



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOLOGIA



ALICE DE MOURA LIMA

CARACTERIZAÇÃO DOS ASSOBIOS E INVESTIGAÇÃO DA  
HIPÓTESE DE ASSOBIOS-ASSINATURA EM BOTOS-CINZA (*Sotalia*  
*guianensis*) (VAN BÉNÉDEN, 1864) EM ILHÉUS, BAHIA, BRASIL?



ILHÉUS-BA

2014



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOLOGIA



ALICE DE MOURA LIMA

**OS BOTOS-CINZA (*Sotalia guianensis*) (VAN BÉNÉDEN, 1864) EMITEM  
ASSOBIOS-ASSINATURA EM ILHÉUS, BAHIA, BRASIL?**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zoologia da Universidade Estadual de Santa Cruz como parte dos requisitos obrigatórios para obtenção do título de mestre em Zoologia.

Área de concentração: Zoologia Aplicada

Orientador: Dr. Yvonnick Le Pendu

ILHÉUS-BA

2014

L732

Lima, Alice de Moura.

Caracterização dos assobios e investigação da hipótese de assobios-assinaturas em botoes-cinza (*Sotalia guianensis*) (Van Bénéden, 1864) em Ilhéus, Bahia, Brasil? / Alice de Moura Lima. – Ilhéus, BA: UESC, 2014.

v, 56f. : il.

Orientadora: Yvonnick Le Pendu.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Santa Cruz, Programa de Pós - Graduação em Zoologia.

Inclui bibliografia e Apêndice.

1. Boto-tucuxi. 2. Animais - Sons. I. Título.

CDD 599.53

**ALICE DE MOURA LIMA**

**OS BOTOS-CINZA (*Sotalia guianensis*) (VAN BÉNÉDEN, 1864) EMITEM  
ASSOBIOS-ASSINATURA EM ILHÉUS, BAHIA, BRASIL?**

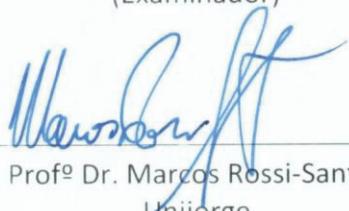
Ilhéus-BA, 25/02/2014



Profº Dr. Yvonnick Le Pendu  
UESC  
(Orientador)



Profº Dr. Mario Manoel Rollo Junior  
UNESP  
(Examinador)



Profº Dr. Marcos Rossi-Santos  
Unijorge  
(Examinador)

## **DEDICATÓRIA**

Aos meus pais e irmãos, que sempre me deram forças para construir meu futuro com a dedicação ao presente, dedico.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Departamento de Ciências Biológicas e ao Programa de Pós-graduação em Zoologia da Universidade Estadual de Santa Cruz, pela oportunidade de realizar o curso.

À Fapesb pela bolsa concedida.

À Cetacean Society International, Animal Behavior Society e Universidade Estadual de Santa Cruz pelos financiamentos concedidos.

Ao professor Yvonnick Le Pendu, pela orientação, disponibilidade, apoio, confiança, compreensão, entusiasmo, indispensável colaboração técnica e amizade.

Aos professores Daniel Danilewicz e Marcos Rossi-Santos, pelas valiosas contribuições no meu exame de qualificação.

Aos professores Mario Rollo Junior e Marcos Rossi-Santos por aceitarem participar como examinadores na minha defesa da dissertação.

Aos docentes do curso, pela colaboração na minha formação de pesquisadora, em especial Romari, Daniel e Gil, que ajudou também na coleta de dados.

Aos queridos colegas de turma, pela amizade, resenhas e companhia, cada um com seu quê de especial: Aluane, Gui, Joca, Guido, Kalinka, Túlio, Ricardo, Igor, Jajá, Michelly, Lucas e Iurianny.

Ao Grupo de Pesquisa em Mamíferos Aquáticos de Ilhéus (GPMAI), pelo livre acesso à base de dados, pelas trocas de experiência e pela amizade.

Às amigas Flavinha, Mila, Mai, Mary, Ana, Nanu e Lari, minhas companheiras queridas, por toda a amizade de sempre.

Ao pessoal da marina, especialmente João, Sidney, Adolfo e Ceará, pela indispensável colaboração nas saídas de barco. Agradeço também a Albertinho da Wahoo e ao Fábio “Gordo” pela participação como pilotos em algumas saídas.

Ao casal André e Letícia, por terem “surgido do nada” com as soluções para quase todos os meus problemas. Me sinto infinitamente agradecida pela colaboração dos dois.

As meninas da equipe: Jemilli, Paulinha, Evelyn, Rafaela, Jamille, Ellen e Ana Carla; e ao menino que entrou já no finalzinho: Juliano, pela ajuda na coleta de dados.

Aos indispensáveis colaboradores no método de classificação visual: Christini, Thaise, Jose, Amanda, Euvaldo e Mirco.

Ao Gastón Giné, pela ajuda na confecção do mapa da área de estudo.

Ao pessoal do Porto do Malhado, por permitir o acesso para a coleta de ponto fixo.

À Infraero, por disponibilizar os dados meteorológicos.

Ao Paulo Flores, Thais, e suas filhas lindas com nomes que lembram o mar (Janaína e Marina) pela colaboração em uma das melhores saídas de barco.

Aos velhos e novos amigos: Yuri, Cris, Estela, Eliza e Martha, que de alguma forma colaboraram para esse trabalho.

A toda a minha família, em especial, a meu pai, pelo amor, carinho e dedicação incondicionais, inclusive com participação importantíssima na logística das coletas de dados; a minha mãe, também pelo amor infinito, cuidados, apoio, força, e por toda a

base que me deu desde sempre; a Saul, meu irmão biólogo, meu exemplo, meu conselheiro, meu abre-portas de sempre; e a Lucas, meu irmão também querido, por todos os conselhos, amor, apoio e amizade.

## **OS BOTOS-CINZA (*Sotalia guianensis*) (VAN BÉNÉDEN, 1864) EMITEM ASSOBIOS-ASSINATURA EM ILHÉUS, BAHIA, BRASIL?**

### **RESUMO**

Assobios-assinatura carregam informações de identidade do emissor e são frequentemente produzidos por golfinhos isolados ou durante atividade de forrageamento para manter a coesão do grupo. Eles foram amplamente estudados no golfinho nariz-de-garrafa (*Tursiops truncatus*). Um estudo recente sugeriu a ocorrência de assobios-assinatura na população de boto-cinza (*Sotalia guianensis*) da Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, mas não conseguiu identificar os emissores. O objetivo deste estudo é descrever as características dos assobios na população de *S. guianensis* de Ilhéus e investigar a ocorrência de assobios-assinatura. Os assobios foram gravados e os animais foram fotoidentificados a partir de uma embarcação. Foram avistados 55 grupos, variando de 1 a 8 indivíduos, totalizando 210 golfinhos e foram gravadas as emissões sonoras de 21 grupos. Os parâmetros de frequência e duração dos 915 assobios gravados foram similares aos gravados em outras populações. O método de classificação visual e o método quantitativo de similaridade do contorno foram aplicados aos sonogramas de 68 assobios estereotipados, isto é, potenciais assinaturas. Cinco de seis juízes humanos concordaram na formação de 14 grupos, e quatro destes estiveram contidos nos 16 grupos definidos pelo método quantitativo. O padrão de modulação de frequência foi consistente o suficiente para servir como base a ambos os métodos. A presença dos mesmos indivíduos em diferentes ocasiões de gravação permite inferir relações entre alguns tipos de assobio com alguns indivíduos. O estudo é o primeiro a aplicar a técnica de fotoidentificação para identificar emissores de assobios e dá novas evidências para a existência de assobios-assinatura em *Sotalia guianensis*.

Palavras-chave: *Sotalia*, assobio-assinatura, classificação visual, similaridade, contorno.

**DO GUIANA DOLPHINS (*Sotalia guianensis*) (VAN BÉNÉDEN, 1864) EMIT SIGNATURE-WHISTLES IN ILHÉUS, BAHIA, BRAZIL?****ABSTRACT**

Signature whistles carry identity information and are often produced by isolated dolphins or during foraging activity to maintain group cohesion. They have been widely studied in the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*). A recent study suggested the occurrence of signature whistles in Guiana dolphin population (*Sotalia guianensis*) in Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, but could not identify the individuals whistling. The objective of this study is to describe the whistle characteristics in the population of *S. guianensis* from Ilhéus and investigate the occurrence of signature whistles. The whistles were recorded, and the animals were photographed from a boat. We sighted 55 groups ranging from 1 to 8 individuals, totaling 210 dolphins and recorded the sound emissions from 21 groups. The frequency parameters and duration of the 915 recorded whistles were similar to those recorded in other populations. The visual classification method and the quantitative method of contour similarity were applied to the spectrograms of 68 stereotyped, i.e. potential signature whistles. Five of six human judges agreed on the formation of 14 groups, and 4 of these were contained in the 16 groups defined by the quantitative method. The presence of the same individuals in different recording occasions allows to infer an association of some whistle types with some individuals of dolphins. The study is the first to use the photoidentification technique to identify individuals emitting whistles and provides new evidences for the existence of signature whistles in *S. guianensis*.

Keywords: *Sotalia*, signature-whistle, visual classification, similarity, contour.

## **Lista de ilustrações**

<i>Figure 1 – Map of Ilhéus coast, south of Bahia state, northeastern Brazil, showing the study area (adapted from Reuss-Strenzel and Assunção, 2008).</i>	21
<i>Figure 2 – Three images of spectrograms of whistles presented to judges during the application of visual inspection method (the code numbers were omitted during the classification process).</i>	26
<i>Figure 3- Example of Guiana dolphin whistle with 15 frequency points extracted for the contour similarity method.</i>	27
<i>Figure 4 – Principal component analysis using mean values of frequency and duration from 11 populations of Guiana dolphin. Factor 1 explains 60.24% of variance and factor 2 explains 28.76% of variance. Sepetiba Bay/RJ (italic) was included as supplementary data.</i>	30
<i>Figure 5 – Dendrogram of a hierarchical cluster analysis of the 68 whistles, using unweighted pair group method with arithmetic averaging (UPGMA) and a cophenetic correlation coefficient of 0.891. The black lines under the whistles {#31,#33,#41}, {#14,#42}, {#49, #55, #82}, {#36, #44}, {#6, #73}, {#9, #68} indicate pairs of whistles associated by all 6 judges. The minimum and maximum associations between two whistles in a cluster are visualized by the lower and upper bounds of shadowed regions.</i>	32
<i>Figure 6 – Biplot of F1 and F2 of whistles frequencies obtained from a PCA. The initial variables were 15 frequencies measures of 67 different whistles that are symbolized by symbols on the figure. The different symbols illustrate different occasions recording whistles.</i>	35

## **Índice de tabelas**

<i>Table 1 – A comparative table of whistle frequency values (kHz), percentage of ascending and mean duration from this study and 10 other populations of Guiana dolphin arranged from south to north. . Start freq = start frequency; FQ1 = frequency at the first quartile of duration; F1/2 = frequency at the middle of duration; FQ3 = frequency at the third quartile of duration; End freq = final frequency. 1 = North Bay/SC; 2 = Guarapeçaba/PR; 3 = Cananéia/SP; 4 = Puruba/SP (Azevedo and Van Sluys, 2005); 5 = SepetibaBay/RJ (Erber and Simão, 2004); 6 = Guanabara Bay/RJ (Azevedo and Van Sluys, 2005); 7 = This study; 8 = Fortaleza/CE; 9 = Marapanim/PA; 10 = Pacajá River/PA (Azevedo and Van Sluys, 2005), 11 = Costa Rica (May-Collado and Wartzok, 2009).</i>	29
<i>Table 2 – Assemblages made by at least five judges with identified individuals present at more than one recording occasion. The table shows the code of whistles grouped by assemblages, the number of animals present at these recording occasions and identified animals (individuals observed on several occasions are in bold).</i>	34
<i>Table 3 – Classes (C1 to C16) produced by k-means clustering (k=16) of F1 and F2 coordinates of the PCA of the frequencies of 67 whistles. Each number represents the whistle code numbers. The coinciding assemblages formed by the visual analysis of spectrograms by at least five judges are featured in grey.</i>	37

## Sumário

RESUMO.....	i
ABSTRACT .....	ii
Lista de ilustrações .....	iii
Índice de tabelas .....	iii
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	2
2.1 O BOTO-CINZA, <i>Sotalia guianensis</i> .....	2
2.2 ASSOBIOS DE <i>S. guianensis</i> .....	7
2.3 A HIPÓTESE DE ASSOBIOS-ASSINATURA .....	10
2.4 FOTOIDENTIFICAÇÃO EM CETÁCEOS .....	13
3 OBJETIVOS.....	14
3.1 GERAL .....	14
3.2 ESPECÍFICOS .....	14
Manuscrito para “The Journal of the Acoustical Society of America” .....	15
ABSTRACT .....	16
I. INTRODUCTION.....	17
II. MATERIALS AND METHODS .....	19
A Study area .....	19
B Data collection .....	19
C Data analysis .....	22
1 Spectograms .....	22

2 Photographs .....	24
3 Classification of whistles according to visual inspection method .....	24
4 Classification of whistles according to the contour similarity method ....	26
5 Combined analysis of sound recordings and photographs .....	27
 III. RESULTS.....	27
A Sampling effort .....	27
B Spectrogams .....	28
C Classification of whistles according to visual inspection method .....	31
D Combined analysis of sound recordings and photographs.....	33
E Classification of whistles according to the contour similarity method ....	35
 IV. DISCUSSION.....	37
 V. ACKNOWLEDGMENTS .....	40
 VI. LITERATURE CITED.....	41
 4 CONCLUSÕES GERAIS .....	46
 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
 APÊNDICE A – Ficha de observação utilizada na coleta embarcada dos dados	56
 APÊNDICE B – Ficha de observação utilizada na coleta de ponto fixo .....	57
 APÊNDICE C – Exemplo de par dorsal-contorno de um indivíduo de boto-cinza inserido no catálogo do GPMAI (indivíduo # 93).....	58

## 1 INTRODUÇÃO

O Grupo de Pesquisa em Mamíferos Aquáticos de Ilhéus (GPMAI) estuda o boto-cinza (*Sotalia guianensis*) na região de Ilhéus desde 2005. Já foram conduzidos estudos etnoecológicos com pescadores (LIMA; LE PENDU, 2010), de uso do habitat (SANTOS et al., 2010a), caracterização dos grupos (IZIDORO; LE PENDU, 2012a), e estudos comportamentais (IZIDORO; LE PENDU, 2012b), incluindo um estudo preliminar dos assobios da população de botoes-cinza de Ilhéus (LIMA; LE PENDU, 2010). Setenta e oito botoes-cinza foram foto-identificados no litoral de Ilhéus entre 2007 e 2011 (LE PENDU et al., 2011), a maioria nas proximidades do Porto do Malhado.

Numerosos estudos têm documentado variação na estrutura acústica dos assobios em delfinídeos, porém poucas pesquisas foram realizadas com o boto-cinza AZEVEDO; VAN SLUYS, 2005; PARO, 2005; ROSSI-SANTOS; PODOS, 2006; LIMA, 2007) e a maioria foi conduzida com equipamentos que, apesar de serem os mais acessíveis no cenário nacional na época, subestimavam a faixa de frequências de emissão sonora da espécie (MAY-COLLADO; WARTZOK, 2009). Com o passar do tempo houve uma evolução tecnológica nos equipamentos de gravação utilizados nos estudos. Os assobios representaram mais da metade dos sons registrados na população de botoes-cinza no complexo estuarino de Cananéia (MONTEIRO-FILHO; MONTEIRO, 2001).

Por ser costeira, esta espécie enfrenta muitas fontes de poluição sonora. Além disso, por apresentar fidelidade à área, qualquer perturbação ambiental possui uma importância particular (Carrera et al., 2008). Por exemplo, de acordo com Albuquerque e Souto (2013), o ruído de embarcações motorizadas pode potencialmente mascarar os assobios de *S. guianensis*.

Caldwell & Caldwell (1965) foram os primeiros a detectar que golfinhos-nariz-de-garrafa (*Tursiops truncatus*) em cativeiro e isolados produziam assobios com contornos de frequência distintos, ou padrões de mudanças de frequência com o tempo. Eles emitiram a hipótese que estes assobios são usados para transmitir a identidade individual, chamando-os de assobios-assinatura. De acordo com estes autores, cada animal tende a emitir um único e distinto assobio independente das circunstâncias. As análises sobre a ocorrência de assobios-assinatura foram realizadas essencialmente com o golfinho nariz-de-garrafa, inicialmente em

cativeiro (CALDWELL; CALDWELL, 1965, 1968) e posteriormente em ambiente natural (BUCKSTAFF, 2004; COOK et al., 2004; JANIK; SAYIGH, 2013). Assobios individuais foram também detectados em populações de *Lagenorhynchus obliquidens* (CALDWELL; CALDWELL, 1970), *Stenella frontalis* (CALDWELL; CALDWELL; MILLER, 1973), *Tursiops aduncus* (GRIDLEY et al., 2013) e *Sousa chinensis* (PARIJS; CORKERON, 2001).

Figueiredo e Simão (2009) investigaram a possível ocorrência de assobios-assinatura na população de *S. guianensis* da Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro. Neste trabalho não foi possível estabelecer a identidade dos indivíduos emissores, provavelmente devido ao protocolo metodológico utilizado pelas autoras. Elas utilizaram os contornos estereotipados e as sequências de *loops* (“loop sequences”; segundo a hipótese de assobios-assinatura, um “loop” corresponde a uma ocorrência do contorno de frequência característico) como características que constituem assobios-assinatura. Embora as pesquisadoras não possam confirmar que as produções sonoras analisadas sejam assobios-assinatura, há fortes indicativos que suportam esta hipótese. Por exemplo, a aplicação do método de inspeção visual permitiu a divisão de 202 assobios em 27 tipos. Dos 27 tipos de assobios identificados, 17 foram gravados uma única vez. Além disso, 78% dos assobios selecionados como potenciais assinaturas foram gravados em atividades que evidenciariam a função de manutenção de contato entre os membros do grupo desse tipo de vocalização. Portanto, a identificação de contornos estereotipados e sequências de *loops* nos resultados do estudo de Figueiredo e Simão (2009) foram evidências bastante favoráveis à ocorrência de assobios-assinatura nesta população. No entanto, não foram conclusivas, pois não eram conhecidas as identidades dos indivíduos emissores dos assobios.

O objetivo deste trabalho é realizar uma descrição acústica dos assobios e investigar a ocorrência e a função de assobios-assinatura na população de *S. guianensis* de Ilhéus. Pretende-se verificar se os animais reconhecem os assobios de indivíduos com os quais eles se associam com frequência e se esses assobios cumprem uma função de coesão social.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 O BOTO-CINZA, *Sotalia guianensis*

*S. guianensis* (Figura 1) é um pequeno delfinídeo que até 2002 (Monteiro-Filho et al., 2002) era considerado uma subespécie marinha de *Sotalia fluviatilis*, sendo chamado de *S.*

*fluvialis guianensis*. Em 1989 (BOROBIA, 1989) já alertava para diferenças marcantes no tamanho entre a subespécie marinha e a fluvial, sugerindo que deveriam ser tratadas separadamente para propósitos de manejo. A autora atribuía tais variações às pressões ambientais diferentes entre os habitats marinho e fluvial.



Figura 1– Boto-cinza, *S. guianensis*.

Baseado em análises morfométricas tridimensionais do formato do crânio, Monteiro-Filho et al (2002) sugeriram a separação em duas espécies: *S. guianensis* e *S. fluvialis*. Posteriormente, análises moleculares corroboraram a divisão em duas espécies e mostraram uma forte subdivisão de *S. guianensis* em três unidades evolutivas significativas distribuídas ao longo da costa brasileira (CUNHA et al., 2005). Ele pertence à família Delphinidae, Ordem Cetartiodactyla (grupo monofilético Cetacea + Artiodactyla), subordem Odontoceti, classe Mammalia (IUCN, 2013; LUSSEAU, 2003; THEWISSEN et al., 2001).

A falta de informações sobre as populações e hábitos de *S. guianensis* a classificam como “Deficiente em dados” na Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da IUCN (IUCN, 2013). O Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção considera a espécie como “Deficiente em Dados” ao nível nacional (CHIARELLO et al., 2008), sendo listado como “Vulnerável” no Estado do Paraná (MIKICH; BÉRNILS, 2004) e “Quase Ameaçado” no Estado de São Paulo (BRESSAN; KIERULFF; SUGIEDA, 2009) e no Estado do Rio de Janeiro (BERGALLO et al., 1999).

A distribuição do boto-cinza vai das águas costeiras do Atlântico Ocidental nas Américas Central e do Sul, abrangendo a área do Sul do Brasil ( $27^{\circ}35'S$ ,  $48^{\circ}35'W$ ) à Nicarágua ( $14^{\circ}35'N$ ,  $79^{\circ}54'W$ ), chegando possivelmente a Honduras (Figura 2) (FLORES; SILVA, 2009). O limite sul de sua distribuição pode estar associado com a zona de confluência da Corrente do Brasil com a fria Corrente das Malvinas (BOROBIA et al., 1991). É encontrado geralmente em águas costeiras protegidas, estuários e baías, embora tenha sido encontrado a 70 km da costa no Arquipélago de Abrolhos, no Estado da Bahia (FLORES; SILVA, 2009). Isto pode ser explicado pelo alargamento da plataforma continental no Banco dos Abrolhos.

Devido a seus hábitos costeiros, o boto-cinza enfrenta uma série de ameaças antrópicas, tais como a poluição de águas estuarinas e a mortalidade accidental em redes de pesca. Os registros de captura accidental em redes de pesca ocorrem especialmente na região norte do Brasil (SICILIANO et al., 2008). Na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, a população enfrenta alterações em seu habitat, causada por aterros e poluição industrial e intenso movimento de embarcações, o que influencia na distribuição espacial dos grupos nessa área (AZEVEDO et al., 2009b; HETZEL; LODI, 1993). O habitat próximo a áreas urbanas permite considerar a espécie como sentinela porque reage à degradação das baías e estuários que frequenta (GONZALES-VIERA et al., 2013).

Sabe-se que, apesar de protegidos por leis federais brasileiras, também ocorrem capturas intencionais em toda a costa brasileira para consumo humano, utilização da carne de boto-cinza como isca para pesca de espinhel, dentre outros usos (DI BENEDITTO; ROSAS, 2008; SHOLL et al., 2008).

A interação das ameaças dos ambientes costeiros (poluição, superexploração de recursos naturais, tráfego de embarcações) juntamente com os efeitos da poluição sonora desses ambientes podem trazer consequências severas às populações de cetáceos (PERRY, 1999). Alguns estudos já mostraram que o boto-cinza pode alterar seu comportamento acústico em função de ruídos de embarcações motorizadas (REZENDE, 2008).

Embora admita-se que os boto-cinza sejam ameaçados por muitos fatores como captura accidental e intencional e degradação do habitat, não há avaliações formais sobre os riscos de declínio das populações e a espécie ainda é considerada como insuficientemente conhecida (SECCHI, 2013).



Figura 2 – Mapa de distribuição da espécie *Sotalia guianensis* (adaptado de ICMBIO, 2011).

A espécie é parecida com o *T. truncatus*, exceto pelo formato da nadadeira dorsal e pelo comprimento total menor (HETZEL; LODI, 1993). Tem coloração cinza no dorso e rosada no ventre, com uma área mais clara entre as nadadeiras dorsal e ventral. A dorsal é triangular e algumas vezes curva no topo (FLORES; SILVA, 2009).

Não apresenta dimorfismo sexual significativo e reproduz-se durante todo o ano (HETZEL; LODI, 1993; ROSAS; MONTEIRO-FILHO, 2002). A maturidade sexual ocorre por volta dos seis anos de idade em fêmeas, com comprimento entre 160 e 170 cm e em machos, aos sete anos, com comprimento entre 170 e 180 cm (RAMOS; DI BENEDITTO; LIMA, 2000; ROSAS; BARRETO; MONTEIRO, 2003; ROSAS; BARRETO, 2008a; ROSAS; MONTEIRO-FILHO, 2002; ROSAS, 2000) e massa corporal máxima de 80 kg no Paraná (ROSAS; BARRETO, 2008a). O tamanho relativo dos testículos sugere um sistema de acasalamento promíscuo com competição de esperma (ROSAS; MONTEIRO-FILHO, 2002). Rosas, Barreto e Monteiro (2003) estimaram as idades de 29 e 30 anos para o macho e a fêmea mais velhos encontrados na costa do Paraná. A gestação dura de 11 a 12 meses e o ao nascer é de 74 (ROSAS; BARRETO, 2008a) a 106 cm (RAMOS; DI BENEDITTO; LIMA, 2000).

A dieta do boto-cinzento inclui peixes e lulas de hábitos neríticos e estuarinos, além de crustáceos (LODI, 2002). Apesar de consumirem uma diversidade de espécies de peixes, a família Sciaenidae é a mais frequente e parece haver uma preferência por peixes que formam

cardumes (ROSAS; BARRETO, 2008b). Seus predadores potenciais são a orca (*Orcinus orca*) e muitas espécies de tubarões (DA SILVA; BEST, 1996).

Alguns estudos (GEISE; GOMES; CERQUEIRA, 1999; GEISE, 1991; HAYES, 1999) apontam que a distribuição diária dos grupos pode estar influenciada pela altura da maré. Santos, U. A. *et al.* (2010) observaram influência da maré na direção de forrageamento e deslocamento dos boto-cinza na Baía do Pontal, em Ilhéus, na Bahia. Os movimentos diários e a área de vida apresentada pela espécie na Baía Norte, Sudeste do Brasil, foram menores do que os valores encontrados para outros cetáceos costeiros (FLORES; BAZZALO, 2004). Há evidências de fidelidade de área em várias populações (AZEVEDO, A. DE F. *et al.*, 2004; SANTOS, M. C. D. O. *et al.*, 2010b), embora no Estuário do Rio Caravelas, no leste do Brasil, observou-se que poucos indivíduos apresentam alta fidelidade pela área, enquanto muitos outros se movem entre áreas diferentes, o que pode estar refletindo apenas uma diferença na definição de área conforme o autor (ROSSI-SANTOS; WEDEKIN; MONTEIRO-FILHO, 2007).

O boto-cinza é uma espécie social, quase sempre forma grupos engajados na mesma atividade. O tamanho médio do grupo é de 2 a 6 indivíduos, embora grupos de 50 a 60 sejam comuns em algumas populações. Grupos maiores são mais frequentes na costa Sul e Sudeste do Brasil (FLORES; SILVA, 2009). Lodi e Hetzel (1998) registraram agregações de até 450 indivíduos na Baía da Ilha Grande, Rio de Janeiro. Em locais mais profundos, é provável que reuniões de vários grupos pequenos tenham mais sucesso em atividades de caça, porque os golfinhos cooperariam para capturar os peixes (ATEM; MONTEIRO-FILHO, 2006). O ambiente físico é conhecido como um dos principais fatores que afetam o tamanho de grupo em cetáceos (Gygax, 2002). Há uma alta intensidade de cuidado parental em *S. guianensis*, especialmente em grupos maiores (TARDIN *et al.*, 2013a). Em outro estudo de Tardin *et al.* (2013b) os grupos com filhotes foram maiores, sugerindo que esta seja mesmo uma estratégia para protegê-los. Santos, M. C. D. O. *et al.* (2010a) apontam topografia, risco de predação e abundância de presas como fatores que favorecem grupos maiores em águas menos protegidas.

Assim como o golfinho nariz de garrafa, *S. guianensis* apresenta uma dinâmica de grupo de tipo modular, caracterizada por associações fluidas, juntamente com subgrupos mais estáveis, com um padrão de agrupamento do tipo fissão-fusão (CANTOR *et al.*, 2012; SANTOS; ROSSO, 2008). Apesar desses agrupamentos efêmeros, há algumas associações

notavelmente estáveis entre indivíduos que convivem por muito tempo juntos, se alimentando, deslocando e interagindo regularmente durante anos (observação pessoal).

Há muitos trabalhos que descrevem o comportamento de *S. guianensis*. Os comportamentos de superfície mais observados são: alimentação (persegução e manipulação de presas), saltos (totais, parciais e cambalhotas), batida de cauda, *spy-hopping* (espiar, tradução livre) e surfe. Cambalhotas, batidas de cauda, manipulação de presas, *spy-hopping* e salto total parecem ocorrer com frequência maior na presença de filhote. O comportamento de perseguição parece ser uma boa estratégia para a pesca individual ou em pequenos grupos (ATEM; MONTEIRO-FILHO, 2006; AZEVEDO et al., 2009a; GEISE; GOMES; CERQUEIRA, 1999; IZIDORO; LE PENDU, 2012a). Quando há grupos maiores, é observada a estratégia de direcionar um cardume de peixes para determinado ponto e então cercá-lo (ARAÚJO, 2001). Comportamentos incomuns são também relatados para a espécie, como o de carregar um indivíduo morto na superfície (*epimeletic behavior*) (SANTOS et al., 2000).

## 2.2 ASSOBIOS DE *S. guianensis*

Os golfinhos possuem um rico repertório acústico que inclui cliques, sons pulsantes e sons tonais (MADSEN et al., 2012). Os cliques são sinais pulsados de ecolocalização com picos de frequência alta (entre 120 e 130kHz em *Tursiops*). Uma sequência de cliques apresenta sinais muito repetitivos e estereotipados. Sons pulsantes explosivos (*burst pulses*) é outra categoria de emissões sonoras produzidas por todos os odontocetos. Caracterizam-se por uma alta taxa de repetição ou pequenos intervalos entre os pulsos. Por analogia, os sons pulsantes foram descritos na literatura como graxnidos, guinchos, estalos, latidos e gemidos (AU; HASTINGS, 2009). Os sons tonais dos cetáceos são definidos como sons de frequência modulada e banda estreita (CALDWELL; CALDWELL; TYACK, 1990; RICHARDSON et al., 1995). Tais sons são produzidos tanto por misticetos (baleias de barbatanas), quanto por odontocetos (baleias com dentes e golfinhos) (MAY-COLLADO; AGNARSSON; WARTZOK, 2007). Em golfinhos, os sons tonais são geralmente conhecidos como assobios, e são emitidos em interações sociais que envolvem coesão do grupo, reconhecimento individual, e alimentação em grupo (MAY-COLLADO; WARTZOK, 2008).

A prática geral para aqueles que estudam sons sociais de golfinhos é se referir aos mesmos como vocalizações. Porém, o termo “vocalização” restringe-se a sons produzidos

pelas cordas vocais na laringe de humanos e outros animais terrestres. A pesquisa já demonstrou claramente que odontocetos produzem sons dentro do sistema nasal e não na laringe. Sendo assim, essa terminologia carrega uma conotação errada quando se trata de sons emitidos por golfinhos (AU; HASTINGS, 2009) e sugerimos o uso de termos alternativos “emissão sonora” ou “fonação”.

Os sons tonais dos cetáceos são produzidos tanto pelos misticetos quanto pelos odontocetos. Misticetos produzem sons com frequências fundamentais geralmente abaixo de 5 kHz, enquanto nos odontocetos, estes sons alcançam geralmente 5 a 20 kHz, podendo chegar a frequências mais altas em algumas espécies (May-Collado et al., 2007). Estes sons tonais de alta frequência são geralmente denominados assobios, e uma hipótese sugere que são um tipo de produção sonora derivada recente, único à família Delphinidae (PODOS; SILVA; ROSSI-SANTOS, 2002). No entanto, há espécies de Delphinidae que não produzem assobios, bem como se sabe que há espécies de não-delfinídeos (como o Golfinho-lacustre-chinês *Lipotes vexillifer*, as baleias bicudas do gênero *Berardius* spp., o narval *Monodon monocerus*, e a beluga *Delphinapterus leucas*) conhecidas por produzirem assobios em uma variedade de contextos (May-Collado and Wartzok, 2007). Outra hipótese complementar afirma que a sociabilidade influencia a evolução da complexidade de sons tonais (MAY-COLLADO; AGNARSSON; WARTZOK, 2007), sugerindo que eles desempenham um papel importante na comunicação social.

Embora o conhecimento da bioacústica seja considerado importante para aprofundar o conhecimento sobre comportamento e ecologia dos cetartiodáctilos, esse aspecto foi bem estudado em poucas espécies de odontocetos (AZEVEDO; VAN SLUYS, 2005). Ainda há poucos estudos sobre o repertório acústico do gênero *Sotalia* (ROSSI-SANTOS; MONTEIRO-FILHO, 2008). Na década de 90, foram realizados alguns estudos em cativeiro (Kamminga et al., 1993; Sauerland and Dehnhardt, 1998) analisando os estalidos da espécie.

Monteiro-Filho produziu em 1991 uma tese investigando pela primeira vez no Brasil a comunicação sonora de *S. guianensis*. Posteriormente, esse trabalho, realizado em Cananéia, no Estado de São Paulo gerou a primeira publicação sobre o tema em revista internacional: Monteiro-Filho e Monteiro (2001) identificaram quatro classes de sons para a espécie: assobios, gritos, gargarejos e cliques. A classe de som emitida variava com a atividade comportamental exibida. A partir deste trabalho, diversas pesquisas foram desenvolvidas com o objetivo de descrever qualitativa e quantitativamente as emissões sonoras da espécie, mas o

assobio foi a classe de som que recebeu mais atenção, com estudos caracterizando os assobios (AZEVEDO; SIMÃO, 2002; ERBER; SIMÃO, 2004; PIVARI; ROSSO, 2005), comparando assobios de diversas populações (PODOS; SILVA; ROSSI-SANTOS, 2002) e abordando questões técnicas (MAY-COLLADO; WARTZOK, 2009).

Os estudos de caracterização de assobios utilizam os mesmos parâmetros descritivos, que podem englobar todos ou alguns dos seguintes: duração (ms), número de pontos de inflexão, frequências inicial e final (kHz), frequências máxima e mínima (kHz), amplitude de frequência (kHz), frequência a  $\frac{1}{4}$  da duração, frequência a  $\frac{1}{2}$  da duração e frequência a  $\frac{3}{4}$  da duração.

Os assobios da espécie podem alcançar 50 kHz para frequências fundamentais e 150 kHz para os harmônicos. O boto-cinza tem as maiores amplitudes de frequências já registradas em delfinídeos (de 1,38 kHz a 48,40 kHz) (MAY-COLLADO; WARTZOK , 2009). Seus assobios são predominantemente ascendentes, mais curtos e menos complexos do que os de outras espécies de golfinhos, como o golfinho nariz-de-garrafa (FLORES;SILVA, 2009; MAY-COLLADO; WARTZOK, 2009). May-Collado et al. (2007) encontraram uma relação entre elementos sociais como o tamanho de grupo, valores de frequência mínima e duração dos assobios. Segundo esses autores, espécies sociais vivendo em sociedades simples tendem a emitir assobios de frequência mais alta e duração mais curta. Pivari e Rosso (2005) registraram assobios com duração de 38 a 627 ms no estuário de Cananéia e Azevedo & Simão (2002) de 10 a 852 ms na Baía de Guanabara.

Rossi-Santos e Podos (2006) caracterizaram a variação geográfica dos assobios de boto-cinza ao longo da costa do Brasil e perceberam que há diferenças significativas em pelo menos dois parâmetros acústicos (frequências inicial e mínima) entre as populações de áreas distantes. No entanto, a discriminação entre populações adjacentes não é muito clara. Um estudo recente (DECONTO; MONTEIRO-FILHO, 2013) sugere que essa diferença aparente nos assobios de *S. guianensis* entre localidades resulte das diferenças na propagação do som em ambientes diversos e não das diferenças nas características populacionais.

No Brasil, quase todos os estudos publicados até hoje foram realizados utilizando um sistema de gravação que subestima o limite das frequências máximas dos assobios de boto-cinza. A amplitude de frequência foi inicialmente descrita entre 1,34 e 23,89 kHz (FIGUEIREDO; SIMÃO, 2009), porém um estudo recente (MAY-COLLADO; WARTZOK,

2009) aponta que a frequência fundamental pode alcançar até 48,40 kHz, somente detectada por sistemas de gravação de banda ampla. Dessa forma, fica evidente a necessidade de sistemas de gravação com um maior limite de frequência para capturar o espectro completo de sons da espécie.

Além dos estudos descritivos dos assobios, novas perguntas têm surgido nesse campo de pesquisa, como o trabalho de Figueiredo e Simão (2009), que investigou a ocorrência de assobios-assinatura em *S. guianensis* na Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro. Este trabalho foi o primeiro a levantar evidências de que os assobios dos botos-cinza, à semelhança de outras espécies de golfinhos, possuem variação individual.

### **2.3 A HIPÓTESE DE ASSOBIOS-ASSINATURA**

O termo “assinatura” geralmente é aplicado às produções sonoras animais quando nelas há um padrão individual distinto (SAYIGH; JANIK, 2010). Caldwell e Caldwell (1965) indicaram pela primeira vez a existência de assobios individualizados em golfinhos-nariz-de-garrafa (*T. truncatus*) mantidos em cativeiro. Visto que as características distintas individualmente destes assobios eram muito notáveis para os autores, eles os denominaram assobios-assinatura. A “hipótese do assobio-assinatura”, como foi nomeada, supõe que atributos peculiares de assobios-assinatura transmitem a identidade do emissor. As características mais variáveis dos mesmos assobios poderiam comunicar outras informações (CALDWELL; CALDWELL; TYACK, 1990).

Outros estudos, em contraste, defenderam ausência de assobios-assinatura e argumentaram que os golfinhos, como outras espécies animais, produzem um tipo de assobio predominante compartilhado, com pouca variabilidade individual em seus parâmetros acústicos (McCowan and Reiss, 2001). A origem da polêmica estaria na escolha das técnicas utilizadas para classificar os assobios (técnica computadorizada de McCowan *versus* técnica de inspeção visual dos contornos). Sayigh et al. (2007) contestaram os argumentos de McCowan e Reiss (2001), defendendo o método da classificação visual por juízes humanos para agrupar assobios de acordo com a identidade do emissor.

Cada golfinho-nariz-de-garrafa tende a produzir um contorno específico, ou seja, um padrão único de modulação de frequência. Esse contorno é repetido um número variável de vezes em cada assobio, e cada elemento repetitivo é chamado de *loop*. A duração, frequência

e outras características de um assobio-assinatura podem variar, mas o contorno dos *loops* permanece padronizado e distinto (CALDWELL; CALDWELL; TYACK, 1990).

Embora os assobios sejam geralmente aceitos como parte do sistema de comunicação dos golfinhos, a natureza da informação comunicada permanece controversa (CALDWELL; CALDWELL; TYACK, 1990). Há dificuldades em gravar e observar indivíduos de cetáceos, tornando escasso o conhecimento sobre como seus chamados são usados (JANIK, 2000). Sugere-se que os assobios-assinatura sejam usados no reconhecimento individual e com o objetivo de manter a coesão do grupo (JANIK; SAYIGH; WELLS, 2006; JANIK; SLATER, 1998; SAYIGH et al., 2007). O estudo de Esch et al (2009) indica que parâmetros dos assobios, como a taxa de emissão e o número de *loops*, podem ser indicativos de situações potencialmente estressantes.

Em golfinhos, a informação de identidade é determinada pelo contorno do chamado, ou padrão de modulação de frequência com o tempo, e a maioria dos filhotes desenvolvem assobios-assinatura muito diferentes dos de seus pais (JANIK; SAYIGH; WELLS, 2006; MIKSIS; TYACK; BRUCK, 2002). Isto representa o contrário do que ocorre em outras espécies que desenvolvem sinais de identificação. Na maioria delas, a discriminação individual é baseada em características herdadas da voz, que afetam todos os tipos de chamados produzidos por um indivíduo (MIKSIS; TYACK; BRUCK, 2002).

Os assobios-assinatura têm sido alvo de muitas pesquisas devido às capacidades cognitivas necessárias para sua evolução. A respeito da sua ontogenia, acredita-se que os filhotes os desenvolvem utilizando as assinaturas de membros da sua comunidade como modelo. Aparentemente, eles escolhem membros com os quais eles não se associam com tanta frequência (FRIPP et al., 2005). Os cetáceos são filogeneticamente próximos dos artiodátilos, formando a Ordem dos Cetartiodátilos (LUSSEAU, 2003). Portanto, eles estão muito distantes de outros táxons de mamíferos que apresentam aprendizado vocal, o que torna esta característica particularmente interessante nesse grupo (JANIK, 2009).

Sayigh et al. (1995) detectaram diferenças sexuais na produção de assobios-assinatura de golfinhos-nariz-de-garrafa de vida livre. Os autores perceberam que os filhotes fêmeas produzem assobios muito diferentes daqueles de suas mães, enquanto os filhotes machos produzem assobios mais similares aos de suas mães. Supõe-se que haja uma pressão seletiva

para fêmeas produzirem assobios diferentes dos de suas mães, já que elas usam seus assobios-assinatura para manter contato com os filhotes.

Assim como em aves e outros mamíferos, machos adultos de golfinho-nariz-de-garrafa podem, através do aprendizado sonoro, convergir seus assobios em assobios semelhantes aos de indivíduos com os quais possuem um alto grau de associação (WATWOOD; TYACK; WELLS, 2004). Janik (2000) mostrou que um indivíduo pode responder ao outro emitindo o mesmo tipo de assobio, ou seja, um indivíduo pode copiar o assobio-assinatura do outro. King et al (2013) estudaram a função desta cópia vocal e perceberam que a mesma ocorre quase que exclusivamente entre associados próximos (como mãe-filhote ou duplas de machos com alto grau de associação), em contextos de separação e não é seguida por comportamento agressivo. Os autores sugeriram que este uso da cópia vocal é semelhante à sua utilização na linguagem humana, onde o objetivo de manter laços sociais às vezes se torna maior do que a defesa de recursos.

Os golfinhos também podem imitar sons parecidos com assobios, emitidos por humanos. Após experimentos com um treinamento de imitação, alguns golfinhos foram capazes de imitar um som modelo logo após este ter sido apresentado pela primeira vez. Uma vez aprendido, o som imitado pode ser incorporado em seu repertório, e o golfinho torna-se capaz de produzi-lo mesmo quando não ouve o modelo. Isto mostra certa flexibilidade no repertório vocal dos golfinhos (MIKSIS; TYACK; BRUCK, 2002).

Na década de 60, quando David e Melba Caldwell introduziram a hipótese do assobio-assinatura, eles acreditavam que cada golfinho seria capaz de produzir apenas um tipo de assobio, e denominaram qualquer outro assobio de “aberrante”. No entanto, golfinhos que não estão isolados produzem vários tipos de assobios, com contornos um tanto variáveis, que podem não ser repetidos com precisão (MIKSIS; TYACK; BRUCK, 2002). Hoje se sabe que os assobios-assinatura correspondem a cerca de metade de todos os assobios produzidos por golfinhos-nariz-de-garrafa de vida livre e permanecem estáveis por longos períodos de tempo (COOK et al., 2004; JANIK et al., 2013). Bruck (2013) mostrou que indivíduos de *T. truncatus* são capazes de lembrar-se dos assobios de outros indivíduos por até 20 anos. Tal capacidade é importante para animais em redes sociais de muitos indivíduos que precisam se engajar em atividades cooperativas.

Identificar assobios-assinatura é um grande desafio, porque cada golfinho produz seu próprio assobio-assinatura e uma variedade de assobios não assinatura (JANIK et al., 2013). O cenário mais fácil para identificar os assobios envolve o isolamento temporário de um indivíduo (MIKSIS; TYACK; BRUCK, 2002). McCowan e Reiss (2001) sugeriram que estudos prévios sobre assobios-assinatura utilizavam dados enviesados e defenderam sua técnica computadorizada para classificar assobios em tipos, em detrimento do método de classificação visual, usado pela maioria dos pesquisadores. Sayigh et al. (2007), em resposta, mostraram a eficácia do método de classificação visual, ao agrupar corretamente os assobios de 20 golfinhos-nariz-de-garrafa, baseado apenas na similaridade de seus contornos. Janik et al (2013) desenvolveram o método *SIGNatureIDentification* ou Identificação Assinatura (SIGID, na sigla em inglês) que promete identificar confiavelmente assobios-assinatura a partir de gravações de golfinhos-nariz-de-garrafa de vida livre, usando um único hidrofone.

## 2.4 FOTOIDENTIFICAÇÃO EM CETÁCEOS

As interações entre animais são geralmente mediadas pela comunicação. Esta é uma parte crucial de todo comportamento social (JANIK, 2009). Sendo assim, uma definição de associação entre dois animais deve ser baseada nas circunstâncias sob as quais os indivíduos se comunicam. Desta forma, o ideal é que qualquer estudo de comunicação esteja subjacente a um estudo de estrutura social (WHITEHEAD; CHRISTAL; TYACK, 2000).

O reconhecimento de indivíduos dentro de uma população é interessante para diversos estudos ecológicos e comportamentais de mamíferos marinhos (GOPE et al., 2005). Muitas espécies de pequenos cetáceos foram estudadas através de técnicas de fotoidentificação desde a década de 1970 (FLORES, 1999). Antes dessa técnica se consolidar, foram testados diversos tipos de marcação em pequenos cetáceos odontocetos, e seus efeitos avaliados. Muitas vezes, os métodos utilizados causaram danos aos animais e as marcas eram frequentemente perdidas prematuramente (IRVINE; WELLS; SCOTT, 1982). Assim, o uso de marcas naturais pode ser o método mais eficiente, mas para aplicá-lo fazem-se necessárias técnicas de fotoidentificação (IRVINE; WELLS; SCOTT, 1982). Esta técnica pode ser feita a partir da costa, de embarcações, ou até mesmo de aviões (WÜRSIG; JEFFERSON, 1990).

A fotoidentificação de cetáceos através de marcas naturais é útil na obtenção de informações sobre estrutura de grupo, fidelidade de área, tamanho populacional e padrões de movimentação. Associada a outros estudos e em longo prazo, proporciona descrições de

parâmetros da história de vida, como idade da maturidade sexual e expectativa de vida (WÜRSIG; JEFFERSON, 1990). Para algumas espécies de cetáceos, a fotoidentificação pode ser utilizada como uma variação do método de marcação recaptura (EVANS; HAMMOND, 2004).

Um problema decorrente da utilização de marcas naturais para identificar indivíduos são os falso-positivos (GUNNLAUGSSON; SIGURJÓNSSON, 1990). Isto ocorre quando há modificações nas marcas das nadadeiras dorsais, e um indivíduo que já está no catálogo pode ser erroneamente considerado um novo indivíduo. Para contornar essa dificuldade, deve-se usar o maior número de marcas possível e se basear preferencialmente em marcas de longa duração, onde ocorre perda de tecido. Estudos contínuos de longo prazo facilitam o monitoramento do surgimento de novas marcas.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 GERAL**

Caracterizar os assobios e analisar se a população de *Sotalia guianensis* de Ilhéus produz assobios-assinatura.

#### **3.2 ESPECÍFICOS**

- Descrever os assobios emitidos por botoes-cinza da população de Ilhéus, comparando com valores encontrados para outras populações;
- Identificar contornos distintos nos assobios dos botoes-cinza de Ilhéus;
- Analisar a correspondência entre a identidade dos botoes-cinza fotoidentificados e os contornos dos assobios gravados;
- Comparar o grau de similaridade entre os diferentes assobios produzidos de um indivíduo com os assobios de outros indivíduos;

**Manuscrito para “The Journal of the Acoustical Society of America”**

**New evidences for signature whistles in Guiana dolphin  
(*Sotalia guianensis*) in Ilhéus, northeastern Brazil**

**Alice Lima and Yvonnick Le Pendu, Grupo de Pesquisa em Mamíferos Aquáticos  
de Ilhéus, Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Santa Cruz,  
Ilhéus, Bahia, 45650-900, Brazil.**

## New evidences for signature whistles in Guiana dolphin (*Sotalia guianensis*) in Ilhéus, northeastern Brazil

### ABSTRACT

Signature whistles carry identity information of the whistler and are often produced by isolated dolphins or by group members during foraging activity to maintain group cohesion. They have been widely studied in bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*). A recent study suggested the occurrence of signature whistles in Guiana dolphin (*Sotalia guianensis*) population in Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, but could not identify the individuals whistling. Guiana dolphins are observed during the entire year in Ilhéus, Bahia, Brazil. More than 80 individuals have been photoidentified in this area over the last seven years. The objective of this study is to describe the whistle characteristics in the population of *S. guianensis* from Ilhéus and investigate the occurrence of signature whistles. The whistles were recorded, and the animals were photographed from a boat. We sighted 55 groups ranging from one to eight individuals, totaling 210 dolphins and recorded the sound emissions from 21 groups. The frequency parameters and duration of the 915 recorded whistles were similar to those recorded in other populations. The visual classification method and the quantitative method of contour similarity were applied to the spectrograms of 68 stereotyped, i.e. potential signature whistles. Five of six human judges agreed on the formation of 14 groups, and 4 of these were contained in the 16 groups defined by the quantitative method. The presence of the same individuals in different recording occasions of stereotyped whistles (potential signatures) allows to infer an association of some whistle types with some individuals of dolphins. The study is the first to use the photoidentification technique to identify individuals emitting whistles and provides new evidences for the existence of signature whistles in *S. guianensis*.

Keywords: *Sotalia*, signature whistle, contour, similarity, photoidentification.

## I. INTRODUCTION

To ensure the benefits of group living, animals develop mechanisms to maintain group cohesion. These mechanisms can be provided by some form of communication to exchange information (Antunes et al., 2011). In dolphins, tonal sounds are known as “whistles” and are emitted in social interactions that involve group cohesion, individual recognition, and group feeding (May-Collado and Wartzok, 2008). Since complex tonal sounds play an important role in social communication, May Collado and Agnarsson (2007) suggested that sociality influences the evolution of complex tonal sounds.

Caldwell and Caldwell (1965) observed that isolated captive bottlenose dolphins produced whistles with distinct frequency contours. They hypothesized that whistles are used to broadcast individual identity and named them “signature whistles”. According to these authors, each animal tends to emit a unique and distinct whistle irrespective of the circumstances.

Research on signature whistles were mainly carried out with captive (Caldwell and Caldwell, 1965, 1968) and free-ranging common bottlenose dolphins (*T. truncatus*) (e.g. Buckstaff, 2004; Cook et al., 2004; Janik et al., 2013). Signature whistles were also detected in *Tursiops aduncus* (Gridley et al., 2013), *Lagenorhynchus obliquidens* (Caldwell and Caldwell, 1971), *Stenella frontalis* (Caldwell and Caldwell, 1970; Caldwell et al., 1973), *Sousa chinensis* (Parijs and Corkeron, 2001) and *Monodon monoceros* (Shapiro, 2006).

Whistles have been the most studied type of sound in *S. guianensis* (Erber and Simão, 2004; Azevedo and Van Sluys, 2005; Pivari and Rosso, 2005; Rossi-Santos and Podos, 2006; Figueiredo and Simão, 2009; Deconto and Monteiro-Filho, 2013).

However, most of these studies have focused on the characterization of whistles while their functions remain poorly understood. Whistles features have shown great variation among populations that could be explained in terms of dispersal limitations between populations (Rossi-Santos and Podos, 2006; May-Collado and Wartzok, 2009) or environmental characteristics of the habitats in which the population occurs (Deconto and Monteiro-Filho, 2013). Other factors, such as behavior, may promote intra-population variability (May-Collado, 2013). May-Collado and Wartzok (2009) on studying a *S. guianensis* population in Costa Rica, found that its whistles can reach 50kHz for fundamental frequencies and 150kHz for harmonics.

Figueiredo and Simão (2009) investigated the possible occurrence of signature whistles in the population of Guiana dolphins in Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, using the stereotypic contours and loop sequences as evidences of signature whistle characteristics. They identified 27 whistle types and 17 of them were recorded in a single day. The interval between successive emissions of one of these seventeen whistles was short, suggesting that each one was produced by a single animal. Most of the potential signature whistlers were cruising or foraging, suggesting a contact maintenance function of these whistles. Nonetheless, Figueiredo and Simão did not validate their methodology to identify signature whistles, nor establish the identities of the whistlers and this study was not able to confirm that the analyzed sounds were signature whistles.

There are many difficulties in studying signature whistles with free-ranging animals. Most of the studies on this subject have involved captive animals or capture-release events (Miksis et al., 2002). The application of the photoidentification technique to small groups of free ranging dolphins can constitute a good alternative to isolation conditions.

Guiana dolphins are observed the entire year in Ilhéus, Bahia State, Brazil, mainly in two areas distant approximately 4 km from each other: an estuarine system named Pontal bay and Port of Ilhéus (Izidoro and Le Pendu, 2012a). Seventy-eight dolphins have been photoidentified from 2007 to 2011 (Le Pendu et al., 2011). More studies in the region are important for better understanding the ecology and behavior of the species.

The first description of the whistles of Guiana dolphin from Ilhéus was published in a comparative study of the whistle structure from ten populations (Rossi-Santos and Podos, 2006) The authors recorded 24 whistles with frequency values varying from six to 18 kHz.

The purpose of this work is to investigate the occurrence of signature whistle in the population of *S. guianensis* from Ilhéus, northeastern Brazil, describing the acoustic structure of the whistles and confronting the similarity of whistle recordings with photoidentified individuals in the same groups.

## II. MATERIALS AND METHODS

### A Study area

The municipality of Ilhéus is situated on the southern coast of Bahia and is characterized by hot and humid tropical climate, with no dry season, with temperatures averaging between 21 and 24 °C (Andrade, 2003). The watershed includes four major rivers: Santana, Cachoeira, Fundão and Almada and presents an extensive coverage of mangroves and small islands in the estuarine portion of the river. The rapid expansion of urban areas is a threat to estuaries and mangroves (Fidelman, 2001).

### B Data collection

Bioacoustic and photographic data were collected from a boat between October 2012 and July 2013, among latitudes 14°50'S and 14°47'S and longitudes 39°00'W and 39°03'W, i.e. between the coast and the 10 m bathymetric line. Most of the photo-identifications of dolphins were acquired by boat but complementary photo-identification sessions were conducted from a landed station at the edge of a breakwater, where Guiana dolphins can be closely observed (Izidoro and Le Pendu, 2012b; Santos et al., 2013). We used a 21 feet fiberglass boat, equipped with a 50 HP Mercury outboard engine. Many data were collected near the extremity of the pier of Porto de Ilhéus (14°46'S and 39°01'W), due to the regular occurrence of Guiana dolphins (Izidoro and Le Pendu, 2012a) (Figure 1). All data were collected during good weather conditions. The Porto de Ilhéus, near the mouth of Almada River, is in a small cove with depth ranging between 2 and 10 m. It receives cargo ships, cruise and tug boats (Izidoro and Le Pendu, 2012a). Local fishing and recreational boats are also frequent in the area (Santos et al., 2013).

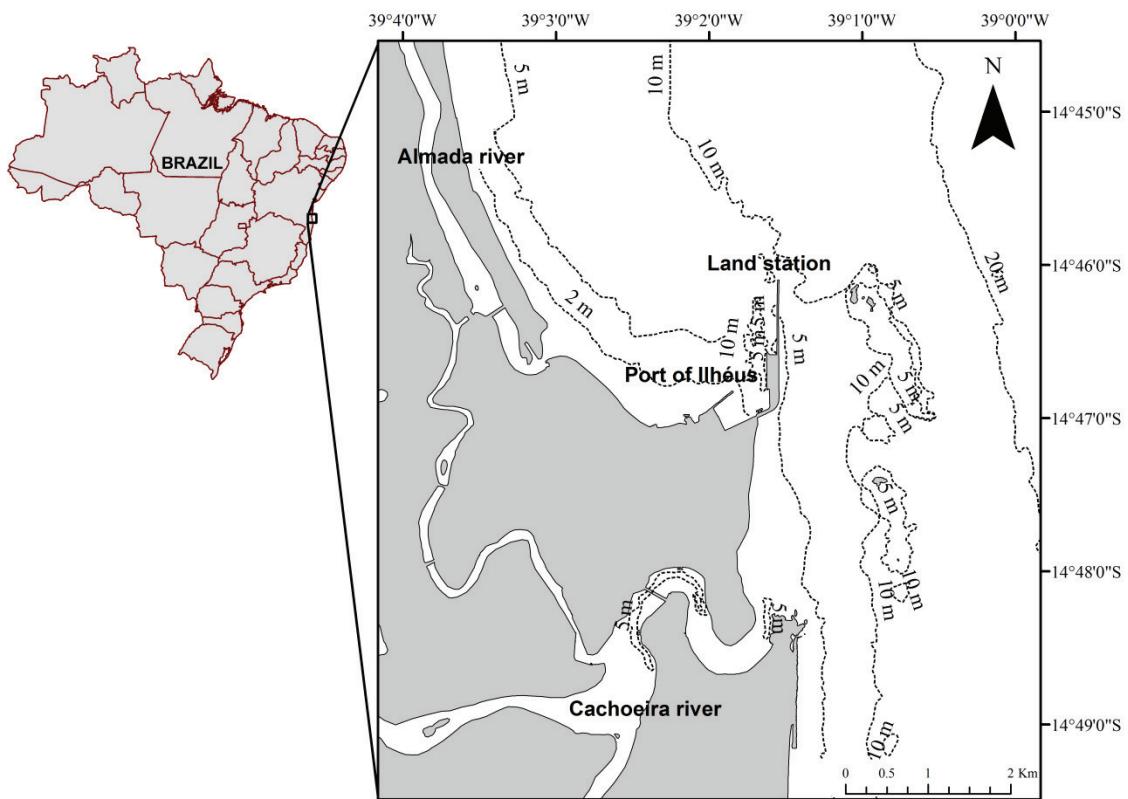


Figure 1 – Map of Ilhéus coast, south of Bahia state, northeastern Brazil, showing the study area.

Underwater sounds were recorded as wav files with three models of recorders: a Micro Track II (M-Audio) a DR-07MKII (Tascam) and a DR-100MKII (TASCAM), with 24 bits of precision at a sampling rate of 96kHz and a HTI-96MIN (High-Tech, Inc.) hydrophone with frequency response from 2 Hz to 30 kHz. We searched to interfere as little as possible on animal behavior during recording. A group was initially approached to an estimated distance of 50-100 m and the motor switched off; however, sometimes dolphins came closer to the survey boat. All recording sessions were carried out without any other dolphin group in the proximity. It was not possible to identify the whistler in the field and each recording potentially contained whistles from all dolphins of a group. We called “recording occasion” the set of whistles recorded from a group. Photographs of dorsal fins were taken to identify group members, using two digital

cameras: a Canon EOS Rebel XT 350D equipped with Canon 300mm lens and a Canon EOS 7D, equipped with 400mm lens.

There were at least three observers on board: a first one recording the sound emissions, a second one photographing the dolphins, and a third one piloting the boat. We registered the following data on a standardized sheet: date, beginning and ending times of each group sighting, composition of the group (number of calves and adults), frame number of pictures and number of audio file. Individuals were identified as calves and adults, according to color pattern and body size, visually estimated. Calves were smaller than adults and always accompanied by at least one adult. Calves had with a gray-pinkish color while adult body had more defined gray color (Randi et al., 2008; Santos et al., 2013).

## C Data analysis

### 1 Spectograms

Only data collected under good conditions of sea state (Beaufort 0-3) were included in the analysis. Recorded whistles were analyzed using the software Raven Pro 1.5 (Cornell University) and spectrograms were created (Hann window, overlap of 50%, with a discrete Fourier transform size of 256 points and 375 Hz). All recordings gone through a first visual spectrogram inspection in order to identify whistles and to determine quantitative sound parameters. We described values of the following frequency parameters (kHz): start, end, minimum, and maximum, frequency at the first, middle, and third quartiles of duration, and the frequency range. We also included duration and number of harmonics (see May-Collado and Wartzok, 2009; Figueiredo and Simão, 2009; Bazúa-Durán and Au, 2004). Whistle contours were categorized as ascending, descending, ascending-descending, descending-ascending, and others (see

Figueiredo and Simão, 2009; May-Collado and Wartzok, 2009). The parameter data were non-normally distributed (Wilk-Shapiro test:  $p < 0.05$ ). Descriptive statistics were performed to provide minimum values, maximum values, mean, standard deviation, frequency range values and box-plot graphs for each parameter. Comparisons of the whistle characteristics between populations were made using published data on mean values for frequency parameters and duration. To determine if there was a relationship between frequency and duration parameters in each Guiana dolphin population, a Principal components analysis (PCA) was undertaken using XLSTAT for Windows (version 2012.6.08). The PCA was carried out on mean parameters of frequency (start, end, minimum, and maximum, frequency at the first, middle, and third quartiles of duration) and duration in Guiana dolphin population from Ilhéus and other 10 localities (North Bay/SC; Guarapuava/PR; Cananéia/SP; Puruba/SP (Azevedo and Van Sluys, 2005); SepetibaBay/RJ (Erber and Simão, 2004); Guanabara Bay/RJ (Azevedo and Van Sluys, 2005); Fortaleza/CE; Marapanim/PA; Pacajá River/PA (Azevedo and Van Sluys, 2005); and Costa Rica (May-Collado and Wartzok, 2009), in order to check if these parameters are associated to population differences in whistles.

We searched for whistles with stereotyped loops in sequences to identify potential signature whistles. A loop is a fundamental unit of a whistle that is repeated one or more times. Every time that condition was found, the spectrogram image was saved and identified with a code number. We considered loop sequences those with very stereotyped contour (contours with great visual similarity) and an interval between successive whistles less than 10s (Figueiredo and Simão, 2009; Janik et al., 2013).

We analyzed each of the selected stereotypic whistles with respect to number of loops and we measured on the first loop the following parameters: duration; initial and

final frequencies, minimum and maximum frequencies, number of inflection points (i.e., change in the direction of frequency modulation (ascending to descending and vice versa); and time intervals between loops.

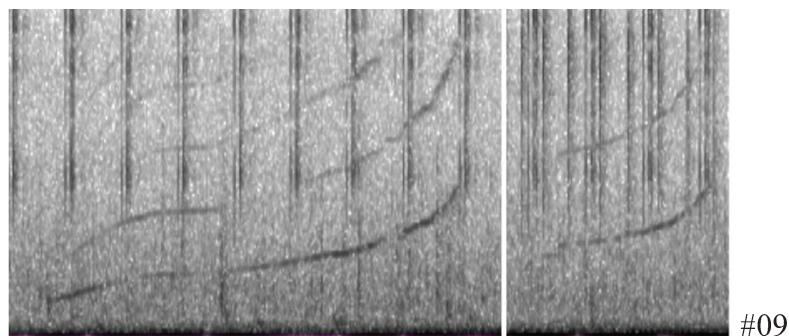
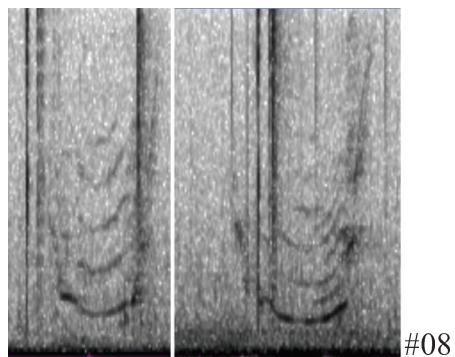
## 2 Photographs

Photographs were selected applying the methodology proposed by the Sarasota Dolphin Research Program (Sarasota Dolphin Research Program, 2006). We used both pictures from boat surveys and from complementary fixed point sessions to photoidentification process. The photographs were screened in the program ACDSee, and only high quality photographs (good focus and perpendicular angle) with recognizable individuals, with a very distinct dorsal fin (at least two notches on the edges) were included. A smaller and unmarked animal seen next to a larger animal was assumed to be a calf. These and other not distinctive individuals were accounted, but its resighting could not be confirmed. Each good quality photograph of dorsal fin possessing marks was compared with an existing catalog of 80 individuals previously photoidentified. A new photoidentified individual was eventually added to the catalog by selecting the best picture of its dorsal fin, considering focus, light and sharpness.

## 3 Classification of whistles according to visual inspection method

We selected 68 stereotyped whistles with a good visualization (with low interference from background noise) to apply the visual inspection method by external judges (Sayigh et al., 1995). Six judges with a previous experience with sound analysis, but not with dolphin whistles received printed spectrograms of the 68 selected whistles in a random presentation (Figure 2). They were asked to classify the whistles into groups according to the visual perception of the loop contours. No information was given about the number of groups registered neither emission contexts, as suggested by

Nakahara and Miyazaki (2011). Each judge could create as many categories as he/she wanted. We hierarchically classified the whistle associations made by judges using a clustering method, using unweighted average clustering. This method forms clusters by pairs of pre-formed groups, based on the arithmetic average weight between the individual members. The similarity between two clusters equals the mean similarity between all possible pair-group combinations. We used multidendograms 3.1.1, a multidendrogram representation program to visualize the degree of heterogeneity inside a cluster (Fernández and Gómez, 2008). Since original data were integers (0 to 6), the number of decimal significant digits for calculations was reduced to zero to obtain integer values of associations.



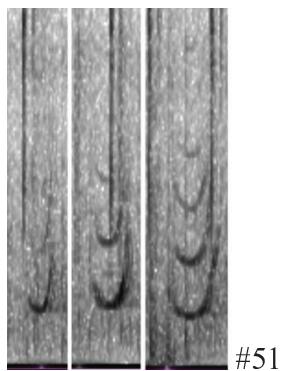


Figure 2 – Three images of spectrograms of whistles presented to judges during the application of visual inspection method (the code numbers were omitted during the classification process).

#### 4 Classification of whistles according to the contour similarity method

We adapted the quantitative method proposed by McCowan (1995) to classify whistles of *T. truncatus*. This author extracted 20 frequency and time points across the duration of each whistle contour. We used only 15 frequency points, as Figueiredo and Simão (2009) did, because whistles of *S. guianensis* are shorter than those produced by *T. truncatus* (Figure 3). A Pearson's correlation matrix was built with frequency measurements using XLSTAT software, resulting in a similarity measure for each pair of whistles, and was used to conduct a principal component analysis (PCA). The two principal components were subjected to k-means cluster analysis to obtain a final group membership of the whistle contours, which is determined by the maximum number of nonoverlapping clusters in the iterative use of k-means cluster analysis. Only principal components with an eigenvalue greater than 1.0 (as suggested by McCowan and Reiss (1995) were used in the k-means cluster analysis to obtain the different assemblages of whistles. In a k-means cluster analysis, the user specifies the number of clusters ( $k$ ). We ran k-means cluster analysis with  $n-2 \leq k \leq n + 2$  (as suggested by Figueiredo and Simão (2009), where  $n$  is the number of assemblages obtained by the visual method and  $k$  is the number of clusters formed by the cluster analysis. An assemblage is a category of whistles formed by the human judges in visual inspection method. Finally, a stepwise discriminant analysis was applied to test whether the groups formed are consistent. We used XLSTAT's statistical analysis software (add-insoft SARL) to conduct PCA and K-means cluster analysis. We compared the resulting categorization of the groups whistles

formed by the human judges to groups formed using McCowan's method, looking for similarities in the two classification results.

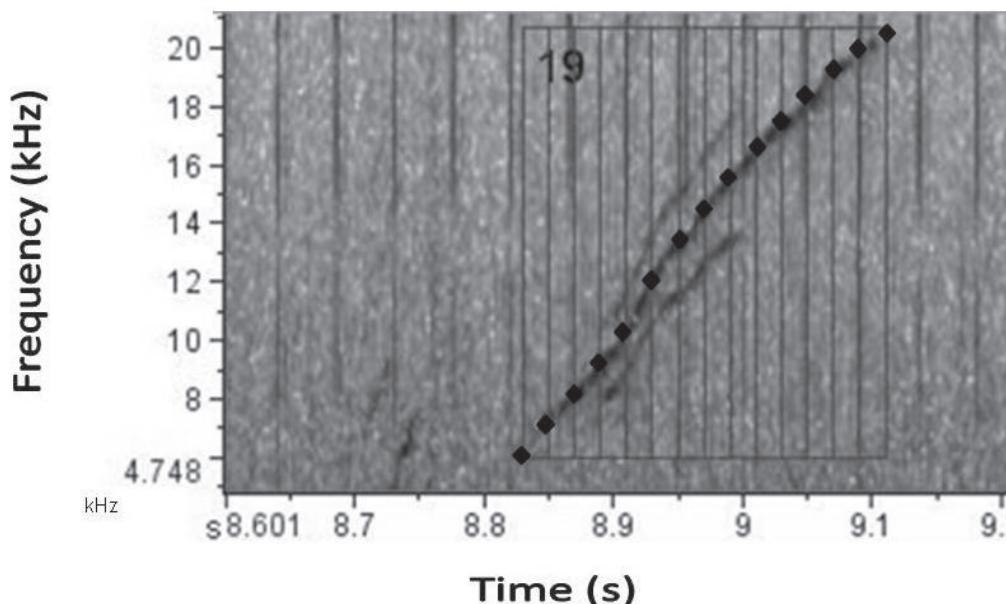


Figure 3- Example of Guiana dolphin whistle with 15 frequency points extracted for the contour similarity method.

## 5 Combined analysis of sound recordings and photographs

The whistles grouped by human judges were analyzed case by case, with respect to individuals present at each recording occasion. We sought for relationships between the assemblages made by judges with information of photoidentified dolphins presents in each recording occasion. We also looked for relationships between the similarity relations of frequency measures pointed out by PCA with the classification made by human judges and with the different recording occasions.

## III. RESULTS

### A Sampling effort

From October 2012 to July 2013, we conducted 88 hours of sampling effort in 30 days. We sighted 55 groups, totaling 210 dolphins (13.81% calves). Group size of Guiana dolphins ranged from 1 to 8. The mean group size was 3.818 ( $SD = 1.925$ ). A total of 39 individuals were identified with good-quality photographs and 18 of these were included as a new entry to GPMAI catalog. From the 55 groups sighted, we could

record the sound emissions from 21 dolphin groups, totaling seven hours of sound recording. All the groups were recorded without any other in the proximity.

## B Spectrograms

The start, first, middle, and third quartiles and final frequency of the 847 whistles did not differ significantly from those reported in other nine Brazilian populations and a Costa Rican population (see Table 1). Whistles were mainly ascending (59%; n=497), similarly to what has been reported in other populations (from 57% in Marapanim to 97% in Guaraqueçaba). The mean duration of a whistle ( $211 \pm 127$ ms) was shorter in Ilhéus than in other nine populations. The only population with a value of duration shorter than Ilhéus was Costa Rica (31.0 ms).

Table 1 – A comparative table of whistle frequency values (kHz), percentage of ascending and mean duration from this study and 10 other populations of Guiana dolphin arranged from south to north. . Start freq = start frequency; FQ1 = frequency at the first quartile of duration; F1/2 = frequency at the middle of duration; FQ3 = frequency at the third quartile of duration; End freq = final frequency. 1 = North Bay/SC; 2 = Guarapeçaba/PR; 3 = Cananéia/SP; 4 = Puruba/SP (Azevedo and Van Sluys, 2005); 5 = SepetibaBay/RJ (Erber and Simão, 2004); 6 = Guanabara Bay/RJ (Azevedo and Van Sluys, 2005); 7 = This study; 8 = Fortaleza/CE; 9 = Marapanim/PA; 10 = Pacajá River/PA (Azevedo and Van Sluys, 2005), 11 = Costa Rica (May-Collado and Wartzok, 2009).

Population	Start freq	FQ1 (kHz)	F 1/2	FQ3 (kHz)	End freq	% ascending	Mean duration
North Bay/SC	7.58	10.01	12.79	15.25	18.87	84%	291.1
Guarapeçaba/PR	8.25	10.24	12.94	15.92	18.65	97%	300.3
Cananéia/SP	8.68	11.13	13.01	15.14	18.12	82%	318.4
Puruba/SP	9.58	11.51	13.03	14.99	18.75	67%	325.7
Sepetiba Bay/RJ	10.70	11.11	13.66	15.37	13.31	81%	789.0
Guanabara Bay/RJ	7.56	9.40	11.75	15.22	19.42	77%	300.3
Ilhéus/BA	10.87	11.09	13.72	15.14	18.25	59%	211.1
Fortaleza/CE	12.60	15.01	16.51	17.62	18.99	75%	250.2
Marapanim/PA	11.61	13.10	15.05	16.86	18.90	57%	321.4
Pacajá River/PA	11.36	13.74	15.99	17.47	19.63	59%	381.0
Costa Rica	12.99	14.30	15.19	16.00	17.43	58%	31.0

Sepetiba Bay was included as supplementary data in the PCA because its contribution to the second axis was out of proportion with the other localities. Its parameters differed from other populations due to its higher values of duration. The two first principal components of the PCA accounted for 60.24 and 28.76% of the variance of the other populations, respectively. With this small number of variables, we managed to explain 89% of the variability between populations. The component matrix indicated that the parameter duration has low correlation with the other variables, except final frequency ( $r = 0.785$ ). Minimum frequency and frequency at the first quartile have the highest correlation value ( $r = 0.991$ ). The frequency variables from Fortaleza population had the biggest

contribution to axis 1 (26%) and from Costa Rica population had the biggest to axis 2 (47%). Variables from the population of Ilhéus contributed little with the variability between populations, with only 0.3 and 3.2% for each of the axes. The graphic representation of PCA suggested that the 11 Guiana dolphin populations could be divided into 3 distinct groups (Figure 4).

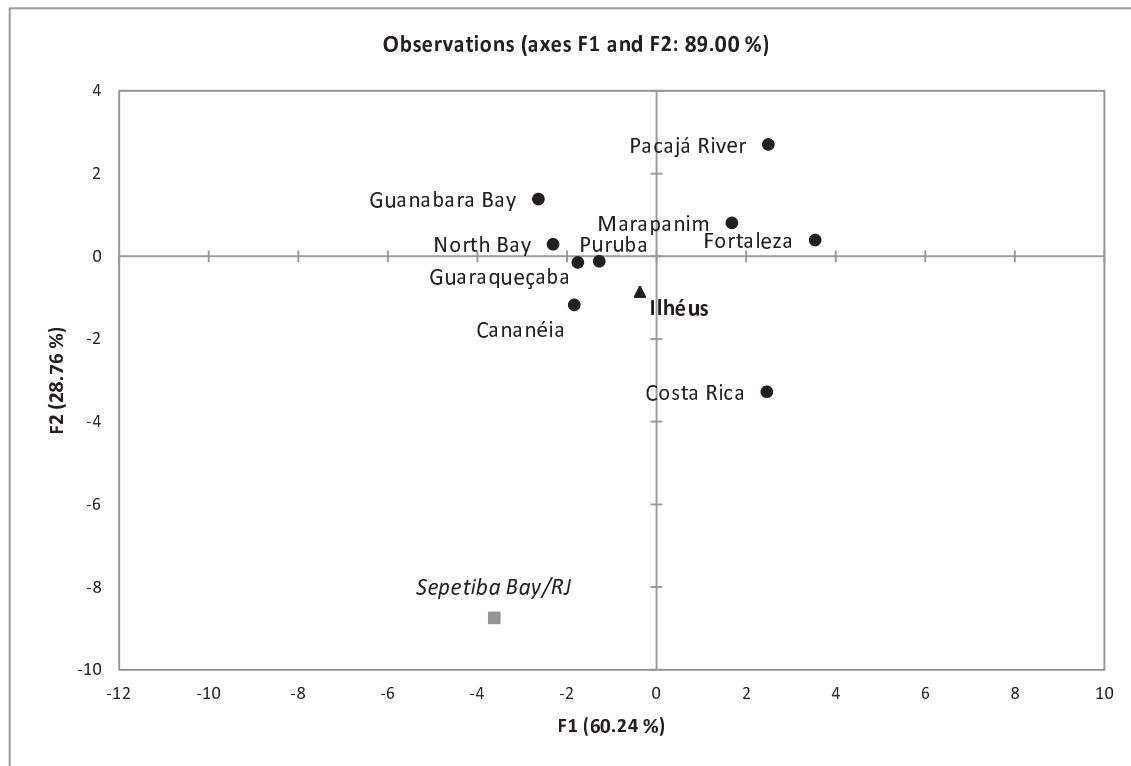


Figure 4 – Principal component analysis using mean values of frequency and duration from 11 populations of Guiana dolphin. Factor 1 explains 60.24% of variance and factor 2 explains 28.76% of variance. Sepetiba Bay/RJ (italic) was included as supplementary data.

Spectrograms of 85 stereotypic whistles were selected by the first spectrogram inspection from seven hours of Guiana dolphin recordings (total of 847 whistles), but only 68 were selected for visual quantitative classification. These 68 whistles had been recorded on nine of the 30 days of field work. In the 30 field days, we sighted 55 groups. From these, 21 were recorded (in nine different days). The 68 selected whistles were recorded from 11 different groups. Three of these 11 recorded groups were feeding aggregations, one travelling and one socializing.

### C Classification of whistles according to visual inspection method

An association matrix between the 68 whistles was built, based on the number of time they were classified in the same assemblage by the judges. Ten pairs of whistles were assembled by all judges and 64 pairs of whistles were assembled by five judges. Three whistles were not assembled with any other (Figure 5).



Figure 5 – Dendrogram of a hierarchical cluster analysis of the 68 whistles, using unweighted pair group method with arithmetic averaging (UPGMA) and a cophenetic correlation coefficient of 0.891. The black lines under the whistles {#31,#33,#41}, {#49, #55, #82}, {#36, #44}, {#6, #73}, {#9, #68} indicate pairs of whistles associated by all 6 judges. The minimum and maximum associations between two whistles in a cluster are visualized by the lower and upper bounds of shadowed regions.

Three out of the six assemblages formed by the 6 judges contained only whistles recorded in the same occasion and may have been produced by the same dolphin(s). The three other assemblages {#49, #55, #82}; {#6, #73}; {#9, #68} were whistles recorded in different occasions. Seven of the 13 assemblages formed by five judges were composed of whistles recorded in different occasions.

#### D Combined analysis of sound recordings and photographs

A case-by-case analysis of the assemblages containing whistles from different occasions brings some inferences about the identity of the whistlers (Table 2). In three cases, the assemblages made by at least five judges included individuals identified in more than one occasion:

Case 1: {#75 #77} assemblage defined by five human judges. These whistles were recorded in two different field days, but the dolphins D40 and D100 were present in both occasions. #75 was recorded in a group of seven individuals, but only D40 and D100 were identified). # 77 was recorded in a group of eight individuals and five were identified. We suggest that both #75 and #77 may belong to D40 or D100.

Case 2: {#49, #55, #82} assemblage defined by all the six human judges. The three whistles were recorded in different field days. #49, #55 and #82 were recorded in groups of three (none identified), six (all identified) and eight (five identified), respectively. During the recording occasions of #55 and #82, D40, D100 and D101 were present in both occasions.

Case 3: {#84, #73, #6}, assemblage defined by all the six human judges. The three whistles were recorded in different field days. When #6 was recorded, the group of dolphins was not in sight but the recorded whistles were probably produced by one or

two individuals because of the low number of whistles listened. #73 was recorded in a group of 5 individuals (all identified). # 84 was recorded in a group of 8 individuals (five identified). In recording occasions of #84 and #73, the same dolphin individual (D105) was present.

The whistles #77 (case 1), #82 (case 2) and #84 (case 3) were recorded at the same occasion in a group of eight individuals from which five were identified: D80, D40, D101, D100 and D105. There is a probability of 1/8 (0.125) of each of these whistles (grouped into different assemblages) to belong to each of the individuals present. The code of whistles, the numbers of animals present and the numbers of identified animals (highlighting individuals observed on several occasions) are shown in Table 2.

Table 2 – Assemblages made by at least five judges with identified individuals present at more than one recording occasion. The table shows the code of whistles grouped by assemblages, the number of animals present at these recording occasions and identified animals (individuals observed on several occasions are in bold).

Whistle	Group size	Individuals identified
<b>Assemblage I (6 judges)</b>		
<b>#49</b>	3	0
<b>#55</b>	6	<b>D40, D14, D24, D99, D100, D101</b>
<b>#82</b>	8	<b>D80, D40, D101, D100, D105</b>
<b>Assemblage II (5 judges)</b>		
<b>#80</b>	8	<b>D80, D40, D101, D100, D105</b>
<b>#70</b>	5	<b>D03, D102, D103, D104, D105</b>
<b>Assemblage III (5 judges)</b>		
<b>#77</b>	8	<b>D80, D40, D101, D100, D105</b>
<b>#75</b>	7	<b>D40, D100</b>
<b>Assemblage IV (5 judges)</b>		
<b>#83</b>	8	<b>D80, D40, D101, D100, D105</b>
<b>#55</b>	6	<b>D40, D14, D24, D99, D100, D101</b>
<b>#49</b>	3	0
<b>#82</b>	8	<b>D80, D40, D101, D100, D105</b>
<b>Assemblage V (5 judges)</b>		
<b>#84</b>	8	<b>D80, D40, D101, D100, D105</b>
<b>#73</b>	5	<b>D03, D102, D103, D104, D105</b>
<b>#06</b>	Unknown	0

## E Classification of whistles according to the contour similarity method

A principal component analysis (PCA) was performed with the 15 frequency points from each of the 67 selected whistles (#85 was taken off because its values were very high in relation to the other whistles): 87.44% of the variance was explained by the two first axes F1 (63.55%) and F2 (23.89%) (Figure 6).

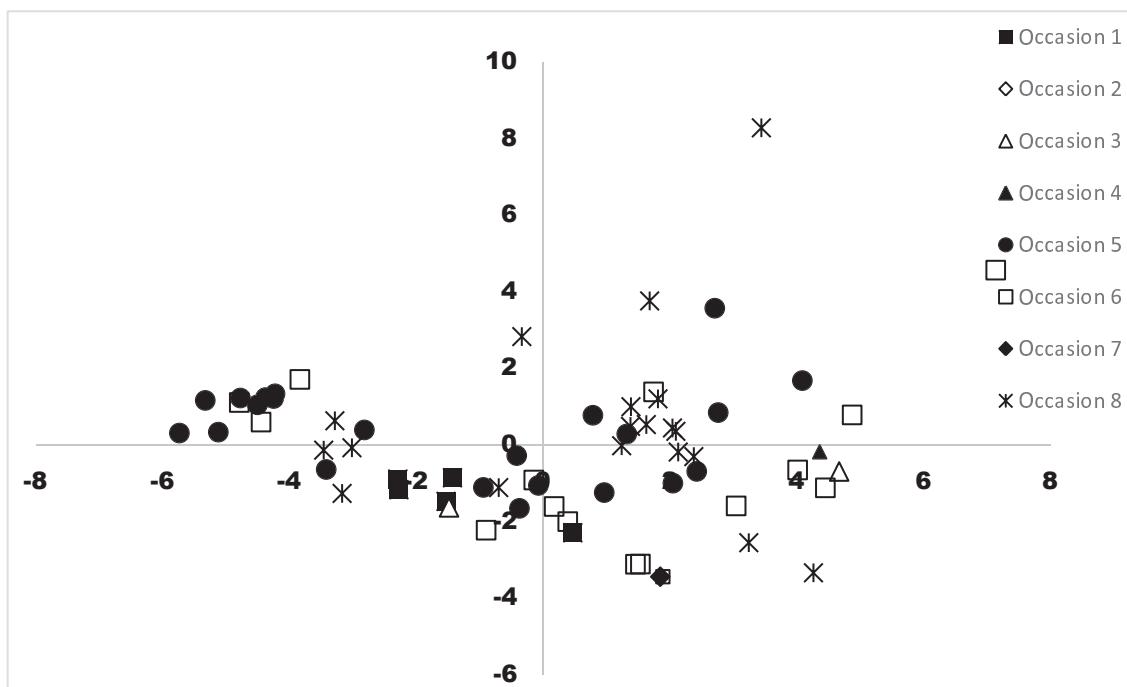


Figure 6 – Biplot of F1 and F2 of whistles frequencies obtained from a PCA. The initial variables were 15 frequencies measures of 67 different whistles that are symbolized by symbols on the figure. The different symbols illustrate different occasions recording whistles.

When pointing the whistles according to assemblages formed by at least five observers, most of the whistles from the same assemblage are proximate on the PCA graph (Figure 7), indicating that both visual and contour similarity classification methods are complementary.

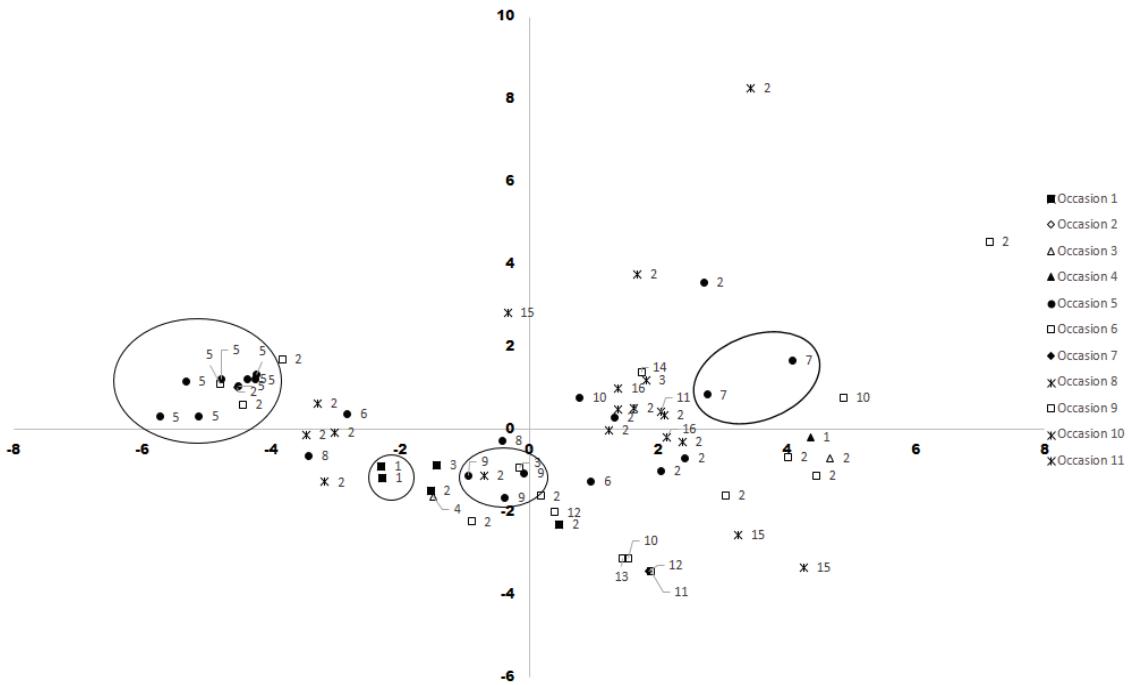


Figure 7 - Biplot of F1 and F2 of whistle frequencies obtained from a PCA. The initial variables were 15 frequencies measures of 67 different whistles that are symbolized by symbols on the figure. The circles show different assemblages made by human judges and different symbols illustrate different occasions recording whistles.

K-means cluster analysis were performed five times setting from 12 to 16 in the class number ( $k$ ). These values were chosen because we could find 14 assemblages made by at least five judges. Some whistles were grouped similarly by  $k$  cluster and visual classification: when  $k=16$ , four assemblages from at least five judges were found inside the assignment classes from k-means clustering (Table 3).

Table 3 – Classes (C1 to C16) produced by k-means clustering ( $k=16$ ) of F1 and F2 coordinates of the PCA of the frequencies of 67 whistles. Each number represents the whistle code numbers. The coinciding assemblages formed by the visual analysis of spectrograms by at least five judges are featured in grey.

Whistle class	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Whistle ID numbers	1	4	8	10	16	22	24	26	36	48	49	50	69	74	80	81
	3	34	14	11	25	78	35	37	43		52	60		75		
	6	61	17	18	51		46		44		53	68		77		
7	66	28	62	54		56		59			55					
9		30	71	76		57		64			82					
		31	72	79		58		73								
		33						70								
		41						83								
		42							84							
		63														
		65														
		67														

#### IV. DISCUSSION

One of the goals of this study was to characterize the whistles produced by the population of *S. guianensis* in Ilhéus, Brazil. Comparisons between whistles from Ilhéus and other Guiana dolphin populations showed that parameter values of frequency and duration were similar between values previously reported. A recent study (Andrade et al., 2014) found frequency range values of the whistles higher (1.03 – 44.09) than that reported here and in the other studies used for comparison, but the authors used higher upper frequency limits in their recording equipments. The study of Rossi-Santos and Podos (2006) found that start, minimum frequencies, and duration are more similar between adjacent sites. The principal component analysis indicated a similar trend in mean frequency, except for Guanabara Bay (Azevedo and Van Sluys, 2005). The start frequency, frequency at the middle of duration and end frequency values from all six populations located south of Ilhéus were lower than the same parameters from Ilhéus. In

the same way, start frequency, and frequencies at the first, middle, and third quartiles of duration from all populations north of Ilhéus were higher than the same parameters from Ilhéus. The principal component analysis graph formed groups with: south and southeastern populations (Guanabara Bay, North Bay, Guaraqueçaba, Puruba and Cananéia), north and northeastern populations (Pacajá River, Marapanim and Fortaleza) with Ilhéus in an intermediate position (corresponding also to its intermediate latitudinal location), and isolating Costa Rica population (the northern-most site). These similarities in frequency values could be revealing latitudinal similarities in populations. However, the contribution of each population to the axes was quite different to conclude that. Deconto and Monteiro-Filho (2013), studying two Brazilian Guiana dolphin populations (from south and southeastern regions of Brazil), found all frequency parameters higher when compared with previous studies in other populations, contradicting the hypothesis of latitudinal variation of whistles emitted by *S. guianensis*.

Following the definition of Janik and Sayigh (2013) that a signature whistle is “a learned, individually distinctive whistle type in a dolphin’s repertoire that broadcasts the identity of the whistle owner”, the whistle spectrograms found allow inferring about a particular frequency modulation pattern or contour in Guiana dolphin whistles.

We could find modulation frequency patterns that served as a basis to visual and quantitative methods. Sixteen assemblages were formed when applying McCowan’s method, which included only four of the 14 assemblages formed by at least five judges with visual classification and k-means clustering. The two methods agreed in a limited way, as concluded by Janik (1999) in his comparative study of both methods with whistles of *T. truncatus*. The quantitative method has been criticized because it normalizes the duration of the whistles and then takes equally spaced frequency

measurements from each whistle, sometimes failing in grouping similar contours (Sayigh et al., 2007). According to Janik (1999), the visual classification method is more reliable to identify signature whistles. The use of a quantitative method (like McCowan method or other) may be desirable for several reasons, but it must be carefully tailored to the biological matter being investigated. We use the Mc Cowan classification method intending to compare our results with Figueiredo and Simão (2009) and other studies that also used it for Guiana dolphin whistles. The McCowan method assumes that the duration is irrelevant to the classification of whistles, but this is unlikely to be true. It is known that subtle parameter variations that preserve the overall modulation pattern, but change, some whistle parameter could encode motivational information, for example (Janik et al., 1994).

Most studies about signature whistles involve captive animals (McCowan and Reiss, 1995) or capture-release events (Sayigh et al., 1999; Miksis et al., 2002; Janik et al., 2006), allowing an easy identification of the dolphin whistling. Here we used the photoidentification technique, trying to interfere as little as possible in the dolphin behavior. We could not photoidentify all the individuals, and neither identify the whistlers. Nonetheless, the presence of the same individuals in different recording occasions of stereotyped whistles (potential signatures) allows inferring an association of some whistle types with some groups of dolphins. The lower was the group size, the greater the probability of assignment of signature whistles to individuals. Recording isolated individuals would confirm the existence of signature whistle in this population, but *S. guianensis* are rarely found alone in Ilhéus (Izidoro and Le Pendu, 2012a). The assemblages between similar whistles suggest that there are different types of whistles and they may have been emitted by the same individual.

The low relative number of whistles selected for classification (only 68 of 847 recorded) was expected because the animals produce more signature whistles when isolated from others (Janik and Slater, 1998). In addition, various whistles were excluded from analysis because of the interference of background noise.

This study is the first that simultaneously uses both techniques of photo-ID and whistle recordings in *S. guianensis*. The results from the visual and quantitative classification of stereotyped whistles corroborate the conclusions by Figueiredo and Simão (2009), supporting the premise that *S. guianensis* may produce signature whistles. However, a sampling effort more intensive and prolonged using the technique of photoidentification, or the use more than one hydrophone to increase localization potential of groups recorded (Quick et al., 2008), or even an adaptation of SIGID method (Janik et al., 2013) could increase the chances of having all individuals identified, allowing a definitive conclusion about the existence of signature whistles in *S. guianensis*.

## V. ACKNOWLEDGMENTS

This study was founded by Cetacean Society International, Animal Behavior Society and Universidade Estadual de Santa Cruz. Ellen Nara, Paulo Flores, Thais Melo, Vanessa Sales, Ana Paula Andrade, Estela Baumhardt, Jamille Sousa, Letícia Vaz, Rafaela Rocha, Ana Carolina Gonçalves, Yuri Cruz, Juliano Lacerda, Guilherme Bortolotto, Evelyn Fróes, Guido Lima, Virgínia Lima and André Conti helped us to collect data. Gastón Giné helped us with the map confection. We particularly thank Universidade Estadual de Santa Cruz, Programa de Pós-Graduação em Zoologia (UESC) and Marina Ilhéus, which provided logistical support. The *Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia* (Fapesb – Brazil) granted a master's degree scholarship to A. M. Lima (BOL0175/2012). We thank INFRAERO who provided meteorological data.

## VI. LITERATURE CITED

- Albuquerque, N. de S., and Souto, A. da S. (2013). "Motorboat noise can potentially mask the whistle sound of estuarine dolphins (*Sotalia guianensis*)" *Ethnobiol. Conserv.*, **2**, 1–15.
- Andrade, L. G., Lima, I. M. S., Macedo, H., Carvalho, R. R., Lailson-Brito, J., Flach, L., and Azevedo, A. (2014). "Variation in Guiana dolphin (*Sotalia guianensis*) whistles: using a broadband recording system to analyze acoustic parameters in three areas of southeastern Brazil" *Acta Ethol.*, doi: 10.1007/s10211-014-0183-7. doi:10.1007/s10211-014-0183-7
- Andrade, M. P. (2003). *Ilhéus, passado e presente*, Editus, Ilhéus, BA, Segunda ed., p. 144.
- Antunes, R., Schulz, T., Gero, S., Whitehead, H., Gordon, J., and Rendell, L. (2011). "Individually distinctive acoustic features in sperm whale codas" *Anim. Behav.*, **81**, 723–730. doi:10.1016/j.anbehav.2010.12.019
- Azevedo, A. de F., and Van Sluys, M. (2005). "Whistles of tucuxi dolphins (*Sotalia fluviatilis*) in Brazil: comparisons among populations" *J. Acoust. Soc. Am.*, **117**, 1456–1464. doi:10.1121/1.1859232
- Buckstaff, K. (2004). "Effects of watercraft noise on the acoustic behavior of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in Sarasota Bay, Florida" *Mar. Mammal Sci.*, **20**, 709–725.
- Caldwell, M. C., and Caldwell, D. K. (1965). "Individualized whistle contours in bottlenosed dolphins (*Tursiops truncatus*)" *Nature*, **207**, 434–435.
- Caldwell, M. C., and Caldwell, D. K. (1968). "Vocalization of naive captive dolphins in small groups" *Science*, **159**, 1121–3.
- Caldwell, M. C., and Caldwell, D. K. (1970). "Statistical evidence for individual signature whistles in pacific whitesided dolphins, *Lagenorhynchus obliquidens*" *Cetology*, **3**, 1–9.
- Caldwell, M. C., and Caldwell, D. K. (1971). "Statistical evidence for individual signature whistles in Pacific whitesided dolphins, *Lagenorhynchus obliquidens*" *Cetology*, ,
- Caldwell, M. C., Caldwell, D. K., and Miller, J. F. (1973). "Statistical evidence for individual signature whistles in the spotted dolphin, *Stenella plagiodon*" *Cetology*, **16**, 1–21.
- Carrera, M. L., Favaro, E. G. P., and Souto, A. (2008). "The response of marine tucuxis (*Sotalia fluviatilis*) towards tourist boats involves avoidance behaviour and a reduction in foraging" *Anim. Welf.*, **17**, 117–123.

- Cook, M. L. H., Sayigh, L. S., Blum, J. E., and Wells, R. S. (2004). "Signature-whistle production in undisturbed free-ranging bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*)" Proc. Biol. Sci., **271**, 1043–1049. doi:10.1098/rspb.2003.2610
- Deconto, L. S., and Monteiro-Filho, E. L. a (2013). "High initial and minimum frequencies of *Sotalia guianensis* whistles in the southeast and south of Brazil" J. Acoust. Soc. Am., **134**, 3899–904. doi:10.1121/1.4823845
- Erber, C., and Simão, S. M. (2004). "Analysis of whistles produced by the Tucuxi dolphin *Sotalia fluviatilis* from Sepetiba Bay, Brazil" An. Acad. Bras. Cienc., **76**, 381–385.
- Fernández, A., and Gómez, S. (2008). "Solving Non-Uniqueness in Agglomerative Hierarchical Clustering Using Multidendograms" J. Classif., **25**, 43–65. doi:10.1007/s00357-008-9004-x
- Fidelman, P. I. J. (2001). "Manguezais do rio Santana, Ilhéus, Bahia: caracterização do sistema" Rev. Estud. Ambient., **3**, 86–94.
- Figueiredo, L. D. de, and Simão, S. M. (2009). "Possible occurrence of signature whistles in a population of *Sotalia guianensis* (Cetacea, Delphinidae) living in Sepetiba Bay, Brazil" J. Acoust. Soc. Am., **126**, 1563. doi:10.1121/1.3158822
- Flores, P. A. C., and Silva, V. M. F. (2009). "Tucuxi and Guiana dolphin (*Sotalia fluviatilis* and *S. guianensis*)" In W. F. Perrin Würsig, B., Thewissen, J.G.M. (Ed.), Encycl. Mar. Mamm., Elsevier, Amsterdam, 2nd ed., pp. 1188–1192.
- Gridley, T., Cockcroft, V. G., Hawkins, E. R., Lemon-Blewitt, M., Morisaka, T., and Janik, V. M. (2013). "Signature whistles in free ranging populations of Indo-Pacific bottlenose dolphins, *Tursiops aduncus*" Mar. Mammal Sci.,
- Gygax, L. (2002). "Evolution of group size in the superfamily Delphinoidea (Delphinidae, Phocoenidae and Monodontidae): a quantitative comparative analysis" Mamm. Rev., **32**, 295–314.
- ICMBio (2011). *Plano de ação nacional para a conservação dos mamíferos aquáticos - Pequenos cetáceos*, (C. C. Rocha-Campos, I. de G. Câmara, and D. J. Pretto, Eds.) Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Icmbio, Brasília, p. 131.
- Izidoro, F. B., and Le Pendu, Y. (2012). "Estuarine dolphins (*Sotalia guianensis*) (Van Bénéden, 1864) (Cetacea : Delphinidae) in Porto de Ilhéus , Brazil: group characterisation and response to ships" North. West. J. Zool., **8**, 232–240.
- Izidoro, F. B., and Le Pendu, Y. (2012). "Estuarine dolphins (*Sotalia guianensis*, Cetacea, Delphinidae) play at Porto de Ilhéus harbor, Bahia, Brazil" Panam. J. Aquat. Sci., **7**, 27–36.

- Janik, V. M. (1999). "Pitfalls in the categorization of behaviour: a comparison of dolphin whistle classification methods" *Anim. Behav.*, **57**, 133–143. doi:10.1006/anbe.1998.0923
- Janik, V. M., Dehnhardt, G., and Todt, D. (1994). "Signature whistle variations in a bottlenosed dolphin, *Tursiops truncatus*" *Behav. Ecol. Sociobiol.*, **35**, 243–248.
- Janik, V. M., King, S. L., Sayigh, L. S., and Wells, R. S. (2013). "Identifying signature whistles from recordings of groups of unrestrained bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*)" *Mar. Mammal Sci.*, **29**, 109–122. doi:10.1111/j.1748-7692.2011.00549.x
- Janik, V. M., and Sayigh, L. S. (2013). "Communication in bottlenose dolphins: 50 years of signature whistle research" *J. Comp. Physiol. A. Neuroethol. Sens. Neural. Behav. Physiol.*, **199**, 479–89. doi:10.1007/s00359-013-0817-7
- Janik, V. M., Sayigh, L. S., and Wells, R. S. (2006). "Signature whistle shape conveys identity information to bottlenose dolphins" *Sci. York.*,
- Janik, V. M., and Slater, P. J. B. (1998). "Context-specific use suggests that bottlenose dolphin signature whistles are cohesion calls" *Anim. Behav.*, **56**, 829–838. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9790693>
- Kamminga, C., van Hove, M. T., Engelsma, F. J., and Terry, R. P. (1993). "Investigations on Cetacean Sonar X: A comparative analysis of underwater echolocation clicks of *Inia* spp and *Sotalia* spp" *Aquat. Mamm.*, **19**, 31–43.
- Lima, N. R. E. de (2007). *Comportamento vocal de botos do gênero Sotalia (Cetacea: Delphinidae): a estrutura dos assobios de duas populações no Estado do Pará* UFPA, p. 101.
- May-Collado, L. J. (2013). "Guyana dolphins (*Sotalia guianensis*) from Costa Rica emit whistles that vary with surface behaviors" *J. Acoust. Soc. Am.*, **134**, EL359–65. doi:10.1121/1.4818938
- May-Collado, L. J., Agnarsson, I., and Wartzok, D. (2007). "Phylogenetic review of tonal sound production in whales in relation to sociality" *BMC Evol. Biol.*, **7**, 136. doi:10.1186/1471-2148-7-136
- May-Collado, L. J., and Wartzok, D. (2007). "The freshwater dolphin *Inia geoffrensis* *geoffrensis* produces high frequency whistles" *J. Acoust. Soc. Am.*, **121**, 1203. doi:10.1121/1.2404918
- May-Collado, L. J., and Wartzok, D. (2008). "A comparison of bottlenose dolphin whistles in the Atlantic ocean: factors promoting whistle variation" *J. Mammal.*, **89**, 1229–1240. doi:10.1644/07-MAMM-A-310.1
- May-Collado, L. J., and Wartzok, D. (2009). "A characterization of Guyana dolphin (*Sotalia guianensis*) whistles from Costa Rica: the importance of broadband recording systems" *J. Acoust. Soc. Am.*, **125**, 1202–13. doi:10.1121/1.3058631

- McCowan, B., and Reiss, D. (1995). "Quantitative comparison of whistle repertoires from captive adult bottlenose dolphins (Delphinidae, *Tursiops truncatus*): a re-evaluation of the signature whistle hypothesis" *J. Comp. Psychol.*, **109**, 242–260. doi:10.1037/0735-7036.109.3.242
- McCowan, B., and Reiss, D. (2001). "The fallacy of 'signature whistles' in bottlenose dolphins: a comparative perspective of 'signature information' in animal vocalizations" *Anim. Behav.*, **62**, 1151–1162. doi:10.1006/anbe.2001.1846
- Miksis, J. L., Tyack, P. L., and Bruck, J. R. (2002). "Captive dolphins, *Tursiops truncatus*, develop signature whistles that match acoustic features of human-made model sounds" *J. Acoust. Soc. Am.*, **112**, 728. doi:10.1121/1.1496079
- Monteiro-Filho, E. L. de A., Monteiro, L. R., and Reis, S. F. dos (2002). "Skull shape and size divergence in dolphins of the genus *Sotalia*: a tridimensional morphometric analysis" *J. Mammal.*, **83**, 125–134.
- Nakahara, F., and Miyazaki, N. (2011). "Vocal exchanges of signature whistles in bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*)" *J. Ethol.*, **29**, 309–320. doi:10.1007/s10164-010-0259-4
- Parijs, S. M. Van, and Corkeron, P. J. (2001). "Vocalizations and behaviour of Pacific Humpback Dolphins *Sousa chinensis*" *Ethology*, **107**, 701–716.
- Paro, A. D. (2005). *Caracterização do repertório sonoro produzido pelo boto-cinza, Sotalia guianensis (Cetacea: Delphinidae), na Baía Norte, Santa Catarina* Universidade Federal de Santa Catarina, p. 49.
- Le Pendu, Y., Morais, B. C., Paula, Y. C. De, and Assis, C. V. de (2011). "Residence and site fidelity of Guiana dolphin, *Sotalia guianensis* (Van Bénéden, 1864) in the port of Ilhéus, Bahia, Brazil" *Abstr. B. 19th Bienn. Conf. Biol. Mar. mammals. Tampa, FL Soc. Mar. Mammal.*, 172–172.
- Pivari, D., and Rosso, S. (2005). "Whistles of small groups of *Sotalia fluviatilis* during foraging behavior in southeastern Brazil" *J. Acoust. Soc. Am.*, **118**, 2725. doi:10.1121/1.2033569
- Quick, N. J., Rendell, L. E., and Janik, V. M. (2008). "A mobile acoustic localization system for the study of free-ranging dolphins during focal follows" *Mar. Mammal Sci.*, **24**, 979–989. doi:10.1111/j.1748-7692.2008.00231.x
- Randi, M. A. F., Rassolin, P., Rosas, F. C. W., and Monteiro-Filho, E. L. de A. (2008). "Padrão de cor de pele" In E. L. A. Monteiro-Filho and K. D. K. A. Monteiro (Eds.), *Biol. Ecol. e Conserv. do Boto-cinza*, Câmara Brasileira do Livro, São Paulo, pp. 11–16.
- Reuss-Strenzel, G. M., and Assunção, M. F. (2008). "Etnoconhecimento ecológico dos caçadores submarinos de Ilhéus, Bahia, como subsídio à preservação do mero (*Epinephelus itajara* Lichtenstein, 1822)" *Rev. da Gestão Costeira Integr.*, **8**, 203–219.

- Rossi-Santos, M. R., and Podos, J. (2006). “Latitudinal variation in whistle structure of the estuarine dolphin *Sotalia guianensis*” *Behaviour*, **143**, 347–364.  
doi:10.1163/156853906775897905
- Santos, M. S., Schiavetti, A., and Alvarez, M. R. (2013). “Surface patterns of *Sotalia guianensis* (Cetacea : Delphinidae) in the presence of boats in Port of Malhado, Ilhéus, Bahia, Brazil” *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, **41**, 80–88.  
doi:<http://dx.doi.org/10.3856/vol41-issue1-fulltext-6>
- Sarasota Dolphin Research Program (2006). *Manual for field research and laboratory activities* Sarasota, pp. 1–62.
- Sauerland, M., and Dehnhardt, G. (1998). “Underwater audiogram of a tucuxi (*Sotalia fluviatilis guianensis*)” *J. Acoust. Soc. Am.*, **103**, 1199–1204. Retrieved from <Go to ISI>://000072042300058
- Sayigh, L. S., Esch, H. C., Wells, R. S., and Janik, V. M. (2007). “Facts about signature whistles of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*” *Anim. Behav.*, **74**, 1631–1642. doi:10.1016/j.anbehav.2007.02.018
- Sayigh, L. S., Tyack, P. L., Wells, R. S., Scott, M. D., and Irvine, A. B. (1995). “Sex difference in signature whistle production of free-ranging bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*” *Behav. Ecol. Sociobiol.*, **36**, 171–177.
- Sayigh, L. S., Tyack, P. L., Wells, R. S., Solow, A. A. R., Scott, M. D., and Irvine, A. B. (1999). “Individual recognition in wild bottlenose dolphins: a field test using playback experiments” *Anim. Behav.*, **57**, 41–50. doi:10.1006/anbe.1998.0961
- Shapiro, A. D. (2006). “Preliminary evidence for signature vocalizations among free-ranging narwhals (*Monodon monoceros*)” *J. Acoust. Soc. Am.*, **120**, 1695. doi:10.1121/1.2226586

#### **4 CONCLUSÕES GERAIS**

Os assobios da população de boto-cinza de Ilhéus, Bahia, apresentam parâmetros quantitativos semelhantes aos de outras populações da espécie.

Existem indícios que corroboram a hipótese de ocorrência de assobios-assinatura no *S. guianensis*.

O método quantitativo de classificação dos assobios apresentou baixa concordância com a aplicação do método de classificação visual por observadores humanos.

Esse estudo foi o primeiro a unir a hipótese de assobios-assinatura com a identificação de indivíduos através de fotos.

A relação entre contornos de assobios agrupados e animais presentes na ocasião de gravação permite inferir probabilidades de alguns assobios pertencerem a determinados indivíduos de boto-cinza.

Os resultados desse trabalho permitem avançar na discussão da hipótese de assobios-assinatura em *S. guianensis* e do aprimoramento de técnicas não invasivas para verificação da mesma. Um esforço amostral prolongado utilizando a técnica de fotoidentificação, ou a utilização de mais de um hidrofone aumentariam as chances de ter todos os indivíduos identificados.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, N. DE S.; SOUTO, A. DA S. Motorboat noise can potentially mask the whistle sound of estuarine dolphins (*Sotalia guianensis*). **Ethnobiology and Conservation**, v. 2, n. 5, p. 1–15, 2013.
- ARAÚJO, J. P. DE. Estudos dos padrões comportamentais de botoes-cinza *Sotalia fluviatilis* na Baía dos Golfinhos, Rio Grande do Norte. **Oceanografia Biológica**, p. 52, 2001.
- ATEM, A. C. G.; MONTEIRO-FILHO, E. L. DE A. A. Nocturnal activity of the estuarine dolphin (*Sotalia guianensis*) (Cetacea, Delphinidae) in the Region of Cananéia, São Paulo State, Brazil. **Aquatic Mammals**, v. 32, n. 2, p. 236–241, 2006.
- AU, W. W. L.; HASTINGS, M. C. Principles of marine bioacoustics. **Marine Mammal Science**, v. 25, n. 3, p. 755–757, jul. 2009.
- AZEVEDO, A. DE F. et al. A note on site fidelity of marine tucuxis (*Sotalia fluviatilis*) in Guanabara Bay, southeastern Brazil. **Journal of Cetacean Research and Management**, v. 6, n. 3, p. 265–268, 2004.
- AZEVEDO, A. DE F. et al. Comportamento do boto-cinza (*Sotalia guianensis*) (Cetacea: Delphinidae): amostragem, termos e definições. **Oecol. Bras.**, v. 13, n. 1, p. 192–200, 2009a.
- AZEVEDO, A. DE F.; SIMÃO, S. M. Whistles produced by marine tucuxi dolphins (*Sotalia fluviatilis*) in Guanaraba bay, southeastern Brazil. **Aquatic Mammals**, v. 28, n. 3, p. 261–266, 2002.
- AZEVEDO, A. DE F.; VAN SLUYS, M. Whistles of tucuxi dolphins (*Sotalia fluviatilis*) in Brazil: comparisons among populations. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 117, n. 3, p. 1456–1464, 2005.
- AZEVEDO, A. F. et al. Human-induced injuries to marine tucuxis (*Sotalia guianensis*) (Cetacea: Delphinidae) in Brazil. **Marine Biodiversity Records**, v. 2, p. e22, 3 mar. 2009b.
- BERGALLO, H. DE G. et al. A fauna ameaçada do Estado do Rio de Janeiro. **Ciência Hoje**, v. 26, n. 152, p. 18–23, 1999.
- BOROBIA, M. **Distribution and morphometrics of South American dolphins of the genus Sotalia**. Quebec, Canadá, Canadá: Faculty of Graduate Studies and Research of McGill University, 1989.

- BOROBIA, M. et al. Distribution of the south-american dolphin *Sotalia fluviatilis*. **Canadian Journal of Zoology-Revue Canadienne De Zoologie**, v. 69, n. 4, p. 1025–1039, 1991.
- BRESSAN, P. M.; KIERULFF, M. C. M.; SUGIEDA, A. M. **Fauna ameaçada de extinção no Estado de São Paulo**. São Paulo: Fundação Parque Zoológico de São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 2009. p. 645
- BRUCK, J. N. Decades-long social memory in bottlenose dolphins. **Proceedings. Biological sciences / The Royal Society**, v. 280, n. 1768, p. 20131726, 7 out. 2013.
- BUCKSTAFF, K. Effects of watercraft noise on the acoustic behavior of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in Sarasota Bay, Florida. **Marine Mammal Science**, v. 20, n. 4, p. 709–725, 2004.
- CALDWELL, M. C.; CALDWELL, D. K. Individualized whistle contours in bottlenosed dolphins (*Tursiops truncatus*). **Nature**, v. 207, n. 4995, p. 434–435, 1965.
- CALDWELL, M. C.; CALDWELL, D. K. Statistical evidence for individual signature whistles in pacific whitesided dolphins, *Lagenorhynchus obliquidens*. **Cetology**, v. 3, p. 1–9, 1970.
- CALDWELL, M. C.; CALDWELL, D. K. Vocalization of naive captive dolphins in small groups. **Science (New York, N.Y.)**, v. 159, n. 3819, p. 1121–3, mar. 1968.
- CALDWELL, M. C.; CALDWELL, D. K.; MILLER, J. F. Statistical evidence for individual signature whistles in the spotted dolphin, *Stenella plagiodon*. **Cetology**, v. 16, p. 1–21, 1973.
- CALDWELL, M. C.; CALDWELL, D. K.; TYACK, P. L. Review of the signature-whistle hypothesis for the Atlantic bottlenose dolphin. In: **The Bottlenose Dolphin**. [s.l.] Academic Press, 1990. p. 199–234.
- CANTOR, M. et al. Assessing population parameters and trends of Guiana dolphins (*Sotalia guianensis*): An eight-year mark-recapture study. **Marine Mammal Science**, v. 28, n. 1, p. 63–83, jan. 2012.
- CARRERA, M. L.; FAVARO, E. G. P.; SOUTO, A. The response of marine tucuxis (*Sotalia fluviatilis*) towards tourist boats involves avoidance behaviour and a reduction in foraging. **Animal Welfare**, v. 17, p. 117–123, 2008.
- CHIARELLO, A. G. et al. Mamíferos ameaçados de extinção no Brasil. In: MACHADO, A. B. M.; DRUMMOND, G. M.; PAGLIA, A. P. (Eds.). **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção**. Belo Horizonte: Ministério do Meio Ambiente e Fundação Biodiversitas, 2008. p. 681–702.

- COOK, M. L. H. et al. Signature-whistle production in undisturbed free-ranging bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). **Proceedings. Biological sciences / The Royal Society**, v. 271, n. 1543, p. 1043–1049, 22 maio 2004.
- COSTA, M. E. B.; LE PENDU, Y.; NETO, E. M. C. Behaviour of *Sotalia guianensis* (van Bédenen, 1864) (Cetacea, Delphinidae) and ethnoecological knowledge of artisanal fishermen from Canavieiras, Bahia, Brazil. **Journal of ethnobiology and ethnomedicine**, v. 8, p. 18, jan. 2012.
- CUNHA, H. A. et al. Riverine and marine ecotypes of *Sotalia* dolphins are different species. **Marine Biology**, v. 148, n. 2, p. 449–457, 2005.
- DA SILVA, V. M. F.; BEST, R. C. *Sotalia fluviatilis*. **Mammalian Species**, v. 396, p. 1–7, 1996.
- DECONTO, L. S.; MONTEIRO-FILHO, E. L. A. High initial and minimum frequencies of *Sotalia guianensis* whistles in the southeast and south of Brazil. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 134, n. 5, p. 3899–904, nov. 2013.
- DI BENEDITTO, A. P. M.; ROSAS, F. C. W. Mortalidade. In: MONTEIRO-FILHO, E. L. A.; MONTEIRO, K. D. K. A. (Eds.). **Biologia, Ecologia e Conservação do Boto-Cinza, *Sotalia guianensis***. São Paulo: Páginas & Letras, Editora e Gráfica, 2008. p. 211–222.
- ERBER, C.; SIMÃO, S. M. Analysis of whistles produced by the Tucuxi dolphin *Sotalia fluviatilis* from Sepetiba Bay, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciencias**, v. 76, n. 2, p. 381–385, 2004.
- ESCH, H. C. et al. Whistles as potential indicators of stress in bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). **Journal of Mammalogy**, v. 90, n. 3, p. 638–650, 2009.
- EVANS, P. G. H.; HAMMOND, P. S. Monitoring cetaceans in European waters. **Mammal Review**, v. 34, n. 1, p. 131–156, 2004.
- FIGUEIREDO, L. D. DE; SIMÃO, S. M. Possible occurrence of signature whistles in a population of *Sotalia guianensis* (Cetacea, Delphinidae) living in Sepetiba Bay, Brazil. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 126, n. 3, p. 1563, set. 2009.
- FLORES, P. A. C. Preliminary results of a photoidentification study of the marine tucuxi, *Sotalia fluviatilis*, in southern Brazil. **Marine Mammal Science**, v. 15, n. 3, p. 840–847, 1999.
- FLORES, P. A. C.; BAZZALO, M. Home ranges and movement patterns of the marine tucuxi dolphin, *Sotalia fluviatilis*, in Baía Norte, Southern Brazil. **LAJAM**, v. 3, n. 1, p. 37–52, 2004.
- FLORES, P. A. C.; SILVA, V. M. F. Tucuxi and Guiana dolphin (*Sotalia fluviatilis* and *S. guianensis*). In: PERRIN WÜRSIG, B., THEWISSEN, J.G.M., W. F. (Ed.).

**Encyclopedia of marine mammals.** 2nd. ed. Amsterdam: Elsevier, 2009. p. 1188–1192.

FRIPP, D. et al. Bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) calves appear to model their signature whistles on the signature whistles of community members. **Animal cognition**, v. 8, n. 1, p. 17–26, jan. 2005.

GEISE, L. *Sotalia guianensis* (Cetacea, Delphinidae) population in the Guanabara Bay, Rio de Janeiro, Brazil. **Mammalia**, v. 55, n. 3, p. 371–380, jan. 1991.

GEISE, L.; GOMES, N.; CERQUEIRA, R. Behaviour, habitat use and population size of *Sotalia fluviatilis* (Gervais, 1853) (Cetacea, Delphinidae) in the Cananéia estuary region, São Paulo, Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 59, n. 2, p. 183–194, 1999.

GONZALES-VIERA, O. et al. Toxoplasmosis in a Guiana dolphin (*Sotalia guianensis*) from Paraná, Brazil. **Veterinary parasitology**, v. 191, n. 3-4, p. 358–62, jan. 2013.

GOPE, C. et al. An affine invariant curve matching method for photo-identification of marine mammals. **Pattern Recognition**, v. 38, n. 1, p. 125–132, jan. 2005.

GUNNL AUGSSON, T.; SIGURJÓNSSON, J. A note on the problem of false positives in the use of natural marking data for abundance estimation. **Reports of the International Whaling Commission**, v. 12, p. 143–146, 1990.

GYGAX, L. Evolution of group size in the superfamily Delphinoidea (Delphinidae, Phocoenidae and Monodontidae): a quantitative comparative analysis. **Mammal Review**, v. 32, n. 4, p. 295–314, 2002.

HAYES, A. J. S. **Ocorrência e utilização de habitat da forma marinha do tucuxi, *Sotalia fluviatilis*, na Praia de Iracema, Brasil, através de observações a partir de um ponto fixo Relatório de licenciatura em Biologia Marinha e Pescas.** Univ. do Algarve. Faro. [s.l: s.n.], p. 1-10, 1999.

HETZEL, B.; LODI, L. **Baleias, botos e golfinhos - Guia de identificação para o Brasil.** Rio de Janeiro: Ed. Nova Fronteira, 1993. p. 280

IRVINE, A. B.; WELLS, R. S.; SCOTT, M. D. An evaluation of techniques for tagging small odontocete cetaceans. **Fishery Bulletin**, v. 80, n. 1, p. 135–143, jan. 1982.

IUCN. **IUCN Red List of Threatened Species.** Version 2013.2.  
<http://www.iucnredlist.org/>. Downloaded on **03 February 2014**.

IZIDORO, F. B.; LE PENDU, Y. Estuarine dolphins (*Sotalia guianensis*) (Van Bénédén, 1864) (Cetacea : Delphinidae) in Porto de Ilhéus , Brazil: group characterisation and response to ships. **North-Western Journal of Zoology**, v. 8, n. 2, p. 232–240, 2012a.

- IZIDORO, F. B.; LE PENDU, Y. Estuarine dolphins (*Sotalia guianensis*, Cetacea, Delphinidae) play at Porto de Ilhéus harbor, Bahia, Brazil. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 7, n. 1, p. 27–36, 2012b.
- JANIK, V. M. Acoustic Communication in Delphinids. **Advances in the Study of Behavior**, v. 40, n. 09, p. 123–157, 2009.
- JANIK, V. M. et al. Identifying signature whistles from recordings of groups of unrestrained bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). **Marine Mammal Science**, v. 29, n. 1, p. 109–122, 19 jan. 2013.
- JANIK, V. M. Whistle matching in wild bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). **Science**, v. 289, n. 5483, p. 1355–1357, 25 ago. 2000.
- JANIK, V. M.; SAYIGH, L. S. Communication in bottlenose dolphins: 50 years of signature whistle research. **Journal of comparative physiology. A, Neuroethology, sensory, neural, and behavioral physiology**, v. 199, n. 6, p. 479–89, jul. 2013.
- JANIK, V. M.; SAYIGH, L. S.; WELLS, R. S. Signature whistle shape conveys identity information to bottlenose dolphins. **Sciences-New York**, v. 103, n. 21, 2006.
- JANIK, V. M.; SLATER, P. J. B. Context-specific use suggests that bottlenose dolphin signature whistles are cohesion calls. **Animal behaviour**, v. 56, n. 4, p. 829–838, out. 1998.
- KING, S. L. et al. Vocal copying of individually distinctive signature whistles in bottlenose dolphins. **Proceedings. Biological sciences / The Royal Society**, v. 280, n. 1757, p. 20130053, jan. 2013.
- LE PENDU, Y. et al. **Residence and site fidelity of Guiana dolphin, *Sotalia guianensis* (Van Bénédén, 1864) in the port of Ilhéus, Bahia, Brazil.** Abstracts book of the 19th biennal conference on the biology of marine mammals. Tampa, FL : Society of Marine Mammalogy. Anais...2011
- LIMA, A. D. M.; LE PENDU, Y. **Conhecimento etnoecológico de pescadores e suas relações com cetáceos em Ilhéus, Bahia** II Congresso Latinoamericano de Etnobiologia, VIII Simpósio Brasileiro de Etnobiologia e Etnoecologia e III Encontro Pernambucano de Etnobiologia e Etnoecologia. Anais...Recife: 2010
- LIMA, N. R. E. DE. **Comportamento vocal de botos do gênero *Sotalia* (Cetacea: Delphinidae): a estrutura dos assobios de duas populações no Estado do Pará.** [s.l.] UFPA, 2007.
- LODI, L. F. **Uso de hábitat e preferência do boto-cinza, *Sotalia fluviatilis* (Cetacea, Delphinidae), na Baía de Paraty, Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2002.
- LODI, L.; HETZEL, B. Grandes agregações do boto-cinza (*Sotalia fluviatilis*) na Baía da Ilha Grande, Rio de Janeiro. **Bioikos**, v. 12, n. 2, p. 26–30, 1998.

- LUSSEAU, D. The emergence of cetaceans : phylogenetic analysis of male social behaviour supports the Cetartiodactyla clade. **Current Contents**, v. 16, p. 531–535, 2003.
- MADSEN, P. T. et al. Dolphin whistles: a functional misnomer revealed by heliox breathing. **Biology letters**, v. 8, n. 2, p. 211–3, 23 abr. 2012.
- MAY-COLLADO, L. J.; AGNARSSON, I.; WARTZOK, D. Phylogenetic review of tonal sound production in whales in relation to sociality. **BMC evolutionary biology**, v. 7, p. 136, jan. 2007.
- MAY-COLLADO, L. J.; WARTZOK, D. A characterization of Guyana dolphin (*Sotalia guianensis*) whistles from Costa Rica: the importance of broadband recording systems. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 125, n. 2, p. 1202–13, fev. 2009.
- MAY-COLLADO, L. J.; WARTZOK, D. A comparison of bottlenose dolphin whistles in the Atlantic ocean: factors promoting whistle variation. **Journal of Mammalogy**, v. 89, n. 5, p. 1229–1240, out. 2008.
- MCCOWAN, B.; REISS, D. The fallacy of “signature whistles” in bottlenose dolphins: a comparative perspective of “signature information” in animal vocalizations. **Animal Behaviour**, v. 62, n. 6, p. 1151–1162, dez. 2001.
- MCCOWAN, B.; REISS, D. The fallacy of “signature whistles” in bottlenose dolphins: a comparative perspective of “signature information” in animal vocalizations. **Animal Behaviour**, v. 62, n. 6, p. 1151–1162, dez. 2001.
- MIKICH, S. B.; BÉRNILS, R. S. **Livro Vermelho da Fauna Ameaçada do Estado do Paraná**. Disponível em: <<http://www.pr.gov.br/iap>>. Acesso em: 16 fev. 2011.
- MIKSIS, J. L.; TYACK, P. L.; BRUCK, J. R. Captive dolphins, *Tursiops truncatus*, develop signature whistles that match acoustic features of human-made model sounds. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 112, n. 2, p. 728, 2002.
- MONTEIRO-FILHO, E. L. DE A. A. **Comportamento de caça e repertório sonoro do golfinho *Sotalia brasiliensis* (Cetacea: Delphinidae) na região de Cananéia, Estado de São Paulo**. Instituto de Biociências CampinasUniv. Estadual de Campinas,, , 1991.
- MONTEIRO-FILHO, E. L. DE A. A.; MONTEIRO, K. D. K. A. Low-frequency sounds emitted by *Sotalia fluviatilis guianensis* (Cetacea: Delphinidae) in an estuarine region in southeastern Brazil. **Canadian Journal of Zoology**, v. 79, n. 1, p. 59–66, 2001.
- MONTEIRO-FILHO, E. L. DE A.; MONTEIRO, L. R.; DOS REIS, S. F. Skull shape and size divergence in dolphins of the genus *Sotalia*: a tridimensional morphometric analysis. **Journal of Mammalogy**, v. 83, n. 1, p. 125–134, 2002.

- MONTEIRO-FILHO, E. L. DE A.; MONTEIRO, L. R.; REIS, S. F. DOS. Skull shape and size divergence in dolphins of the genus *Sotalia*: a tridimensional morphometric analysis. **Journal of Mammalogy**, v. 83, n. 1, p. 125–134, 2002.
- PARIJS, S. M. VAN; CORKERON, P. J. Vocalizations and behaviour of Pacific Humpback Dolphins *Sousa chinensis*. **Ethology**, v. 107, n. 8, p. 701–716, 2001.
- PARO, A. D. **Caracterização do repertório sonoro produzido pelo boto-cinza, *Sotalia guianensis* (Cetacea: Delphinidae), na Baía Norte, Santa Catarina.** [s.l.] Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.
- PERRY, C. **A review of the impact of anthropogenic noise on cetaceans IWC/SC/50/E9.** In: Scientific Committee at the 50th Meeting of the International Whaling Commission. [s.l: s.n.], p. 27. 1998.
- PIVARI, D.; ROSSO, S. Whistles of small groups of *Sotalia fluviatilis* during foraging behavior in southeastern Brazil. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 118, n. 4, p. 2725, 2005.
- PODOS, J.; SILVA, V. M. F.; ROSSI-SANTOS, M. R. Vocalizations of Amazon river dolphins, *Inia geoffrensis*: insights into the evolutionary origins of delphinid whistles. **Ethology**, v. 612, p. 601–612, 2002.
- RAMOS, R. M. A.; DI BENEDITTO, A. P. M.; LIMA, N. R. W. Growth parameters of *Pontoporia blainvilliei* and *Sotalia fluviatilis* (Cetacea) in northern Rio de Janeiro, Brazil. **Aquatic Mammals**, v. 26, n. 1, p. 65–75, 2000.
- REZENDE, F. Alterações acústico comportamentais. In: MONTEIRO-FILHO, E. L. A.; MONTEIRO, K. D. K. A. (Eds.). **Biologia, ecologia e conservação do boto-cinza.** Emydgio L. ed. São Paulo: Letras Editora e Gráfica LTDA, 2008. p. 239–257.
- RICHARDSON, W. J. et al. **Marine mammals and noise.** San Diego: Academic Press, 1995. p. xvi, 576 p.
- ROSAS, F. C. W. **Interações com a pesca, mortalidade, idade, reprodução e crescimento de *Sotalia guianensis* e *Pontoporia blainvilliei* (Cetacea, Delphinidae e Pontoporidae) no litoral sul do Estado de São Paulo e litoral do Estado do Paraná, Brasil.** [s.l.] Univ. Federal do Paraná, 2000.
- ROSAS, F. C. W.; BARRETO, A. S. História natural do boto-cinza, *Sotalia guianensis* (Van Bénédén, 1864). In: ROSSI-SANTOS, M. R.; REIS, M. DO S. S. (Eds.). **II Workshop do Nordeste: Pesquisa e Conservação de *Sotalia guianensis*.** Ilhéus: Editus, 2008b. p. 95–104.
- ROSAS, F. C. W.; BARRETO, A. S. Reprodução e crescimento. In: MONTEIRO-FILHO, E. L. A.; MONTEIRO, K. D. K. A. (Eds.). **Biologia, ecologia e conservação do boto-cinza.** IPeC: [s.n.]. p. 51–65.

- ROSAS, F. C. W.; BARRETO, A. S.; MONTEIRO, E. L. D. Age and growth of the estuarine dolphin (*Sotalia guianensis*) (Cetacea, Delphinidae) on the Paraná coast, southern Brazil. **Fishery Bulletin**, v. 101, n. 2, p. 377–383, 2003.
- ROSAS, F. C. W.; MONTEIRO-FILHO, E. L. DE A. A. Reproduction of the estuarine dolphin (*Sotalia guianensis*) on the coast of Paraná, Southern Brazil. **Journal of Mammalogy**, v. 83, n. 2, p. 507–515, 2002.
- ROSSI-SANTOS, M. R.; MONTEIRO-FILHO, E. L. DE A. A. Panorama atual dos estudos de bioacústica com o boto-cinza. In: ROSSI-SANTOS, M. R.; REIS, M. DO S. (Eds.). **II Workshop do Nordeste: Pesquisa e Conservação de Sotalia guianensis**. Ilhéus: Editus, 2008. p. 144–150.
- ROSSI-SANTOS, M. R.; PODOS, J. Latitudinal variation in whistle structure of the estuarine dolphin *Sotalia guianensis*. **Behaviour**, v. 143, n. 3, p. 347–364, mar. 2006.
- ROSSI-SANTOS, M. R.; WEDEKIN, L. L.; MONTEIRO-FILHO, E. L. DE A. A. Residence and site fidelity of *Sotalia guianensis* in Caravelas River Estuary, eastern Brazil. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 87, n. 01, p. 207–212, 26 fev. 2007.
- SANTOS, M. C. D. O. et al. Group size and composition of guiana dolphins (*Sotalia guianensis*) (Van Bénèden, 1864) in the Paranaguá estuarine complex, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 70, n. 1, p. 111–120, 2010a.
- SANTOS, M. C. D. O. et al. Guiana dolphins, *Sotalia guianensis* (Cetacea: Delphinidae), in the Paranaguá Estuarine Complex: insights on the use of area based on the photo-identification technique. **Zoologia (Curitiba, Impresso)**, v. 27, n. 3, p. 324–330, jun. 2010b.
- SANTOS, M. C. D. O.; ROSSO, S. Social organization of marine tucuxi dolphins, *Sotalia guianensis*, in the Cananéia estuary of southeastern Brazil. **Journal of Mammalogy**, v. 88, n. 2, p. 347–355, 2008.
- SANTOS, M. C. D. O. et al. Behavioral observations of the marine tucuxi dolphin (*Sotalia fluviatilis*) in São Paulo estuarine waters, Southeastern Brazil. **Aquatic Mammals**, v. 26, n. 3, p. 260–267, 2000.
- SANTOS, U. A. et al. Spatial distribution and activities of the estuarine dolphin *Sotalia guianensis* (van Bénédén, 1864) (Cetacea, Delphinidae) in Pontal Bay, Ilhéus, Bahia, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 2, p. 1–7, jun. 2010.
- SAYIGH, L. S. et al. Facts about signature whistles of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*. **Animal Behaviour**, v. 74, n. 6, p. 1631–1642, dez. 2007.
- SAYIGH, L. S. et al. Sex difference in signature whistle production of free-ranging bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 36, p. 171–177, 1995.

- SAYIGH, L. S.; JANIK, V. M. Dolphin signature whistles. In: **Encyclopedia of Animal Behavior**. [s.l: s.n.]. v. 1p. 553–561, 2010.
- SECCHI, E. R. 2012. *Sotalia guianensis*. In: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.2. <http://www.iucnredlist.org/>. Downloaded on **03 February 2014**.
- SHOLL, T. G. C. et al. Taxonomic identification of dolphin love charms commercialized in the Amazonian region through the analysis of cytochrome b DNA. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 88, n. 06, p. 1207 – 1210, 17 mar. 2008.
- SICILIANO, S. et al. Revisão do conhecimento sobre os mamíferos aquáticos da costa Norte do Brasil. **Arquivos do Museu Nacional**, v. 66, n. 2, p. 381–401, 2008.
- TARDIN, R. H. O. et al. Parental care behavior in the Guiana dolphin, *Sotalia guianensis* (Cetacea : Delphinidae), in Ilha Grande Bay, southeastern Brazil. **Zoologia**, v. 30, n. 1, p. 15–23, 2013a.
- TARDIN, R. H. O. et al. Group structure of Guiana dolphins, *Sotalia guianensis* (Cetacea, Delphinidae) in Ilha Grande Bay, Rio de Janeiro, southeastern Brazil. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 41, n. 2, p. 313–322, 2013b.
- THEWISSEN, J. G. M. et al. Skeletons of terrestrial cetaceans and the relationship of whales to artiodactyls. **Nature**, v. 413, n. September, p. 277–281, 2001.
- WATWOOD, S. L.; TYACK, P. L.; WELLS, R. S. Whistle sharing in paired male bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 55, n. 6, p. 531–543, 1 abr. 2004.
- WHITEHEAD, H.; CHRISTAL, J.; TYACK, P. L. Studying cetacean social structure in space and time: innovative techniques. In: MANN, J. et al. (Eds.). **Cetacean societies - Field studies of dolphins and whales**. Chicago; London: University of Chicago Press, 2000. p. 65–87.
- WÜRSIG, B.; JEFFERSON, T. A. Methods of photo-identification for small cetaceans. **Reports of the International Whaling Commission**, n. 12, p. 43–52, 1990.

## APÊNDICE A – Ficha de observação utilizada na coleta embarcada dos dados

### **PROJETO ASSOBIO-ASSINATURA *Sotalia (GPMAI)***

Planilha nº \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ / Embarcação: \_\_\_\_\_

Rota: \_\_\_\_\_

Observadores: \_\_\_\_\_

Horas de campo \_\_\_\_ a \_\_\_\_; \_\_\_\_ a \_\_\_\_ Total de horas: \_\_ : \_\_

Avistagem (Grupo)	1	2	3
Hora			
Local			
Latitude			
Longitude			
Distância do grupo/ Graus bússola			
Vento (Dir/Veloc) / Rajada máxima 			
<b>MAX</b> 			
Temp ar  / UmidRel 			
Cobert. Céu			
Estado Mar			
Profundidade/ Temp água/Transparência			
Estado Maré			
Tamanho do grupo (MÍN/MÁX/MELHOR)			
Composição do grupo			
Atividade geral			
Número da 1ª foto			
Arquivos de assobios			
Observações/ Comportamentos			

Comentários:

**Atividades:** AL – Alim SC – Socializ DL – Desloc DS – Descanso IND – Indeterminado  
**Comportamentos:** BO = boiar CD = caudal CB = cambalhota ES = espiar PT = peitoral PS = perseguição ST = salto total SP = salto parcial SF = surfê

APÊNDICE B – Ficha de observação utilizada na coleta de ponto fixo

**APÊNDICE C – Exemplo de par dorsal-contorno de um indivíduo de boto-cinza inserido no catálogo do GPMAI (indivíduo # 93).**

