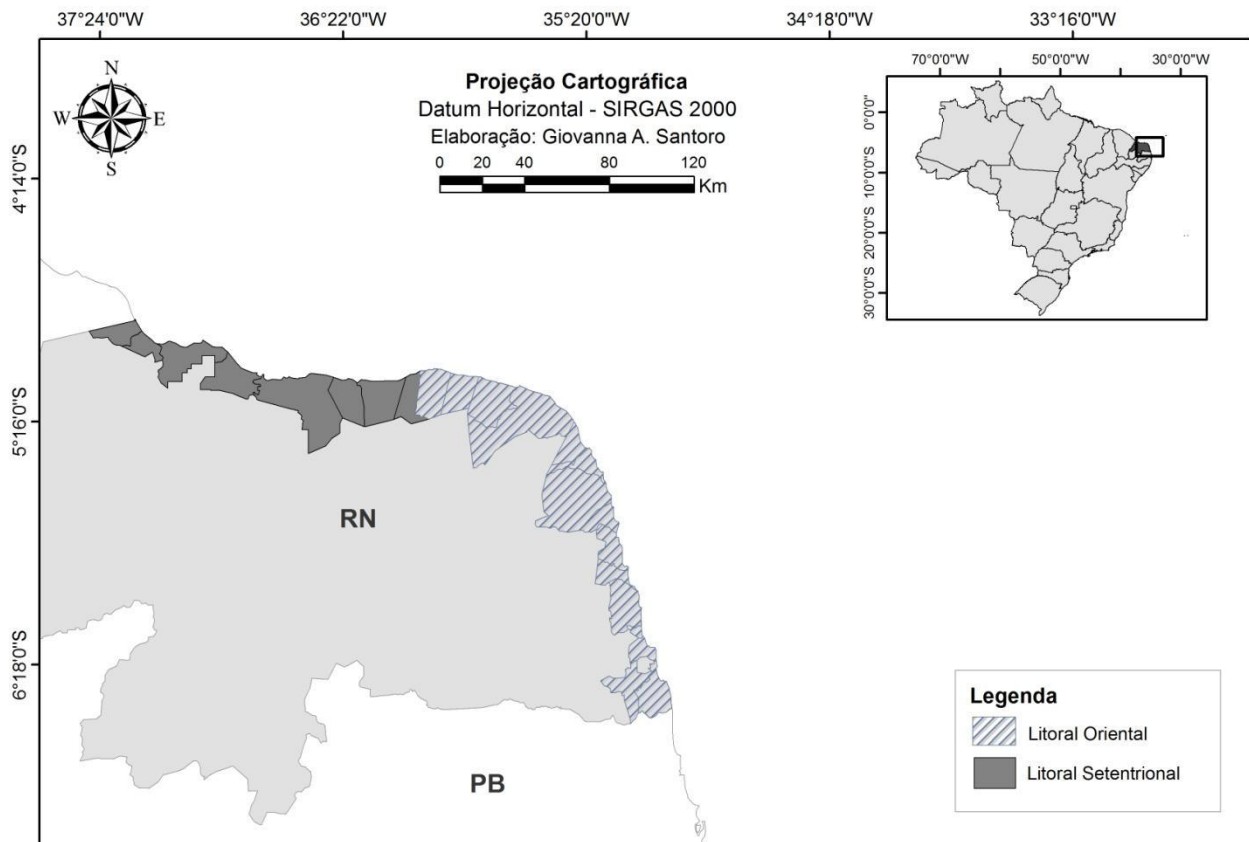


Figura 1 Localização da área de estudo, mostrando as delimitações do litoral setentrional e Oriental do Rio Grande do Norte.

2.2 Coleta de dados

Neste trabalho foram analisados 57 complexos T-P de 31 indivíduos distribuídos em 6 espécies: *Peponocephala electra* (N=4), *Pseudorca crassidens* (N=2), *Sotalia guianensis* (N=39), *Stenella attenuata* (N=4), *Stenella longirostris* (N= 4) e *Tursiops truncatus* (N=4). Os complexos foram coletados de animais encalhados, mortos ou que vieram à óbito durante a reabilitação, nas praias do Litoral do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil, entre os anos de 2009 a 2019.

Cada animal encalhado foi fotografado e registrado em um banco de dados do PCCB/UERN de onde foram consideradas, para este estudo, as seguintes informações: espécie, biometria, sexo e classe etária (**Tabela 1**).

Tabela 1 Caracterização dos espécimes analisados neste estudo;

| Código | Espécie | CT | Classe etária | Sexo |
|--------|------------------------------|-------|---------------|------|
| PEP01 | <i>Peponocephala electra</i> | 200 | JUVENIL | IND |
| PEP02 | <i>Peponocephala electra</i> | 260 | ADULTO | MAC |
| PSE01 | <i>Pseudorca crassidens</i> | 394 | JUVENIL | FEM |
| PSE02 | <i>Pseudorca crassidens</i> | 489 | JUVENIL | MAC |
| SOT01 | <i>Sotalia guianensis</i> | 128 | JUVENIL | FEM |
| SOT02 | <i>Sotalia guianensis</i> | 170,4 | JUVENIL | FEM |
| SOT03 | <i>Sotalia guianensis</i> | 194 | ADULTO | MAC |
| SOT04 | <i>Sotalia guianensis</i> | 178 | JUVENIL | IND |
| SOT05 | <i>Sotalia guianensis</i> | 150 | JUVENIL | IND |
| SOT06 | <i>Sotalia guianensis</i> | 185 | JUVENIL | FEM |
| SOT07 | <i>Sotalia guianensis</i> | 175 | JUVENIL | FEM |
| SOT08 | <i>Sotalia guianensis</i> | 181 | JUVENIL | IND |
| SOT09 | <i>Sotalia guianensis</i> | 139 | JUVENIL | FEM |
| SOT10 | <i>Sotalia guianensis</i> | 131 | JUVENIL | MAC |
| SOT11 | <i>Sotalia guianensis</i> | 115 | JUVENIL | MAC |
| SOT12 | <i>Sotalia guianensis</i> | 192 | ADULTO | MAC |
| SOT13 | <i>Sotalia guianensis</i> | 132 | JUVENIL | MAC |
| SOT14 | <i>Sotalia guianensis</i> | 127 | JUVENIL | MAC |
| SOT15 | <i>Sotalia guianensis</i> | 196 | ADULTO | FEM |
| SOT16 | <i>Sotalia guianensis</i> | 87 | FILHOTE | MAC |
| SOT17 | <i>Sotalia guianensis</i> | 120 | JUVENIL | MAC |
| SOT18 | <i>Sotalia guianensis</i> | 190 | ADULTO | IND |
| SOT19 | <i>Sotalia guianensis</i> | 127 | JUVENIL | MAC |
| SOT20 | <i>Sotalia guianensis</i> | 151,4 | JUVENIL | MAC |
| ATT01 | <i>Stenella attenuata</i> | 98 | FILHOTE | IND |
| ATT02 | <i>Stenella attenuata</i> | 92 | FILHOTE | FEM |
| LON01 | <i>Stenella longirostris</i> | 84,3 | FILHOTE | FEM |
| LON02 | <i>Stenella longirostris</i> | 190 | ADULTO | MAC |
| LON03 | <i>Stenella longirostris</i> | 179 | JUVENIL | FEM |

| | | | | |
|-------|---------------------------|-----|---------|-----|
| TUR01 | <i>Tursiops truncatus</i> | IND | IND | IND |
| TUR02 | <i>Tursiops truncatus</i> | 99 | FILHOTE | FEM |

* CT: comprimento total, MAC: macho, FEM: fêmea, IND: indeterminado

A classe etária dos indivíduos foi definida a partir de informações contidas no banco de dados do projeto, que considerou o grau de funcionamento do crânio e das vértebras dos animais de acordo com Tavares et. al. (2010). Quando este tipo de análise não era possível, a classe etária era definida de acordo com o comprimento total do animal, seguindo as definições estabelecidas para cada espécie (**Tabela 2**). Quando um indivíduo apresentava o comprimento do corpo maior que o considerado para filhote e menor do que o considerado para adulto, o mesmo era classificado como Juvenil.

Tabela 2 Comprimento médio de cada espécie encontrada, retirada do Guia Ilustrado de Identificação de Cetáceos e Sirênios do Brasil ICMBio/CMA, 2019.

| Espécies | Comprimento médio- Filhote | Comprimento médio -Adulto |
|------------------------------|----------------------------|---------------------------|
| <i>Peponocephala electra</i> | 1.1m | 2.5m |
| <i>Pseudorca crassidens</i> | 1.70m | 5m - 6m |
| <i>Sotalia guianensis</i> | 1m | 1.90m |
| <i>Stenella attenuata</i> | 90cm | 2m - 2,4m |
| <i>Stenella longirostris</i> | 80cm | 1.8m |
| <i>Tursiops truncatus</i> | 1m | 3m |

2.3 Procedimentos de coleta

A remoção dos complexos T-P foram realizadas durante os procedimentos de necropsia, seguindo o protocolo descrito por Ketten (2007). Após removidos, foram identificados em direito e esquerdo, armazenados separadamente em meio líquido, álcool 70% ou formol 10%, ou encaminhados para o processo de maceração. Todo o material macerado foi posteriormente armazenado seco e incorporado ao acervo da coleção osteológica do Laboratório de Biotá Marinha da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), em Mossoró.

2.4 Morfometria

Cada complexo foi registrado por foto e medido através de um paquímetro digital de precisão 0,01mm. Todas as medidas foram realizadas pelo primeiro autor, com o intuito de minimizar possíveis variações decorrentes de diferentes coletores.

Para cada bula foram realizadas 24 medidas, sendo as medidas de 1 a 22 já descritas

anteriormente nos estudos de Kasuia (1973), Parentte (1999) e Arcoverde (2014). Para este estudo foram consideradas as seguintes medidas descritas na **Tabela 3**.

Tabela 3 Descrição das 24 medidas realizadas pra cada complexo T-P coletado.

| Nº | Descrição da medida |
|----|--|
| 1 | Comprimento padrão do osso timpânico, distância da ponta anterior até a extremidade posterior da proeminência posterior externa; |
| 2 | Distância da ponta anterior até a extremidade posterior da proeminência posterior interna; |
| 3 | Distância da ponta póstero-ventral da proeminência posterior externa até a ponta do processo sigmóide; |
| 4 | Distância da ponta póstero-ventral da proeminência posterior externa até a ponta do processo cônico; |
| 5 | Largura do osso timpânico ao nível do processo sigmoide; |
| 6 | Altura do osso timpânico, da ponta do processo sigmoide à quilha ventral; |
| 7 | Largura através das proeminências posteriores internas e externas; |
| 8 | Maior profundidade do entalhe interpromestral; |
| 9 | Largura da borda superior do processo sigmóide; |
| 10 | Largura do processo sigmoide; |
| 11 | Largura do ramo posterior da abertura timpânica inferior; |
| 12 | Largura do forame elíptico; |
| 13 | Largura interna entre proeminência posterior interna e externa; |
| 14 | Comprimento padrão do periódico, desde a ponta do processo anterior até a extremidade posterior do processo posterior; |
| 15 | Comprimento da crista parabular; |
| 16 | Comprimento lateral do osso periótico, deste a ponta do processo anterior até o nível da abertura do arquoducto vestibular |
| 17 | Largura do periódico através da porção coclear e processo superior, no nível da abertura timpânica superior; |
| 18 | Menor distância entre as margens do fundo do conduto auditivo interno e do ducto endolinfático (vestibular aqueduto); |
| 19 | Menor distância entre as margens do fundo do conduto auditivo interno e do aqueductus cochleae; |
| 20 | Comprimento da faceta articular do processo posterior do periódico ao processo posterior do osso timpânico; |
| 21 | Diâmetro ântero-posterior da porção coclear; |
| 22 | Diâmetro do meato acústico interno, da margem de abertura endocranial do canal facial até a margem da área cribrosa media; |

23* Distância entre as pontas da proeminência posterior interna e externa do osso timpânico;

24* Largura do complexo tímpano-periótico na porção abaixo do processo sigmoide

As medidas 23 e 24 foram adicionadas por não apresentarem dados referenciais em estudos anteriores e por apresentarem possíveis variações entre as espécies.

Foram avaliadas também, as associações entre o comprimento do animal e o maior comprimento dos ossos Timpânico e Periótico, sendo estes representados respectivamente pelas medidas, M1 e M14 (**Figura 2**).

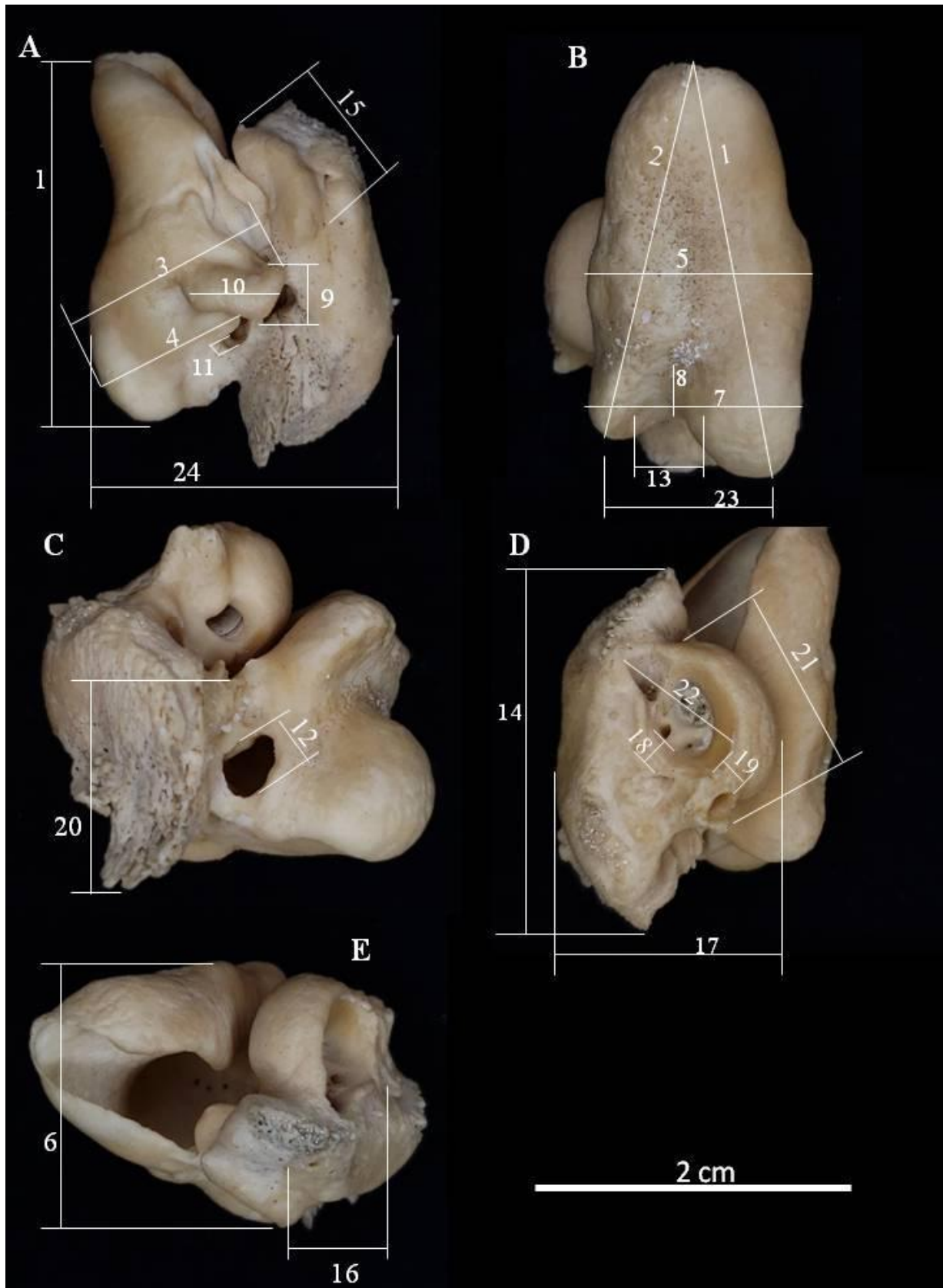


Figura 2 Complexo tímpano-periótico da espécie *Sotalia guianensis* com as medidas realizadas: A, lateral; B, ventral; C posterior; D, dorsomedial; E, Anterior;. CW, janela coclear; FE, forame elíptico. Fotografias: Acervo pessoal.

2.5 Caracterização morfológica

Para descrever os padrões morfológicos encontrados para as espécies registradas e avaliar possíveis variações taxonômicas e populacionais, foram observadas e descritas as principais estruturas morfológicas dos complexos (**Figura 3**). A orientação e nomenclatura utilizadas para as descrições morfológica deste estudo seguiram as definições estabelecidas anteriormente por Mead and Fordyce (2009).

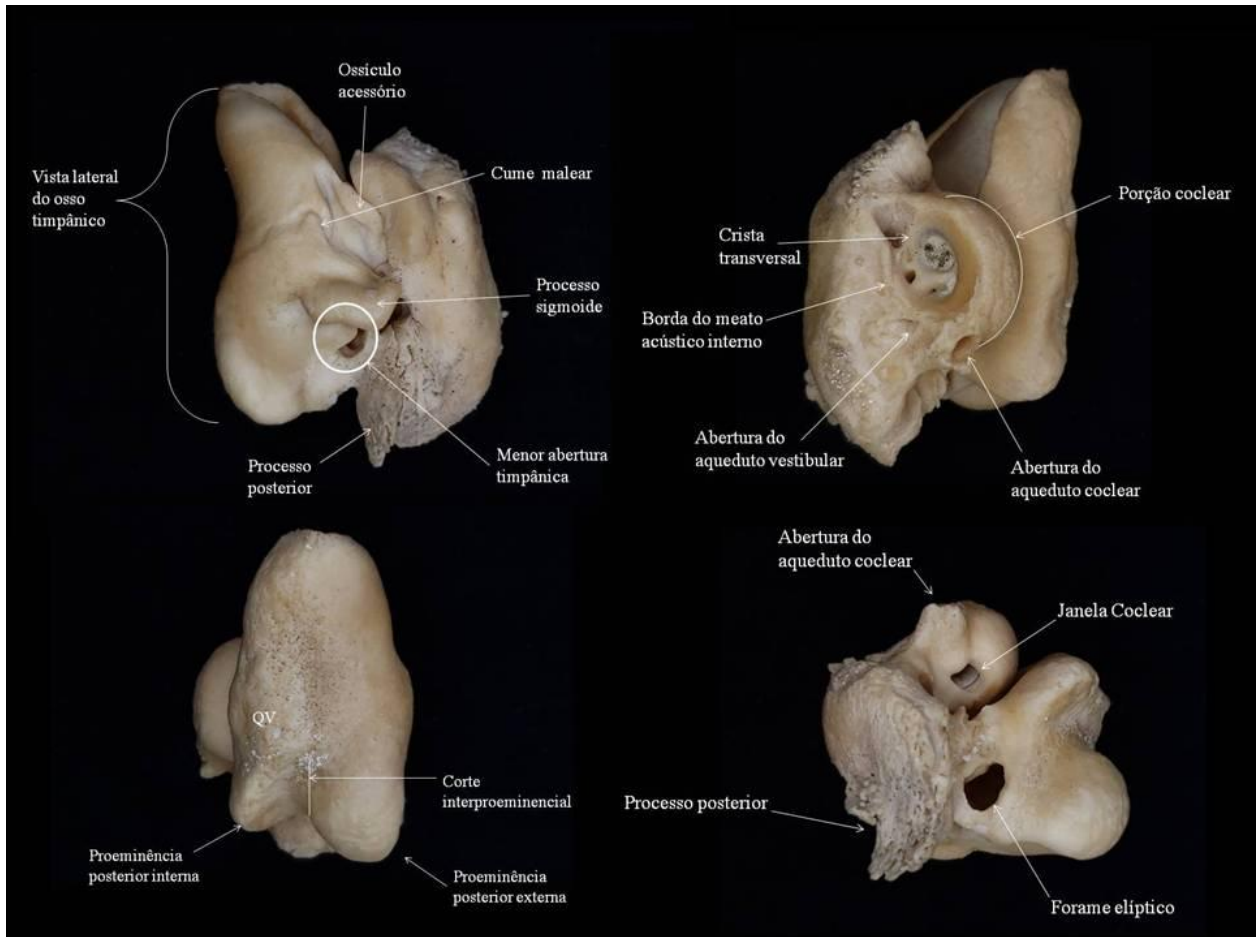


Figura 3 Complexo tímpano-periótico da espécie *Sotalia guianensis* com principais estruturas morfológicas identificadas. Imagens em vista lateral, dorsomedial, ventral e posterior, respectivamente. *QV: Quilha ventral. Fotografias: Acervo pessoal.

2.6 Estatística

Para a espécie *S. guianensis*, que apresentou um maior número de indivíduos, assumindo a ausência de dimorfismo sexual (Borobia, 1989; Monteiro-Filho *et al.*, 2002; Arcoverde, 2014) e assimetria não significativa entre os lados direito e esquerdo (Kasuya, 1973; Parente *et al.*, 1999; Arcoverde, 2014), foram considerados os complexos T-P esquerdos e a partir desses realizadas as análises estatísticas descritivas compostas por média, mínimo, máximo, desvio padrão e coeficiente de variação. Para verificar uma possível relação entre a ontogenia e o tamanho das bulas, foi realizada uma regressão linear avaliando

o efeito do comprimento do animal sobre o comprimento do complexo T-P. Foi adotado um nível de significância de $p < 0,05$.

Quanto às outras espécies, devido ao número de amostras, não foram realizadas análises estatísticas e para a comparação foram utilizadas as medidas obtidas e avaliadas diferenças morfológicas entre as mesmas.

3. RESULTADOS

3.1 Morfometria

As menores medidas obtidas para o comprimento do osso timpânico (M1) e para o comprimento do osso periótico (M14), foram da espécie *Stenella longirostris*, com M1 medindo 25,93 mm e M14 medindo 26,31mm. Enquanto que as maiores medidas obtidas foram da espécie *Pseudorca crassidens*, com M1 medindo 50,35mm e M14 medindo 44,62mm.

Quanto a largura dos complexos T-P (no ponto máximo), representada pela medida M24, foi observado o mesmo padrão do comprimento, sendo a maior obtida para a espécie *Pseudorca crassidens* com 43,48mm, e a menor obtida para a espécie *Stenella longirostris* com 21,48mm.

Todas as 24 medidas obtidas para cada espécie foram registradas em uma tabela onde foram apresentados dados de cada indivíduo como o sexo, o comprimento total do animal e as 24 medidas de cada complexo, esquerdo e direito, quando disponível (**Tabela 3**).

Tabela 3 Medidas dos complexos T-P das espécies: *Pseudorca crassidens*, *Peponocephala electra*, *Tursiops truncatus*, *Sotalia guianensis*, *Stenella attenuata* e *Stenella longirostris* e *Sotalia guianensis*. O tamanho corporal está em centímetros e as medidas de M1 a M24 em milímetros. *ND= Não disponível

| Variáveis | <i>Pseudorca crassidens</i> (N=2) | | <i>Peponocephala electra</i> (N=4) | | | | <i>Tursiops truncatus</i> (N=4) | | | | <i>Stenella attenuata</i> (N=4) | | | | <i>Stenella longirostris</i> (N=4) | | | |
|-----------|-----------------------------------|----------|------------------------------------|---------|----------|---------|---------------------------------|---------|----------|---------|---------------------------------|---------|----------|---------|------------------------------------|----------|----------|---------|
| | PSE01 | PSE02 | PEP01 | | PEP02 | | TUR01 | | TUR02 | | ATT01 | | ATT02 | | LON01 | LON02 | LON03 | |
| | esquerda | esquerda | esquerda | direita | esquerda | direita | esquerda | direita | esquerda | direita | esquerda | direita | esquerda | direita | direita | esquerda | esquerda | direita |
| Sexo | FEM | MAC | IND | | FEM | | IND | | FEM | | IND | | FEM | | FEM | MAC | FEM | |
| CT | 394 | 489 | 200 | | 260 | | IND | | 99 | | 98 | | 92 | | 84,3 | 190 | 179 | |
| M1 | 48,7 | 50,35 | 36,56 | 35,96 | 36,93 | 36,48 | 36,6 | 36,95 | 33,32 | 33,36 | 28,52 | 28,46 | 28,53 | 28,41 | 25,93 | 28,87 | 29,44 | 29,9 |
| M2 | 43,73 | 46,24 | 32,1 | 32,41 | 33,69 | 33,21 | 35,75 | 35,75 | 31,8 | 31,81 | 26,86 | 26,24 | 27,32 | 26,84 | 24,99 | 28,2 | 27,84 | 27,74 |
| M3 | 36,05 | 35,15 | 25,3 | 26,3 | 26,48 | 26,25 | 24,87 | 24,97 | 22,92 | 22,42 | 20,55 | 20,44 | 20,35 | 20,22 | 18,9 | 20,12 | 21,16 | 20,31 |
| M4 | 27,53 | 27,21 | 19,55 | 20,46 | 20,52 | 20,71 | 19,24 | 19,46 | 16,49 | 16,86 | 14,57 | 14,39 | 15,36 | 15,25 | 13,6 | 15,04 | 16,6 | 17,04 |
| M5 | 30,91 | 30,27 | 19,62 | 20,52 | 21,36 | 21,41 | 20,93 | 21,49 | 19,63 | 20,28 | 17,42 | 17,25 | 17,4 | 15,35 | 14,35 | 17,51 | 16,44 | 16,86 |
| M6 | 38,05 | 34,73 | 26,74 | 27,12 | 26,05 | 25,8 | 25,14 | 25,64 | 23,58 | 23,62 | 20,69 | 21,12 | 21,4 | 21,14 | 18,6 | 21,15 | 19,72 | 17,22 |
| M7 | 25,99 | 24,61 | 18,55 | 18,21 | 19,89 | 19,58 | 18,23 | 18,23 | 18,22 | 17,9 | 14,54 | 14,48 | 14,57 | 14,47 | 12,55 | 13,56 | 14,35 | 14,75 |
| M8 | 10,81 | 12,79 | 7,76 | 8,03 | 7,77 | 7,71 | 7,68 | 8,24 | 7,24 | 7,84 | 7,69 | 7,55 | 7,94 | 8,25 | 5,24 | 7,52 | 6,28 | 7,28 |
| M9 | 5,63 | 5,64 | 5,26 | 5,1 | 5,05 | 5,02 | 5,26 | 5,5 | 5,4 | 5 | 4,96 | 4,88 | 5,31 | 5,49 | 4,4 | 4,51 | ND | 4,45 |
| M10 | 15,14 | 13,21 | 7,82 | 8,89 | 9,45 | 9,35 | 9,11 | 8,31 | 9,13 | 9,2 | 7,87 | 7,79 | 7,8 | ND | 8,5 | 8,28 | ND | 8,42 |
| M11 | 2,4 | 1,62 | 1,29 | 1,32 | 1,85 | 1,63 | 1,65 | 2,3 | 2,53 | 1,48 | 1,01 | 1,16 | 1,16 | ND | 1,53 | 1,35 | 1,6 | 1,54 |
| M12 | 8,02 | 4,28 | 4,32 | 4,62 | 5,02 | 8,16 | 5,16 | 4,43 | 1,9 | 3,7 | 3,21 | ND | 2,44 | ND | 2,08 | 3,44 | 3,95 | 2,61 |
| M13 | 6,21 | 6,73 | 3 | 3,19 | 5,35 | 5,23 | 4,82 | 5,33 | 3,63 | 4,35 | 3,85 | 4,01 | 4,27 | ND | 3,08 | 4,5 | 3,69 | 3,66 |
| M14 | 44,62 | 43,3 | 34,06 | 33,85 | 31,7 | 32,07 | 31,47 | 31,6 | 31,04 | 31,54 | 28,9 | 28,81 | 28,02 | ND | 26,31 | 26,61 | 27,08 | 27,01 |
| M15 | 15,66 | 14,12 | 14,61 | 14,59 | 13,6 | 14,57 | 12,93 | 13,15 | 13,88 | 12,26 | 13,13 | 13,37 | 10,5 | ND | 12,51 | 12,98 | 12,42 | 13,4 |
| M16 | 28,1 | 28,18 | 17,8 | 16,4 | 18,59 | 18,79 | 19,62 | 22,37 | 18,33 | 17,58 | 14,32 | 14,16 | 13,93 | ND | 14,62 | 16,88 | 17,05 | 15,64 |
| M17 | 30,65 | 31,22 | 23,12 | 22,66 | 20,89 | 21,05 | 21,48 | 20,92 | 21,3 | 21,59 | 19,55 | 20,12 | 19,51 | ND | 17,65 | 18,39 | 19,1 | 17,6 |
| M18 | 3,19 | 2,19 | 1,22 | 1,26 | 1,13 | 1,59 | 2,56 | 2,32 | 1,39 | 1,82 | 1,57 | 1,6 | 1,51 | ND | 2,7 | 3,58 | 3,01 | 2,56 |
| M19 | 3,35 | 3,08 | 2,66 | 2,46 | 1,89 | 1,76 | 4,38 | 4,83 | 4,7 | 4,3 | 3,5 | 2,98 | 2,63 | ND | 3,6 | 2,16 | 2,61 | 2,92 |
| M20 | 28,62 | 25,7 | 18,63 | 17,24 | 17,06 | 16,06 | 18,51 | 16,63 | 13,02 | 13,46 | 15,49 | 15,32 | 11,88 | ND | 10,79 | 12,96 | 12,01 | 11,97 |
| M21 | 20,08 | 20,97 | 15,11 | 16,91 | 14,65 | 14,44 | 13,85 | 14,13 | 14,66 | 15,39 | 13,75 | 14,11 | 14,42 | ND | 12,46 | 12,32 | 11,61 | 12,1 |
| M22 | 13,73 | 12,05 | 10,45 | 10,38 | 11,33 | 9,58 | 9,38 | 9,62 | 9,51 | 9,54 | 7,93 | 8,32 | 9,62 | ND | 8,68 | 10,3 | 9,24 | 8,78 |
| M23 | 18,44 | 16,83 | 15,29 | 14,25 | 13,49 | 13,58 | 10,94 | 13,42 | 11,05 | 11,84 | 11,68 | 11,47 | 9,08 | ND | 7,93 | 11,68 | 10,24 | 10,12 |
| M24 | 43,48 | 43,42 | 31,6 | 31,84 | 30,93 | 31,21 | 29,89 | 30,05 | 29,4 | 29,4 | 24,94 | 25,04 | 25,08 | ND | 21,48 | 23,14 | 22,15 | 22,56 |

| Variáveis | <i>Sotalia guianensis</i> (N=39) | | | | | | | | | | |
|-------------|----------------------------------|---------|----------|---------|----------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|
| | SOT01 | | SOT02 | | SOT03 | SOT04 | | SOT05 | | SOT06 | |
| | esquerda | direita | esquerda | direita | esquerda | esquerda | direita | esquerda | direita | esquerda | direita |
| <i>Sexo</i> | FEM | FEM | FEM | FEM | MAC | IND | IND | IND | IND | FEM | FEM |
| CT | 128,00 | 128,00 | 170,40 | 170,40 | 194,00 | 178,00 | 178,00 | 150,00 | 150,00 | 185,00 | 185,00 |
| M1 | 33,49 | 33,78 | 33,12 | 32,63 | 33,80 | 34,07 | 34,12 | 34,57 | 34,37 | 34,56 | 34,95 |
| M2 | 31,91 | 32,14 | 31,29 | 31,05 | 32,80 | 31,70 | 31,86 | 31,22 | 31,03 | 31,71 | 31,91 |
| M3 | 23,00 | 22,83 | 22,47 | ND | 22,16 | 22,35 | 22,45 | 22,40 | 22,51 | ND | 23,41 |
| M4 | 17,36 | 17,83 | 17,10 | ND | 17,07 | 17,07 | 17,18 | 16,25 | 17,00 | 17,45 | 17,44 |
| M5 | 19,49 | 19,76 | 19,56 | 20,40 | 20,31 | 19,95 | 19,85 | 18,86 | 18,68 | 19,66 | 19,23 |
| M6 | 23,81 | 24,24 | 23,22 | ND | 19,60 | 24,26 | 24,22 | 22,68 | 22,45 | ND | 24,54 |
| M7 | 18,03 | 18,41 | 17,43 | 17,15 | 16,79 | 17,76 | 19,85 | 16,76 | 16,80 | 19,17 | 18,88 |
| M8 | 8,93 | 8,59 | 9,40 | 7,78 | 9,83 | 12,57 | 10,45 | 7,78 | 8,66 | 7,79 | 7,29 |
| M9 | 4,65 | 4,51 | 4,47 | ND | 3,68 | 4,80 | 5,21 | 4,45 | 4,42 | ND | 4,92 |
| M10 | 9,28 | 8,48 | 8,38 | ND | 9,10 | 8,96 | 9,08 | 8,95 | 8,99 | ND | 8,77 |
| M11 | 1,15 | 1,88 | 1,50 | ND | 1,52 | 1,56 | 1,46 | 2,22 | 2,08 | 1,77 | 1,19 |
| M12 | 4,80 | 4,70 | 3,41 | 3,92 | 2,70 | 3,07 | 3,09 | 3,11 | 3,12 | 2,24 | 1,37 |
| M13 | 5,80 | 5,46 | 6,27 | 6,10 | 4,98 | 5,25 | 5,15 | 5,29 | 4,96 | 5,30 | 5,03 |
| M14 | 31,45 | 30,16 | 31,47 | 31,18 | 29,52 | 28,55 | 28,73 | 29,36 | 29,09 | 34,05 | 31,76 |
| M15 | 12,28 | 12,67 | 13,30 | 12,76 | 11,86 | 13,01 | 10,21 | 12,14 | 10,88 | 13,81 | 13,49 |
| M16 | 20,21 | 23,85 | 15,20 | 19,79 | 13,89 | 14,42 | 19,07 | 17,25 | 16,41 | 18,56 | 17,02 |
| M17 | 20,26 | 20,26 | 19,22 | 19,48 | 19,38 | 19,28 | 18,25 | 20,38 | 19,73 | 20,18 | 20,32 |
| M18 | 1,63 | 1,65 | 1,62 | 1,92 | 1,76 | 2,19 | 1,72 | 2,11 | 1,99 | 1,92 | 1,61 |
| M19 | 1,48 | 1,81 | 1,30 | 2,02 | 3,06 | 2,07 | 2,09 | 2,33 | 1,62 | 2,16 | 2,35 |
| M20 | 13,28 | 13,90 | 14,77 | 14,08 | 12,77 | 15,88 | 14,00 | 13,84 | 13,50 | 15,05 | 14,77 |
| M21 | 14,34 | 13,37 | 13,06 | 12,59 | 15,45 | 15,32 | 14,32 | 13,66 | 13,17 | 14,37 | 14,30 |
| M22 | 11,65 | 11,58 | 9,07 | 10,91 | 11,19 | 10,50 | 11,58 | 10,23 | 9,56 | 10,99 | 11,39 |
| M23 | 13,48 | 14,11 | ND | ND | ND | ND | ND | 12,79 | 13,50 | 16,70 | 17,37 |
| M24 | 28,68 | 29,44 | ND | ND | ND | ND | ND | 27,90 | 28,40 | 28,53 | 28,14 |

| Variáveis | <i>Sotalia guianensis</i> (N=39) | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|----------------------------------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|
| | SOT07 | | SOT08 | | SOT09 | | SOT10 | | SOT11 | | SOT12 | | SOT13 | |
| | esquerda | direita | esquerda | direita | esquerda | direita | esquerda | direita | esquerda | direita | esquerda | direita | esquerda | direita |
| Sexo | FEM | FEM | IND | IND | FEM | FEM | MAC | MAC | MAC | MAC | MAC | MAC | MAC | MAC |
| CT | 175,00 | 175,00 | 181,00 | 181,00 | 139,00 | 139,00 | 131,00 | 131,00 | 115,00 | 115,00 | 192,00 | 192,00 | 132,00 | 132,00 |
| M1 | 34,99 | 34,56 | 34,72 | 34,70 | 32,85 | 32,99 | 32,77 | 32,55 | 33,45 | 33,60 | 34,51 | 34,53 | 33,77 | 33,43 |
| M2 | 32,51 | 32,20 | 32,42 | 32,38 | 30,82 | 30,79 | 31,21 | 30,88 | 31,35 | 30,92 | 32,42 | 31,92 | 31,21 | 31,22 |
| M3 | 23,49 | 23,41 | 22,86 | 22,91 | 22,26 | 22,48 | 22,20 | 22,05 | 22,59 | 22,57 | 23,08 | 23,21 | 22,42 | 22,28 |
| M4 | 17,46 | 17,32 | 17,74 | 17,43 | 16,74 | 16,67 | 16,32 | 16,70 | 16,66 | 16,97 | 16,95 | 17,48 | 16,44 | 16,74 |
| M5 | 18,94 | 19,31 | 20,02 | 19,88 | 19,98 | 19,53 | 18,73 | 19,16 | 17,64 | 18,36 | 18,89 | 19,46 | 19,15 | 19,51 |
| M6 | 23,11 | 23,72 | 23,72 | 23,90 | 23,01 | 22,40 | 23,30 | 22,55 | 23,12 | 22,45 | 21,58 | 22,67 | 23,42 | 22,76 |
| M7 | 18,28 | 17,80 | 18,61 | 18,00 | 17,33 | 16,48 | 16,36 | 16,65 | 16,10 | 16,16 | 16,75 | 16,82 | 17,81 | 17,96 |
| M8 | 8,82 | 8,95 | 9,40 | 9,17 | 8,59 | 7,58 | 8,82 | 8,34 | 8,23 | 8,76 | 8,11 | 8,51 | 9,02 | 8,46 |
| M9 | 4,80 | 4,41 | 4,30 | 4,36 | 4,22 | 5,40 | 5,34 | 4,73 | 5,35 | 5,60 | 4,54 | 4,61 | 4,05 | 4,26 |
| M10 | 8,69 | 8,18 | 8,93 | 8,86 | 8,57 | 8,31 | 8,73 | 8,49 | 8,27 | 8,30 | 8,56 | 8,30 | 8,57 | 8,08 |
| M11 | 1,64 | 1,76 | 1,53 | 1,60 | 1,83 | 1,72 | 1,88 | 1,97 | 1,98 | 2,01 | 1,78 | 1,72 | 1,27 | 1,58 |
| M12 | 3,03 | 3,32 | 3,93 | 4,00 | 3,83 | 3,17 | 3,93 | 4,30 | 3,57 | 4,12 | 4,08 | 3,11 | 3,43 | 3,80 |
| M13 | 5,62 | 5,43 | 5,70 | 5,38 | 4,93 | 4,37 | 5,25 | 5,30 | 4,51 | 4,31 | 5,33 | 4,84 | 5,27 | 5,30 |
| M14 | 32,70 | 30,26 | 32,17 | 30,56 | 30,33 | 32,54 | 29,05 | 29,50 | 31,01 | 30,50 | 30,97 | 30,25 | 29,07 | 29,62 |
| M15 | 12,22 | 11,87 | 10,89 | 10,65 | 13,19 | 13,70 | 11,54 | 11,35 | 12,89 | 12,78 | 11,60 | 10,66 | 12,45 | 14,20 |
| M16 | 19,13 | 18,87 | 19,27 | 20,67 | 19,40 | 20,21 | 17,26 | 18,49 | 20,58 | 21,12 | 17,19 | 16,93 | 17,53 | 17,76 |
| M17 | 20,50 | 19,92 | 20,04 | 19,66 | 19,02 | 19,58 | 19,62 | 19,97 | 19,43 | 19,12 | 20,70 | 21,11 | 20,21 | 20,24 |
| M18 | 2,28 | 2,11 | 1,90 | 1,84 | 1,87 | 1,45 | 1,82 | 1,96 | 1,90 | 2,09 | 1,74 | 1,91 | 1,88 | 2,27 |
| M19 | 1,90 | 1,72 | 2,34 | 2,20 | 1,75 | 1,78 | 1,83 | 1,93 | 1,31 | 1,57 | 2,14 | 1,80 | 2,00 | 1,71 |
| M20 | 14,77 | 15,08 | 14,46 | 14,12 | 13,87 | 13,01 | 13,67 | 13,87 | 13,59 | 13,23 | 14,84 | 14,89 | 14,61 | 13,55 |
| M21 | 14,09 | 13,07 | 13,92 | 13,77 | 14,25 | 14,21 | 12,95 | 14,72 | 13,75 | 13,79 | 13,80 | 13,41 | 14,63 | 14,40 |
| M22 | 10,41 | 9,75 | 11,14 | 10,60 | 11,21 | 11,03 | 10,07 | 9,74 | 10,79 | 11,11 | 10,32 | 10,29 | 10,84 | 10,14 |
| M23 | 13,46 | 14,31 | 15,31 | 14,62 | 12,30 | 12,58 | 11,79 | 12,92 | 11,69 | 11,55 | 12,99 | 13,42 | 13,99 | 13,38 |
| M24 | 27,95 | 28,31 | 29,40 | 29,54 | 27,82 | 27,84 | 28,03 | 27,86 | 27,60 | 28,00 | 28,71 | 29,65 | 28,71 | 28,93 |

| Variáveis | <i>Sotalia guianensis</i> (N=39) | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|----------------------------------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|
| | SOT14 | | SOT15 | | SOT16 | | SOT17 | | SOT18 | | SOT19 | | SOT20 | |
| | esquerda | direita | esquerda | direita | esquerda | direita | esquerda | direita | esquerda | direita | esquerda | direita | esquerda | direita |
| <i>Sexo</i> | MAC | MAC | FEM | FEM | MAC | MAC | MAC | MAC | IND | IND | MAC | MAC | MAC | MAC |
| <i>CT</i> | 127,00 | 127,00 | 196,00 | 196,00 | 87,00 | 87,00 | 120,00 | 120,00 | 190,00 | 190,00 | 127,00 | 127,00 | 151,40 | 151,40 |
| M1 | 34,45 | 34,20 | 35,03 | 34,23 | 35,68 | 35,06 | 34,37 | 34,27 | 32,99 | 33,60 | 31,79 | 31,78 | 33,11 | 33,86 |
| M2 | 32,41 | 32,96 | 31,81 | 32,01 | 32,66 | 31,97 | 31,74 | 31,60 | 30,60 | 30,56 | 30,18 | 30,28 | 31,22 | 31,53 |
| M3 | 22,88 | 21,80 | 22,83 | 23,35 | ND | 23,11 | 22,14 | 22,45 | 21,99 | 21,80 | 21,41 | 21,86 | 22,12 | 22,22 |
| M4 | 17,50 | 16,96 | 17,14 | 17,15 | 17,68 | 17,81 | 16,53 | 16,70 | 16,31 | 15,93 | 16,14 | 16,21 | 16,62 | 16,74 |
| M5 | 20,87 | 20,75 | 19,71 | 19,59 | 20,69 | 20,64 | 18,83 | 19,05 | 18,48 | 17,67 | 18,38 | 19,18 | 19,47 | 19,46 |
| M6 | 24,29 | 23,44 | 23,40 | 23,37 | ND | 24,51 | 22,93 | 23,07 | 23,08 | 21,72 | 22,66 | 23,54 | 22,49 | 23,53 |
| M7 | 18,38 | 18,57 | 18,56 | 18,10 | 18,17 | 18,17 | 17,04 | 17,18 | 16,96 | 16,73 | 16,81 | 16,40 | 17,44 | 17,41 |
| M8 | 9,68 | 10,01 | 9,39 | 9,97 | 8,72 | 8,08 | 10,19 | 10,14 | 8,53 | 8,73 | 9,04 | 8,88 | 8,38 | 9,18 |
| M9 | 4,27 | 4,81 | 4,99 | 5,37 | ND | 5,14 | 4,47 | 4,30 | 4,38 | 4,84 | 4,63 | 5,27 | 4,41 | 4,48 |
| M10 | 8,37 | 8,25 | 8,84 | 9,09 | ND | 8,83 | 9,30 | 9,05 | 8,44 | 8,20 | 8,40 | 8,50 | 8,39 | 8,55 |
| M11 | 1,85 | 1,50 | 2,01 | 2,10 | 1,57 | 1,67 | 1,62 | 1,88 | 1,79 | 1,78 | 1,44 | 1,44 | 1,72 | 2,14 |
| M12 | 3,79 | 2,25 | 3,65 | 4,17 | 1,70 | 3,58 | 3,38 | 3,60 | 4,41 | 3,95 | 3,65 | 3,40 | 0,88 | 3,84 |
| M13 | 6,30 | 6,00 | 5,71 | 4,75 | 5,12 | 5,05 | 4,92 | 5,35 | 4,47 | 4,90 | 4,75 | 4,88 | 5,53 | 5,39 |
| M14 | 33,04 | 31,63 | 31,26 | 32,34 | 30,22 | 32,26 | 32,82 | 33,24 | 32,08 | 29,41 | 28,83 | 29,14 | 29,61 | 29,72 |
| M15 | 11,68 | 12,01 | 11,43 | 12,28 | 13,48 | 11,62 | 12,65 | 11,94 | 10,72 | 11,42 | 11,09 | 11,56 | 10,91 | 12,51 |
| M16 | 15,47 | 15,38 | 21,59 | 20,97 | 21,15 | 19,85 | 20,64 | 21,54 | 19,38 | 18,88 | 18,99 | 20,50 | 18,84 | 17,88 |
| M17 | 19,82 | 19,65 | 19,95 | 20,63 | 19,32 | 20,65 | 19,27 | 19,12 | 19,12 | 18,67 | 20,50 | 20,20 | 20,35 | 19,49 |
| M18 | 2,32 | 2,87 | 1,76 | 1,53 | 1,47 | 1,52 | 1,63 | 1,89 | 1,94 | 2,07 | 2,19 | 2,00 | 1,98 | 1,64 |
| M19 | 1,75 | 2,01 | 1,98 | 1,93 | 1,60 | 1,53 | 1,59 | 1,69 | 2,04 | 2,11 | 2,54 | 2,84 | 2,06 | 2,57 |
| M20 | 12,14 | 12,56 | 14,64 | 14,95 | 16,82 | 15,00 | 15,55 | 14,33 | 15,21 | 13,54 | 13,71 | 13,20 | 13,57 | 13,55 |
| M21 | 14,96 | 13,26 | 13,13 | 14,30 | 14,34 | 14,94 | 13,73 | 13,68 | 14,23 | 13,67 | 13,58 | 13,72 | 13,88 | 13,15 |
| M22 | 11,62 | 11,90 | 10,49 | 11,27 | 10,69 | 12,85 | 10,95 | 10,63 | 11,39 | 11,53 | 10,40 | 9,72 | 10,29 | 10,05 |
| M23 | 14,75 | 13,92 | 15,25 | 15,01 | 14,50 | 14,71 | 11,97 | 12,74 | 14,01 | 14,12 | 12,66 | 11,46 | 11,81 | 13,35 |
| M24 | 28,76 | 28,40 | 29,06 | 28,81 | 29,20 | 29,46 | 27,63 | 27,43 | 27,23 | 27,22 | 28,11 | 28,08 | 28,51 | 28,56 |

Para a espécie *S. guianensis*, por apresentar um maior número de amostras, foi possível também a realização de uma análise estatística descritiva, apresentada na **Tabela 4**.

A média dos comprimentos do osso timpânico (M1) e osso periótico (M14) para indivíduos da espécie *Sotalia guianensis* foram, respectivamente 33,8 mm e 30,86 mm. No que diz respeito a largura do complexo timpânico-periótico representado por M24, foi registrado 28,34mm.

Tabela 4 Estatística descritiva do complexo ósseo tímpano-periótico de 20 indivíduos da espécie *Sotalia guianensis*. Méd: média, DP: desvio padrão; Mín: mínimo; Máx: máximo, CV: coeficiente de variação. Comprimento total em centímetros e medidas de M1-M24 em milímetros.

| <i>Variavel</i> | <i>Méd</i> | <i>DP</i> | <i>Mín</i> | <i>Máx</i> | <i>CV</i> |
|-------------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|
| Comprimento total | 153.40 | 32.14 | 87.00 | 196.00 | 0.21 |
| M1 | 33.88 | 0.98 | 31.79 | 35.68 | 0.03 |
| M2 | 31.65 | 0.73 | 30.18 | 32.80 | 0.02 |
| M3 | 22.48 | 0.50 | 21.41 | 23.49 | 0.02 |
| M4 | 16.92 | 0.52 | 16.14 | 17.74 | 0.03 |
| M5 | 19.42 | 0.84 | 17.64 | 20.87 | 0.04 |
| M6 | 22.97 | 1.09 | 19.60 | 24.29 | 0.05 |
| M7 | 17.51 | 0.84 | 16.10 | 19.17 | 0.05 |
| M8 | 8.98 | 1.08 | 7.78 | 12.57 | 0.12 |
| M9 | 4.55 | 0.43 | 3.68 | 5.35 | 0.09 |
| M10 | 8.73 | 0.32 | 8.27 | 9.30 | 0.04 |
| M11 | 1.69 | 0.26 | 1.15 | 2.22 | 0.15 |
| M12 | 3.36 | 0.92 | 0.88 | 4.80 | 0.27 |
| M13 | 5.31 | 0.48 | 4.47 | 6.30 | 0.09 |
| M14 | 30.86 | 1.59 | 28.55 | 34.05 | 0.05 |
| M15 | 12.13 | 0.90 | 10.72 | 13.81 | 0.07 |
| M16 | 18.53 | 2.13 | 13.89 | 21.59 | 0.11 |
| M17 | 19.84 | 0.53 | 19.02 | 20.70 | 0.03 |
| M18 | 1.91 | 0.22 | 1.47 | 2.32 | 0.12 |
| M19 | 2.00 | 0.39 | 1.31 | 3.06 | 0.20 |
| M20 | 14.32 | 1.10 | 12.14 | 16.82 | 0.08 |
| M21 | 14.05 | 0.72 | 12.59 | 15.45 | 0.05 |
| M22 | 10.80 | 0.47 | 10.07 | 11.65 | 0.04 |
| M23 | 13.50 | 1.46 | 11.69 | 16.70 | 0.11 |
| M24 | 28.34 | 0.62 | 27.23 | 29.40 | 0.02 |

A avaliação do efeito do comprimento do animal sobre o comprimento do complexo tímpano-periótico, apresentou resultado de P não significativo ($P = 0,663$) (**Figura 4**). Desta forma, pode-se afirmar que a variação do tamanho do complexo não está associado ao

comprimento do animal na espécie *S. guianensis*, sendo observado indivíduos juvenis, com o comprimento do osso timpânico e do osso periótico semelhantes ao de um indivíduo adulto.

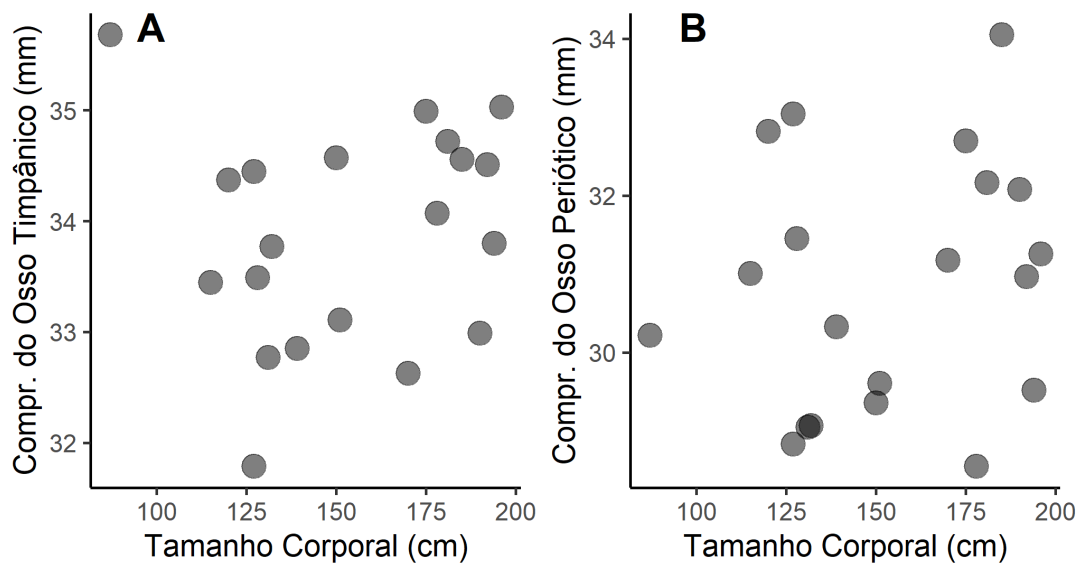


Figura 4 Regressão linear da relação entre o comprimento do animal e o comprimento do osso timpânico (M1) e do osso periótico (M14) para indivíduos da espécie *S. guianensis*.

Apesar de não ter sido possível a realização de análises estatísticas para a avaliação do efeito do comprimento do animal sobre o comprimento do complexo tímpano-periótico das outras espécies registradas, foi possível observar que as medidas obtidas para os complexos dos indivíduos adultos foram semelhantes as medidas obtidas nos indivíduos juvenis das espécies *P. electra*, e *S. longirostris* (Tabela 3). Para as espécies *P. crassidens*, *S. attenuata* e *T. truncatus* esta observação não foi possível pois estas não apresentaram registros de indivíduos em diferentes faixas etárias.

3.2 Caracterização morfológica

Foram descritas e caracterizadas, a partir dos exemplares coletados, as principais estruturas visualizadas para os ossos timpânicos e perióticos de cada espécie.

3.2.1 *Peponocephala electra*

Osso timpânico

Em vista lateral o osso timpânico desta espécie apresenta uma concavidade profunda (**Figura 6- 2a**). O processo posterior é fino, apresenta o comprimento maior que a largura, semelhante a um retângulo e projetado lateralmente. Seu forame elíptico é aberto. A menor abertura timpânica é larga e seu processo sigmoide é fino e curvado na direção anterior. Apresenta o cume malar bem marcado e o ossículo acessório proeminente. Sua proeminência posterior interna é moderadamente fina, de borda arredondada e lateralizada no sentido dorsomedial, enquanto que a proeminência posterior externa é espessa e saliente, em formato

redondo e direcionada para a região ventral. As duas proeminências posteriores são separadas por um corte interproeminencial profundo.

Osso periótico

Em vista dorsomedial (**Figura 6- 2b**) é possível visualizar a porção coclear, que nesta espécie é globosa, espessa e apresenta seu ápice (região mais extrema e espessa) na região central, assim como nas espécies *T. truncatus* e *P. crassidens*. Seu meato acústico interno é profundo, com a crista transversal curta ou ausente e apresenta uma borda retilínea. A abertura do aqueduto coclear é caracterizado por um orifício presente na região posterior da porção coclear e apresenta uma borda pouco proeminente, enquanto que o seu aqueduto vestibular é caracterizado por um orifício irregular, largo e de aparência rugosa. Nesta espécie a janela coclear está localizada um pouco mais distante do aqueduto coclear, assim como nas espécies *T. truncatus* e *P. crassidens*.

Quando conectados, os ossos periótico e timpânico desta espécie parecem relativamente mais afastados que nas outras espécies descritas neste estudo. Além disso, é possível observar que a sua porção coclear, em vista dorsomedial, é posicionada ao lado do invólucro timpânico, enquanto em outras espécies estas estruturas são geralmente sobrepostas.

3.2.2 *Pseudorca crassidens*

Osso timpânico

Em vista lateral o osso timpânico desta espécie apresenta-se levemente côncavo (**Figura 6- 1a**). O processo posterior é espesso e apresenta a base maior que a extremidade semelhante a um triângulo e projetada póstero-lateralmente. Seu forame elíptico é aberto. A menor abertura timpânica é estreita e seu processo sigmoide é largo e curvo na direção anterior. Apresenta o cume malar bem marcado e o ossículo acessório proeminente. Sua proeminência posterior interna é moderadamente fina, pontiaguda e lateralizada no sentido dorsomedial, enquanto que a proeminência posterior externa é espessa, saliente e em formato redondo. As duas proeminências posteriores são separadas por um corte interproeminencial profundo.

Osso periótico

Em vista dorsomedial (**Figura 6- 1b**) é possível visualizar a porção coclear, que nesta espécie é globosa, espessa e apresenta seu ápice (região mais extrema e espessa) na região central, assim como nas espécies *T. truncatus* e *P. electra*. Seu meato acústico interno é profundo, com a crista transversal ausente e apresenta uma borda levemente protuberante. A abertura do aqueduto coclear é caracterizada por um orifício presente na região posterior da porção coclear e apresenta uma borda pouco proeminente. Seu aqueduto vestibular é caracterizado por um orifício arredondado, largo e de aparência rugosa. Nesta espécie a janela

coclear está localizada um pouco mais distante do aqueduto coclear, assim como nas espécies *T. truncatus* e *P. electra*.

3.2.3 *Sotalia guianensis*

Osso timpânico

Nesta espécie, o osso timpânico em vista lateral, apresenta uma concavidade bem profunda (**Figura 6- 3a**). Seu processo posterior é espesso, apresentando o comprimento maior que largura, semelhante a um retângulo, é projetado póstero-lateralmente e apresenta sua superfície de contato com o processo timpânico ondulado. Apresenta o forame elíptico aberto. A menor abertura timpânica é larga e seu processo sigmoide é fino e reto, apresentando uma leve curvatura na sua extremidade mais próxima do periótico. Apresenta o cume malear bem demarcado e o ossículo acessório proeminente. Sua proeminência posterior interna é moderadamente fina, arredondada e lateralizada no sentido dorsomedial, enquanto que a proeminência posterior externa é espessa e saliente, em formato oval. As duas proeminências posteriores são separadas por um corte interproeminencial largo e profundo. Apresenta uma quilha ventral bem demarcada com uma superfície rugosa.

Osso periótico

Apresenta a porção coclear globosa, espessa e com o ápice (região mais extrema e espessa) levemente apontado para a região posterior (**Figura 6- 3b**), assim como nas espécies *S. attenuata* e *S. longirostris*. Seu meato acústico interno é profundo, apresentando na borda uma protuberância pontiaguda próxima da crista transversal. Apresenta uma crista transversal bem demarcada. A abertura do aqueduto coclear é caracterizada por um orifício presente na região posterior da porção coclear e apresenta uma borda proeminente. Seu aqueduto vestibular é um orifício estreito irregular e de superfície lisa. Nesta espécie a janela coclear está localizada próxima do aqueduto coclear, assim como nas espécies *S. attenuata* e *S. longirostris*.

3.2.4 *Stenella attenuata*

Osso timpânico

Em vista lateral, o osso timpânico desta espécie apresenta uma concavidade moderada (**Figura 6- 5a**). Seu processo posterior é espesso, levemente arredondado e projetado no sentido ventral, tendo sua superfície de contato com o processo timpânico serrilhada. Seu forame elíptico é aberto. A menor abertura timpânica é larga e seu processo sigmoide é fino e curvo na direção anterior. Apresenta o cume malear bem demarcado e o ossículo acessório proeminente. Sua proeminência posterior interna é fina, pontiaguda e lateralizada no sentido

dorsomedial, enquanto que a proeminência posterior externa é moderadamente espessa e saliente, em formato oval. As duas proeminências posteriores são separadas por um corte interproeminencial superficial. Apresenta uma quilha ventral bem demarcada com uma superfície levemente rugosa.

Osso periótico

Sua porção coclear apresenta formato globosa, espessa e com o ápice (região mais extrema e espessa) levemente apontado para a região posterior (**Figura 6- 5b**), assim como nas espécies *S. guianensis* e *S.longirostris*. O meato acústico interno é profundo, apresentando na borda uma leve protuberância. Apresenta uma crista transversal ausente. A abertura do aqueduto coclear é caracterizada por um orifício presente na região posterior da porção coclear, no aspecto posteromedial e apresenta uma borda proeminente em toda a volta. Seu aqueduto vestibular é um orifício estreito, arredondado e de superfície lisa, apresentando a janela coclear próxima do aqueduto coclear, assim como nas espécies *S. guianensis* e *S.longirostris*.

Para esta espécie também foi observada uma pequena abertura localizada entre o aqueduto coclear e a janela coclear, estrutura esta ainda não descrita em estudos anteriores. Portanto, a mesma foi nomeada devido a sua localização como "abertura mesococlear" (**Figura 5**).

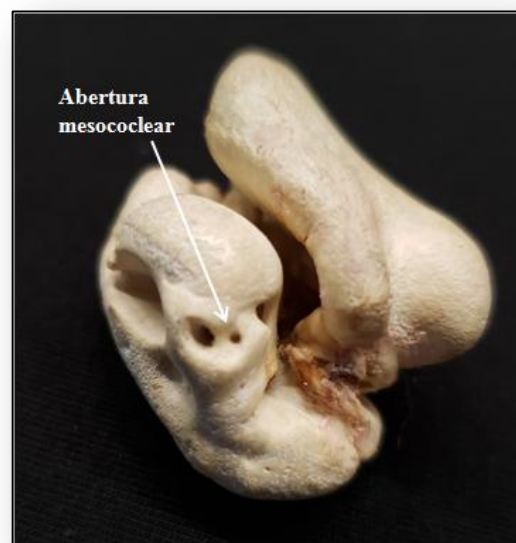


Figura 5 Complexo timpano periótico da espécie *Stenella attenuata*, indicando a estrutura identificada e nomeada neste estudo como abertura mesococlear. Fotografias: Acervo pessoal.

3.2.5 *Stenella longirostris*

Osso timpânico

Em vista lateral, o osso timpânico desta espécie apresenta uma leve concavidade e seu

processo posterior é espesso e projetado póstero-lateralmente, apresentando uma base maior que a extremidade, semelhante a uma triângulo. Seu forame elíptico é aberto (**Figura 6- 6a**). A menor abertura timpânica é estreita e seu processo sigmoide é fino e curvo na direção posterior. Apresenta o cume malar marcado e o ossículo acessório proeminente. Sua proeminência posterior interna é fina, pontiaguda e lateralizada no sentido dorsomedial, enquanto que a proeminência posterior externa é moderadamente fina, de tamanho semelhante a interna em formato pontiagudo e lateralizado no sentido do processo posterior. As duas proeminências posteriores são separadas por um corte interproeminencial profundo. Apresenta uma quilha ventral demarcada com uma superfície levemente rugosa.

Osso periótico

Em vista dorsomedial (**Figura 6- 6b**), é possível observar que a porção coclear é bem elevada e apresenta formato globoso, espesso e com o ápice (região mais extrema e espessa) apontado para a região posterior, assim como nas espécies *S. guianensis* e *S. attenuata*. O meato acústico interno é profundo, apresentando na borda uma leve protuberância. Apresenta uma crista transversal presente e bem definida. A abertura do aqueduto coclear é caracterizada por um orifício presente na região posterior da porção coclear e apresenta uma borda pouco proeminente. Seu aqueduto vestibular é um orifício estreito, arredondado e de superfície lisa. Nesta espécie a janela coclear está localizada próxima do aqueduto coclear, assim como nas espécies *S. guianensis* e *S. attenuata*.

3.2.6 *Tursiops truncatus*

Osso timpânico

Nesta espécie, em vista lateral o osso timpânico apresenta uma concavidade moderada (**Figura 6- 4a**). O processo posterior é espesso, arredondado e projetado lateralmente, no sentido ventral. Seu forame elíptico é aberto. A menor abertura timpânica é larga e seu processo sigmoide é fino e reto, com uma curvatura apenas na sua extremidade próxima ao osso periótico. Apresenta o cume malar bem marcado e o ossículo acessório proeminente. Sua proeminência posterior interna é moderadamente espessa e arredondada, enquanto que a proeminência posterior externa é espessa e saliente, em formato oval. As duas proeminências posteriores são separadas por um corte interproeminencial superficial. Apresenta uma quilha ventral levemente marcada e levemente rugosa.

Osso periótico

Em vista dorsomedial é possível observar que a porção coclear é globosa, espessa e com o ápice (região mais extrema e espessa) central (**Figura 6- 4b**), assim como nas espécies *P.*

electra e *P. crassidens*. Além disso, sua porção coclear é bem elevada e quando os ossos timpânicos e periótico estão conectados, sua posição chega a se sobrepor ao timpânico, diferentemente de outras espécies onde a porção coclear apresenta uma posição lateral ao invólucro timpânico. O meato acústico interno é profundo, apresentando na borda uma leve protuberância. Apresenta uma crista transversal presente e curta. A abertura do aqueduto coclear é caracterizada por um orifício presente na região posterior da porção coclear e apresenta uma borda proeminente. Seu aqueduto vestibular é um orifício largo, arredondado e de superfície lisa. Nesta espécie a janela coclear está localizada distante do aqueduto coclear, assim como nas espécies *P. electra* e *P. crassidens*.

As principais características morfológicas dos ossos timpânicos e perióticos das espécies registradas neste estudo estão descritas na **Tabela 5**.

Tabela 5 Caracterização morfológica dos ossos timpânico e periótico das seis espécies descritas neste estudo.

| Caracterização morfológica | | | | | | |
|--|---|---|---|---|---|---|
| Característica | <i>Peponocephala electra</i> | <i>Pseudorca crassidens</i> | <i>Sotalia guianensis</i> | <i>Stenella attenuata</i> | <i>Stenella longirostris</i> | <i>Tursiops truncatus</i> |
| Timpânico | | | | | | |
| Vista lateral do osso timpânico | Profundamente côncava | Levemente côncava | Profundamente côncava | Moderadamente côncava | Levemente côncava | Moderadamente côncava |
| Processo posterior | Fino, retangular e projetado lateralmente | Espesso, triangular e projetado pósterolateralmente | Espesso, retangular e projetado pósterolateralmente | Espesso, arredondado e projetado no sentido ventral | Espesso, triangular e projetado pósterolateralmente | Espesso, arredondado e projetado no sentido ventral |
| Proeminência Posterior interna | Moderadamente fina e arredondada | Moderadamente fina e pontiaguda | Fina e arredondada | Fina e pontiaguda | Fina e pontiaguda | Moderadamente espessa e arredondada |
| Proeminência Posterior externa | Espessa e redonda e saliente | Espessa, redonda e saliente | Espessa, oval e saliente | Moderadamente espessa e oval | Moderadamente fina e pontiaguda | Espessa e oval |
| Corte interproeminencial | Profundo | Profundo | Profundo | Superficial | Profundo | Superficial |
| Menor abertura timpânica | Larga | Estreita | Larga | Larga | Estreita | Larga |
| Cume malar | Marcado | Marcado | Marcado | Marcado | Marcado | Marcado |
| Ossículo acessório | Proeminente | Proeminente | Proeminente | Proeminente | Proeminente | Proeminente |
| Processo sigmoide | Fino e curvo na direção anterior | Largo e curvo na direção anterior | Fino e reto | Fino e curvo na direção anterior | Fino e curvo na direção posterior | Fino e reto |
| Forame elíptico | Aberto | Aberto | Aberto | Aberto | Aberto | Aberto |
| Periótico | | | | | | |
| Porção coclear | Globosa e espessa, com ápice central | Globosa e espessa, com ápice central | Globosa e espessa, com o ápice apontado para a região posterior | Globosa e espessa, com o ápice apontado para a região posterior | Globosa e espessa, com o ápice apontado para a região posterior | Globosa e espessa, com ápice central |
| Abertura do aqueduto coclear | Borda pouco proeminente | Borda pouco proeminente | Borda proeminente | Borda proeminente (orifício entre aq. e a janela coclear) | Borda pouco proeminente | Borda proeminente |
| Abertura do aqueduto vestibular | Larga, Irregular e rugosa | Larga, arredondada e rugosa | Estreita, irregular e lisa | Estreita, arredondada e lisa | Estreita, arredondada e lisa | Larga, arredondada e lisa |
| Crista parabular | Rugosa | Rugosa | Lisa | Lisa | Lisa | Rugosa |
| Janela coclear | Mais distante do aq. Coclear | Mais distante do aq. coclear | Mais próxima do aq. Coclear | Mais próxima do aq. Coclear | Mais próxima do aq. Coclear | Mais distante do aq. coclear |
| Borda do meato acústico interno | Retilínea | Leve protuberância | Protuberância pontiaguda na altura da crista transversal | Leve protuberância | Leve protuberância | Leve protuberância |
| Crista transversal | Ausente/curta | Ausente | Presente | Ausente | Presente | Presente |

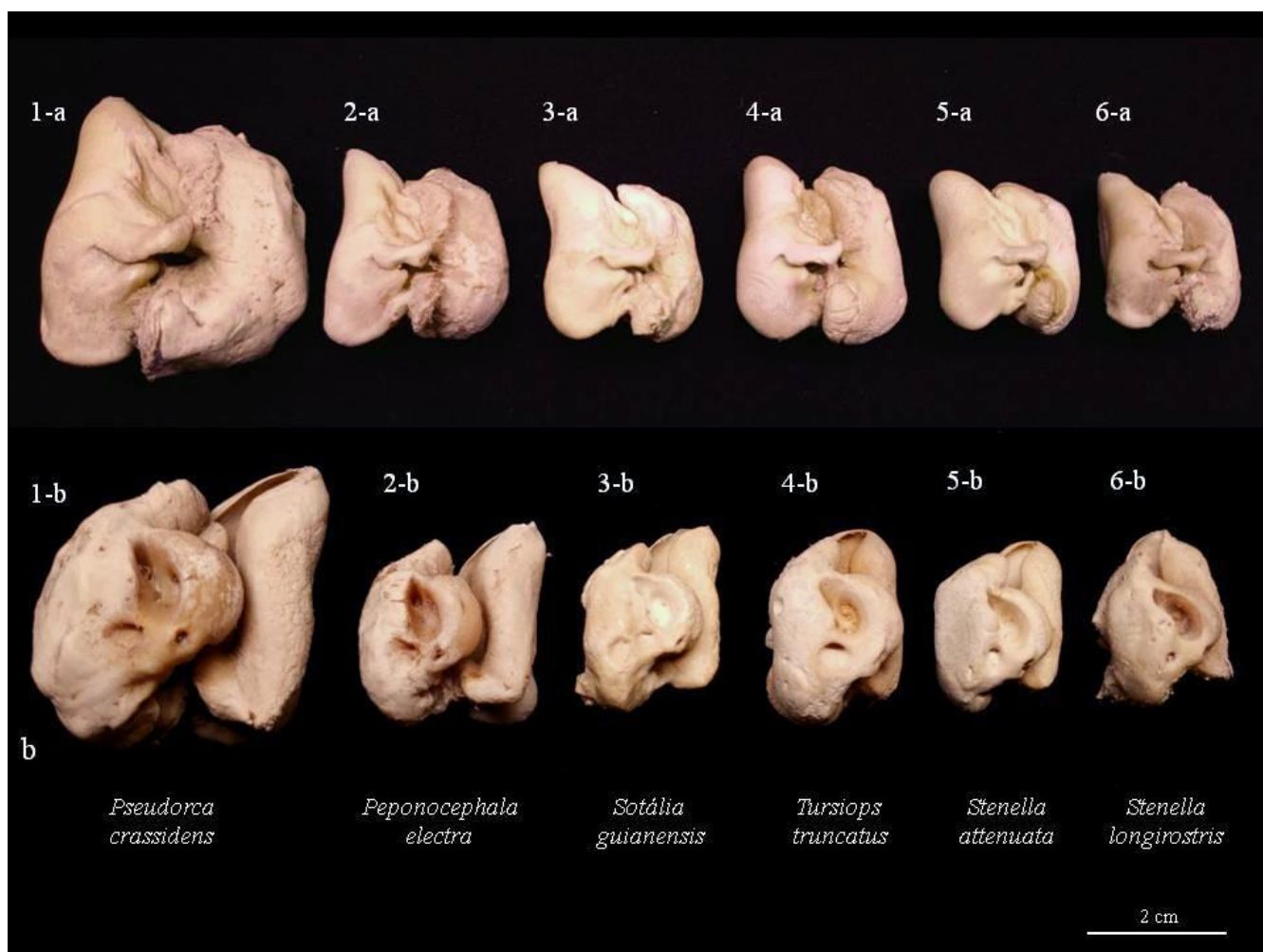


Figura 6 Exemplos dos complexos tímpano-perióticos das 6 espécies registradas: 1-*Pseudorca crassidens* (PSE01), 2- *Peponocephala electra* (PEP02), 3-*Sotalia guianensis* (SOT13), 4- *Tursiops Truncatus* (TUR02), 5-*Stenella attenuata* (ATT02) e 6- *Stenella longirostris* (LON02). a) visão lateral e b) visão dorsomedial. Fotografias: Acervo pessoal.

4. DISCUSSÃO

Estudos morfológicos dos complexos tímpano-perióticos de cetáceos têm sido realizados com objetivo de se compreender melhor estas estruturas e suas variações evolutivas (Gutstein, 2014), interespecíficas (Kasuya, 1973; Parente et al., 1999; Morell et al., 2007; Moreno, 2008) e populacionais (Arcoverde, 2014; Rigon, 2015).

Considerando que o tamanho, a composição e a forma determinam os parâmetros vibracionais de qualquer estrutura, pode-se afirmar que descrições morfológicas dessas estruturas são de extrema importância para compreender as frequências auditivas e conseqüentemente o habitat e comportamento das diferentes espécies (Cranford et al. 2008, 2010; Cranford e Krysl 2012)

Além disso, o aumento de atividades antrópicas geradoras de ruídos e a necessidade de conhecimento sobre a magnitude desses impactos faz com que o

conhecimento acerca destas estruturas sejam uma peça chave para a mitigação desses impactos e conservação das espécies.

4.1 Morfometria

As médias morfométricas apresentadas neste estudo para os ossos timpânicos e perióticos da espécie *S. guianensis*, no estado do Rio Grande do Norte, foram semelhantes às médias encontradas em estudos anteriores para localidades próximas (Parente, 1999; Arcoverde 2014). Observando as médias obtidas para o comprimento do osso timpânico (M1) e o comprimento do osso periótico (M14) neste estudo (33,88mm e 30,86mm), consideradas como as duas principais medidas representativas de cada osso, é possível verificar a semelhança com as mesmas médias obtidas no estudo de Parente (1999), realizado com espécimes coletados no Ceará (33,8mm e 29,6mm).

Arcoverde (2014), verificou valores semelhantes para 4 diferentes populações, nos estados do Pará (32,64mm e 29,08mm), Maranhão (33,36mm e 28,48mm), Ceará (34,03mm e 30,55mm) e Rio de Janeiro (34,09mm e 31,04mm), sendo a população do Ceará a que apresentou as médias morfométricas dos ossos timpânico e periótico mais semelhantes às deste estudo.

A espécie *S. guianensis* apresenta hábitos estuarinos e/ou costeiros e pode ser encontrada em regiões tropicais e subtropicais do Oceano Atlântico, incluindo a América do Sul e América Central, até as proximidades de Honduras (da Silva & Best, 1996). De acordo com Cunha et al. (2010), existem pelo menos seis unidades de manejo para esta espécie no Brasil; Pará, Ceará, Rio Grande do Norte, Bahia, Espírito Santo e uma unidade do Rio de Janeiro a Santa Catarina, apresentando algumas variações morfológicas, indicando uma restrição no fluxo gênico entre populações, provavelmente relacionado ao seu comportamento residente.

Além disso, as médias encontradas neste estudo, para a população de *S. guianensis* do Rio Grande do Norte, apresentaram um valor maior que as médias das populações do Norte e menor que as médias das populações do Sul, estando de acordo com estudos anteriores que afirmam existir um padrão de crescimento do crânio em latitudes crescentes (Cunha et al., 2005; Cunha et al., 2010). Este fato pode estar relacionado à regra de Bergman, que afirma que populações de maior porte são geralmente encontradas em ambientes mais frios, o que pode também estar relacionado a disponibilidade de luz,

alimento, presença de predadores e variações comportamentais.

No caso das demais espécies registradas neste estudo, com exceção da espécie *T. truncatus*, que devido a sua ampla distribuição apresenta um maior número de dados morfológicos, poucos são os estudos disponíveis que contemplam a morfometria dos complexos tímpano-perióticos, permitindo uma análise comparativa com este estudo.

As medidas mínimas e máximas obtidas para o comprimento do osso timpânico (33,32mm/ 36,95 mm) e para o comprimento do osso periótico (31,04mm/ 31,6mm) da espécie *T. tuncatus*, foram semelhantes às medidas registradas no estudo de Rigon (2015), com espécimes do Sul do Brasil, Argentina e Uruguai, considerando o comprimento do timpânico (33,18mm/41,24mm) e comprimento do periótico (28,06mm/ 37,38mm) para os complexos direito e esquerdo. No estudo de Ketten (1990) realizado com espécimes coletados no oeste do Atlântico Norte, com as medidas do comprimento do timpânico (21,4mm/ 34,0mm) e comprimento do periótico (19,08mm/ 31,6mm) e Parente (1999) realizado com espécimes do Ceará, também é possível observar uma semelhança com as medidas obtidas neste estudo para o comprimento do osso timpânico (37mm) e do osso periótico (34,8 mm), porém Parente (1999) realizou a média de 2 exemplares, não estando disponíveis valores mínimos e máximos.

Portanto, é possível observar que diferente do encontrado para a espécie *S. guianensis*, para a espécie *T. truncatus* não foi possível observar um padrão na variação geográfica das medidas, obtendo em cada estudo uma ampla variabilidade entre os comprimentos mínimos e máximos dos complexos em cada localização. Esta condição pode estar relacionada a existência de diferentes populações, não apenas em caráter latitudinal como longitudinal.

No estudo transoceânico realizado por Natoli et al. (2004), foi observado que as populações costeiras de *T. truncatus* apresentavam menor variabilidade genética e, na maioria dos casos, eram significativamente diferentes dos grupos pelágicos. Além disso, Hohl (2020), avaliando variações cranianas, verificou uma clara distinção entre indivíduos que habitam os oceanos Atlântico e Pacífico, sendo as populações do Oceano Atlântico, diferenciadas entre as regiões leste (Reino Unido + África do Sul / Namíbia) e oeste (América do Sul), o que explicaria essa variabilidade entre as medidas mínimas e máximas obtidas para os complexos.

Para a espécie *P. electra* as medidas mínimas e máximas obtidas neste estudo para o timpânico (35,56mm/ 36,93mm) e para o periótico (31,7mm/34,06mm) foram

semelhantes aos dois estudos anteriormente realizados (Kasuia, 1973; Parente, 1999). Sendo o estudo de Kasuia (1973) com medidas máximas e mínimas do timpânico (34,0mm/ 37,9mm) e do periótico (30,8mm/34,2mm) para espécimes coletados no Japão e Parente (1999) com uma média obtida para o timpânico (35,8mm) e para o periótico (32,4mm), sendo este com espécimes coletados no Brasil, mais especificamente no Ceará.

Esta semelhança entre as medidas de diferentes populações pode estar relacionada aos hábitos oceânicos e migratórios da espécie, além de seu comportamento altamente social, vivendo em grandes agregações formadas por grupos menores, sendo avistada em regiões costeiras apenas quando essas possuem áreas profundas próximas a costa (Perryman and Danil, 2018). Estudos genéticos realizados para esta espécie com diferentes populações dos oceanos Pacífico, Índico e Atlântico sugerem que há um nível relativamente alto de cruzamento entre as populações, indicando uma movimentação constante entre indivíduos de diferentes grupos, gerando um elevado fluxo gênico (Martien et al., 2017).

No que se refere à espécie *S. attenuata*, não existem ainda registros disponíveis na literatura que apresentem dados morfométricos dos complexos para populações registradas no Brasil. Estudos anteriores foram registrados para espécimes do Japão (Kasuia, 1973), Pacífico Oriental (Perrin, 1975) e Oeste do Atlântico Norte (Ketten, 1990). No entanto, as medidas mínimas e máximas obtidas neste estudo para o comprimento do osso timpânicos (28,41mm/ 28,53mm) e para o comprimento do osso periótico (28,02mm/ 28,9mm) encontram-se dentro do intervalo de comprimento mínimo e máximo encontrados nos estudos de Ketten (1990) para o timpânico (18,7mm/ 30,9mm) e periótico (19,3mm/ 28,5mm), apresentando uma pequena variação das populações registradas por Kasuia (1973) para o timpânico (30,01mm/33,8mm) e periótico (26,2mm/ 29,6mm) e por Perrin (1975) para o timpânico (29,0mm/ 33,0mm) e Periótico (25,0mm/ 29,0mm). Esta variação de medidas da espécie podem estar relacionadas a sua ampla distribuição e diferentes hábitos, podendo ser costeiros ou oceânicos.

No estudo de Perrin (2001), foram identificados diferentes comprimentos e medidas cranianas para diferentes populações de *S. attenuata*. Os crânios de subespécies costeiras do Pacífico tropical oriental registraram os maiores tamanhos os enquanto que os oceânicos do Pacífico ocidental foram os menores. Considerando o Pacífico ocidental, Oceano Índico e Atlântico, foram registrados valores intermediários, estando estas

condições de acordo com as medidas encontradas para os complexos neste estudo, que foram menores que as encontradas nos estudos de Kasuia (1973) e Perrin (1975) para o Pacífico Oriental.

Com relação a espécie *S. longirostris*, também não foram encontrados na literatura, dados morfométricos dos complexos para populações registradas no Brasil, sendo as únicas medidas registradas no estudo de Kasuia, (1973), com espécimes do Pacífico Oriental. As medidas obtidas neste estudo para o comprimento do osso timpânico (25,93mm/29,9mm) e para o comprimento do osso periótico (26,31mm/27,08mm) apresentaram uma pequena variação em relação as medidas obtidas no estudo de Kasuia (1973) para o comprimento do timpânico (28,4mm/30,4mm) e do periótico (24,3mm/24,4mm).

Esta variação entre as medidas é esperada e está de acordo com estudos anteriores que afirmam a existência de subespécies com variações morfológicas. De acordo com o Perrin et al. (1990;1999) são atualmente reconhecidas quatro subespécies: a *Stenella longirostris longirostris* (golfinho rotador pantropical), *Stenella longirostris orientalis* (golfinho rotador oriental) e *Stenella longirostris centroamericana* (golfinho rotador centro-americano) e *Stenella longirostris roseiventris* (golfinho rotador anão), sendo o golfinho rotador pantropical a provável espécie registrada neste estudo devido a sua ocorrência em todas as águas tropicais e subtropicais ao redor do mundo, entre aproximadamente 30–40 ° N e 20–40 ° S (Jefferson et al., 2018).

Da mesma forma, para a espécie *P. crassidens* também não foram registrados na literatura estudos anteriores que apresentassem dados morfométricos para os complexos tímpano-perióticos de espécimes registrados no Brasil. As únicas medidas registradas, foram descritas para populações do norte do Atlântico e do Pacífico, no estudo de Kasuia (1973). Neste estudo, as medidas mínimas e máximas obtidas para o comprimento do timpânico (48,7mm/50,35mm) e para o comprimento do periótico (43,3mm/44,62mm) estiveram dentro dos padrões mínimos e máximos obtidos no estudo de Kasuia (1973) para o timpânico (47,7mm/50,5mm) e o periótico (42,8mm/49,0mm). Esta semelhança entre as medidas obtidas nas diferentes populações, pode estar relacionada aos seus hábitos que, assim como a espécie *P. electra*, apresenta um comportamento social e gregário, sendo geralmente avistados em grande grupos com centenas de indivíduos (Baird et al., 2008) gerando um fluxo gênico entre as diferentes populações.

4.2 Variações ontogenéticas

A ausência de variações ontogenéticas na análise morfométrica dos ossos timpânicos e perióticos constatada neste estudo para a espécie *S. guianensis*, assim como a semelhança observada entre as medidas obtidas para os ossos timpânicos e perióticos dos indivíduos juvenis e adultos das espécies *P. electra* e *S. longirostris*, foram consistentes com os resultados encontrados em estudos anteriores.

Kasuya (1973) avaliou a relação entre o comprimento dos ossos timpânicos e perióticos e o comprimento do animal nas espécies, *Neophocaena phocaenoides*, *Globicephala macrorhynchus* e *T. truncatus* e afirmou que o comprimento da bula timpânica mostrou um pequeno aumento após o nascimento, mas o comprimento do periótico se manteve praticamente o mesmo, sugerindo uma pequena variação ontogenética nessas espécies.

Já os estudos realizados por Buffrenil (2004) com a espécie *Delphinus delphis*, Morell (2007) com 15 diferentes espécies, Arcoverde (2014) com a espécie *S. guianensis*, Cozzi (2015) com as espécies *Stenella coeruleoalba*, *Delphinus delphis* e *T. truncatus* e Lancaster (2015) com as espécies *T. truncatus* e *Pontoporia blainvillei*, relatam que indivíduos juvenis apresentavam o comprimento do osso timpânico e do osso periótico semelhantes ao de um indivíduo adulto, não apresentando variações ontogenéticas.

Morell (2007) afirma também que para todas as espécies, a proporção entre os ossos timpânicos e perióticos parece permanecer constante, o que significa que qualquer alteração em qualquer estrutura (timpânica ou periótica) reflete diretamente na outra na mesma proporção, tanto em jovens quanto em adultos.

No estudo realizado por Buffrenil (2004), foi constatado que no momento do nascimento, o crescimento dos ossos timpânico e periótico já havia sido completado, porém, a massa, compactação e densidade do periótico e timpânico aumentam rapidamente durante o primeiro ano de vida e permanecem estáveis nas fases seguintes. Isso ocorre, pois, nos primeiros anos de vida a rede vascular óssea, originalmente muito extensa, é obstruída rapidamente pelos osteônios (paquiosteosclerose) (Buffrenil, 2004), ocorrendo a hiperplasia do córtex periosteal enquanto a região do córtex é compactada sem remodelamento do osso (Domning and Buffrenil, 1991).

Lancaster, 2015 afirma que o fato dos complexos T-P estarem completamente formados no momento do nascimento, ressalta a importância funcional desta estrutura

para a sobrevivência dos cetáceos desde o início da vida, sendo essencial para o estabelecimento de uma relação mãe-filhote imediata (Cozzi, 2015). Entretanto, a variação na compactação e densidade dos ossos T-P no primeiro ano de vida é responsável por uma variação nos parâmetros vibracionais e conseqüentemente uma variação auditiva no indivíduo (Lancaster, 2015).

Assim, pode-se dizer que a maturidade auditiva desses animais é completamente alcançada após o seu primeiro ano de vida, quando a maior parte das espécies encerra o seu período de amamentação e inicia uma fase um pouco mais independente. Destaca-se que após a fase de amamentação, o indivíduo jovem inicia comportamentos mais independentes como busca por recursos alimentares e exploração de novos ambientes, situações essas que o deixarão mais expostos e que exigirão funcionalmente esta estrutura.

4.3 Caracterização morfológica

O complexo tímpano-periótico dos cetáceos é caracterizado por uma série de adaptações morfológicas específicas, sendo direta e evolutivamente relacionado ao uso do habitat, podendo caracterizar diferentes espécies (Ketten & Wartzok, 1990).

As seis espécies registradas neste estudo, encontram-se atualmente classificadas como parte da família Delphinidae (LeDuc, 2009) e apesar de ainda existirem muitas incertezas sobre as relações evolutivas entre seus gêneros e espécies, estas compartilham de características morfológicas em comum, como visto anteriormente nos estudos de Kasuya (1973), Moreno (2008), Mead and Fordyce (2009) e Wickert (2018).

Considerando as estruturas descritas neste estudo para os ossos timpânicos, foi possível observar que o cume malar, os ossículos acessórios e os forames elípticos dos indivíduos das seis espécies apresentaram as mesmas características, sendo o cume malar bem marcado, o ossículo acessório proeminente e o forame elíptico aberto. No caso do forame elíptico aberto, Kasuya (1973) afirma ser uma característica da família dos Delfínídeos. Porém Moreno (2008), em estudo sobre as relações filogenéticas desta família, afirma haver uma grande variação, podendo apresentar forame elíptico ausente, como no estudo de Parente (1999), o que pode significar uma variação populacional ou individual.

Foi possível observar também que, em todas as espécies, as proeminências

posteriores externas apresentaram uma maior espessura do que as proeminências posteriores internas, o que está de acordo com o relatado anteriormente por Kasuia (1973), sendo considerado também uma característica da família dos Delfinídeos. Porém, apesar de manterem este padrão, as proeminências posteriores internas e externas apresentaram diferentes proporções e formatos para as diferentes espécies, sendo algumas mais arredondadas e outras mais pontiagudas, podendo ser lateralizada ou reta características estas que podem auxiliar no estabelecimento de padrões para as espécies ou populações registradas. Além disso, assim como nos estudos de Kasuia (1973) e Parente (1999), as espécies aqui descritas, apresentaram os processos posteriores projetados lateralmente, póstero-lateralmente ou ventralmente, o que pode ser também considerado uma característica morfológica importante para auxiliar na identificação da espécie e/ou população.

Em relação ao osso periótico, as estruturas analisadas apresentaram uma maior variação morfológica entre as diferentes espécies. Considerando a porção coclear, de acordo com o estudo realizado por Gutstein (2014) o ducto coclear está localizado internamente à porção coclear e apresenta sua base na superfície ventral do periótico e seu ápice na superfície dorsal, estando essas estruturas fortemente relacionadas. Sendo assim, tamanhos maiores da porção coclear correspondem diretamente a tamanhos maiores do ducto coclear.

Neste estudo, foi possível observar que a porção coclear das seis espécies registradas apresentou um formato globoso e espesso, característico de espécies que apresentam hábitos marinhos e/ou estuarinos e que por utilizarem uma ampla faixa de frequências sonoras altas e baixas (Gutstein, 2014), apresentam um ducto coclear mais expandido, com um número maior de giros, comparado com espécies ribeirinhas (Costeur, 2018). No estudo de Southall et al. (2007), as espécies de cetáceos foram separadas em grupos a partir do seu espectro de frequências auditivas e as seis espécies registradas neste estudo se enquadram no grupo de média frequência (150Hz a 160 KHz), apresentando portanto um tamanho semelhante da porção coclear.

Foram identificadas ainda, algumas pequenas variações na localização dos ápices (porção mais espessa) da porção coclear, sendo as espécies *S. guianensis*, *S. attenuata* e *S. longirostris* com os ápices direcionados para a região posterior do periótico, enquanto as espécies *P. electra*, *P. crassidens* e *T. truncatus* apresentaram um ápice central. Tal diferença pode estar relacionada às frequências sonoras mais utilizadas pelas espécies em

questão, tendo em vista que cada região do ducto coclear está relacionada a uma frequência sonora diferente.

Outra característica observada em quase todas as espécies registradas neste estudo está relacionada à borda proeminente do meato acústico interno, que já havia sido anteriormente relatada por Moreno (2008) para as espécies *T. truncatus*, *S. attenuata* e *S. longirostris*, como uma característica da família Delphinidae. Esta característica, neste estudo, esteve presente em todas as espécies, com exceção da espécie *P. electra*, que apresentou uma borda retilínea.

Rigon (2015) descreveu esta característica no morfotipo *T. truncatus*, e apresentou variações para *T. geophyreus* podendo estar presente ou com a borda retilínea, não podendo ser considerada uma característica presente em toda a família Delphinidae. Ainda em relação ao meato acústico interno, podemos observar uma variação quanto à ausência e presença da crista transversal, estrutura citada anteriormente por Kasuya (1973) como sendo uma característica dos Delfínídeos.

No caso do aqueduto coclear, foi possível observar uma borda proeminente em todas as espécies, com exceção de *P. electra* e *P. crassidens*.

A análise macroscópica permitiu identificar, para os indivíduos da espécie *S. attenuata*, uma abertura entre o aqueduto coclear e a janela coclear ainda não descrita na literatura para a espécie. Tal estrutura pode ser uma característica existente na população local, sendo necessárias avaliações mais aprofundadas para confirmação. Esta estrutura foi nomeada neste trabalho como "abertura mesococlear".

Foi possível observar também que, em relação às estruturas dos ossos periótico, as espécies *S. guianensis*, *S. attenuata* e *S. longirostris* apresentaram um maior número de características semelhantes, sendo essas a região do ápice da porção coclear (central), a largura do aqueduto vestibular (estreita), a superfície da crista parabular (lisa) e a maior proximidade entre o aqueduto coclear e a janela coclear. Essas semelhanças podem ser decorrentes de uma possível relação filogenética mais próxima, tendo em vista que as relações entre os diferentes gêneros da família Delphinidae ainda não foram muito bem estabelecidos, assim como podem ser características populacionais, decorrentes da geomorfologia da região da Bacia Potiguar.

Baseado na observação visual das estruturas ósseas dos complexos tímpano-perióticos, pode se afirmar então que as características morfológicas consideradas mais

representativas para a definição da espécie seriam, para o timpânico; o processo posterior, as proeminências interna e externa e o processo sigmóide. Enquanto que para o periótico seriam; a porção coclear e as aberturas do aqueduto coclear e vestibular e a crista parabular. Estas características mostraram-se de grande importância, pois apesar de apresentarem variações morfológicas entre as diferentes espécies, estas apresentaram pouca variação individual, podendo ser um ponto chave na identificação de padrões taxonômicos e populacionais.

5. CONCLUSÃO

No presente estudo foi possível analisar e descrever aspectos relacionados às características morfológicas dos complexos tímpano-perióticos das espécies *Peponocephala electra*, *Pseudorca crassidens*, *Sotalia guianensis*, *Stenella attenuata*, *Stenella longirostris* e *Tursiops truncatus*, registradas no litoral do Rio Grande do Norte, permitindo elucidar as seguintes conclusões:

- Não foram observadas variações ontogenéticas significativas dos complexos tímpano-perióticos para as espécies *S. guianensis*, *P. electra* e *S. Longirostris*, que foram as espécies que apresentaram dados para as diferentes faixas etárias
- As seis espécies estudadas compartilharam de características morfológicas semelhantes. Com destaque para espécies *S. guianensis*, *S. attenuata* e *S. longirostris* o que pode indicar uma maior relação evolutiva entre estas.
- As características morfológicas mais representativas para a definição da espécie foram, para o timpânico: o processo posterior, as proeminências interna e externa e o processo sigmóide. Para o periótico: a porção coclear e as aberturas do aqueduto coclear e vestibular e a crista parabular.
- A análise macroscópica permitiu identificar, para indivíduos da espécie *S. attenuata*, um orifício entre o aqueduto coclear e a janela coclear ainda não descrito na literatura para a espécie, sendo esta nomeada neste estudo como "abertura mesococlear".

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arcoverde, D. L., Emin-Lima, R., Costa, A. F., Di Benedetto, A. P. M., Siciliano, S., Sena, L., ... & José De Sousa Jr, E. S. (2014). Evaluation of periotic-timpanic bone complex of *Sotalia guianensis* (Cetacea: Delphinidae) as tool in identification of geographic variations. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 94(6), 1127.

Ary, W., Cranford, T. W., Berta, A., & Krysl, P. (2016). Functional morphology and symmetry in the odontocete ear complex. In *The Effects of Noise on Aquatic Life II* (pp. 57-64). Springer, New York, NY.

Au, W. W. (2000). Hearing in whales and dolphins: An overview. In *Hearing by whales and dolphins* (pp. 1-42). Springer, New York, NY.

Baird, R.W. et al. (10 authors). (2008). False Killer Whales (*Pseudorca crassidens*) around the main Hawaiian Islands: long-term site fidelity, inter-island movements, and association patterns. *Marine Mammal Science*. 24, 591–612

Benedito, A. P. M. Di; Siciliano, S.; Ramos, R. M. A. (2010) Cetáceos: Introdução à biologia e a metodologia básica para o desenvolvimento de estudos. Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública. Rio de Janeiro, Brasil.

Berta, A., Sumich, J. L., & Kovacs, K. M. (2006). Sound production for communication, echolocation, and prey capture. *Marine Mammals. Evolutionary Biology. Second edition. Elsevier, San Diego*, 270-311.

Borobia, M. (1989). *Distribution and morphometrics of South American dolphins Sotalia. 81p* (Doctoral dissertation, PhD Dissertation, McGill University, Montreal).

Costeur, L., Grohé, C., Aguirre-Fernández, G., Ekdale, E., Schulz, G., Müller, B., & Mennecart, B. (2018). The bony labyrinth of toothed whales reflects both phylogeny and habitat preferences. *Scientific reports*, 8(1), 1-6.

Cozzi, B., Podestà, M., Vaccaro, C., Poggi, R., Mazzariol, S., Huggenberger, S., & Zotti, A. (2015). Precocious ossification of the tympanoperiotic bone in fetal and newborn dolphins: an evolutionary adaptation to the aquatic environment?. *The Anatomical Record*, 298(7), 1294-1300.

Cozzi, B., Huggenberger, S., & Oelschläger, H. A. (2016). Anatomy of dolphins: insights into body structure and function. *Academic Press*.

Cranford, T. W., Krysl, P., & Amundin, M. (2010). A new acoustic portal into the odontocete ear and vibrational analysis of the tympanoperiotic complex. *PLoS One*, 5(8), e11927.

Cranford, T. W., & Krysl, P. (2012). Acoustic function in the peripheral auditory system of Cuvier's Beaked Whale (*Ziphius cavirostris*). In *The Effects of Noise on Aquatic Life* (pp. 69-72). Springer, New York, NY.

Cunha H.A., da Silva V.M.F., Lailson-Brito J., Santos M.C.O., Flores P.A.C., Martin A.R., Azevedo A.F., Fragoso A.B.L., Zanelatto R.C. and Sole-Cava A.M. (2005) Riverine and marine ecotypes of *Sotalia* dolphins are different species. *Marine Biology* 148, 449–457.

Cunha, H. C., Da Silva, V. M. F., & Solé-Cava, A. M. (2010). Molecular ecology and systematics of *Sotalia* dolphins. *Biology, Evolution and Conservation of River Dolphins within South America and Asia*. New York: Nova Science, 261-283.

Da Silva, V. M., & Best, R. C. (1996). Freshwater dolphin/fisheries interaction in the Central Amazon (Brazil). *Amazoniana: Limnologia et Oecologia Regionalis Systematis Fluminis Amazonas*, 14(1/2), 165-175.

De Buffrénil, V., Dabin, W., & Zylberberg, L. (2004). Histology and growth of the cetacean petro-tympanic bone complex. *Journal of Zoology*, 262(4), 371-381.

Domning, D. P., & de Buffrénil, V. (1991). Hydrostasis in the Sirenia: quantitative data and functional interpretations. *Marine mammal science*, 7(4), 331-368.

Guia de Ilustrado de Identificação de Cetáceos e Sirênios do Brasil – ICMBio/CMA 2ª Edição-- Brasília, DF: ICMBio/CMA, 2020

Gutstein, C. S., Figueroa-Bravo, C. P., Pyenson, N. D., Yury-Yañez, R. E., Cozzuol, M. A., & Canals, M. (2014). High frequency echolocation, ear morphology, and the marine–freshwater transition: A comparative study of extant and extinct toothed whales. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 400, 62-74.

Hohl, L. S., Sicuro, F. L., Wickert, J. C., Moreno, I. B., Rocha-Barbosa, O., & Barreto, A. S. (2020). Skull morphology of bottlenose dolphins from different ocean populations with emphasis on South America. *Journal of Morphology*, 281(6), 564-577.

Jefferson, T. A., & LeDuc, R. (2018). Delphinids, overview. *Encyclopedia of Marine Mammals*, 242–246. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-804327-1.00101-1>

Kasuya, T. (1973). Systematic consideration of recent toothed whales based on the

morphology of tympano-periotic bone. *Scientific Reports of the Whales Research Institute*, 25, 1-103.

Ketten, D. R., & Wartzok, D. (1990). Three-dimensional reconstructions of the dolphin ear. In *Sensory abilities of cetaceans* (pp. 81-105). Springer, Boston, MA.

Ketten, D. R., Cramer, S. R., & Arruda, J. (2007). *A manual for the removal, fixation and preservation of cetacean ears*. Woods Hole Oceanographic Institution.

Lancaster, W. C., Ary, W. J., Krysl, P., & Cranford, T. W. (2015). Precocial development within the tympanoperiotic complex in cetaceans. *Marine Mammal Science*, 31(1), 369-375.

LeDuc, R. (2009). Delphinids, overview. In *Encyclopedia of marine mammals* (pp. 298-302). Academic Press.

Martien, K. K., Leslie, M. S., Taylor, B. L., Morin, P. A., Archer, F. I., Hancock-Hanser, B. L., ... & Cipriano, F. (2017). Analytical approaches to subspecies delimitation with genetic data. *Marine Mammal Science*, 33(S1), 27-55.

Mead, J.G. and R. E. Fordyce (2009). *The Therian Skull : A Lexicon with Emphasis on the Odontocetes*. Smithsonian contribution zoology. 627pp Washington D.C.

Monteiro-Filho, E. L. D. A., Monteiro, L. R., & dos Reis, S. F. (2002). Skull shape and size divergence in dolphins of the genus *Sotalia*: a tridimensional morphometric analysis. *Journal of Mammalogy*, 83(1), 125-134.

Morell, M., Degollada, E., Van Der Schaar, M., Alonso, J. M., Delory, E., López, A., ... & André, M. (2007). Comparative morphometry of odontocete ears through computerized tomography. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 87, 69-76.

Moreno, I. B. (2008). Relações filogenéticas entre os golfinhos da família Delphinidae: mammalia: cetacea.

Natoli, A., V. M. Peddemors and A. R. Hoelzel. (2004). Population structure and speciation in the genus *Tursiops* based on microsatellite and mitochondrial DNA analyses. *Journal of Evolutionary Biology* 17:363-375.

Parente, C. L., Alves, M. I. M., Furtado Neto, M. A. D. A., & Monteiro Neto, C. (1999). Estudo da morfologia dos ossos tímpano-perióticos de cetáceos da subordem odontoceti (Mammalia: Cetacea).

- Perrin, W. F. (1975). Variation of spotted and spinner porpoise (genus *Stenella*) in the eastern Pacific and Hawaii.
- Perryman, W. L., & Danil, K. (2018). Melon-headed whale: *Peponocephala electra*. In *Encyclopedia of marine mammals* (pp. 593-595). Academic Press.
- Rigon, C. T. (2015). O complexo tímpano-periótico do gênero *Tursiops* (CETARTIODACTYLA: DELPINIDAE) no Atlântico Sul Ocidental.
- Simões-Lopes, P. C. (2006). Morfologia do sínclânio do boto-cinza, *Sotalia guianensis* (PJ van Bénédén)(Cetacea, Delphinidae). *Revista Brasileira de Zoologia*, 23(3), 652-660.
- Southall, B.L., A.E. Bowles, W.T. Ellison, J.J. Finneran, R.L. Gentry, C.R. Greene, Jr., D. Kastak, D.R. Ketten, J.H. Miller, P.E. Nachtigall, W.J. Richardson, J.A. Thomas, and P.L. Tyack. 2007. Marine mammal noise exposure criteria: Initial scientific recommendations. *Aquatic Mammals* 33:411-521.
- Tavares, M., Moreno, I. B., Siciliano, S., Rodriguez, D., Santos, M. C. O., Lailson-Brito, J., & Jr Fabián, M. E. (2010). Biogeography of common dolphins (genus *Delphinus*) in the Southwestern Atlantic Ocean. *Mammal Review*, 40, 40–64.
- Thewissen, J. G., & Williams, E. M. (2002). The early radiations of Cetacea (Mammalia): evolutionary pattern and developmental correlations. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 33(1), 73-90.
- Tyack, P. L.; Clark, C. W. (2000) Communication and Acoustic Behavior of Dolphins and Whales. In: [s.l: s.n.]p. 156–224.
- Vater, M., & Kössl, M. (2011). Comparative aspects of cochlear functional organization in mammals. *Hearing research*, 273(1-2), 89-99.
- Wickert, J. C. (2018). Relações filogenéticas da subfamília Delphininae (Delphinidae: Cetartiodactyla).

CAPÍTULO 2

PADRÃO DE ENCALHES DE CETÁCEOS DURANTE ATIVIDADES
DE PESQUISAS SÍSMICAS NO NORDESTE DO BRASIL

Capítulo 2.

Padrão de Encalhes de Cetáceos durante atividades de pesquisas sísmicas no Nordeste do Brasil.

Gabriela Colombini Corrêa¹, Ana Bernadete Lima Fragoso², Flávio José de Lima Silva²,
Simone Almeida Gavilan¹

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Programa de Pós Graduação em Biologia Estrutural e Funcional. Projeto Cetáceos da Costa Branca.
(gabi.colombini@hotmail.com)

² Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. Projeto Cetáceos da Costa Branca

Será submetido para a revista Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom

RESUMO

É conhecido que a poluição sonora pode gerar diversas respostas comportamentais, fisiológicas ou acústicas nos cetáceos. Atualmente, as fontes sonoras de maior preocupação são as provenientes de navios, exploração sísmica e sonares, isto devido a sua alta intensidade e curta duração que podem causar danos físicos e perda de sensibilidade auditiva em mamíferos marinhos. No entanto estes estudos ainda são recentes e não se sabe ao certo a magnitude desses impactos nos cetáceos. Neste contexto, o presente estudo objetivou descrever a diversidade e o padrão de encalhes de cetáceos na região do Rio Grande do Norte, antes e durante a realização de atividades de pesquisas sísmicas, buscando investigar os potenciais impactos causados por estas. Os encalhes foram registrados nos períodos de ocorrência de dois projetos de Pesquisas Sísmicas, denominados de PCS01 (21 de Outubro de 2017 a 18 de Junho de 2018 com área de aquisição sísmica entre o litoral setentrional do Rio Grande do Norte e parte do Ceará, à 27,32km da costa) e PCS02 (28 de Novembro de 2018 a 25 de Setembro de 2019), com área de aquisição sísmica em frente ao litoral setentrional e parte do oriental, no Rio Grande do Norte, à 41 km da costa. Foram avaliados também os encalhes referentes aos mesmos períodos, nas mesmas áreas, em anos anteriores, sem a ocorrência das atividades de pesquisa sísmica, o PSS01 (28 de Novembro de 2016 a 25 de Setembro de 2017) e o PSS02 (21 de Outubro de 2015 a 18 de Junho de 2016). Para todos os registros de encalhes foram coletados dados como a localização, espécie, biometria, classe etária, sexo e registros fotográficos. Quando encontrado em estado inicial de decomposição os animais eram encaminhados para necropsia. Sendo assim, foi possível observar, a partir dos registros obtidos em cada litoral, que durante o período das atividades sísmicas 01 e 02, foi observada uma redução do número de registros de encalhes nas áreas de maior impacto, concomitante com o aumento desses em outras áreas de menor ou nenhum impacto. Presumindo um possível afastamento ou alteração de rota, em decorrência do impacto causado pelos elevados ruídos sísmicos. Além disso, foram apresentados três casos de encalhes que apresentaram alterações morfológicas e sinais de embolia gasosa, compatíveis com possíveis impactos causados pelas atividades sísmicas.

Palavras-chave: embolia gasosa, impactos sonoros, ruídos sísmicos.

ABSTRACT

It is known that sound can generate several behavioral, physiological or acoustic responses in cetaceans. Currently, the sound sources of greatest concern are those coming from ships, seismic and sonar exploration, this due to its high intensity and duration that can cause physical damage and loss of hearing sensitivity in marine mammals. However, these studies are still recent and the magnitude of impacts on cetaceans is uncertain. In this context, the present study aimed to describe the diversity and pattern of strandings of cetaceans in the region of Rio Grande do Norte, before and during the performance of seismic research activities, to assess their potential impacts. There was an occurrence of two seismic research projects, called PCS01 and PCS02. PCS01 (21 October 2017 to 18 June 2018) had a seismic acquisition area between the northern coast of Rio Grande do Norte and part of Ceará, 27.32 km from the coast. PCS02 (28 November 2018 to 25 September 2019) had a seismic acquisition area in front of the northern coast and part of the east, in Rio Grande do Norte, 41 km from the coast. Strandings for the same periods, in the same areas, were also evaluated in previous years, without the occurrence of seismic research activities, PSS01 (28 November 2016 to 25 September 2017) and PSS02 (21 October 2015 to June 18, 2016). For all stranding records, data such as location, species, biometrics, age class, sex and photographic records were collected. When found in an initial state of decomposition, the animals were sent for necropsy. Thus, it was possible to observe, from the records obtained in each coast, during the period of seismic activities 01 and 02, a reduction in the number of strandings in the areas of greatest impact was observed, concomitant with those increased in other areas of less or no impact. Our study suggests that it could have been a possible departure or alteration of route of the cetaceans of the area, due to the impact by the high intensity levels of seismic surveys. In addition, post-mortem examinations of three stranded individuals showed morphological alterations and signs of gas embolism, compatible with possible impacts due to seismic activities.

Keywords: gas embolism, sound impacts, seismic noise.

1. INTRODUÇÃO

A atividade de pesquisa sísmica é um dos métodos geofísicos mais utilizados para o mapeamento da subsuperfície. Considerando-se os levantamentos marítimos, este método consiste na geração artificial de ondas de energia, através de canhões de ar comprimido (“airguns”) que emitem pulsos intervalados (10–15 seg.) de alta intensidade. Essas ondas de energia são direcionadas à crosta terrestre e ao entrar em contato com as diferentes camadas geológicas, geram diferentes ondas que são refletidas e captadas por uma rede de hidrofones presentes na superfície (Barbosa; Owens, 2020). As ondas captadas são interpretadas por softwares que geram imagens sobre a conformação das camadas rochosas (Vilardo, 2007). Este método é utilizado principalmente para mapear áreas de interesse exploratório.

Nos últimos 15 anos de ações exploratórias de sísmica no Brasil (2005-2019) houve um aumento significativo da demanda, sendo essas atividades cada vez mais concentradas nas mesmas áreas, revelando um cenário crítico de sobreposição e adensamento espaço temporal de empreendimentos, gerando possíveis impactos sinérgicos ou cumulativos ainda pouco estudados e desconhecidos sobre a fauna marinha (Barbosa and Owens, 2020).

É conhecido que ruídos antrópicos, dependendo da intensidade, frequência e duração podem gerar diversas respostas comportamentais, fisiológicas ou acústicas nos cetáceos (Nowacek et al., 2007). Atualmente, as fontes sonoras antrópicas de maior preocupação são as provenientes de navios, exploração sísmica e sonares (Nowacek et al., 2007), isto devido a sua alta intensidade e curta duração que podem causar danos físicos e perda de sensibilidade auditiva em mamíferos marinhos (Bailey et al., 2010).

Os disparos dos canhões sísmicos produzem sons de 235-263 dB, tão altos quanto terremotos ou vulcões submarinos e podem ser prejudiciais aos ouvidos dos cetáceos, tendo em vista que o seu limiar auditivo varia entre aproximadamente 110- 190 dB. Estes disparos muito altos e intensos geram uma variação de pressão abrupta no meio, que a depender da intensidade, frequência e duração, podem gerar impactos temporários ou permanentes, físicos, fisiológicos e comportamentais, levando potencialmente ao encalhe ou morte desses animais (Udoinyang; Igboekwe, 2012).

O encalhe de mamíferos marinhos é um evento descrito como a presença de um animal marinho na terra, estando morto ou vivo em casos onde o mesmo não consegue retornar para água ou quando este necessita de assistência (Jefferson et al., 1993).

A “síndrome da embolia gasosa e gordurosa”, assim como a doença descompressiva, vem sendo descrita em diferentes espécies de baleias-bicudas (família Ziphiidae), encalhadas em associação temporal e espacial com exercícios sísmicos militares (Jepson et al., 2003; Fernández et al., 2005), sendo uma provável causa de encalhes e mortes de cetáceos (Hildebrand, 2005). No estudo realizado por Morell (2017), é possível visualizar lesões nas células do órgão de corti da espécie *Globicephala melas* (baleia-piloto-de-peitorais-longas), possivelmente correlacionadas a ruídos antropogênicos. Além disso, mesmo sem nenhuma evidência física ou fisiológica perceptível do trauma acústico, as mortes ainda podem ser causadas pelo ruído, pois animais podem se desorientar e encalhar, o que também pode ser considerado como um sinal de trauma acústico.

Para tentar avaliar e mitigar os impactos causados por essas atividades, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) instituiu algumas condicionantes ambientais para a realização de atividades sísmicas, como a realização de monitoramento acústico, visual e o monitoramento de praias, além de instituir a parada obrigatória das atividades caso algum animal fosse detectado próximo a área de realização das sísmicas (Barbosa; Owens, 2020).

O monitoramento de praias e os registros de encalhes tem se mostrado uma das principais ferramentas para se obter informações sobre diversidade, biologia e morfologia das espécies de cetáceos. Como exemplo disso, em 2011 foi criada a Rede de Encalhes e Informação de Mamíferos Aquáticos do Brasil - REMAB, que atua em todo o território nacional e tem como finalidade viabilizar o intercâmbio de informações entre as instituições, armazenando os registros obtidos em um banco de dados nacional que pode ser acessado pelos demais pesquisadores, auxiliando no desenvolvimento da pesquisa.

Pode se dizer então, que a análise de séries temporais de encalhes permite representar de modo fiel a diversidade e ocorrência de mamíferos marinhos da costa adjacente (Pyenson, 2011; Byrd et al., 2014), além de fornecer dados sobre as possíveis *causas mortis* do animal, contribuindo para entender melhor processos que ocorrem em áreas mais afastadas da costa (Meager; Sumpton, 2016).

Sendo assim, o objetivo deste trabalho é analisar a diversidade e o padrão de encalhes de cetáceos na região do Rio Grande do Norte, antes e durante a realização de atividades de pesquisas sísmicas, buscando avaliar potenciais impactos causados por esta atividade.

2. METODOLOGIA

Os registros de encalhes de cetáceos analisados neste trabalho foram obtidos a partir do banco de dados do Projeto Cetáceos da Costa Branca- UERN (PCCB/UERN), que em parceria com o Centro de Estudos e Monitoramento Ambiental (CEMAM), executam os Projetos de Monitoramento de Praias da Bacia Potiguar (PMP-BP), realizados como Condicionantes Ambientais para a realização das atividades de Exploração de Petróleo e Gás e atividades de Pesquisa Sísmica da região.

2.1 Área de Estudo

A área de estudo compreende todo o litoral do Rio Grande do Norte e foi segmentada em duas regiões devido aos diferentes esforços de monitoramento. Para isso foram considerados o litoral setentrional e oriental, sendo o primeiro, neste estudo, limitado a oeste pelo município de Tibau ($4^{\circ}50'0.04''S$; $37^{\circ}15'5.99''O$), divisa entre os estados do RN e CE e a leste pelo município de Caiçara do Norte - RN ($5^{\circ}3'5.94''S$; $36^{\circ}2'23.30''O$), enquanto o segundo é limitado a oeste pelo município de São Bento do Norte - RN ($5^{\circ}3'5.77''S$; $36^{\circ}2'16.34''O$) e a leste pela praia do Sagi ($6^{\circ}29'9.98''S$; $34^{\circ}58'8.42''O$), município de Baía Formosa, divisa do RN com PB (Figura 1).

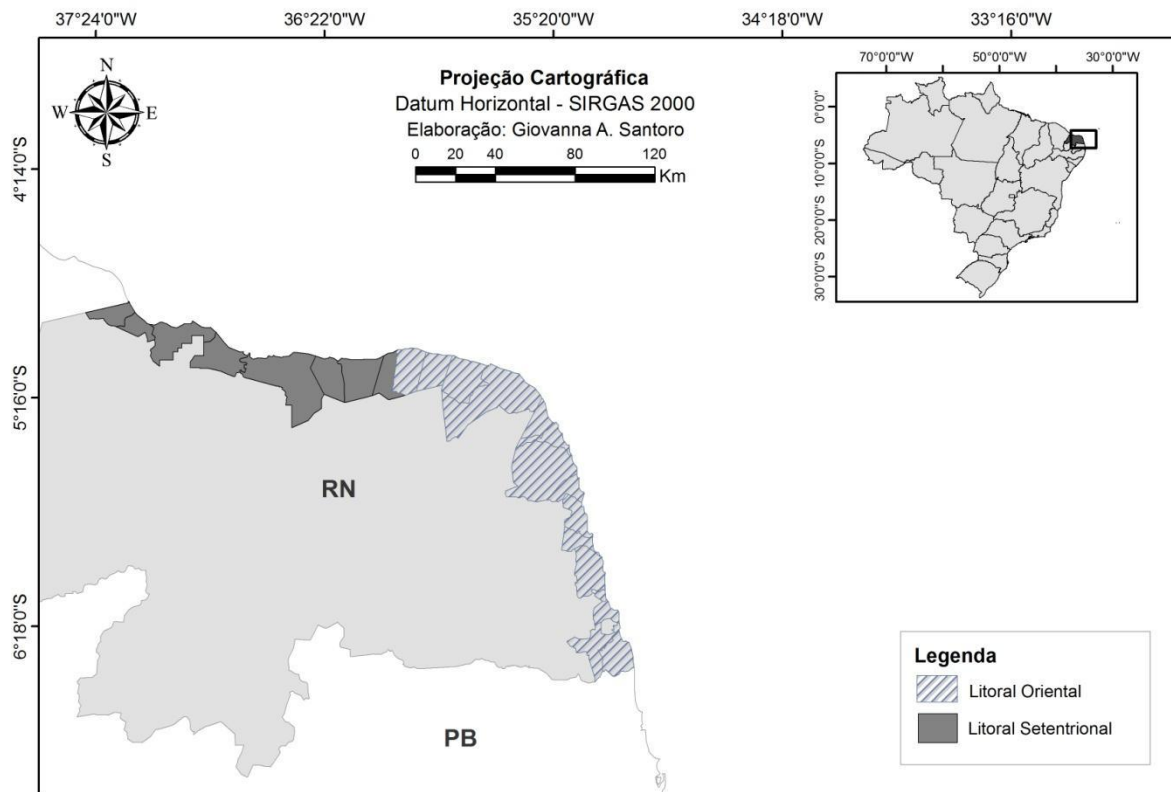


Figura 1 Área de estudo com as delimitações do litoral setentrional e oriental do Rio Grande do Norte (RN).

2.2 Coleta de dados

Para avaliar o padrão dos encalhes de cetáceos durante a realização das atividades de pesquisas sísmicas, foram avaliados os encalhes registrados nos períodos de ocorrência de dois projetos de Pesquisas Sísmicas Marítimas 3D na Bacia Potiguar (Rio Grande do Norte e Ceará). Os período referentes a realização das atividades sísmicas neste estudo foram denominados como **PCS** (períodos com sísmica), sendo segmentados em **PCS01** e **PCS02**.

O **PCS01** refere-se ao período do primeiro projeto, executado entre 21 de Outubro de 2017 a 18 de Junho de 2018, totalizando 8 meses de atividades. A atividade sísmica realizada neste período (Sísmica 01) estava inserida em uma área marítima frontal, localizada entre o litoral setentrional do Rio Grande do Norte e parte do Ceará, situada a partir da região do talude com uma distância mínima de 27,32km da costa e profundidade mínima de 20 metros (**Figura 2**).

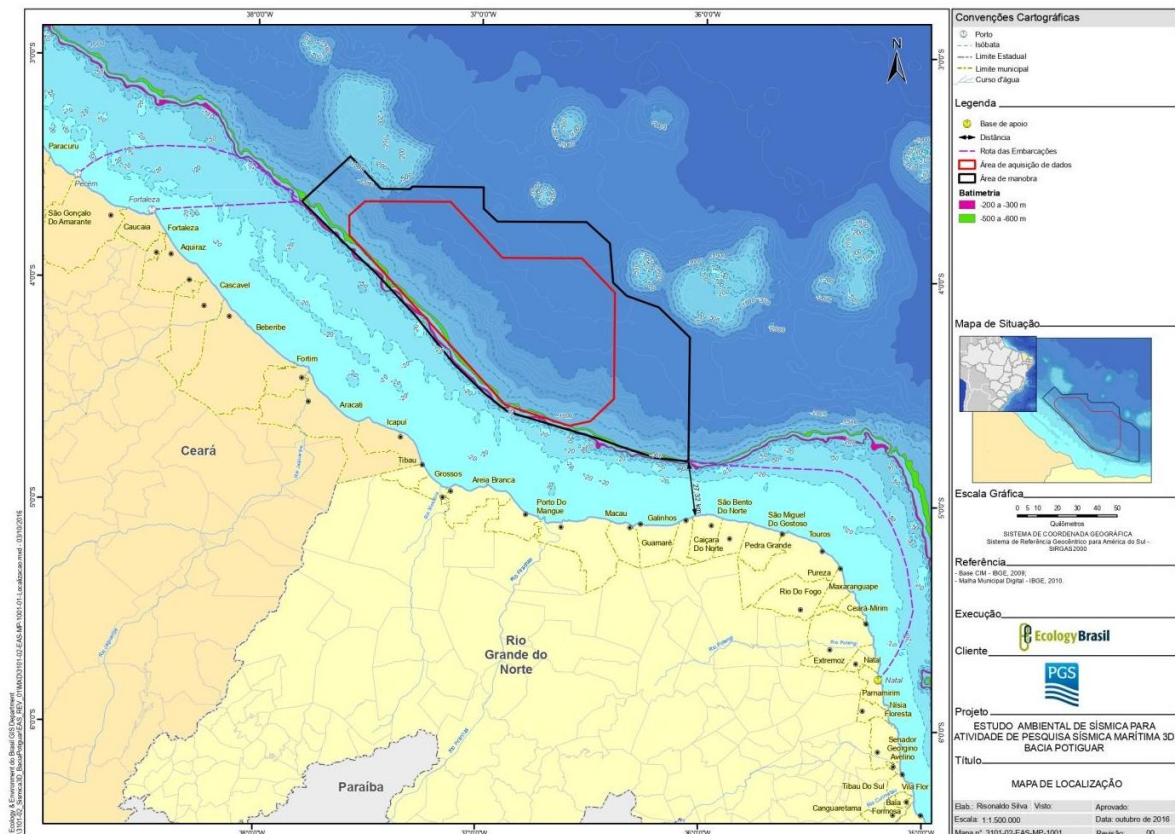


Figura 2 Localização das Atividades de Pesquisa Sísmica 3D na Bacia Potiguar executada no período de 21 de Outubro de 2017 a 18 de Junho de 2018 (Sísmica 01), sendo em preto a área de manobra do navio e em vermelho a área de aquisição de dados.

O **PCS02** refere-se ao segundo projeto, realizado no período de 28 de Novembro de 2018 a 25 de Setembro de 2019, totalizando 10 meses de atividades sísmicas. A atividade realizada neste período estava localizada em uma área marítima frontal, predominantemente no litoral setentrional e parte do litoral oriental, situada a partir da região do talude, com distância mínima de 41 km da costa e profundidades mínimas de cerca de 350 metros (**Figura 3**).

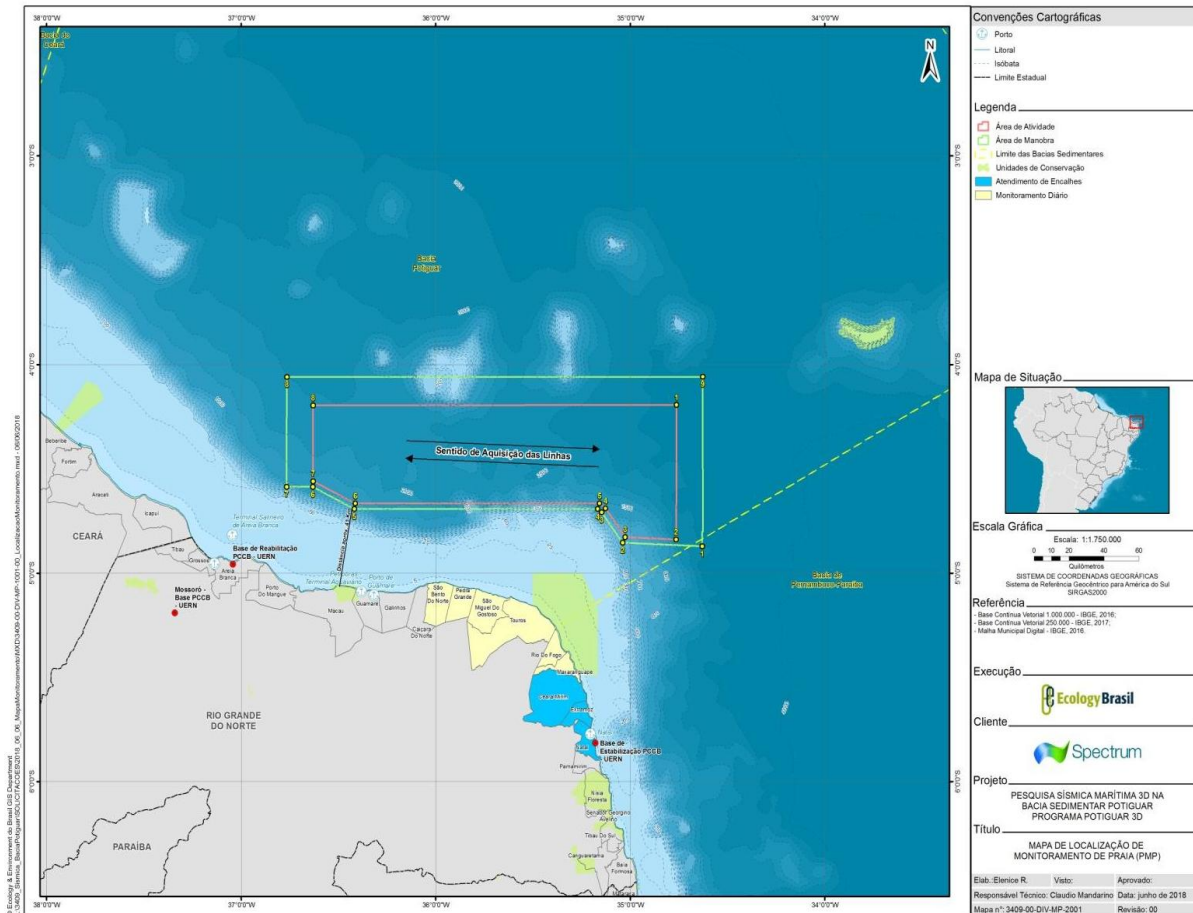


Figura 3 Localização Atividade de Pesquisa Sísmica 3D na Bacia Potiguar executada no período de 28 de Novembro de 2018 a 25 de Setembro de 2019 (Sísmica 02), sendo em verde a área de manobra do navio e em vermelho a área de aquisição de dados.

Foram avaliados também os encalhes referentes aos mesmos períodos em anos anteriores, sem a ocorrência das atividades de pesquisa sísmica, neste trabalho denominados de **PSS** (períodos sem atividades sísmicas), permitindo comparar os períodos e avaliar o possível impacto dessas atividades. Sendo assim, foi considerado o período de 21 de Outubro de 2015 a 18 de Junho de 2016 como o **PSS01**, equivalente ao período com sísmica **PCS01** e de 28 de Novembro de 2016 a 25 de Setembro de 2017 como o **PSS02**, equivalente ao

período com sísmica **PCS02**.

A definição das áreas de coleta dos registros e do tipo de esforço de monitoramento foram definidas de acordo com a área de influência das atividades realizadas, considerando a distância da costa, as correntes marítimas e a geomorfologia local.

No litoral setentrional, o monitoramento foi executado de forma diária, em toda a sua extensão, tanto nos períodos com atividades sísmicas como nos períodos sem atividades sísmicas. Isso porque o monitoramento já era realizado pelo PCCB/UERN de forma diária nesta região, para a avaliação do impacto de outras atividades.

Já no litoral oriental, os atendimentos a encalhes foram realizados por demanda (chamados da comunidade) no período sem atividades sísmicas, pois este já era um trabalho realizado pelo PCCB/UERN e foi intensificado em um monitoramento diário realizado apenas durante a execução das atividades sísmicas 02, que compreenderam o período de Novembro de 2018 até Setembro de 2019. Além disso, o monitoramento diário realizado no litoral oriental compreendeu apenas a região entre as praias dos municípios de São Bento do Norte ($5^{\circ} 3'5.77''S$; $36^{\circ} 2'16.34''O$) até o município de Rio do Fogo ($5^{\circ}16'40.81''S$; $35^{\circ}22'33.16''O$), sendo as demais áreas atendidas ainda por demanda já que estas não estavam localizada dentro da área de impacto das atividades sísmicas (**Figura 4**).

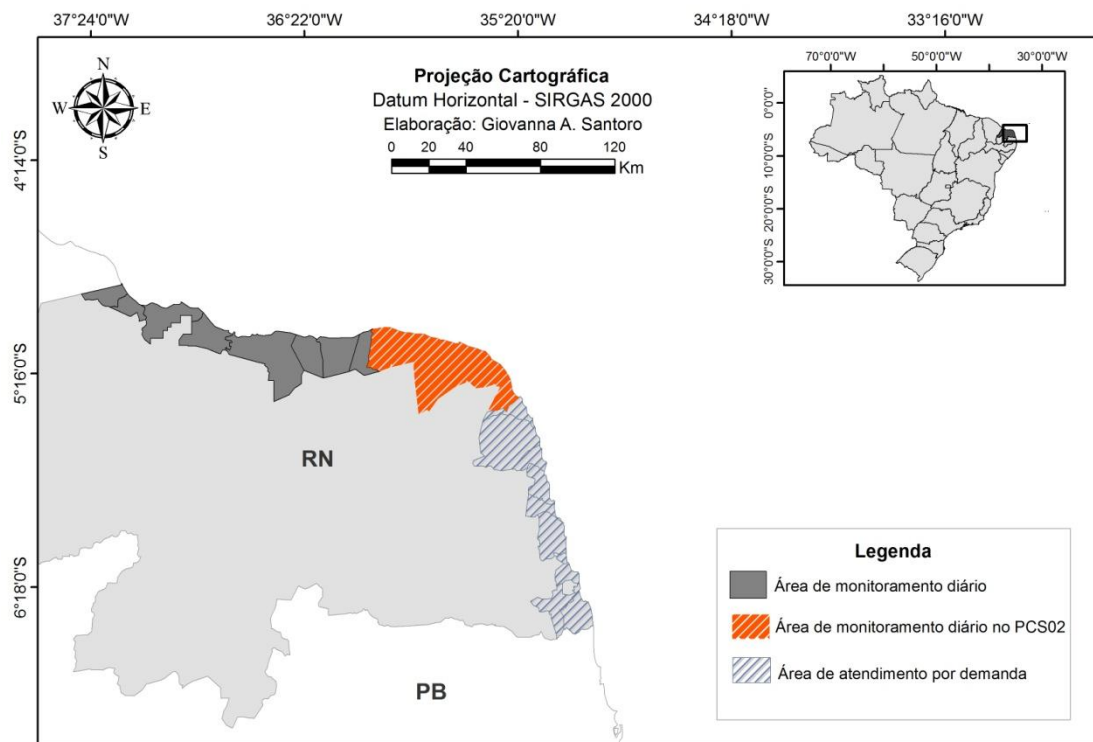


Figura 4 Área de estudo indicando os trechos e esforços de monitoramento realizados no Litoral do rio Grande do Norte.

Para todos os registros de encalhes foram coletados dados como a localização por GPS, identificação da espécie, biometria, determinação de classe etária, sexo (quando possível) além de registros fotográficos, para auxiliar na identificação da espécie. Os dados coletados foram registrados em planilhas de campo (**Anexo 3**) e catalogados em um banco de dados do PCCB/UERN.

Quando encontrado em estado inicial de decomposição (órgãos intactos), o animal era encaminhado para necropsia no Laboratório de Monitoramento de Biota Marinha da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN) em Mossoró, ou na Sala de Preparação de Peças Anatômicas do Museu de Ciências Morfológicas da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), a depender do local de encalhe. As carcaças que apresentavam sinais de decomposição mais avançado foram avaliadas através de procedimentos realizados em campo.

Todas as necropsias foram conduzidas por um Médico Veterinário, com objetivo de se identificar a causa do encalhe. Foram adotados os procedimentos de coleta e análise descritos no Protocolo de Diagnóstico e Avaliação dos Efeitos da Pesquisa Sísmica na Fauna Marinha (Silva et al., 2020).

Para avaliação de embolia gasosa, foi verificado o índice de escore gasoso, método de diagnóstico descrito por Bernaldo de Quirós et al. (2012), tendo como função avaliar a quantidade e a topografia do gás encontrado em diferentes localizações vasculares e extravasculares em cetáceos encalhados. Neste método são identificadas e registradas bolhas de gás em veias visíveis de pequeno a grande calibre, em diferentes localizações anatômicas: subcutânea, mesentérica, coronariana, veias renais e plexo venoso lombo-caudal, gerando um escore gasoso de 0 a VI (Tabela 1).

Tabela 1 Categorias de escore gasoso intravascular em cetáceos (Bernaldo de Quirós et al., 2012)

| Escore gasoso | Definição |
|----------------------|---|
| 0 | Ausência de bolhas no interior da veia |
| I | Presença ocasional de uma pequena bolha |
| II | Presença de bolhas muito pequenas e dispersas, ou pequenas "descontinuidades no sangue" |
| III | Presença de descontinuidades do sangue mais abundantes e maiores |
| IV | Presença moderada de bolhas dentro de uma veia específica |
| V | Presença abundante de bolhas |
| VI | Presença de segmentos completos dos vasos, preenchidos com gás |

Com base nas análises macroscópicas e demais exames laboratoriais foram elaborados, para cada animal necropsiado, um relatório de necropsia contendo todas as informações coletadas e indicação da causa de óbito presuntivo ou conclusivo.

3. RESULTADOS

Considerando os registros do PCS01, com duração de 8 meses, foram registrados 14 encalhes de cetáceos, sendo 5 no litoral setentrional e 9 no litoral oriental. No litoral setentrional os registros estavam distribuídos em 2 espécies: *Sotalia guianensis* (4) e *Peponocephala electra* (1). Enquanto que no litoral oriental estavam distribuídos em 4 espécies: *Physeter macrocephalus* (2), *Sotalia guianensis* (4), *Tursiops truncatus* (1) e *Stenella longirostris* (1) (Figura 5). Em um dos registros, devido ao estado de decomposição, só foi possível a identificação a nível de gênero (*Stenella sp.*).

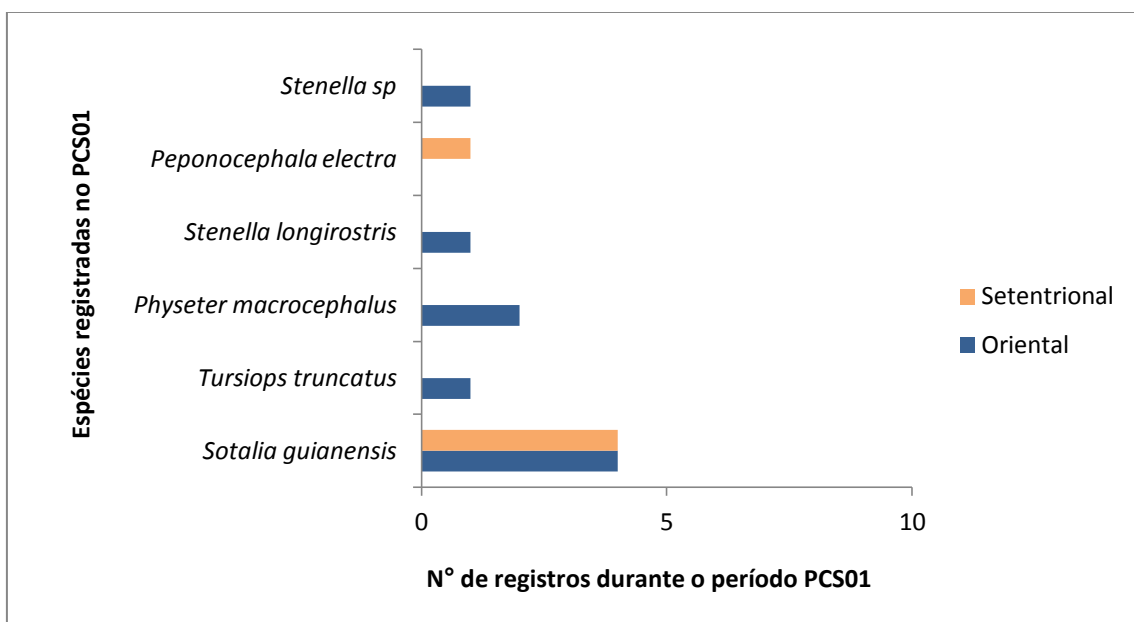


Figura 5 Espécies de cetáceos registradas no litoral setentrional e oriental durante o período com atividade sísmica 01 (PCS01).

Já no período equivalente sem a influência das atividades sísmicas (PSS01), foram registrados 16 encalhes, sendo 14 no litoral setentrional e 2 no litoral oriental. No litoral setentrional estavam distribuídos entre 4 espécies: *Feresa attenuata* (1), *Kogia sima* (2), *Sotalia guianensis* (9) e *Stenella attenuata* (1). Em um dos registros, devido ao estado de

decomposição, não foi possível a identificação da espécie. No litoral oriental esses encalhes estavam distribuídos em duas espécies: *Sotalia guianensis* (1) e *Stenella frontalis* (1) (Figura 6).

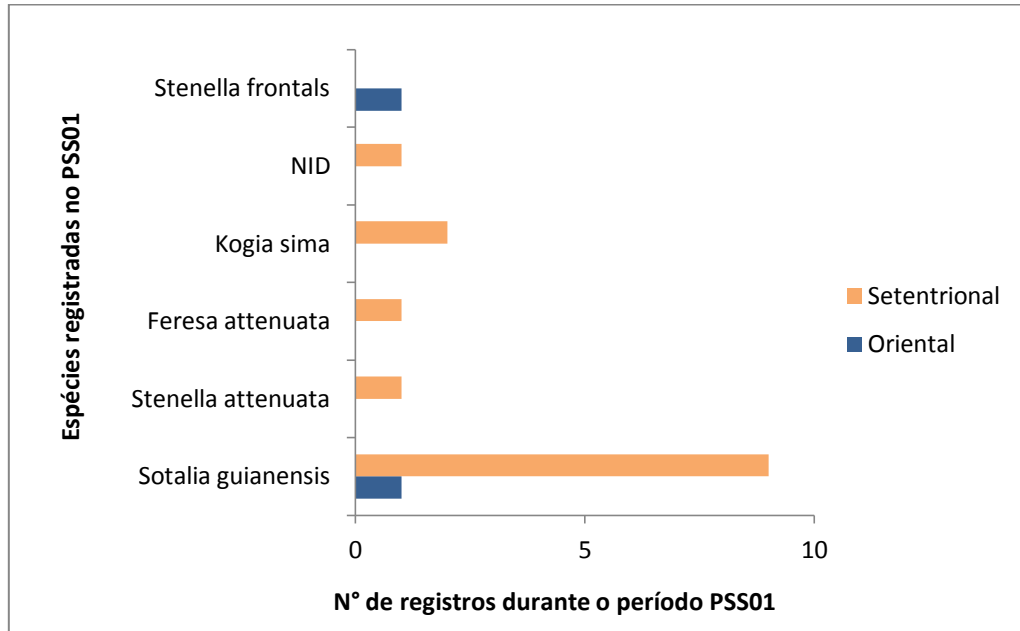


Figura 6 Espécies de cetáceos registradas no litoral setentrional e oriental do Rio Grande do Norte durante o período sem atividades sísmicas 01 (PSS01).

É possível observar, a partir dos registros obtidos em cada litoral, que durante o período de atividades sísmicas foi registrado uma redução do número de encalhes no litoral setentrional, comparado ao período sem sísmica, ocorrendo o inverso no litoral oriental, que apresentou um aumento do número de encalhes no período com atividades (Figura 7).

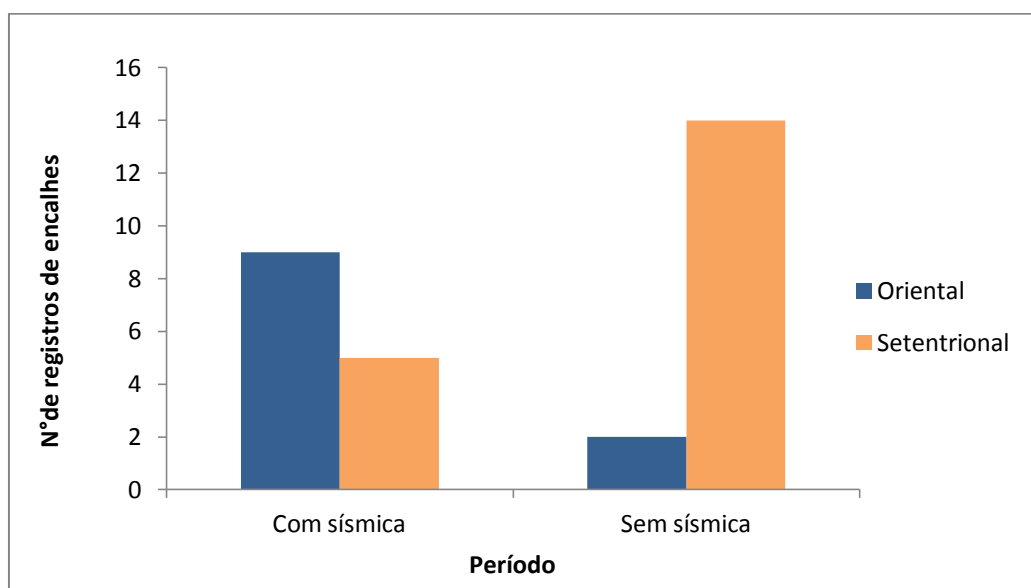


Figura 7 Número de registros de encalhes de cetáceos nos litorais oriental e setentrional do Rio Grande do Norte

nos períodos com (PCS01) e sem atividades sísmicas (PSS01).

Verifica-se também uma redução na diversidade de espécies registradas no litoral setentrional durante o período da sísmica e um aumento da diversidade de registros no litoral oriental no mesmo período.

Em relação aos registros do PCS02, com duração de 10 meses, foram registrados 27 encalhes, sendo 25 no litoral oriental e 2 no litoral setentrional. No litoral oriental esses registros estavam distribuídos em 8 espécies e cetáceos: *Globicephala macrorhynchus* (1), *Grampus griseus* (1), *Kogia sima* (2), *Sotalia guianensis* (9), *Stenella attenuata* (1), *Stenella clymene* (1), *Stenella longirostris* (2) e *Tursiops truncatus* (3). No litoral setentrional, os dois encalhes registrados foram da espécie *Sotalia guianensis* (Figura 8).

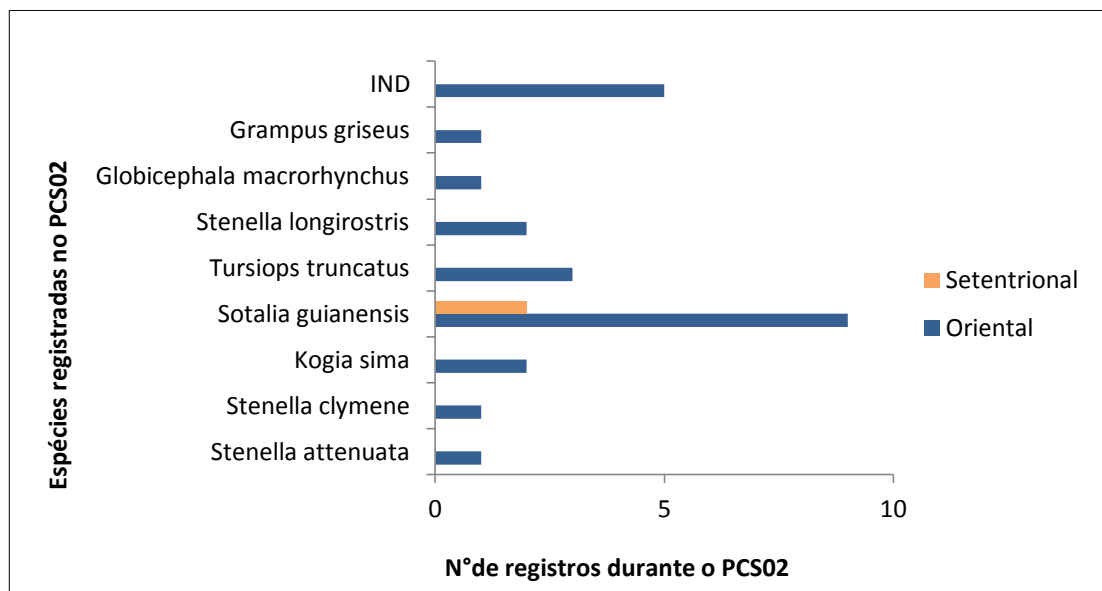


Figura 8 Espécies de cetáceos encalhadas nos litorais oriental e setentrional do Rio Grande do Norte durante o período com sísmica 02 (PCS02). *IND= Indeterminado

Já no período equivalente sem a influência das atividades sísmicas (PSS02), foram registrados 20 encalhes, sendo 13 no litoral oriental e 7 no litoral setentrional. No litoral oriental esses registros estavam distribuídos em 7 espécies: *Peponocephala electra* (1), *Physeter macrocephalus* (1), *Sotalia guianensis* (3), *Stenella attenuata* (2), *Steno bredanensis* (1), *Stenella longirostris* (2) e *Tursiops truncatus* (3) (Figura 6). No litoral setentrional, os 7 registros foram da espécie *Sotalia guianensis* (Figura 9).

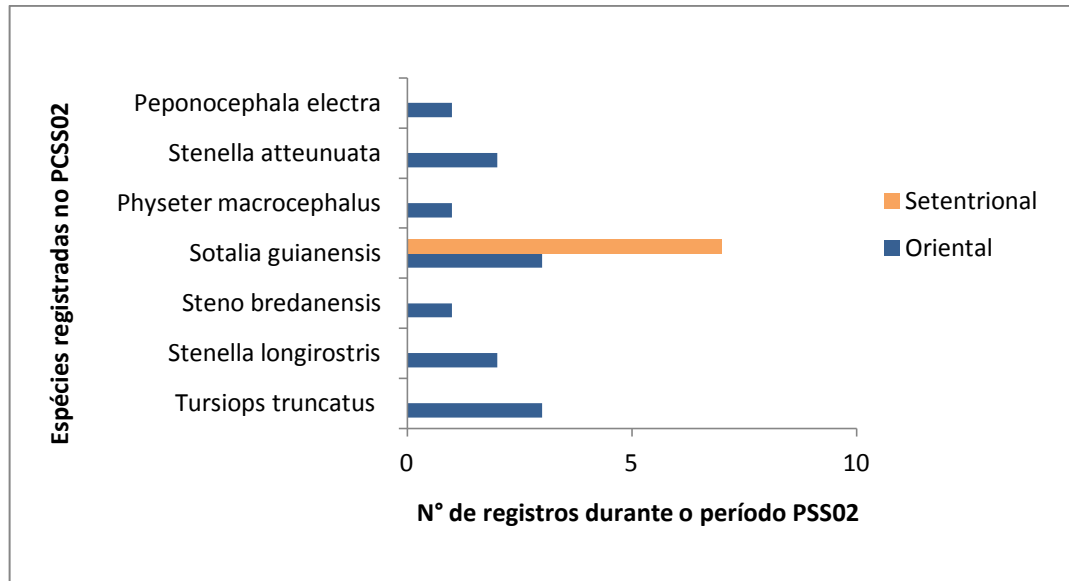


Figura 9 Espécies de cetáceos registradas nos litorais oriental e setentrional do Rio Grande do Norte durante o período sem sísmicas 02 (PSS02).

Assim como no período de Sísmica 01, foi possível observar também, a partir dos registros obtidos em cada litoral, que durante o período de atividades de Sísmica PCS02 foi registrado uma redução do número de encalhes no litoral setentrional, comparado ao período sem sísmica PSS02, ocorrendo o inverso no litoral oriental, que apresentou um aumento do número de encalhes no período com atividades (Figura 10).

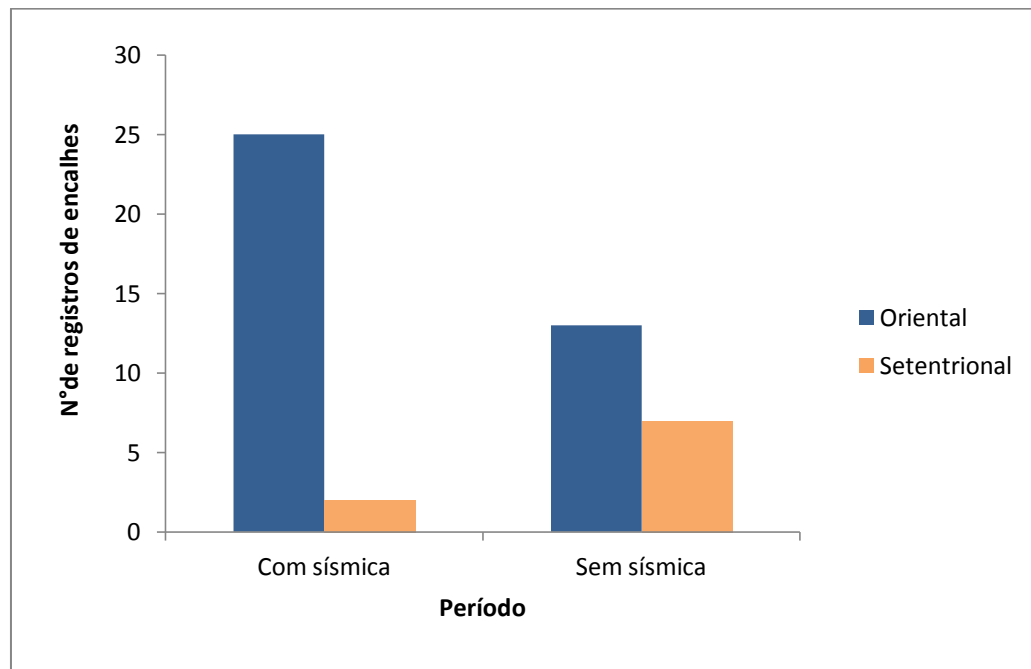


Figura 11 Número de registros de encalhes de cetáceos nos litorais oriental e setentrional do Rio Grande do Norte nos períodos com (PCS02) e sem atividades sísmicas (PSS02).

Dos 41 encalhes de cetáceos registrados no período total, incluindo o PCS01 e o PCS02, apenas 8 animais apresentaram uma condição de carcaça favorável a realização de necropsia e coleta de amostras, tendo em vista que as condições climáticas da região, com altas temperatura, aceleram o processo bioquímicos de decomposição e dificultam a coleta de amostras frescas, necessárias para as análises aqui propostas. Desses 8 animais necropsiados, três deles apresentaram alterações morfológicas compatíveis com sinais de embolia gasosa (Tabela 1).

Tabela 1 Espécimes que apresentaram na necropsia, alterações morfológicas possivelmente decorrentes de impactos das atividades sísmicas.

| <i>Espécie</i> | <i>Data de encalhe</i> | <i>Local</i> | <i>Faixa etária</i> | <i>Principais achados de necropsia</i> |
|-----------------------------------|------------------------|-------------------|---------------------|---|
| <i>Stenella clymene</i> | 15/01/2019 | Praia de Pitangui | Juvenil | O animal apresentou pulmões com áreas brancas multifocais fibróticas, ausência de conteúdo alimentar, embolia gasosa cerebral e sinais de traumas neurológicos. |
| <i>Globicephala macrorhynchus</i> | 10/04/2019 | Praia de Zumbi | Juvenil | O animal apresentou pulmões com áreas brancas multifocais fibróticas, ausência de conteúdo alimentar em todo trato gastrointestinal, e ainda, embolia gasosa no seio venoso do mesentério, renal, e de todo encéfalo. |
| <i>Kogia sima</i> | 22/06/2019 | Praia de Búzios | Adulto | O animal apresentava conteúdo alimentar no estômago, pulmões sem alteração e embolia gasosa no seio venoso do mesentério, renal, e de todo encéfalo. |

3.1 Alterações morfológicas registradas nos espécimes encalhados e necropsiados com laudo sugestivos de impacto por atividade sísmica

3.1.1 *Stenella clymene*

O primeiro caso a ser detalhado trata-se de um exemplar da espécie *Stenella clymene* (golfinho-climene) de 1,63 m de comprimento, macho, juvenil que encalhou vivo no dia 15 de janeiro de 2019, na praia de Pitangui, município de Extremoz/RN, pertencente ao litoral oriental.

No momento do encalhe, foi verificado que o animal apresentava escore corporal bom, apatia, ausência de movimentos das nadadeiras peitorais, frequência respiratória alta e duas lesões características de mordida de tubarão-charuto. Após 24 horas de acompanhamento

terapêutico intensivo e tentativas de reintrodução (Figura 7), o animal apresentou quadro convulsivo sugestivo, de acordo com os comportamentos e sinais manifestados e foi a óbito, tendo sua carcaça mantida no gelo e encaminhada na manhã seguinte, para procedimento de necropsia, no Museu de Ciências Morfológicas, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

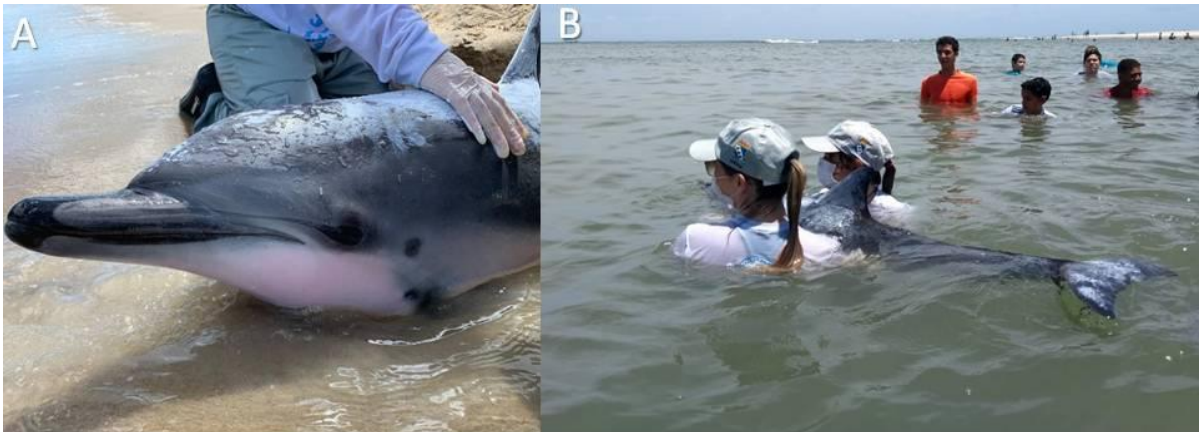


Figura 7 A - Reabilitação *in loco* e de espécime de *Stenella clymene*, encalhado na Praia de Pitangui – RN. **B** - Tentativa de reintrodução do indivíduo.

O exame externo atestou que o animal apresentava cheiro fresco, mínima desidratação e pouco enrugamento da pele, olhos e mucosas, com ausência de inchaço da carcaça e língua e pênis não se encontravam protundidos (Figura 8A).

O exame interno verificou que todos os órgãos da cavidade abdominal apresentaram topografia e coloração normal. Todo o aparelho digestório apresentava coloração normal, vísceras intactas e bem definidas, intestino sem gás e ausência de conteúdo alimentar. Os pulmões apresentavam áreas brancas multifocais que contrastava com a coloração rósea normal dos pulmões, dando um aspecto de fibrose. No interior da traquéia e dos brônquios, havia acentuada quantidade de espuma de coloração amarelo claro.

Ao examinar o encéfalo, foram visualizadas bolhas no interior dos vasos sanguíneos, compatíveis com embolia gasosa de grau IV (Figura 8B). Os exames complementares (hemograma completo e bioquímicos) apresentaram-se dentro dos padrões para a espécie, ou seja, não existiam quadros infecciosos ou disfunções metabólicas significativas no período que precedeu o encalhe do animal.

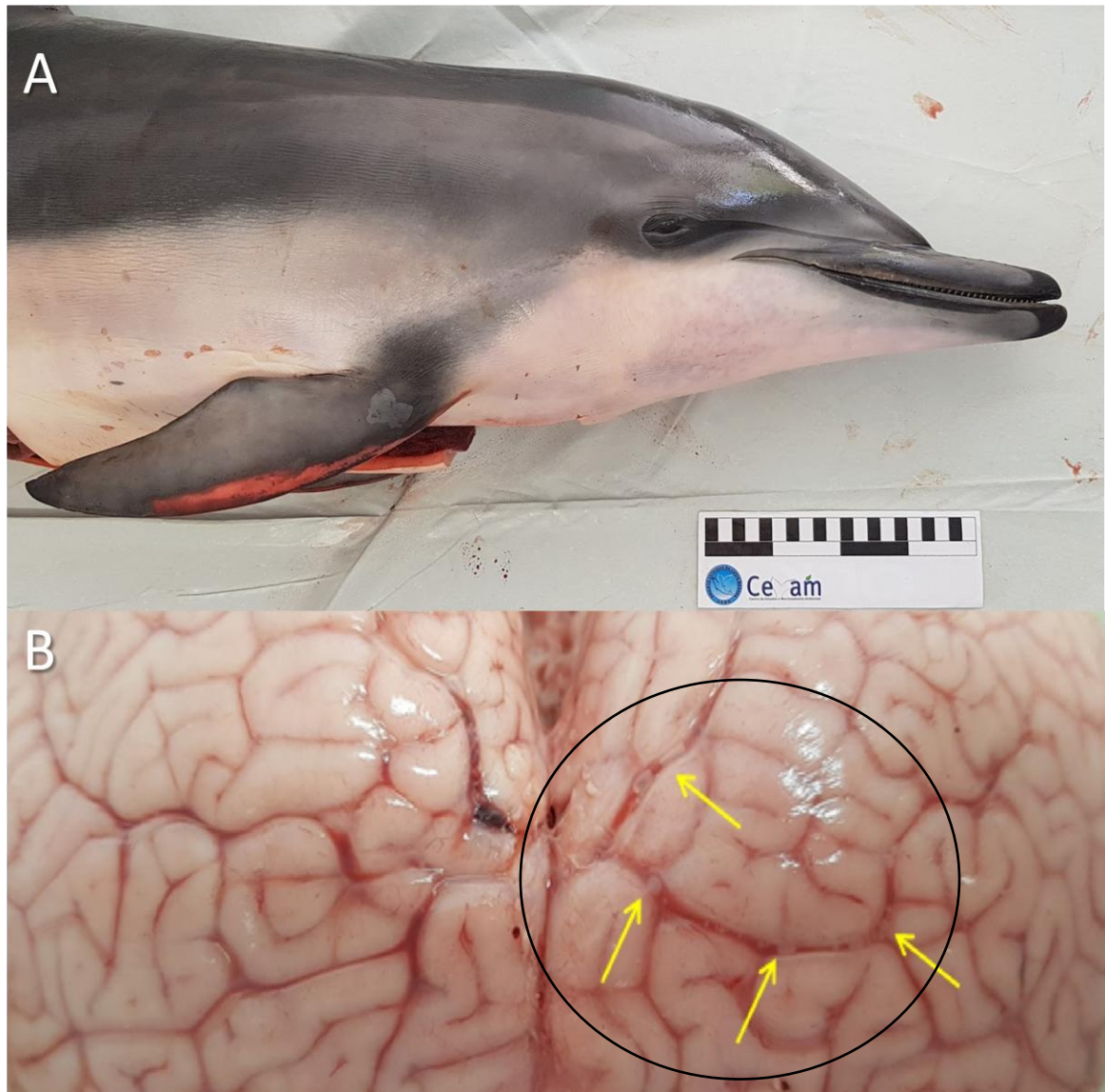


Figura 8 A) A- Espécime de *Stenella clymene* encalhado em 15/01/2019 na Praia de Pitangui - RN B) Encéfalo do animal apresentando sinais de embolia gasosa de grau IV.

3.1.2 *Globicephala macrorhynchus*

O segundo caso tratava-se de um exemplar de *Globicephala macrorhynchus* (baleia-piloto-de-aleta-curta) com 1,57m de comprimento, fêmea, juvenil, encalhada morta no dia 10 de abril de 2019, na praia de Zumbi, município de Touros/RN, pertencente ao litoral oriental.

Em exame externo o animal apresentava um ótimo escore corporal, com cheiro fresco, mínima desidratação, com pouco enrugamento da pele, olhos e mucosas, ausência de inchaço da carcaça e língua não se encontrava protundida. Ainda em exame externo, apresentava também ferimento no olho esquerdo ocasionado por urubus, assim como duas lesões circulares características de mordidas de tubarões charutos, sendo uma na região da

mandíbula do antímero esquerdo e outra na região ventral entre as nadadeiras peitorais. Apresentava escoriações nas seguintes regiões: narina, nadadeira dorsal, próximo da base da cauda, conduto auditivo e na região da genitália.

Durante exame interno observou-se integridade de todos os órgãos da cavidade abdominal, com topografia e coloração normal (Figura 9A). Mesentério com a presença de bolhas muito pequenas e dispersas, ou pequenas descontinuidades de sangue (pequenos segmentos de veias quase colapsadas e sem gás), característico do grau II de embolia gasosa. Todo trato gastrointestinal apresentava coloração normal, vísceras intactas e bem definidas, intestino sem gás e ausência de conteúdo alimentar. Os pulmões encontravam-se congestionados e apresentavam áreas esbranquiçadas multifocais. No interior da traquéia e dos brônquios, havia acentuada quantidade de espuma de coloração amarelo claro. Foram encontradas bolhas sugestivas de embolia gasosa nos vasos sanguíneos do encéfalo de grau V (Figura 9B) e na rede vascular mesentérica e renal de grau II (Figura 9C).

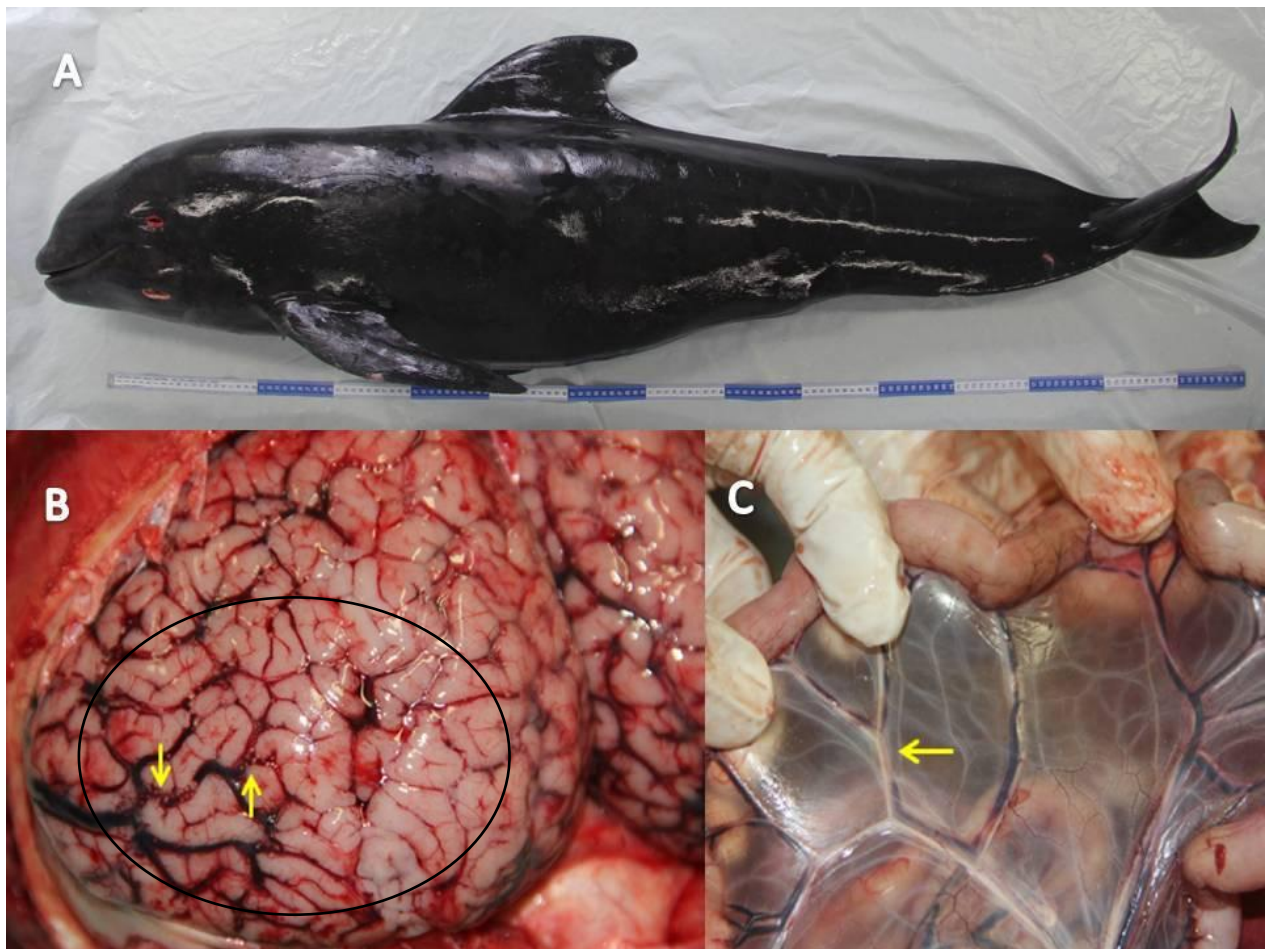


Figura 9 A Espécime de *Globicephala macrorhynchus* encalhada em 10/04/2019 na Praia de Zumbi – RN. B) Encéfalo com embolia gasosa grau V; C) Mesentério com embolia gasosa grau II.

3.1.3 *Kogia sima*

O terceiro caso tratava-se de um exemplar de cachalote-anão (*Kogia sima*), macho, 2,25m de comprimento, adulto, encalhado morto no dia 22 de junho de 2019, na praia de Búzios, município de Nísia Floresta/RN, pertencente ao Litoral oriental do Estado.

Em exame externo o animal apresentava um ótimo escore corporal, com cheiro fresco, mínima desidratação, com pouco enrugamento da pele, olhos e mucosas, ausência de inchaço da carcaça e língua e pênis não se encontravam protundidos. O animal apresentava algumas escoriações na região do rostro e próximo aos olhos (Figura 10.A).

No exame interno observou-se integridade de todos os órgãos da cavidade abdominal, com topografia e coloração normal. Todo o aparelho digestório apresentava coloração normal, vísceras intactas e bem definidas, estômago com presença de conteúdo alimentar e intestino sem gás. Os pulmões encontravam-se sem alterações.

Foram encontradas bolhas sugestivas de embolia gasosa no seio venoso do mesentério (Figura 10.B) e renal de grau V e em todo o encéfalo de grau II (Figura 10.C).

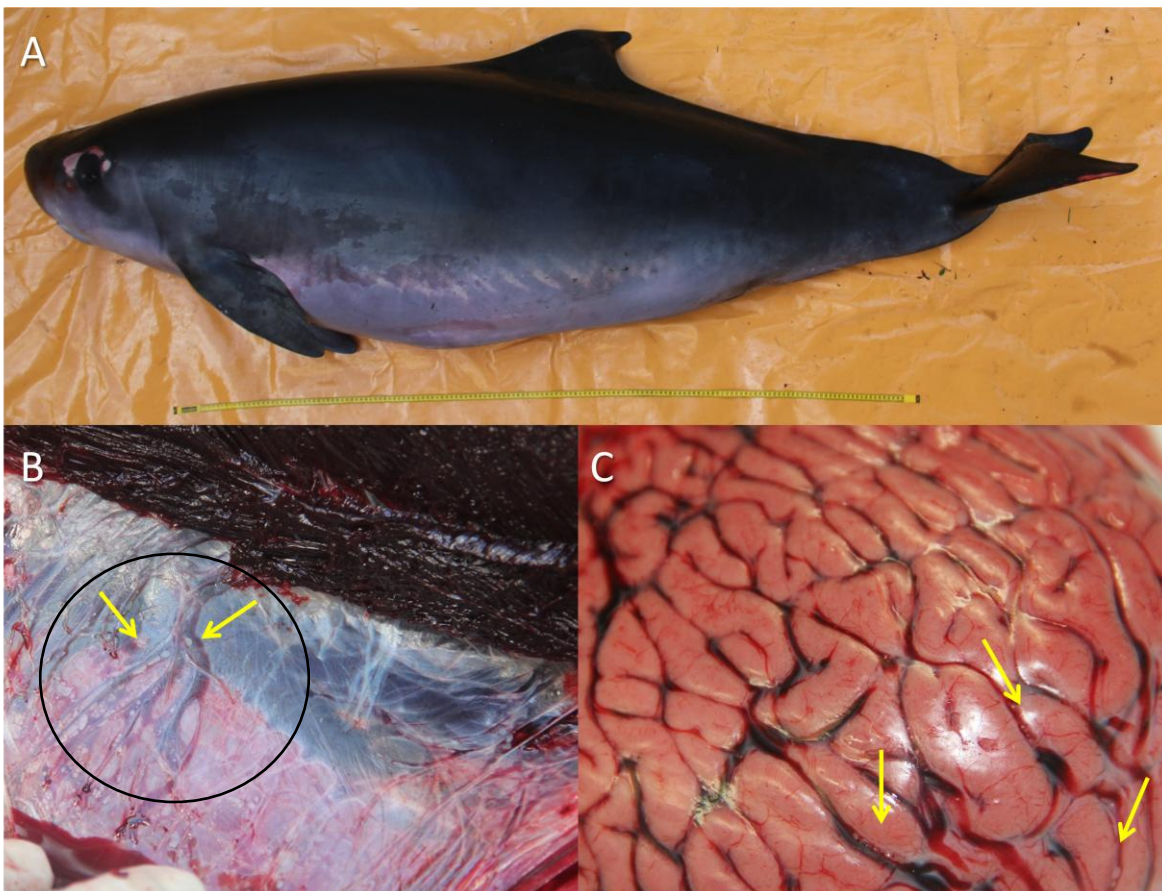


Figura 10 A); Espécime de *Kogia sima* encalhada em 22/06/2019 na Praia de Búzios – RN B) Mesentério com embolia gasosa grau V; C) Encéfalo com embolia gasosa grau II.

4. DISCUSSÃO

A crescente preocupação acerca da magnitude dos impactos causados pelas atividades de prospecção sísmica nos cetáceos, tem gerado o surgimento constante de novas pesquisas. Tratando-se de cetáceos, é importante lembrar que além da variedade de espécies ainda pouco estudadas, existe uma grande dificuldade de observação desses animais em meio natural e portanto a percepção de alterações comportamentais e fisiológicas torna-se ainda mais desafiadora, sendo estudos para a avaliação desses impactos, de grande importância para a ciência.

Estudos anteriores afirmam que os ruídos gerados por essas atividades podem causar diferentes impactos em diferentes espécies de cetáceos, considerando as variações auditivas, comportamentais e de habitat, além da idade, sexo, local de exposição e proximidade da costa (Dolman e Simmonds 2003, Evans et al. 1993, Gordon et al. 2004, Madsen et al. 2002, Parente and Araújo; Araújo, 2007). Dentre os impactos já documentados destes ruídos estão: alterações comportamentais como a mudança de habitat, redução do sucesso de forrageamento e alimentação, alteração na orientação e rotas migratórias, mascaramento sonoro (percepção de um som alterada pela presença de outro) e alterações de vocalização, além de alterações fisiológicas como danos auditivos, estresse, alterações metabólicas e até mesmo a morte (Weilgart, 2020).

Entretanto, não está claro até que ponto essas alterações fisiológicas registradas em cetáceos encalhados são um resultado direto da energia sonora ou um possível efeito secundário mediado pelo comportamento. Gordon et al. (2013) afirma que uma reação de pânico por exemplo, pode levar a altos níveis de estresse, resultando em sangramento interno e/ou rápida mudança nos padrões de comportamento de mergulho que podem desencadear uma doença descompressiva.

Neste estudo, após avaliar os períodos com e sem atividades sísmicas foi possível observar que o número de registros de encalhes se mantiveram semelhantes nos dois períodos, havendo variações na distribuição dos mesmos entre os litorais setentrional e oriental, sendo possível especular uma redução dos encalhes nas áreas de maior impacto, durante os períodos de atividades sísmicas.

Considerando que a sísmica 01 apresentou sua área de aquisição de dados entre o litoral setentrional do Rio Grande do Norte e parte do Ceará, é possível imaginar que sua área de maior influência no Rio Grande do Norte seria no litoral setentrional. Sendo assim, a

redução do número e diversidade de registros do litoral setentrional durante o período de execução da sísmica, poderia significar um impacto por afastamento ou alteração de rota de espécies passantes, aumentando a frequência e diversidade destas em outras áreas, como o litoral oriental, que apresentou um concomitante aumento na diversidade e número de registros de encalhes, relacionados ou não as atividades antrópicas da região. Este padrão de redução nas áreas de impacto já foi anteriormente relatado no estudo de Parente et al. (2007) que mostra uma redução na diversidade de espécies de cetáceos, em relação ao aumento de levantamentos sísmicos durante o período entre 2000 e 2001.

O comportamento de afastamento ou alteração de rota pode ser causado pelo impacto direto do ruído, e/ou indireto, devido redução de presas, tendo em vista que já existem estudos sobre os impactos dessas atividades em outros grupos taxômicos, como os peixes (Santulli et al. 1999; McCauley et al. 2003; Fewtrell & McCauley 2012).

Em relação às espécies registradas, no litoral oriental, durante o período da atividade sísmica 01, pode-se destacar os registros das espécies: *Physeter macrocephalus* e *Stenella longirostris*, por serem espécies consideradas como não residentes. Sendo registros de alterações migratórias e afastamento de rota para a espécie *Physeter macrocephalus* já anteriormente relatados no estudo de Mate et al. (1994).

Para os encalhes registrados no período da Sísmica 02, quando comparados com o período sem sísmica, foi possível observar também, uma redução dos encalhes no litoral setentrional e um concomitante aumento desses no litoral oriental. Porém, neste caso a diversidade de espécies se manteve semelhante nos dois períodos, com e sem sísmica.

Considerando que a sísmica 02 apresentou sua área de aquisição de dados frontal, tendo sua área de influência predominantemente no litoral setentrional e em parte do litoral oriental, é possível que os dados de encalhes das duas áreas tenham sido afetados pelo impacto dessas atividades, sendo o litoral oriental possivelmente de menor impacto.

Porém, é necessário observar também que o aumento dos registros no litoral oriental pode ter sido potencializado pelo aumento dos esforços de coleta, tendo em vista que os registros no período sem sísmica eram realizados por demanda e durante as atividades passaram a ser realizados através do monitoramento diário.

Em relação às espécies registradas no litoral oriental, no período de execução das atividades, destacam-se por serem espécies não residentes: *Stenella clymene*, *Stenella longirostris*, *Stenella tenuata*, *Grampus griseus*, *Globicephala macrorhynchus* e *Kogia sima*.

Dentre estas espécies, *Stenella clymene* e *Grampus griseus* merecem um destaque ainda maior por serem espécies ainda não citadas em estudos de diversidades de cetáceos da região (Medeiros, 2006 ; Oliveira, 2015), o que denota uma importância ainda maior destes registros.

Considerando os animais necropsiados, apesar de a maioria dos encalhes registrados não apresentarem evidências macro e microscópicas de interação com as atividades de pesquisas sísmicas, três casos foram emblemáticos e trouxeram evidências sugestivas dessa interação.

Nesses três casos, os espécimes apresentaram em comum, sinais de embolia gasosa e alterações pulmonares. A embolia gasosa é decorrente de descompressões repentinas que podem ocorrer pela desorientação provocada pelos disparos dos canhões sísmicos. Uma vez instaurada, a embolia implica no aparecimento de sinais neurológicos como incoordenação motora e inconsciência, o que impossibilita o animal de nadar e se alimentar, podendo levá-lo a morte (Jepson et al., 2003; Fernández et al., 2005). Porém, não devem ser descartados outros fatores potencialmente causadores de bolhas como a possível secção de vasos sanguíneos durante o processo de dissecação ou outras condições patológicas causadoras de ruptura de vasos sanguíneos não relacionadas à exposição ao ruído

No caso do espécime de *Stenella clymene*, encontrado ainda vivo, foi possível associar os achados necroscópicos com os sintomas clínicos apresentados pelo animal durante a tentativa de reabilitação. O animal apresentou sinais neurológicos como ausência de movimentação das nadadeiras peitorais e convulsões focais, que reforçam ainda mais as características comportamentais decorrentes de um possível impacto causado pelos ruídos sísmicos.

Além disso, os três casos referem-se a espécies não residentes e de distribuição pelágica, que de acordo com o estudo realizado por Fernandez (2005), podem ser mais suscetíveis à formação de embolia gasosa, tendo em vista os níveis mais elevados de nitrogênio, decorrentes de mergulhos de alta profundidades.

5 CONCLUSÃO

No presente estudo, foram registrados três casos de encalhes de cetáceos que apresentaram alterações morfológicas e sinais de embolia gasosa, compatíveis com possíveis impactos causados pelas atividades sísmicas.

Comparando-se os dados espacial e temporalmente entre as áreas com e sem sísmica, foi observada a redução do número de registros de encalhes nas áreas de maior impacto, concomitante com o aumento desses em outras áreas menos impactadas. Diante dessas informações, sugere-se que tenha ocorrido o afastamento ou alteração de rota dessas espécies, em decorrência do impacto causado pelos elevados ruídos sísmicos.

No entanto, indica-se o desenvolvimento de estudos complementares incluindo uma maior área de registros, com esforços de coletas padronizados nos períodos com e sem sísmica, assim como a coleta e análise dos gases registrados para as embolias gasosas e gordurosas que venham a ser registradas.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bailey, H., Senior, B., Simmons, D., Rusin, J., Picken, G., & Thompson, P. M. (2010). Assessing underwater noise levels during pile-driving at an offshore windfarm and its potential effects on marine mammals. *Marine pollution bulletin*, 60(6), 888-897.

Bernaldo De Quirós, Y., González-Díaz, Ó., Arbelo, M., Andrada, M., And Fernandez, A. (2013). Protocol for gas sampling and analysis in stranded marine mammals. Protocol exchange.

Byrd, B. L., Hohn, A. A., Lovewell, G. N., Altman, K. M., Barco, S. G., Friedlaender, A., ... & Thayer, V. G. (2014). Strandings as indicators of marine mammal biodiversity and human interactions off the coast of North Carolina. *Fishery Bulletin*, 112(1), 1-23.

Castellote, M., Clark, C.W., and Lammers, M.O. 2012. Acoustic and behavioural changes by fin whales (*Balaenoptera physalus*) in response to shipping and airgun noise. *Biological Conservation* 147: 115–122.

Evans, P.G.H., Lewis, E.J. & Fisher, P. (1993). A study of the possible effects of seismic testing upon cetaceans in the Irish Sea. 35 pp. Rep. from Sea Watch Foundation, Oxford, UK., for Marathon Oil UK Ltd.

Fernández, A., Edwards, J. F., Rodriguez, F., De Los Monteros, A. E., Herraez, P., Castro, P., & Arbelo, M. (2005). “Gas and fat embolic syndrome” involving a mass stranding of beaked whales (Family Ziphiidae) exposed to anthropogenic sonar signals. *Veterinary pathology*, 42(4), 446-457.

Fewtrell, J. L., & McCauley, R. D. (2012). Impact of air gun noise on the behaviour of marine fish and squid. *Marine pollution bulletin*, 64(5), 984-993.

- Gordon, J., Gillespie, D., Potter, J., Frantzis, A., Simmonds, M. P., Swift, R., & Thompson, D. (2004). A review of the effects of seismic surveys on marine mammals. *Marine Technology Society Journal*, 37(4), 16-34.
- Hildebrand, J. A. (2005). Impacts of anthropogenic sound. In: Reynolds, J.E. et al. (eds.), *Marine mammal research: conservation beyond crisis. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland*, pp. 101-124.
- Jepson, P.D., Arbelo, M., Deaville R., Patterson, I.A.P., Castro, P., Baker, J.R., Degollada, E., Ross, H.M., Herráez, P., Pocknell, A.M., Rodríguez, F., Howie, F.E., Espinosa A., Reid, R.J., Jaber, J.R., Martin, V., Cunningham, A.A., & Fernández, A. (2003). Was sonar responsible for a spate of whale deaths after an Atlantic military exercise? *Nature*. 425:575–576.
- Madsen, P.T., Møhl, B., Nielsen, B.K. & Wahlberg. M. (2002). Male sperm whale behavior during exposures to distant seismic survey pulses. *Aquatic Mammals*, 28:231-240.
- Mate, B.R.; Stafford, K.M.; Ljungblad, D.K. (1994) A change in sperm whale (*Physeter macrocephalus*) distribution correlated to seismic surveys in the gulf of Mexico. *Journal of the Acoustical Society of America*, v.96, n.5, p.3268-3269.
- McCauley, R. D., Fewtrell, J., and Popper, A. N. 2003. High intensity anthropogenic sound damages fish ears. *Journal of the Acoustical Society of America* 113: 638–642
- Miller P.J.O , Johnson, M.P., Madsen, P.T., Biassoni, N., Quero, M. and Tyack, P.L. (2009). Using at-sea experiments to study the effects of airguns on the foraging behaviour of sperm whales in the Gulf of Mexico. *Deep-Sea Research I* 56 (7): 1168–1181. doi:10.1016/j.dsr.2009.02.008
- Morell, M., Degollada, E., Van Der Schaar, M., Alonso, J. M., Delory, E., López, A., ... & André, M. (2007). Comparative morphometry of odontocete ears through computerized tomography. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 87, 69-76.
- Nowacek, D. P., Thorne, L. H., Johnston, D. W., & Tyack, P. L. (2007). Responses of cetaceans to anthropogenic noise. *Mammal Review*, 37(2), 81-115.
- Parente, C.L., Araújo, J.P. and Araújo, M.E. (2007). Diversity of cetaceans as tool in monitoring environmental impacts of seismic surveys. *Biota Neotropica* 7 (1): 49-55.
- Pyenson, N. D. (2011). The high fidelity of the cetacean stranding record: insights into measuring diversity by integrating taphonomy and macroecology. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 278(1724), 3608-3616.
- Santulli, A., Modica, A., Messina, C., Ceffa, L., Curatolo, A., Rivas, G., ... & D'amelio, V. (1999). Biochemical responses of European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) to the stress induced by off shore experimental seismic prospecting. *Marine Pollution Bulletin*, 38(12), 1105-1114..
- Silva, F.J.L.; Farias, D.S.D.; Bomfim, A.C.; Gavilan, S.A.; Attademo, F.L.N.; Fragoso,

A.B.L.; Revêredo, R.A.; Cavalcante, R.M.S.; Luna, F.O. (Orgs). 2020. Protocolo sobre diagnóstico dos efeitos da pesquisa sísmica em mamíferos aquáticos. Brasília: *ICMBio*.63 p

Udoinyang, I., & Igboekwe, M. U. (2011). The impacts of seismic activities on marine life and its environment. *International Archive of Applied Sciences and Technology*, 2, 1-10.

Vilardo, C. N. G. Avaliação Ambiental De Pesquisas Sísmicas Marítimas No Brasil: Evolução e Perspectivas. *Dissertação de mestrado*. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil. 288 p. 2007.

Weilgart, L. Fauna marinha afetada pela pesquisa sísmica. In: Silva, F.J.L.,et al. Protocolo sobre diagnóstico dos efeitos da pesquisa sísmica em mamíferos aquáticos. Brasília: *ICMBio*. p.12-27. 2020

ANEXO 1



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
 INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS

AUTORIZAÇÃO DE CAPTURA, COLETA E TRANSPORTE DE MATERIAL BIOLÓGICO (ABIO) Nº 1016 /2018

O DIRETOR SUBSTITUTO DA DIRETORIA DE LICENCIAMENTO AMBIENTAL DO INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA, designado pela portaria nº 2.620 de 15 de dezembro de 2017, publicado no Diário Oficial da União de 19 de dezembro de 2017, no uso das atribuições que lhe conferem o art. 77 do Anexo I da Portaria 14 de 29 de junho de 2017, que aprovou a Estrutura Regimental do IBAMA, publicado no Diário Oficial da União de 30 de junho de 2017; **RESOLVE:**

Expedir a presente Autorização de Captura, Coleta e Transporte de Material Biológico a:

EMPREENDEDOR : SPECTRUM GEO DO BRASIL SERVIÇOS GEOFÍSICOS LTDA.
CNPJ: 11.368.070/0001-13 **CTF:** 5167340
ENDEREÇO: Av. Presidente Wilson, 231, Salas 937 e 938, Centro, Rio de Janeiro/RJ. CEP: 20030-021
RESPONSÁVEL TÉCNICO: João Corrêa
TELEFONE DE CONTATO/E-MAIL: (21) 3578-5547 / Joao.Correa@spectrumgeo.com
PROCESSO NO IBAMA: 02001.103608/2017-67

Relativa às atividades de Monitoramento, Resgate e Soltura de fauna marinha necessárias ao processo de licenciamento ambiental da atividade de Pesquisa Sísmica Marítima 3D, não exclusiva, na bacia sedimentar do Potiguar – Programa Potiguar 3D. Processo Ibama nº 02001.103608/2017-67

Esta Autorização de Captura, Coleta e Transporte de Material Biológico é vinculada ao Processo Ibama nº 02001.103608/2017-67 e é válida até 30/09/2019, observadas as condições discriminadas neste documento e nos demais anexos constantes do processo que, embora não transcritos, são partes integrantes deste licenciamento.

A validade desta autorização está condicionada ao fiel cumprimento das condicionantes constantes no verso deste documento e da apresentação da Relação de Equipe Técnica (RET) válida.

Brasília-DF, **23 NOV 2018**

Jônatas Souza da Trindade
Diretor de Licenciamento Ambiental - Substituto

ANEXO 2



Ministério do Meio Ambiente - MMA
 Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
 Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

| | | |
|--|--|---|
| Número: 13694-8 | Data da Emissão: 15/05/2018 10:58 | Data para Revalidação*: 14/06/2019 |
| * De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão. | | |

Dados do titular

| | |
|---|--------------------------|
| Nome: FLÁVIO JOSÉ DE LIMA SILVA | CPF: 485.543.674-72 |
| Título do Projeto: Diversidade, áreas de ocorrência e conservação de mamíferos aquáticos e quelônios marinhos no Rio Grande do Norte (REMANE) | |
| Nome da Instituição: UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE | CNPJ: 08.258.295/0001-02 |

Cronograma de atividades

| # | Descrição da atividade | Início (mês/ano) | Fim (mês/ano) |
|---|---|------------------|---------------|
| 1 | Monitoramento quinzenal das áreas litorâneas | 04/2018 | 04/2023 |
| 2 | Atendimento aos encalhes de animais marinhos | 04/2018 | 04/2023 |
| 3 | Análise de material e identificação de espécies | 04/2018 | 04/2023 |
| 4 | Coleta e armazenamento de material biológico | 04/2018 | 04/2023 |

Observações e ressalvas

| | |
|----|--|
| 1 | As atividades de campo exercidas por pessoa natural ou jurídica estrangeira, em todo o território nacional, que impliquem o deslocamento de recursos humanos e materiais, tendo por objeto coletar dados, materiais, espécimes biológicos e minerais, peças integrantes da cultura nativa e cultura popular, presente e passada, obtidos por meio de recursos e técnicas que se destinem ao estudo, à difusão ou à pesquisa, estão sujeitas a autorização do Ministério de Ciência e Tecnologia. |
| 2 | Esta autorização NÃO exige o pesquisador titular e os membros de sua equipe da necessidade de obter as anuências previstas em outros instrumentos legais, bem como do consentimento do responsável pela área, pública ou privada, onde será realizada a atividade, inclusive do órgão gestor de terra indígena (FUNAI), da unidade de conservação estadual, distrital ou municipal, ou do proprietário, arrendatário, possessor ou morador de área dentro dos limites de unidade de conservação federal cujo processo de regularização fundiária encontra-se em curso. |
| 3 | Este documento somente poderá ser utilizado para os fins previstos na Instrução Normativa ICMBio nº 03/2014 ou na Instrução Normativa ICMBio nº 10/2010, no que especifica esta Autorização, não podendo ser utilizado para fins comerciais, industriais ou esportivos. O material biológico coletado deverá ser utilizado para atividades científicas ou didáticas no âmbito do ensino superior. |
| 4 | A autorização para envio ao exterior de material biológico não consignado deverá ser requerida por meio do endereço eletrônico www.ibama.gov.br (Serviços on-line - Licença para importação ou exportação de flora e fauna - CITES e não CITES). |
| 5 | Este documento NÃO exige o pesquisador titular da necessidade de atender ao disposto na Instrução Normativa Ibama nº 27/2002, que regulamenta o Sistema Nacional de Anilhamento de Aves Silvestres. |
| 6 | O titular de licença ou autorização e os membros da sua equipe deverão optar por métodos de coleta e instrumentos de captura direcionados, sempre que possível, ao grupo taxonômico de interesse, evitando a morte ou dano significativo a outros grupos; e empregar esforço de coleta ou captura que não comprometa a viabilidade de populações do grupo taxonômico de interesse em condição in situ. |
| 7 | O titular de autorização ou de licença permanente, assim como os membros de sua equipe, quando da violação da legislação vigente, ou quando da inadequação, omissão ou falsa descrição de informações relevantes que subsidiaram a expedição do ato, poderá, mediante decisão motivada, ter a autorização ou licença suspensa ou revogada pelo ICMBio, nos termos da legislação brasileira em vigor. |
| 8 | Este documento não dispensa o cumprimento da legislação que dispõe sobre acesso a componente do patrimônio genético existente no território nacional, na plataforma continental e na zona econômica exclusiva, ou ao conhecimento tradicional associado ao patrimônio genético, para fins de pesquisa científica, bioprospeção e desenvolvimento tecnológico. Veja maiores informações em www.mma.gov.br/cgen . |
| 9 | Em caso de pesquisa em UNIDADE DE CONSERVAÇÃO, o pesquisador titular desta autorização deverá contactar a administração da unidade a fim de CONFIRMAR AS DATAS das expedições, as condições para realização das coletas e de uso da infra-estrutura da unidade. |
| 10 | As atividades contempladas nesta autorização abrangem espécies brasileiras constante de listas oficiais (de abrangência nacional, estadual ou municipal) de espécies ameaçadas de extinção, sobreexplotadas ou ameaçadas de sobreexplotação. |

Outras ressalvas

| | |
|---|--|
| 1 | As áreas de atuação deste projeto deverão ser previamente bem definidas, a fim de não sobrepor áreas já licenciadas no litoral do RN e CE. As atividades de marcação de tartarugas marinhas autorizadas nesta licença só poderão ser realizadas mediante formalização de protocolo de cessão de marcas com o Centro Tamar-ICMBIO, utilizando marcas com a sequência alfanumérica fornecidas por este Centro. Este protocolo deverá ser apresentado em conjunto com a licença. Todos os dados de marcação deverão ser regularmente inseridos no Banco de Dados para Conservação das Tartarugas Marinhas – BDCTAMAR. Para viabilizar este procedimento, solicitamos que o pesquisador entre em contato com o TAMAR pelo e-mail: cecilia.baptistotte@icmbio.gov.br . |
| 2 | Está autorizado o transporte de aves resgatadas das praias até o local onde os animais participantes dessa pesquisa serão reabilitados. Esta autorização refere-se apenas às atividades de pesquisa aqui previstas, não autorizando manejo de fauna silvestre não ameaçada, atribuição reservada ao Ibama ou ao órgão estadual de meio ambiente. |

Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 29327967



Página 1/4

ANEXO 3



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS – CEUA

Av. Salgado Filho, S/N – CEP: 59072-970 – Natal / RN
Fone: (84) 99229-6491 / e-mail: ceua@etica.ufrrn.br

**DECLARAÇÃO**


Natal (RN), 12 de setembro de 2019.

Declaramos que a proposta intitulada "Morfometria comparativa do complexo periótico-timpânico de odontocetos encalhados no litoral do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil", protocolo nº 062/2019, sob a responsabilidade de Simone Almeida Gavilan, está **ISENTO** de aprovação por esta Comissão. Esta proposta tem por objetivo, e para fins de pesquisa, "descrever de forma comparativa a morfologia dos ossos periótico-timpânico de odontocetos encalhados no litoral do Rio Grande do Norte", utilizando o complexo ósseo periótico-timpânico (bulas) de Cetáceos obtidos de cadáveres provenientes de encalhes coletados pelo Projeto Cetáceos da Costa Branca/UERN, SISBIO N. 13894-0. Tal isenção deve-se ao fato de não haver nenhuma implicação ética e moral na execução de um projeto cujo sujeito experimental já está morto, exceto para humanos. Portanto, o referido estudo não é contemplado pela Lei nº 11.794, de 2008.

É importante destacar, no entanto, que se a eutanásia do sujeito fizesse parte do protocolo experimental, tal projeto obrigatoriamente deveria ser aprovado pela CEUA anteriormente a sua execução.

Colocamo-nos a disposição para ulteriores esclarecimentos.

Cordialmente,


Allanda Maira Cornélio da Silva
Vice-Coordenadora da CEUA-UFRN
Gestão 2019-2020

ANEXO 4



**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE
PROJETO CETÁCEOS DA COSTA BRANCA**



**PROJETO DE MONITORAMENTO DE PRAIAS
FICHA BIOMÉTRICA PARA CETÁCEOS**

| | | |
|--------------------------------------|---|--|
| Espécie: | | Registro: |
| Local do encalhe: | | Sexo: () M () F () Indeterminado |
| Data do Encalhe: __/__/__ | | Data de coleta: __/__/__ |
| Posição geográfica | Latitude: | Longitude: |
| Nº Fotos: | Estado do exemplar: () vivo () morto | Classe Etária: () Imaturo () Adulto |
| Cód. Carcaça: | Amostra Coletada: () Sim () Não | Necropsia: () Sim () Não |
| Origem da notificação: | | |
| Local de destino do exemplar: | | |
| Coletor (es): | | |

DADOS SOBRE INTERAÇÕES ANTRÓPICAS

| Região do corpo | Tipo de marca e quantidade | | | | | | | | |
|----------------------|----------------------------|------|-------|-------|------|-------|----------|--------|--------|
| | Linha | Rede | Corda | Arpão | Faca | Anzol | Projétil | Hélice | Outras |
| Cabeça | | | | | | | | | |
| Rostro | | | | | | | | | |
| N. Dorsal | | | | | | | | | |
| N. Peitoral Esquerda | | | | | | | | | |
| N. Peitoral Direita | | | | | | | | | |
| N. Caudal | | | | | | | | | |
| Dorso | | | | | | | | | |
| Ventre | | | | | | | | | |
| Flanco Esquerdo | | | | | | | | | |
| Flanco Direito | | | | | | | | | |
| Pedúnculo Caudal | | | | | | | | | |

| Medidas corporais | cm |
|---|----|
| 1. Comprimento total – desde a maxila até a reentrância da nadadeira caudal; | |
| 2. Extremo da maxila até o meio do olho; | |
| 3. Comprimento da maxila – desde o extremo até a base do melão; | |
| 4. Comprimento da boca – desde o extremo da maxila até a comissura bucal; | |
| 5. Extremo da maxila até o meato auditivo; | |
| 6. Extremo da maxila até o meio do respiráculo; | |
| 7. Extremo da maxila até a base anterior da nadadeira dorsal; | |
| 8. Extremo da maxila até a base anterior da nadadeira peitoral; | |
| 9. Extremo da maxila até o meio do orifício anal; | |
| 10. Largura máxima da cauda; | |
| 11. Comprimento da nadadeira peitoral – desde a inserção anterior até o extremo; | |
| 12. Comprimento da nadadeira peitoral – desde a inserção posterior até o extremo; | |
| 13. Largura máxima da nadadeira peitoral; | |
| 14. Base da nadadeira dorsal; | |
| 15. Altura da nadadeira dorsal | |

| Contagens | |
|--|---|
| 1. Número de dentes da maxila direita / esquerda | / |
| 2. Número de dentes da mandíbula direita / esquerda | / |
| 3. Número de barbatanas da maxila direita / esquerda | / |
| 4. Número de sulcos ventrais | |

Observações: _____



**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE
PROJETO CETÁCEOS DA COSTA BRANCA**



| |
|-----------|
| MUCOSA: |
| LESÃO: |
| SECREÇÃO: |
| Obs: |

NADADEIRAS: FOTOS ()S ()N / AMOSTRA ()S ()N

| |
|---------|
| LESÃO: |
| Obs: -- |

EXAME INTERNO

CAVIDADE CELOMÁTICA E MESENTÉRIO: FOTOS ()S ()N / AMOSTRA ()S ()N-EXAME:

| |
|---|
| . |
|---|

SISTEMA CIRCULATÓRIO: FOTOS ()S ()N / AMOSTRA ()S ()N – EXAME:

| |
|--|
| |
|--|

SISTEMA DIGESTIVO: FOTOS ()S ()N / AMOSTRA ()S ()N – AMOSTRA:

| |
|--|
| |
|--|

SISTEMA GENITO-URINÁRIO: FOTOS ()S ()N / AMOSTRA ()S ()N – AMOSTRA:

| |
|--|
| |
|--|

SISTEMA RESPIRATÓRIO: FOTOS ()S ()N / AMOSTRA ()S ()N – AMOSTRA:

| |
|--|
| |
|--|

SISTEMA MÚSCULO-ESQUELÉTICO: FOTOS ()S ()N / AMOSTRA ()S ()N-EXAME:

| |
|--|
| |
|--|

SISTEMA ENDÓCRINO: FOTOS ()S ()N / AMOSTRA ()S ()N – EXAME:

| |
|--|
| |
|--|

SISTEMA NERVOSO: FOTOS ()S ()N / AMOSTRA ()S ()N

| |
|--|
| |
|--|

SISTEMA LINFÁTICO: FOTOS ()S ()N / AMOSTRA ()S ()N – EXAME:



UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE
 PROJETO CETÁCEOS DA COSTA BRANCA



AMOSTRA DE FEZES: () S () N. EXAME: _____

AMOSTRA DE URINA: () S () N. EXAME: _____

PARASITOS: () S () N / LOCAL: _____ IDENTIFICAÇÃO: () S () N

RESULTADOS:

LAUDO Nº: ____ / ____

ARQUIVADO:

DIAGNÓSTICO PRESUNTIVO:

DIAGNÓSTICO DEFINITIVO:

COMENTÁRIOS:

RESPONSÁVEL PELA NECROPSIA:

COLABORADORES: .
