



**VOCALIZAÇÕES DOS GOLFINHOS-ROAZES
(*TURSIOPS TRUNCATUS*) RESIDENTES NA REGIÃO
DO ESTUÁRIO DO SADO E ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO
TRÁFEGO MARÍTIMO NOS PADRÕES DE EMISSÃO DOS
ASSOBIOS**

ANA ISABEL LEITE FERREIRA BARATA DA ROCHA

Dissertação de Mestrado em Ciências do Mar – Recursos Marinhos

2012

ANA ISABEL LEITE FERREIRA BARATA DA ROCHA

**VOCALIZAÇÕES DOS GOLFINHOS-ROAZES
(*TURSIOPS TRUNCATUS*) RESIDENTES NA REGIÃO
DO ESTUÁRIO DO SADO E ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO
TRÁFEGO MARÍTIMO NOS PADRÕES DE EMISSÃO DOS
ASSÓBIOS**

Dissertação de candidatura ao grau de
Mestre em Ciências do Mar – Recursos
Marinhos submetida ao Instituto de Ciências
Biomédicas Abel Salazar, da Universidade
do Porto

Orientador – Prof. Doutor. Manuel Eduardo
dos Santos

Categoria – Professor Associado

Afiliação – ISPA - Instituto Superior de
Psicologia Aplicada

“É a navegar que nos descobrimos a nós próprios, apercebemo-nos que os nossos sonhos não têm limites, tal como o mar que nos empresta o seu leito. Sentimos que a vida, tal como o mar, é composta de altos e baixos, de bons e maus momentos, de alegrias e tristezas, e de que é rica e incerta. O importante é vivê-la sem limites, em plenitude, em cada momento.”

Augusto Barata da Rocha

Agradecimentos

Gostaria de deixar o meu mais sincero agradecimento a todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste estudo.

Em primeiro lugar, ao meu orientador Professor Manuel Eduardo dos Santos, por me ter integrado na sua equipa de trabalho, pela amizade e disponibilidade demonstrada durante todo o meu percurso. Gostaria de lhe agradecer a sua simpatia constante e todo o entusiasmo que me transmitiu sobre o mundo da bioacústica.

Ao Miguel Lacerda, por me ter incentivado a uma primeira conversa com o Professor Manuel Eduardo dos Santos sobre a minha paixão pelo mar.

Aos meus Pais, por serem os meus melhores amigos. Obrigada pela confiança que sempre depositam em mim e por me incentivarem em tudo o que faço. Mãe, obrigada por te preocupares sempre com o meu bem-estar e pelo pão fresquinho todos os dias pela manhã! Pai, obrigada pela paciência interminável na revisão da minha tese e pelos conselhos sábios. Fico a contar com a tua parte da promessa!

Aos companheiros das saídas de campo: Caricas, Rita, Miguel, Paty, Cecília, Erica, Vera, Suspiro e Professor Manuel, obrigada pelas horas bem passadas no Sado, pelo profissionalismo e paixão com que trabalham e pela alegria e boa disposição a bordo do *Darwin*.

À Caricas, pela amizade e galhofa nas nossas muitas horas de análise no gabinete. Obrigada pela companhia, boa disposição e por partilhares comigo as tuas bolachas Maria quando o meu estômago falava mais alto, ao fim de horas seguidas a ouvir os sons dos golfinhos!

À Suspiro, obrigada pelos constantes suspiros dentro do gabinete... ajudaram-me a perceber que estávamos as duas no mesmo barco, que a viagem ainda era longa e que às vezes era preciso parar para respirar fundo. Obrigada pela amizade e troca de desabafos!

À Rita, por ter contribuído para a minha aprendizagem constante nas muitas horas de análise de sons no 300. Agradeço-te toda a amizade e disponibilidade!

À Mafalda Freitas, pela contribuição, mesmo à distância, de bibliografia e palavras de apoio e incentivo.

Aos meus Tios João Pedro e Lena e ao meu primo João, por me terem recebido tão bem na sua casa em Lisboa estes dois anos!

À minha Avó Dois, por se preocupar sempre comigo e pela amizade constante. Obrigada pelas temporadas de refúgio em sua casa!

À minha prima Filipa Clemente, amiga e psicóloga de todas as horas, só eu sei a importância que tiveste para mim em todo este percurso. Obrigada por teres sempre uma solução para todos os meus problemas, por não me deixares ir abaixo quando tudo parece difícil e por saberes sempre usar as palavras certas para me reconfortar. És incansável e eu admiro-te mesmo muito! Obrigada por tudo querida Prima, esta tese é dedicada a Ti.

À Rita Guerra, companheira das regatas, por me ter recebido tão bem em Lisboa durante esta temporada. Obrigada pelos inúmeros jantares e serões ótimos na tua casita, pelos passeios com o meu querido sobrinho Pedrinho e pelos fins de semana animados!

À Sara Mota, por animar os meus intervalos da tese ao desencaminhar-me para cafés em frente ao mar. Obrigada pelos melhores scones de Matosinhos e pelos nossos clássicos ataques de riso Badocha!

Ao Zé Miguel, pela amizade constante e companhia na fase final da escrita. Obrigada por abdicares dos teus fins de semana para me ajudar nas formatações e por tornares tudo tão mais simples. És um grande grande amigo!

Aos meus grandes amigos da faculdade: Coy, Ponde, Eue, Zizi, Papa, Albino, Boogie, Super, pela companhia e diversão. Obrigada por me desencaminharem para as noites animadas de karaoke quando eu precisava de esquecer a tese.

Aos amigos da Barra e Aveiro: Sara Guedes, Francesca, Francisco Calão, Quim, Mariana Rocha e Caseiro, por me acompanharem, nos intervalos da tese, em programas de barcos, surfs, wakeboards, passeios de bicicleta e afins! Obrigada pelos bons momentos!

Às amigas da vela: Catarina Carvalho, Inês Quintino, Raquel Matta, Sara Matta, Nuri e Mafalda, pela amizade e por me terem ajudado na adaptação à nova vida em Lisboa.

Ao Jorge Lino, amigo e companheiro de viagens pelo Mundo, pela revisão deste texto.

Muito obrigada a todos!

Resumo

O ruído subaquático de origem antropogénica e o seu impacto nos mamíferos marinhos tem gerado uma crescente preocupação a nível mundial. O aumento do tráfego de embarcações em áreas costeiras, onde residem populações de mamíferos marinhos, pode ter um efeito cumulativo de redução da qualidade do habitat, devido ao aumento dos níveis de ruído subaquático. Para os mamíferos marinhos, a comunicação acústica constitui um mecanismo vital para a perceção do meio ambiente, para a navegação, bem como para a deteção de presas e predadores. Qualquer fator que interfira com estas funções, de elevada importância biológica, poderá ter efeitos adversos no bem-estar e sobrevivência destes animais.

No estuário do Sado reside uma população de golfinhos-roazes (*Tursiops truncatus*) de cariz único em Portugal. O seu reduzido efetivo populacional e a crescente pressão de origem antropogénica a que está sujeita colocam-na numa situação de elevada vulnerabilidade.

Neste trabalho foi estudado o repertório acústico dos golfinhos-roazes da população do estuário do Sado e foram avaliados os potenciais impactos do tráfego de embarcações nos padrões de emissão do elemento vocal assobios. Foram realizadas 20 saídas de campo, tendo sido extraídas 202 amostras com um total de 3226 vocalizações, onde foi possível identificar todos os elementos vocais descritos para esta população por dos Santos (1998).

Foi analisada a ocorrência dos diferentes elementos vocais na presença e na ausência de embarcações. A distribuição de acordo com o tipo de elemento vocal foi muito semelhante quer nos registos obtidos das vocalizações na presença de embarcações quer na sua ausência. Os rangidos e chorincos tiveram grande relevância no repertório, sobretudo em situações de alimentação e busca de presas. Os assobios foram o elemento vocal mais comum. Foi feita uma categorização dos assobios de acordo com os perfis de modulação de frequência, tendo-se conseguido catalogar 17 categorias de assobios estereotipados. Alguns dos assobios estereotipados registados (10 categorias) já haviam sido identificados em estudos anteriores, tendo sido identificadas 7 novas categorias de assobios estereotipados dos golfinhos-roazes da população do Sado. A taxa de emissão de assobios foi superior em episódios de socialização, busca de presas e alimentação, comparativamente à atividade de deslocação.

Com este trabalho, pretendia-se estudar a influência da presença de embarcações nos padrões de emissão dos assobios. Foram observadas algumas alterações no comportamento vocal dos golfinhos-roazes face à presença de embarcações. Nestas condições, a taxa de emissão de assobios diminuiu significativamente (de 10 assobios/min para 4 assobios/min) ($Z=-3.409$; $p<0.01$). Esta redução foi visível em todos os estados comportamentais, tendo sido estatisticamente significativa para as atividades de alimentação ($Z=-1.978$; $p<0.05$) e busca de presas ($Z=-2.787$; $p<0.01$). Relativamente aos parâmetros acústicos dos assobios, observaram-se diferenças estatisticamente significativas nas médias da Frequência inicial ($Z=-2.647$; $p<0.01$) e da Frequência final ($Z=-3.391$; $p<0.01$) na presença de embarcações.

As alterações observadas poderão ser uma estratégia comportamental de adaptação bioacústica aos níveis de ruído provocado pelas embarcações. O aumento dos níveis de pressão sonora, com origem no tráfego marítimo, pode estar a modificar as características dos sinais emitidos por estes indivíduos, de forma a superar o mascaramento.

Para reduzir o impacto do tráfego marítimo sobre esta população, é necessário uma continuada monitorização, uma melhor compreensão das relações causa-efeito e a adoção de medidas de regulamentação e fiscalização que promovam a preservação e perenidade desta comunidade.

Palavras-chave: tráfego marítimo; ruído subaquático; golfinhos-roazes (*Tursiops truncatus*); comunicação acústica; respostas comportamentais, conservação.

Abstract

The anthropogenic underwater noise has generated a growing concern worldwide. Increasing marine traffic in coastal areas, with local populations of marine mammals may have the cumulative effect of reducing habitat quality, by increasing the underwater noise levels. Sound is of vital biological importance to marine mammals and interference with acoustic functions such as communication, foraging, navigation and predator avoidance may have adverse effects on the welfare and survival of these animals.

The Sado estuary has gone through a strong development in recent decades and is the habitat of the only resident population of bottlenose dolphins in Portugal. The increasing anthropogenic pressure can be a threat to this small population that shows a high level of vulnerability.

This study investigated the acoustic repertoire of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) resident in the Sado Estuary and evaluated the potential impacts of vessel traffic on the whistle characteristics and production patterns. During this work, 20 field studies were conducted and 202 acoustic samples were extracted with a total of 3226 vocalizations. It was possible to identify all the vocal elements previously described for this population by dos Santos (1998). This work analyzed the occurrence of different vocal elements in the presence and absence of boats near the animals. The distribution based on the type of vocal element was very similar both on the vocalizations data obtained in the presence and absence of boats. Creaks and squawks had great relevance in the repertoire, especially in situations of feeding and foraging. Whistles were the most common vocal element and 17 categories were identified, grouping contours that could be repeatedly recognized in multiple occurrences. Some of the stereotyped whistles recorded (10 categories) had been identified in previous studies and 7 new categories of stereotyped whistles of bottlenose dolphins in the Sado population were identified. Whistle production rate was higher during socializing, foraging and feeding compared to travelling.

This work aimed to investigate changes in *Tursiops truncatus* whistle characteristics and production patterns caused by boat traffic noise at Sado Estuary. Some changes in vocal behaviour were observed due to the presence of boats. In this case, bottlenose dolphins significantly decreased the production rate from 10 whistles/min to 4 whistles/min ($Z = -3409$, $p < 0.01$). This reduction was visible in all behavioral states and was statistically significant for feeding ($Z = -1978$, $p < 0.05$) and foraging activities ($Z = -2787$, $p < 0.01$).

Significant differences on acoustic parameters of whistles in the presence of boat were observed (mean initial frequency ($Z = -2647$, $p < 0.01$) and end frequency ($Z = -3391$, $p < 0.01$)).

These results suggest that communication signals are adapting to avoid the noise and overcome masking effects. These changes may be a behavioral strategy of bioacoustic adaptation to boat noise levels. Increasing sound pressure levels caused by boat traffic may lead to modified signals characteristics emitted by these individuals to avoid masking.

To reduce the impact of marine traffic over this population, continuous monitoring, better understanding of cause-effects relations, regulation and monitoring are essential to promote the preservation and perennity of this small community of bottlenose dolphins.

Keywords: vessel traffic, underwater noise; bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*); acoustic communication; behavioral responses; conservation;

Índice

Agradecimentos	v
Resumo	vii
Abstract	ix
Índice de Figuras	xiii
Índice de tabelas.....	xv
1. Introdução	1
1.1. Apresentação	1
1.2. Caracterização biológica da espécie <i>Tursiops truncatus</i>	3
1.2.1. <i>Distribuição e Habitat</i>	3
1.2.2. <i>Morfologia</i>	4
1.2.3. <i>Reprodução e Crescimento</i>	5
1.2.4. <i>Alimentação</i>	6
1.3. Comportamento e vida social	7
1.3.1. <i>Comportamento e padrões de atividade</i>	7
1.3.2. <i>Organização Social</i>	8
1.4. Comunicação acústica.....	11
1.4.1. <i>Mecanismos de produção de sinais acústicos</i>	11
1.4.2. <i>Mecanismos de receção de sinais acústicos</i>	12
1.4.3. <i>Capacidades auditivas do golfinho-roaz</i>	14
1.4.4. <i>Categorias de sinais acústicos</i>	15
1.5. A população residente de golfinhos-roazes do Sado	21
1.6. Impactos do tráfego marítimo	25
1.7. Objetivos	31
2. Material e Métodos	33
2.1. Área de estudo.....	33
2.2. Amostragens acústicas e comportamentais.....	35
2.2.1. <i>Amostragens acústicas e comportamentais na ausência de embarcações</i>	37
2.2.2. <i>Amostragens acústicas e comportamentais na presença de embarcações</i>	38
2.3. Análise das gravações acústicas subaquáticas.....	39
2.4. Estudo da influência do tráfego marítimo nos padrões de emissão dos assobios dos golfinhos-roazes do estuário do Sado	43

3. Resultados	45
3.1. Análise das gravações acústicas subaquáticas.....	45
3.1.1. <i>Gravações acústicas subaquáticas registadas na ausência de embarcações</i>	45
3.1.2. <i>Gravações acústicas subaquáticas registadas na presença de embarcações</i>	53
3.1.3. <i>Categorização dos Assobios</i>	57
3.2. Estudo da influência do tráfego marítimo nos padrões de emissão dos assobios dos golfinhos-roazes do estuário do Sado	61
4. Discussão.....	65
5. Considerações finais	71
6. Referências bibliográficas.....	75
ANEXO I – Folha de registos acústicos.....	89
ANEXO II – Resultados da análise estatística.....	91

Índice de Figuras

Figura 1 - Distribuição geográfica da espécie golfinho-roaz.....	3
Figura 2 - Golfinho-roaz (<i>Tursiops truncatus</i>) do estuário do Sado	4
Figura 3 - Anatomia externa do golfinho-roaz (dos Santos, 1998).....	5
Figura 4 - Interação social entre dois golfinhos-roazes (<i>Tursiops truncatus</i>) do estuário do Sado.....	8
Figure 5 - Esquema ilustrativo da anatomia da cabeça de um golfinho-roaz, evidenciando estruturas envolvidas na produção e receção de sinais acústicos.	12
Figura 6 - Curva audiométrica de um golfinho-roaz (adaptado de Johnson, 1967).. ..	14
Figura 7 - Sonograma produzido pelo SpectraLAB representativo duma sequência de três contornos de assobios iguais e respetivas harmónicas.....	16
Figura 8 - Mapa do estuário do Sado (Latitude: 38°28'N; Longitude: 8°50'W) (Google Earth ®)	22
Figura 9 - Sonogramas representativos de um assobio registado em 1992 (A) e de um assobio registado em 1999 (B) com o mesmo perfil de modulação de frequência (retirado de Couchinho, 1999).....	23
Figura 10 - Situação de interação de uma embarcação de recreio com um golfinho-roaz do estuário do Sado.....	25
Figura 11 - Localização do Estuário do Sado (Google Earth ®).....	33
Figura 12 – Cadeia de instrumentação eletroacústica.....	36
Figura 13 - Ilustração de um contorno de um assobio e as principais características que podem ser medidas a partir dele (Adaptado de Ansmann, 2005).....	41
Figura 14 - Representação dos registos acústicos das vocalizações produzidas pelos golfinhos-roazes do estuário do Sado (Google Earth ®)	45
Figura 15 - Número de registos acústicos agrupados de acordo com a atividade comportamental dominante observada.....	46
Figura 16 - Elementos vocais registados.....	46
Figura 17 - Sonograma produzido pelo SpectraLAB de cliques de ecolocalização discerníveis.....	47
Figura 18 - Sonograma produzido pelo SpectraLAB representativo de um chorinco.....	47
Figura 19 - Sonograma produzido pelo SpectraLAB representativo de um rangido.....	48
Figura 20 - Sonograma produzido pelo SpectraLAB representativo de uma sequência de guinchos (A) e goles (B).....	48
Figura 21 - Sonograma produzido pelo SpectraLAB representativo de uma sequência de três grunhidos.....	49

Figura 22 – Sonograma produzido pelo SpectraLAB representativo de um bang (A) e de uma sequência de quatro zumbidos (B).....	50
Figura 23 – Representação dos registos acústicos das vocalizações produzidas pelos golfinhos-roazes do estuário do Sado na presença de embarcações (Google Earth®).....	53
Figura 24 – Número de registos acústicos agrupados de acordo com a atividade comportamental dominante observada.....	54
Figura 25 – Número de elementos vocais registados.....	54
Figura 26 – Número médio de elementos vocais registados, por minuto, na ausência de embarcações vs. na presença de embarcações.....	61
Figura 27 - Número médio de assobios emitidos por minuto, de acordo com a atividade dominante, na ausência de embarcações vs. na presença de embarcações.....	62
Figura 28 – Valores médios dos parâmetros acústicos dos assobios registados na ausência de embarcações vs. na presença de embarcações.....	63

Índice de tabelas

Tabela 1 - Parâmetros acústicos utilizados para a análise acústica dos assobios dos golfinhos-roazes.....	40
Tabela 2 – Valores mínimo, máximo, média e erro-padrão da média (SEM) dos parâmetros acústicos medidos dos assobios da população de golfinhos-roazes do estuário do Sado.....	51
Tabela 3 – Valores de pico de frequência e nível de pressão sonora na fonte dos assobios selecionados	51
Tabela 4 – Valores mínimo, máximo, média e erro-padrão da média (SEM) dos parâmetros acústicos medidos dos assobios da população de golfinhos-roazes do estuário do Sado em situação de interação com embarcações.....	56
Tabela 5 – Exemplos de sonogramas representativos de perfis de modulação de frequência de assobios estereotipados dos golfinhos-roazes do estuário do Sado e respectivas percentagens de ocorrência.....	57

1. Introdução

1.1. Apresentação

As regiões costeiras, nomeadamente as margens estuarinas, estão sujeitas a uma crescente pressão antropogénica (zonas portuárias, urbanizações) e a sua procura para atividades de lazer e turismo tem vindo a aumentar ao longo das últimas décadas. As atividades turísticas associadas ao sector náutico desempenham um papel importante no desenvolvimento socio-económico das regiões. No entanto, deve-se ter em consideração outros fatores importantes, nomeadamente a componente biológica, uma vez que as atividades humanas com relevância sócio-económica podem traduzir-se em impactos negativos nas comunidades biológicas e nos habitats.

O estuário do Sado é o habitat da única população de golfinhos-roazes residente em Portugal Continental. Esta população está envelhecida e tem vindo a diminuir progressivamente nos últimos anos. Augusto *et al.* (2012) avaliaram o efetivo total da população em 24 indivíduos, podendo ter havido alterações mais recentemente.

O estuário é uma área fundamental para a vida dos golfinhos desta população altamente vulnerável. Qualquer fator perturbador que contribua para a degradação do habitat ou que interfira com as funções biológicas dos golfinhos poderá representar uma ameaça significativa para esta população. A avaliação dos impactos a que esta comunidade de golfinhos-roazes está sujeita é, assim, de extrema importância.

O estuário do Sado tem vindo a ser cada vez mais utilizado para fins portuários, industriais, recreativos e de lazer. Como consequência, tem-se verificado um aumento no tráfego de embarcações, bem como uma maior procura de atividades de ecoturismo para observação dos golfinhos-roazes.

Os potenciais efeitos do tráfego marítimo sobre populações de mamíferos marinhos em áreas costeiras é um tema de crescente preocupação a nível mundial. O aumento do ruído subaquático de origem antropogénica pode interferir com o sistema sensorial acústico-auditivo destes animais, que é altamente especializado. Nos mamíferos marinhos, as capacidades acústicas constituem o principal mecanismo de perceção e interação com o meio. O som é utilizado para uma série de processos vitais tais como a comunicação, a navegação e exploração do ambiente, a alimentação e a deteção de predadores (Au, 1993).

Assim, o tráfego marítimo poderá ser uma ameaça significativa para esta reduzida comunidade de golfinhos-roazes e poderá influenciar o comportamento, a fisiologia e as capacidades acústicas dos indivíduos, colocando a população em risco.

Face a estas possíveis ameaças à sua sobrevivência ou bem-estar, o estudo das respostas acústicas (tais como alterações nos parâmetros acústicos ou nas taxas de emissão das vocalizações) dos golfinhos face à presença de embarcações é cada vez mais necessário.

De facto, uma vez que os golfinhos dependem do canal sensorial acústico-auditivo para muitas das suas atividades vitais, a eficiência do processo de transmissão e receção de informação acústica pode ser condicionada devido a alterações no comportamento vocal e nas capacidades auditivas destes animais.

O estudo desta população e a avaliação das ameaças a que está sujeita é importante para promover a sua continuidade e representará uma mais-valia na delineação de medidas de conservação futuras.

1.2. Caracterização biológica da espécie *Tursiops truncatus*

1.2.1. Distribuição e Habitat

O golfinho-roaz, *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821), pertence à ordem dos cetáceos e da família Delphinidae, tem uma ampla distribuição geográfica (Figura 1) e pode ser encontrado tanto em águas temperadas como tropicais por todo o mundo (Reynolds *et al.*, 2000).

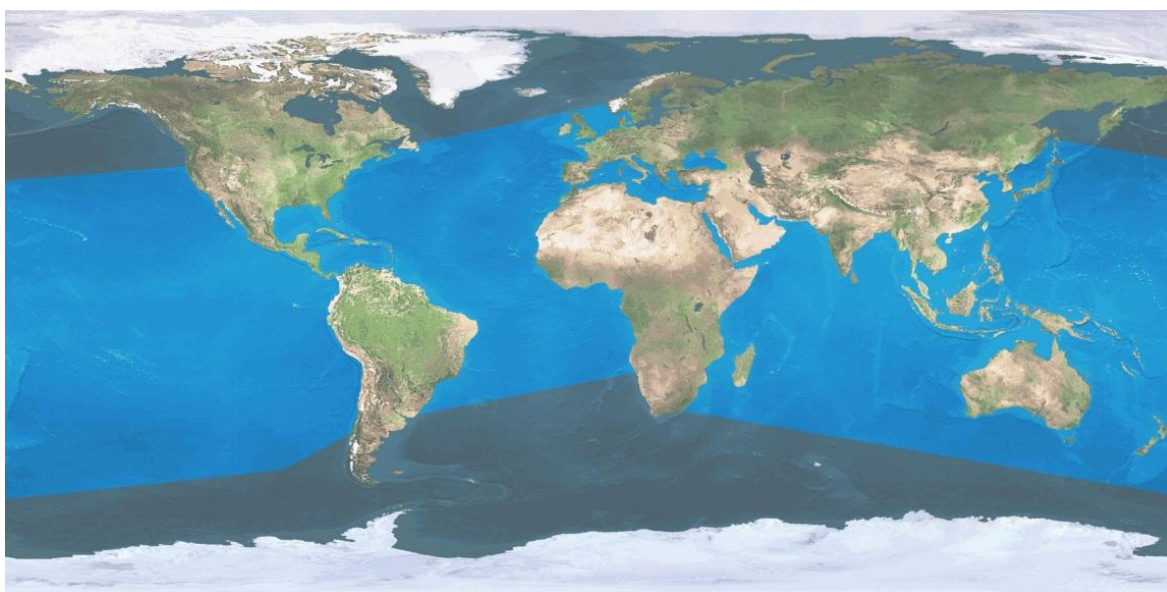


Figura 1. Distribuição geográfica da espécie golfinho-roaz ¹.

A espécie *Tursiops truncatus* foi classificada como Pouco Preocupante (*Least Concern*) de acordo com a Lista Vermelha da União Internacional para a Conservação da Natureza; embora existam ameaças que afetam populações locais de golfinhos-roazes, esta espécie é globalmente abundante, não sendo de prever que as ameaças conhecidas possam resultar num declínio mundial das populações (IUCN, 2011).

Atualmente, está documentada a existência de dois ecótipos para esta espécie: uma forma pelágica, comum em águas profundas ou junto a ilhas oceânicas e uma forma costeira, que pode ser encontrada em baías, lagoas, estuários, rios e deltas (Wells & Scott, 1999; Reynolds *et al.*, 2000). As populações costeiras, como é o caso da população do estuário do Sado, podem ocupar de uma forma sedentária ou residente áreas restritas da zona costeira, explorando as riquezas tróficas dessas regiões (dos Santos, 1998).

¹ Adaptado de <http://maps.iucnredlist.org/map.html?id=22563>

1.2.2. Morfologia

O golfinho-roaz é um delfínídeo de tamanho médio e corpo robusto, apresentando dorsalmente uma coloração de tons de cinzento mais ou menos escuro (Figura 2) e uma pigmentação ventral do tronco mais leve (quase branca, sendo por vezes ligeiramente rosada em águas mais quentes) (Leatherwood *et al.*, 1983; Wells & Scott, 1999). Salienta-se por vezes a existência de uma lista mais escura que se estende desde o olho até à barbatana peitoral (dos Santos, 1998).



Figura 2. Golfinho-roaz (*Tursiops truncatus*) do estuário do Sado.

O comprimento dos adultos pode variar entre 2 e 3.8 metros, consoante a região geográfica onde habitam e o peso máximo conhecido é cerca de 600 kg (Wells & Scott, 1999; dos Santos, 1998).

As barbatanas peitorais (Figura 3), cuja principal função é controlar a direção de deslocação dos animais, são convexas com extremidades pontiagudas e largas na base, apresentando uma estrutura óssea idêntica aos membros anteriores dos mamíferos terrestres. As barbatanas dorsal e caudal são constituídas apenas por tecido conjuntivo, não apresentando qualquer estrutura óssea. A barbatana caudal é o principal órgão de locomoção. A barbatana dorsal, de forma falciforme, apresenta uma base larga e é ligeiramente curvada para trás.

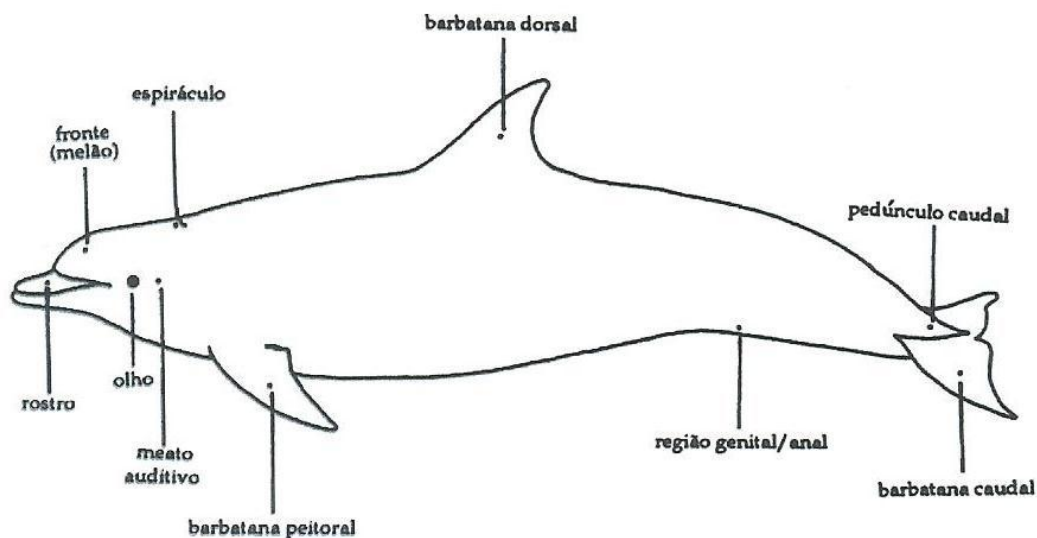


Figura 3. Anatomia externa do golfinho-roaz (dos Santos, 1998).

A forma e curvatura da dorsal, bem como cortes ou marcas características existentes, permitem reconhecer individualmente os diferentes indivíduos (Connor *et al.*, 2000). A coluna vertebral é constituída por um número variável de vértebras podendo ser de 59 a 67, distribuídas pelos seguintes tipos: 7 cervicais, 11 a 14 dorsais, 15 a 19 lombares e 25 a 30 caudais (Wells & Scott, 1999). Embora os machos sejam moderadamente maiores, mais pesados e mais robustos do que as fêmeas, não existe dimorfismo sexual evidente (dos Santos, 1998; Wells & Scott, 1999).

A distinção do sexo dos indivíduos é difícil à distância devido à falta de dimorfismo evidente nos adultos e devido ao facto da região genital e das fendas mamárias não serem facilmente identificáveis pelo observador (Connor *et al.*, 2000).

1.2.3. Reprodução e Crescimento

O período de gestação do golfinho-roaz tem a duração aproximada de 12 meses. Após este período nasce uma única cria com um comprimento de 90 a 130 cm e cerca de 30 kg de peso (Leatherwood & Reeves, 1983). O aleitamento é a fonte primária de nutrição e durará cerca de 18 meses, mas a partir dos 6 meses a cria começa a ingerir alimentos sólidos fornecidos pela mãe (dos Santos, 1998). Os cuidados maternos tendem a cessar após o nascimento de outra cria, sendo os intervalos de nascimento de pelo menos três anos (Wells & Scott, 1999).

As crias podem nascer em qualquer altura do ano. No entanto, há uma propensão para os nascimentos serem sazonais, ocorrendo em maior número nos meses mais quentes (Wells & Scott, 1999).

A idade com que estes animais atingem a maturidade sexual varia de acordo com o sexo (Wells & Scott, 1999). Geralmente, as fêmeas atingem a maturidade sexual entre os 5 e os 12 anos de idade e os machos entre os 10 e os 13 anos (Sergeant *et al.*, 1973). A longevidade nesta espécie ultrapassa os 40 anos, sendo que as fêmeas tendem a viver mais anos do que os machos (Connor *et al.*, 2000).

1.2.4. Alimentação

Os golfinhos-roazes alimentam-se de uma grande variedade de peixes (pelágicos e bentónicos), bem como de crustáceos e cefalópodes, de acordo com a sua disponibilidade e abundância. Os indivíduos desta espécie utilizam uma diversidade de técnicas de captura de alimento, adaptadas ao tipo de presa e à fisiografia das áreas de alimentação, apresentando uma grande plasticidade comportamental (Leatherwood, 1975 *in* dos Santos *et al.*, 2007). Estas estratégias de predação podem ser realizadas em grupo ou individualmente (Connor *et al.*, 2000). Na fase adulta, esta espécie necessita de um consumo diário entre 4 a 6% do seu peso corporal, ou seja, um animal de 300kg precisa de cerca de 15kg de alimento por dia (Cockcroft & Ross, 1990).

1.3. Comportamento e vida social

1.3.1. Comportamento e padrões de atividade

Os golfinhos-roazes apresentam uma grande flexibilidade e complexidade comportamental, baseadas fortemente na aprendizagem e no contacto social. Alguns estudos têm-se focado na ecologia comportamental destes animais, tendo diversos autores feito a categorização dos comportamentos em padrões globais de atividade, sendo os padrões mais referenciados (Shane, 1990; dos Santos, 1998; Chilvers & Corkeron, 2001; Lusseau, 2006; Miller *et al.*, 2010):

- Deslocação;
- Busca de presas;
- Alimentação;
- Socialização;
- Repouso.

A *Deslocação* é um padrão de atividade no qual os indivíduos se movimentam numa direção determinada, emergindo num só grupo compacto ou então em várias unidades dispostas ao longo de um eixo de deslocação (dos Santos, 1998). Os animais emergem próximos uns dos outros; as submersões são geralmente de curta duração podendo ser alternadas com mergulhos prolongados (dos Santos, 1998).

O padrão de atividade *Busca de presas* é caracterizado por movimentos erráticos dos animais à superfície, que são indicativos de perseguição de presas (Chilvers & Corkeron, 2001). Os animais emergem geralmente em várias pequenas unidades, distribuídos por uma área extensa (dos Santos, 1998). A duração, frequência e direção dos mergulhos é variável, podendo observar-se ocasionalmente saltos frontais, laterais ou em elevação e detetar presas à superfície (dos Santos, 1998; Chilvers & Corkeron, 2001).

A *Alimentação* é um comportamento caracterizado por movimentos rápidos dos indivíduos à superfície, que emergem em várias direções, próximos uns dos outros, concentrados numa pequena área (dos Santos, 1998). Durante esta atividade é comum observar-se saltos, mergulhos de curta duração, peixes a saltar fora de água e, por vezes, gaivotas a sobrevoar a área (dos Santos, 1998; Miller *et al.*, 2010).

A *Socialização* (Figura 4) é o padrão de atividade onde são observados eventos comportamentais de interação, tais como saltos em diversas posições e contato físico entre os animais (dos Santos, 1998; Lusseau, 2006). Neste tipo de atividade, os indivíduos distribuem-se em grupos pequenos, as submersões são de curta duração, não se detetando a presença de presas (dos Santos, 1998).



Figura 4. Interação social entre dois golfinhos-roazes (*Tursiops truncatus*) do estuário do Sado.

O *Repouso* é o padrão comportamental no qual se observa uma única unidade de animais muito próximos uns dos outros, em movimentação lenta numa direção constante ou praticamente imóveis à superfície (dos Santos, 1998; Chilvers & Corkeron, 2001; Lusseau, 2006; Miller *et al.*, 2010).

A duração e a frequência de ocorrência de cada padrão de atividade dependem de diversos fatores ambientais tais como a fisiografia do habitat, as estações do ano, a hora do dia, o estado de maré e também de fatores fisiológicos tais como a sazonalidade reprodutiva (Shane *et al.*, 1986; Ballance, 1992).

1.3.2. Organização Social

Uma característica observada em muitas populações de *Tursiops* é o padrão de fusão-fissão dos grupos, em que os indivíduos se associam em pequenos grupos que variam a sua composição ao longo do tempo (Connor *et al.*, 2000; Gibson & Mann, 2008).

O tamanho do grupo nesta espécie pode variar entre 1 a mais de 100 indivíduos, no entanto estes animais são geralmente encontrados em grupos relativamente pequenos de 2 a 15 indivíduos (Shane *et al.*, 1986). Segundo estes autores, os principais fatores que influenciam o tamanho do grupo são a estrutura do habitat e os padrões de atividade.

De um modo geral, as populações de golfinhos-roazes que habitam em baías e estuários tendem a formar grupos menores do que as populações que vivem em mar aberto (Scott & Chivers, 1990). A variação do tamanho do grupo com a fisiografia dos habitats pode estar relacionada com as técnicas de captura de alimento e com a proteção contra a predação (Wells *et al.*, 1980 *in* Shane *et al.*, 1986; Gowans *et al.*, 2008). Em mar aberto, os golfinhos tendem a formar grupos de grandes dimensões para conseguirem, cooperativamente e juntando as suas capacidades sensoriais, encontrar recursos suficientes. O aumento do tamanho do grupo providencia uma maior eficiência na procura de presas e uma melhor proteção e defesa contra predadores. Por outro lado, as águas costeiras e pouco profundas oferecem recursos relativamente estáveis e distribuídos de forma mais regular, levando à diminuição do tamanho dos grupos. Estas áreas costeiras estão mais protegidas, não havendo por isso benefícios da existência de grupos grandes para a defesa contra a predação.

A composição do grupo é dinâmica podendo alterar-se frequentemente, embora existam associações que se mantêm estáveis e constantes durante vários anos (Wells & Scott, 1990; Shane *et al.*, 1986). Estas associações ocorrem com base no sexo, na idade, nas relações de parentesco e até na condição reprodutiva (Wells & Scott, 1990; Shane *et al.*, 1986; dos Santos, 1998). As fêmeas que se encontram na mesma fase do ciclo reprodutivo tendem a associar-se, ou seja, formam-se grupos de fêmeas sexualmente receptivas, ou grávidas ou em aleitamento (dos Santos, 1998; Wells & Scott, 1999). Relativamente aos machos, é muito comum a formação de alianças estáveis e de longa duração entre dois ou três indivíduos da mesma faixa etária (Connor *et al.*, 1992; Wells, 1991). Nas sociedades de golfinhos-roazes podem também ser observadas hierarquias de dominância formadas com base no tamanho dos indivíduos, independentemente do sexo, que são estabelecidas e mantidas através de interações agonísticas (dos Santos, 1998; Wells & Scott, 1999). Estas hierarquias têm sobretudo a função de permitir uma rápida organização do grupo em situações de perigo (Norris & Dohl, 1980; Wursig, 1979).

1.4. Comunicação acústica

Na comunicação dos cetáceos, o principal modo de adquirir informação sobre o meio é através da recepção e interpretação de sons e por isso o seu canal acústico-auditivo é altamente especializado. Apesar destes animais utilizarem outros canais sensoriais de indiscutível importância como a visão ou o tato, a audição é o canal mais favorecido para a percepção e interação com o meio ambiente. Os cetáceos utilizam o seu sistema acústico-auditivo para uma série de processos vitais tais como a comunicação, navegação e a deteção de predadores ou presas (Au, 1993).

O sistema sensorial auditivo dos mamíferos marinhos sofreu enormes mudanças com a adaptação ao meio aquático (Mann *et al.*, 2000). A velocidade de propagação das ondas sonoras no meio aquático (valores médios de 1500 ms^{-1}) é cerca de 4.4 vezes superior à velocidade de propagação no ar (valores médios de 344 ms^{-1}) (Everest, 1989). Esta diferença física conduziu estes animais a adaptações morfológicas e funcionais que permitiram otimizar a utilização do som no ambiente aquático (Solntseva *et al.*, 2007).

1.4.1. Mecanismos de produção de sinais acústicos

O modo como as vocalizações são produzidas tem sido um tema bastante controverso. Os primeiros estudos sobre esta temática defendiam que os sinais acústicos eram produzidos através da vibração das pregas da laringe (Purves & Pilleri, 1983). Atualmente, a teoria mais aceite é a de que a geração de sinais acústicos é feita na região nasal, através da passagem forçada de ar entre os vários sacos nasais, provocando a vibração de uma estrutura designada por lábios fónicos (Figura 5) (Cranford *et al.*, 1996).

Os sinais produzidos são focalizados através dos tecidos gordos da fronte (Figura 5) e conduzidos até à água (dos Santos, 1998).

Como existem dois sistemas de sacos nasais, será possível aos animais produzir simultaneamente dois sons diferentes, como um trem de cliques e um assobio, pela utilização diferenciada dos dois sistemas (Dormer, 1979 *in* dos Santos, 1998).

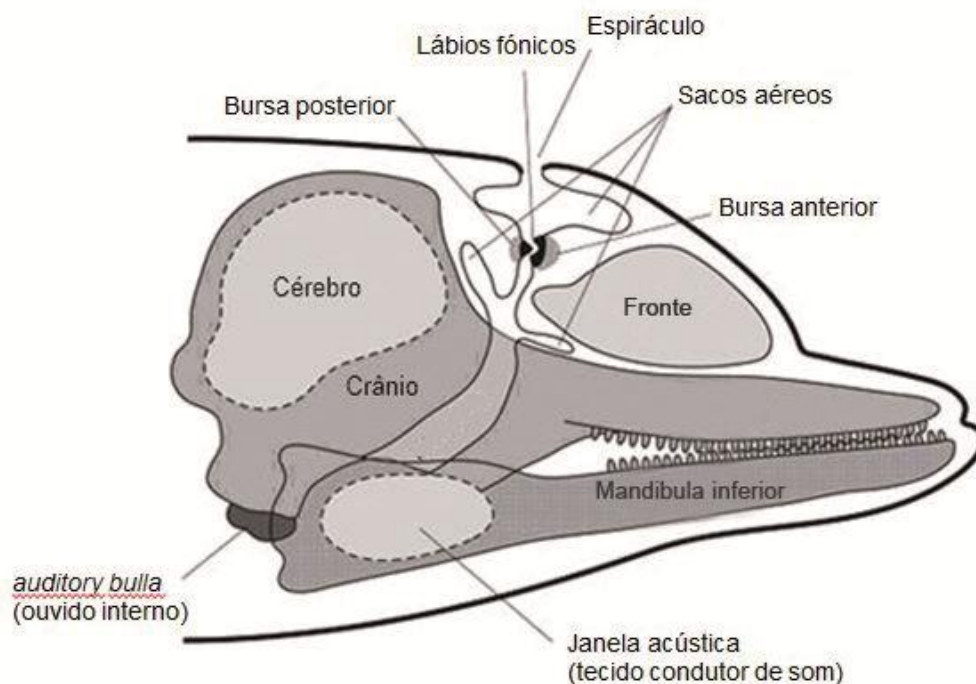


Figura 5. Esquema ilustrativo da anatomia da cabeça de um golfinho-roaz, evidenciando estruturas envolvidas na produção e recepção de sinais acústicos ².

1.4.2. Mecanismos de recepção de sinais acústicos

Tal como acontece nos mamíferos terrestres, o sistema auditivo dos cetáceos é dividido em três secções: o ouvido externo, o ouvido médio e o ouvido interno (cóclea). Enquanto nos mamíferos terrestres, o ouvido médio e o ouvido interno estão inseridos no crânio, nos cetáceos estes mecanismos de audição estão contidos numa estrutura óssea (bula timpânica), que está ligada ao crânio através de cartilagem e tecido adiposo (McCormick *et al.*, 1970).

Os cetáceos não apresentam pavilhão auditivo (*pinna*), que é uma característica física evidente do ouvido externo dos seus ancestrais terrestres (Ketten, 1992; Ridgway *et al.*, 2001; Hemila *et al.*, 2010). A hidrodinâmica do corpo destes animais seria prejudicada pela existência de pavilhões auditivos (dos Santos, 1998). A terminação do canal auditivo externo do golfinho é um minúsculo orifício na superfície do animal, localizado atrás do olho, sendo este canal muito estreito e preenchido por restos de material celular e cerume (Ketten, 1992).

² <http://www.pac.dfo-mpo.gc.ca/education/images/intermediate/porpoise-marsouin/dolphinshead.gif>

Estas características sugerem que o canal auditivo externo dos golfinhos não desempenha um papel importante na condução do som ao ouvido interno (McCormick *et al.*, 1970; Ridgway, 2000; Bullock *et al.*, 1968 *in* Hemila, 2010). Têm sido apresentadas várias hipóteses sobre a forma como o som é conduzido ao ouvido interno. Uma das primeiras propostas apresentadas defendia que o som chegaria mais facilmente ao ouvido interno dos golfinhos por condução nos ossos e tecidos moles (Dudok van Heel, 1962 *in* dos Santos, 1998). Segundo Norris (1968), a condução do som seria feita através do canal mandibular. Recentemente, a maioria dos estudos direcionados para a audição e anatomia do ouvido dos cetáceos têm apoiado esta teoria. De acordo com esta teoria, o som é captado pela mandíbula inferior (Figura 5), sendo conduzido até ao ouvido médio e ouvido interno, através do tecido adiposo existente num pequeno canal da mandíbula (Brill *et al.*, 1988; Norris, 1967 *in* Au & Hastings, 2008; Tyack, 2001; Raybov, 2010; Cranford *et al.*, 2010; Montie *et al.*, 2011). Este canal percorre a mandíbula até à proximidade da bula timpânica, estando preenchido com substâncias lípidicas semelhantes às encontradas na fronte (Varanasi & Malins, 1971 *in* Jensen, 2011).

O ouvido médio atua como um dispositivo de impedância acústica, que neutraliza a perda de transmissão das ondas sonoras entre a água circundante e o fluido contido no ouvido interno (Hemila *et al.*, 1999; Nummela *et al.*, 1999).

Tal como acontece nos mamíferos terrestres, é no ouvido interno (cóclea) que ocorre a conversão da energia sonora em impulsos nervosos que são transmitidos ao cérebro através do nervo auditivo (Reynolds *et al.*, 2000).

A cóclea apresenta uma estrutura espiral, sendo constituída pela membrana basilar e por células ciliadas associadas (Ketten, 1998). A condição mais importante para a diferenciação de frequências na cóclea é a variação de rigidez da membrana basilar (Wever *et al.*, 1971b *in* Au & Hastings, 2008). Nas proximidades da janela oval, a membrana é dura e estreita, vibrando quando estimulada por altas frequências. No interior da cóclea, longe da janela oval, a membrana torna-se mais espessa e mole, sendo mais sensível a baixas frequências (Ketten, 1998).

1.4.3. Capacidades auditivas do golfinho-roaz

O golfinho-roaz tem a capacidade de ouvir sons numa gama alargada de frequências, entre 75 Hz e 150 kHz (Figura 6), apresentando maior sensibilidade para frequências entre 15 kHz e 110 kHz. Note-se que os humanos apresentam sensibilidade auditiva entre 20 Hz e 20 kHz. A sensibilidade máxima de audição do golfinho-roaz situa-se entre 65 e 70 kHz. Esta é a banda em que o limiar de deteção é mais baixo, cerca de 42 dB re 1 μPa ³ (Johnson, 1967).

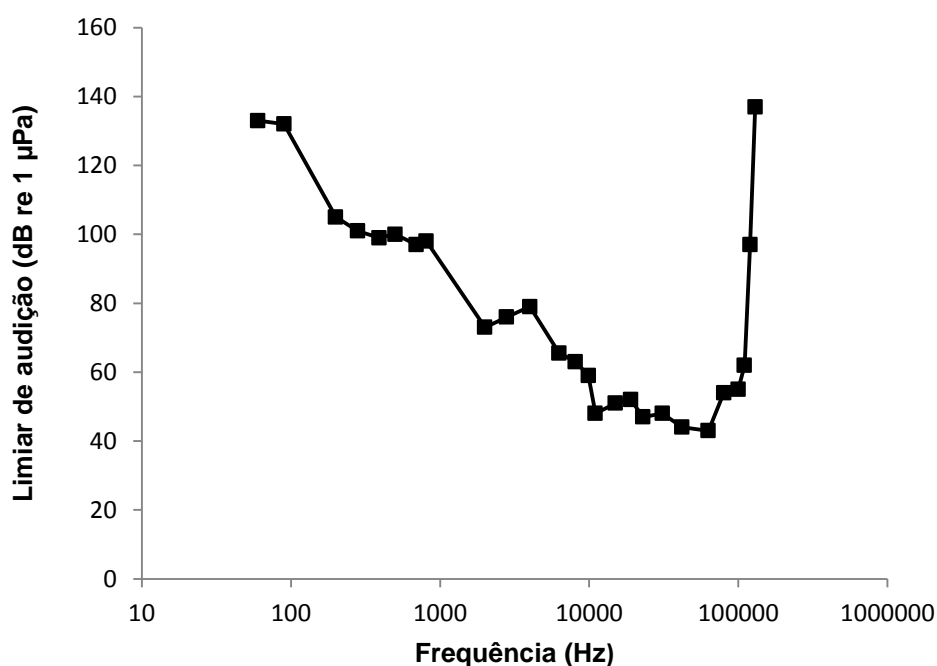


Figura 6. Curva audiométrica de um golfinho-roaz (adaptado de Johnson, 1967).

A capacidade de discriminação de frequências é uma característica muito importante para a deteção e processamento de sinais acústicos. Os golfinhos-roazes têm a capacidade de distinguir sons de frequência modulada de sons de frequência constante e a melhor discriminação sonora ocorre entre os 2 e os 55 kHz (Au, 1993). Os indivíduos desta espécie têm uma audição direcional, ou seja, têm a habilidade de discriminar estímulos sonoros tanto no plano vertical como no plano horizontal (Au e Moore, 1984 *in* Au & Hastings, 2008).

³ O valor de intensidade, normalmente referido como nível de pressão sonora, é medido utilizando uma escala relativa a um valor de referência, usando-se como unidade o decibel (dB). O valor em decibéis é resultado de uma razão entre a pressão da onda e a pressão de referência, que na água é 1 μPa .

1.4.4. *Categorias de sinais acústicos*

Os sinais acústicos emitidos pelo golfinho-roaz são tradicionalmente divididos em três categorias estruturais (Caldwell *et al.*, 1990):

- assobios;
- cliques de ecolocalização;
- outros sons pulsados;

E duas categorias funcionais (Herzing, 2000):

- cliques de ecolocalização, utilizados para a navegação e detecção de presas;
- assobios e outros sons pulsados, com funções comunicativas;

A categorização estrutural é a mais frequentemente utilizada, devido à dificuldade que existe em atribuir funções específicas a alguns sinais.

Assobios

Os assobios têm recebido uma grande atenção por parte da comunidade científica e têm sido alvo de muitos estudos, uma vez que as suas frequências são relativamente baixas e audíveis pelos humanos, comparativamente com as outras vocalizações (cliques ecolocalização e outros sons pulsados). Grande parte do conhecimento existente sobre a comunicação acústica dos golfinhos deriva de estudos feitos sobre a emissão de assobios do golfinho-roaz, que é a espécie mais comum em cativeiro.

Os assobios são sons tonais de banda espectral estreita, com frequências fundamentais entre 5 e 15 kHz (Herman & Tavolga, 1980 in Au & Hastings, 2008; dos Santos, 1998), podendo ultrapassar os 50 kHz quando se verifica a existência de harmónicas (Figura 7) (Lammers *et al.*, 2003). A harmónica de uma onda é uma frequência componente do sinal que é um múltiplo inteiro da frequência fundamental (Lammers *et al.*, 2003).

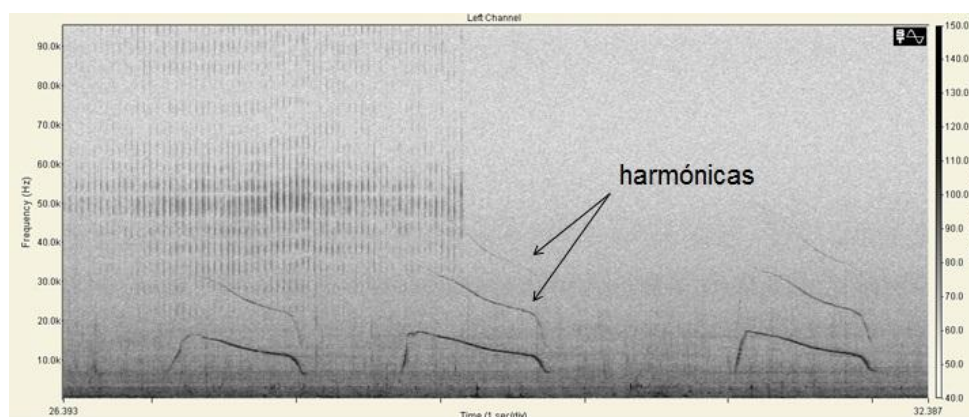


Figura 7. Sonograma produzido pelo SpectraLAB representativo de uma sequência de três contornos de assobios iguais e respectivas harmônicas.

A frequência do assobio pode ser constante ou pode variar no tempo (frequência modulada) (dos Santos, 1998) e os assobios têm, normalmente, uma duração média menor que um segundo, podendo estender-se até três segundos (Au & Hastings, 2008). A pressão acústica dos assobios pode variar entre 125 e 173 dB re 1 μ Pa (Richardson *et al.*, 1995).

Os assobios têm sido associados a funções comunicativas, por ser notória a abundância da sua produção em contexto social (dos Santos, 1998).

Estes animais emitem assobios muito estereotipados (Caldwell & Caldwell, 1965) que permanecem estáveis durante longos períodos de tempo (Sayigh *et al.*, 1990; dos Santos *et al.*, 2005). Pensa-se que estes assobios possam ser utilizados como identificadores individuais, isto é, como uma assinatura acústica (Caldwell *et al.*, 1990; Sayigh *et al.*, 1990). A hipótese do assobio assinatura foi proposta por Melba e David Caldwell (Caldwell & Caldwell, 1965), que demonstraram que cada golfinho em cativeiro produzia um tipo de assobio característico. Os assobios assinatura de machos adultos que vivem em aliança parecem convergir, com o tempo, em padrões similares (Watwood *et al.*, 2004), como resultado da forte associação entre os animais. O uso destes assobios tem sido associado a episódios de separação temporária de indivíduos altamente interligados, tais como as associações mãe-cria (Smolker *et al.*, 1993) e machos aliados (Watwood *et al.*, 2004) e, portanto, pensa-se que sirvam para manter a coesão do grupo ou como uma forma de chamamento entre os indivíduos (Watwood *et al.*, 2004; Janik & Slater, 1998).

A categorização dos assobios em diferentes classes pode ser feita através da inspeção visual dos espectrogramas com especial ênfase na forma do contorno do assobio (Janik, 1999). Os estudos realizados sobre esta temática têm enfrentado dificuldades de nomenclatura dos assobios devido à ausência de uma padronização das técnicas de classificação de categorias (Au & Hastings, 2008). No entanto, Janik (1999) demonstrou a validade do seu método, mencionando a concordância existente entre diferentes observadores na identificação de perfis estereotipados de assobios nos sonogramas.

Cliques de ecolocalização

A ecolocalização é o processo sensorial utilizado pelos animais que lhes permite obter informação sobre o meio ambiente (identificação de obstáculos, detecção de presas ou predadores) através da emissão de cliques num feixe direcional e posterior receção do eco refletido por determinado alvo (Au & Hastings, 2008). Os cliques de ecolocalização são sinais pulsados de banda espectral larga (0,1 a 300 kHz), com uma duração muito curta (50-200 μ s) e energia superior a 200 dB re 1 μ Pa (Au, 1993). Quando a onda sonora emitida atinge um objeto ou presa, parte da energia é refletida sobre a forma de eco de retorno, permitindo ao animal detetar a presença, estrutura, composição, tamanho e forma do objeto, bem como a distância ao alvo (Tyack, 1997).

Os cliques de sonar são emitidos em trens que podem variar na duração, no número de cliques ou no intervalo entre cliques (dos Santos, 1998), de acordo com a tarefa a desempenhar. Nas tarefas de discriminação fina, o nível de pressão sonora e a frequência são mais elevadas, e o intervalo entre cliques poderá reduzir-se à medida que o animal se aproxima do alvo, permitindo a obtenção de uma imagem mais detalhada do objeto (dos Santos, 1998).

Sons pulsados

Para além dos assobios e dos cliques de ecolocalização, do repertório acústico dos golfinhos-roazes fazem ainda parte outros sons pulsados. Do ponto de vista acústico, este sons têm frequentemente uma aparência tonal devido à elevada taxa de repetição dos impulsos e tendem a possuir a maior parte da energia abaixo dos 16 kHz (dos Santos, 1998). A variação das taxas de repetição dos impulsos deu lugar à descrição de sons pulsados que podem ter adquirido funções comunicativas mas que constituem casos particulares de trens de cliques de ecolocalização.

Estes sinais apresentam conteúdos espectrais e durações muito variáveis e têm sido associados à expressão de emoções e à comunicação (dos Santos, 1998). Desta categoria de sons pulsados fazem parte:

- gemidos (*moans*) - sinais de banda larga, cuja taxa de repetição ultrapassa os cerca de 200 cliques por segundo, tornando difícil discernir a “granularidade” do trem de cliques, que adquire um aspeto vocal; é possível que possuam importantes funções comunicativas, nomeadamente como expressões de excitação (dos Santos, 1998). De acordo com este autor, o principal problema na análise da ocorrência destes sinais consiste no facto de serem frequentemente difíceis de distinguir do tipo de vocalização “chorincos”, quer na forma, quer na função.
- chorincos (*squawks*) – descritos por Caldwell & Caldwell (1967) ao estudarem as emissões acústicas de golfinhos-roazes em cativeiro. Segundo estes autores, o *squawk* é um grito estridente e relativamente breve, tendo sido gravado em diversos contextos, como em situações de jogo e de agressão. Estes sinais são impulsos com alta taxa de repetição, semelhantes aos gemidos mas com uma composição de frequências mais limitada. São sinais que duram menos de 1 s, com o aspeto vocálico de um choro de bebé, podendo surgir isoladamente, em séries, ou em alternância com outro tipo de sinais (dos Santos, 1998).
- rangidos (*creaks*) - quando a taxa de repetição ultrapassa os 40 cliques por segundo, aproximadamente, o sinal adquire uma sonoridade semelhante ao ranger de uma porta (dos Santos, 1998).
- zumbidos (*buzzes*) – sinais semelhantes aos rangidos, com alta taxa de repetição de cliques mas de duração mais curta (Herzing, 1996).
- grunhidos (*grunts*) – séries de impulsos com elevado nível de pressão sonora, que se podem estender por mais de 2 s, com uma sonoridade particular, estridente e áspera, que lembra os gritos dos porcos (dos Santos, 1998).

- guinchos (*squeaks*) - descritos por Caldwell & Caldwell (1967) ao estudarem as emissões acústicas de golfinhos-roazes em cativeiro; os sinais ocorreram em algumas situações de exposição a estímulos novos, possivelmente atemorizadores para os animais (Caldwell & Caldwell, 1967).
- Zurros – emissões em que um som transiente, tonal, não-pulsado, de baixa frequência (denominado “gole”, pela sua aparência aural) alterna com outros tipos de sinais (guinchos e grunhidos). Trata-se de sequências rítmicas que lembram os gritos dos burros (dos Santos, 1998).
- *bangs* - impulsos de banda larga e elevado nível de pressão sonora, usados em situações de medo ou alarme (Caldwell & Caldwell, 1967); Marten *et al.* (1988) apontam que variáveis sociais desconhecidas possam determinar as circunstâncias da produção destes sinais, que são relativamente raros, mesmo nas populações em que têm sido detetados.

Outros sons não-vocais

Além destas três categorias de sinais vocais, os golfinhos apresentam outros comportamentos não-vocais que resultam, principalmente, do contacto do seu corpo com a superfície da água e podem funcionar como sinais acústicos entre conspecíficos. Estes comportamentos incluem: saltos; golpes com a barbatana caudal na superfície da água (*tail slap*); golpes com as barbatanas peitorais na superfície da água (*flipper slaps*); bater de maxilares (*jaw-claps*) (Herzing, 2000) e emissão de bolhas de ar pelo orifício respiratório (dos Santos, 1998). Tanto o golpe com a barbatana caudal na água como o bater de maxilares são geralmente interpretados como formas de ameaça ou expressões de desagrado (Caldwell & Caldwell, 1972b *in* dos Santos, 1998).

De acordo com Lusseau (2006), os comportamentos aéreos (saltos) funcionam como sinais de comunicação de curto alcance dentro dos grupos de golfinhos-roazes, e vários destes sinais foram observados em situações de comunicação social, incluindo comportamentos agressivos.

1.5. A população residente de golfinhos-roazes do Sado

O estuário do Sado tornou-se alvo de interesse por parte da comunidade científica pelo facto de ser o habitat da única população de golfinhos-roazes residente em Portugal Continental. A primeira referência ao golfinho-roaz no estuário do Sado data de 1863 e deve-se ao naturalista Bocage, que observou dois exemplares durante uma travessia do rio (dos Santos & Lacerda, 1987). Os primeiros estudos realizados sobre esta população tiveram início na década de 80 do século XX, com os trabalhos de Teixeira & Duguy (1981), Hussenot (1982), dos Santos (1985) e dos Santos & Lacerda (1987). Em 1981, os autores Reiner e Teixeira reconheceram o padrão residente dos golfinhos-roazes no estuário do Sado (dos Santos & Lacerda, 1987), confirmando a presença desta espécie no estuário ao longo de todo o ano.

A utilização de técnicas de fotoidentificação veio possibilitar o reconhecimento individual dos golfinhos-roazes, permitindo fazer a inventariação desta população. Em 1985, estimava-se a existência de, pelo menos, 35 indivíduos (dos Santos, 1985). Apesar de se ter registado, no verão de 2012, o nascimento de uma cria, esta população está envelhecida e tem vindo a diminuir progressivamente nos últimos anos. Estima-se que o efetivo desta população residente no estuário do Sado seja de 24 indivíduos (Augusto *et al.*, 2012), podendo ter havido alterações mais recentemente.

Para além das características intrínsecas à própria espécie, como a maturação sexual tardia, o longo período de gestação e a dependência da progenitora, outros fatores extrínsecos podem influenciar a condição atual da população, nomeadamente a falta de recrutamento à idade adulta e a degradação do habitat (Gaspar, 2003). Apesar dos nascimentos ocorridos anualmente, a taxa de mortalidade infantil e juvenil é elevada. A estrutura etária da população encontra-se desequilibrada, sendo a faixa etária dominante a idade adulta, na qual 90% dos indivíduos encontra-se já com pelo menos 30 anos de idade (Augusto *et al.*, 2012).

Harzen & Brunnick (1997) descreveram vários tipos de lesões dérmicas presentes nos golfinhos-roazes do Sado, de etiologia desconhecida; apontaram, no entanto, que estas lesões podiam estar relacionadas com a degradação do habitat ou contaminação por poluentes. De acordo com estes autores, em 1993, 85% dos indivíduos da população apresentava lesões dérmicas e 40% desses animais apresentavam estas lesões por 6 ou mais anos.

Uma das lesões dérmicas mais comuns na população do Sado é designada de *tattoo disease* (Van Bresse *et al.*, 2003). Esta doença é caracterizada pelo aparecimento de manchas cinzentas, pretas ou amareladas que podem ocorrer em qualquer parte do corpo do golfinho e é provocada por um vírus da família Poxviridae. A elevada persistência desta doença em indivíduos imaturos sugere que esta possa ser uma das possíveis causas da mortalidade infantil e juvenil (Van Bresse *et al.*, 2003).

A utilização do habitat e os padrões de movimentos desta população de golfinhos-roazes foram estudados por Gaspar (1994), Freitas (1995), Nunes (2001), Cândido (2003), Gaspar (2003), Ferreira (2010) e Grilo (2010). De acordo com estes autores, os animais ocupam o estuário de forma diferencial, sendo de destacar os locais junto à foz e o canal sul, que são zonas com uma ocupação mais intensa e de especial importância alimentar. Segundo Gaspar (2003), a extremidade da Península de Tróia e a zona da Caldeira de Tróia (Figura 8) correspondem aos centros de atividade da maioria dos animais da população do estuário do Sado.

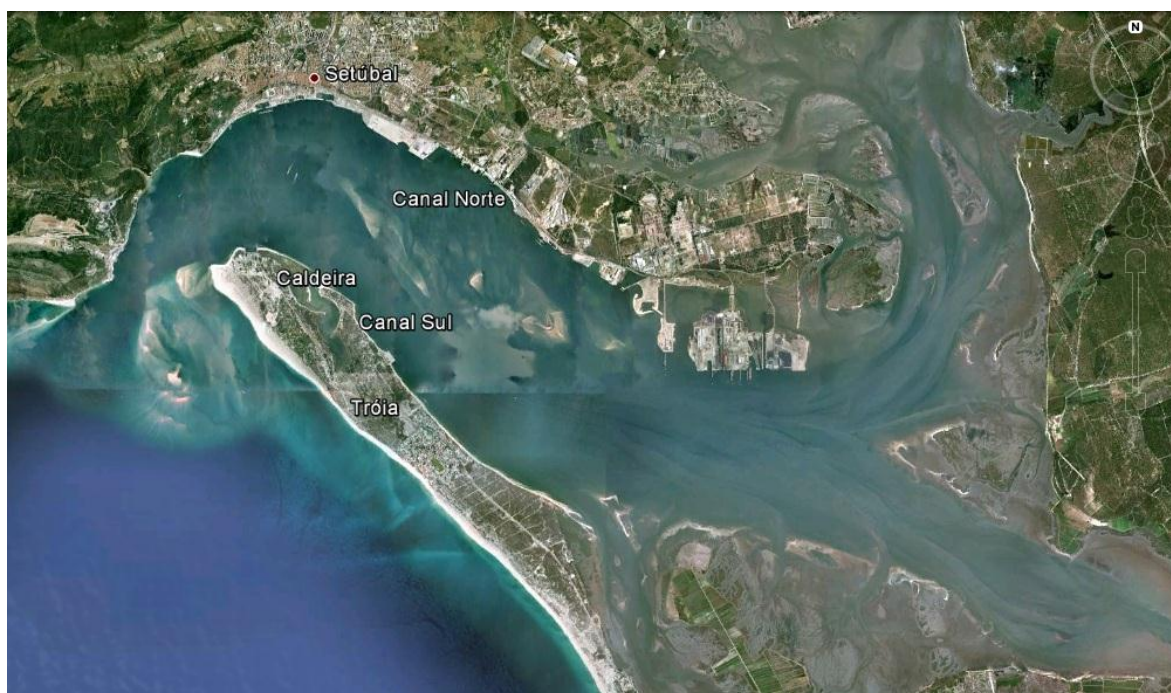


Figura 8. Mapa do estuário do Sado (latitude: 38°28'N; longitude: 8°50'W) (Google Earth ®).

Esta população apresenta um padrão de deslocação que está relacionada com o tipo de maré, permanecendo no estuário durante as horas de enchente e deslocando-se para o mar durante o período vazante (Ferreira, 2010; Grilo, 2010).

A observação direta do comportamento alimentar e dieta desta população, permitiu a identificação de algumas das espécies de presas dos golfinhos nesta região, nomeadamente a enguia-europeia (*Anguilla anguilla*), a tainha (*Mugil*), o choco (*Sepia officinalis*) e o polvo-comum (*Octopus vulgaris*) (dos Santos *et al.*, 2007).

As emissões acústicas subaquáticas dos golfinhos-roazes do estuário do Sado seguem as categorias anteriormente referidas para a espécie, estando referenciados até ao momento assobios, trens de cliques e uma variedade de outros sons pulsados (dos Santos, 1998; Brito, 2001).

Um aspeto notório dos assobios gravados no estuário do Sado, também condicente com a literatura sobre outras populações, é o facto da frequência acústica destes sinais ser geralmente modulada (dos Santos *et al.*, 2005). Foram gravados numerosos assobios com um perfil de modulação de frequência bastante estereotipado, facilmente reconhecível por inspeção visual dos sonogramas (dos Santos, 1998). Os padrões de emissão de assobios dos golfinhos-roazes do Sado foram também estudados por Couchinho (1999). Neste estudo, alguns dos perfis de assobios estereotipados aparecem inalterados em gravações de anos diferentes, o que demonstra a grande permanência destes sinais (Figura 9).

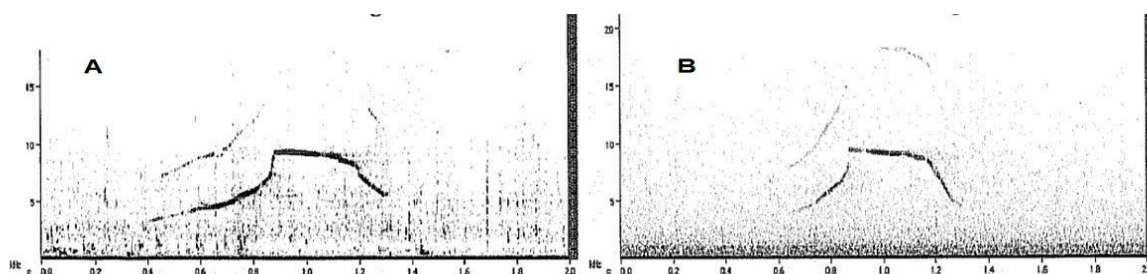


Figura 9. Sonogramas representativos de um assobio registado em 1992 (A) e de um assobio registado em 1999 (B) com o mesmo perfil de modulação de frequência (retirado de Couchinho, 1999).

Num outro estudo, realizado por Narine (2010), foi feita uma comparação entre assobios de golfinhos-roazes do Sado e assobios de golfinhos-roazes em cativeiro. Neste trabalho verificou-se que os golfinhos-roazes do Sado emitiam assobios com frequências máximas e frequências iniciais mais elevadas do que os assobios dos golfinhos em cativeiro, bem como picos de frequência superiores. Foi também observada uma maior duração nos assobios dos golfinhos-roazes do Sado.

No entanto, os golfinhos em cativeiro apresentaram assobios com frequências finais e frequências mínimas mais elevadas, sendo pouco claro o possível significado destas diferenças.

Relativamente aos trens de cliques, é um tipo de emissão acústica que se encontra também documentada para a população de golfinhos-roazes do Sado por dos Santos (1998). Segundo este autor, os trens de cliques foram detetados em todas as sessões de gravação acústica, o que seria de esperar dada a sua insubstituível função sensorial. Nas gravações ocorreram também trens sobrepostos (produzidos ao mesmo tempo por vários indivíduos) e em simultâneo com outro tipo de sinais.

Para além dos trens de cliques, foram também registados nesta população outros sons pulsados de características distintas, nomeadamente os rangidos, os chorincos, os zumbidos, os grunhidos, os zurros e os *bangs* (dos Santos, 1998).

A conservação dos golfinhos-roazes do estuário do Sado, tal como outras populações com características semelhantes, está sujeita a ameaças antropogénicas, que podem ser classificadas em quatro grupos, que se relacionam entre si: degradação da qualidade da água do estuário; tráfego marítimo; pesca; poluição acústica (Sequeira *et al.*, 2009).

O estuário do Sado está exposto a um intenso tráfego de embarcações, resultado da crescente pressão antropogénica na região. Num estudo realizado por Cascão (2001), sobre a resposta dos golfinhos-roazes do estuário do Sado face à presença de embarcações, o autor concluiu que estas interações levaram a alterações dos padrões de atividade comportamental, da composição e estrutura espacial dos grupos e resultaram num aumento da duração dos mergulhos e de comportamentos indicadores de stress (golpes caudais ou *tailslaps*).

Luís (2008) realizou um estudo sobre a avaliação do impacto da construção da marina e do cais de ferries em Troia no comportamento e no ambiente acústico da população de golfinhos-roazes do Sado. Devido à curta duração das atividades de construção e às características do ruído produzido, os efeitos gerados terão tido cariz temporário, restrito ao período de construção (Luís, 2008).

A população de golfinhos-roazes do estuário do Sado tem vindo a diminuir progressivamente; o estudo desta população e a avaliação das ameaças a que está sujeita será importante para promover a sua continuidade.

1.6. Impactos do tráfego marítimo

Com o aumento da pressão antropogénica nas zonas costeiras continentais, a temática dos potenciais efeitos do tráfego marítimo em populações de mamíferos marinhos tem sido alvo de um interesse crescente por parte da comunidade científica.

Os cetáceos utilizam o som como a principal via de comunicação e interação com o meio ambiente. Para estes animais, a produção, perceção e processamento de sons é fundamental para uma série de processos vitais tais como a comunicação, alimentação, navegação e a deteção de predadores (Au, 1993).

O ruído subaquático provocado pelo tráfego marítimo (Figura 10) pode interferir com as funções biológicas dos cetáceos a vários níveis: provocando alterações comportamentais, mascarando os seus sinais acústicos, reduzindo o alcance de comunicação em episódios de interação social, alimentação ou fuga de predadores, comprometendo temporária ou permanentemente o sistema auditivo ou outros sistemas fisiológicos e, em casos extremos, provocando o abandono do habitat ou até mesmo a morte (Richardson *et al.*, 1995; Mattson *et al.*, 2005; Nowacek *et al.*, 2007; Southall *et al.*, 2007; Jensen *et al.*, 2009).



Figura 10. Situação de interação de uma embarcação de recreio com um golfinho-roaz do estuário do Sado.

Segundo Jensen *et al.* (2009), o acréscimo do tráfego marítimo e o aumento da velocidade de navegação das embarcações em áreas onde vivem populações de cetáceos pode levar a um efeito cumulativo de redução da qualidade do habitat, nomeadamente devido ao aumento dos níveis de ruído subaquático. A exposição dos cetáceos ao ruído antropogénico pode levar a alterações comportamentais ou limitar o processo de transmissão/receção de informação acústica (Jensen *et al.*, 2009).

As alterações comportamentais podem incluir mudanças de direção, movimentos evasivos das áreas de alimentação e reprodução, alterações nos padrões de mergulho, aumento da velocidade de deslocação dos indivíduos (Janik & Thompson 1996; Nowacek *et al.*, 2001; Mattson *et al.*, 2005; Lusseau *et al.*, 2006) bem como variações nas características das vocalizações (Lesage *et al.*, 1999; Au & Green, 2000; Scarpaci *et al.*, 2000; Van Parijs & Corkeron, 2001; Buckstaff, 2004; Foote *et al.*, 2004; Wright *et al.*, 2007).

A presença de embarcações pode influenciar a duração e frequência de ocorrência dos principais estados comportamentais (Arcangeli *et al.*, 2009). As alterações comportamentais dos cetáceos, em resposta ao tráfego marítimo, podem variar consoante o número de embarcações presente. Mattson *et al.* (2005) verificaram que a resposta comportamental dos golfinhos face à presença de várias embarcações foi muito mais significativa do que na presença de uma única embarcação.

Apesar do crescente esforço científico para quantificar as alterações comportamentais (observáveis à superfície) dos golfinhos em resposta à atividade das embarcações, têm-se realizado poucos estudos sobre as respostas acústicas face a este fator perturbador.

O ruído antropogénico tem o potencial de se sobrepor e interferir com os sinais acústicos biológicos, impedindo a sua deteção por parte dos indivíduos (mascaramento acústico). A principal preocupação relativamente aos impactos do tráfego marítimo em mamíferos marinhos não está propriamente relacionada com exposições agudas (embora estas possam ser até letais, pontualmente), mas sim com o aumento generalizado do ruído subaquático, resultante da circulação crescente de embarcações, e com o potencial mascaramento dos sistemas de comunicação, dos sinais de ecolocalização e das capacidades de escuta passiva (caso de fuga a predadores ou orientação geral). O mascaramento pode resultar, por exemplo, na disrupção das atividades de reprodução e alimentação de animais que utilizam o som durante o acasalamento e na busca de presas.

Para além disso, o ruído pode mascarar estímulos acústicos ambientais importantes que os animais utilizam para navegar e/ou ter percepção do seu meio ambiente (OSPAR Commission, 2009). Nos seres humanos e noutras espécies de mamíferos, o efeito de mascaramento na audição está bem estabelecido (Fletcher, 1940).

Vários estudos examinaram os impactos que o mascaramento provoca numa diversidade de espécies e demonstraram a importância do ruído de baixa frequência dos navios na redução dramática do alcance de comunicação nos animais marinhos (Erbe & Farmer, 1998; Southall *et al.*, 2007; Morisaka *et al.*, 2005, Nowacek *et al.*, 2007). De acordo com o estudo de Parks *et al.* (2007), as baleias do Atlântico Norte (*Eubalaena glacialis*) podem estar a ajustar as suas vocalizações (frequência e intensidade) como forma de compensar o mascaramento associado ao ruído das embarcações.

Morisaka *et al.* (2005) estudaram os efeitos do ruído ambiente na produção de assobios de três populações de golfinhos-roazes do Indo-Pacífico de áreas distintas; nos habitats onde o ruído ambiente era maior, os golfinhos produziram assobios de frequências mais baixas. Estes autores sugeriram que os sinais de comunicação são adaptativos, são selecionados de forma a evitar o mascaramento e concluíram que esta variação nas características dos assobios pode ser proveniente das diferenças geográficas do ruído ambiente dos seus habitats.

Diversos estudos demonstraram que os golfinhos, quando abordados por embarcações, podem modificar as suas taxas de produção das vocalizações, possivelmente para aumentar a deteção dos sinais (Lesage *et al.*, 1999; Scarpaci *et al.*, 2000; Van Parijs & Corkeron, 2001; Buckstaff, 2004). Por exemplo, num estudo realizado na Florida, os golfinhos-roazes aumentaram a taxa de produção de assobios no início das aproximações das embarcações a motor, no entanto não ocorreram alterações na duração e nas características (frequência) dos assobios (Buckstaff, 2004). Em Victoria, na Austrália, Scarpaci *et al.* (2000) verificaram que as taxas de produção de assobios dos golfinhos-roazes foram significativamente maiores na presença das embarcações comerciais de observação de cetáceos. Estes autores sugeriram que a coesão do grupo pode ter sido afetada devido à separação física dos indivíduos e que o aumento do ruído subaquático pode ter conduzido os golfinhos a aumentar a taxa de produção de assobios de forma a manter o contato acústico. Van Parijs & Corkeron (2001) encontraram evidências similares ao estudar os golfinhos corcundas do Indo-Pacífico, *Sousa chinensis*; neste caso os golfinhos aumentaram a taxa de produção de assobios imediatamente após a passagem das embarcações na área de estudo e os autores sugeriram que o ruído das embarcações pode ter afetado a coesão do grupo.

Alguns estudos sobre esta temática contrastam com os estudos anteriormente referidos. Foote *et al.* (2004) relataram que as orcas, *Orcinus orca*, não alteraram as taxas de produção de vocalizações em resposta à presença de embarcações, embora tenha sido observado um aumento significativo na duração das emissões acústicas. Em Jervis Bay, na Austrália, Lemon *et al.* (2006) verificaram que não houve alterações nas taxas de produção de vocalizações dos golfinhos-roazes em resposta à presença de embarcações, embora tenham sido observadas alterações comportamentais.

O tráfego de embarcações pode também provocar lesões físicas nos golfinhos; Lusseau *et al.* (2002) verificaram que uma grande proporção (8-10%) de golfinhos duma população de Milford Sound, Nova Zelândia, apresentava marcas de lesões físicas provocadas por hélices de barcos. Foi também registada a morte de uma cria provocada por um barco de turismo em 2002, reduzindo o sucesso reprodutivo da população naquele ano em 50%, pois nasceram apenas duas crias (Lusseau *et al.*, 2002).

Os cetáceos podem ainda ser afetados, de forma indireta, pelo tráfego marítimo, se este provocar alterações na distribuição e no *stock* das suas presas (Richardson *et al.*, 1995).

Ao nível fisiológico, a exposição a curto prazo ao ruído antropogénico pode provocar alterações, tais como a modificação de padrões respiratórios e do ritmo cardíaco, que podem não ser biologicamente significativas em determinado contexto (Southall *et al.*, 2007); no entanto, se essas alterações interferirem com as atividades vitais dos indivíduos, tais como o acasalamento, cuidados parentais e a busca de presas, é provável que o ruído antropogénico tenha um impacto significativo (Erbe & Farmer, 2000).

A exposição a longo prazo ao ruído antropogénico pode induzir respostas de stress nos mamíferos marinhos, o que parece ser um aspeto consistente em diversas espécies (Wright *et al.*, 2007); tal acontece, de forma semelhante, nos seres humanos que vivem perto de autoestradas ou aeroportos (Evans, 2001).

O estuário do Sado está exposto a um intenso tráfego de embarcações, que é um aspeto da crescente pressão antropogénica na região. Esta área tem vindo a ser cada vez mais procurada para fins portuários, industriais, recreativos e de lazer.

O aumento do tráfego marítimo, dos níveis de ruído no meio aquático e o mascaramento de sons vitais para a sobrevivência destes animais, podem alterar os padrões de atividade comportamental e afetar as suas capacidades acústicas, constituindo mais um fator de risco para esta população já ameaçada por outras formas de poluição.

Este trabalho pretende avaliar o impacto do tráfego marítimo, durante o período de estudo, nas emissões acústicas da população de golfinhos-roazes do Sado. O conhecimento deste fator perturbador representará uma mais-valia na delineação de medidas de mitigação e conservação futuras.

1.7. Objetivos

Este trabalho pretende aumentar o conhecimento científico relativamente às seguintes questões gerais:

- Que efeitos são detetáveis do tráfego marítimo sobre as emissões acústicas subaquáticas dos golfinhos-roazes no estuário do Sado?
- De que modo o tráfego marítimo influencia os padrões de emissão dos assobios?

Este projeto, que está centrado nestas questões, tem o propósito de avaliar esta situação e verificar se é possível propor medidas que reduzam o impacto negativo do tráfego marítimo na população de golfinhos-roazes do estuário do Sado.

Os principais objetivos específicos são então os seguintes:

- Analisar quantitativamente os diferentes tipos de sinais acústicos registados, bem como os seus padrões de ocorrência;
- Comparar quantitativamente as vocalizações emitidas em situação de interação com embarcações com as vocalizações emitidas na ausência de embarcações;
- Caracterizar acusticamente os assobios produzidos pelos golfinhos-roazes do estuário do Sado;
- Comparar acusticamente os assobios emitidos pelos golfinhos-roazes em situação de interação com embarcações e na ausência de embarcações;
- Estudar a influência da presença de embarcações nos padrões de emissão dos assobios dos golfinhos-roazes do estuário do Sado;
- Avançar recomendações que possam contribuir para uma mitigação dos impactos do tráfego marítimo sobre a população residente de golfinhos-roazes;

2. Material e Métodos

2.1. Área de estudo

O estuário do Sado é o segundo maior estuário Português, estando situado na região ocidental de Portugal Continental (localização aproximada 38°28'N; 8°50'W) e sendo a terceira mais importantes zona húmida do país (figura 11).

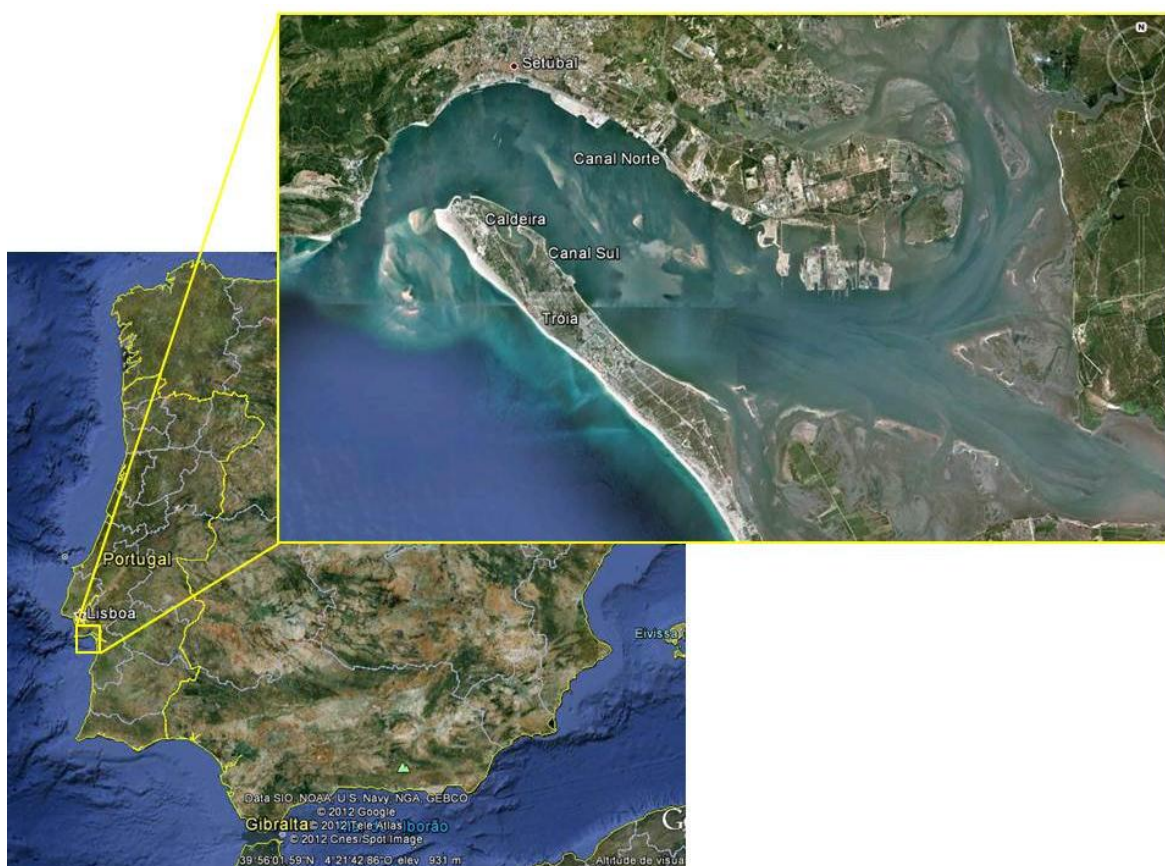


Figura 11. Localização do Estuário do Sado (Google Earth®).

O estuário estende-se no sentido NW-SE, ao longo de cerca de 45km, da embocadura ao limite da influência da maré, próximo de Alcácer do Sal.

Na zona a montante do estuário, encontra-se a área mais larga do Sado (cerca de 5km), cuja profundidade média é de aproximadamente 4m.

Na zona mais a jusante ocorre um estreitamento e a área de estudo divide-se em dois canais (Canal Norte e Canal Sul), separados por um conjunto de bancos de areia, que ficam expostos na baixa-mar.

O Canal Norte envolve a zona industrial da Mitrena e o porto de Setúbal, apresentando profundidades entre os 10 e os 15 metros e uma circulação de embarcações menos ativa do que o Canal Sul. O Canal Sul é mais largo e localiza-se ao longo da Península de Tróia, apresentando uma profundidade máxima de 25m.

Junto à foz, o estuário continua a estreitar-se, atingindo uma largura de aproximadamente 1.6 km.

O estuário do Sado apresenta uma capacidade elevada de retenção de nutrientes, que permite taxas de produção primária elevadas e o desenvolvimento de cadeias alimentares abundantes e diversificadas. Deste facto resulta a existência de uma comunidade biológica de elevada riqueza e complexidade (Bruxelas *et al.*, 1992; dos Santos, 1998).

A região do Sado está sujeita atualmente a uma enorme pressão antropogénica, tendo muitas das atividades humanas com importância sócio-económica (a pesca, a agricultura, as indústrias, a atividade portuária, o turismo e o lazer) impactos negativos na qualidade da água do estuário, bem como na qualidade dos sedimentos e na biodiversidade e habitats. O estuário do Sado está exposto a um intenso tráfego de embarcações ao longo de todo o ano, embora mais ativo nos meses de verão. O porto de Setúbal, na margem norte, e todas as infraestruturas associadas, bem como a marina e ancoradouros de recreio na península de Tróia, contribuem para esta situação. Durante todo o ano circulam no estuário embarcações de diferentes tipologias, tais como *ferry-boats*, rebocadores, embarcações de recreio, embarcações de pesca e também navios de grandes dimensões, destinados ao porto, à zona industrial e aos estaleiros navais. Os *ferry-boats*, destinados ao transporte de automóveis e passageiros, efetuam travessias regulares entre Setúbal e Tróia, restringindo-se à sua rota de navegação, sendo a sua circulação reforçada durante o período de Verão (com dois ferries a operar em simultâneo, cerca de 40 travessias por dia). Nos meses de Verão verifica-se também um aumento no tráfego de embarcações de recreio privadas ou de empresas marítimo-turísticas (Cascão, 2001). As embarcações de pesca são recorrentes durante todo o ano, circulando quer no interior do estuário quer nas zonas costeiras adjacentes.

O porto de Setúbal, o terceiro maior porto marítimo a nível nacional, é responsável pela presença de embarcações de maiores dimensões (Petroleiros, Cargueiros, Navios Roll-On/ Roll-Off), que circulam ao longo do canal de navegação, bem como pela presença de embarcações de apoio (Rebocadores e Navios de Pilotos). No ano de 2011, movimentaram-se no Porto de Setúbal 1521 navios (APSS, 2011).

O tráfego regular de embarcações pode constituir uma fonte de perturbação direta sobre ao golfinhos-roazes da população do Sado. Atualmente no estuário do Sado é recomendado um código de conduta que não permite a aproximação ativa de embarcações de recreio a uma distância inferior a 30 m dos golfinhos-roazes, além dos princípios de proteção do decreto-lei n.º 9/2006, de 6 de Janeiro.

2.2. Amostragens acústicas e comportamentais

Para a realização deste estudo foram efetuadas 20 saídas de campo no estuário do Sado, entre os meses de Janeiro e Novembro de 2011 nos seguintes dias:

- janeiro: 20
- abril: 4; 16
- julho: 28
- agosto: 2; 4; 8; 15; 22; 25; 29
- setembro: 12; 19; 26
- outubro: 5; 10; 17; 20; 31
- novembro: 24

As três primeiras saídas (20 janeiro, 4 e 16 abril) foram missões de teste que permitiram a familiarização com a embarcação utilizada e possibilitaram testar a cadeia de instrumentação electroacústica, bem como o equipamento utilizado para registo de imagem (máquina fotográfica), registo da posição geográfica (GPS) e registo de distâncias (distanciómetro). Durante este período foi possível chegar a uma concordância inter-observadores sobre os dados a registar durante as amostragens.

As saídas de recolha de dados, entre 28 julho e 24 novembro, tiveram por objetivo o registo completo dos dados para posterior análise.

As saídas de campo foram realizadas com a presença de três observadores e um *Skipper*, tendo as várias tarefas de registo (acústico, comportamental e fotográfico) sido atribuídas a cada observador.

As amostragens foram realizadas a partir de uma plataforma móvel – embarcação *Darwin*, um Faeton 840 Moraga, com dois motores interiores com um total de 320 HP de potência.

Para a realização das gravações acústicas foi utilizada uma cadeia de instrumentação eletroacústica (Figura 12) calibrada pelo fabricante (Cetacean Research Technology™) constituída por:

- Hidrofone Cetacean Research Technology, modelo C55 com as seguintes características: sensibilidade de -165 dB referenciada para 1V/ μ Pa e frequência de resposta de 0,006 a 203 kHz (+3/ -20 dB);
- Gravador digital Fostex FR-2.



Figura 12. Cadeia de instrumentação eletroacústica.

Em cada amostragem, o hidrofone foi colocado a uma profundidade de 3 m abaixo da superfície da água. Ao gravador estavam ligados uns auscultadores que permitiam fazer o acompanhamento das gravações em direto e um microfone para registar comentários sobre observações relevantes.

As gravações acústicas foram realizadas com uma resolução de 24 bit e com uma frequência de amostragem de 192 kHz. De acordo com as recomendações do fabricante e de modo a obter uma maior sensibilidade, foram utilizados os seguintes parâmetros no gravador digital: nível de gravação de 7.5 e ganho de -26 dB.

Foi utilizado um filtro *high-pass* de 100 Hz ativo, de forma a minimizar o ruído gerado pelo movimento das massas de água produzido pela plataforma de investigação. Os ficheiros de som foram gravados em formato .wav, em cartões de memória *Compact Flash*.

Todas as amostragens acústicas foram realizadas com os motores da embarcação desligados.

Durante as amostragens foi realizado em simultâneo o registo da posição geográfica com recurso a um GPS portátil *Garmin Foretrex 201*.

As gravações acústicas foram acompanhadas de registo fotográfico, com recurso a uma máquina *Olympus E-400 10 MP*, com lente *Zuiko Digital 70-300mm 1:4.0-5.6* ou a uma máquina *Nikon D70S* com lente *Nikon* idêntica.

Para todas as amostragens acústicas foi preenchida uma folha de registo (Anexo I) com a descrição da atividade comportamental dos golfinhos, tamanho do grupo, registos ambientais, bem como anotações de distâncias aproximadas entre o sensor acústico e o grupo de golfinhos/embarcações presentes no momento das gravações (obtidas com recurso a um distanciómetro *Newcon Optik 2000 - 7x25* com alcance de 1828 metros).

2.2.1. Amostragens acústicas e comportamentais na ausência de embarcações

A gravação de sinais acústicos emitidos pelos golfinhos foi realizada garantindo a total ausência de embarcações num raio de 1000 metros.

Durante a amostragem foi adotada uma estratégia não intrusiva, de forma a evitar interferências no comportamento normal dos golfinhos. Neste sentido, foi estabelecido um período de 15 minutos de adaptação dos animais à presença da embarcação antes do início das gravações, sendo mantida uma distância mínima de 100 metros.

Cada gravação teve a duração de 1 minuto, tendo sido estabelecido um período de 5 minutos de intervalo entre cada amostra para promover algum grau de independência entre as amostras. Durante cada gravação foram realizados registos, em simultâneo, da atividade comportamental predominante, do número de animais presentes no grupo e da distância aproximada dos golfinhos ao sensor acústico (obtida com recurso ao distanciómetro).

Embora as vocalizações tenham sido registadas na proximidade de grupos relativamente compactos, assume-se eventuais erros na estimativa da distância do emissor em relação ao hidrofone, uma vez que não se sabe qual o golfinho emissor.

Foram também efetuados registos de profundidade, latitude e longitude, com recurso ao GPS e sonda da embarcação de investigação e outros dados circunstanciais (hora e estado da maré).

2.2.2. Amostragens acústicas e comportamentais na presença de embarcações

Nesta fase do trabalho foram realizadas gravações acústicas de interações oportunistas entre os golfinhos-roazes da população residente no Sado e embarcações de diferentes tipologias que frequentam o estuário.

A gravação de sinais acústicos foi realizada garantindo a presença de embarcações e golfinhos a uma distância máxima de 1000 m entre si.

Cada gravação teve a duração de 1 minuto, tendo sido estabelecido um período de 5 minutos de intervalo entre cada amostra para promover algum grau de independência entre as amostras. Durante cada gravação foram realizados registos, em simultâneo, da atividade comportamental predominante, do número de animais presentes no grupo, da distância e azimute aproximados dos golfinhos ao sensor acústico, da tipologia da embarcação, da distância e azimute aproximados da embarcação ao sensor acústico. Os valores de distância e azimute foram obtidos com recurso ao distanciómetro. Foram também efetuados registos fisiográficos (profundidade, latitude e longitude), com recurso à sonda e GPS da embarcação de investigação e outros dados circunstanciais (hora e estado da maré).

2.3. Análise das gravações acústicas subaquáticas

Análise espectral

Numa fase inicial, os registos acústicos foram analisados com recurso ao *software* Adobe Audition CS5.5 (Adobe), tendo sido elaborada uma listagem, de acordo com a composição espectral dos sinais, dos elementos vocais presentes em cada gravação. Esta análise foi efetuada por dois observadores independentes, sendo os registos posteriormente validados através da concordância entre eles.

Esta categorização foi feita tendo em conta a composição espectral dos sinais, respeitando os critérios de classificação consagrados na literatura (Wood (1953), Lilly & Miller (1961) e Cadwell & Caldwell (1967) *in* dos Santos, 1998).

Todos os registos acústicos foram analisados, de acordo com o respetivo ficheiro de calibração, através do programa de processamento de sinais digitais SpectraLAB Pro 4.32- FFT Spectral Analysis System (Sound Technology Inc.).

Os registos acústicos foram processados utilizando a transformada rápida de Fourier (FFT) de 4096 pontos, com uma janela de Hanning, com sobreposição de 50%, com uma resolução espectral de 46.875 Hz e com uma resolução temporal de 10.67 ms. A frequência de resposta do *software* situa-se entre 94 Hz e 95040 Hz.

Neste trabalho não se pretendeu fazer uma descrição acústica detalhada de todos os tipos de vocalizações (à exceção do elemento vocal Assobios), mas apenas registar a sua ocorrência.

Com base nos trabalhos de Baron *et al.* (2008), Bazua-Duran & Au (2002 e 2004) e May Collado & Wartzoc (2008), para a análise espectral dos assobios foram selecionados apenas os que cumpriam os seguintes critérios:

- Contornos bem nítidos, resultado de uma boa relação sinal-ruído;
- Inexistência de sobreposição com outro tipo de vocalização que inviabilizasse a leitura do contorno.

A categorização dos assobios foi feita através da inspeção visual dos sonogramas, agrupando-os em diferentes tipos de assobios, por semelhança de perfis de modulação de frequência. Janik (1999) demonstrou a validade deste método, confirmando a concordância existente entre diferentes observadores na identificação de perfis de assobios estereotipados nos sonogramas.

Foram criadas categorias de perfis estereotipados, onde foram agrupados perfis identificados repetidamente em várias ocorrências, sendo os restantes assobios considerados “indeterminados” devido à sua baixa representatividade nas amostras ou por se encontrarem mascarados pelo ruído subaquático. Alguns dos assobios estereotipados identificados neste trabalho foram anteriormente descritos para esta população por Couchinho (1999) e dos Santos *et al.* (2005), evidenciando a notável estabilidade estrutural destes sinais. A nomenclatura já existente de algumas categorias foi mantida, tendo sido atribuídos novos códigos a assobios estereotipados que ainda não tinham sido descritos para esta população. A categorização teve como critério para a criação de novas categorias, a existência de pelo menos 5 ocorrências de um determinado perfil. Para a denominação das categorias foi atribuído um código com dois caracteres (Exemplo: BA).

A caracterização acústica dos assobios foi feita através da medição de determinados parâmetros acústicos (Tabela 1) de cada contorno (Figura 13) (Wang *et al.*, 1995; Bazúa-Durán, 2004).

Tabela 1. Parâmetros acústicos utilizados para a análise acústica dos assobios dos golfinhos-roazes.

Parâmetros	Descrição
Frequência inicial (F_{inicial})	(Hz) Frequência no ponto inicial do contorno do assobio
Frequência final (F_{final})	(Hz) Frequência no ponto final do contorno do assobio
Frequência mínima ($F_{\text{mín}}$)	(Hz) Frequência no ponto mais baixo do contorno do assobio
Frequência máxima ($F_{\text{máx}}$)	(Hz) Frequência no ponto mais alto do contorno do assobio
Amplitude de frequência (Amplitude F)	(Hz) Frequência máxima - Frequência mínima
Duração	(s) Tempo de duração do assobio (Tempo final - Tempo inicial)

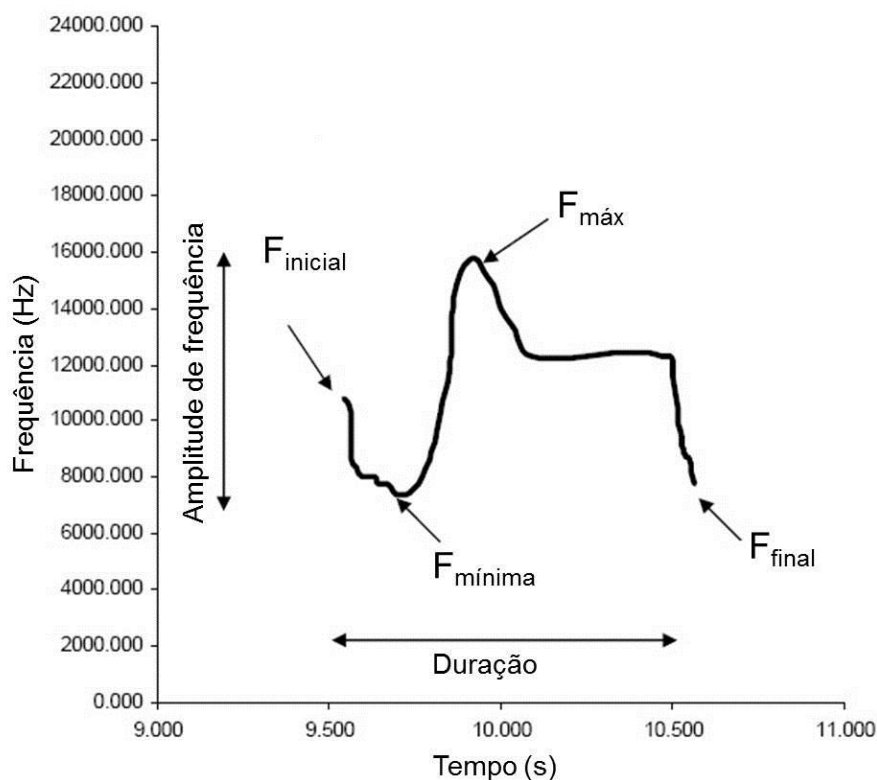


Figura 13. Ilustração de um contorno de um assobio e as principais características que podem ser medidas a partir dele (Adaptado de Ansmann, 2005).

Sempre que possível e apenas na presença de assobios totalmente isolados, procedeu-se também à medição dos seguintes parâmetros:

- Pico de frequência (kHz) – valor de frequência do contorno do assobio onde a pressão sonora é máxima;
- Pressão sonora máxima (dB re 1 μ Pa);
- Estimativa dos níveis de pressão sonora na fonte (dB re 1 μ Pa).

Para estimar os níveis de pressão sonora produzidos na fonte (SPL @ 1m), assumiu-se que a propagação sonora no estuário se aproxima do modelo cilíndrico (equação 1) (Urlick, 1983; Luís, 2008):

$$\text{SPL @ 1m} = \text{RL} + 10 \log_{10} r, \quad (1)$$

em que RL corresponde ao nível de pressão sonora registado pela cadeia eletroacústica (em dB re 1 μ Pa) e r a distância à fonte (em metros) medida através do distanciómetro.

Análise estatística

Para a análise estatística dos dados recorreu-se ao *software* SPSS Statistics (v.17; SPSS Inc, Chicago, IL).

Foi realizada uma análise descritiva (mínimo, máximo, média, erro-padrão da média) dos parâmetros acústicos descritos para o elemento vocal *assobios*.

2.4. Estudo da influência do tráfego marítimo nos padrões de emissão dos assobios dos golfinhos-roazes do estuário do Sado

Os assobios dos golfinhos-roazes do Sado registados na presença de embarcações foram comparados com os assobios registados isoladamente, de modo a avaliar a influência da presença de embarcações nos seus padrões de emissão.

Análise estatística

Para a análise estatística dos dados recorreu-se ao *software* SPSS Statistics (v.17; SPSS Inc, Chicago, IL).

Recorreu-se a estatística não-paramétrica, uma vez que os pressupostos para os testes paramétricos, nomeadamente os testes de normalidade (Kolmogorov-Smirnov para amostras superiores ou iguais a 50 e Shapiro-Wilk para amostras inferiores a 50 elementos) não foram cumpridos ($p < 0.05$, anexo II) (Maroco, 2003).

Foram realizados testes não paramétricos de correlação de Spearman para averiguar se o número de assobios emitidos estava correlacionado com o tamanho do grupo de golfinhos. Dado que não foi detetada qualquer correlação, resultado aliás de acordo com dos Santos *et al.* (2005), na análise da produção dos sinais, as taxas de emissão foram calculadas dividindo o número de assobios contabilizados pelo número de minutos de gravação, não sendo considerado o número de golfinhos presentes.

A significância da diferença entre o número médio de assobios emitidos por minuto na presença de embarcações vs. na ausência de embarcações foi avaliada com o teste não paramétrico de Mann-Whitney (Maroco, 2003) para amostras independentes.

Para averiguar se existiram diferenças significativas no número médio de assobios emitidos por minuto na presença e ausência de embarcações, de acordo com a atividade dominante em curso, foi também utilizado o teste de Mann-Whitney.

Para comparar os parâmetros acústicos medidos dos assobios registados nas duas situações (presença e ausência de embarcações), recorreu-se a um teste de Mann-Whitney.

Consideraram-se estatisticamente significativas as diferenças entre médias cujo *p-value* do teste foi inferior a 0.05. Os resultados são apresentados como média \pm erro-padrão da média.

3. Resultados

3.1. Análise das gravações acústicas subaquáticas

3.1.1. Gravações acústicas subaquáticas registadas na ausência de embarcações

As sessões de gravação acústica dos golfinhos-roazes no Sado ocorreram entre Julho e Novembro de 2011, tendo sido selecionadas para análise apenas as amostras que não continham ruído produzido por embarcações, perfazendo um total de 69 amostras (Figura 14).

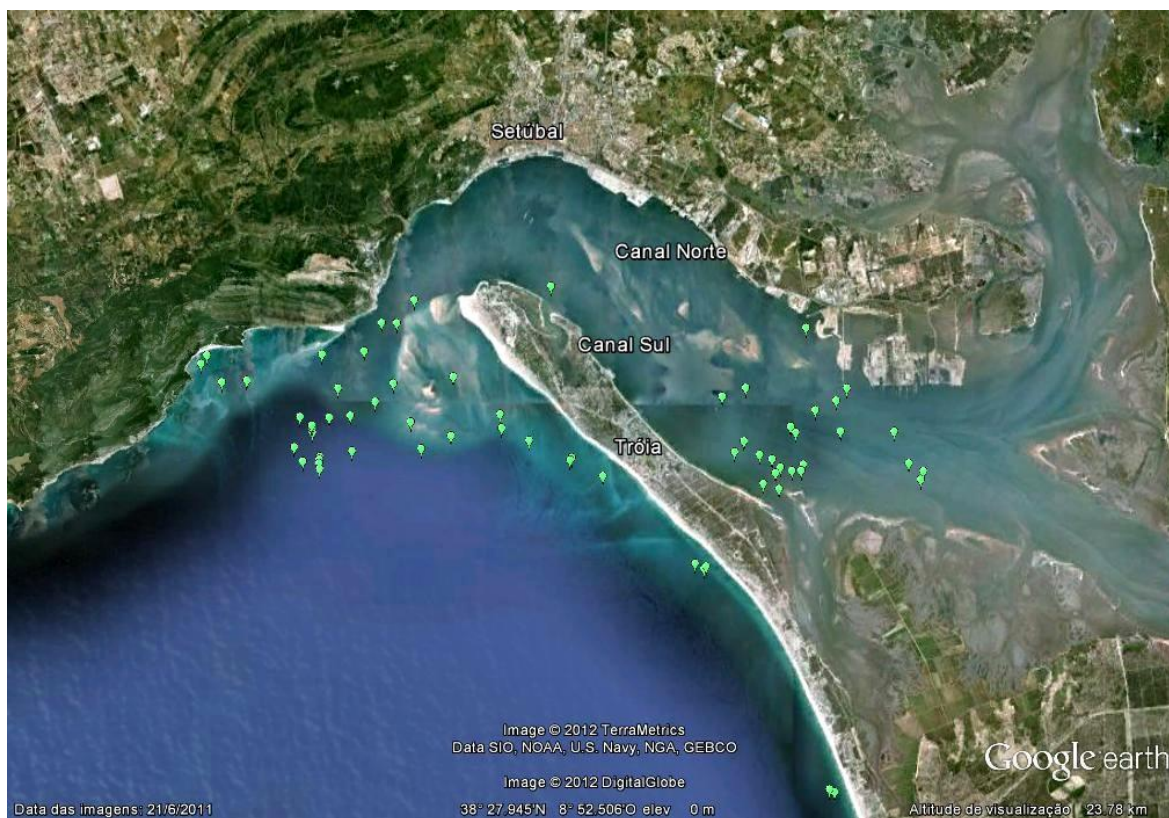


Figura 14. Representação dos registos acústicos das vocalizações produzidas pelos golfinhos-roazes do estuário do Sado (Google Earth®).

Os registos acústicos são referentes a episódios de alimentação, busca de presas, deslocação e socialização (Figura 15). A maioria dos registos obtidos correspondeu a episódios de busca de presas ($n=27$) e a atividade com menor número de registos obtidos foi a socialização ($n=5$).

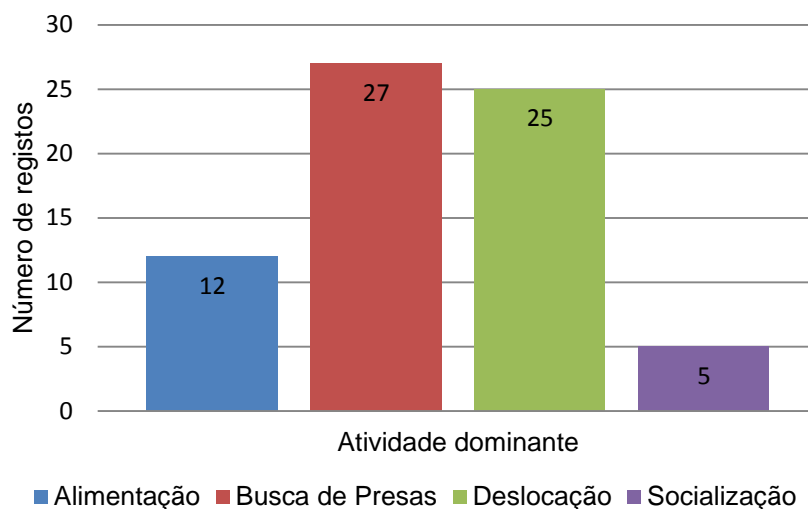


Figura 15. Número de registos acústicos agrupados de acordo com a atividade comportamental dominante observada.

Os principais tipos de elementos acústicos registados estão descritos na figura 16. Foi possível identificar vários elementos vocais anteriormente descritos para esta população (dos Santos, 1998), num total de 1805 vocalizações, excluindo apenas os cliques de ecolocalização discerníveis, como os representados na Figura 17.

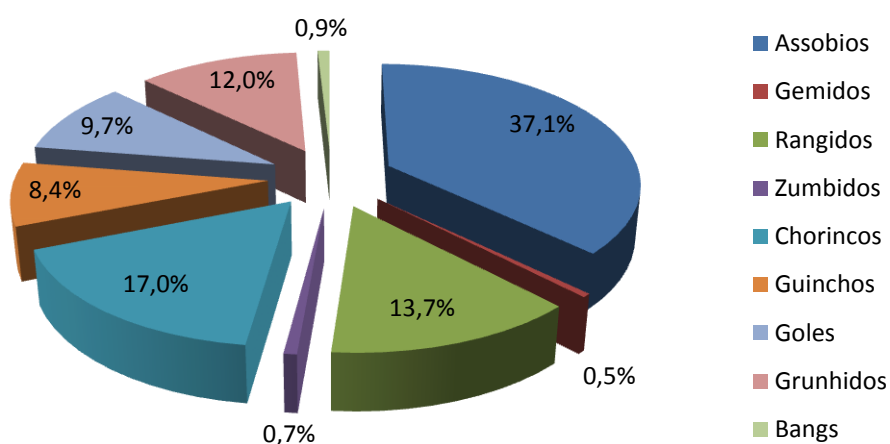


Figura 16. Elementos vocais registados.

De facto, os cliques de ecolocalização discerníveis (sinais pulsados de banda espectral larga e com uma duração muito curta) estão presentes na maioria das gravações e não foram considerados individualmente para a contagem atrás apresentada.

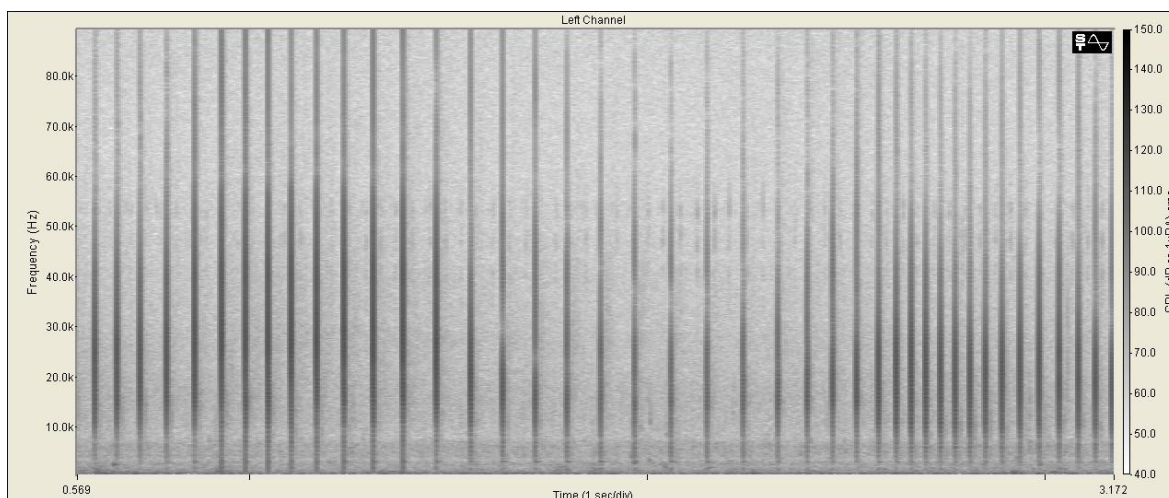


Figura 17. Sonograma produzido pelo SpectraLAB de cliques de ecolocalização discerníveis.

De todos os sons pulsados registados, os chorincos (n=306; 17.0 %; Figura 18) e os rangidos (n=248; 13.7%; Figura 19) foram os mais representativos. Estes dois tipos de sinais foram detetados sequencialmente na maioria das amostras.

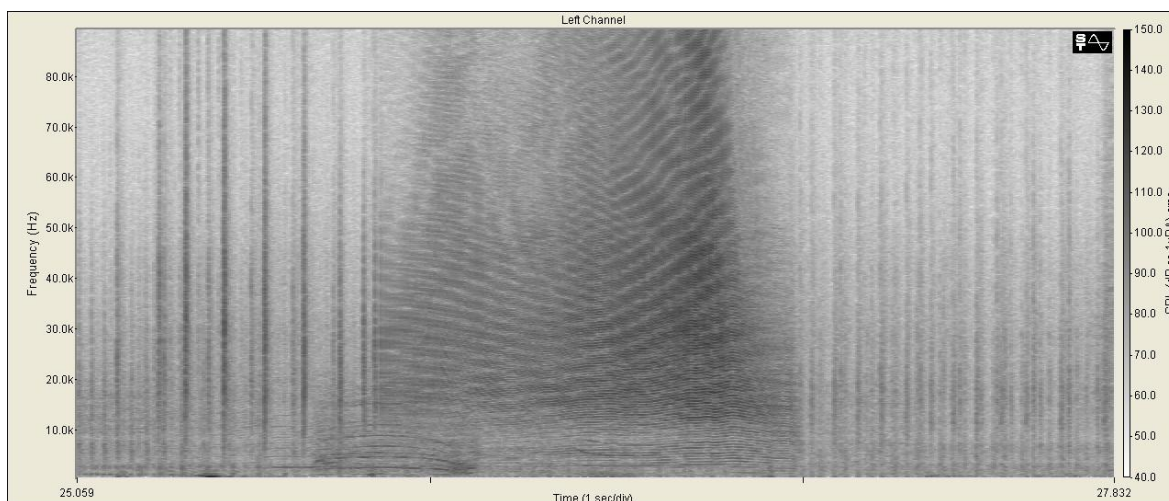


Figura 18. Sonograma produzido pelo SpectraLAB representativo de um chorinco.

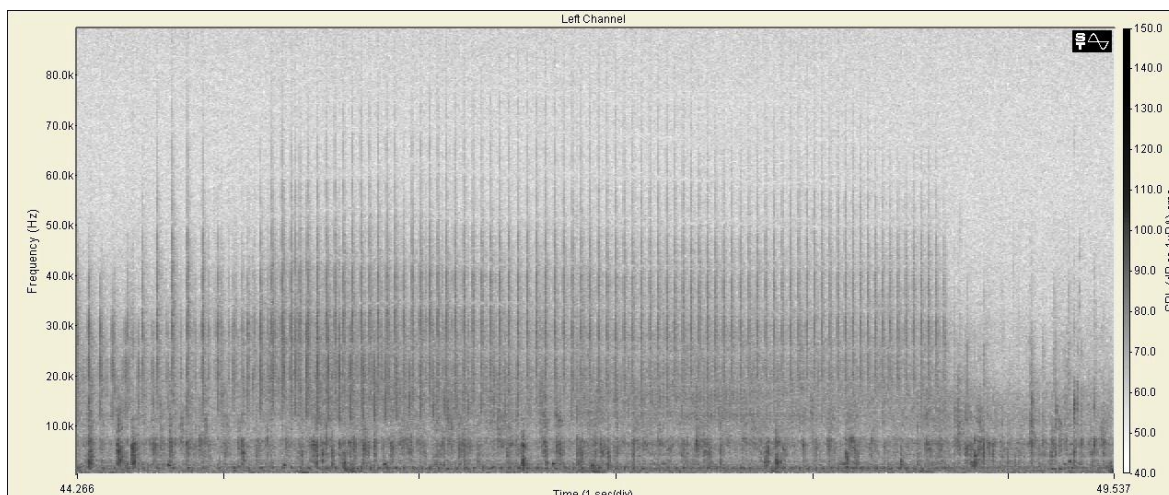


Figura 19. Sonograma produzido pelo SpectraLAB representativo de um rangido.

Foram também identificados outro tipo de sons pulsados, que ocorreram associados a episódios de alimentação. Estas vocalizações são designadas por Zurros e consistem em seqüências de sinais alternados – guincho (n=152; 8.4%; Figura 20, A), gole (n=175; 9.7%; Figura 20, B) e grunhido (n=216; 12.0%; Figura 21).

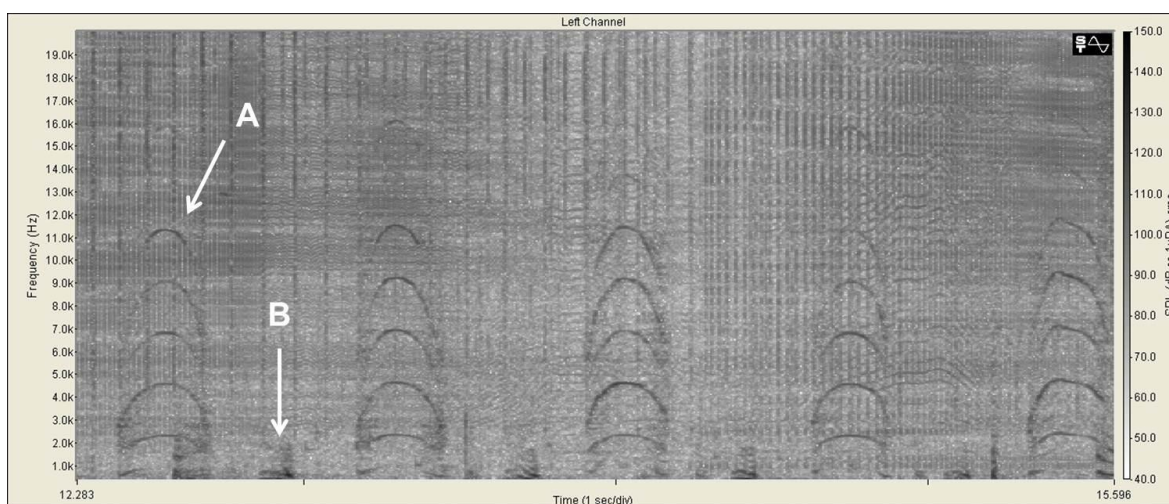


Figura 20. Sonograma produzido pelo SpectraLAB representativo de uma seqüência de guinchos (A) e goles (B)

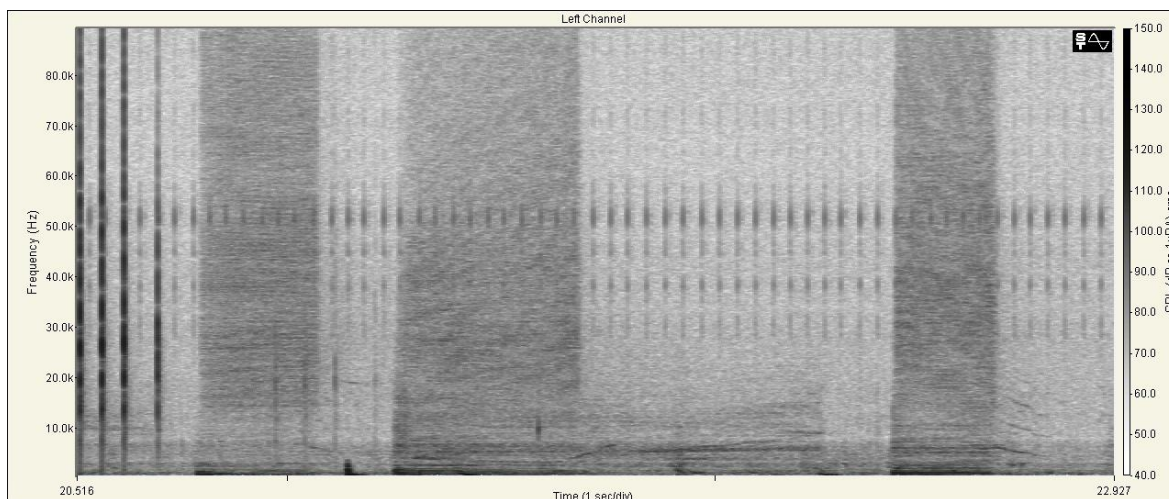


Figura 21. Sonograma produzido pelo SpectraLAB representativo de uma sequência de três grunhidos.

Os sons pulsados com menor representatividade nas amostras foram os seguintes:

- gemido (ou *moan*) - Som tonal de banda estreita, de curta duração e baixa frequência (n=9; 0.5%);
- *bang* – Impulso de banda larga e nível elevado de pressão acústica (n=16; 0.9%; Figura 22, A);
- zumbido (ou *buzz*) - Sinal semelhante a um rangido mas de duração mais curta, com sonoridade semelhante a um zumbido de abelha (n=13; 0.7%; Figura 22, B);

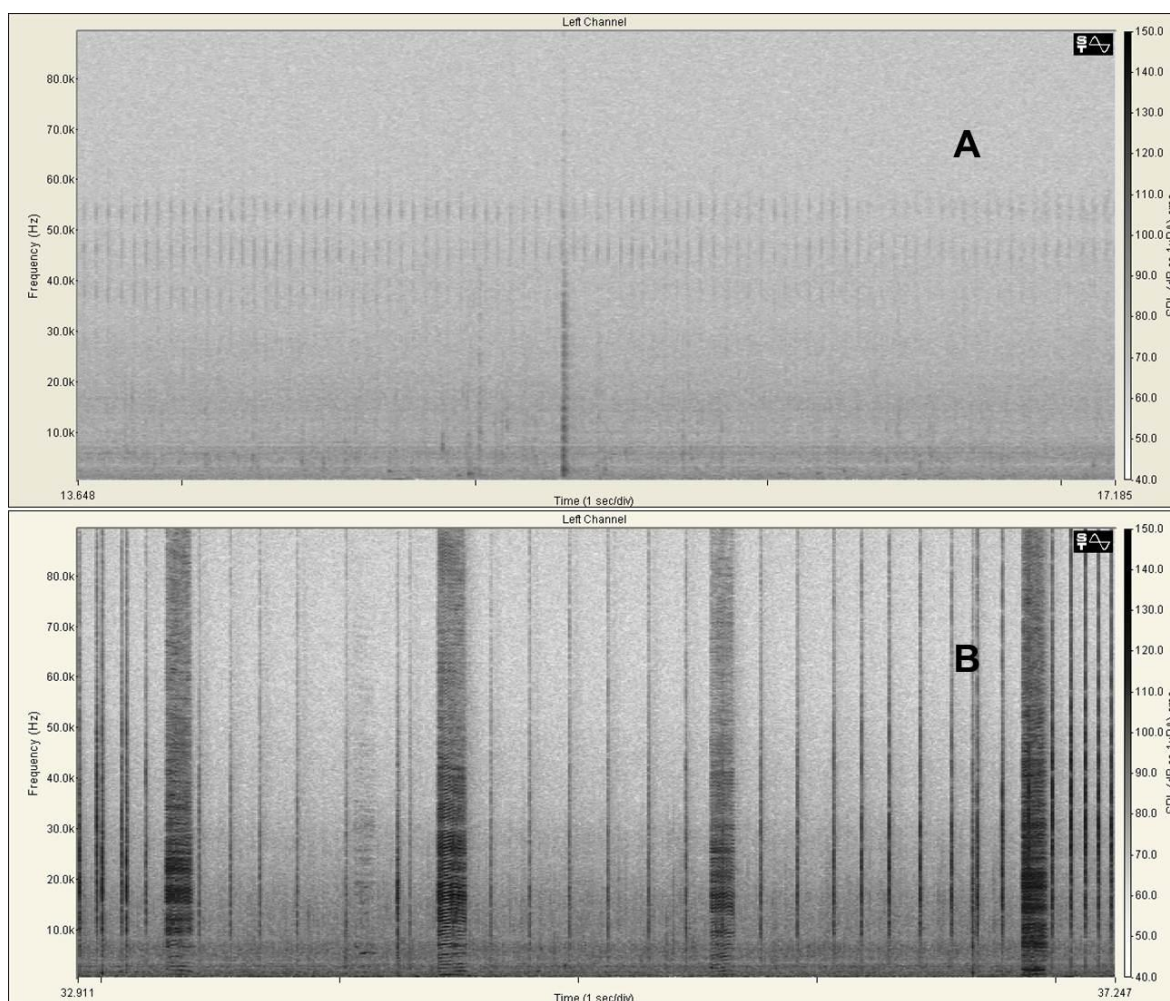


Figura 22. Sonograma produzido pelo SpectraLAB representativo de um bang (A) e de uma sequência de quatro zumbidos (B).

Os assobios (sons tonais de banda espectral estreita, com funções comunicativas) foram os sinais acústicos mais comuns ($n=670$; 37.1%). Do conjunto de 670 assobios identificados, foram selecionados para análise (de acordo com os critérios previamente estabelecidos) 262 assobios.

Foram detetados frequentemente vários sinais diferentes em simultâneo ou em sequência.

Caracterização acústica dos assobios

Na tabela 2 estão apresentados o valor mínimo, máximo, média e erro-padrão da média (SEM) para cada parâmetro acústico medido do total de 262 assobios. O valor de menor frequência registrado foi 1.022 kHz e o valor de maior frequência registrado foi 21.127 kHz.

O assobio mais curto teve a duração de 0.064 segundos e o assobio mais longo teve a duração de 3.669 segundos. Do conjunto de assobios analisados, 78% tiveram uma duração menor do que 1 segundo.

Tabela 2. Valor mínimo, máximo, média e erro-padrão da média (SEM) dos parâmetros acústicos medidos dos assobios da população de golfinhos-roazes do estuário do Sado.

		Mínimo	Máximo	Média	SEM
Finicial	(kHz)	1.022	19.590	7.830	0.212
Ffinal	(kHz)	3.993	20.275	10.934	0.220
Fmin	(kHz)	1.022	18.179	7.055	0.160
Fmáx	(kHz)	3.993	21.127	13.876	0.185
Amplitude F	(kHz)	0	16.119	6.795	0.193
Duração	(s)	0.064	3.669	0.715	0.033

Devido à presença de cliques de ecolocalização e outros sons pulsados que se sobrepõem aos assobios, o nível de pressão sonora na fonte foi estimado apenas para assobios totalmente isolados. Foram também selecionados, para estimação do nível de pressão sonora na fonte, apenas os assobios com boas medições de distância dos golfinhos ao hidrofone. A tabela 3 apresenta os valores de frequência dominante e níveis de pressão sonora estimados para esses assobios (n=63).

Tabela 3. Valores de pico de frequência e nível de pressão sonora na fonte dos assobios selecionados.

	Mínimo	Máximo	Média
Pico de frequência (kHz)	4.615	16.016	10.087
SPL @ 1m	101	185	121

3.1.2. Gravações acústicas subaquáticas registadas na presença de embarcações

As sessões de gravação acústica das vocalizações dos golfinhos-roazes do Sado ocorreram na presença de embarcações de diferentes tipologias, entre julho e novembro de 2011, perfazendo um total de 133 amostras (Figura 23).

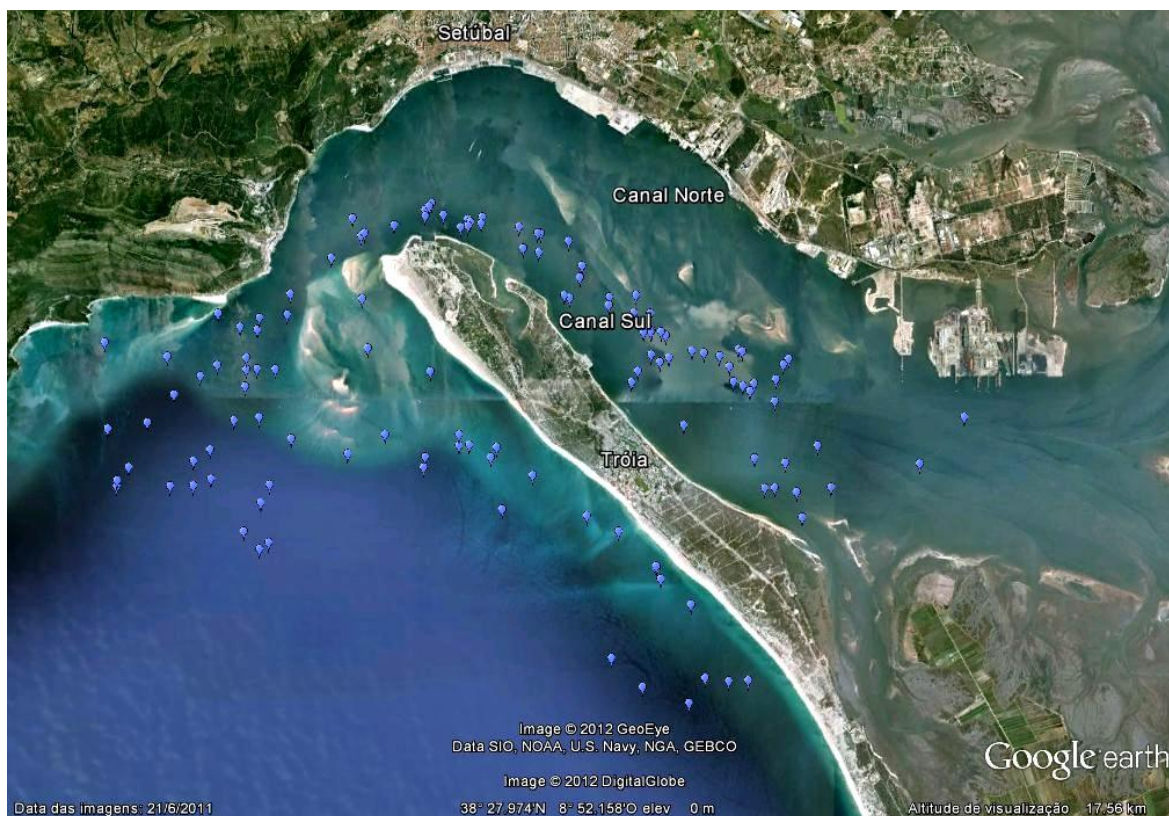


Figura 23. Representação dos registos acústicos das vocalizações produzidas pelos golfinhos-roazes do estuário do Sado na presença de embarcações (Google Earth ®).

Os registos acústicos obtidos na presença de embarcações são referentes a episódios de alimentação, busca de presas, deslocação e socialização (Figura 24). A maioria dos registos obtidos correspondeu a episódios de deslocação ($n=85$) e a atividade com menor número de registos obtidos foi a alimentação ($n=11$).

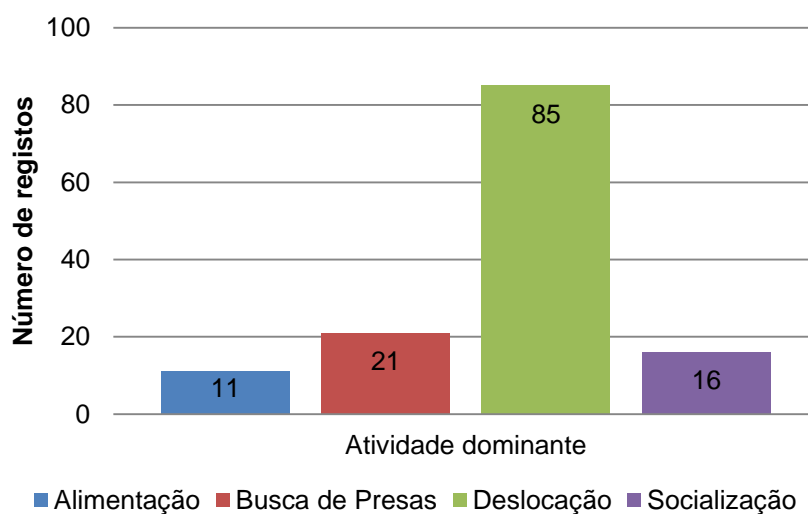


Figura 24. Número de registos acústicos agrupados de acordo com a atividade comportamental dominante observada.

Tal como nos registos obtidos na ausência de embarcações, na sua presença foi possível registar os mesmos elementos vocais (Figura 25) previamente descritos, num total de 1421 vocalizações.

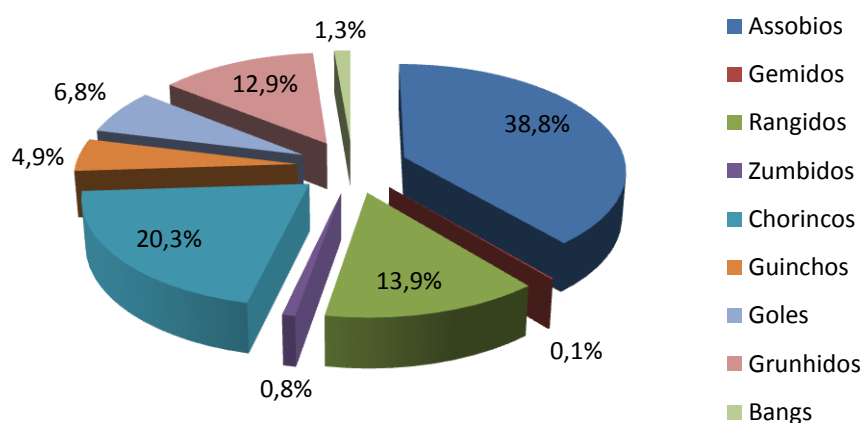


Figura 25. Elementos vocais registados.

A distribuição de acordo com o tipo de elemento vocal também foi muito semelhante aos valores obtidos na ausência de embarcações.

A percentagem relativa à emissão de rangidos ($n=197$) foi muito semelhante nas duas situações (13.9% obtidos na presença de embarcações vs. 13.7% obtidos na ausência de embarcações). Verificou-se um aumento na percentagem de chorincos ($n=289$) com a presença de embarcações (20.3% vs. 17.0%).

Para os elementos vocais integrados em sequências de zurros, verificou-se uma diminuição nas emissões de guinchos ($n=70$; 4.9 % vs. $n=152$; 8.4%) e nas emissões de goles ($n=97$; 6.8% vs. $n=175$; 9.7%). A percentagem de grunhidos aumentou com a presença de embarcações ($n=184$; 12.9% vs. $n=216$; 12.0%).

Na presença de embarcações, a vocalização com menor representatividade no repertório acústico dos golfinhos-roazes foi o gemido, sendo a sua percentagem semelhante à obtida na ausência de embarcações ($n=2$; 0.1% vs. $n=9$; 0.5 %).

Relativamente aos *bangs* e aos zumbidos, a sua representatividade diminuiu na presença de embarcações ($n=19$; 1.3% e $n=12$; 0.8% respetivamente vs. $n=16$; 0.9% e $n=13$; 0.7% na ausência de embarcações).

Os assobios foram o elemento vocal mais comum ($n=551$; 38.8%). Do conjunto de 551 assobios identificados, foram selecionados para análise (de acordo com os critérios previamente estabelecidos) 279 assobios.

Caracterização acústica dos assobios

Na tabela 4 estão apresentados o valor mínimo, máximo, média e erro-padrão da média (SEM) para cada parâmetro acústico medido do total de 279 assobios. O valor de menor frequência registado foi 1.130 kHz e o valor de maior frequência registado foi 21.324 kHz.

O assobio mais curto teve a duração de 0.038 segundos e o assobio mais longo teve a duração de 3.682 segundos. Do conjunto de assobios analisados, 86% tiveram uma duração menor do que 1 segundo.

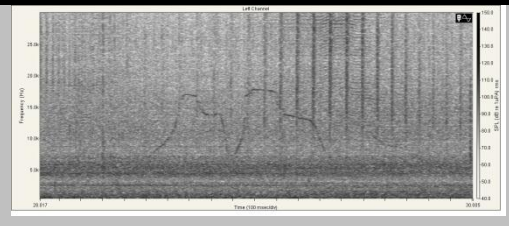
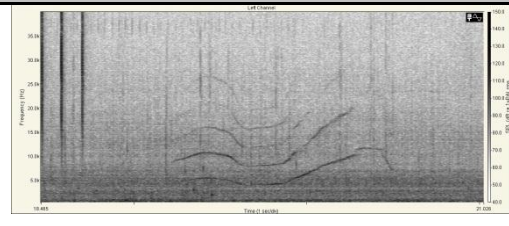

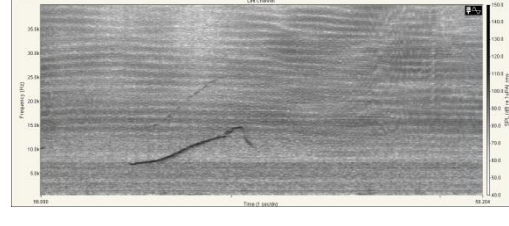
Tabela 4. Valor mínimo, máximo, média e erro-padrão da média (SEM) dos parâmetros acústicos medidos dos assobios da população de golfinhos-roazes do estuário do Sado em situação de interação com embarcações.

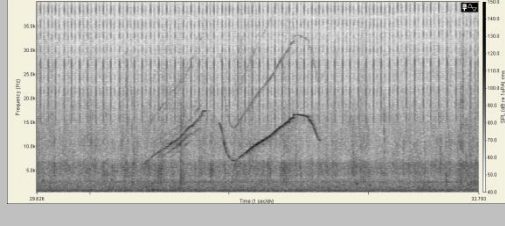
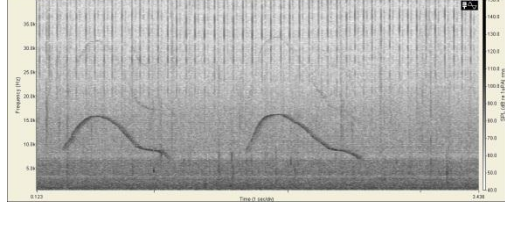


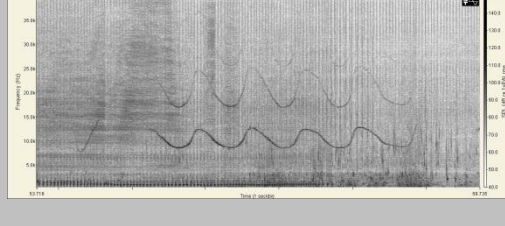
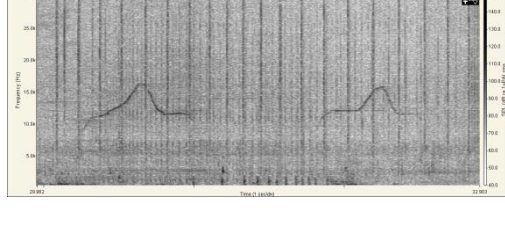

		Mínimo	Máximo	Média	SEM
F inicial	(kHz)	2.628	18.225	8.875	0.250
F final	(kHz)	1.130	20.734	9.912	0.221
F min	(kHz)	2.256	17.640	7.151	0.148
F máx	(kHz)	4.615	21.324	13.792	0.202
Amplitude F	(kHz)	0	14.153	6.666	0.186
Duração	(s)	0.038	3.682	0.417	0.025

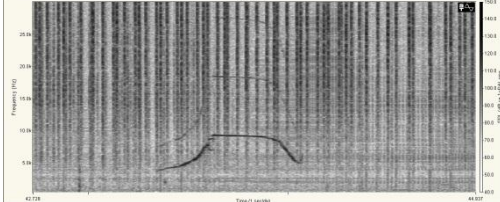
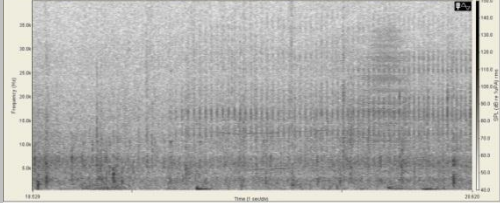
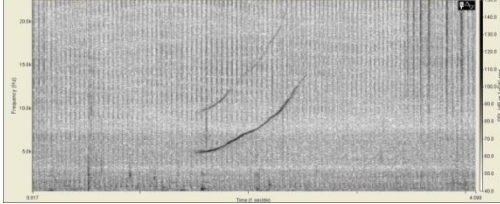
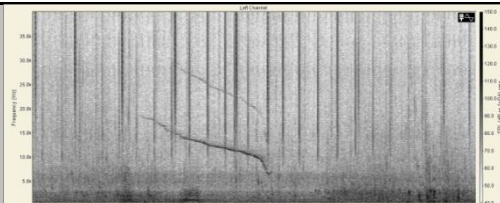

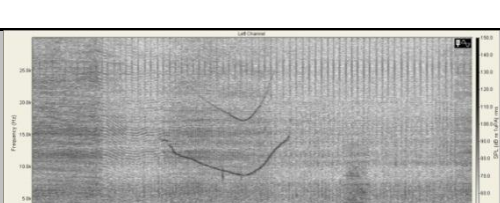
3.1.3. Categorização dos Assobios

A partir do total de assobios dos golfinhos-roazes do Sado registados na presença e na ausência de embarcações (541 assobios), foram catalogadas categorias de perfis de modulação de frequência estereotipados, onde foram agrupados perfis identificados repetidamente em várias ocorrências, sendo alguns assobios considerados “indeterminados” por serem assobios pouco representativos nas amostras ou por se encontrarem mascarados pelo ruído subaquático. Através da inspeção visual minuciosa dos sonogramas, foi possível catalogar 17 categorias de perfis de modelação de frequência estereotipados (Tabela 5).

Tabela 5. Exemplos de sonogramas representativos de perfis de modulação de frequência de assobios estereotipados dos golfinhos-roazes do estuário do Sado e respetivas percentagens de ocorrência.

Sonograma	Categoria	%
	CA4	N=6 1.4%
	BA	N=11 2.5%
	CE	N=32 7.3%
	AP	N=10 2.3%

	<p>CM</p>	<p>N=10 2.3%</p>
	<p>CA2</p>	<p>N=10 2.3%</p>
	<p>TA</p>	<p>N=22 5.0%</p>
	<p>IA</p>	<p>N=7 1.6%</p>
	<p>MC</p>	<p>N=13 3.0%</p>
	<p>NA</p>	<p>N=8 1.8%</p>
	<p>MA</p>	<p>N=5 1.1%</p>

	<p>KE</p>	<p>N=40 9.2 %</p>
	<p>CO</p>	<p>N=10 2.3%</p>
	<p>US</p>	<p>N=140 32.1%</p>
	<p>DG</p>	<p>N=58 13.3%</p>
	<p>EA</p>	<p>N=49 11.2%</p>
	<p>JA</p>	<p>N=5 1.1%</p>

As categorias de perfis de modulação de frequência CA4, CE, AP, CM, CA2, TA, MC, KE, US e DG já tinham sido anteriormente descritas para esta população (Couchinho, 1999; dos Santos *et al.*, 2005; Narine, 2010). Foram identificadas sete novas categorias de assobios estereotipados dos golfinhos-roazes da população do Sado (BA, IA, NA, MA, CO, EA, JA). O perfil de modulação de frequência com maior representatividade foi a categoria US (32.1%), apresentando uma modulação ascendente.

3.2. Estudo da influência do tráfego marítimo nos padrões de emissão dos assobios dos golfinhos-roazes do estuário do Sado

Através da análise dos resultados das correlações de Spearman (anexo II) pode-se constatar que o número de assobios emitidos não está correlacionado com o tamanho do grupo de golfinhos na presença de embarcações ($r = -0.060$; $p > 0.05$) nem na sua ausência ($r = -0.044$; $p > 0.05$). Assim, dado que as correlações foram não significativas e quase nulas, para a análise da produção dos sinais, as taxas de emissão foram calculadas dividindo o número de assobios contabilizados pelo número de minutos de gravação, não sendo considerado o número de golfinhos presentes.

O número de assobios emitidos por minuto na ausência de embarcações foi, em média, 10 assobios (SEM=1.678), enquanto na presença de embarcações o valor foi significativamente menor - 4 assobios por minuto (SEM=0.694) (Figura 26). De acordo com o teste de Mann-Whitney (anexo II), as diferenças observadas entre o número médio de assobios emitidos na ausência e na presença de embarcações são estatisticamente significativas ($Z = -3.409$; $p < 0.01$).

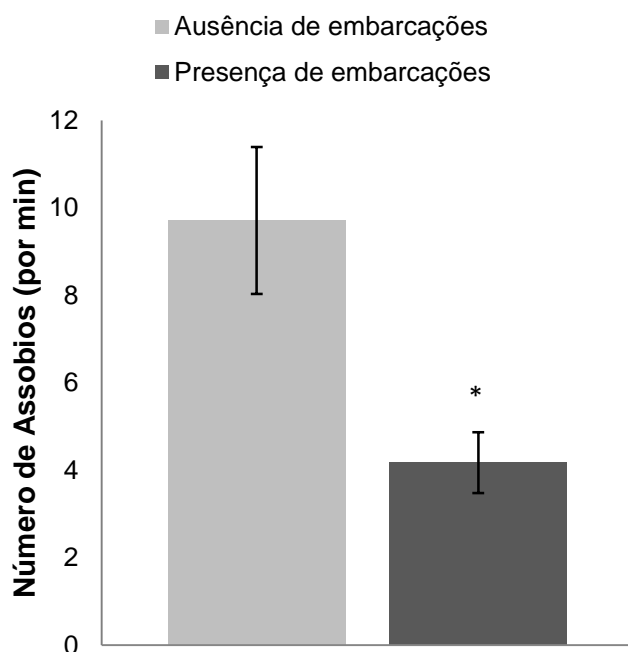


Figura 26. Número médio de assobios emitidos por minuto, na ausência de embarcações vs. na presença de embarcações. Os valores são apresentados como média \pm erro-padrão da média. (*) Valor estatisticamente diferente do respetivo "Ausência de Embarcações" ($p < 0.05$).

Analisando os assobios tendo em conta a atividade dominante em curso, observou-se que as taxas de emissão foram superiores em episódios de socialização, busca de presas e alimentação, comparativamente à atividade de deslocação. Foi possível verificar que, na presença de embarcações, o número médio de assobios por minuto foi sempre inferior em todos os estados comportamentais (Figura 27). De acordo com o teste de Mann-Whitney (anexo II), foram encontradas diferenças significativas para as atividades alimentação ($Z=-1.978$; $p<0.05$) e busca de presas ($Z=-2.787$; $p<0.01$). Na atividade de alimentação, o número de assobios emitidos na ausência de embarcações foi, em média, 11 (SEM=2.362) e na presença de embarcações foi 5 (SEM=1.589). Para a atividade busca de presas, o número médio de assobios emitidos na ausência de embarcações foi 13 (SEM=3.034) e na presença de embarcações foi 3 (SEM=1.230).

Não se observaram diferenças estatisticamente significativas no número médio de assobios por minuto na presença de embarcações para as atividades deslocação e socialização ($p>0.05$).

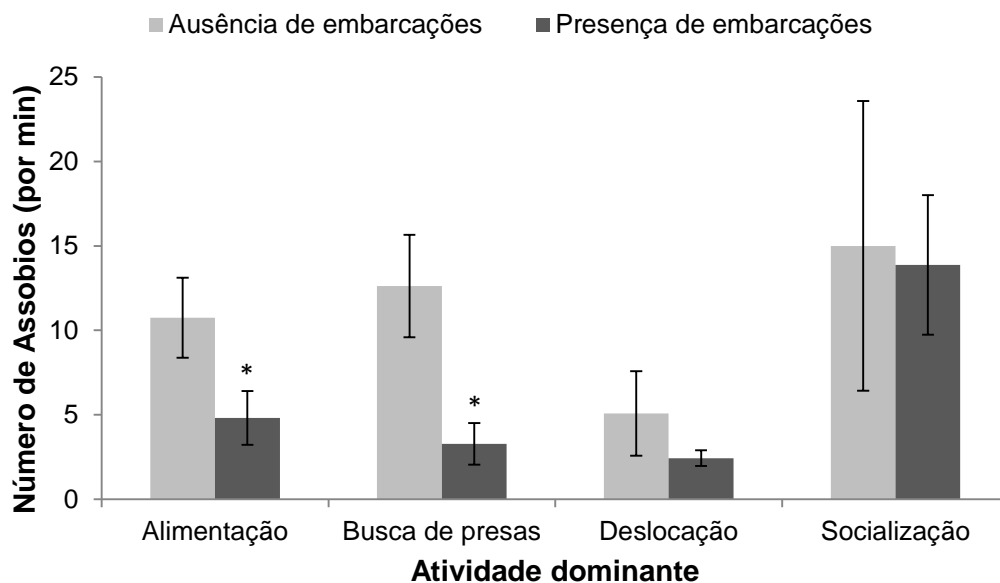


Figura 27. Número médio de assobios emitidos por minuto, de acordo com a atividade dominante, na ausência de embarcações vs. na presença de embarcações. Os valores são apresentados como média \pm erro-padrão da média. (*) Valores estatisticamente diferentes do respetivo "Ausência de embarcações" ($p<0.05$).

Analisando os parâmetros acústicos do total de assobios registados na presença e na ausência de embarcações, verificou-se, através do teste de Mann-Whitney (anexo II), a existência de diferenças estatisticamente significativas nas médias da Frequência inicial ($Z=-2.647$; $p<0.01$) e da Frequência final ($Z=-3.391$; $p<0.01$) (Figura 28).

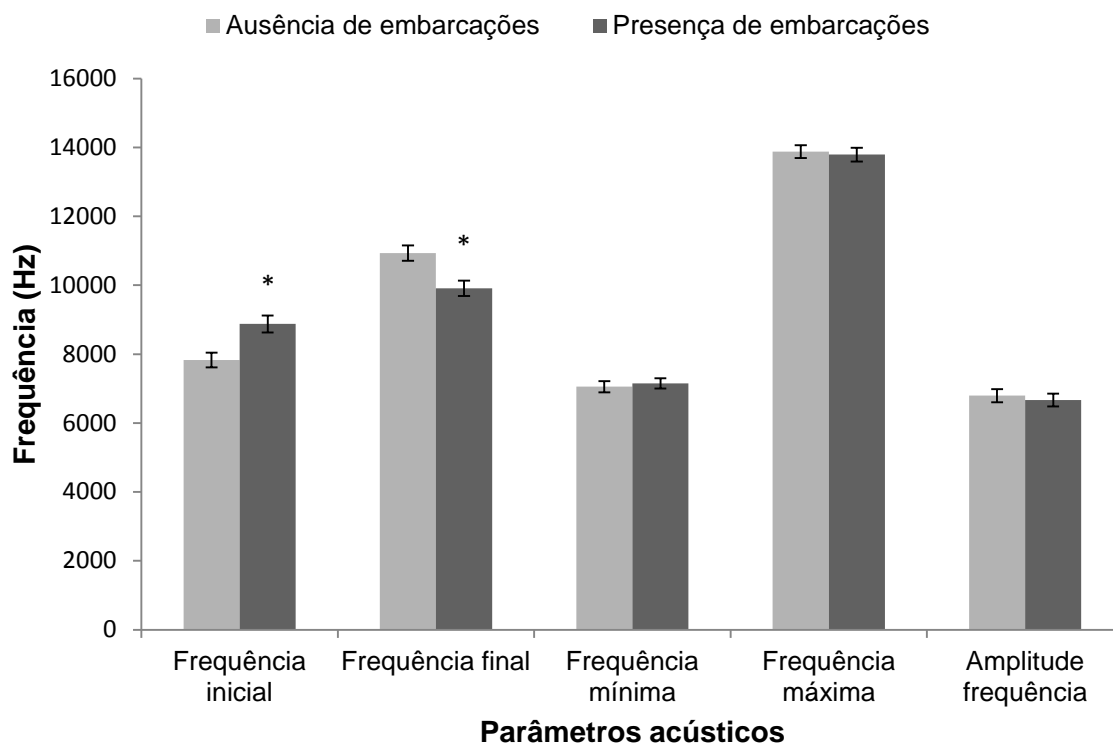


Figura 28. Valores médios dos parâmetros acústicos dos assobios registados na ausência de embarcações vs. na presença de embarcações. Os valores são apresentados como média \pm erro-padrão da média. (*) Valores estatisticamente diferentes do respetivo "Ausência de embarcações" ($p<0.05$).

A frequência inicial dos assobios da população de golfinhos-roazes do estuário do Sado foi significativamente superior na presença de embarcações ($\bar{X} \pm \text{SEM} = 8875.186 \pm 249.793$ Hz) do que na sua ausência ($\bar{X} \pm \text{SEM} = 7830.07 \pm 212.058$ Hz). Pelo contrário, a frequência final foi significativamente inferior na presença de embarcações ($\bar{X} \pm \text{SEM} = 9912.343 \pm 221.141$ Hz) do que na sua ausência ($\bar{X} \pm \text{SEM} = 10934.39 \pm 219.782$ Hz). Não foram observadas diferenças significativas para as variáveis frequência mínima, frequência máxima, amplitude de frequência e duração dos assobios na presença de embarcações ($p>0.05$).

4. Discussão

No âmbito deste trabalho, foram feitas 20 saídas de campo, ao longo do ano de 2011, para gravações acústicas subaquáticas dos golfinhos-roazes do estuário do Sado. Estes registos permitiram detetar que esta população frequenta áreas geográficas preferenciais (Figura 14 e 23). Os padrões de distribuição geográfica dos golfinhos-roazes observados neste trabalho foram semelhantes a resultados de estudos anteriores (Gaspar, 1994; Freitas, 1995; dos Santos, 1998; Harzen, 1998; Nunes, 2001). A ausência de registos no canal norte jusante, resultante de uma baixa presença de golfinhos nessa área, junto à cidade de Setúbal, poderá estar relacionada com o facto de ser uma área sujeita a um maior tráfego de embarcações, bem como um local de elevada contaminação de poluentes devido à sua forte industrialização (Gaspar, 2004; Silva, 2008). Grande parte dos registos deste estudo concentraram-se na zona do canal sul e da foz do estuário, o que aponta para uma clara preferência por essas zonas. O canal Sul é uma área com menor carga de contaminantes e com maior diversidade de presas, o que justifica uma maior preferência por esta área (Cabral, 1999).

Relativamente às atividades dominantes, a atividade mais observada nos registos efetuados das vocalizações registadas na ausência de embarcações foi a Busca de Presas. Em contrapartida, na presença de embarcações a atividade mais observada foi a Deslocação. Em termos estatísticos, a Deslocação tem sido descrita como a atividade mais frequente para esta população (Augusto, 2007; Grilo, 2010).

Apesar de não estar demonstrada uma relação causa-efeito, neste estudo, conclui-se que, na presença de embarcações, a ocorrência da atividade Busca de presas se reduz. Pelo contrário, na presença de embarcações, a atividade Deslocação ganha maior relevo. Esta alteração comportamental poderá ser um indício de que a presença de embarcações pode estar a inibir o comportamento alimentar destes animais e a aumentar o seu tempo em deslocação, presumivelmente em evitamento da perturbação criada pelas embarcações.

Todos os elementos vocais registados fazem parte do repertório acústico anteriormente descrito para esta população (dos Santos, 1998). A distribuição de acordo com o tipo de elemento vocal foi muito semelhante quer nos registos obtidos das vocalizações na presença de embarcações quer na sua ausência. Nestes registos, os assobios e os cliques de ecolocalização foram as vocalizações mais comuns.

Os rangidos e chorincos tiveram grande relevância no repertório, sobretudo em situações de alimentação e busca de presas. Os zurros, compostos por sequências de guichos, goles e grunhidos, são vocalizações pouco documentadas na literatura (Janik, 2000; Hastie *et al.*, 2005) mas bastante comuns no estuário do Sado (dos Santos *et al.*, 1990), sendo associados a situações de busca de presas em profundidade e, possivelmente, interações agonísticas (Luís & dos Santos, 2012). Os *bangs*, os zumbidos e os gemidos, referenciados noutros estudos (Connor & Smoker, 1996; Woude, 2009) são elementos vocais pouco representativos do repertório dos golfinhos-roazes do Sado.

Os assobios registados na ausência de embarcações apresentaram características médias ligeiramente diferentes do que havia sido reportado para esta população por dos Santos *et al.* (2005): frequência inicial – 7.8 kHz (vs. 5.8 kHz), frequência final – 10.9 kHz (vs. 12.1 kHz), frequência mínima – 7.0 kHz (vs. 5.4 kHz), frequência máxima – 13.9 (vs. 15.0 kHz), amplitude de frequência – 6.8 kHz (vs. 9.6 kHz), duração – 0.72 s (vs. 0.86 s). Comparativamente com valores obtidos para outras populações (Caldwell *et al.*, 1990; Acevedo-Gutiérrez & Stienessen, 2004; Azevedo & Oliveira, 2007), os assobios dos golfinhos-roazes da população do Sado apresentaram duração mais longa e uma gama de frequências mais ampla.

De acordo com Wang *et al.* (1995), alguns fatores ambientais locais, como por exemplo o ruído ambiente elevado, podem influenciar as características acústicas dos assobios em algumas populações de golfinhos. O valor médio do pico de frequência obtido (10.1 kHz) dos assobios desta população supera a gama de frequências dominantes de ruído ambiente (que se situam abaixo dos 5 kHz) do estuário do Sado, principalmente de origem naval e industrial (Ferreira *et al.*, 1996; dos Santos *et al.*, 1996). Estes valores podem indicar adaptação ao ambiente acústico ruidoso presente no estuário do Sado.

Na literatura, os estudos sobre os níveis de pressão sonora (SPL) dos assobios são escassos. Watkins & Schevill (1974) foram os primeiros autores a medir os níveis de pressão sonora na fonte de assobios de golfinhos-rotadores, *Stenella longirostris*, tendo obtido valores de 109-125 dB re 1 μ Pa. Janik (2000) foi o primeiro autor a medir os níveis de pressão acústica dos assobios da espécie golfinho-roaz, *Tursiops truncatus*, na Escócia. Neste estudo, o valor médio medido de SPL foi 158 dB re 1 μ Pa e o valor máximo obtido foi 169 dB re 1 μ Pa (Janik, 2000). Num estudo recente realizado na Austrália, Jensen *et al.* (2012), mediram os níveis de pressão sonora de assobios duma população costeira de golfinhos-roazes dum habitat com altos níveis de ruído ambiente, obtendo um valor médio de SPL de 147 dB re 1 μ Pa.

Neste trabalho, o valor médio estimado do nível de pressão sonora na fonte dos assobios dos golfinhos-roazes do estuário do Sado (121 dB re 1 μ Pa) foi inferior ao valor referido no estudo de Janik (2000) e no estudo de Jensen *et al.* (2012). Os assobios dos golfinhos-roazes do Sado apresentaram um valor máximo de SPL (185 dB re 1 μ Pa) superior ao valor encontrado no estudo de Janik (2000). Esta diferença nos valores dos níveis de pressão sonora dos assobios poderá estar relacionada com diferenças na metodologia utilizada para o cálculo das distâncias à fonte e também com o modelo de propagação sonora utilizado. Poderão ter existido eventuais erros na estimativa da distância do emissor em relação ao hidrofone, por não se saber qual o golfinho emissor. Neste sentido, considera-se que os resultados obtidos neste estudo são uma primeira aproximação aos valores de pressão acústica dos assobios dos golfinhos-roazes do estuário do Sado.

Um resultado interessante deste estudo foi corroborar a notável estabilidade estrutural dos perfis de modulação de frequência dos assobios desta população ao longo dos últimos anos. É de salientar que alguns dos assobios estereotipados registados durante este ano já haviam sido identificados em estudos anteriores (Couchinho 1999; dos Santos *et al.*, 2005). No entanto, neste estudo, foram identificadas sete novas categorias de assobios estereotipados. É de destacar a tendência verificada de uma modulação ascendente nos assobios da amostra analisada, sendo este resultado concordante com os resultados obtidos por dos Santos *et al.*, 2005).

Alguns autores concluem que o tamanho do grupo de golfinhos tem uma correlação positiva com a produção de assobios (Jones & Sayigh, 2002; Cook *et al.*, 2004), ao contrário do que foi concluído neste trabalho. Neste estudo, a correlação entre o número de assobios emitidos e o número de golfinhos presentes em cada amostra não foi significativa e a magnitude da correlação foi fraca, quase nula. Este resultado é aliás concordante com as conclusões obtidas para esta população por dos Santos *et al.* (2005). De acordo com estes autores, não havendo uma relação entre o número de animais presentes e a produção de assobios, poderão existir mecanismos de restrição social a limitar e inibir as emissões acústicas. De facto, se os assobios fossem produzidos em grande massa e simultaneamente num grupo, a perceção e o reconhecimento dos sinais poderiam ser perturbados por sobreposições excessivas de sinais e sobrecarga de informação, especialmente num ambiente ruidoso (dos Santos *et al.*, 2005).

Foi também possível verificar que a taxa de emissão dos assobios varia de acordo com a atividade dominante em curso. À semelhança de resultados obtidos noutros estudos (Jones & Sayigh, 2002; Cook *et al.*, 2004; dos Santos *et al.*, 2005; Quick & Janik, 2008), observou-se que o número de assobios obtidos em episódios de deslocação foi bastante inferior às restantes ocorrências. A taxa de emissão de assobios foi maior em episódios de socialização, busca de presas e alimentação, comparativamente à atividade de deslocação. Uma vez que em contextos sociais ou de busca de presas, o grupo se encontra mais disperso e distribuído em pequenas unidades de indivíduos, o aumento da taxa de emissão de assobios pode ser uma forma de manter o contacto acústico entre eles (Cook *et al.*, 2004) e a coesão do grupo (Watwood *et al.*, 2004; Janik & Slater, 1998).

Com este trabalho, pretendia-se estudar a influência da presença de embarcações nos padrões de emissão dos assobios. A taxa de emissão de assobios foi significativamente menor na presença de embarcações. Esta redução foi visível em todos os estados comportamentais, tendo sido estatisticamente significativa para as atividades de alimentação e busca de presas. Esta alteração nos padrões de comunicação vocal dos golfinhos-roazes pode ser uma resposta inibidora face à presença de embarcações. De acordo com Jensen *et al.* (2009), a exposição dos golfinhos ao ruído antropogénico pode levar a alterações comportamentais ou limitar o processo de transmissão/receção de informação acústica.

Em estudos anteriores, no estuário do Sado, foram demonstradas respostas comportamentais dos golfinhos-roazes face à presença de embarcações e à exposição ao ruído antropogénico (Cascão, 2001; Luís, 2008). As alterações nos padrões comportamentais e nos padrões de comunicação vocal dos indivíduos, bem como variações nas características das vocalizações emitidas, aqui verificadas, são efeitos relevantes da presença de embarcações e poderão ter implicações ao nível biológico (Scarpaci *et al.*, 2000; Van Parijs & Corkeron, 2001; Mattson *et al.*, 2005; Lusseau *et al.*, 2006).

Dado que estes animais dependem do canal sensorial acústico-auditivo para muitas das suas atividades, forçar um animal a modificar o seu comportamento vocal ou a diminuir as suas capacidades auditivas poderia reduzir a sua eficiência na procura de presas, em oportunidades de acasalamento, na orientação na navegação ou na comunicação entre conspécíficos (Richardson *et al.*, 1995; Weilgart, 2007).

Na análise dos parâmetros acústicos do total de assobios registados verificaram-se alterações relevantes na presença de embarcações. A frequência inicial dos assobios foi significativamente superior na presença de embarcações.

Pelo contrário, nestas condições, a frequência final foi significativamente inferior. Alterações temporárias nos parâmetros do sinal emitido podem permitir aos animais lidar com diferentes níveis de ruído (Miksis-Olds & Tyack, 2009). Alguns estudos em populações de golfinhos-roazes têm demonstrado que os sinais de comunicação dos indivíduos podem ser adaptativos e que os parâmetros do sinal emitido podem ser temporariamente alterados face à presença de embarcações, de forma a evitar os efeitos de mascaramento (Buckstaff, 2004; Morisaka *et al.*, 2005; Parks *et al.*, 2007; May-Collado & Wartzok, 2008).

Como consequência do aumento dos níveis de pressão sonora com origem no tráfego marítimo, os indivíduos podem estar a compensar o mascaramento, modificando as características das suas vocalizações (Morisaka *et al.*, 2005; Parks *et al.*, 2007). Esta parece ser uma explicação plausível para as alterações aqui verificadas nos parâmetros acústicos dos assobios dos golfinhos-roazes do Sado registados na presença de embarcações. Estas alterações poderão ser o resultado de uma estratégia de adaptação bioacústica aos níveis de ruído ambiente de baixa frequência.

Esta plasticidade comportamental vocal ainda não é totalmente compreendida e a sua dimensão poderá depender das capacidades dos indivíduos para alterar as características do sinal, bem como dos custos e gastos energéticos associados a essas alterações (Jensen *et al.*, 2009).

O acompanhamento da população de golfinhos-roazes do estuário do Sado e a monitorização continuada dos seus padrões comportamentais acústicos seria de extrema importância para uma melhor compreensão das relações causa-efeito e dos impactos do tráfego marítimo gerados a longo prazo.

5. Considerações finais

Nos últimos anos, temos assistido a um desenvolvimento crescente das áreas costeiras em que, a atividade comercial, o lazer e o turismo, são os seus principais vetores de progresso. Para além disso, as atividades de *dolphin watching* têm uma procura turística crescente em todo o mundo. O estuário do Sado não é uma exceção e para além do tráfego marítimo comercial existente há que somar o tráfego resultante da náutica de recreio e da atividade crescente de *dolphin-watching*. Estas atividades têm uma maior ocorrência no período de verão, que coincide com a época de maior sensibilidade para os golfinhos: época de reprodução e nascimento de crias. É de supor que todas estas atividades tenham um crescimento progressivo com o tempo, o que induzirá níveis de ruído subaquático crescentes que poderão ter implicações ao nível biológico e pôr em causa o bem-estar e a sobrevivência desta comunidade de golfinhos.

O potencial de impacto que determinada atividade antropogénica terá sobre uma comunidade de cetáceos irá depender do efeito provocado nas funções e atividades vitais dos indivíduos e, assim sendo, será tanto maior quanto maior for o efeito no sucesso reprodutor, no efetivo populacional e na sobrevivência da população (Committee on Characterizing Biologically Significant Marine Mammal Behavior, 2005).

Neste sentido, a avaliação extensiva e atualizada do impacto do tráfego marítimo no comportamento dos golfinhos-roazes desta reduzida e vulnerável população é de extrema importância.

Com este trabalho pretendeu-se estudar a influência da presença de embarcações no comportamento vocal destes animais, com especial ênfase nos padrões de emissão dos assobios. Deste modo, foi feita uma análise da ocorrência dos diferentes tipos de sinais emitidos pelos golfinhos na presença e na ausência de embarcações e uma análise acústica detalhada do elemento vocal assobios, dada a sua importância na manutenção da coesão social e na comunicação entre os indivíduos.

Deste trabalho resultam algumas conclusões importantes. Apesar de não estar demonstrada uma relação causa-efeito, será relevante assinalar que, na presença de embarcações, os indivíduos tendem a adotar um comportamento de deslocação. Alguns perfis de modulação de frequência dos assobios observados neste estudo mantêm-se iguais desde há pelo menos 15 anos, evidenciando a grande estabilidade do repertório de assobios dos animais desta população.

Com este estudo foi possível verificar alterações nos padrões de emissão dos assobios face à presença de embarcações. Sendo os assobios um tipo de vocalização fundamental na manutenção da coesão social e de especial importância na presença de crias, a diminuição significativa da taxa de emissão, observada na presença de embarcações, pode ter influência nas atividades biológicas vitais destes indivíduos e consequências para a sobrevivência da população.

Na presença de embarcações foram também observadas alterações em alguns parâmetros acústicos dos assobios. A frequência inicial dos assobios foi significativamente superior na presença de embarcações. Estes resultados sugerem que, o aumento dos níveis de pressão sonora, com origem no tráfego marítimo, pode estar a provocar modificações nas características dos sinais emitidos pelos golfinhos, de forma a superar o mascaramento. Assim, as alterações aqui observadas poderão ser o resultado de uma estratégia comportamental de adaptação bioacústica aos elevados níveis de ruído de baixa frequência registados no Sado.

Tendo em conta a dependência desta população relativamente à área de estudo, o reduzido efetivo populacional e o grau de vulnerabilidade desta comunidade, estudos futuros deverão ser feitos, no sentido de promover a conservação e continuidade desta população. A monitorização continuada dos padrões acústicos e comportamentais dos indivíduos, bem como dos níveis de ruído produzido pelas embarcações, seria de extrema importância para uma melhor compreensão dos impactos do tráfego marítimo gerados a longo prazo nos golfinhos-roazes da população do estuário do Sado.

É de grande importância conciliar os imperativos do crescimento económico das zonas costeiras com os imperativos de desenvolvimento sustentável e preservação ambiental.

O impacto do tráfego de embarcações no comportamento da população dos golfinhos-roazes do Sado tem de ser continuamente monitorizado e devem ser tomadas todas as medidas para o minimizar.

Assim, são fatores determinantes para a conservação desta reduzida população:

- a regulação do tráfego marítimo no estuário do Sado;
- a criação de corredores de circulação;
- a monitorização e fiscalização das atividades de observação de golfinhos;
- a regulamentação dos níveis máximos de ruído acústico produzido pelas embarcações;
- a promoção de uma cultura cívica que respeite o bem-estar desta população;
- a regulamentação da pesca profissional e lúdica de modo a garantir a existência de recursos alimentares suficientes;
- a criação de legislação específica para a proteção dos golfinhos-roazes do Sado;
- o envolvimento das instituições científicas dedicadas a este tema na definição das políticas de conservação local;
- a monitorização permanente e a consequente regulamentação adaptada aos resultados desta monitorização.

6. Referências bibliográficas

Acevedo-Gutiérrez, A. & Stienessen, S.C. (2004). Bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) increase number of whistles when feeding. *Aquatic Mammals*, 30 (3): 357–362.

Ansmann, I.C. (2005). The whistle repertoire and acoustic behaviour of short-beaked common dolphins, *Delphinus delphis*, around the British isles, with applications for acoustic surveying. Master thesis in Marine Mammal Science, University of Wales, Bangor, 100 pp.

APSS (2011). *Série histórica estatística do movimento portuário de mercadorias, em toneladas e navios, no Porto de Setúbal desde 1941*. Acedido em 19 de Outubro de 2012, em: http://www.portodesetubal.pt/historico_estatisticas_portuarias.htm.

Arcangeli, A. & Crosti, R. (2009). The short-term impact of dolphin-watching on the behaviour of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in western Australia. *Journal of Marine Animals and their Ecology*, 2 (1).

Au, W.W.L. (1993). *The Sonar of Dolphins*. Springer-Verlag. New York. 297 pp.

Au, W.W.L. & Green, M. (2000). Acoustic interaction of humpback whales and whale-watching boats. *Marine Environmental Research*, 49: 469-481.

Au, W.W.L. & Hastings, M.C. (2008). *Principles of marine bioacoustics*. Springer Science. Business Media. New York.

Augusto, J. (2007). *Análise da estrutura social, da composição dos grupos e associações nos golfinhos-roazes (Tursiops truncatus) residentes na região do Sado*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. 65pp

Augusto, J.; Rachinas-Lopes, P. & dos Santos, M.E. (2012). Social structure of the declining residente community of common bottlenose dolphins in the Sado Estuary, Portugal. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 92: 1773-1782.

Azevedo, A.F. & Oliveira, A.M. (2007). Characteristics of whistles from 266 resident bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in southern Brazil. *Journal of the Acoustical Society of America*, 121: 2978-2983.

Ballance, L.T. (1992). Habitat use patterns and ranges of the bottlenose dolphin in the Gulf of California, México. *Marine Mammal Science*, 8: 262-274.

Baron, S.C.; Marinez, A.; Garrison, L.P. & Keith, E.O. (2008). Differences in acoustic signals from delphinids in the western North Atlantic and northern Gulf of Mexico. *Marine Mammal Science*, 24: 42–56.

Bazúa-Durán, C. (2004). Differences in the whistle characteristics and repertoire of bottlenose and spinner dolphins. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, 76: 386-392.

Bazúa-Duran, C. & Au, W.W.L. (2002). The whistles of Hawaiian spinner dolphins. *Journal of the Acoustical Society of America*, 112: 3064– 3972.

Bazúa-Duran, C. & Au, W.W.L. (2004). Geographic variations in the whistles of spinner dolphins (*Stenella longirostris*) of the main Hawaiian Islands. *Journal of the Acoustical Society of America*, 116: 3757–3769.

Brill, R.L.; Sevenich, M.L.; Sullivan, T.J.; Sustman, J.D. & Witt, R.E. (1988). Behavioral evidence for hearing through the lower jaw by an echolocating dolphin (*Tursiops truncatus*). *Marine Mammal Science*, 4: 223-230.

Brito, C.M. (2001). Estudo da possível influência de fatores ecológicos e comportamentais nas emissões acústicas dos golfinhos-roazes (*Tursiops truncatus*) no estuário do Sado. Dissertação de Mestrado em Etologia. Instituto Superior de Psicologia Aplicada, Lisboa. 94 pp.

Bruxelas, A.; Cabeçadas, L. & Rosado, C. (1992). Recursos marinhos e poluição no estuário do Sado. Estudos de Biologia e Conservação da Natureza, 6. Instituto da conservação da Natureza, Lisboa.

Buckstaff, C. (2004). Effects of boats on dolphin vocal behavior. *Marine Mammal Science*, 20: 709-725.

Cabral, H.N. (1999). Ictiofauna do estuário do Sado. Relatórios científicos e técnicos. Instituto de Investigação das Pescas e do Mar. nº47. 30pp.

Caldwell, M.C. & Caldwell, D.K. (1965). Individualized whistle contours in bottlenosed dolphins (*Tursiops truncatus*). *Nature*, 207.

Caldwell, M.C & Caldwell, D.K. (1967). Intraspecific transfer of information via the pulsed sound in captive odontocete cetaceans. In R.G Busnel (Eds), *Animal Sonar Systems*, 2: 879-936. Jouy-en-Josas, France: Laboratoire de Physiologie Acoustique.

Caldwell, M.C.; Caldwell, D.K. & Tyack, P.L. (1990). Review of the signature-whistle hypothesis for the atlantic bottlenose dolphin. In *The Bottlenose Dolphin*, (eds. S. Leatherwood and R.R. Reeves), pp. 199-234: New York: Academic Press.

Cândido, A.T. (2003). Utilização de um sistema de informação geográfica (SIG) para a análise da distribuição e padrões de movimentos da população de golfinhos-roazes (*Tursiops truncatus*) do estuário de Sado. Dissertação de Mestrado em Etologia, Instituto Superior de Psicologia Aplicada, Lisboa. 64 pp.

Cascão, I. (2001). Measuring the impacts resulting from interactions between approaching boats and resident bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*), in the Sado estuary, Portugal. Relatório de estágio de Licenciatura, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. 33 pp.

Chilvers, B.L. & Corkeron, P.J. (2001). Trawling and bottlenose dolphins social structure. *Proceedings of the Royal Society London B*, 268: 1901-1905.

Cockcroft, V.G. & Ross, G.J.B. (1990). Food and feeding of the Indian Ocean bottlenose dolphin off Southern Natal, South Africa. In S. Leatherwood, & R.R. Reeves (Eds.), *The Bottlenose Dolphin*, pp. 295-308. Academic Press, Orlando.

Committee on Characterizing Biologically Significant Marine Mammal Behavior (2005). Marine Mammals population and ocean noise – Determining when noise causes biologically significant effects. The National Academies Press. Washington, DC. 126 pp.

Connor, R.C.; Smolker, R.A. & Richards, A.F. (1992). Two levels of alliance formation among male bottlenose dolphins (*Tursiops sp.*). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 89: 987-990.

Connor, R.C. & Smolker, R.A. (1996). Pop goes the dolphin: a vocalization male bottlenose dolphins produce during consortships. *Behaviour*, 133: 643–662.

Connor, R.C.; Wells, R.S.; Mann, J., & Read, A.J. (2000). The bottlenose dolphin: social relationships in a fission–fusion society. In J. Mann, R.C.; Connor, P.L.; Tyack & H. Whitehead (Eds.), *Cetacean Societies*. University of Chicago Press, Chicago. 91–126 pp.

Cook, M.L.H.; Sayigh, L.S.; Blum, J.E. & Wells, R. S. (2004). Signature-whistle production in undisturbed free-ranging bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). *Proceedings of the Royal Society of London B*, 271: 1043–1049.

Couchinho, M.N. (1999). Padrões de emissão de assobios por golfinhos-roazes (*Tursiops truncatus*) na região do Sado. Relatório de Estágio de Licenciatura. Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa.

Cranford, T.W.; Amundi, M. & Norris, K.S. (1996). Functional morphology and homology in the odontocete nasal complex: implications for sound generation. *Journal of Morphology*, 228: 223-285.

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).

Decreto-Lei N.º 9/2006 de 06-01-2006. Regulamento de observação de cetáceos em águas Portuguesas. Diário da República I Série A (5), 121-126.

dos Santos, M.E. (1985). Estudo preliminar da população sedentária de roazes, *Tursiops truncatus* (Montagu, 1891) (Cetacea Delphinidae) no estuário do Sado. Relatório de estágio, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. 185 pp.

dos Santos, M.E. (1998). Golfinhos-roazes do Sado: estudos de sons e comportamentos. Lisboa: ISPA, Coleções Teses. 279 pp.

dos Santos, M.E. & Lacerda, M. (1987). Preliminary observations of the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) in the Sado estuary (Portugal). *Aquatic Mammals*, 13: 65-80.

dos Santos, M.E.; Caporin, G.; Onofre Moreira, O., Ferreira, A.J. & Bento Coelho, J.L. (1990). Acoustic behavior in a local population of bottlenose dolphins. In J.Thomas, & R. Kastelein (Eds.), *Sensory Abilities of Cetaceans: Laboratory and Field Evidence* (pp.585-589). New York: Plenum Press, NATO ASI Series.

dos Santos, M. E.; Ferreira, A. J. & Harzen, S. (1995). Rhythmic sound sequences emitted by aroused bottlenose dolphins in the Sado estuary, Portugal. In R.A. Kastelein, J.A. Thomas & P.E. Nachtigall (Eds.). *Sensory Systems of Aquatic Mammals*, 325-334. Woerden, The Netherlands: De Spil Publishers.

- dos Santos, M.E.; Ferreira, A.J.; Ramos, J.; Ferreira, J.F. & Bento-Coelho, J.L. (1996). The acoustic world of the bottlenose dolphins in the Sado estuary. *European Research on Cetaceans* – 9 (pp. 62-64). *Proceedings of the Ninth Annual Conference of the European Cetacean Society*. Lugano, Switzerland.
- dos Santos, M.E.; Louro, S.; Couchinho, M. & Brito, C. (2005). Whistles of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Sado estuary, Portugal: characteristics, production rates, and long-term contour stability. *Aquatic Mammals*, 31(4): 453-462.
- dos Santos, M.E.; Coniglione, C. & Louro, S. (2007). Feeding behaviour of the bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821) in the Sado estuary, Portugal, and a review of its prey species. *Revista Brasileira de Zootecias*, 9: 31-40.
- Erbe, C. & Farmer, D.M. (1998). Masked hearing thresholds of a beluga whale (*Delphinapterus leucas*) in icebreaker noise. *Deep Sea Research*, 45: 1373–1387.
- Erbe, C. & Farmer, D.M. (2000). Zones of impact around icebreakers affecting beluga whales in the Beaufort Sea. *Journal Acoustical Society of America*, 108: 1332-1340.
- Evans, G.W. (2001). *Environmental stress and health*. In A. Baum, T. Revenson & J.E. Singer (Eds.). *Handbook of Health Psychology* (Mahway, NJ, Erlbaum).
- Everest, F.A. (1989). *The master handbook of acoustics*, Second Edition. Blue Ridge Summit, Pennsylvania: TAB Books.
- Ferreira, A.; Bento-Coelho, J.L. & dos Santos, M.E. (1996). Underwater noise in the Sado Estuary. *Acustica- Acta Acustica*, 82, S255.
- Ferreira, M.C.V. (2010). Movimentos e atividades dos golfinhos-roazes (*Tursiops truncatus*) na zona terminal do estuário do Sado e possíveis influências ecológicas. Dissertação de Mestrado em Ecologia Marinha, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. 62 pp.
- Fletcher, H.F. (1940). Auditory patterns. *Review of Modern Physics*, 12: 47-65.
- Foote, A.D.; Osborne, R.W. & Hoelzel, A.R. (2004). Whale-call response to masking boat noise. *Nature*, 428: 910.
- Freitas, A. (1995). Estudo preliminar dos padrões de utilização do habitat pela população de golfinhos-golfinhos-roazes (*Tursiops truncatus*) no estuário do Sado. Relatório de Estágio de Licenciatura, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. 39 pp.

Gaspar, R. (1994). Estudo dos movimentos, da sociabilidade e dos padrões de frequência dos golfinhos-roazes (*Tursiops truncatus*) na região do estuário do Sado, utilizando fotoidentificação. Relatório de Estágio de Licenciatura, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. 46 pp.

Gaspar, R. (2003). Status of the resident bottlenose dolphin population in the Sado estuary: past, present and future. Ph.D. thesis, St. Andrews University. 213 pp.

Gaspar R. (2004). O estado de conservação do roaz do Sado: passado, presente e futuro – Bases Científicas para Ações de Conservação. Relatório interno, ICN, Lisboa.

Gibson, Q.A. & Mann, J. (2008). The size, composition and function of wild bottlenose dolphin (*Tursiops sp.*) mother–calf groups in Shark Bay, Australia. *Animal Behaviour*, 76, 389-405.

Gowans, S.; Würsig, B. & Karczmarski, L. (2008). The social structure and strategies of delphinids: predictions based on an ecological framework. *Advances in Marine Biology*, 53(07): 195-294.

Grilo, S.I. (2010). *Estudo da utilização do território pela população de roazes (Tursiops truncatus) do estuário do Sado a partir de dados obtidos em embarcações de Dolphin Watch*. Dissertação de tese. Mestrado em Ecologia Marinha. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. 90 pp

Harzen, S. (1998). Habitat use by the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) in the Sado estuary, Portugal. *Aquatic Mammals*, 18: 49-55.

Harzen, S. & Brunnick, B.J. (1997). Skin disorders in bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*), resident in the Sado estuary, Portugal. *Aquatic Mammals*, 23.1: 59-68.

Hastie, G.D.; Wilson, B. & Thompson, P.M. (2005). Diving deep in a foraging hotspot: acoustic insights into bottlenose dolphin dive depths and feeding behaviour. *Marine Biology*, 148(5): 1181-1188.

Hemila, S.; Nummela, S. & Reuter, T. (1999). A model of the odontocete middle ear. *Hearing Research*, 133: 82-97.

Hemila, S., Nummela, S. & Reuter, T. (2010). Anatomy and physics of the exceptional sensitivity of dolphin hearing (Odontoceti: Cetacea). *Journal of Comparative Physiology. A Neuroethology, sensory, neural, and behavioral physiology*, 196(3): 165-79.

- Herzing, D.L. (1996). Vocalizations and associated underwater behavior of free-ranging Atlantic spotted dolphins, *Stenella frontalis* and bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*. *Aquatic Mammals*, 22 (2): 61-79.
- Herzing, D.L. (2000). Acoustics and social behavior of wild dolphins: implications for a sound society. *In Hearing by whales and dolphins*, (eds. W.W.L. Au, A.N. Popper & R.E. Fay). London: Springer Press.
- Hussenot, E. (1982). Premier recensement du grand dauphin (*Tursiops truncatus*) dans l'estuaire du Sado au Portugal. *Actes du VI Colloque de la Société Française pour l'Etude et la Protection des Mammifères*, pp. 65-73.
- IUCN (2011). IUCN Red List of Threatened Species. Acedido em 20 de Maio de 2012, em: <http://www.iucnredlist.org>.
- Janik, V.M. (1999). Pitfalls in the categorization of behavior: a comparison of dolphin whistle classification methods. *Animal Behaviour*, 57: 133-143.
- Janik, V.M. (2000). Source levels and the estimated active space of bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) whistles in the Moray Firth, Scotland. *Journal of Comparative Physiology. A*, 186: 673-680.
- Janik, V.M. & Thompson, P.M. (1996). Changes in surfacing patterns of bottlenose dolphins in response to boat traffic. *Marine Mammal Science*, 12: 597-602.
- Janik, V.M. & Slater, P.J. (1998). Context-specific use suggests that bottlenose dolphin signature whistles are cohesion calls. *Animal Behaviour*, 56, 829-838.
- Jensen, F.H. (2011) *Acoustic behavior of bottlenose dolphins and pilot whales*. PhD Dissertation in Zoophysiology, Department of Biological Sciences, University of Aarhus, Denmark. 195 pp.
- Jensen, F.H.; Bejder, L.; Wahlberg, M.; Aguilar de Soto, N.; Johnson, M. & Madsen, P. (2009). Vessel noise effects on delphinid communication. *Marine Ecology Progress Series*, 395: 161-175.
- Jensen, F.H.; Beedholm, K.M.; Wahlberg, M.; Bejder, L. & Madsen, P.T. (2012). Estimated communication range and energetic cost of bottlenose dolphin whistles in a tropical habitat. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 131(1): 582-92.
- Johnson, C. S. (1967). Sound detection thresholds in marine mammals. *In* W. N. Tavolga (eds.). *Marine Bioacoustics*. Pergamon, Oxford. pp 247–260.

Jones, G.J. & Sayigh, L.S. (2002). Geographic variation in rates of vocal production of free-ranging bottlenose dolphins. *Marine Mammal Science*, 18: 384–393.

Ketten, D.R. (1992). The Marine Mammal Ear: Specializations for Aquatic Audition and Echolocation. In: Webster, D., Fay, R. & Popper, A. (Eds.) *The evolutionary biology of hearing*. Springer-Verlag. pp 717-750.

Ketten, D.R. (1998). *Marine mammal auditory systems: a summary of audiometric and anatomical data and its implications for underwater acoustic impacts*. 74pp.

Lammers, M.O.; Au, W.L.L. & Herzing, D. (2003). The broadband social acoustic signaling behavior of spinner and spotted dolphins. *Journal of Acoustical Society of America*, 114 (3): 1629-1639.

Leatherwood, S.L. & Reeves, R.R. (1983). *The Sierra Club Handbook of Whales and Dolphins*. San Francisco: Sierra Club Books.

Lemon, M.; Lynch, T.P.; Cato, D.H. & Harcourt, R.G. (2006). Response of travelling bottlenose dolphins (*Tursiops aduncus*) to experimental approaches by a powerboat in Jervis Bay, New South Wales, Australia. *Biological Conservation*, 127(4): 363-372.

Lesage, V.; Barrette, C.; Kingsley, M.C.S. & Sjare, B. (1999). The effect of vessel noise on the vocal behavior of belugas in the St. Lawrence River Estuary, Canada. *Marine Mammal Science*, 15: 65-84.

Lilly, J.C. & Miller, A.M. (1961). Sounds emitted by the bottlenose dolphin. *Science*, 133: 1689-1693.

Luís, A.R.F. (2008). *Avaliação do impacto de construções portuárias no comportamento e no ambiente acústico da população de golfinhos-roazes (Tursiops truncatus) do estuário do Sado*. Dissertação de Mestrado em Ecologia e Gestão Ambiental, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. 110 pp.

Luís, A.R. & dos Santos, M.E. (2012). *Why are bottlenose dolphins banging and braying when toadfish are singing?* Poster presented at 26th European Cetacean Society Annual Conference, Galway, Ireland.

Lusseau, D. (2006). Why do dolphins jump? Interpreting the behavioural repertoire of bottlenose dolphins (*Tursiops* sp.) in Doubtful Sound, New Zealand. *Behavioural Processes*, 73(3): 257-65.

- Lusseau, D.; Slooten, L.; Dawson, S. M. & Higham, J. E. S. (2002). The effects of tourism activities on bottlenose dolphins (*Tursiops* spp.) in Fiordland. Wellington, New Zealand: Department of Conservation.
- Lusseau, D. ; Slooten, L. & Currey, R.J.C. (2006). Unsustainable dolphin-watching tourism in Fiordland, New Zealand. *Tourism in Marine Environments*, 3(2), 173-178.
- Mann, J.; Connor, R.C.; Tyack, P.L. & Whitehead, H. (2000). *Cetacean Societies. Field studies of dolphins and whales*. Chicago: University of Chicago Press.
- Maroco, J. (2003). Análise estatística com utilização do SPSS. 2ªed. 508 p. Silabo, Lisboa.
- Marten, K., Norris, K.S., Moore, P.W.B. & Englund, K.A. (1988). Loud impulse sounds in odontocete predation and social behavior. In Nachtigall, P. & Moore, P.W.B. (Eds.), *Animal Sonar: Processes and Performance* (pp. 567-579). New York: Plenum Press, NATO ASI Series.
- Mattson, M.C.; Thomas, J.A. & St. Aubin, D. (2005). Effects of boat activity on the behavior of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in waters surrounding Hilton Head Island, South Carolina. *Aquatic Mammals*, 31(1): 133-140.
- May-Collado, L.J. & Wartzoc, D. (2008). A comparison of bottlenose dolphin whistles in the Atlantic Ocean : Factors promoting whistle variation. *Journal of Mammalogy*, 89(5) : 1229-1240.
- McCormick, J.G.; Wever, E.G.; Palin, J. & Ridgway, S.H. (1970). Sound conduction in the dolphin ear. *Journal of Acoustical Society of America*, 48: 1418-1428.
- Miksis-Olds, J.L.; Donaghay, P.L.; Miller, J.H.; Tyack, P.L. & Reynolds, J.E. (2007). Simulated vessel approaches elicit differential responses from manatees. *Marine Mammal Science*, 23: 629-649.
- Miller, L.J. ; Solangi, M. & Kuczaj, S.A. (2010). Seasonal and diurnal patterns of behavior exhibited by atlantic bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Mississippi Sound. *Ethology*, 116(12): 1127-1137.
- Montie, E.W. ; Manire, C.A. & Mann, D.A. (2011). Live CT imaging of sound reception anatomy and hearing measurements in the pygmy killer whale. *Journal of Experimental Biology*. 214(6): 945-955.

Morisaka, T.; Masanori, S.; Fumio, N. & Akamatsu, T. (2005). Effects of ambient noise on the whistles of Indo-Pacific bottlenose dolphin populations. *Journal of Mammalogy*, 86(3): 541-546.

Narine, S.G. (2010). *Bio-acoustical and functional analysis of captive and wild bottlenose dolphin whistles*. Dissertação de Mestrado em Biologia Marinha. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade do Algarve. 66pp.

Norris, K.S. (1968) The evolution of acoustic mechanisms in odontocete cetaceans. In E. T. Drake (Ed.), *Evolution and Environment* (pp. 297-324). New Haven, Yale University Press.

Norris, K.S. & Dohl, T.P. (1980). Behaviour of the hawaiian spinner dolphin, *Stenella longirostris*. *Fishery Bulletin*, 77: 821-849.

Nowacek, S.M.; Wells, R.S. & Solow, A. (2001). Short-term effects of boat traffic on bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in Sarasota Bay, Florida. *Marine Mammal Science*, 17: 673-688.

Nowacek, D.P.; Thorne, L.H.; Johnston, D.W. & Tyack, P.L. (2007). Responses of cetaceans to anthropogenic noise. *Mammalian Review*, 37: 81-115.

Nummela, S., Wägar, T., Hemilä, S. & Reuter, T. (1999). Scaling of the cetacean middle ear. *Hearing Research*. 133 (1-2): 71-81.

Nunes, S.M. (2001). Estudo da utilização do habitat pela população sedentária de golfinhos-roazes, *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821), no estuário do Sado, Portugal. Relatório de Estágio, Faculdade de Ciências do Mar e do Ambiente da Universidade do Algarve. 49 pp.

OSPAR Commission (2009). Overview of the impacts of anthropogenic underwater sound in the marine environment. *Biodiversity Series*.133 pp.

Parks, S.E.; Clark, C.W & Tyack, P.L. (2007). Short- and long-term changes in right whale calling behavior: The potential effects of noise on acoustic communication. *Journal of the Acoustical Society of America*, 122: 3725-3731.

Purves, P.E. & Pilleri, G.E. (1983). *Echolocation in whales and dolphins*. London: Academic Press.

- Quick, N.J. & Janik, V.M. (2008). Whistle rates of wild bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*): influences of group size and behavior. *Journal of Comparative Psychology*, 122 (3): 305–311.
- Raybov, V. (2010). Role of the mental foramens in dolphin hearing. *Natural Sciences*, 2 (6): 646-653.
- Reynolds, J.E.; Wells, R.S. & Eide, S.D. (2000). *The bottlenose dolphin: biology and conservation*. Gainesville, University Press of Florida, 288 pp.
- Richardson, W.J.; Greene Jr., C.R.G.; Malme, C.I. & Thomson, D.H. (1995). *Marine Mammals and Noise*. Academic Press, San Diego, 576 pp.
- Ridgway, S.H. (2000). The auditory central nervous system of dolphins. In: Au, W.W.L., Popper, A.N., Fay, R.R. (Eds.) *Hearing by whales and dolphins*. Springer, New York, 273-293.
- Ridgway, S.H.; Carder, D.A.; Kamolnick, T.; Smith, R.R.; Schlundt, C.E. & Elsberry, W.R. (2001). Hearing and whistling in the deep sea: depth influences whistle spectra but does not attenuate hearing by white whales (*Delphinapterus leucas*) (Odontoceti, Cetacea). *The Journal of Experimental Biology*, 204: 3829-3841.
- Sayigh, L.S.; Tyack, P.L.; Wells, R.S. & Scott, M.D. (1990). Signature whistles of free-ranging bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) stability and mother-offspring comparisons. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 26: 247-260.
- Scarpaci, C.; Bigger, S.W.; Corkeron, P.J. & Nugegoda, D. (2000). Bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) increase whistling in the presence 'swim-with-dolphin' tour operations. *Journal of Cetacean Research and Management*, 2: 183–185.
- Scott, M.D. & Chivers, S.J. (1990). Distribution and herd structure of bottlenose dolphins in the eastern tropical Pacific Ocean. In S. Leatherwood & R.R. Reeves (Eds.). *The Bottlenose Dolphin*, pp.387-402. Academic Press, San Diego.
- Sequeira, M.; Matias, S.; Farinha, J.C.; Gaspar, R.; Silva, C.; Augusto, J.; Ferreira, C.V.; Fonseca, M.J.; Narra, P. & Luís, A.R. (2009). *Bases para o plano de ação para a salvaguarda e monitorização da população de Roazes do estuário do Sado*. Instituto da Conservação da Natureza e da Biodiversidade, Lisboa. 80 pp.

Sergeant, D.E.; Caldwell, D.K. & Caldwell, M.C. (1973). Age, growth, and maturity of bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) from northeast Florida. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 30: 1009-1011.

Shane, S.H. (1990). Comparison of bottlenose dolphin behaviour in Texas and Florida with a critique of methods for studying dolphin behavior. In S. Leatherwood and R. R. Reeves (Eds), *The Bottlenose Dolphin*, pp. 541-558. Academic Press, San Diego, CA.

Shane, S.H.; Wells, R.S. & Wursig, B. (1986). Ecology, Behavior and Social Organization of the Bottlenose Dolphin: a Review. *Marine Mammal Science*, 2: 34-63.

Silva, A.C.V. (2008). *A população residente de Tursiops truncatus (Montagu, 1821) num quadro de gestão integrada do estuário do Sado: proposta de um acordo voluntário*. Dissertação de Mestrado em Ciências e Tecnologias do Ambiente, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. 114 pp.

Smolker, R.A.; Mann, J. & Smuts, B.B. (1993). Use of signature whistles during separations and reunions by wild bottlenose dolphin mothers and infants. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 33: 393-402.

Solntseva, G.N. & Rodionov, V.A. (2007). Structural and functional organization of sound generation and sound perception organs in dolphins. *Doklady Biological Sciences*, 417(1): 476-479.

Southall, B.L.; Bowles, A.E.; Ellison, W.T.; Finneran, J.J.; Gentry, R.L.; Greene Jr., C.R.; Kastak, D.; Ketten, D.R.; Miller, J.H.; Nachtigall, P.E.; Richardson, W.J.; Thomas, J.A. & Tyack, P.L. (2007). Marine mammal noise exposure criteria: Initial scientific recommendations. *Aquatic Mammals*, 33: 411-521.

Teixeira, A.M. & Duguy, R. (1981). *Observations de Delphinidés dans les eaux côtières portugaises*. Relatórios de Actividades do Aquário Vasco da Gama 9: 1-9.

Tyack, P.L. (1997). Studying how cetaceans use sound to explore their environment. In D.H. Owings, M.D. Beecher & N.S. Thompson (Eds). New York, Plenum Press. *Perspectives in Ethology*, 12: 251-297.

Tyack, P.L. (2001). Bioacoustic. In Steele, H. H.; Thorpe, S.A. & Turekian, K.K. (2009) (Eds.), *Measurement techniques, sensors and platforms*. Pp. 425-431. Academic Press, London.

- Urick, R.J. (1983). *Principles of Underwater Sound*. 3rd edn. McGraw-Hill, New York. Cambridge, pp. 32-56.
- Van Bresseem, M.F.; Gaspar, R. & Aznar, J. (2003). Epidemiology of tattoo skin disease in bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) from the Sado estuary, Portugal. *Diseases of Aquatic Organisms*, 56:171-179.
- Van Parijs, S.M. & Corkeron, P.J. (2001). Boat traffic affects the acoustic behavior of Pacific humpback dolphins, *Sousa chinensis*. *Journal of Marine Biology Association in the United Kingdom*, 81: 533-538.
- Wang, D.; Wursig, B. & Evans, Q. (1995). Whistles of bottlenose dolphins: Comparison among populations. *Aquatic Mammals*, 21: 65-77.
- Watkins, W.A. & Schevill, W.E. (1974) Listening to Hawaiian spinner porpoises, *Stenella cf. longirostris*, with a three-dimensional hydrophone array. *J. Mammal*, 55: 319-328.
- Watwood, S.L.; Tyack, P.L. & Wells, R.S. (2004). Whistle sharing in paired male bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 55: 531-543.
- Weilgart, L.S. (2007). The impacts of anthropogenic ocean noise on cetaceans and implications for management. *Can.J.Zool.*, 85: 1091-1116.
- Wells, R.S. (1991). The role of long-term study in understanding the social structure of bottlenose dolphin community. In K. Pryor & K.S. Norris (Eds.). *Dolphin Societies: discoveries and puzzles*. University of California Press, California, pp. 199-225.
- Wells, R.S. & Scott, M.D. (1999). Bottlenose dolphin *Tursiops truncatus* (Montagu,1821). In S.H. Ridgway & R. Harrison (Eds.), *Handbook of Marine Mammals. Volume 6: The Second Book of Dolphins and the Porpoises*. Academic Press, San Diego. 137–182 pp.
- Woude, S.E. (2009). Bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) moan as low in frequency as baleen whales. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 126 (3): 1552.

Wright, A.J.; Soto, N.A.; Baldwin, A.L.; Bateson, M.; Beale, C.M.; Clark, C.; Deak, T.; Edwards, E.F.; Fernández, A.; Godinho, A.; Hatch, L.T.; Kakuschke, A.; Lusseau, D.; Martineau, D.; Romero, L.M.; Weilgart, L.S.; Wintle, B.A.; Nortarbartolo-di-Sciara, G. & Martin, V. (2007). Do Marine Mammals Experience Stress Related to Anthropogenic Noise? *Fisheries Science*, 274-316.

Wursig, B. (1979). Behavior and ecology of the bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*, in the south Atlantic. *Fishery Buletin* (Wash DC), 77 (2): 399–412.

ANEXO I – Folha de registos acústicos

DATA _____ PM _____
 BM _____

SETTINGS:

	AMOSTRAGEM	HORA	LATITUDE		LONGITUDE		PROF. (m)	Golfinhos		Embarcações		VELOCIDADE EMBARCAÇÃO (m/s)	TIPOLOGIA EMBARCAÇÃO	ATIVIDADE DOMINANTE	TAMANHO DO GRUPO
								Distância	Azimute	Distância	Azimute				
1			38°		8°										
2			38°		8°										
3			38°		8°										
4			38°		8°										
5			38°		8°										
6			38°		8°										
7			38°		8°										
8			38°		8°										
9			38°		8°										
10			38°		8°										

ANEXO II – Resultados da análise estatística

Resultados da correlação não paramétrica de Spearman para averiguar se o número de assobios emitidos estava correlacionado com o tamanho do grupo de golfinhos.

Na ausência de embarcações:

			VAR00001	VAR00002
Spearman's rho	VAR00001	Correlation Coefficient	1,000	-,044
		Sig. (2-tailed)		,723
		N	69	69
	VAR00002	Correlation Coefficient	-,044	1,000
		Sig. (2-tailed)	,723	
		N	69	69

Na presença de embarcações:

			VAR00001	VAR00002
Spearman's rho	VAR00001	Correlation Coefficient	1,000	-,060
		Sig. (2-tailed)		,497
		N	133	132
	VAR00002	Correlation Coefficient	-,060	1,000
		Sig. (2-tailed)	,497	
		N	133	133

Resultados do teste não paramétrico de Mann-Whitney para avaliar a significância da diferença entre o número médio de assobios emitidos por minuto na presença de embarcações vs. na ausência de embarcações.

Test Statistics^a

	Assobios
Mann-Whitney U	3268,500
Wilcoxon W	12046,500
Z	-3,409
Asymp. Sig. (2-tailed)	,001

a. Grouping Variable:
Presença_Embarcações

Recorreu-se a estatística não paramétrica porque o pressuposto do teste de normalidade não foi cumprido:

Tests of Normality

Presença_E mbarcações		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Assobios	Ausência	,245	69	,000	,720	69	,000
	Presença	,300	133	,000	,582	133	,000

a. Lilliefors Significance Correction

Resultados do teste não paramétrico Mann-Whitney para avaliar a significância da diferença entre o número médio de assobios emitidos de acordo com a atividade dominante (alimentação, busca de presas, deslocação e socialização) na presença de embarcações vs. na ausência de embarcações.

Atividade de alimentação:

	Assobios
Mann-Whitney U	34,000
Wilcoxon W	100,000
Z	-1,978
Asymp. Sig. (2-tailed)	,048
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,051 ^a

a. Not corrected for ties.

b. Grouping Variable: Pres_Embarcações

Recorreu-se a estatística não paramétrica porque o pressuposto do teste de normalidade não foi cumprido:

Pres_Embarcações	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Assobios Ausência	,251	12	,035	,900	12	,157
Assobios Presença	,220	11	,142	,854	11	,049

a. Lilliefors Significance Correction

Atividade de busca de presas:

	Assobios
Mann-Whitney U	151,000
Wilcoxon W	382,000
Z	-2,787
Asymp. Sig. (2-tailed)	,005

a. Grouping Variable:
Pres_Embarcações

Recorreu-se a estatística não paramétrica porque o pressuposto do teste de normalidade não foi cumprido:

Pres_Embarcações		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Assobios	Ausência	,219	27	,002	,781	27	,000
	Presença	,282	21	,000	,646	21	,000

a. Lilliefors Significance Correction

Atividade de deslocação:

Test Statistics ^a	
	Assobios
Mann-Whitney U	999,500
Wilcoxon W	4654,500
Z	-,496
Asymp. Sig. (2-tailed)	,620

a. Grouping Variable:
Pres_Embarcações

Recorreu-se a estatística não paramétrica porque o pressuposto do teste de normalidade não foi cumprido:

		Tests of Normality					
Pres_Embarcações		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Assobios	Ausência	,351	25	,000	,455	25	,000
	Presença	,301	85	,000	,638	85	,000

a. Lilliefors Significance Correction

Atividade de socialização:

	Assobios
Mann-Whitney U	38,500
Wilcoxon W	53,500
Z	-,126
Asymp. Sig. (2-tailed)	,900
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,905 ^a

a. Not corrected for ties.

b. Grouping Variable: Pres_Embarcações

Recorreu-se a estatística não paramétrica porque o pressuposto do teste de normalidade não foi cumprido:

Pres_Embarcações		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Assobios	Ausência	,223	5	,200*	,851	5	,199
	Presença	,225	16	,030	,827	16	,006

a. Lilliefors Significance Correction

*. This is a lower bound of the true significance.

Resultados do teste não paramétrico de Mann-Whitney para avaliar a significância da diferença entre os parâmetros acústicos dos assobios na presença de embarcações vs. na ausência de embarcações.

	Frequência inicial (Hz)	Frequência final (Hz)	Frequência mínima (Hz)	Frequência máxima (Hz)	Amplitude frequência (Hz)
Mann-Whitney U	31740,000	30266,500	35023,000	35722,500	36010,000
Wilcoxon W	66193,000	69326,500	69476,000	70175,500	75070,000
Z	-2,647	-3,391	-,770	-,455	-,297
Asymp. Sig. (2-tailed)	,008	,001	,441	,649	,767

a. Grouping Variable: Presença_Embarcações

Recorreu-se a estatística não paramétrica porque o pressuposto do teste de normalidade não foi cumprido:

	Presença_ Embarcações	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Frequência inicial (Hz)	Ausência	,115	261	,000	,942	261	,000
	Presença	,100	278	,000	,933	278	,000
Frequência final (Hz)	Ausência	,059	261	,031	,981	261	,002
	Presença	,087	278	,000	,970	278	,000
Frequência mínima (Hz)	Ausência	,088	261	,000	,963	261	,000
	Presença	,054	278	,046	,974	278	,000
Frequência máxima (Hz)	Ausência	,081	261	,000	,981	261	,002
	Presença	,106	278	,000	,943	278	,000
Amplitude frequência (Hz)	Ausência	,064	261	,011	,988	261	,035
	Presença	,054	278	,048	,987	278	,012

a. Lilliefors Significance Correction