



Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução

Luciana Guimarães de Andrade

Assobios do boto-cinza, *Sotalia guianensis*, (Cetacea, Delphinidae) em três
áreas de concentração na costa do Rio de Janeiro

Rio de Janeiro

2010

Luciana Guimarães de Andrade

Assobios do boto-cinza, *Sotalia guianensis*, (Cetacea, Delphinidae) em três áreas de concentração na costa do Rio de Janeiro

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção de título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação de Ecologia e Evolução, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Ecologia de Populações.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre de Freitas Azevedo

Rio de Janeiro

2010

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC-A

Andrade, Luciana Guimarães de Andrade.

Assobios do boto-cinza, *Sotalia guianensis* (Cetacea, Delphinidae) em três áreas de concentração na costa do Rio de Janeiro / Luciana Guimarães de Andrade. - 2010.

68 f. : il. -

Orientador: Alexandre de Freitas Azevedo.

Banca Examinadora: Alexandre de Freitas Azevedo, Monique Van Sluys, José Lailson Brito Junior, Artur Andriolo.

Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes.

Bibliografia: f. 62-68.

1. Boto - Comportamento – Rio de Janeiro (Estado) - Teses. 2. Cetáceo – Rio de Janeiro (Estado) - Teses. I. Azevedo, Alexandre de Freitas. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes. III. Título.

CDU 599.53(815.3)

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação.

Luciana Guimarães de Andrade
Autor

21/10/2010
Data

Luciana Guimarães de Andrade

Assobios do boto-cinza, *Sotalia guianensis*, (Cetacea, Delphinidae) em três áreas de concentração na costa do Rio de Janeiro

Dissertação apresentada, como requisito para a obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de Concentração: Ecologia de Populações

Aprovado em _____

Orientador: Prof. Dr. Alexandre de Freitas Azevedo
Faculdade de Oceanografia - UERJ

Banca Examinadora:

Prof.^a. Dr.^a. Monique Van Sluys
Instituto de Biologia da UERJ

Prof. Dr. José Lailson Brito Junior
Faculdade de Oceanografia da UERJ

Prof. Dr. Artur Andriolo
Programa de Pós-Graduação em Ecologia da UFJF

Rio de Janeiro
2010

À minha família, pelo grande apoio, pelo carinho e solidariedade, e aos meus “amigos”.

AGRADECIMENTOS

Aos meus “amigos” sempre presentes e que nunca me deixaram fraquejar e à eterna presença de Deus em minha vida!

A minha família (minha mãe, pelos incentivos e pelo grande amor, meu pai pelos bons momentos juntos, mesmo sendo poucos, a minha irmã Letícia, companheira de todas as horas e pela grande paciência e a minha irmã Lívia pelos grandes conselhos);

Ao meu orientador Prof. Dr. Alexandre de Freitas Azevedo, não só pela orientação, mas também pelo grande apoio, por acreditar em mim, pelas oportunidades de trabalho e a tranquila convivência. Com certeza todo o aprendizado que obtive vou levar para o resto da vida;

Ao Prof. Dr. José Lailson Brito Junior, Ao biólogo e amigo Leonardo Flach; Ao engenheiro Orlando de Jesus Ribeiro Afonso –Instituto de Pesquisa da Marinha do Brasil;

A Prof^a. Neuza Rejane Wile Lima pelos conselhos e sugestões para este estudo, e grande amizade;

A banca examinadora deste estudo pelas ricas sugestões e pelas críticas construtivas;

A equipe do MAQUA (Paulo, Haydee e o grupo dos estagiários) que está sempre presente em minha vida, pelos bons momentos até aqui e muitos que ainda virão, por tudo o que aprendi. E vamos em frente, pois quero muito continuar a fazer parte dessa equipe! Obrigada!

Aos meus amigos Monique, Mariana, Flávia, Rafael, Chris, Luciana, adorei poder compartilhar esses dois anos com vocês;

A todos que conheci durante o mestrado na Ecologia da UERJ à equipe administrativa Henrique e Sonia por sempre estarem dispostos a nos ajudar.

A todos os professores da pós-graduação que tive o prazer do convívio (Beatriz, Joel, Patrícia, Mariana, Nena)

Às minhas grandes amigas da UFF!! Sempre presentes, nem que seja uma vez por ano!

O Bem é indefinível por si mesmo. Defini-lo seria minorá-lo. É preciso considerá-lo, não em sua natureza, mas em suas manifestações.

Léon Denis

RESUMO

ANDRADE, Luciana Guimarães. Assobios do boto-cinza, *Sotalia guianensis*, (Cetacea, Delphinidae) em três áreas de concentração na costa do Rio de Janeiro. 2010. p.68. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Evolução) Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

A espécie *Sotalia guianensis* apresenta um variado repertório de assobios que estão ligados a interação social e a diferentes contextos de comportamento. As variações intraespecíficas nas estruturas dos assobios podem indicar diferenças entre populações dessa espécie. O presente estudo caracterizou e comparou o repertório dos assobios de *Sotalia guianensis*, em três baías do estado do Rio de Janeiro: Baía de Guanabara (BG), Baía de Sepetiba (BS) e Baía da Ilha Grande (BI), utilizando um sistema de gravação com limite superior de frequência de 48 kHz e através da aplicação das análises quantitativas e qualitativas dos parâmetros acústicos. As gravações dos assobios foram realizadas com embarcações de 5,5 e 7m e sistema de gravação composto por um hidrofone *High Tech*, modelo *HTI-96-MIN*, e um gravador digital modelo *PMD 671 Marantz*, com limite superior de frequência de 48 kHz. As análises dos espectrogramas foram realizadas com os softwares *Adobe Audition 1.5* e *Raven 1.3*. Os assobios foram classificados em seis categorias de forma de contorno e 11 parâmetros acústicos foram medidos para cada assobio. Para comparar os parâmetros acústicos de mesma forma de contorno entre as três baías, foram aplicados a análise descritiva e testes estatísticos de comparação de média. Um total de 1800 assobios foi selecionado e 61,38% (N=1105) dos assobios apresentaram forma de contorno ascendente. Assobios com zero ou um ponto de inflexão foram mais frequentes (N=1476), correspondendo a 82%. A amplitude de frequência encontrada variou de 1,03 a 46,87 kHz, maior alcance registrado para essa espécie no Brasil. A média de duração dos assobios da BG foi menor do que as médias encontradas na BS e na BI. Os resultados de todas as comparações realizadas demonstraram que os parâmetros de frequência (FI, FF, FMAX e F3/4) foram os que mais apresentaram diferenças significativas entre as três áreas. A variação encontrada nos assobios de *S. guianensis* entre as três áreas estudadas pode também estar ligada aos tipos de assobios mais comuns em cada área, representados pelos assobios ascendentes, que apesar de apresentarem a mesma forma de contorno, possuem diferenças em seus parâmetros acústicos, possivelmente ligados a informações individuais. A utilização de um sistema de gravação com limite superior de 48 kHz possibilitou a análise de muitos assobios. Com isso, foi possível verificar a importância do limite de frequência aplicado para caracterizar o repertório acústico dessa espécie, juntamente com as análises qualitativas das formas de contorno e as análises quantitativas dos parâmetros acústicos dos assobios. A aplicação dessa metodologia foi eficaz na comparação intraespecífica dos assobios, e futuramente, estudos mais detalhados da classificação dos assobios, poderá acrescentar informações relevantes sobre a variação desse tipo de emissão sonora no repertório acústico *S. guianensis*.

Palavras-chave: Assobios. *Sotalia guianensis*. Bioacústica. Comparação intraespecífica.

ABSTRACT

The species *Sotalia guianensis* presents a varied repertoire of whistles that are linked to social interaction and different contexts of behavior. The intraspecific variations in the structures of whistles may indicate differences between populations of this species. This study characterized and compared the repertoire of *Sotalia guianensis* whistles in three bays of Rio de Janeiro: Guanabara Bay (BG), Sepetiba Bay (SB) and Ilha Grande Bay (BI), using a system recording upper limit frequency of 48 kHz and by applying the quantitative and qualitative analysis of acoustic parameters. The recordings of whistles were performed by vessels of 5.5 and 7m and recording system consists of a hydrophone High Tech, model HTI-96-MIN, and a digital recorder Marantz Model PMD 671, with upper limit frequency of 48 kHz. The analysis of the spectrograms were made with Adobe Audition 1.5 and Raven 1.3. The whistles were classified into six categories of shape and contour of 11 acoustic parameters were measured for each whistle. To compare the acoustic parameters of the same form of boundary among the three bays, were applied to descriptive analysis and statistical tests of comparison of average. A total of 1800 whistles was selected and 61.38% (N = 1105) showed whistles outline form up. Whistles with zero or one point of inflection were more common (N = 1476), corresponding to 82%. The frequency range found was between 1.03 to 46.87 kHz, the greater range record for this species in Brazil. The average duration of whistles from BG was lower than the averages found in the BS and BI. The results of all comparisons showed that the parameters of frequency (FI, FF, FMAX and F3/4) were the most significant differences among the three areas. The variation found in the whistles of *S. guianensis* between the three study areas may also be linked to the types of whistles most common in each area, represented by the ascending whistles, that even using the same contour form, have differences in their acoustic parameters, possibly linked to individual information. The use of a recording system with the upper limit of 48 kHz allowed the analysis of many assobios. Com it was possible to verify the importance of the frequency limit used to characterize the acoustic repertoire of this species, together with qualitative analysis of the forms of contour and quantitative analysis of the acoustic parameters of whistles. The application of this methodology was effective in intraspecific comparison of whistles, and in the future, more detailed studies of the classification of whistles, you can add relevant information about the variation of this type of noise in the acoustic repertoire *S. guianensis*.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Foto da espécie *Sotalia guianensis*, na Baía da Ilha Grande, Rio de Janeiro.....20
- Figura 2 - Mapa ilustrando as três baías do Estado do Rio de Janeiro: (A) Baía de Guanabara (22°50'S, 43°10'W), (B) Baía de Sepetiba (22°54'S, 44°10'W) e (C) Baía da Ilha Grande (22°50'S, 44°45').....23
- Figura 3 - Espectrograma representando a forma de contorno de um assobio de *Sotalia guianensis* com a indicação dos seguintes parâmetros acústicos: duração, frequência inicial (FI) e final (FF), frequência mínima (FMIN) e máxima (FMAX), ponto de inclinação e ponto de inflexão (INF).....30
- Figura 4 - Categorias da forma de contorno dos assobios de *Sotalia guianensis*. (A) ascendente, (B) descendente. Eixo X = duração (ms); Eixo Y = Frequência (kHz).....31
- Figura 5. Categorias da forma de contorno dos assobios de *Sotalia guianensis*. (C) ascendente-descendente, (D) descendente-ascendente. Eixo X = duração (ms); Eixo Y = Frequência (kHz).....32
- Figura 6. Categorias da forma de contorno dos assobios de *Sotalia guianensis*. (E) múltiplo, (D) constante. Eixo X = duração (ms); Eixo Y = Frequência (kHz).....33
- Figura 7. Distribuição dos assobios de *Sotalia guianensis* analisados nas três baías do Estado do Rio de Janeiro, Baía de Guanabara (BG), Baía de Sepetiba (BS) e Baía da Ilha Grande (BI), nas seis categorias de forma de contorno: ascendente, ascendente-descendente, descendente-ascendente, múltiplo, constante e descendente.....37
- Figura 8 - Box Plot dos parâmetros acústicos pontos de inflexão, pontos de inclinação, duração e frequência inicial dos assobios (N=1800) de *Sotalia guianensis* da Baía de

Guanabara (BG), Baía de Sepetiba (BS) e Baía da Ilha Grande (BI), Rio de Janeiro (□ média, □ média±1, I média±desvio-padrão). A duração foi medida em milissegundos e a frequência em kHz.....40

Figura 9 - Box Plot dos parâmetros acústicos frequência final, mínima, máxima e modulação de frequência dos assobios (N=1800) de *Sotalia guianensis* da Baía de Guanabara (BG), Baía de Sepetiba (BS) e Baía de Ilha Grande (BI), Rio de Janeiro. (□ media, □ média±1, I média±desvio-padrão).....41

Figura 10 - Box Plot dos parâmetros acústicos frequência a ¼, a ½ e a ¾ da duração dos assobios (N=1800) de *Sotalia guianensis* da Baía de Guanabara (BG), Baía de Sepetiba (BS) e Baía de Ilha Grande (BI), Rio de Janeiro. (□ media, □ média±1, I média±desvio-padrão).....42

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Total de assobios (N=1800), tamanho de grupo, números de dias e tempo de gravação dos assobios de *Sotalia guianensis* em cada uma das três baías (Baía de Guanabara, Baía de Sepetiba e Baía da Ilha Grande), Rio de Janeiro.....35
- Tabela 2 - Distribuição dos assobios de *Sotalia guianensis* (N=1800) nas três baías costeiras do Rio de Janeiro (Baía de Guanabara, Baía de Sepetiba e Baía da Ilha Grande), em seis categorias de forma de contorno (ascendente, descendente, descendente-ascendente, ascendente-descendente, constante e múltiplo). ($X^2=73,07$; gl=10; $P<0,01$).....36
- Tabela 3 - Estatística descritiva dos 11 parâmetros acústicos dos assobios (N=1800) de *Sotalia guianensis* das Baías de Guanabara, Sepetiba e Ilha Grande, Rio de Janeiro. Os valores discriminados são média±desvio-padrão, mediana, valores mínimo e máximo, respectivamente. Os parâmetros de frequência foram medidos em kHz e a duração dos assobios em milissegundos.....38
- Tabela 4 - Comparação dos 11 parâmetros acústicos dos assobios (N=1800) de *Sotalia guianensis* entre as localidades com a aplicação do teste a posteriori (teste de Tukey, $df=1797$, $P<0,05$). Baía de Guanabara versus Baía de Sepetiba, Baía de Guanabara versus Baía de Ilha Grande e Baía de Sepetiba versus Baía de Ilha Grande. (S= existe diferença significativa; N= não existe diferença significativa).....43
- Tabela 5. Intensidade sonora (dB) e frequência correspondente (Hz), do ruído do ambiente em cada área de estudo (Baía de Guanabara (BG), Baía de Sepetiba (BS) e Baía da Ilha Grande (BI)), com média ± desvio-padrão, valor máximo e mínimo.....44
- Tabela 6 - Estatística descritiva dos 10 parâmetros acústicos dos assobios ascendentes (N=900) de *Sotalia guianensis* das Baías de Guanabara, Sepetiba e Ilha Grande, Rio de Janeiro. Os valores discriminados são média±desvio-padrão, mediana, valores mínimo e máximo, respectivamente. Os parâmetros de frequência foram medidos em kHz e a duração dos assobios em milissegundos.....45

Tabela 7 - Comparação dos 10 parâmetros acústicos dos assobios ascendentes (N=900) de *Sotalia guianensis* entre as localidades com a aplicação do teste a *posteriori* (teste de *Tukey*, $df=897$, $P<0,05$). Baía de Guanabara versus Baía de Sepetiba, Baía de Guanabara versus Baía de Ilha Grande e Baía de Sepetiba versus Baía de Ilha Grande. (S= existe diferença significativa; N= não existe diferença significativa).....46

Tabela 8 - Estatística descritiva dos 10 parâmetros acústicos dos assobios descendente-ascendentes (N=180) de *Sotalia guianensis* das Baías de Guanabara, Sepetiba e Ilha Grande, Rio de Janeiro. Os valores discriminados são média±desvio-padrão, mediana, valores mínimo e máximo, respectivamente. Os parâmetros de frequência foram medidos em kHz e a duração dos assobios em milissegundos.....48

Tabela 9 - Comparação dos 10 parâmetros acústicos dos assobios descendente-ascendentes (N=180) de *Sotalia guianensis* entre as localidades com a aplicação do teste a *posteriori* (teste de *Tukey*, $df=177$, $P<0,05$). Baía de Guanabara (BG) versus Baía de Sepetiba (BS), Baía de Guanabara (BG) versus Baía da Ilha Grande (BI) e Baía de Sepetiba (BS) versus Baía da Ilha Grande (BI). (S= existe diferença significativa; N= não existe diferença significativa).....49

Tabela 10 - Estatística descritiva dos 11 parâmetros acústicos dos assobios múltiplos (N=150) de *Sotalia guianensis* das Baías de Guanabara, Sepetiba e Ilha Grande, Rio de Janeiro. Os valores discriminados são média±desvio-padrão, mediana, valores mínimo e máximo, respectivamente. Os parâmetros de frequência foram medidos em kHz e a duração dos assobios em milissegundos.....50

Tabela 11 - Comparação dos 11 parâmetros acústicos dos assobios múltiplos (N=150) de *Sotalia guianensis* entre as localidades com a aplicação do teste a *posteriori* (teste de *Tukey*, $df=147$, $P<0,05$). Baía de Guanabara versus Baía de Sepetiba, Baía de Guanabara versus Baía da Ilha Grande e Baía de Sepetiba versus Baía da Ilha Grande. (S= existe diferença significativa; N= não existe diferença significativa).....51

Tabela 12 - Estatística descritiva dos 10 parâmetros acústicos dos assobios ascendente-descendentes (N=30) de *Sotalia guianensis* das Baías de Guanabara, Sepetiba e Ilha Grande, Rio de Janeiro. Os valores discriminados são média±desvio-padrão, mediana, valores mínimo e máximo, respectivamente. Os parâmetros de frequência foram medidos em kHz e a duração dos assobios em milissegundos.....53

LISTA DE ABREVIATURAS

BG	Baía de Guanabara
BS	Baía de Sepetiba
BI	Baía da Ilha Grande
FI	Frequência Inicial
FF	Frequência Final
FMIN	Frequência Mínima
FMAX	Frequência Máxima
F1/4	Frequência a 1/4
F1/2	Frequência a 1/2
F3/4	Frequência a $\frac{3}{4}$
dB	Decibel

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	17
1 ESPÉCIE ESTUDADA	19
1.1 Assobios de <i>Sotalia guianensis</i>	21
2 HIPÓTESE	22
3 OBJETIVO	22
4 MATERIAL E MÉTODOS	23
4.1 Áreas de Estudo	23
4.1.1 <u>Baía de Guanabara</u>	24
4.1.2 <u>Baía de Sepetiba</u>	25
4.1.3 <u>Baía da Ilha Grande</u>	27
4.2 Gravação dos Assobios	29
4.3 Análises dos Assobios	29

4.4 Análises Estatísticas.....	34
5 RESULTADOS.....	35
5.1 Caracterização geral dos assobios.....	35
5.2 Comparação dos assobios de <i>Sotalia guianensis</i>.....	39
5.2.1 Comparação dos assobios ascendentes.....	44
5.2.2 Comparação dos assobios descendente-ascendentes.....	47
5.2.3 Comparação dos assobios múltiplos.....	49
5.2.4 Comparação dos assobios ascendente-descendentes.....	52
6. DISCUSSÃO.....	54
6.1 Comparação Intraespecífica dos assobios.....	57
7. CONCLUSÕES.....	61
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62

INTRODUÇÃO

Muitas espécies de odontocetos, principalmente da família Delphinidae, apresentam um variado repertório de emissões sonoras, que são produzidas em diferentes contextos comportamentais e são importantes nas interações entre indivíduos (RICHARDSON *et al.*, 1998). Muitos desses sinais sonoros são utilizados na manutenção e coesão de grupos (TYACK, 2000).

Duas categorias são conhecidas, atualmente, para as emissões sonoras dos delfínídeos: os sons pulsantes e os assobios. Os sons pulsantes são emissões de curta duração e de banda larga, com frequências entre 60 a 120 kHz que são utilizados para comunicação e em interações sociais, sendo conhecidos como grunhidos e estalidos. Nessa categoria, também se enquadram os cliques de ecolocalização, utilizados durante o forrageio e alimentação (RICHARDSON *et al.*, 1998; TYACK, 1999).

Os assobios são sons contínuos, com frequência modulada e banda estreita, que frequentemente apresentam harmônicos que são frequências múltiplas à frequência fundamental. Tipicamente, a frequência dos assobios está entre cinco e 20 kHz (MAY-COLLADO *et al.*, 2007). Em geral, os assobios são emitidos durante diferentes comportamentos, sendo também utilizados para reconhecimento individual e coesão de grupos (TYACK, 2000; RICHARDSON *et al.*, 1998).

Segundo Norris *et al.* (1994), em um estudo das emissões sonoras de *Stenella longirostris* (Gray, 1828), os assobios foram importantes na interação e organização dos grupos. O contexto em que os assobios são emitidos pode variar em função da formação do grupo (NORRIS *et al.*, 1994). Estudos com o golfinho nariz-de-garrafa (*Tursiops truncatus* Montagu, 1821) em cativeiro, sugeriram a existência de um tipo de assobio específico, relacionado às características individuais, denominado assobio assinatura, emitido principalmente durante isolamento do indivíduo (CALDWELL; CALDWELL, 1965; CALDWELL *et al.*, 1990). Janik e Slater (1998) observaram que assobios assinatura podem ser emitidos em vários contextos comportamentais e são mais frequentes quando o indivíduo está isolado do grupo. Um estudo da possível ocorrência de assobios assinatura para *Sotalia guianensis* (Van Bénédén, 1864) foi realizado por Figueiredo e Simão (2009) na Baía de Sepetiba. Os autores verificaram a existência de repetições de assobios idênticos, a maioria ascendente, no repertório dessa espécie, e identificaram 27 tipos de assobios que,

possivelmente, podem representar indícios de assobios assinatura no repertório acústico do boto-cinza.

Além da classificação qualitativa dos assobios (relacionada à variação de seu contorno), as medidas de duração e de frequência nos espectrogramas têm sido utilizadas para classificar os assobios de várias espécies de delfínídeos em diversos estudos (STEINER, 1981; WANG *et al.*, 1995a,b; RENDELL *et al.*, 1999; BAZÚA-DURÁN; AU, 2004; OSWALD *et al.*, 2004). Essas análises permitem ainda, a realização de comparações de assobios de diferentes grupos e populações de uma espécie, que podem revelar alguns aspectos sobre a ecologia de cada população e suas características distintas, podendo também, discriminar populações de algumas espécies que necessitem de ações para manejo e conservação (WANG, 1993). Adicionalmente, as comparações dos parâmetros dos assobios de uma mesma espécie, em diferentes condições ambientais, podem levar a informações de como o hábitat pode influenciar na caracterização desse tipo de emissão sonora (WANG *et al.*, 1995b).

O boto-cinza, *Sotalia guianensis*, apresenta um repertório de assobios variado, e esse tipo de emissão sonora vem sendo alvo de alguns estudos (MONTEIRO-FILHO, 1991; MONTEIRO-FILHO; MONTEIRO, 2001; AZEVEDO; SIMÃO, 2002; ERBER; SIMÃO, 2004; AZEVEDO; VAN SLUYS, 2005; ROSSI-SANTOS; PODOS, 2006; MAY-COLLADO; WARTZOK, 2009). A variabilidade intraespecífica dos assobios desta espécie foi abordada por alguns autores para populações no litoral do Brasil, e estes não encontraram diferenças significativas nos parâmetros acústicos dos assobios de ‘populações’ de áreas adjacentes (AZEVEDO; VAN SLUYS, 2005; ROSSI-SANTOS; PODOS, 2006). Esses estudos utilizaram um limite de frequência superior de 24 kHz, e relataram a presença de assobios que ultrapassaram esse limite, o que desperta o interesse na aplicação de um sistema de gravação com uma maior amplitude de frequência para as análises dos assobios do boto-cinza. Somente os assobios que não ultrapassaram esse limite foram incluídos nas análises e na comparação entre populações (AZEVEDO; VAN SLUYS, 2005; ROSSI-SANTOS; PODOS, 2006). A aplicação de um sistema de gravação com um maior limite de frequência é relevante para a análise dos assobios de *S. guianensis*, visto a presença de assobios que ultrapassam o limite superior de frequência utilizado até o presente em estudo com essa espécie no Brasil. Nesse contexto, estudar as propriedades e variações que caracterizam a estrutura dos assobios de diferentes grupos e populações do boto-cinza é importante para o conhecimento de aspectos ecológicos dessa espécie.

1. Espécie estudada

Atualmente, o gênero *Sotalia* (Cetacea: Delphinidae) abrange duas espécies *Sotalia fluviatilis* (Gervais, 1853) conhecida como tucuxi e *Sotalia guianensis* (Van Bénédén, 1864) conhecida como boto-cinza (FLORES; DA SILVA, 2009).

O boto-cinza apresenta uma distribuição costeira e contínua, no Oceano Atlântico, com limite sul até Santa Catarina (27°35'S, 48°35'W) e limite norte até Nicarágua (14°35'N, 83°14'W), com possíveis registros em Honduras (15°58'N, 79°54'W) (DA SILVA; BEST, 1996; FLORES; DA SILVA, 2009). Um dos fatores limitantes da distribuição do boto-cinza parece ser a baixa temperatura das águas superficiais da corrente das Malvinas, na região sul do Brasil (FLORES; DA SILVA, 2009).

O boto-cinza é uma espécie gregária e vive em grupos que podem variar de tamanho. Grupos com 50 a 60 indivíduos são comuns, embora, em média formam grupos de dois a 13 indivíduos (DI BENEDITO; RAMOS, 2004; AZEVEDO *et al.*, 2005; SANTOS; ROSSO, 2007; FLORES; DA SILVA, 2009). Grandes agregações com até 450 indivíduos e grupos formados por 90 indivíduos, geralmente engajados em atividades de forrageio e alimentação, foram registrados na Baía de Sepetiba (DIAS *et al.*, 2009). Grupos formados por indivíduos adultos, juvenis e filhotes são comuns para essa espécie (AZEVEDO *et al.*, 2005; DIAS *et al.*, 2009). A espécie não apresenta dimorfismo sexual aparente e possui uma coloração cinza-escuro na região dorsal, variando de cinza-claro a rosado na região lateral e ventral, respectivamente (DA SILVA; BEST, 1996; FLORES; DA SILVA, 2009).

A nadadeira dorsal possui forma triangular, é baixa e ligeiramente inclinada (CARVALHO, 1963; DA SILVA; BEST, 1996; FLORES; DA SILVA, 2009) (Figura 1). A idade máxima já registrada para essa espécie foi de 30 anos (ROSAS *et al.*, 2003; Ramos, 2001).

A dieta alimentar do boto-cinza compreende principalmente espécies de peixes neríticos, da família Clupeidae e Sciaenidae, cefalópodes da família Loliginidae, e ocasionalmente algumas espécies de camarão (DI BENEDITO; RAMOS, 2004; FLORES; DA SILVA, 2009). Os predadores potenciais de *S. guianensis* são algumas espécies de tubarão e a espécie *Orcinus orca* (FLORES; DA SILVA, 2009).



Figura 1. Exemplos da espécie *Sotalia guianensis*, na Baía da Ilha Grande, Rio de Janeiro. (Foto: Luciana G. de Andrade).

A espécie está incluída na categoria “insuficientemente conhecida” pela IUCN (*Internacional Union for Nature Conservation*), apesar do aumento de estudos incluindo a ecologia, ecotoxicologia e genética de *S. guianensis* (REEVES *et al.*, 2003). O Plano de Ação para Mamíferos Aquáticos do Brasil classifica essa espécie na categoria “dados deficientes” (IBAMA, 2001).

Dentre as principais ameaças sofridas por essa espécie, estão: a captura acidental em redes de espera; destruição do hábitat causada pela ação antrópica; poluição oriunda de atividades industriais com a liberação de contaminantes e das atividades agrícolas, com utilização de pesticidas que, carregados pelo aporte continental, atingem os estuários e as baías costeiras (DA SILVA; BEST, 1996; DI BENEDITTO *et al.*, 2001; DORNELES *et al.*, 2008; LAILSON-BRITO, 2000; LAILSON-BRITO, 2007).

1.1 Assobios de *Sotalia guianensis*

Os estudos das emissões sonoras do boto-cinza iniciaram-se na década de 90, com a caracterização geral do repertório acústico dessa espécie em Cananéia, São Paulo (MONTEIRO-FILHO, 1991). Alguns estudos caracterizaram os assobios dessa espécie através das análises qualitativas e quantitativas dos parâmetros acústicos (MONTEIRO-FILHO; MONTEIRO, 2001; AZEVEDO, 2000; AZEVEDO; SIMÃO, 2002; ERBER; SIMÃO, 2004; AZEVEDO; VAN SLUYS, 2005; PIVARI; ROSSO, 2005; ROSSI-SANTOS; PODOS, 2006; MAY-COLLADO; WARTZOK, 2009; FIGUEIREDO; SIMÃO, 2009). Esses estudos verificaram uma predominância de assobios com zero e um ponto de inflexão e com forma de contorno ascendente.

Monteiro-Filho e Monteiro (2001) registraram assobios do boto-cinza, em Cananéia, São Paulo, com variação de frequência de 2,5 a 6 kHz e duração média de 210 ms. Pivari e Rosso (2005) registraram assobios com amplitude de frequência até 18 kHz e duração com até 627 ms, no mesmo local. Um estudo mais recente dos assobios dessa espécie no litoral do Brasil documentou uma amplitude de frequência entre 1,34 - 23,89 kHz e verificou diferenças nos parâmetros acústicos dos assobios em relação às áreas de distribuição da espécie (AZEVEDO; VAN SLUYS, 2005). Rossi-Santos e Podos (2006) analisaram o repertório dos assobios em diferentes localidades do litoral do Brasil e também verificaram a existência de variações intraespecíficas na estrutura dos assobios, principalmente em áreas mais distantes. Estudos das variações intraespecíficas dos assobios de *S. guianensis*, no litoral do Brasil, demonstraram uma dificuldade em discriminar populações de áreas próximas, principalmente devido à similaridade encontrada nos parâmetros acústicos e pela metodologia empregada (AZEVEDO; VAN SLUYS, 2005; ROSSI-SANTOS; PODOS, 2006). Os estudos realizados no Brasil com essa espécie até o presente utilizaram um limite superior de frequência de no máximo 24 kHz, no entanto, foi observada por Azevedo e Van Sluys (2005), a existência de assobios que ultrapassaram esse limite, não podendo dessa maneira, serem incluídos nas análises. O estudo realizado por May-Collado e Wartzok (2009), na Costa Rica com essa espécie, através da utilização de um sistema de gravação de banda-larga, demonstrou uma grande amplitude de frequência dos assobios analisados (de 1,38 a 48,40 kHz). Sendo assim, a aplicação de um sistema de gravação, com um maior limite de frequência, juntamente com as análises qualitativas e quantitativas, são relevantes para caracterização do repertório dos assobios de *S. guianensis*, e para determinação das variações intraespecíficas em diferentes áreas de ocorrência dessa espécie no litoral do Brasil.

2. HIPÓTESE

Existem diferenças entre os parâmetros acústicos dos assobios do boto-cinza, *Sotalia guianensis*, em três áreas de ocorrência no Estado do Rio de Janeiro (Baía de Guanabara, Baía de Sepetiba e Baía da Ilha Grande).

3. OBJETIVO

Comparar os assobios da espécie *Sotalia guianensis*, entre três baías costeiras do estado do Rio de Janeiro (Baía de Guanabara, Baía de Sepetiba e Baía da Ilha Grande).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Áreas de Estudo

As gravações das emissões sonoras de *S. guianensis* foram realizadas em três baías costeiras do Estado do Rio de Janeiro: Baía de Guanabara (22°50'S, 43°10'W) Baía de Sepetiba (22°54'S, 44°10'W) e Baía de Ilha Grande (22°50'S, 44°45') (Figura 2).

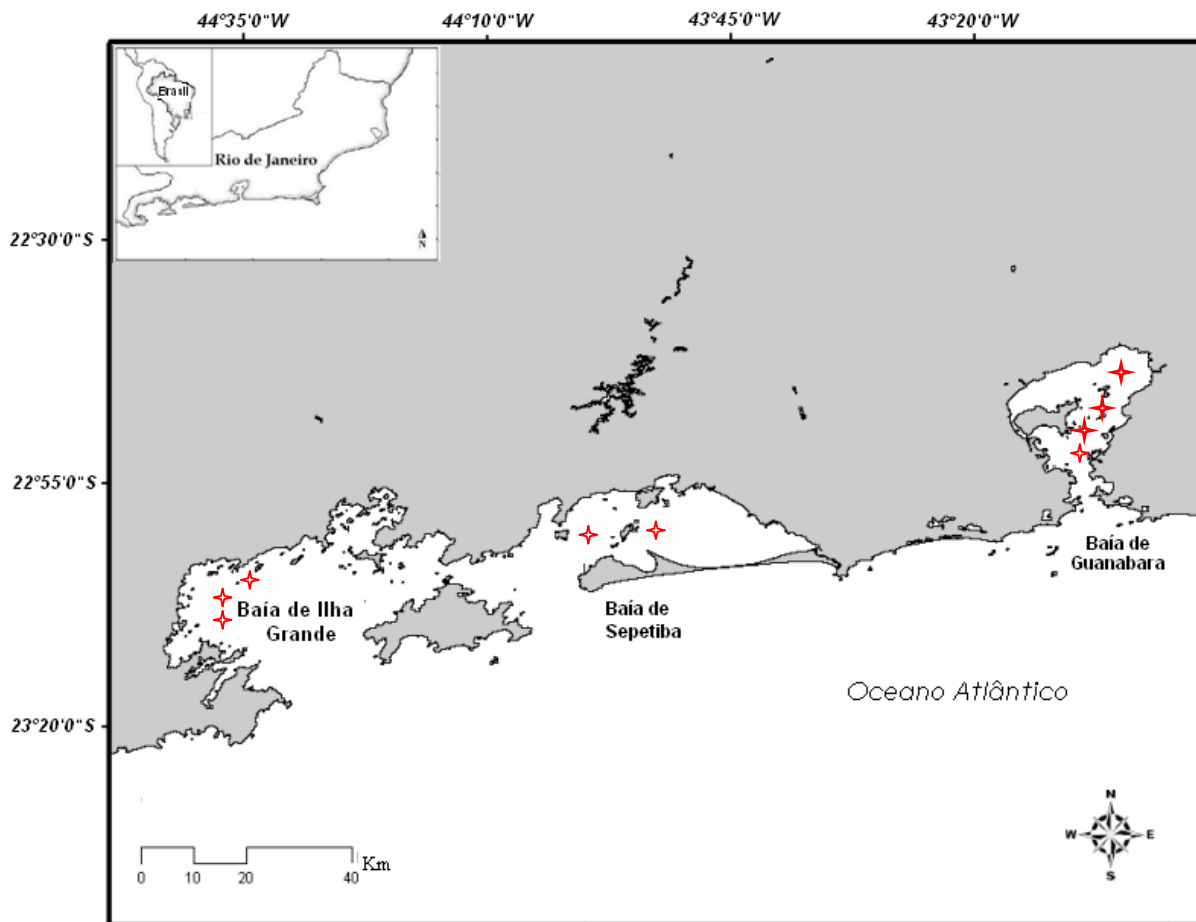


Figura 2 – Mapa ilustrando as três baías do Estado do Rio de Janeiro: (A) Baía de Guanabara (22°50'S, 43°10'W), (B) Baía de Sepetiba (22°54'S, 44°10'W) e (C) Baía da Ilha Grande (22°50'S, 44°45'). (+) Localização das avistagens dos grupos de *Sotalia guianensis* nas três baías.

4.1.1 Baía de Guanabara

A Baía de Guanabara (BG) está localizada na costa do Estado do Rio de Janeiro, possui cerca de 381 km² de superfície, apresentando 28 km de comprimento no sentido Norte-Sul e 27 km de largura máxima, sentido leste-oeste. A profundidade alcança o máximo de 50 metros nas proximidades da entrada, o canal principal mede aproximadamente 20 km de extensão, com profundidade média entre 15 e 20 metros e largura de 3 km (SEMADS, 2001). A temperatura oscila entre valores menores que 21,5°C na entrada da baía onde a influência oceânica é direta a valores acima de 26,1°C na área do fundo da baía, sob influência fluvial mais intensa e onde se apresentam as menores profundidades (AMADOR, 1997). A salinidade das águas superficiais da baía oscila entre 29 e 34 e a área externa entre 33 e 34 e na região de fundo da baía, valores inferiores a 29.

A BG apresenta grande variedade de ecossistemas periféricos como manguezais, lagunas, brejos, pântanos, costões rochosos, praias arenosas e rios (AMADOR, 1997; SEMADS, 2001). Porém, em decorrência de um acelerado e desordenado processo de urbanização, a região é um dos ecossistemas mais degradados da costa brasileira (FEEMA, 1990; JICA, 1994; KJERFVE *et al.*, 1997). A BG abriga dois portos comerciais, 13 estaleiros, dezenas de clubes náuticos e duas refinarias de petróleo que são responsáveis pelo processamento de 17% da produção nacional de óleo (KJERFVE *et al.*, 1997; SEMADS, 2001). Ao redor da baía residem cerca de 10,2 milhões de habitantes distribuídos entre 16 municípios e a região hidrográfica abriga 25 bacias e sub-bacias com 4.081 km², cujos cursos d'água principais transportam a maior parte da poluição gerada no continente para a baía. As principais fontes de poluição são: efluentes industriais, esgoto doméstico, metais pesados e lixo sólido proveniente de descarte e vazadouros (SEMADS, 2001).

Além da poluição, os aterros e desmatamentos na orla são responsáveis pela deterioração do ecossistema. Os manguezais que circundam a baía têm sido aterrados ou descaracterizados e, com isso, são perdidas áreas importantes para a manutenção das comunidades animais (JICA, 1994). O ambiente ainda sofre com o assoreamento causado pelo depósito de sedimentos fluviais (AMADOR, 1997). As regiões oeste e noroeste da BG são as mais degradadas. Estas áreas geram cerca de 78% da carga orgânica total de origem doméstica e 70% da contribuição orgânica proveniente das indústrias (SEMADS, 2001).

Os primeiros estudos com a espécie *S. guianensis* na BG foram realizados na década de 80, com dados de distribuição, comportamento e estimativa populacional (BOROBIA,

1984; GEISE, 1989). O boto-cinza na BG apresenta tamanho de grupo de um a 40 indivíduos e o maior número avistado em um dia foi de 50 botos, segundo Azevedo *et al.* (2005). O mesmo autor verificou que os grupos do boto-cinza foram formados por adultos, juvenis e filhotes e estes foram observados ao longo do ano. Grupos compostos por 2 a 10 botos foram mais frequentes, correspondendo a 53,9% das observações (AZEVEDO *et al.*, 2005). As atividades diurnas do boto-cinza na baía estão relacionadas, principalmente, com alimentação e forrageio (AZEVEDO *et al.*, 2007).

Azevedo *et al.* (2007) observaram que 69,8% dos grupos do boto-cinza na BG foram avistados em profundidades entre 5 a 15 m e ocupam uma área de 136,9 km².

A Baía de Guanabara é a área mais degradada da distribuição de *S. guianensis* e, conseqüentemente, há uma diminuição dos recursos alimentares e ambientais disponíveis, o que pode afetar diretamente o número de indivíduos dessa espécie no local (AZEVEDO *et al.*, 2005; AZEVEDO *et al.*, 2007).

4.1.2 Baía de Sepetiba

A Baía de Sepetiba (BS) é definida como um corpo de água semi-fechado apresentando cerca de 520 km² de corpo d'água e possui uma extensão de 40 km de leste a oeste e 20 km de norte a sul, com um litoral em torno de 130 km de extensão. Limita-se ao sul com a Restinga da Marambaia, a sudeste com a Ilha Grande e a norte e leste com o continente (SEMADS, 2001; CUNHA *et al.*, 2006). A BS é parcialmente separada do Oceano Atlântico por uma barreira natural formada pela restinga da Marambaia. A principal conexão com o oceano está entre a Ilha de Marambaia e a Ilha Grande (CUNHA *et al.*, 2006).

A profundidade pode chegar a 20m no canal principal para navegação e entre 2 a 12m nas outras regiões. A temperatura média é de 25°C e a média de concentração de oxigênio dissolvido é de 8,0mg/L. A salinidade média pode chegar a 32, com variações principalmente na região de estuário por influência das águas dos rios (CUNHA *et al.*, 2006).

A baía possui 95 praias continentais e insulares, manguezais, costões rochosos, 49 ilhas e ilhotas, lajes e uma rica biodiversidade (INEA, 2009). A BS apresenta áreas de manguezais, com 40 km², sendo uma importante região para desenvolvimento de muitas espécies de peixes, crustáceos, moluscos, aves. Essas áreas enfrentam problemas com a poluição proveniente das atividades industriais (NETO *et al.*, 2006). A área urbana ocupa

9,2% do total da região hidrográfica e cerca de 19,7% representam o território das unidades de conservação ambiental.

A região da BS é formada pela bacia hidrográfica e pelo ecossistema marinho. A bacia hidrográfica compreende cerca de 2.711 km², incluindo-se neste valor a área da restinga da Marambaia e das ilhas no interior da baía. Os principais rios da bacia são o Guandú, da Guarda, Canal Guandú, Mazomba, Piraquê, Piracão, Portinho, Ingaíba, São Bráz, do Saco e Saí, com destaque para o rio Guandú (INEA, 2009). A região contribuinte da bacia hidrográfica é composta por 12 municípios, e a população residente nos municípios ao redor da baía foi estimada em 1,3 milhão de habitantes, que responde por uma produção de esgoto sem tratamento de 286.900 m³/dia. Os esgotos lançados nos rios e canais chegam à Baía de Sepetiba e acumulam-se ao longo das praias da porção leste. A baía recebe toneladas de esgoto doméstico e despejos industriais que chegam através do Canal de São Francisco, do Canal Guandu e diversos outros canais (COPELAND, *et al.*, 2003; INEA, 2009).

Dentre os principais problemas da Baía de Sepetiba estão: a contaminação de sedimentos e organismos por metais pesados; alterações nos processos de erosão e alta taxa de sedimentação; poluição por óleo; perda de balneabilidade; poluição orgânica das águas; práticas turísticas desorganizadas; falta de normatização da pesca; decaimento da pesca artesanal; ocupação desordenada da costa; perda de biomassa de organismos pelágicos e bentônicos; redução de manguezais; decaimento da produção biológica e depreciação da paisagem (INEA, 2009). A porção oeste da BS enfrenta alguns problemas ambientais como a redução da qualidade da água pelos despejos domésticos e resíduos sólidos (COPELAND, *et al.*, 2003).

Dentre as atividades na baía destacam-se a recreação e lazer; a pesca profissional e artesanal; a catação de mexilhões, mariscos e caranguejos; a aquicultura; a navegação e a infraestrutura portuária, além de ser um espaço de treinamento militar. Adicionalmente, é um hábitat importantíssimo para muitas espécies de animais e plantas marinhas e um criadouro de peixes e camarões (SEMADS, 2001).

O boto-cinza está presente na BS formando grupos com até 90 indivíduos e agregações com cerca de 450 indivíduos (DIAS *et al.*, 2009). Os grupos foram definidos como indivíduos observados em aparente associação, apresentando o mesmo comportamento, geralmente em forrageio ou alimentação, e na mesma direção dentro do campo visual do observador. As agregações são formadas por vários grupos reunidos em uma área e usualmente demonstrando o mesmo comportamento, mas não necessariamente apresentando movimentos em uma mesma direção (FLACH *et al.*, 2008a).

Os grupos e agregações são formados por indivíduos adultos, juvenis e filhotes, apresentando diferentes comportamentos, dentre eles: alimentação, deslocamento, socialização e descanso (FLACH *et al.*, 2008b; DIAS *et al.*, 2009). Dias *et al.*, (2009) registraram que 69% das avistagens foram formadas por grupos de 2 a 20 indivíduos. Em 63% das avistagens, as agregações foram formadas por cerca de 200 indivíduos. Os grupos e as agregações do boto-cinza na Baía de Sepetiba possuem uma distribuição espacial em duas principais regiões: a entrada e o interior da baía respectivamente. Essa distribuição pode estar relacionada à abundância de presas (espécies de peixes demersais) no interior da baía (FLACH *et al.*, 2008a; ARAÚJO *et al.*, 2002). Pessanha e Araújo (2003) verificaram que a riqueza de espécies de peixes no interior da baía é mais baixa do que na entrada, porém a abundância de algumas espécies (*Sardinella brasiliensis*, Clupeidae), é maior no interior da baía. A sardinha é uma das espécies constituintes da dieta do boto-cinza.

Flach *et al.* (2008a) verificaram uma maior ocorrência dos botos na entrada da Baía de Sepetiba, onde a profundidade, salinidade e transparência da água são maiores do que no interior da baía, onde há maior influência das águas continentais.

4.1.3 Baía da Ilha Grande

A Baía da Ilha Grande (BI) localiza-se no litoral Sul do Estado do Rio de Janeiro, apresenta uma bacia hidrográfica de 1.740 km², possuindo uma rica biodiversidade devido à proximidade da Serra do Mar e por abrigar a maior área remanescente de Mata Atlântica e vegetação de restinga do Rio de Janeiro. Maiores profundidades estão entre 30 a 40 metros, entre a Ponta da Juatinga e a Ponta dos Meros (SEMADS, 2001). A temperatura da água da superfície varia entre 24°C a 28°C e a salinidade varia entre de 27 a 37 na superfície e 32-38 no fundo (CREED *et al.*, 2007).

A entrada das Águas Centrais do Atlântico Sul (ACAS) no verão, enriquecidas de nutrientes, influencia na riqueza, diversidade e abundância dos organismos (BRANDINI *et al.*, 1997; SOARES-GOMES; PIRES-VANIN, 2003). Essa baía abrange 11 Unidades de Conservação federal e estadual, 106 praias e duas lagunas (CREED *et al.*, 2007). Em razão do tamanho da sua área atualmente existem poucos estudos da biota dessa baía (CREED *et al.*, 2007).

A baía reúne dois municípios, Angra dos Reis e Paraty, com o total de perímetro de linha d'água de 350 km. Nessa região encontram-se 90 ilhas continentais, sendo a maior, a Ilha Grande.

Os manguezais ocorrem nas desembocaduras dos cursos d'água, principalmente na Baía da Ribeira, mas atividades humanas vêm afetando essas áreas. Até 1993, cerca de 20 km² foram degradados com reflexos diretos na produção pesqueira da região (SEMADS, 2001).

Ao longo da costa da baía existe uma série de empreendimentos imobiliários com ocupação das encostas, das margens dos rios e aterros nos manguezais, causando desmatamentos e poluição das águas costeiras (CREED *et al.*, 2007). A indústria também está presente nessa região, com um porto comercial, um terminal de petróleo, um terminal de minério, duas usinas nucleares e um estaleiro (COSTA, 1998).

Nas áreas do litoral e regiões de fundeio observa-se também a presença de lixo sólido. Com essas modificações do hábitat, a diversidade de espécies pode sofrer graves alterações.

A destruição gradativa dos ecossistemas da baía e a sobre-exploração têm causado um declínio na produção pesqueira (BIZERRIL; COSTA, 2001). Algumas artes de pesca consideradas predatórias são praticadas na baía como o arrasto de porta e pesca subaquática (CREED *et al.*, 2007).

Grupos de boto-cinza são encontrados na Baía da Ilha Grande principalmente nas áreas próximas a Paraty, e são compostos por indivíduos adultos, juvenis e filhotes (LODI; HETZEL, 1998; LODI, 2003). O tamanho de grupo encontrado variou de um a 100 indivíduos e foi encontrada uma alta incidência de filhotes (88,9%) e juvenis (87%), observada durante as avistagens (LODI, 2003). Adicionalmente, foi documentada a formação de agregações nessa área, apresentando os comportamentos de alimentação e forrageio. A presença de *S. guianensis* na BI, provavelmente, está relacionada às características físicas e oceanográficas do hábitat que influenciam na disponibilidade e distribuição dos recursos tróficos (LODI, 2003).

4.2 Gravação dos Assobios

As gravações dos assobios de *Sotalia guianensis*, nas três áreas de estudo, foram realizadas entre os meses de julho de 2008 e julho de 2009, no período das oito horas da manhã às 15 horas, com a utilização de embarcações de 5,5 e 7m de comprimento, com propulsão a motor e em similares condições de mar (Escala *Beaufort* ≤ 2). As gravações foram realizadas com o motor da embarcação desligado e monitoradas com fones de ouvido.

A embarcação foi posicionada a aproximadamente 30 metros em relação aos grupos de golfinhos para evitar possível interferência nos comportamentos apresentados. O sistema de gravação foi composto por um hidrofone *High Tech*, modelo *HTI-96-MIN*, com resposta de frequência de 5 Hz a 30 kHz ($\pm 1,0$ dB, -165 dB re: 1V/ μ Pa), que foi posicionado a 1m de profundidade e um gravador digital modelo *PMD 671 Marantz*, com limite superior de frequência de 48 kHz. Para cada grupo, o tempo máximo de gravação foi de 10 minutos. Paralelamente à realização das gravações, foram registrados os comportamentos, a hora inicial e a hora final, o tamanho de grupo de *S. guianensis* e a presença de embarcações.

4.3 Análises dos Assobios

Os assobios analisados foram selecionados aleatoriamente seguindo algumas premissas: ausência de sobreposição dos assobios; ausências de falhas ou cortes no contorno; assobios sem interferência do ruído de fundo; assobios que não ultrapassem o limite superior de frequência de 48kHz. Para evitar a sobreamostragem dos dados, ou seja, a seleção de assobios repetidos e possivelmente assobios individuais, foram tomadas algumas medidas: os assobios analisados pertenceram a diferentes dias de gravação em cada área de estudo; em campo, as gravações foram realizadas no tempo máximo de 10 minutos com diferentes grupos e comportamentos; não foram selecionados assobios do mesmo tipo (visualmente com a mesma forma de contorno), mais de uma vez no mesmo arquivo e o número de assobios selecionados em cada gravação foi até duas vezes o tamanho de grupo correspondente.

Cada arquivo foi analisado através de espectrogramas dos softwares *Adobe Audition 1.5* e *Raven 1.1*, com limite superior de 48 kHz (24bits, mono, *Hanning*, 512 pontos).

Para as análises de caracterização e comparação dos assobios foram aplicados dois métodos: (I) análise quantitativa com a extração de medidas de frequência e duração para cada assobio; (II) análise qualitativa com a classificação dos assobios em seis categorias de forma de contorno. A escolha desses métodos de análise baseou-se nas suas aplicações em

outros trabalhos com a espécie e com outros odontocetos (BAZUÁ-DURÁN, 2004; OSWALD *et al.*, 2004; AZEVEDO; VAN SLUYS, 2005; ANSMAN *et al.*, 2007; MAY-COLLADO; WARTZOK, 2009).

Na análise quantitativa, foram medidos 11 parâmetros acústicos de cada assobio: frequência inicial (FI); frequência final (FF); frequência máxima (FMAX); frequência mínima (FMIN); duração; modulação da frequência (diferença entre frequência máxima e frequência mínima); número de pontos de inflexão; números de pontos de inclinação (salto repentino na frequência durante um curto período de tempo, sem alterar a forma de contorno); frequência a 1/4 da duração (F1/4); 1/2 da duração (F1/2) e frequência a 3/4 da duração (F3/4). Alguns parâmetros acústicos estão indicados na Figura 3. As variáveis de frequência e duração foram, respectivamente, medidas em kHz e milissegundos. A presença ou ausência de harmônicos foi registrada para cada assobio.

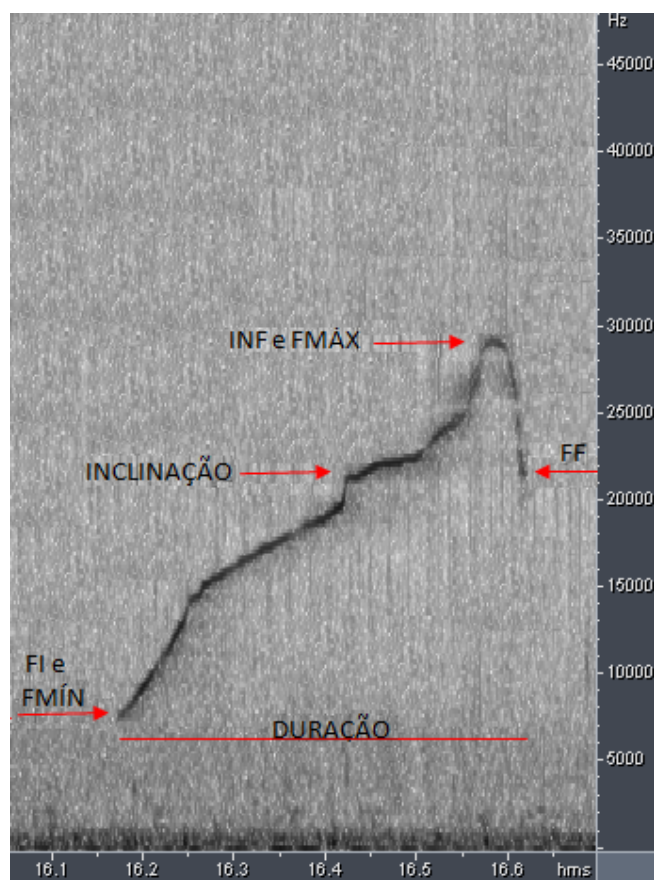
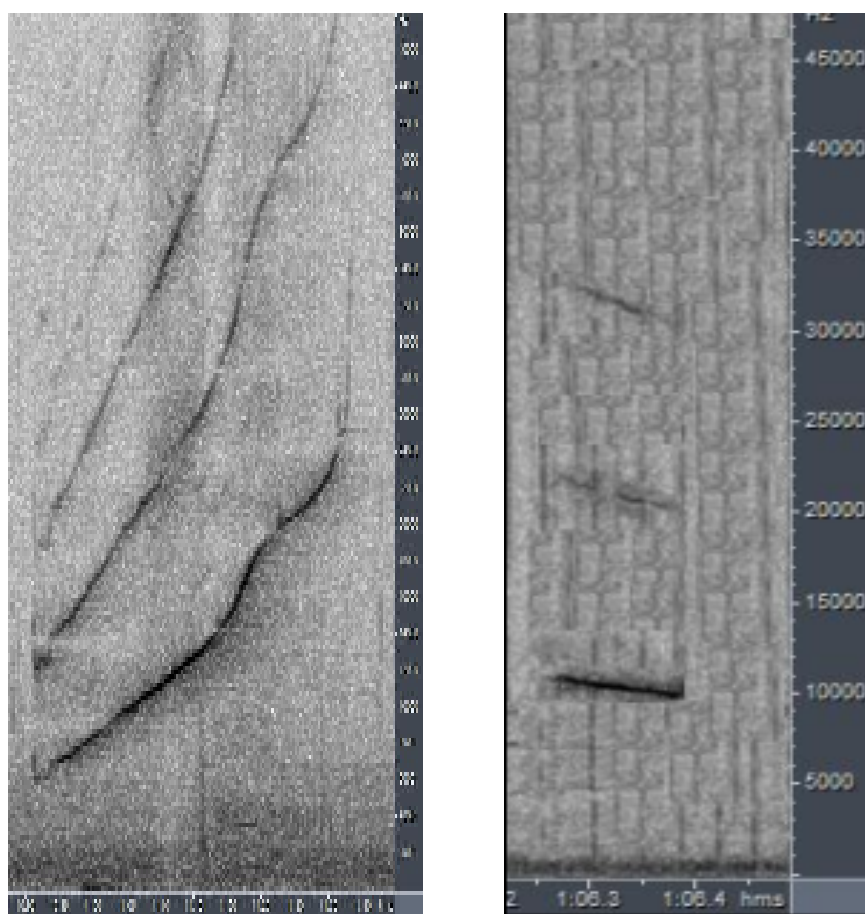


Figura 3. Espectrograma representando a forma de contorno de um assobio de *Sotalia guianensis* com a indicação dos seguintes parâmetros acústicos: duração, frequência inicial (FI) e final (FF), frequência mínima (FMIN) e máxima (FMAX), ponto de inclinação e ponto de inflexão (INF).

Na análise qualitativa, os assobios foram separados de acordo com as categorias da forma de contorno visual: ascendente (a frequência do assobio é crescente, sem pontos de inflexão), descendente (a frequência do assobio diminui, sem haver ponto de inflexão), constante (assobios com frequência que pode variar até 1000 Hz durante mais de 90% da duração), ascendente-descendente (inicia-se com característica ascendente, um ponto de inflexão e termina com característica descendente), descendente-ascendente (inicia-se descendente, um ponto de inflexão e termina com característica ascendente) e múltiplos (assobios que não foram incluídos em nenhuma das categorias citadas), seguindo a classificação utilizada por Azevedo & Van Sluys, (2005) (Figura 4,5 e 6).



A

B

Figura 4. Categorias da forma de contorno dos assobios de *Sotalia guianensis*. (A) ascendente, (B) descendente. Eixo X = duração (ms); Eixo Y = Frequência (kHz).

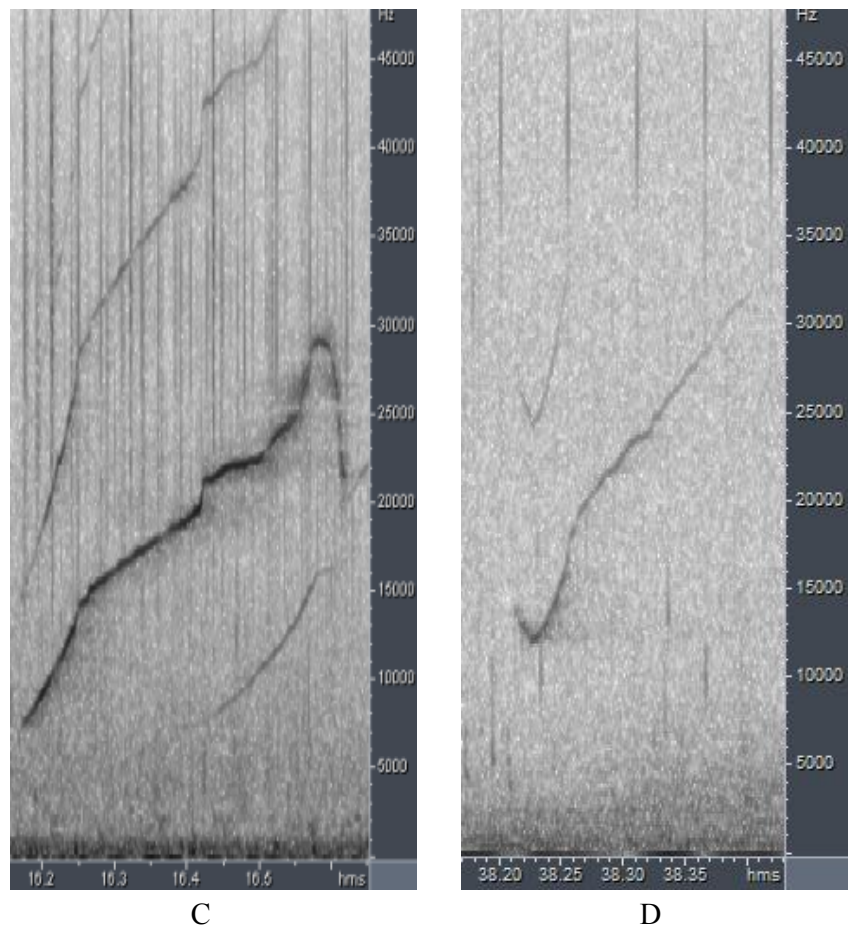


Figura 5. Categorias da forma de contorno dos assobios de *Sotalia guianensis*. (C) ascendente-descendente, (D) descendente-ascendente. Eixo X = duração (ms); Eixo Y = Frequência (kHz).

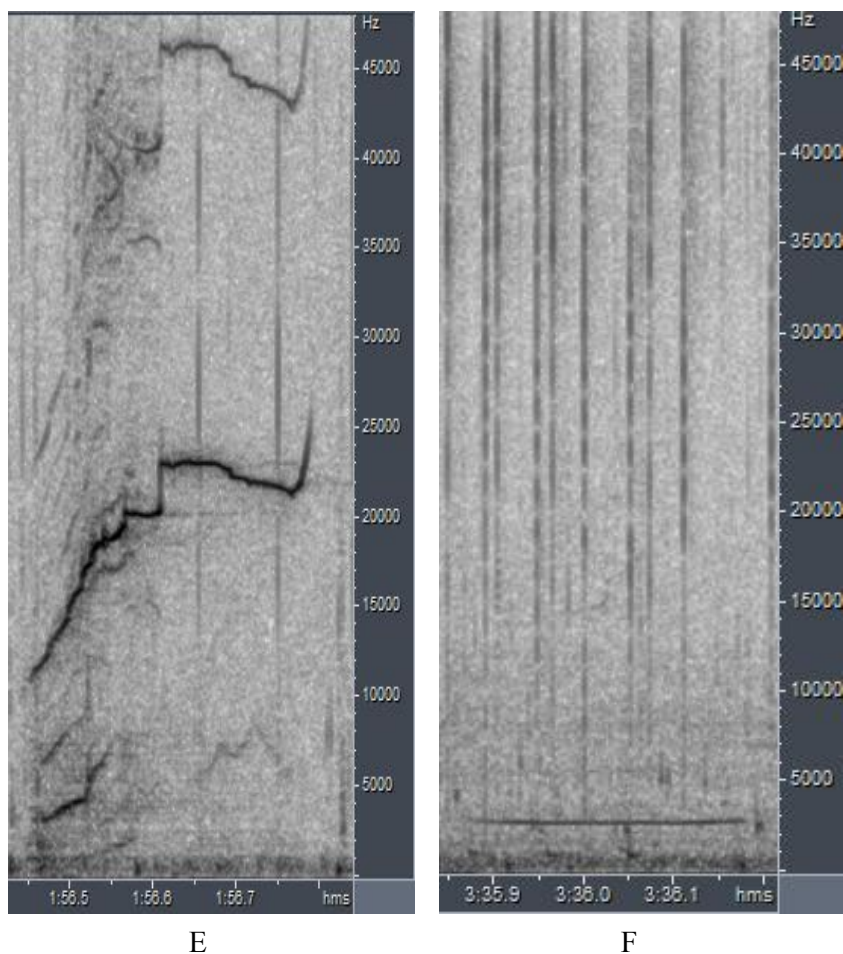


Figura 6. Categorias da forma de contorno dos assobios de *Sotalia guianensis*. (E) múltiplo, (D) constante. Eixo X = duração (ms); Eixo Y = Frequência (kHz).

O nível de intensidade sonora do ambiente, em cada área de estudo, foi obtida através de medições realizadas em 30 arquivos em diferentes dias de gravação, selecionados aleatoriamente. Essas medidas foram realizadas em cada arquivo, nos espectrogramas do *software Adobe Audition 1.5*, anteriormente a um assobio, com duração de 300 ms. Adicionalmente foi selecionada a maior frequência correspondente a cada medida. O cálculo do nível de intensidade sonora foi efetuado com a seguinte fórmula (RICHARDSON, *et al.*, 1998):

$$IS = NG + - S$$

IS= intensidade sonora em dB

NG= nível de entrada do gravador em dB

S= sensibilidade do hidrofone

O nível de entrada do gravador é equivalente à emissão sonora que é captada pelo gravador e este é medido em dB (RICHARDSON, *et al.*, 1998). A sensibilidade do hidrofone é um valor fixo obtido pela calibração do mesmo.

4.4 Análises Estatísticas

A distribuição das seis formas de contorno de assobios nas três baías foi comparada com a aplicação do teste Qui-Quadrado (X^2 ; $P<0,01$).

As análises estatísticas foram realizadas com o programa *Statistica 7* e para testar a normalidade dos dados foi utilizado *Shapiro-Wilk's test* ($P<0,01$). A análise descritiva foi aplicada para cada parâmetro acústico dos assobios, com tamanho amostral (N), média, mediana, valores mínimo e máximo e desvio-padrão. Para a intensidade sonora e a frequência correspondente, foram aplicados os valores de média, desvio-padrão, valores mínimo e máximo. Para testar a homogeneidade da variância dos dados foi aplicado o *Levene test* ($P<0,05$).

Para a identificar possíveis diferenças dos valores dos parâmetros acústicos entre as três áreas de estudo, foi aplicado o teste de *Kruskal-Wallis* ($P<0,05$). Em seguida, foi realizado o ranqueamento dos dados, devido a não homogeneidade da variância, utilizando o programa *Statistica 7*, e para indicar em quais parâmetros os assobios diferiram entre as três baías, foi aplicado o teste *a posteriori Tukey*, ($P<0,05$) (ZAR, 1999).

Para comparar os parâmetros acústicos de mesma forma de contorno entre as três baías, foram aplicados a análise descritiva e os mesmos testes estatísticos de comparação de média citados acima.

5. RESULTADOS

5.1 Caracterização geral dos assobios

Em cada baía os assobios foram selecionados aleatoriamente para as análises até a obtenção de 600 assobios, totalizando 1800 assobios analisados. Informações sobre dias e tempo de gravação em cada baía, o tamanho e a composição dos grupos e os comportamentos observados durante as gravações estão demonstrados na Tabela 1. No período do trabalho, entre julho de 2008 e julho de 2009, as gravações na BG foram realizadas durante nove meses, na BS em três meses e na BI em seis meses.

Tabela 1. Tamanho de grupo com valores médios e desvio padrão, composição do grupo, comportamento apresentado: (A) alimentação, (D) deslocamento e (S) socialização, números de dias e tempo de gravação dos assobios de *Sotalia guianensis* em cada uma das três baías, Baía de Guanabara (BG) (N=600), Baía de Sepetiba (BS) (N=600) e Baía da Ilha Grande (BI) (N=600).

Local	Tamanho de grupo	Composição do grupo	Comportamento	Nº de dias de gravação	Tempo de gravação
BG	8-24 12,6±6,4	Adulto, juvenil e filhote	A, D e S	19	13h3min
BS	20-150 86,6±35,0	Adulto, juvenil e filhote	A, D e S	6	5h28min
BI	20-120 64,8±34,2	Adulto, juvenil e filhote	A, D e S	9	7h23min

Na BG o comportamento predominante durante as gravações foi o de alimentação (14 dias) seguido de deslocamento (11 dias) e socialização (4 dias) na BS durante cinco dias foi observado o comportamento de alimentação, seguido de socialização (2 dias) e deslocamento (2 dias) e na BI alimentação (7 dias), socialização (4 dias) e deslocamento (3 dias).

A distribuição dos assobios nas seis categorias de forma de contorno (ascendente, descendente, descendente-ascendente, ascendente-descendente, constante e múltiplo) foi significativamente diferente ($X^2=73,07$; $gl=10$; $P<0,01$) (Tabela 2). Os assobios ascendentes foram predominantes nas três áreas, no entanto, houve uma variação no uso das seis formas de contorno (Figura 5).

Tabela 2. Distribuição dos assobios de *Sotalia guianensis* (N=1800) nas três baías costeiras do Rio de Janeiro (Baía de Guanabara, Baía de Sepetiba e Baía da Ilha Grande), em seis categorias de forma de contorno (ascendente, descendente, descendente-ascendente, ascendente-descendente, constante e múltiplo).

Local	Formas de Contorno						Total
	Ascendente	Descendente	Descendente Ascendente	Ascendente Descendente	Constante	Múltiplo	
BG	363	0	87	14	0	136	600
BS	350	2	77	41	8	122	600
BI	392	1	123	12	6	66	600
Total	1105	3	287	67	14	324	1800

Os assobios ascendentes corresponderam a 61,4% (N=1105) do total de assobios analisados. Os assobios múltiplos representaram 18% (N=324), seguidos da categoria descendente-ascendente, com 15,9% (N=287) e ascendente-descendente, com 3,7% (N=67). Na BG não houve a ocorrência de assobios com as formas de contorno descendente e constante, que foram formas pouco emitidas pelos indivíduos. As categorias descendente-ascendente, ascendente-descendente e múltiplo apresentaram maior variação quanto ao número de assobios entre as baías (Tabela 2). Os assobios ascendentes foram os predominantes nas três áreas estudadas. Na BG corresponderam a 60,5% (N=363) dos assobios. Na BS foram equivalentes a 58,3% (N=350) e na BI, os assobios ascendentes corresponderam a 65,3% (N=392) do total analisado (Figura 7).

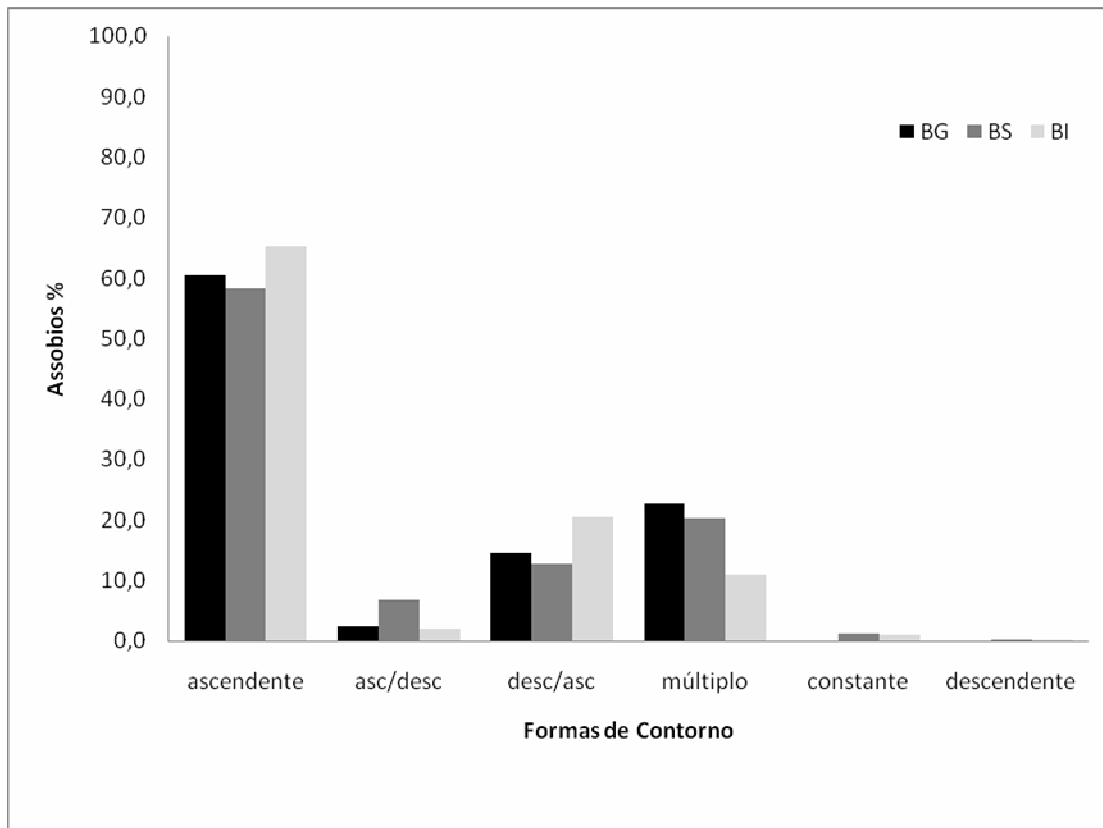


Figura 7. Distribuição dos assobios de *Sotalia guianensis* analisados nas três baías do Estado do Rio de Janeiro, Baía de Guanabara (BG), Baía de Sepetiba (BS) e Baía da Ilha Grande (BI), nas seis categorias de forma de contorno: ascendente, ascendente-descendente, descendente-ascendente, múltiplo, constante e descendente.

Os assobios com harmônicos foram predominantes (N=1215), representando 67,5% do total analisado. Entre os assobios da BG, 75,5% (N=453) apresentaram harmônicos, na BS 77% (N=462) e na BI 50% dos assobios (N=300).

A análise descritiva dos parâmetros acústicos de todos os assobios (N=1800) e em cada baía está representada na Tabela 3, com valores de média, desvio-padrão, mediana, valores mínimo e máximo. Assobios com zero ou um ponto de inflexão foram os mais frequentes (N=1476), correspondendo a 82% de todos os assobios analisados. Assobios com até sete pontos de inflexão foram registrados na BG e na BS, enquanto que, na BI assobios com no máximo quatro pontos de inflexão foram observados. Na BG foram observados assobios com até 14 pontos de inclinação, na BS até 10 pontos de inclinação e na BI, foram encontrados até seis pontos de inclinação (Tabela 3).

Tabela 3. Estatística descritiva dos 11 parâmetros acústicos de todos os assobios analisados (N=1800) de *Sotalia guianensis* e em cada baía. Os valores discriminados são média±desvio-padrão, mediana, valores mínimo e máximo, respectivamente. Os parâmetros de frequência foram medidos em kHz e a duração dos assobios em milissegundos.

Parâmetros Acústicos	Total de Assobios (N=1800)	Baía de Guanabara (N=600)	Baía de Sepetiba (N=600)	Baía da Ilha Grande (N=600)
Pontos de Inflexão	0,60±0,93 0 0-7	0,70±1,07 0 0-7	0,65±0,96 0 0-7	0,47±0,75 0 0-4
Pontos de Inclinação	0,89±1,29 1 0-14	1,03±1,49 1 0-14	1,02±1,35 1 0-10	0,61±0,92 0 0-6
Duração	328,94±140,62 320 40-1621	271,14±106,96 262,50 46-652	347,07±141,45 341,50 40-1621	368,60±150,62 371,50 51-1231
Frequência Inicial	8,64±3,13 8,25 1,03-33,75	9,64±3,73 8,90 2,15-33,75	7,91±2,54 7,96 1,87-16,68	8,36±2,74 7,96 1,03-24,56
Frequência Final	23,58±8,18 22,87 3-46,87	25,68±7,49 26,76 5,25-46,50	23,59±8,56 22,03 3,00-46,87	21,48±7,92 20,34 3,56-46,68
Frequência Mínima	8,34±2,9 7,96 1,03-33,65	9,37±3,48 8,81 2,15-33,65	7,75±2,41 7,73 1,87-16,68	7,89±2,43 7,78 1,03-24,56
Frequência Máxima	23,76±8,21 23,06 3-46,87	25,90±7,59 26,90 5,25-46,50	23,84±8,57 22,54 3,00-46,87	21,54±7,86 20,43 3,56-46,68
Modulação de Frequência	15,43±8,25 14,45 0,10-41,71	16,56±7,83 16,40 0,84-38,34	16,08±8,50 14,57 0,10-41,71	13,66±8,12 11,85 0,18-40,02
Frequência a ¼	11,32±3,77 10,78 2,43-34,96	12,84±3,96 12,70 3,84-34,96	10,85±3,71 10,12 2,43-28,59	10,29±3,12 10,03 3,46-29,71
Frequência a ½	14,65±5,07 14,43 2,90-34,78	16,62±4,80 16,50 3,93-34,78	14,45±5,27 14,15 2,90-34,78	12,87±4,40 12,09 3,46-32,43
Frequência a ¾	18,68±6,68 18,18 2,90-40,78	21,02±6,17 20,53 4,50-38,06	18,74±6,88 18,32 2,90-40,78	16,27±6,10 15,70 3,46-33,93

5.2 Comparação dos assobios de *Sotalia guianensis* entre as baías

A média de duração dos assobios da BG foi menor ($271,14 \pm 106,96$) do que as médias encontradas na BS ($347,07 \pm 141,45$) e na BI ($368,60 \pm 150,62$) e este parâmetro apresentou uma diferença significativa entre as baías.

As médias de frequência dos assobios da BG foram maiores do que as da BS e da BI (Tabela 3, Figuras 8,9 e 10). A amplitude da frequência inicial na BG (2,12-33,75 kHz) foi maior do que na BS (1,87-16,68 kHz) e BI (1,03-24,56 kHz) (*Kruskal-Wallis test*: $H(2, N=1800) = 67,25992$ $P=0,000$). O mesmo ocorreu com a amplitude de frequência mínima, BG (2,15-33,65), BS (1,87-16,68) e BI (1,03-24,56) e à frequência a $\frac{1}{4}$: BG (3,84-34,96 kHz), BS (2,43-28,59 kHz) e BI (3,46-29,71 kHz).

Os resultados do teste de *Kruskal-Wallis* indicaram uma diferença de todos os parâmetros acústicos dos assobios entre as três áreas ($P < 0,01$). Aplicando o teste *a posteriori* (teste de *Tukey*, $P < 0,05$) foi possível verificar que existem diferenças entre as três baías em sete parâmetros acústicos: duração (*Kruskal-Wallis test*: $H(2, N=1800) = 170,0941$ $P=0,000$), FI (*Kruskal-Wallis test*: $H(2, N=1800) = 67,25992$ $P=0,000$), FF (*Kruskal-Wallis test*: $H(2, N=1800) = 74,59949$ $P=0,000$), FMAX (*Kruskal-Wallis test*: $H(2, N=1800) = 79,60509$ $P=0,000$), $F\frac{1}{4}$ (*Kruskal-Wallis test*: $H(2, N=1800) = 149,8586$ $P=0,000$), $F\frac{1}{2}$ (*Kruskal-Wallis test*: $H(2, N=1800) = 168,8217$ $P=0,000$) e $F\frac{3}{4}$ (*Kruskal-Wallis test*: $H(2, N=1800) = 151,2252$ $P=0,000$) (Tabela 4). As diferenças entre a BG e a BS foram significativas em oito parâmetros acústicos (duração, FI, FF, FMIN, FMAX, $F\frac{1}{4}$, $F\frac{1}{2}$ e $F\frac{3}{4}$), enquanto que entre BG e BI, as diferenças foram encontradas em todos os parâmetros e entre BS e BI, em 10 parâmetros, exceto a FMIN (Tabela 4).

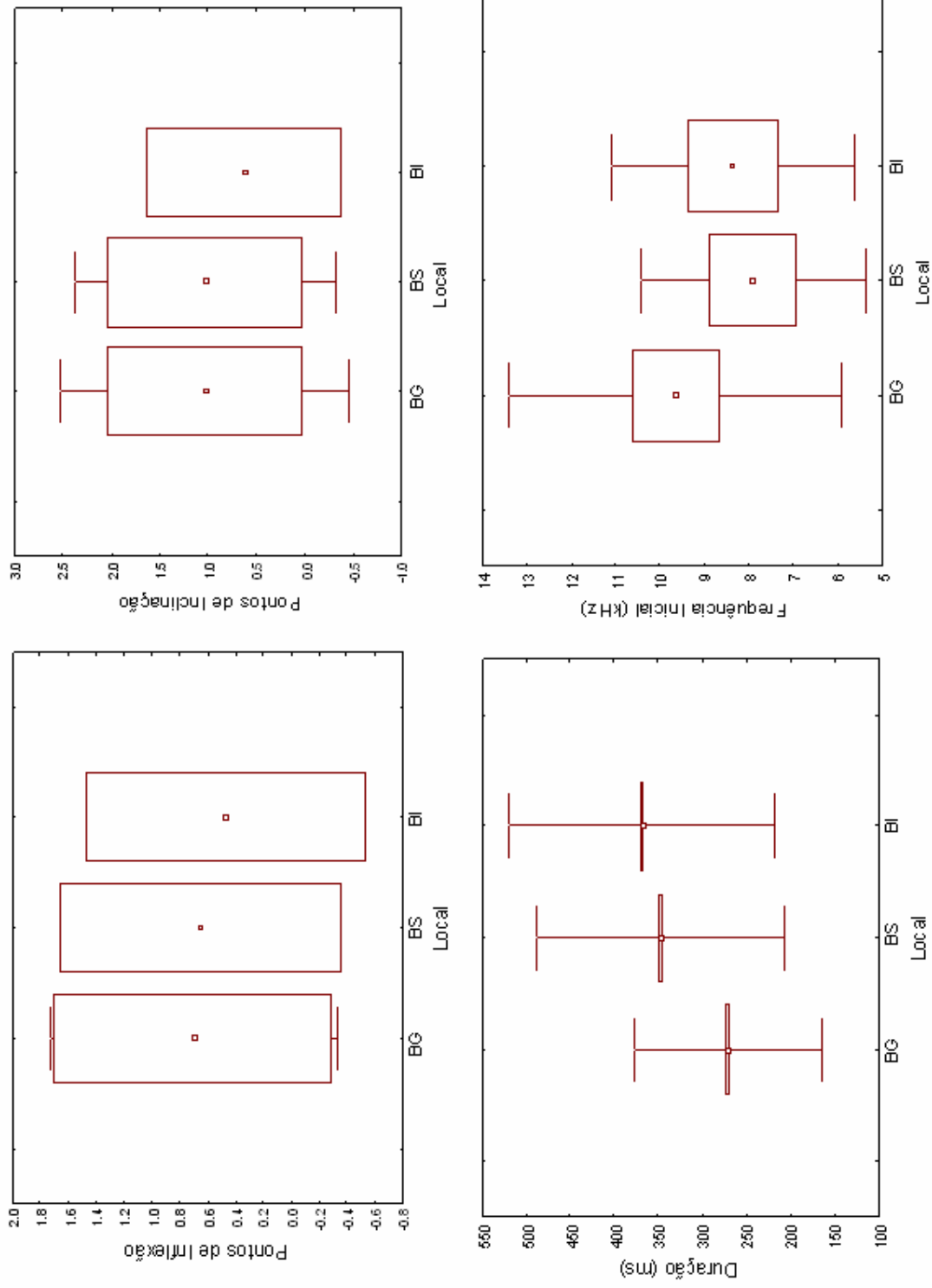


Figura 8. Box Plot dos parâmetros acústicos pontos de inflexão, pontos de inclinação, duração e frequência inicial dos assobios (N=1800) de *Sotalia guianensis* da Baía de Guanabara (BG), Baía de Sepetiba (BS) e Baía da Ilha Grande (BI), Rio de Janeiro (□ média, □ média \pm 1, I média \pm desvio-padrão). A duração foi medida em milissegundos e a frequência em kHz.

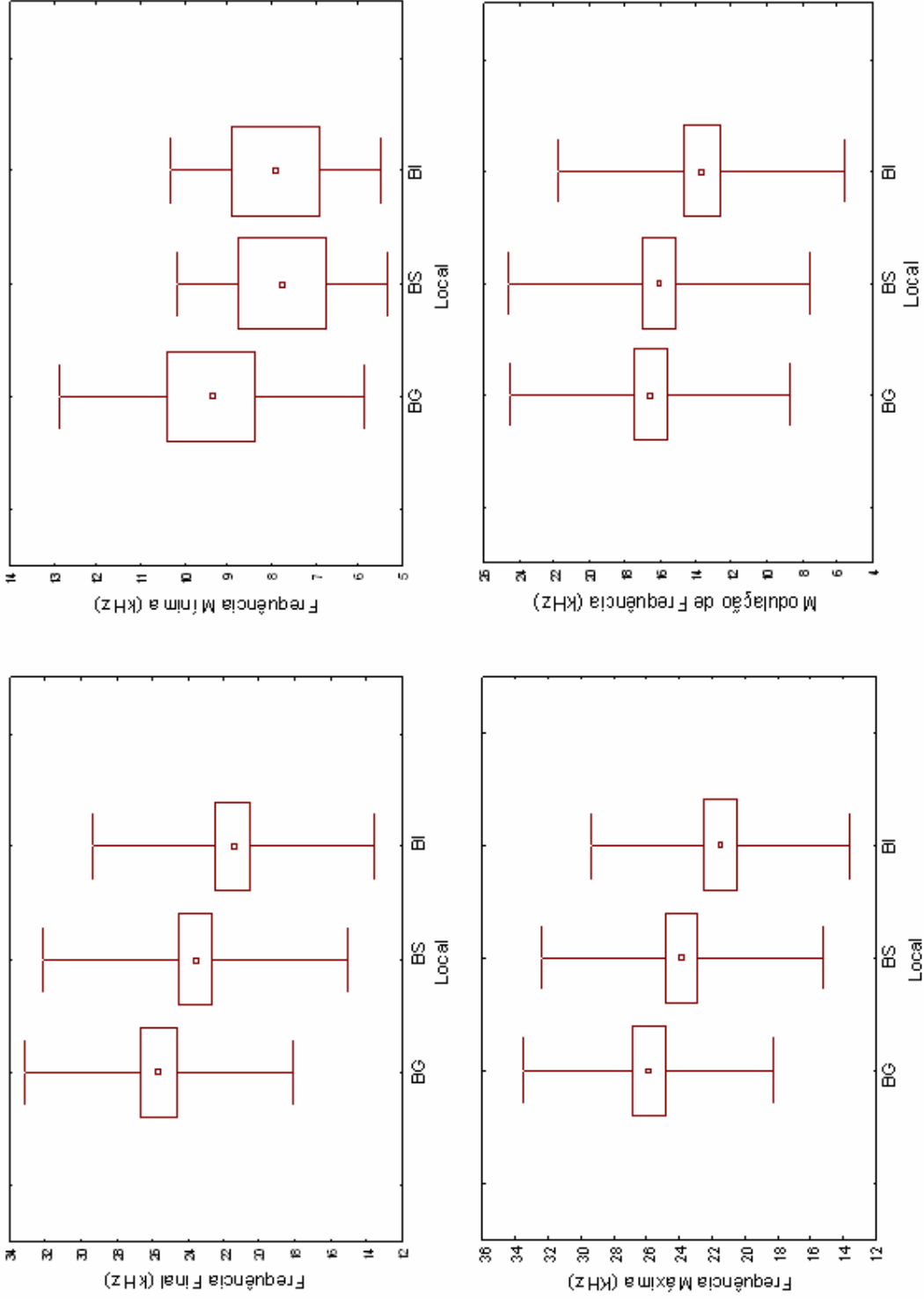


Figura 9. Box Plot dos parâmetros acústicos frequência final, frequência mínima, frequência máxima e modulação de frequência dos assobios (N=1800) de *Sotalia guianensis* na Baía de Guanabara (BG), Baía de Sepetiba (BS) e Baía de Ilha Grande (BI), Rio de Janeiro. (\square média, \square \pm σ)

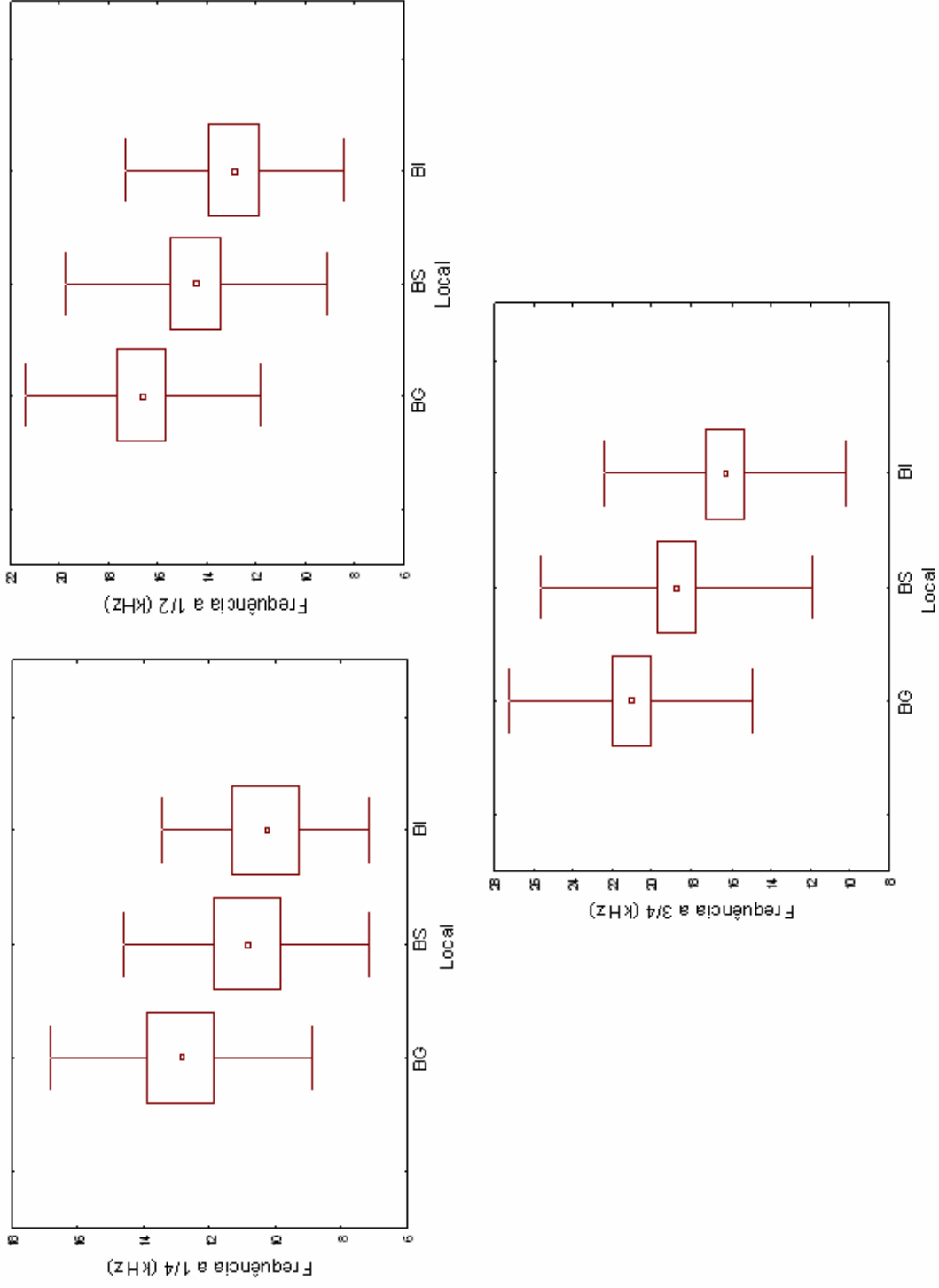


Figura 10. Box Plot dos parâmetros acústicos de frequência a $1/4$, a $1/2$ e a $3/4$ da duração dos assobios (N=1800) de *Sotalia guianensis* na Baía de Guanabara (BG), Baía de Sepetiba (BS) e na Baía de Ilha Grande (BI), Rio de Janeiro. (□) média, (□) média±1, (—) média±desvio-padrão).

Tabela 4. Comparação dos 11 parâmetros acústicos dos assobios (N=1800) de *Sotalia guianensis* entre as localidades com a aplicação do teste a posteriori (teste de Tukey, $df=1797$, $P<0,05$), indicando valores de P . Baía de Guanabara versus Baía de Sepetiba, Baía de Guanabara versus Baía de Ilha Grande e Baía de Sepetiba versus Baía de Ilha Grande. (N: diferença não significativa).

Parâmetros Acústicos	BG-BS	BG-BI	BS-BI
Inflexão	<i>N</i>	0,002506	0,014505
Pontos de Inclinação	<i>N</i>	0,000022	0,000022
Duração	0,000022	0,000022	0,033856
Frequência Inicial	0,000022	0,000022	0,047611
Frequência Final	0,000026	0,000022	0,000028
Frequência Mínima	0,000022	0,000022	<i>N</i>
Frequência Máxima	0,000031	0,000022	0,000022
Modulação de Frequência	<i>N</i>	0,000022	0,000022
Frequência a $\frac{1}{4}$	0,000022	0,000022	0,044778
Frequência a $\frac{1}{2}$	0,000022	0,000022	0,000022
Frequência a $\frac{3}{4}$	0,000022	0,000022	0,000022

Os valores médios, o desvio-padrão, o valor mínimo e máximo da intensidade sonora do ambiente e da frequência correspondente, em cada área de estudo, estão especificados na Tabela 5.

Tabela 5. Intensidade sonora (dB) e frequência correspondente (Hz), do ruído do ambiente em cada área de estudo (Baía de Guanabara (BG), Baía de Sepetiba (BS) e Baía da Ilha Grande (BI)), com média \pm desvio-padrão, valor máximo e mínimo.

	Áreas		
	BG	BS	BI
Intensidade Sonora (dB)	97,95 \pm 15,58	98,07 \pm 6,49	90,03 \pm 13,61
	63,41-120	84,12-114	59,78-115
Frequência (Hz)	748,62 \pm 626,52	499,85 \pm 278,81	278,11 \pm 205,21
	187 - 2900	187,5 – 937,5	93,75 – 937,5

Os valores médios de intensidade sonora do ambiente da BG e da BS foram maiores que o da BI (Tabela 5). Na BG valores com até 120 dB foram registrados, enquanto que na BS, a maior intensidade foi de 114 dB e na BI de 115 dB. Adicionalmente o maior valor de frequência correspondente ao valor da intensidade sonora, foi encontrado na BG com 2,9 kHz, enquanto na BS e BI, o maior valor de frequência não ultrapassou 1kHz (Tabela 5).

5.2.1 Comparação dos assobios ascendentes

A análise descritiva dos parâmetros acústicos dos assobios ascendentes está especificada na Tabela 6 com valores de média, desvio-padrão, mediana e valores mínimo e máximo.

Tabela 6. Estatística descritiva dos 10 parâmetros acústicos dos assobios ascendentes (N=900) de *Sotalia guianensis* das Baías de Guanabara, Sepetiba e Ilha Grande, Rio de Janeiro. Os valores discriminados são média±desvio-padrão, mediana, valores mínimo e máximo, respectivamente. Os parâmetros de frequência foram medidos em kHz e a duração dos assobios em milissegundos.

Parâmetros Acústicos	Baía de Guanabara (N=300)	Baía de Sepetiba (N=300)	Baía da Ilha Grande (N=300)
Pontos de Inclinação	1,12±1,55 1 0-14	1,18±1,36 1 0-8	0,68±0,92 0 0-6
Duração	275,49±104,10 277 46-652	342,35±141,09 330,50 40-826	365,77±156,51 359 51-829
Frequência Inicial	8,64±3,02 7,96 3,28-25,59	7,37±2,30 7,50 2,62-14,71	7,93±2,47 7,73 2,43-24,56
Frequência Final	25,87±7,04 26,76 5,25-46,50	24,03±8,24 22,07 4,59-44,90	21,54±7,71 20,25 5,43-42,84
Frequência Mínima	8,63±3,00 7,96 3,28-25,59	7,37±2,31 7,50 2,65-14,71	7,93±2,47 7,73 2,43-24,56
Frequência Máxima	25,98±7,15 26,76 5,25-46,50	24,03±8,24 22,07 4,59-44,90	21,51±7,68 20,25 5,43-42,84
Modulação de Frequência	17,34 ±7,46 17,43 1,97-38,34	16,66 ±8,22 14,67 1,25-41,71	13,57±7,85 11,95 1,21-35,71
Frequência a ¼	12,66±3,68 12,60 3,84-30,37	10,45 ±3,26 9,93 3,18-22,03	10,71±3,19 10,68 4,03-29,71
Frequência a ½	16,54 ±4,38 16,68 3,93-32,71	13,91±4,75 13,31 3,46-30,28	13,34±4,09 12,65 4,03-32,43
Frequência a ¾	20,80 ±5,38 20,34 4,50-38,06	18,61±6,34 18,46 3,56-35,90	16,44±5,71 15,65 3,93-33,93

As médias de frequência dos assobios ascendentes do boto-cinza foram maiores comparadas às médias nas baías de Sepetiba e da Ilha Grande (Tabela 6).

Na comparação dos assobios ascendentes (N=900), foi possível verificar que cinco parâmetros (FI, FF, FMIN, FMAX e F1/4) foram significativamente diferentes entre as três áreas (teste de *Tukey*, $P < 0,05$). A diferença entre BG e BS foi registrada em oito parâmetros (duração, FI, FF, FMIN, FMAX, F1/4, F1/2 e F3/4). BG e BI apresentaram diferenças em todas as variáveis, enquanto entre BS e BI mostraram diferença em sete parâmetros, (teste de *Tukey*, $P < 0,05$) (Tabela 7).

Tabela 7. Comparação dos 10 parâmetros acústicos dos assobios ascendentes (N=900) de *Sotalia guianensis* entre as localidades com a aplicação do teste a *posteriori* (teste de *Tukey*, $df=897$, $P < 0,05$). Baía de Guanabara versus Baía de Sepetiba, Baía de Guanabara versus Baía de Ilha Grande e Baía de Sepetiba versus Baía de Ilha Grande. (S= existe diferença significativa; N= não existe diferença significativa).

Parâmetros Acústicos	BG-BS	BG-BI	BS-BI
Pontos de Inclinação	N	0,000393	0,000030
Duração	0,000022	0,000022	N
Frequência Inicial	0,000022	0,016206	0,042696
Frequência Final	0,002137	0,000022	0,000092
Frequência Mínima	0,000022	0,016302	0,042520
Frequência Máxima	0,001340	0,000022	0,000077
Modulação de Frequência	N	0,000022	0,000023
Frequência a $\frac{1}{4}$	0,000022	0,000022	N
Frequência a $\frac{1}{2}$	0,000022	0,000022	N
Frequência a $\frac{3}{4}$	0,000022	0,000022	0,000022

5.2.2 Comparação dos assobios descendente-ascendentes

A análise descritiva dos parâmetros acústicos dos assobios descendente-ascendentes (N=180) nas três baías está demonstrada na Tabela 8, com valores de média, desvio-padrão, mediana, valores mínimo e máximo.

A média da duração dos assobios da BG foi menor que as médias dos assobios das outras baías. Os valores médios de frequência foram maiores na BG em relação aos valores nas baías, seguindo o padrão verificado na análise geral dos assobios. O teste de *Kruskal-Wallis* indicou uma diferença significativa nos parâmetros acústicos dos assobios entre as três áreas ($P < 0,05$).

A comparação dos parâmetros acústicos dos assobios entre Baía da Guanabara e Sepetiba (teste de *Tukey*, $P < 0,05$) apresentou diferenças nos parâmetros de frequência, exceto na modulação de frequência. A comparação entre BG-BI indicou diferença em nove parâmetros, excluindo pontos de inclinação. Entre BS-BI os parâmetros duração, FF, FMAX, $F \frac{1}{2}$ e $F \frac{3}{4}$ apresentaram diferenças significativas (Tabela 9).

Tabela 8. Estatística descritiva dos 10 parâmetros acústicos dos assobios descendente-ascendentes (N=180) de *Sotalia guianensis* das Baías de Guanabara, Sepetiba e Ilha Grande, Rio de Janeiro. Os valores discriminados são média±desvio-padrão, mediana, valores mínimo e máximo, respectivamente. Os parâmetros de frequência foram medidos em kHz e a duração dos assobios em milissegundos.

Parâmetros Acústicos	Baía de Guanabara (N=60)	Baía de Sepetiba (N=60)	Baía da Ilha Grande (N=60)
Pontos de Inclinação	1,41±1,40 1 0-7	1,20±1,16 1 0-5	0,93±0,84 1 0-3
Duração	254,53±125,71 221,50 73-599	295,45±101,92 299,50 111-510	368,08±134,21 367 106-712
Frequência Inicial	12,44±3,62 12,65 6,93-23,90	9,17±2,36 8,95 4,31-16,40	9,44±2,57 9,14 4,40-16,31
Frequência Final	26,29±8,87 27,37 9,93-45,37	22,12±9,89 20,62 4,50-44,90	17,69±6,88 16,82 5,53-33,37
Frequência Mínima	11,12±3,28 11,66 5,71-22,59	8,32±2,05 8,20 4,03-13,50	7,65±1,84 7,73 3,09-12,65
Frequência Máxima	26,29±8,87 27,37 9,93-45,37	22,13±9,87 20,62 4,78-44,90	17,79±6,61 16,49 7,31-33,37
Modulação de Frequência	15,32±9,34 15,75 1,60-35,34	13,80±9,38 11,67 0,56-37,40	10,37±6,48 8,80 1,40-23,99
Frequência a 1/4	12,14±3,61 12,04 5,90-24,46	9,04±2,61 8,53 4,5-16,50	8,07±2,05 8,24 4,59-12,65
Frequência a 1/2	15,97±4,73 15,28 7,59-26,71	12,09±5,15 10,87 4,5-34,78	9,35±2,89 9,04 4,68-21,56
Frequência a 3/4	21,07±6,89 19,59 7,78-34,68	16,59±7,36 13,31 4,21-40,78	12,04±4,70 11,71 4,68-29,25

Tabela 9. Comparação dos 10 parâmetros acústicos dos assobios descendente-ascendentes (N=180) de *Sotalia guianensis* entre as localidades com a aplicação do teste a posteriori (teste de Tukey, $df=177$, $P<0,05$). Baía de Guanabara (BG) versus Baía de Sepetiba (BS), Baía de Guanabara (BG) versus Baía da Ilha Grande (BI) e Baía de Sepetiba (BS) versus Baía da Ilha Grande (BI). (S= existe diferença significativa; N= não existe diferença significativa).

Parâmetros Acústicos	BG-BS	BG-BI	BS-BI
Pontos de Inclinação	N	N	N
Duração	N	0,000022	0,007917
Frequência Inicial	0,000022	0,000024	N
Frequência Final	0,029704	0,000022	0,015129
Frequência Mínima	0,000025	0,000022	N
Frequência Máxima	0,030231	0,000022	0,012452
Modulação de Frequência	N	0,008663	N
Frequência a $\frac{1}{4}$	0,000022	0,000022	N
Frequência a $\frac{1}{2}$	0,000022	0,000022	0,000474
Frequência a $\frac{3}{4}$	0,000616	0,000022	0,000085

5.2.3 Comparação dos assobios múltiplos

A análise descritiva dos parâmetros acústicos dos assobios múltiplos (N=150) nas três baías está representada na Tabela 10, com valores de média, desvio-padrão, mediana, valores mínimo e máximo.

A média da duração dos assobios da BG foi menor do que as médias na BS e na BI, seguindo o padrão das análises anteriores (Tabela 10). Os valores médios de frequência foram maiores na BG em relação aos valores na BS e na BI. O teste de *Kruskal-Wallis* indicou uma diferença significativa nos parâmetros acústicos dos assobios entre as três áreas ($P<0,05$).

Tabela 10. Estatística descritiva dos 11 parâmetros acústicos dos assobios múltiplos (N=150) de *Sotalia guianensis* das Baías de Guanabara, Sepetiba e Ilha Grande, Rio de Janeiro. Os valores discriminados são média±desvio-padrão, mediana, valores mínimo e máximo, respectivamente. Os parâmetros de frequência foram medidos em kHz e a duração dos assobios em milissegundos.

Parâmetros Acústicos	Baía de Guanabara (N=50)	Baía de Sepetiba (N=50)	Baía da Ilha Grande (N=50)
Pontos de Inflexão	2,28±0,80 2 2-7	2,12±0,65 2 0-4	2,22±0,46 2 2-4
Pontos de Inclinação	0,64±0,85 0 0-3	1,72±1,29 2 0-6	0,64±0,92 0 0-4
Duração	260,24±101,78 232 74-487	375,98±125,61 400 77-712	354,14±141,04 356,50 67-657
Frequência Inicial	10,26±3,85 9,18 4,87-21,37	7,89 ±2,17 7,90 2,43-13,68	9,16±2,73 9,18 3,75-16,96
Frequência Final	25,17±8,43 26,01 10,21-43,31	27,11±9,01 27,23 10,87-43,78	21,55 ±7,62 20,95 6,93-34,78
Frequência Mínima	10,04±3,59 9,18 4,87-21,37	7,74±1,95 7,86 2,43-12,84	8,61±2,65 8,29 3,75-16,96
Frequência Máxima	25,38±8,41 26,20 11,62-43,31	27,25±9,01 28,07 10,87-43,78	21,83±7,60 21,09 7,40-34,78
Modulação de Frequência	15,44±8,30 16,02 2,80-34,87	19,50±9,31 20,52 3,46-38,71	13,22±8,11 11,38 1,21-26,71
Frequência a ¼	13,01±3,85 12,23 7,59-23,81	11,46±4,04 10,21 4,40-25,96	10,68±3,34 9,98 4,21-19,31
Frequência a ½	17,03±6,10 15,23 8,15-30,18	16,51±5,67 17,71 4,96-26,53	13,10±4,65 12,18 4,03-28,03
Frequência a ¾	21,03±7,48 20,43 9,56-35,15	21,58±7,69 23,71 8,25-36,84	16,80±6,43 16,78 3,93-30,28

A comparação dos parâmetros acústicos dos assobios entre a BG e BS apresentou diferenças em seis parâmetros: pontos de inclinação, duração, FI, FMIN, $F^{1/4}$, e modulação de frequência (teste de *Tukey*, $P < 0,05$). A comparação entre BG-BI indicou diferença na duração, FI, FMIN, $F^{1/4}$, $F^{1/2}$ e a $F^{3/4}$. Entre BS-BI os parâmetros: pontos de inclinação, FI, FF, FMIN, FMAX e modulação de frequência apresentaram diferenças significativas (Tabela 11).

Tabela 11. Comparação dos 11 parâmetros acústicos dos assobios múltiplos (N=150) de *Sotalia guianensis* entre as localidades com a aplicação do teste a *posteriori* (teste de *Tukey*, $df=147$, $P < 0,05$). Baía de Guanabara versus Baía de Sepetiba, Baía de Guanabara versus Baía da Ilha Grande e Baía de Sepetiba versus Baía da Ilha Grande. (S= existe diferença significativa; N= não existe diferença significativa).

Parâmetros Acústicos	BG-BS	BG-BI	BS-BI
Inflexão	N	N	N
Inclinação	0,039532	N	0,000116
Duração	N	0,017016	0,000026
Frequência Inicial	0,002224	0,012615	N
Frequência Final	0,000022	N	0,018193
Frequência Mínima	0,000022	0,000064	0,041682
Frequência Máxima	N	N	0,023090
Modulação de Frequência	0,004938	N	0,003390
Frequência a $1/4$	0,000022	0,000025	N
Frequência a $1/2$	N	0,000170	N
Frequência a $3/4$	N	0,007446	N

5.2.4 Comparação dos assobios ascendente-descendentes

A análise descritiva dos parâmetros acústicos dos assobios ascendente-descendentes (N=30) nas três baías está demonstrada na tabela 11, com valores de média, desvio-padrão, mediana, valores mínimo e máximo.

Os valores das médias dos parâmetros acústicos dos assobios ascendente-descendentes seguiram o mesmo padrão dos valores dos assobios analisados em conjunto, com a média da duração dos assobios menor na Baía de Guanabara do que nas outras duas baías e os valores de frequência maiores na BG (Tabela 12). O teste de *Kruskal-Wallis* não indicou uma diferença significativa dos parâmetros acústicos dos assobios ascendente-descendentes entre as três áreas ($P > 0,05$).

Tabela 12. Estatística descritiva dos 10 parâmetros acústicos dos assobios ascendente-descendentes (N=30) de *Sotalia guianensis* das Baías de Guanabara, Sepetiba e Ilha Grande, Rio de Janeiro. Os valores discriminados são média±desvio-padrão, mediana, valores mínimo e máximo, respectivamente. Os parâmetros de frequência foram medidos em kHz e a duração dos assobios em milissegundos.

Parâmetros Acústicos	Baía de Guanabara (N=10)	Baía de Sepetiba (N=10)	Baía da Ilha Grande (N=10)
Pontos de Inclinação	0,40±0,51 0 0-1	0,80±1,03 0,5 0-3	0,70 ±0,67 1 0-2
Duração	276,40±148,46 216 128-582	375,60±115,97 374 159-546	398,70±199,84 331 126-825
Frequência Inicial	9,02±3,39 8,48 4,59-14,90	8,38±4,40 8,06 1,87-15,75	8,26±3,12 8,10 4,21-14,53
Frequência Final	22,11±7,73 22,45 9,75-31,03	21,66±7,09 21,51 4,31-28,87	18,25±7,37 16,03 6,56-30,56
Frequência Mínima	8,98 ±3,43 8,48 4,59-14,90	8,38±4,40 8,06 1,87-15,75	8,26±3,12 8,10 4,21-14,53
Frequência Máxima	24,25±8,39 23,39 9,75-37,87	23,45±7,80 26,39 4,31-29,62	19,69±7,36 19,21 8,34-30,56
Modulação de Frequência	15,26±8,11 14,99 4,22-31,69	15,07 ±7,35 17,20 2,44-23,75	11,42±7,56 7,97 2,40-24,18
Frequência a ¼	12,98±4,88 13,21 7,31-22,68	11,96 ±5,99 12,55 2,43-19,31	10,79±3,10 10,40 5,06-15,56
Frequência a ½	16,86 ±5,06 16,49 7,87-26,43	16,67±6,05 17,90 3,09-23,90	13,76±4,57 13,31 5,81-19,78
Frequência a ¾	21,40 ±7,73 22,12 9,09-34,59	21,23±6,93 23,24 4,68-27,37	18,39±7,03 17,29 8,34-29,34

6. DISCUSSÃO

O repertório dos assobios de *Sotalia guianensis* nas três áreas de estudo apresentou uma predominância de assobios com zero e um ponto de inflexão e com forma de contorno ascendente. A emissão de assobios de contorno ascendente é uma característica comum a *S. guianensis* ao longo da sua distribuição, como tem sido observado em diversos estudos. Azevedo e Simão (2002) estudaram os assobios da espécie na Baía de Guanabara e foram os primeiros a destacar a predominância de assobios ascendentes (39,5% dos assobios analisados) e de assobios com zero e um ponto de inflexão (82,6% dos assobios analisados). Erber e Simão (2004) verificaram que 85% dos assobios do boto-cinza analisados na Baía de Sepetiba foram ascendentes. Azevedo e Van Sluys (2005) analisaram os assobios de *S. guianensis* em oito áreas de distribuição da espécie ao longo da costa do Brasil e verificaram que os assobios ascendentes corresponderam a 75,7% dos assobios analisados e estes, foram os mais frequentes em todos os locais de estudo. Um estudo dos assobios de *S. guianensis* na Costa Rica destacou a predominância da forma de contorno ascendente (57,6%) (MAY-COLLADO; WARTZOK, 2009). Esses estudos evidenciam que *S. guianensis* mantém essa característica qualitativa dos assobios, mesmo apresentando uma ampla distribuição geográfica. A manutenção de características comuns na emissão sonora para uma mesma espécie pode estar ligada à identificação entre indivíduos e a diferenças intraespecíficas.

Os assobios com harmônicos foram predominantes em cada área estudada e na comparação entre as baías, a BI apresentou uma menor ocorrência. May-Collado e Wartzok (2009) verificaram que 37% dos assobios de *S. guianensis* na Costa Rica apresentaram harmônicos. Segundo Lammers e Au (2002), os harmônicos podem estar relacionados a informações de direção do sinal sonoro e facilitação na formação de grupos. Eles podem ser utilizados para determinar a direção da fonte, ou seja, do indivíduo que está vocalizando (RASMUSSEN *et al.*, 2006). Em outros táxons, como em primatas, os harmônicos estão associados à identificação individual (MASTERS, 1991; CHARRIER *et al.*, 2002). Diferenças na presença de harmônicos podem estar relacionadas também a características próprias da emissão dos assobios (MAY-COLLADO; WARTZOK, 2009). (MAY-COLLADO; WARTZOK, 2009). A menor ocorrência de assobios com harmônico na BI pode ser um indicativo de variação intraespecífica. Considerando a característica de facilitação na formação de grupos, segundo Lammers e Au (2002), diferenças no tamanho de grupo entre as áreas podem estar relacionadas com a emissão de assobios com e sem harmônicos.

No presente estudo, foi observada uma baixa ocorrência de assobios que ultrapassaram o limite superior do sistema de gravação de 48 kHz, e possivelmente poucos assobios estão sendo perdidos com a utilização desse sistema. O valor da FMAX (46,87 kHz) encontrado para essa espécie no presente estudo foi maior do que os valores encontrados para outros delfínídeos (WANG *et al.*, 1995a; BAZÚA-DURÁN; AU, 2002; RASMUSSEN; MILLER, 2002; LAMMERS *et al.*, 2003; OSWALD *et al.*, 2004). No entanto, um trabalho recente com os assobios do boto-cinza, utilizou um sistema de gravação de banda larga e reportou um valor de FMAX de até 48,40 kHz (MAY-COLLADO; WARTZOK, 2009). A ocorrência de elevados valores de FMAX para o boto-cinza pode estar relacionada inversamente ao tamanho do corpo, como foi verificado em estudos com outras espécies de odontocetos (MAY-COLLADO; WARTZOK, 2009; MATTEWS *et al.*, 1999; WANG *et al.*, 1995a). WANG *et al.* (1995a) utilizando um sistema de frequência de até 25 kHz, comparou os assobios de sete espécies de odontocetos (*Inia geoffrensis*, *Tursiops truncatus*, *Lagenorhynchus obscurus*, *Stenella longirostris*, *Stenella frontalis*, *Stenella attenuata* e *Sotalia fluviatilis*), e foi possível verificar que essas espécies, exceto *Inia geoffrensis*, apresentaram uma relação inversa da FMAX dos assobios e o tamanho do corpo. Espécies maiores emitem assobios com um alcance de frequência menor e vice-versa. No caso da espécie *Inia geoffrensis*, as características ambientais têm uma forte influência na frequência máxima dos assobios (WANG *et al.*, 1995a). Um conjunto de fatores como as características do ambiente, além da relação entre comprimento do corpo e a amplitude de frequência, pode influenciar no alcance de frequência dos assobios dos delfínídeos.

Os estudos da emissão sonora de *Sotalia guianensis* realizados até o presente, no Brasil, utilizaram limites superiores de frequência de 8 kHz (MONTEIRO-FILHO; MONTEIRO, 2001), de 18 kHz (AZEVEDO; SIMÃO, 2002; ROSSI-SANTOS; PODOS, 2006) e 24 kHz (ERBER; SIMÃO, 2004; AZEVEDO; VAN SLUYS, 2005). Azevedo e Van Sluys (2005) reportaram assobios com frequências entre 1,34 a 23,89 kHz e verificaram que 16% dos assobios selecionados ultrapassaram o limite superior de frequência do sistema de gravação utilizado (24kHz), sugerindo a necessidade da utilização de sistemas de gravação com banda mais larga para o estudo do repertório dos assobios dessa espécie. Pivari e Rosso (2005) verificaram que 17% de todos os assobios do boto-cinza gravados em Cananéia, São Paulo, ultrapassaram o limite de 24 kHz. Os limites do sistema de gravação podem restringir a seleção dos assobios para as análises, o que dificulta a caracterização do repertório dos assobios de algumas espécies de odontocetos (BAZÚA-DURÁN, 2004).

Os resultados do presente estudo demonstraram que 46,1% dos assobios analisados de *S. guianensis* ultrapassaram o limite superior de frequência de 24 kHz, utilizado por outros estudos com essa espécie. Na BG esses assobios representaram mais da metade (59,3%) do total analisado. Na BS foram equivalentes a 43,1% e na BI, a 35,8% dos assobios. A amplitude de frequência encontrada para todos os assobios analisados variou de 1,03 a 46,87 kHz. Esses resultados ampliam o conhecimento sobre a banda de frequência dos assobios emitidos por *S. guianensis* e evidenciam que a espécie emite esses sinais em bandas de frequências mais amplas do que as reportadas para outros delfínídeos e anteriormente descritas para a espécie no Brasil (MAY-COLLADO *et al.*, 2007). Os resultados encontrados reforçam os achados de um estudo realizado na Costa Rica por May-Collado e Wartzok (2009), que demonstrou a necessidade de uso de sistemas com resposta de frequência de 50 kHz em estudos do repertório de assobios de *S. guianensis*. Os autores reportaram um alcance de frequência de 1,38 a 48,40 kHz e verificaram que o limite de frequência utilizado foi responsável por 89% da variação encontrada na comparação dos assobios do boto-cinza entre os diferentes estudos previamente publicados. Segundo May-Collado e Wartzok (2009), a utilização de um sistema de gravação com banda larga é necessária para a caracterização das emissões sonoras de *S. guianensis*, como foi sugerido por Azevedo e Van Sluys (2005).

A emissão de assobios acima de 24 kHz não é comum para outras espécies de delfínídeos, porém existem registros dessa característica para algumas espécies, entre elas estão: *Lagenorhynchus obscurus*, (WANG *et al.*, 1995a); *Stenella longirostris*, (BAZUÁ-DURÁN; AU, 2002; LAMMERS *et al.*, 2003); *Lagenorhynchus albirostris* (RASMUSSEN; MILLER, 2002); *Stenella attenuata* e *Delphinus delphis* (OSWALD *et al.*, 2004); *Tursiops truncatus* (MAY-COLLADO & WARTZOK, 2008). Essa ocorrência é maior em espécies de menor porte como *S. guianensis*, o que corrobora com a relação entre o comprimento do corpo e amplitude de frequência. Essa menor ocorrência também pode estar relacionada à características biogeográficas, apresentando uma variação entre espécies costeiras e oceânicas.

Nos últimos anos os sistemas de gravação têm evoluído possibilitando a realização das análises dos assobios que geralmente ultrapassavam o limite superior de frequência de 24 kHz, até então aplicado pelos estudos dos assobios de *S. guianensis* no Brasil.

6.1 Comparação Intraespecífica dos assobios

As comparações realizadas no presente estudo demonstraram que os assobios emitidos por *S. guianensis* nas três áreas do Estado do Rio de Janeiro variaram quanto à distribuição nas formas de contorno, quanto aos parâmetros acústicos e quanto ao valor de frequência correspondente a maior intensidade sonora do ruído do ambiente. Na análise em conjunto de todos os assobios, sem discriminar as formas de contorno, sete parâmetros analisados (duração, FI, FF, FMAX, F1/4, F1/2 e F3/4) apresentaram diferenças significativas entre as três áreas de estudo, sendo que as áreas mais distantes, BG e BI, apresentaram uma maior diferença entre os parâmetros acústicos. Variações geográficas dos assobios dessa espécie foram registradas recentemente no litoral do Brasil (AZEVEDO, 2005; ROSSI-SANTOS; PODOS, 2006). Os autores reportaram diferenças significativas nos parâmetros acústicos dos assobios do boto-cinza, principalmente, entre áreas não adjacentes. Segundo Azevedo e Van Sluys (2005), poucos parâmetros apresentaram diferenças significativas entre áreas adjacentes. A dificuldade na discriminação pode estar relacionada ao limite superior de frequência do sistema de gravação utilizado em estudos passados (máximo de 24 kHz), que impediu a análise de uma ampla quantidade de assobios que se estendiam além do limite superior de gravação. Rossi-Santos e Podos (2006) encontraram similaridades nos parâmetros acústicos dos assobios de *S. guianensis*, entre áreas próximas. A menor discriminação encontrada naqueles estudos pode estar relacionada à banda mais estreita dos sistemas de gravação utilizados, que limitaram o repertório de assobios analisados e restringiram os valores das variáveis. O sistema de gravação utilizado no presente estudo dobrou o limite superior de frequência de 24 kHz aplicado em outros estudos, permitindo ampliar o número de assobios analisados e os valores dos parâmetros acústicos, o que auxiliou na discriminação dos assobios entre áreas adjacentes.

As médias dos parâmetros de frequência dos assobios da BG foram maiores do que as encontradas na BS e na BI. Essa característica pode estar relacionada às variações no ruído do ambiente, visto o grande tráfego de embarcações de diversos tipos, se sobrepondo à área de vida de *Sotalia guianensis* na BG (AZEVEDO, 2005). Essa sobreposição pode induzir um aumento das variáveis de frequência do boto-cinza nessa área para otimizar a comunicação entre indivíduos. Diferente da BG, as baías de Sepetiba e da Ilha Grande não apresentam diariamente um grande tráfego de embarcações. No presente estudo, a amplitude e os valores médios de frequência correspondentes a maior intensidade sonora do ruído do ambiente foram

diferentes entre as três áreas de estudo. Na BG, a média de frequência (748,62 Hz) foi maior que na BS (499,85 Hz) e na BI (278,11 Hz). O mesmo ocorreu com a amplitude de frequência, que na BG chegou a 2,9 kHz, enquanto na BS e na BI o valor máximo de frequência não ultrapassou 1 kHz. Estas diferenças acústicas do ambiente, encontradas nas três áreas, podem causar variações nos parâmetros de frequência dos assobios de *S. guianensis*. Esta relação do aumento de frequência de emissão em resposta aos níveis de ruído do ambiente foi observada em um estudo com a espécie *Tursiops truncatus* em três áreas do Golfo do México (WANG, 1993). O autor verificou que nas três áreas estudadas, os níveis do ruído do ambiente (incluindo ruído biológicos e não-biológicos) estavam aproximadamente abaixo de 7 kHz enquanto os valores médios dos parâmetros de frequência dos assobios estavam acima. O mesmo estudo sugeriu que nessas áreas, *T. truncatus* pode apresentar características específicas no seu repertório acústico que impedem a interferência do ruído de fundo em sua comunicação. Adicionalmente, o autor verificou que em uma das áreas o ruído de fundo proveniente de atividades industriais foi maior e os parâmetros de frequência dos assobios foram significativamente mais altos, indicando uma possível relação entre o ruído de fundo e a amplitude de frequência dos assobios.

A média de duração na BG foi menor do que na BS e na BI revelando uma possível relação com as características do ambiente, visto que, na BG o ruído de fundo é maior, em relação as outras duas baías, devido ao grande tráfego de embarcações. Em golfinhos, a duração dos assobios pode estar relacionada às adaptações do sinal sonoro a diferentes condições do ambiente, principalmente em relação ao nível de ruído de fundo (WANG, *et al.*, 1995b). Estudos com outros táxons revelaram que espécies de aves presentes em áreas urbanas e em áreas naturais possuem diferenças na duração dos cantos. Os indivíduos da área urbana emitem cantos com menor duração do que os indivíduos de áreas naturais (KOETZ, *et al.*, 2006; BRUMM; TODT, 2002). Assim como para as variáveis de frequência, a maior perturbação sonora na BG pode estar influenciando na duração dos assobios emitidos pelos botos de maneira mais intensa do que nas outras duas baías.

A comparação dos assobios do boto-cinza entre as três baías mostrou uma ampla variação nos parâmetros acústicos: todos os parâmetros foram diferentes entre BG e BI (120 km distantes entre si); oito parâmetros acústicos diferiram entre BG e BS (70 km distantes entre si) e 10 entre BS e BI (50 km distantes entre si). Geralmente, as variáveis de frequência dos sinais sonoros são de difícil discriminação em comparações intraespecíficas (WANG *et al.*, 1995a; AZEVEDO, 2005), pois são características estáveis dos sinais sonoros, uma vez que estão ligadas às adaptações ao ambiente e à capacidade da produção de emissões sonoras

em relação ao tamanho do corpo (WANG, 1993). Contudo, no presente estudo os parâmetros de frequência dos assobios foram diferentes significativamente entre as três áreas, principalmente entre BG e BI. Esses resultados podem estar relacionados à residência, que é uma característica observada em *S. guianensis* (FLORES; da SILVA, 2009). Nas três baías estudadas, o boto-cinza apresenta elevado grau de residência (AZEVEDO, 2005; FLACH, comunicação pessoal) e é provável que este padrão influencie nas características dos assobios, através do isolamento dos indivíduos ou da permanência por longos períodos em um mesmo sítio. A comparação dos catálogos de foto-identificação das três baías não tem evidenciado o movimento de indivíduos entre as áreas, sugerindo que esta troca seja pequena, apesar da proximidade entre as áreas. Deste modo, a residência e a baixa/ausente movimentação de indivíduos entre as áreas podem ter levado a pouca similaridade entre os assobios emitidos nas três baías. Cabe ressaltar, que outros fatores como as características acústicas do ambiente e a interação social, podem estar influenciando as variações dos assobios encontradas.

Observando as comparações dos assobios ascendentes (N=900), descendente-ascendentes (N=180), múltiplos (N=150) e ascendente-descendentes (N=30), verificou-se que as maiores diferenças entre as áreas foram encontradas nos parâmetros acústicos dos assobios ascendentes (teste de *Tukey*, $P < 0,05$). Esse tipo de assobio foi predominante nas três áreas, além de ser predominante no repertório acústico de *S. guianensis*. Os assobios ascendentes apresentam maiores variações nos parâmetros acústicos que podem indicar diferenças intraespecíficas. Adicionalmente, foi possível constatar que o número de parâmetros acústicos que apresentaram diferenças significativas entre BG, BS e BI, diminuiu em relação à comparação geral dos assobios (N=1800). Quanto menor o tamanho amostral maior foi a similaridade das variáveis dos assobios entre as áreas (Tabelas 7, 9 e 11). É possível que com um maior número de assobios das categorias descendente-ascendente, múltiplo e ascendente-descendente, as similaridades entre estes sinais diminuam entre as três áreas estudadas. A análise dos parâmetros acústicos dos assobios para cada forma de contorno possibilita uma comparação mais precisa desse tipo de emissão sonora, indicando a importância de análises mais criteriosas em estudos de assobios do boto-cinza e possivelmente de outras espécies de delfínídeos. A variação encontrada nos assobios de *S. guianensis* entre as três baías pode também estar ligada aos tipos de assobios mais comuns em cada área, representados pelos assobios ascendentes, que apesar de apresentarem a mesma forma de contorno, possuem diferenças em seus parâmetros acústicos, possivelmente ligados a informações individuais ou de grupo.

Os resultados de todas as comparações realizadas demonstraram que os parâmetros de frequência (FI, FF, FMAX e F3/4) foram os que mais apresentaram diferenças significativas entre a três áreas. Esses parâmetros foram diferentes na comparação geral dos assobios e na comparação dos assobios com a mesma forma de contorno. Esses resultados diferem em relação a outros estudos com a mesma espécie (AZEVEDO; VAN SLUYS, 2005) que encontraram maior similaridade nos parâmetros de frequência e maiores diferenças nos pontos de inflexão e duração dos assobios, e com outras espécies de odontocetos (WANG *et al.*, 1995b). No entanto, um estudo comparativo, entre duas populações do golfinho comum, *Delphinus delphis*, verificou diferenças significativas em todos os parâmetros analisados (ANSMANN, *et al.*, 2007).

A utilização de um sistema de gravação com limite superior de 48 kHz possibilitou a análise de muitos assobios que, até o presente, não foram incluídos nas análises nos estudos das emissões sonoras do boto-cinza realizados no Brasil. Com isso, foi possível verificar a importância do limite de frequência aplicado para caracterizar o repertório acústico dessa espécie, juntamente com as análises qualitativas das formas de contorno e as análises quantitativas dos parâmetros acústicos dos assobios.

7. CONCLUSÕES

O repertório dos assobios de *Sotalia guianensis* nas três áreas de estudo apresenta uma predominância de assobios com zero e um ponto de inflexão, com forma de contorno ascendente e presença de harmônicos.

A aplicação de um sistema de gravação com limite superior de 48 kHz é eficaz na comparação intraespecífica dos assobios de *S. guianensis*, e amplia o conhecimento sobre a banda de frequência dos assobios emitidos por essa espécie.

As comparações realizadas no presente estudo demonstram que os assobios emitidos por *S. guianensis* nas três áreas do Estado do Rio de Janeiro variam quanto à distribuição nas formas de contorno, quanto aos parâmetros acústicos e quanto ao valor de frequência correspondente a maior intensidade sonora do ruído do ambiente.

A análise dos parâmetros acústicos dos assobios para cada forma de contorno possibilita uma comparação mais precisa desse tipo de emissão sonora, indicando a importância de análises mais criteriosas em estudos de assobios do boto-cinza e possivelmente de outras espécies de delfínídeos.

Estudos futuros, com análises criteriosas da variação dos assobios de *Sotalia guianensis* e de outras espécies de delfínídeos são relevantes para o conhecimento da ecologia e para a determinação de variações intra e interespecíficas presentes no repertório acústico.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMADOR, E. S. *Baía de Guanabara e Ecossistemas Periféricos: Homem e Natureza*. Rio de Janeiro, Ed. do autor, 1997. 539 p.

ARAÚJO, F. G.; DE AZEVEDO, M. C. C.; SILVA, M. A.; PESSANHA, A. L. M. GOMES; I. D.; CRUZ-FILHO G. Environmental influences on the demersal fish assemblages in the Sepetiba Bay, Brazil. *Estuaries*, v. 25, p. 441-450. 2002.

ANSMANN, I. C.; GOOLD, J. C.; EVANS, P.G.H.; SIMMONDS, M.; KEITH, S. G. Variation in the whistle characteristics of short-beaked common dolphins, *Delphinus delphis*, at two locations around the British Isles. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, United Kingdom, v. 87, p. 19–26, 2007.

AZEVEDO, A. F. *Emissões sonoras do boto-cinza (Sotalia fluviatilis Gervais, 1853) na Baía de Guanabara – RJ*. 2000. 101 f. Dissertação de Mestrado. Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro.

AZEVEDO, A. F.; SIMÃO, S. M. Whistles produced by marine tucuxi dolphins (*Sotalia fluviatilis*) in Guanabara Bay, southeastern Brazil. *Aquatic Mammals*, v. 28, p. 261-266. 2002.

AZEVEDO, A. F.; VAN SLUYS, M. Whistles of tucuxi dolphins (*Sotalia fluviatilis*) in Brazil: comparisons among populations. *Journal of the Acoustical Society of America*, v. 117 n. 3, 1456-1464, 2005.

AZEVEDO, A. F.; VIANA, S. C.; OLIVEIRA, A. M.; VAN SLUYS, M. Group characteristics of marine tucuxis (*Sotalia fluviatilis*) (Cetacea: Delphinidae) in Guanabara Bay, south-eastern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* v. 85 p. 209-212, 2005.

AZEVEDO, A. F. *Comportamento e uso do espaço por Sotalia guianensis (Cetacea, Delphinidae) na Baía de Guanabara (RJ) e variação geográfica dos assobios da espécie ao longo da costa do Brasil*. 2005. 157 f. Tese de Doutorado. Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

AZEVEDO, A. F.; OLIVEIRA, A. M.; VIANA, S. C.; VAN SLUYS, M. Habitat use by marine tucuxi (*Sotalia guianensis*) (Cetacea: Delphinidae) in Guanabara Bay, south-eastern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, v. 87, p. 201–205, 2007.

BAZÚA-DURÁN, M. C.; Au, W. W. L. Whistles of Hawaiian spinner dolphins. *J. Acoust. Soc. Am.*, v. 112, p. 3064-3072, 2002.

_____. Geographic variation in the whistles of spinner dolphins (*Stenella longirostris*) of the Main Hawaiian Islands. *Journal of the Acoustical Society of America* v. 116 n. 6, p. 3757-3769, 2004.

- BAZÚA-DURÁN, M. C. Differences in the whistle characteristic and repertoire of bottlenose and spinner dolphins. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences* v. 76 n. 2, p. 386-392, 2004.
- BIZERRIL, C. R. S. F.; COSTA, P. A. Peixes marinhos do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Fundação de Estudos do Mar – Femar, Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Estado do Rio de Janeiro, 2001.
- BOROBIA, M. Comportamento e aspectos biológicos dos botos da Baía de Guanabara. 1984 Monografia de Bacharelado 71 f. Instituto de Biologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro.
- BRANDINI, F. P.; LOPES, R. M.; GUTSEIT, K. S.; SPACH, H. L. & SASSI, R. Planctonologia na plataforma continental do Brasil: diagnose e revisão bibliográfica. Rio de Janeiro: Fundação de Estudos do Mar – FEMAR, Não paginado, 1997.
- BRUMM, H.; TODT, D. Noise-dependent song amplitude regulation in a territorial songbird. *Animal Behaviour*, v. 63 p. 891–897, 2002.
- CABALLERO, S.; TRUJILLO, F.; VIANNA, J. A.; BARRIOS-GARRIDO, H.; MONTIEL, M. G.; BELTRÁN-PEDREROS, S.; MARMONTEL, M.; SANTOS, M. C.; ROSSI-SANTOS, M.; SANTOS, F. R.; BAKER, C. S. Taxonomic status of the genus *Sotalia*: Species level ranking for “Tucuxi” (*Sotalia fluviatilis*) and “Costero” (*Sotalia guianensis*) dolphins. *Marine Mammals Science*, v. 23, p. 358-386, 2007.
- CALDWELL, M. C.; CALDWELL, D. K. Individualized whistles contorns in bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). *Nature*, London, v. 207: 434-435. 1965.
- CALDWELL, M. C.; CALDWELL, D. K.; TYACK, P. L. Review of the signature-whistle hypothesis for the Atlantic bottlenose dolphin. In: *The bottlenose dolphin*. eds. LEATHERWOOD, S.; REEVES, R. R. Academic Press, San Diego, EUA, p. 199-234. 1990.
- CARVALHO, Cory T. Sobre um boto comum no litoral do Brasil (Cetacea, Delphinidae). *Revista Brasileira de Biologia*, Rio de Janeiro, v. 23, p. 263-276, 1963.
- CHARRIER, I., MATHEVON, N., JOUVENTIN, P. How does a fur seal mother recognize the voice of her pup? An experimental study of *Arctocephalus tropicalis*. *Journal of Experimental Biology* 205, 603–612, 2002.
- COPELAND, G.; MONTEIRO, T.; COUCH, S.; BORTHWICK, A. Water quality in Sepetiba Bay, Brazil. *Marine Environmental Research*, v. 55, p. 385-408, 2003.
- COSTA, H. Uma avaliação da qualidade das águas costeiras de Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Fundação de Estudos do Mar – FEMAR, Não paginado, 1998.
- CREED, J. C.; PIRES, D. O.; FIGUEIREDO, M. A. de O. Biodiversidade marinha da Baía da Ilha Grande. Série Biodiversidade 23, Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Brasília, p. 416, 2007.

- CUNHA, H. A.; DA SILVA, V. M. F.; LAILSON-BRITO, J. Jr.; SANTOS, P. A. O.; FLORES, P. A. C.; MARTIN, A. R.; AZEVEDO, A. F.; FRAGOSO, A. B. L.; ZANELATTO, R. C.; SOLÉ-CAVA, A. M. Riverine and marine ecotypes of *Sotalia* dolphins are different species. *Marine Biology*, v. 148, p. 449-457, 2005.
- CUNHA, C. L. N., ROSMAN, P. C. C. FERREIRA, A. P., MONTEIRO, T. C. N. Hydrodynamics and water quality models applied to Sepetiba Bay. *Continental Shelf Research*, v. 26, p. 1940-1953. 2006.
- DA SILVA, V. M. F.; BEST, R. C. *Sotalia fluviatilis*. *Mammalian Species*, p. 527, 1996.
- DI BENEDITO, A. P.; RAMOS, R. Biology of the marine tucuxi dolphin (*Sotalia fluviatilis*) in south-eastern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, v. 84, p. 1245-1250, 2004.
- DIAS, L. A., HERZING, D.; FLACH, L. Aggregations of Guiana dolphins (*Sotalia guianensis*) in Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, south-eastern Brazil: distribution patterns and ecological characteristics. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, v. 89, n. 5, p. 967-973, 2009.
- DORNELES, P. R.; LAILSON-BRITO, J.; FERNANDEZ, M. A. S.; VIDAL, L. G.; BARBOSA, L. A.; AZEVEDO, A. F.; FRAGOSO, A. B. L.; TORRES, J. P. M.; MALM, O. Evaluation of cetacean exposure to organotin compounds in Brazilian waters through hepatic total tin concentrations. *Environmental Pollution*, p. 1-9, 2008.
- ERBER, C.; SIMÃO, S. M. Analysis of whistles produced by the Tucuxi Dolphin *Sotalia fluviatilis* from Sepetiba Bay, Brazil. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, v. 76, n. 2, p. 381-385, 2004.
- FEEMA. Projeto de Recuperação Gradual do Ecossistema da Baía de Guanabara, Rio de Janeiro. Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente, Rio de Janeiro, Brasil, 1990.
- FIGUEIREDO L. D.; SIMÃO, S. M. Possible occurrence of signature whistles in a population of *Sotalia guianensis* (Cetacea, Delphinidae) living in Sepetiba Bay, Brazil. *Journal Acoustic Society of America*. v. 126, n. 3, p. 1563-1569, 2009.
- FLACH, L.; FLACH, P. A.; CHIARELLO, A. G. Density, abundance and distribution of the Guiana dolphin, (*Sotalia guianensis* van Benédén, 1864) in Sepetiba Bay, Southeast Brazil. *The Journal of Cetacean Research and Management*, v. 10, p. 31-36, 2008a.
- FLACH, L., FLACH, P. A.; CHIARELLO, G. A. Aspects of behavioral ecology of *Sotalia guianensis* in Sepetiba Bay, southeast Brazil. *Marine Mammal Science*, v. 24, n. 3, p. 503-515, 2008b.
- FLORES, P. A. C.; DA SILVA, V. M. F. Tucuxi and Guiana Dolphin (*Sotalia fluviatilis* and *Sotalia guianensis*). In.: PERRIN, W. F., WURSIG, B.; THEWISSEN, J. G. M. (Eds.), *Encyclopedia of Marine Mammals*, Elsevier, Amsterdam, 2nd ed., p.1352. 2009.

GEISE, L. *Estrutura social, comportamental e populacional de Sotalia sp. (Gray, 1886) (Cetacea, Delphinidae) na região estuarino-lagunar de Cananéia, SP e na Baía de Guanabara, RJ*. Dissertação de Mestrado, Universidade do Estado de São Paulo, 1989.

IBAMA. *Mamíferos aquáticos do Brasil: plano de ação, versão II*. 2^a ed. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Brasília, Brasil, p. 96, 2001.

INEA. *Estudo técnico para criação da área de proteção Ambiental do ecossistema marinho da baía de Sepetiba*. Rio de Janeiro. p.15, 2009

JANIK, V. M.; SLATER, P. J. B. Context-specific use suggests that bottlenose dolphin signature whistles are cohesion calls. *Animal Behaviour*, v. 56, p. 829-838, 1998.

JEFFERSON, T. A.; LEATHERWOOD, S.; WEBER, M. A. *Species Identification Guide*. Marine Mammals of the World. FAO, Rome, p. 320, 1993.

JICA. Japan Internacional Cooperation Agency: *The study on recuperation of the Guanabara Bay Ecosystem*, Progress Report. Rio de Janeiro, Brasil. 1994.

KJERFVE, B.; RIBEIRO, C. H. A.; DIAS, G. T. M.; FILIPPO, A. M.; QUARESMA, V. S. Oceanographic characteristics of an impacted coastal bay: Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brazil. *Continental Shelf Research* v. 17 n. 13, p. 1609-1643, 1997.

KOETZ, A. H.; WESTCOTT, D. A.; CONGDON, B. C. Geographical variation in song frequency and structure: the effects of vicariant isolation, hábitat type and body size. *Animal Behaviour*, v. 74, p. 1573-1583, 2006.

LAILSON-BRITO, J. Jr. *Estudo ecotoxicológico demetais-traço (Fe, Cu, Zn, Mn, Cd e Pb) em cetáceos da costa do Estado do Rio de Janeiro*. 2000. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

LAILSON-BRITO, J. Jr. *Bioacumulação de Mercúrio, Selênio e Organoclorados (DDT, PCB e HCB) em cetáceos (Mammalia, Cetacea) da costa do sudeste e sul do Brasil*. 2007. 251 f. Tese de doutorado, (Doutor em Ciências Biológicas), Universidade Federal do Rio de Janeiro.

LAMMERS, M. O.; AU, W. W. L.; HERZING, H. L. The broadband social acoustic signaling behavior of spinner and spotted dolphins. *Journal of the Acoustical Society of America*, v.114, p. 1629-1639, 2003.

LODI, L.; HETZEL, B. Grandes agregações do Boto-cinza (*Sotalia fluviatilis*) na Baía da Ilha Grande, Rio de Janeiro. *Bioikos*, Campinas, v. 12, n. 2, p. 26-30, 1998.

LODI, L. Tamanho e composição de grupo dos botos cinza *Sotalia guianensis* (P. J. Van Bénédén, 1864) (Cetacea, Delphinidae), na Baía de Paraty, Rio de Janeiro, Brasil. *Atlantica* v. 25, p. 135-146, 2003.

MASTERS, J. C. Loud calls of *Galago crassicaudatus* and *Galago garnettii* and their relation to habitat structure, *Primates* 32, 153–168, 1991.

- MATTHEWS, J. N.; RENDELL, L. E.; GORDON, J. C. D.; MACDONALD, D. W. A review of frequency and time parameters of cetacean tonal calls. *Bioacoustics* v. 10, p. 47-71, 1999.
- MAY-COLLADO, L. J.; AGNARSSON, I.; WARTZOK, D. Reexamining the relationship between body size and tonal signals frequency in whales: *A comparative approach using a novel phylogeny*. *Marine Mammal Science*. v. 23, p. 524-552, 2007.
- MAY-COLLADO, L. J.; WARTZOK, D. A comparison of bottlenose dolphin whistles in the Atlantic Ocean: Factors promoting whistles variation. *Journal of Mammalogy* v. 89, p. 1229-1240, 2008.
- _____. A characterization of Guyana dolphin (*Sotalia guianensis*) whistles from Costa Rica: The importance of broadband recording systems. *Journal of the Acoustical Society of America* v. 125, n. 2, p. 1202-1213, February, 2009.
- MILLER, P. J. O.; SHAPIRO, A. D.; TYACK, P. L.; SOLOW, A. R. Call-type matching in vocal exchanges of free-ranging resident killer whales, *Orcinus orca*. *Animal Behavior*, n. 67, p. 1099-1107, 2004.
- MONTEIRO-FILHO, E. L. A. Comportamento de caça e repertório sonoro do golfinho *Sotalia brasiliensis* (Cetacea, Delphinidae) na região de Cananéia, SP. 1991. Tese de Doutorado, Universidade de Campinas, Campinas, Brasil.
- MONTEIRO-FILHO, E. L. A.; MONTEIRO, K. D. K. Low frequency sounds emitted by *Sotalia fluviatilis guianensis* (Cetacea: Delphinidae) in an estuarine region in southeastern Brazil. *Can J. Zool.* n. 79 p. 59-66, 2001.
- MONTEIRO-FILHO, E. L. A.; MONTEIRO, L. R.; REIS, S. F. Skull shape and size divergence in dolphins of the genus *Sotalia*: a tridimensional morphometric analysis. *Journal of Mammalogy*. n. 83 p. 125-134, 2002.
- NETO, A. C. L.; LEGEY, L. F. L.; GONZÁLES-ARAYA, M. C.; JABLONSKI, S. A system dynamics models for the environmental management of the Sepetiba Bay Watershed, Brazil. *Environ Manage*, v. 38, p. 879-888. 2006.
- NORRIS, K. S.; WURSIG, B.; WELLS, R. S.; WURSIG, M. The Hawaiian Spinner Dolphin. University of California Press: Berkeley, CA p. 408, 1994.
- OSWALD, J. N.; RANKIN, S.; BARLOW, J. The effect of recording and analysis bandwidth on acoustic identification of delphinid species. *Journal of the Acoustical Society of America* v. 116, n. 5, p. 3178-3185, 2004.
- PIVARI, D.; ROSSO, S. Whistles of small groups of *Sotalia fluviatilis* during foraging behavior in southeastern Brazil. *Journal of the Acoustical Society of America* v. 118, n. 4, p. 2725-2731, 2005.
- PESSANHA, A. L. M.; ARAÚJO, F. G. Spatial, temporal and diel variations of fish assemblages at two sandy beaches in the Sepetiba bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, v. 57, p. 817-828, 2003.

- RAMOS, R. M. A. Variação morfológica em *Pontoporia blainvillei* e *Sotalia fluviatilis* (Cetacea) na costa sudeste do Brasil. 2001. Tese de Doutorado, Centro de Biociências e Biotecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro. 156 p.
- RASMUSSEN, M. H.; MILLER, L. A. Whistles and clicks from white-beaked dolphins (*Lagenorhynchus albirostris* Gray 1846) recorded in Faxafloi Bay, Iceland. *Aquatic Mammals Science*, v. 28, p. 78-89, 2002.
- RASMUSSEN, M. H.; LAMMERS, M.; BEEDHOLM, K.; MILLER, L. A. Source levels and harmonic content of whistles in white-beaked dolphins (*Lagenorhynchus albirostris*). *Journal of the Acoustical Society of America* v. 120, n. 1, p. 510-517, 2006.
- REEVES, R. R.; SMITH, B. D.; CRESPO, E.A.; DI SCIARA, G.N. *Dolphins, Whales and Porpoises: 2002-2010 Conservation Action Plan for the World's Cetaceans*. IUCN/SSC Cetacean Specialist Group. IUCN, Gland and Cambridge, p. 139, 2003.
- RENDELL, L. E.; MATTHEWS, J. N.; GILL, A.; GORDON, J. C. D.; MACDONALD, D. W. Quantitative analysis of tonal calls from five odontocete species, examining interspecific and intraspecific variation. *Journal of Zoology London*, n. 249, p. 403-410, 1999.
- RICHARDSON, W. J.; GREENE, C. R. J.; MALME, C. I.; THOMSOM, D. H. *Marine Mammals and Noise*. Academic Press, New York, p. 576. 1998.
- ROSAS, F. C. W.; BARRETO, A. S.; MONTEIRO-FILHO, E. L. A. Reproduction of the estuarine dolphin (*Sotalia guianensis*) (Cetacea, Delphinidae) on the Paraná coast, southern Brazil. *Fishery Bulletin*, n. 101, p. 377-383, 2003.
- ROSSI-SANTOS, M.; PODOS, J. Latitudinal variation in whistle structure of the estuarine dolphin *Sotalia guianensis*. *Behaviour* n. 143, p. 347-364, 2006.
- SANTOS, M.C. de O.; ROSSO, S. Ecological aspects of marine tucuxi dolphins (*Sotalia guianensis*) based on group size and composition in the Cananéia estuary, Southeastern Brazil. *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, v. 6, p. 71-82, 2007.
- SEMADS. Ambiente das Águas no Estado do Rio de Janeiro. Cooperação Técnica Brasil-Alemanha, Projeto Planágua-SEMADS/GTZ. p. 228, 2001.
- STEINER, W. W. Species-specific differences in pure tonal whistle vocalizations of five western North Atlantic dolphin species. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, n. 9 p. 241-246, 1981.
- SOARES-GOMES, A.; PIRES-VANIN, A. M. S. Padrões de abundância, riqueza e diversidade de moluscos bivalves na plataforma continental ao largo de Ubatuba, São Paulo, Brasil: uma comparação metodológica. *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 20, p. 717-725, 2003.
- TYACK, P. L. Communication and cognition. In: *Biology of Marine Mammals*. Eds.

REYNOLDS, J. E. & ROMMEL, S. A. Smithsonian Institution Press, Washington, EUA, p. 287-323. 1999.

TYACK, P. L. Functional aspects of cetacean communication. p. 270-307. In.: MANN, J., CONNOR, R. C., TYACK, P. L.; WHITEHEAD, H. The University of Chicago Press. p. 433. 2000.

ZAR, J. H. Biostatistical Analysis, Prentice Hall, New Jersey, p. 663, 1999.

WANG, D. Dolphin whistles: comparisons between populations and species. p. 247. Ph.D. dissertation, *The Chinese Academy of Sciences*, Wuhan, China, 1993.

WANG, D. W.; WURSIG, B.; EVANS, W. E. Comparisons of whistles among seven odontocete species. In: *Sensory Systems of Aquatic Mammals*. eds. R.A. KASTELIEN, R. A.; THOMAS, J. A.; NACHTIGAL, P. E., De Spil Press, Woerden, Holanda, p. 299-323, 1995a.

_____. Whistles of bottlenose dolphins: comparisons among populations. *Aquatic Mammals*, v. 21, n. 1, 65-77, 1995b.