



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E SOCIAIS APLICADAS**  
**CAMPUS V- MINISTRO ALCIDES CARNEIRO**  
**CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**CAMILLA RAYANE MARANHÃO BATISTA**

**TRÁFEGO E RUÍDO NÁUTICOS EM UM AMBIENTE ESTUARINO E SEUS  
EFEITOS NO COMPORTAMENTO DE *HIPPOCAMPUS REIDI* (TELEOSTEI:  
SYNGNATHIDAE)**

**JOÃO PESSOA – PB**

**2015**

**CAMILLA RAYANE MARANHÃO BATISTA**

**TRÁFEGO E RUÍDO NÁUTICOS EM UM AMBIENTE ESTUARINO E SEUS  
EFEITOS NO COMPORTAMENTO DE *HIPPOCAMPUS REIDI* (TELEOSTEI:  
SYNGNATHIDAE)**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Ciências Biológicas do Campus V da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito final à obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas.

Área de concentração: comportamento animal e conservação.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dra. Tacyana Pereira Ribeiro de Oliveira.

**JOÃO PESSOA – PB**

**2015**

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

B333t Batista, Camilla Rayane Maranhão  
Tráfego e ruído náuticos em um ambiente estuarino e seus efeitos no comportamento de *Hippocampus reidi* (Teleostei: Syngnathidae) [manuscrito] / Camilla Rayane Maranhão Batista. - 2015.  
74 p. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e Sociais Aplicadas, 2015.

"Orientação: Profa. Dra. Tacyana Pereira Ribeiro de Oliveira, Departamento de Ciências Biológicas".

1. Bioacústica de peixes. 2. Conservação. 3. Lanchas.  
I. Título.

21. ed. CDD 577.6

CAMILLA RAYANE MARANHÃO BATISTA

**TRÁFEGO E RUÍDO NÁUTICOS EM UM AMBIENTE ESTUARINO E SEUS  
EFEITOS NO COMPORTAMENTO DE *HIPPOCAMPUS REIDI* (TELEOSTEI:  
SYNGNATHIDAE)**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Ciências Biológicas do Campus V da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito final à obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas.

Área de concentração: comportamento animal e conservação.

Aprovada em: 03/12/15.

BANCA EXAMINADORA



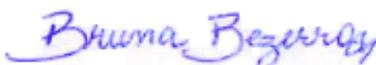
Profa. Dra. Tacyana Pereira Ribeiro de Oliveira (Orientadora)

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Profa. Dra. Thelma Lúcia Pereira Dias

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Profa. Dra. Bruna Martins Bezerra

Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

A minha mãe Sandra e a meus avós João de Deus e Maria do Carmo, por todo suporte, incentivo e amor doados de maneira tão atenciosa, dedico.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus antes de tudo, por todas as realizações ao longo do decorrer desses quatro anos de graduação.

A minha família agradeço por todo o apoio fornecido em qualquer uma das decisões tomadas durante esses anos, por todo carinho e atenção dedicados, obrigada por serem maravilhosos.

Agradeço em especial a minha orientadora Tacyana Oliveira, primeiramente pela oportunidade de trabalhar na área que sempre foi minha paixão e por apresentar o mundo da bioacústica e dos cavalos-marinhos que são seres incríveis pelos quais me apaixonei. Agradeço também por todo aprendizado no decorrer desses anos, por toda dedicação oferecida, por toda parceria construída em campo e por toda paciência. Agradeço agora à amiga Tacyana por todo apoio pessoal e emocional, e por todas as idas ao Bob's.

Agradeço a uma pessoa mais do que importante para a realização desse trabalho, Jessyca Oliveira (migs), muito obrigada por toda parceria em campo, por toda ajuda e apoio não só durante o tempo em que trabalhamos juntas, mas sempre e em todas as ocasiões. Foi muito bom ter dividido com você todos esses momentos em campo, todas as aflições e todas as alegrias que essa vida de pesquisa nos dá. Muito obrigada por tudo! Você sabe que seu apoio e sua ajuda foram essenciais nessa reta final, sou muito agradecida por ter você amiga!

Agradeço a Ignácio por todo apoio, suporte emocional, paciência e incentivo durante todo esse período juntos. Amor, muito obrigada! Você foi e é muito importante. Amo você!

Agradeço a uma pessoa que está presente e sabe de todas as aflições e todas as alegrias que ocorreram durante esses anos e que de forma muito especial fornece apoio e incentivo: professora Brígida Lucena, meu muito obrigada por tudo!

Agradeço especialmente às pessoas que se disponibilizaram com tanta boa vontade a me ajudar em campo: Larissa, Souto Neto, Jeh, Nathalia e Thaís, muito obrigada pela ajuda que foi essencial, pela disponibilidade e pela amizade de vocês.

Agradeço a Antônio Souto, pela maravilhosa companhia em um dia de campo que foi inesquecível, Wilson ficou para a história! Agradeço também pela gravação do vídeo dos cavalinhos que foi disponibilizado e utilizado na apresentação deste trabalho, muito obrigada!

Agradeço a Walter Lechner pelo apoio em campo, obrigada!

Agradeço a Seu Neco por todo o suporte em campo, por todas as histórias contadas e por toda simpatia que fizeram os nossos campos mais agradáveis.

Agradeço a todos do LAPEC por todo crescimento pessoal e profissional adquiridos

durante esses anos, pela amizade, pelos bons momentos e pelo compartilhamento das aflições do trabalho: Kassiano, Neto, Larissa, Juliana, Aline, Luana, Patrícia, Rodrigo, Gitá, João, Jessyca, Rebeca, Giovana, Tacyana e Irecê, meu muito obrigada a todos vocês!

Agradeço especialmente a Daniela e a Nathalia pela divisão das angústias de fazer parte da comissão de formatura da turma, agradeço pelos momentos divertidos, estressantes e acima de tudo de união dos quais passamos juntas, vocês são muito especiais!

Agradeço aos meus amigos e parceiros que fizeram parte do LECOM durante esse período, Jessyca, Felipe, Glacy, Rodrigo, Adriana e Nathalia, dividimos um pouco dos nossos conhecimentos sobre cavalos-marinhos e bioacústica, obrigada pelas conversas!

Agradeço aos meus professores da graduação por despertarem o desejo pela pesquisa, por doarem de maneira tão cuidadosa os conteúdos, por serem estimuladores e estarem dispostos em nos tornar excelentes biólogos. Meu agradecimento especial ao professor Ênio Dantas por ser uma pessoa maravilhosa, por estar sempre disponível e por toda ajuda em momentos importantes durante a graduação, muito obrigada!

Agradeço a todos os colegas de turma que durante os quatro anos da graduação dividiram muito momentos importantes, muitas descobertas, muitas frustrações. Com vocês dividi a maior parte dos meus dias e agradeço a amizade de cada um. Marina, minha irmã, minha amiga, minha companheira até o terceiro período, muito obrigada por tudo! Especialmente agradeço a Daniela, Davi, Milena, Amayana, Ana Luisa e Michelly pela união nessa reta final do sétimo ao oitavo período, obrigada por serem uma ótima turma!

Agradeço à APA de Guadalupe pela disponibilidade do alojamento, que foi de extrema importância para a realização deste trabalho.

Agradeço a Universidade Estadual da Paraíba pela bolsa de PIBIC cota 2014-2015.

*Mar, ahhh, o mar...*

## RESUMO

Os peixes produzem sons em diversos contextos comportamentais, como, por exemplo, na defesa de territórios, em situações de estresse, para atração de parceiros sexuais e durante a corte e acasalamento. Esses sons podem sofrer interferência de ruídos no ambiente, muitos deles promovidos por ação antrópica, como é das atividades náuticas. Os cavalos-marinhos, peixes globalmente ameaçados, produzem dois tipos de sons em diversos contextos, e através de suas características únicas tornam-se modelo para estudo de bioacústica. Sendo assim, este trabalho objetivou analisar o comportamento da espécie *Hippocampus reidi* através de observações comportamentais e gravações de sons *in situ*, no estuário do Rio Formoso, Pernambuco, em uma área com atividade náutica intensa (Rio Ariquindá). O tráfego de embarcações também foi descrito quali-quantitativamente, assim como o ambiente acústico estuarino. No Rio Ariquindá, a maior parte do tráfego náutico foi constituído de lanchas (62% das passagens de embarcações registradas) quando comparadas as outras classes de embarcações (catamarã: 8%; jet-ski: 10%; e motor de rabeta: 20%), independentemente do período de amostragem (alta/baixa estação; dias úteis/finais de semana e feriados). As lanchas também produziram ruído com maior frequência dominante e apresentaram as menores distâncias de passagem em relação à margem. O ruído do ambiente estuarino do Rio Ariquindá mostrou-se mais intenso do que na área controle. Os cavalos-marinhos apresentaram comportamentos específicos à exposição ao tráfego de embarcações, particularmente durante a passagem de ondas decorrentes deste, mas não alteraram as características dos sons produzidos (rufos) em relação ao ponto controle. Entretanto, o tráfego e o ruído náuticos podem afetar direta e indiretamente outras espécies, devendo ser regulado e fiscalizado no estuário.

**Palavras-chave:** bioacústica de peixes; conservação; lanchas.

## ABSTRACT

Fishes produce sounds in several behavioural contexts, for instance, in territorial defence, stress situations, in courtship and mating. Those sounds can be affected by the presence of noise in the environment, which can be produced by an artificial (anthropogenic) source, such as nautical activities. Globally threatened, seahorses produce two types of sounds in various contexts. Due to its unique behavioural and ecological characteristics, this group may be considered a model in bioacoustics research. This study aimed to assess the behaviour of the seahorse *Hippocampus reidi* in the Rio Formoso estuary, Pernambuco, in an area of intense boat traffic (Rio Ariquindá). Boat traffic was also assessed quali-quantitatively, as well as the acoustic estuarine environment. Motorboats were the most frequent (62%) in comparison to other types of vessels (catamaran: 8%; jet ski: 10%; and “motor de rabeta”: 20%), despite all sampling periods (high/low season; weekends/week days). Motorboats also produced higher dominant frequencies noise and transited more closely to the river margin. The estuarine ambient noise of Rio Ariquindá was more intense in comparison to that recorded in the control area. Seahorse presented specific behaviours when exposed to nautical traffic, particularly during the passage of waves, but showed no variation in growling sounds characteristics in relation to those recorded in the control area. In spite of that, boat traffic and noise may affect both directly and indirectly other fish species, and must be regulated and enforced in the estuary.

Keywords: fish bioacoustics, conservation, motorboats.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1.** Espécimes de *Hippocampus reidi* (Jovem) no estuário do Rio Formoso, Pernambuco. Foto: C. R. M. Batista .....19
- Figura 2.** Estuário do Rio Formoso, litoral sul de Pernambuco. Os pontos pretos representam os locais de amostragens no Rio Ariquindá (35°06'08" W, 8°41'22" S) e no Rio dos Passos (Camboa do Fradinho) (35°05'53" W, 8°39'43" S). (Fonte: adaptado de Oliveira, 2007) .....25
- Figura 3.** Exemplos das embarcações registradas no Rio Ariquindá, estuário do Rio Formoso, Pernambuco. Catamarã (A), lancha (B1, B2 e B3), jet-ski (C), barco com motor de rabeta (D1 e D2) e jangada (E1 e E2). Fotos: C. R. M. Batista .....32
- Figura 4.** Passagens simultâneas de embarcações (A) e ruídos associados (B), no Rio Ariquindá, Pernambuco, no ano de 2015. L: lancha; R: barco com motor de rabeta; C: catamarã. L+R: lancha + catamarã. Em (B), sonograma dos ruídos posicionado acima e oscilograma, abaixo (frequência de amostragem 44.1Hz, *bandwidth* de 1 Hz, 75% *overlap*, *Hanning window*). Foto: C. R. M. Batista .....34
- Figura 5.** Número de passagens de embarcação no mês de alta estação (AE) e baixa estação (BE), no Rio Ariquindá, Pernambuco, no ano de 2015. \*  $p < 0,05$  .....35
- Figura 6.** Frequência das passagens de embarcações nos meses de alta e baixa estação e em dias de semana e final de semana, no Rio Ariquindá, Pernambuco, no ano de 2015 .....35
- Figura 7.** Tráfego de embarcações nos períodos de amostragem (P1: 7:00-9:00; P2: 10:00-12:00 e P3: 14:00-16:00) no Rio Ariquindá, Pernambuco, no ano de 2015 .....37
- Figura 8.** Frequência de passagens das lanchas (A) e catamarã (B) entre os períodos de amostragem (P1: 7:00-9:00; P2: 10:00-12:00 e P3: 14:00-16:00) no Rio Ariquindá, Pernambuco, no ano de 2015, \*  $p < 0,01$  .....38
- Figura 9.** Distância em que as embarcações trafegavam em relação ao ponto amostral, na margem direita do Rio Ariquindá, Pernambuco, em 2014 e 2015, LA: lanchas; BR: barcos com motor de rabeta; JS: jet-skis; CT: catamarãs, \* $p < 0,01$  .....40

<b>Figura 10.</b> Exemplo de espectrograma (a), oscilograma (b) e espectro de energia e <i>cepstrum</i> (linha vermelha) (c) do som produzido por uma lancha (A) (15 m) e um jet-ski (B) (30 m), Frequência de amostragem 44,1Hz, <i>bandwidth</i> de 50 Hz (sonograma) e 1 Hz (espectro de energia), 75% <i>overlap</i> , <i>Hanning window</i> .....	42
<b>Figura 11.</b> Exemplo de espectrograma (a), oscilograma (b) e espectro de energia e <i>cepstrum</i> (linha vermelha) (c) do som produzido por um catamarã (A) (8 m) e um barco com motor de rabeta (B) (10 m), Seta 1 mostra a entrada do catamarã no Rio Ariquindá, seta 2 mostra o período de desaceleração da embarcação (observação do manguezal) e seta 3 mostra a posterior aceleração, Frequência de amostragem 44,1Hz, <i>bandwidth</i> de 50 Hz (sonograma) e 1 Hz (espectro de energia), 75% <i>overlap</i> , <i>Hanning window</i> .....	43
<b>Figura 12.</b> Frequência dominante do ruído em relação aos tipos de embarcações que foram registradas no Rio Ariquindá, Pernambuco, no período de amostragem nos anos de 2014 (A) e 2015 (B) .....	44
<b>Figura 13.</b> Exemplo de espectrograma (A), oscilograma (B) e espectro de energia e <i>cepstrum</i> (linha vermelha) do som produzido por uma lancha a 10 m (C) e 30 m (D) de distância do ponto amostral, As setas indicam os picos de frequência de ruído, Frequência de amostragem 44,1Hz, <i>bandwidth</i> de 50 Hz (sonograma) e 1 Hz (espectro de energia), 75% <i>overlap</i> , <i>Hanning window</i> .....	45
<b>Figura 14.</b> Frequência dominante das embarcações em relação aos intervalos de distância das passagens das embarcações no Rio Ariquindá, Pernambuco, * $p < 0,01$ .....	46
<b>Figura 15.</b> Exemplo de espectrograma (A), oscilograma (B) do som produzido por uma lancha passando a 0,30cm (1), 10 metros de distância (2) e 30 metros de distância (3), Frequência de amostragem 44,1Hz, <i>bandwidth</i> de 50 Hz (sonograma) e 1 Hz (espectro de energia), 75% <i>overlap</i> , <i>Hanning window</i> .....	47
<b>Figura 16.</b> Espectro de energia mostrando a amplitude relativa (dB) em relação a frequências (Hz) dos sons do ambiente da Camboa do Fradinho e Rio Ariquindá (A) e a amplitude relativa (dB) em relação a frequências (Hz) dos sons do ambiente dos três períodos de gravação (B) (P1: 7:00 às 9:00, 10:00 à 12:00 e 14:00 às 16:00), no Rio Ariquindá, Pernambuco.....	48

<b>Figura 17.</b> Exemplo de espectrograma (a), oscilograma (b) do som natural do ambiente do Rio Ariquindá (A) e Camboa do Fradinho (B), Seta indica frequência dominante, Frequência de amostragem 44,1Hz, <i>bandwidth</i> de 1 Hz, 75% <i>overlap</i> , <i>Hanning window</i> .....	49
<b>Figura 18.</b> Espectros de energias do ruído de lanchas (10 m; n = 10), catamarãs (10 m; n = 10), jet-skis (30m; n = 10), barcos com motor rabeta (10 m; n = 10) e som do ambiente estuarino (controle e Rio Ariquindá, na ausência de passagens de embarcações) .....	50
<b>Figura 19.</b> Ondas produzidas pela passagem de embarcação no Rio Ariquindá, Pernambuco. Foto: C. R. M. Batista. ....	51
<b>Figura 20.</b> Frequência de ocorrência dos cavalos-marinhos, de acordo por sexo, avistados nos pontos de amostragem, nos anos de 2014 e 2015, no Rio Ariquindá e Camboa do Fradinho, Pernambuco, Pernambuco .....	52
<b>Figura 21.</b> Sequência de imagens mostrando o cavalo-marinho antes da passagem do barco (A), uma lancha passando no momento da gravação (B), a onda que se formou após a passagem da lancha (C) e o cavalo-marinho durante a passagem das ondas (D1 e D2) no Rio Ariquindá, Pernambuco. Imagens retiradas de vídeo, Fonte: A. S. Souto .....	54
<b>Figura 22.</b> Exemplos de sonograma (a), oscilograma (b) para ruído produzido por indivíduos adultos de <i>Hippocampus reidi</i> , no rio Ariquindá (A) e na Camboa do Fradinho (B), Pernambuco, Frequência de amostragem 44,1Hz, 75% <i>overlap</i> , <i>Hanning window</i> .....	57

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Número médio de passagens por hora de cada classe de embarcação (lancha, catamarã, jet-ski e barco com motor de rabeta) nos períodos de alta e baixa estação, dias de semana e final de semana no Rio Ariquindá, Pernambuco, nos anos de 2014 e 2015. Valores entre parênteses: frequência absoluta das passagens.....36
- Tabela 2.** Distância estimada do ponto amostral e caracterização do ruído produzido pelas embarcações que trafegaram no Rio Ariquindá, Pernambuco, nos anos de 2014 e 2015, em relação à frequência dominante (Hz), pico de frequência 2 (Hz), pico de frequência 3 (Hz), duração (s), Dados apresentados como média  $\pm$  e,p (máximo-mínimo); n = número de passagens.....39
- Tabela 3.** Comportamentos apresentados por *Hippocampus reidi* no Rio Ariquindá (RA) e Camboa do Fradinho (CF), estuário do Rio Formoso, Pernambuco, Baseado em Costa (2007) e Oliveira (2014), com modificações, Dados de duração apresentados como média  $\pm$  erro.....53
- Tabela 4.** Caracterização dos sons (rufos) produzidos por *Hippocampus reidi* durante situação de estresse por manuseio, em área de tráfego náutico (Rio Ariquindá) e sem tráfego náutico (Camboa do Fradinho), no estuário do Rio Formoso, Pernambuco, Dados apresentados como média  $\pm$  e,p, (amplitude de valores), n = número de cavalos-marinhos amostrados.....57

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

**°N** Graus Norte

**°S** Graus Sul

**APA** Área de Proteção Ambiental

**CITES** Convenção sobre o Comércio Internacional de Espécies da Fauna e Flora Silvestres Ameaçadas de Extinção

**CPRH** Companhia Pernambucana de Recursos Hídricos

**cm** Centímetro

**dB** Decibéis

**ha** Hectare

**Hz** Hertz

**IUCN** União Internacional para a Conservação da Natureza

**KHz** Quilohertz

**m** Metros

**ms** Milissegundos

**s** Segundos

## LISTA DE SÍMBOLOS

% Porcentagem

> Maior que

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	16
1.1. Produção de sons em peixes	16
1.2. Cavalos-marinhos	17
1.2.1. Produção de som no gênero <i>Hippocampus</i>	19
1.3. Atividades náuticas e poluição sonora	20
1.4. O papel da bioacústica na conservação dos cavalos-marinhos e seus habitats	22
<b>2. OBJETIVOS</b>	23
2.1. Objetivo geral	23
2.2. Objetivos específicos	23
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b>	24
3.1. Área de estudo	24
3.2. Registro do comportamento e dos sons produzidos por cavalos-marinhos	25
3.3. Registro do tráfego e do ruído das embarcações	26
3.4. Análise dos sons	27
3.5. Análise dos dados	28
<b>4. RESULTADOS</b>	30
4.1. Caracterização das embarcações	30
4.2. Caracterização do tráfego náutico	33
4.3. Caracterização do ruído náutico	40
4.4. Caracterização do ambiente acústico estuarino	48
4.5. Outros efeitos decorrentes do tráfego náutico	50
4.6. Efeitos do tráfego náutico no comportamento dos cavalos-marinhos	51
<b>5. DISCUSSÃO</b>	58
<b>6. CONCLUSÕES</b>	64
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	65

# 1. INTRODUÇÃO

## *1.1. Produção de som em peixes*

O som propaga-se a uma maior velocidade na água do que no ar, sendo considerado um importante transmissor de sinais para diversos táxons de peixes, como também outros vertebrados (Bradbury & Vehrencamp, 1998). Tendo em vista que em ambientes aquáticos os organismos possivelmente possuem restrição de visibilidade, a comunicação acústica torna-se ainda mais importante (Hawkins & Myrberg, 1983; Becker et al., 2013).

Todos os peixes apresentam órgãos para detecção de som, e muitas espécies apresentam audição bem desenvolvida (Ladich, 2011), podendo distinguir o tamanho e a condição de indivíduos da mesma ou de outras espécies, através de variações nas características espectrais (e.g. frequência dominante, amplitude) ou temporais (e.g. número e duração de pulsos) dos sons produzidos (Amorim et al., 2015). Os peixes também são capazes de determinar a direção da fonte do som e, muito provavelmente, a distância a partir desta fonte (ver Kasumyan, 2008). Desta forma, inclusive espécies que não produzem sons, utilizam o som para obter informações sobre o ambiente, sobre predadores e presas (Popper et al., 2003; Ladich & Myrberg, 2006), em interações agonísticas (e.g. defesa de território, ninho; Amorim et al., 2004), para orientação (e.g. para desviar de estruturas, para detecção de sítios de assentamento, para detectar fontes de alimentação; Ladich, 2000; Staaterman et al., 2014) e para comunicação inter e intraespecífica (e.g., Kasumyan, 2008; Hawkins & Myrberg, 1983; Myrberg & Lugli, 2006), podendo apresentar função reprodutiva (e.g. atração de parceiro, corte; Amorim et al., 2003). Desta forma, qualquer fator no ambiente que venha a interferir na capacidade de um peixe de detectar e usar sons de relevância biológica pode ter um impacto substancial sobre a aptidão e a sobrevivência desses animais (Hawkins e Popper, 2014). Recentemente, foi descrita a produção de sons por larvas de peixes, provavelmente para orientação do grupo de larvas quando a visibilidade é restrita (e. g. período noturno) ou para encontrar habitats adequados (Staaterman et al., 2014).

Embora não possuam um órgão vocal principal como os vertebrados terrestres (e. g. laringe nos anuros, répteis e mamíferos, e siringe nas aves) (Ladich, 2014), os peixes se destacam por apresentarem uma diversidade única de mecanismos de produção de som dentre os vertebrados (Bass & Ladich, 2008; Fine & Parmentier, 2015). Dentre esses mecanismos, a vibração da bexiga natatória por músculos especializados constitui um dos mais importantes, sendo registrada para diversas espécies, podendo ser destacadas algumas famílias de bagres

(e.g. família Pimelodidae), peixes-donzelas (Pomacentridae), peixes-sapo (Batrachoididae) e peixes-borboleta (Chaetodontidae) (Fine & Parmentier, 2015). Há, também, diversos mecanismos que envolvem a movimentação ou o atrito entre elementos ósseos (e.g. dentes, espinhos, raios de nadadeiras, cinturas peitorais), como em diversas espécies de bagres (eg. Família Mochokidae), alguns membros da família Haemulidae e os cavalos-marinhos (Syngnathidae), e a movimentação de tendões (e.g. o *gourami Trichopsis vittata*) (para revisão, ver Fine & Parmentier, 2015).

Em contraste à diversidade de mecanismos de produção de sons, os peixes geralmente apresentam, em relação a outros grupos, repertório vocal relativamente simples e pouco amplo (Ladich, 2014). Os sons produzidos por mecanismos estridulatórios (e.g. atrito entre estruturas ósseas) tendem a ser pulsados, apresentando frequências mais altas e suscetíveis a maiores variações de parâmetros temporais (e.g. duração do som, duração do pulso, período do pulso e taxa de repetição dos pulsos). Por outro lado, quando gerados partir da vibração de estruturas (e.g. bexiga natatória), os sons apresentam características tonais, com frequências geralmente mais baixas. Também pode haver variação da frequência dominante de acordo com o tamanho e o estágio de vida, tendo em vista que o tamanho da bexiga natatória pode influenciar, por exemplo, a ressonância do som, e indivíduos maiores produzem sons em frequências menores, porém pode ser verificada uma relação contrária em algumas espécies de peixes (e.g. Connaughton et al., 2000; Fine & Parmentier, 2015).

## **1.2. Cavalos-marinhos**

Todas as espécies de cavalos-marinhos encontram-se inseridas no gênero *Hippocampus* e pertencem à família Syngnathidae, juntamente com os cavalos-cachimbo, dragões-marinhos e peixes-cachimbo (Lourie et al., 1999; Nelson, 2006). As características que os diferem dos demais membros da família são a presença de uma cauda preênsil, a cabeça posicionada em um ângulo reto em relação ao eixo do corpo e a presença, no macho, de uma bolsa incubadora (Foster & Vincent, 2004; Kuitert, 2009; Lourie et al., 1999).

Em geral, os cavalos-marinhos habitam ambientes costeiros rasos (e.g. recifes, prados de fanerógamas marinhas e manguezais), mas podem ser encontrados em maiores profundidades, de até 100 m (Foster & Vincent, 2004), distribuindo-se em águas tropicais e temperadas entre as latitudes 50°N e 50°S (Lourie et al., 2004). No Brasil, ocorrem primariamente em estuários e ambientes recifais (Rosa et al., 2007), sendo encontrados associados a diversos tipos de microhabitats, como raízes de mangue, esponjas, macroalgas,

corais, fanerógamas marinhas e também em estruturas artificiais (Dias & Rosa, 2003; Rosa et al., 2002, 2007), normalmente utilizando a cauda para se prender nesses substratos.

Esses animais possuem outras características que os tornam únicos, dentre elas a camuflagem através de variações no padrão de colorido e presença de filamentos dérmicos, a qual permite a proteção contra predação e contribui para a captura de presas (Foster & Vincent, 2004). Além disso, apresentam uma variedade de comportamentos associados, principalmente, à reprodução, como um complexo comportamento de corte e o cuidado parental exercido pelos machos, que fecundam, nutrem, oxigenam e protegem os óvulos depositados pela fêmea na sua bolsa incubadora (Foster & Vincent, 2004; Lourie et al., 1999; Vincent, 1994).

Dentro de um contexto conservacionista, o gênero *Hippocampus* encontra-se listado no Apêndice II da Convenção sobre o Comércio Internacional de Espécies da Fauna e Flora Silvestres Ameaçadas de Extinção (CITES, 2015), e 40 de 48 das espécies de cavalos-marinhos, figuram na Lista Vermelha da União Internacional para Conservação da Natureza (IUCN), 27 delas como “deficiente de dados”, 11 como “Vulneráveis”, uma listada como “em perigo” e uma como “pouco preocupante (IUCN, 2015).

A espécie-foco deste trabalho, *Hippocampus reidi* Ginsburg, 1933 (Figura 1), ocorre principalmente no Nordeste do Brasil (Rosa et al., 2007), mas pode ser encontrada desde o Amapá até o Rio Grande do Sul (Dias-Neto, 2011). *Hippocampus reidi* figura em listas de espécies ameaçadas de alguns estados (e. g. Governo do Estado do Espírito Santo 2005; Governo de São Paulo, 2009; Instituto Ambiental do Paraná 2007; Governo de Santa Catarina, 2011), e recentemente foi incluída na Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção (portaria nº 445/2014 Ministério do Meio Ambiente, 2014), sendo categorizada como “vulnerável”. Além da degradação ambiental, a espécie encontra-se ameaçada por constituir um recurso intensamente explorado no país através da captura de indivíduos vivos (para aquarofilia), capturas incidentais em redes de pesca e pelo comércio de indivíduos secos (para fins de utilização na medicina folclórica e também vendidos como suvenires) (Rosa et al., 2002, 2011; Rosa, 2005).

**Figura 1.** Espécime de *Hippocampus reidi* (Jovem) no estuário do Rio Formoso, Pernambuco. Foto: C. R. M. Batista.



### ***1.2.1 Produção de som no gênero Hippocampus***

Os cavalos marinhos produzem dois tipos de sons, os quais podem estar associados a diversos contextos comportamentais, sendo produzidos por um mecanismo estridulatório, que se dá pela fricção entre ossos do crânio, especificamente o supraoccipital e a coroa (Colson *et al.*, 1998), resultando em um som comumente comparado a um estalar de dedos. Apresentam banda larga de frequência (*broadband sounds*) e podem ser relacionados a diversos contextos comportamentais, tais como alimentação (e.g. Berget & Wainright, 1997, Felício *et al.*, 2006, Anderson 2009, Oliveira *et al.*, 2014), comportamento de corte (Oliveira *et al.*, 2014; Anderson, 2009), situação de estresse (Anderson, 2009; Anderson *et al.*, 2011, Oliveira *et al.*, 2014), durante comportamento agonístico entre machos, no contexto de competição por parceiro sexual (Oliveira *et al.*, 2014) e quando esses peixes são introduzidos a um novo ambiente (Fish, 1953).

O segundo tipo de som produzido pelos cavalos-marinhos foi recentemente caracterizado quantitativamente e denominado “rufos” por Oliveira *et al.* (2014), os quais constituem-se de sons de baixa frequência (>200 Hz) que lembram o rufar de tambores. Os

rufos são produzidos sob condições de estresse (e. g. quando os animais são manuseados) e provavelmente são produzidos pelas mesmas estruturas do mecanismo de clique, porém sob condições diferentes (e.g. quando manuseados) (Lim *et al.*, 2015).

Estudos relativos à produção de sons no gênero *Hippocampus* ainda são escassos e restritos a poucas espécies (*H. reidi*, Oliveira *et al.*, 2014; *H. erectus*, Colson *et al.*, 1998; Anderson, 2009; Anderson *et al.*, 2011; *H. zosterae*, Colson *et al.*, 1998; *H. kuda*, Chakraborty *et al.*, 2014), todos em condições de cativeiro. De fato, à exceção de Oliveira (2011) e Oliveira (2014), não há nenhuma abordagem sobre a produção de sons desses animais em ambiente natural.

### **1.3. Atividades náuticas e poluição sonora**

Nas últimas décadas, registrou-se uma crescente preocupação acerca do impacto que as atividades náuticas podem causar em populações animais, notadamente em relação ao contato físico (colisões) e ao ruído produzido por motores de embarcações (Holt & Johnston, 2015). De fato, o ruído criado como subproduto das atividades humanas representa uma nova pressão nos habitats, alterando as propriedades acústicas dos ambientes em que os sistemas de comunicação das espécies evoluíram (Tennessen *et al.*, 2014).

No ambiente marinho, o ruído antropogênico pode ser produzido a partir das mais variadas atividades, tais como o uso de explosivos; prospecção de petróleo e gás e do relevo submarino com uso de canhões de ar; pesquisas com uso de sonares, telemetria, comunicação e navegação; atividades de construção com uso de quebra-gelo e bate-estacas (Hildebrand, 2009; Wright *et al.*, 2007). Entretanto, devido à expansão da urbanização e turismo em regiões costeiras (Small e Nicholls, 2003), o uso de embarcações a motor para recreação transformou-se numa atividade popular na maioria dos países litorâneos (Lloret *et al.*, 2008), exercendo uma pressão acústica crescente nos ecossistemas marinhos, particularmente em recifes e estuários. Neste último caso, os animais podem se tornar particularmente vulneráveis a efeitos potenciais causados pelo tráfego de embarcações, que pode afetar a abundância e diversidade de peixes em um determinado local e período de tempo, uma vez que esses ambientes são espacialmente restritos em termos de profundidade e largura, especialmente devido à variação de marés (Becker *et al.*, 2013).

Diversos estudos evidenciam os efeitos do ruído antrópico em diferentes grupos taxonômicos. Alguns animais, quando expostos a níveis elevados de ruído, podem compensar essa interferência de várias maneiras, alterando componentes temporais das vocalizações para evitar as faixas de frequência afetadas pelo ruído (e.g. a corvina *Sciaena umbra*, Picciulin *et al.*,

2012), diminuindo a distância entre o remetente e o receptor, ou, ainda, aumentando a redundância temporal ou espectral de sinais acústicos (Holt & Johnston, 2015). Outra forma seria aumentar a amplitude dos sinais acústicos em relação ao ruído, fenômeno é denominado de efeito *Lombard* (ver Brumm e Zollinger, 2011) e foi descrito pela primeira vez em peixes apenas recentemente (Holt & Johnston, 2014).

A despeito de adaptações acústicas para evitar o mascaramento da comunicação, é comum a ocorrência de alterações fisiológicas e comportamentais em detrimento à exposição a ruídos. Em ambientes terrestres, por exemplo, o ruído do tráfego de automóveis pode alterar a taxa de vocalização de anfíbios, diminuindo a capacidade dos machos de atrair as fêmeas (e.g. *Hyla* spp., Höbel, 2014), ou prejudicar a detecção do canto em aves, dificultando o estabelecimento e manutenção de territórios, a atração de parceiros e a manutenção dos casais e, possivelmente, levando à redução do sucesso reprodutivo (e.g. *Colluricincla harmonica* e *Rhipidura fuliginosa*; Parris & Schneider, 2008). Considerando o ambiente aquático, vários trabalhos realizados com cetáceos demonstram que ruídos antrópicos, como os promovidos por embarcações, podem atuar como uma fonte potencial de perturbação nesse grupo, podendo estar relacionados a encalhes, alterações comportamentais, estresse, abandono de habitats importantes, redução na eficiência de acasalamento (Weilgart, 2007), como também podem afetar ou mascarar a comunicação acústica (Buckstaff, 2004; Merchant et al., 2014; Nowacek et al., 2007; Albuquerque & Souto, 2013).

Em relação aos peixes, o ruído produzido por embarcações pode gerar mudanças temporárias no comportamento (e.g. padrão de forrageamento; Bracciali et al., 2012), influenciar a abundância de espécies após a passagem de embarcações, como também afetar seus padrões de distribuição e diminuir a capacidade de manter territórios (Becker et al., 2013), limitar a orientação e a comunicação acústica (Wysocki & Ladich, 2005), podendo também mascarar sinais acústicos (Sebastianutto et al., 2011). Considerando outras fontes de ruído, como bate-estacas, os peixes podem ter perda temporária ou permanente da audição (Popper et al., 2014) ou até serem levados a morte, dependendo da fonte e da intensidade do ruído e da espécie (Popper & Hastings, 2009).

Além da produção de ruído, o tráfego náutico pode afetar o ambiente aquático de outras formas, incluindo a erosão da costa, emissão de poluentes pelo escape, o contato direto com as hélices, a turbulência causada pelo sistema de propulsão (Asplund, 2000). Adicionalmente, há a produção de ondas produzidas pelo deslocamento, que podem causar a suspensão de sedimentos, destruição de plantas aquáticas, perturbação de peixes, larvas planctônicas e de

outros animais (Whitfield e Becker, 2014), podendo, também, alterar as interações predador-presa entre os peixes e invertebrados, com potencial para influenciar e mudar assembleias de peixes (Gabel, 2010; Gabel et al., 2011). Altas taxas de suspensão de partículas na coluna d'água podem afetar o sucesso reprodutivo, o desenvolvimento de ovos e o sucesso das larvas de peixes, a estrutura e o tamanho populacional das espécies, assim como a disponibilidade de alimento (Bruton, 1985).

#### ***1.4. O papel da bioacústica na conservação dos cavalos-marinhos e seus habitats***

Diversos estudos recentes integram a bioacústica no contexto da conservação (e. g. Laiolo, 2010; Slabbekoorn et al. 2010; Sebastian-González et al., 2015; Maina, 2015). Considerando espécies e ecossistemas ameaçados, como é o caso dos cavalos-marinhos e dos estuários e manguezais, estudos sobre o comportamento (Buchholz, 2007) e alterações no ambiente (Lunt & Smee, 2014) podem gerar informações importantes para o desenvolvimento de ações conservacionistas, como a elaboração de planos de manejo ou ordenação de atividades antrópicas.

A destruição do habitat é uma das principais ameaças às populações de cavalos-marinhos e outros singnatídeos (Vincent et al., 2011), os quais ocorrem no que são considerados alguns dos habitats marinhos mais ameaçados do mundo: manguezais (Polidoro et al., 2010), recifes de corais (Wilkinson, 2008), estuários (Lotze et al., 2006) e bancos de algas. Além de histórias de vida e comportamentos que os tornam vulneráveis ao declínio populacional, como a baixa densidade populacional, baixa fecundidade e cuidado parental relativamente longo quando comparado a outras espécies de peixes (Lourie et al, 2004; Foster & Vincent, 2004), os cavalos-marinhos também possuem baixa mobilidade e, portanto, capacidade particularmente limitada para se deslocar para evitar ruídos e outros efeitos oriundos de atividades náuticas.

Uma vez que os cavalos-marinhos são considerados espécies-bandeira que podem ajudar a promover a conservação marinha (Rosa et al., 2007; Yasué et al., 2012), estudos sobre seu comportamento, agregados à bioacústica, podem fornecer informações essenciais para a compreensão de possíveis efeitos de atividades antrópicas (e.g. o tráfego e o ruído de embarcações) sobre suas populações naturais.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Geral**

Este trabalho objetivou caracterizar o tráfego náutico e seus efeitos no ambiente acústico e no comportamento do cavalo-marinho *Hippocampus reidi*, no Rio Ariquindá, estuário do Rio Formoso (Pernambuco), de forma a contribuir com a gestão e manejo da espécie e de seus habitats preferenciais.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Caracterizar o tráfego de embarcações e o ruído resultante deste, além do ambiente acústico do Rio Ariquindá (tráfego náutico intenso) em períodos diferentes do dia e da semana, e compará-lo com uma área de baixo tráfego (área controle – Camboa do Fradinho);
- Analisar os padrões comportamentais de indivíduos de *H. reidi* observados no Rio Ariquindá e na área controle;
- Caracterizar os sons produzidos pelos cavalos-marinhos e comparar as características temporais e espectrais entre os pontos amostrais.

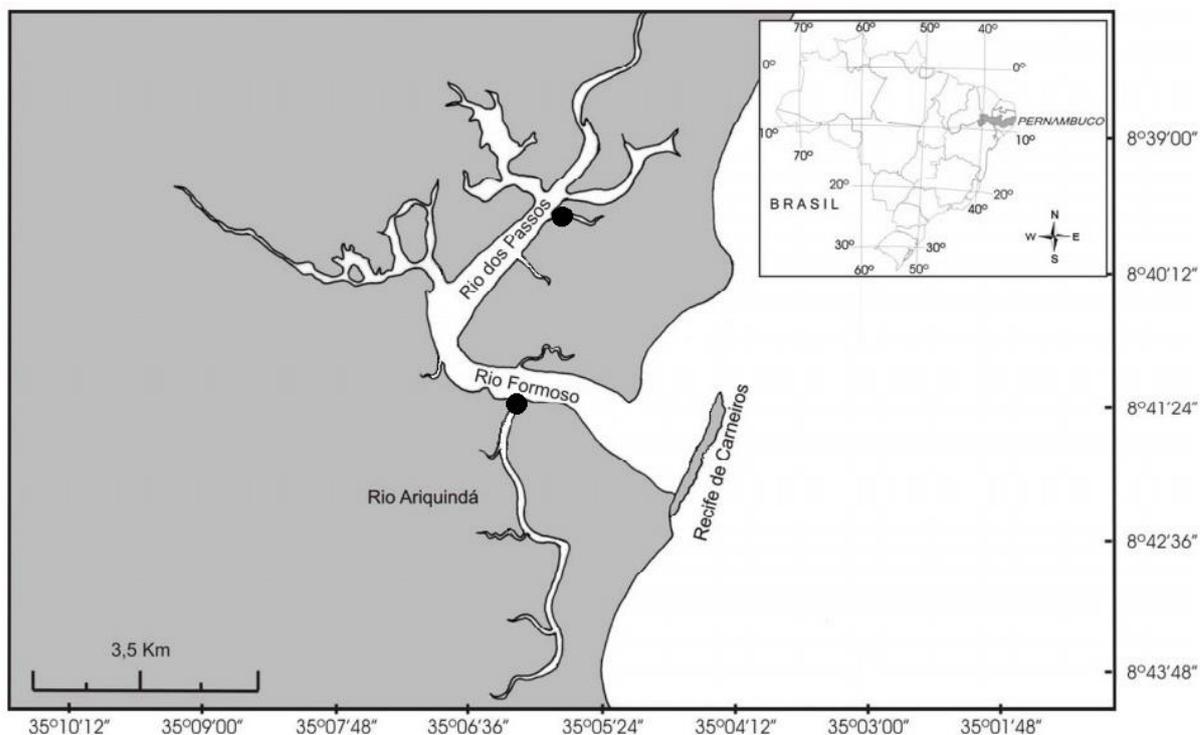
### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 Área de Estudo

O estuário do Rio Formoso (Figura 2), localizado no litoral sul do estado de Pernambuco, possui uma área de 2.724 ha e é formado principalmente pelo Rio Formoso e outros rios que integram o sistema, como o Rio dos Passos, o Lemenho e o Ariquindá (CPRH, 2011). Em suas margens, encontram-se florestas de mangue compostas pelas espécies *Rhizophora mangle*, *Avicennia schaueriana*, *Laguncularia racemosa* e *Conocarpus erectus* (CPRH, 2011). O estuário encontra-se inserido na Área de Proteção Ambiental (APA) de Guadalupe, a qual se encontra em uma área de vasto potencial com atrativos turísticos náuticos (CPRH, 2010).

Os pontos de amostragem (Figura 2) foram definidos de acordo com a intensidade náutica previamente registrada na área (CPRH, 2010): um ponto controle, na Camboa do Fradinho (braço de maré do Rio dos Passos), localizado no setor superior do Rio Formoso, com passagens raras de embarcações; e um ponto onde a atividade náutica é acentuada, localizado na margem direita do Rio Ariquindá, o qual se encontra no setor médio do Rio Formoso, próximo à curva da interseção desses dois rios, onde a largura média é de 200 metros (CPRH, 2011).

**Figura 2.** Estuário do Rio Formoso, litoral sul de Pernambuco. Os pontos pretos representam os locais de amostragens no Rio Ariquindá (35°06'08" W, 8°41'22" S) e no Rio dos Passos (Camboa do Fradinho) (35°05'53" W, 8°39'43" S). (Fonte: adaptado de Oliveira, 2007).



### 3.2. Registro do comportamento e dos sons produzidos por cavalos-marinhos

Os dados foram obtidos através de mergulho livre, por meio de buscas intensivas em trechos de 100m<sup>2</sup> (100 x 1m) em cada ponto amostral, nos meses de janeiro, abril, julho e setembro de 2014 (estudo piloto), e janeiro e março de 2015. Cada cavalo-marinho avistado foi gravado e filmado simultaneamente por um período de 10 a 20 minutos (adaptado de Oliveira, 2014). Para a gravação dos sons, foi utilizado um hidrofone modelo SQ26-08 (frequência de captação de 0,030 a 30 kHz; sensibilidade efetiva: -169 dBV re 1V/μPa, *Cetacean Research Technology*) acoplado a um gravador digital portátil (Sony PCM-M10; taxa de amostragem de 44 kHz, 16 bits, formato WAV) e, para as filmagens, foi utilizada uma câmera Panasonic modelo DMC-TS5. O hidrofone foi posicionado a 10 cm do indivíduo-foco, de modo que não verificamos interferência no comportamento dos indivíduos com a presença do hidrofone a esta distância.

Intervalo não disponível. Para maiores informações, contatar a autora através do seguinte e-mail: [camillarayne@outlook.com](mailto:camillarayne@outlook.com)

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Caracterização das embarcações

Foram registrados quatro tipos de embarcações no Rio Ariquindá: catamarã (CT), lancha (LA), jet-ski (JS) e barco com motor de rabeta (BR), os quais foram observados em todos os dias de amostragem, apresentando características distintas, como variações na carenagem, motorização, velocidade de navegação e finalidade para que eram utilizadas.

Os catamarãs ( $n = 4$  embarcações registradas, as quais apresentaram, cada uma, múltiplas passagens) consistiam de embarcações de dois cascos e motores de popa (Figura 3A). Todos os catamarãs eram de propriedade de bares/restaurantes localizados as margens da foz do Rio Formoso, e trafegavam com finalidade turística, representando 8% do total de passagens no ponto de amostragem. Os catamarãs eram as maiores embarcações observadas e comportavam um grande número de pessoas (~30 a 150 passageiros). Cada embarcação possuía uma pessoa responsável por fornecer informações sobre a história do local, sobre o manguezal e sobre espécies que estão presentes no estuário, dando ênfase a ostras e caranguejos. Trafegavam geralmente próximos às margens do rio e do manguezal, embora a baixa velocidade. Em geral, permaneciam apenas no baixo curso do rio Ariquindá, havendo a desaceleração do motor quando chegavam próximos ao manguezal, tornando a acelerar quando as informações eram repassadas pelo “guia” e os passageiros já haviam observado as espécies locais, retornando em direção ao Rio Formoso.

As lanchas ( $n > 150$  embarcações registradas; Figura 3 B1, B2 e B3) consistiam em embarcações do tipo monocasco e apresentavam comprimentos variados (~8 a 25 m), além de variações quanto à carenagem, como, por exemplo, em modelos com ou sem cabines. Constituíram a classe mais frequente, com 62% das passagens em relação ao ponto amostral. As lanchas trafegavam em distâncias variáveis da margem do rio, em maiores velocidades, embora utilizavam motores similares em modelo e potência aos dos catamarãs, transportando um menor número de passageiros (~ 4 a 15) do que estes. Independente do comprimento dessas embarcações, os motores utilizados eram do tipo de popa e apenas algumas embarcações possuíam motor de centro, que não apresentam potência superior aos motores convencionais de popa (~350hp). A maioria das lanchas eram utilizadas para passeios particulares, não possuindo relação com os bares locais, muitas delas sendo utilizadas para a prática de esportes náuticos, incluindo o uso de esqui aquático ( $n = 5$ ). As embarcações trafegavam em ambas os sentidos

no rio (Rio Ariquindá - Rio Formoso e Rio Formoso - Rio Ariquindá), sendo a maioria vindas do Rio Ariquindá em direção ao Rio Formoso.

Os jet-skis ( $n > 20$  embarcações registradas; FIGURA 3C), conhecidos também como moto aquática, constituíram 10% das passagens no ponto amostral e assim como as lanchas, trafegavam geralmente em alta velocidade (quando comparados as outras embarcações), porém, distantes da margem do manguezal. Nas embarcações foram observados de 1 a 3 passageiros e todas trafegavam no sentido Rio Ariquindá - Rio Formoso, retornando posteriormente.

Os barcos com motor de rabeta ( $n > 50$  embarcações registradas) constituíram todas as embarcações, independente da carenagem, que trafegavam utilizando esse tipo de propulsão, embora cerca de 95% eram barcos de madeira (Figura 3D 1 e 2). Representaram 20% do total das passagens e apresentam menor potência (~3hp a 15hp) e, como os catamarãs, trafegavam em baixa velocidade em relação às lanchas e jet-skis. Os motores de rabeta eram de propriedade de pescadores/ex-pescadores e não possuíam referência a nenhum bar, porém eram utilizadas para passeios e ficavam disponíveis na frente dos bares na praia dos Carneiros para receber turistas. As embarcações trafegavam em os sentidos no rio (Rio Ariquindá - Rio Formoso e Rio Formoso - Rio Ariquindá). A maioria das embarcações que trafegou no rio Ariquindá com finalidade de passeio turístico se caracterizavam por possuir, na própria carenagem, a oferta de passeios e números de telefones, bem como os condutores utilizavam um colete em cores com identificação da atividade.

Vale ressaltar que, em 2015, foram registradas três passagens de uma mesma embarcação de pesca (Figura 3 E1 e E2), identificada pela presença de apetrechos (i. e. redes de pesca) em seu interior. A embarcação foi caracterizada como jangada, embarcação de madeira, não apresentando propulsão por motor, mas à “vara” (haste de madeira utilizada pelo pescador para impulsionar o barco) ou a remo. Também foi registrada a passagem de dois caiaques no ponto de amostragem.

**Figura 3.** Exemplos das embarcações registradas no Rio Ariquindá, estuário do Rio Formoso, Pernambuco. Catamarã (A), lancha (B1, B2 e B3), jet-ski (C), barco com motor de rabeta (D1 e D2) e jangada (E1 e E2). Fotos: C. R. M. Batista.



Intervalo não disponível. Para maiores informações, contatar a autora através do seguinte e-mail: [camillarayne@outlook.com](mailto:camillarayne@outlook.com)

## 5. DISCUSSÃO

Este é o primeiro trabalho a apresentar uma caracterização detalhada do tráfego e ruído náuticos associados, em uma unidade de conservação brasileira, avaliando os efeitos da exposição a esses fatores em uma espécie ameaçada, *Hippocampus reidi*. Informações prévias relacionadas a esse tipo de abordagem tratam de alterações no comportamento de *H. reidi* na mesma área, mas com foco apenas nos efeitos das ondas provocadas pela passagem das embarcações (Bruto-Costa, 2007).

As embarcações caracterizadas no rio Ariquindá estão entre os tipos mais comumente utilizados em atividades náuticas em diversos ecossistemas aquáticos costeiros (e.g. Burgin & Hardman, 2011; Bittencourt et al., 2014; Davenport & Davenport, 2006; Lloret et al., 2008). A finalidade da utilização das embarcações na área (passeio turístico ou particular, ou prática de esporte) apresentou-se associada à velocidade de navegação e à proximidade das embarcações a margem do rio (onde localiza-se o manguezal), gerando maiores efeitos relacionados ao tráfego.

Corroborando as observações de Lloret e colaboradores (2008), as lanchas foram o tipo de embarcação mais frequentes. Devido a este fato, conseqüentemente, os impactos ambientais associados às lanchas tendem a ser mais comuns (Lloret et al., 2008), fato preocupante particularmente no caso do Rio Ariquindá, pois essas embarcações apresentaram as maiores velocidades de navegação e as menores distâncias da margem, tendo em vista que esse padrão gera maior força hidráulica e conseqüentemente maiores efeitos decorrentes de suas passagens (Huckstorf et al., 2010). De fato, já foram demonstrados efeitos negativos devido à alta velocidade de embarcações em alguns grupos animais (e.g. jacarés, Grant & Lewis, 2010).

O período de alta estação, bem como os dias de final de semana, apresentou tráfego de embarcações mais intenso, refletindo a natureza recreativa dessa atividade, como também registrado por Bracciali e colaboradores (2012) em uma área marinha protegida no Mar Mediterrâneo. Com relação aos períodos de amostragem ao longo do dia, o tráfego de embarcações não diminuiu no final da tarde (P3), nem na alta e nem na baixa estação, diferindo do padrão observado por Bracciali e colaboradores (2012), no qual as embarcações atingiam pico de passagens no período do meio dia. No entanto, no P1 (7:00 – 9:00), as passagens foram significativamente menos frequentes, tanto na alta como na baixa estação, do que nos demais períodos (P1 e P2). A manutenção de alto tráfego no P3 pode ser atribuída ao fato de não existir restrição de horários para o tráfego e/ou pelo horário de funcionamento dos bares na praia dos Carneiros, (9:00 até as 17:00), o que promove a permanência de visitantes na área até o final da

Intervalo não disponível. Para maiores informações, contatar a autora através do seguinte e-mail: [camillarayne@outlook.com](mailto:camillarayne@outlook.com)

## 7. REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, N. S. & SOUTO, S. S. Motorboat noise can potentially mask the whistle sound of estuarine dolphins (*Sotalia guianensis*). **Ethnobiology and Conservation** 2013, 2:5. 2013.
- AMORIM, et al. Fish Sounds and Mate Choice. In: Sound communication in fishes. **Animal signals and communication**. Vol 4. 249p. 2015
- AMORIM, M. C. P, FONSECA, P. J, ALMADA, V.C. Sound production during courtship and spawning of *Oreochromis mossambicus*: male-female and male-male interactions. **Journal Fish Biology**. 62:658–672. 2003.
- AMORIM, M. C. P, et al. Differences in sounds made by courting males of three closely related Lake Malawi cichlid species. **Journal Fish Biology**. 65:1358–1371. 2004.
- AMOSER, S. & F. LADICH. Year-round variability of ambient noise in temperate freshwater habitats and its implications for fishes. **Aquatic Sciences**. 72, 371-378. 2010.
- AMOSER, S. & LADICH, F. Are hearing sensitivities of freshwater fish adapted to the ambient noise in their habitats? **The Journal of experimental biology**. 208, 3533-3542. 2005.
- ANDERSON, P. A. The functions of sound production in the lined seahorse, *Hippocampus erectus*, and effects of loud ambient noise on its behavior and physiology in captive environments, Ph.D. thesis, pp. 190: **University of Florida**. 2009.
- ANDERSON, P. A., et al. J. Sound, Stress, and Seahorses: The Consequences of a Noisy Environment to Animal Health. **Aquaculture**, 311, 129-138. 2011.
- ARAÚJO, J. et al. The behavior of *Sotalia guianensis* (Van Bénédén) in Pernambuco coastal waters, Brazil, and a further analysis of its reaction to boat traffic. **Revista Brasileira de Zoologia**. v. 25, p. 1-9, 2008.
- ASPLUND, T. R. The Effects of Motorized Watercraft on Aquatic Ecosystems. University of Wisconsin – Madison. **Water Chemistry Program**. PUBL-SS-948-00. 2000.
- Au, W.W. L, Banks K. The acoustics of the snapping shrimp *Synalpheus parneomeris* in Kaneohe Bay. **Journal Acoustic Society American**. 103:41–47. 1998.

- BASS, A. H. & LADICH, F. Vocal–Acoustic Communication: From Neurons to Behavior. **Fish Bioacoustics**. 253-278. 2008.
- BECKER, A., et al. Does boat traffic cause displacement in estuarine fish? **Marine Pollution Bulletin**. 75, 168–173. 2013a.
- BERGERT, B. A. & WAINWRIGHT, P. C. Morphology and kinematics of prey capture in the syngnathid fishes *Hippocampus erectus* and *Syngnathus floridae*. **Marine Biology**. 127: 563-570. 1997.
- BITTENCOURT, L et al. Underwater noise pollution in a coastal tropical environment. **Marine Pollution Bulletin**. 2014.
- BRACCIALI, C. et al. Effects of Nautical Traffic and Noise on Foraging Patterns of Mediterranean Damselfish (*Chromis chromis*). **Plos One**. 7(7): e40582. 2012.
- BRADBURY, J. W.; VEHRENCAMP, S. L. Principles of animal communication. 1ed. **Sunderland: Sinauer Associates**. 882p. 1998.
- BRUMM, H. & ZOLLINGER, S. A. The evolution of the Lombard effect: 100 years of psychoacoustic research. **Behaviour** 148, 1173-1198. 2011.
- BRUTON, M. N. The effects of suspensoids on fish. **Hydrobiologia** 125, 221-241. 1985.
- BRUTO-COSTA. Efeito de marolas produzidas por embarcações a motor em cavalos-marinhos (syngnathidae: hippocampus) no estuário do rio ariquindá, pe. Trabalho de conclusão de curso: **Pernambuco: Universidade Federal de Pernambuco**. 2007.
- BUCHHOLZ, R. Behavioural biology: an effective and relevant conservation tool. **Trends in Ecology & Evolution**. 22, 401-407. 2007.
- BUCKSTAFF, K. C. Effects of watercraft noise on the acoustic behavior of bottlenose dolphins, *tursiops truncatus*, in sarasota bay, florida. **Marine mammal science**. 20(4):709-725. 2004.
- BURGIN, S. & HARDIMAN, N. Recreational impacts on the fauna of Australian coastal marine ecosystems. **Journal of Environmental Management**. 91, 2096 e 2108. 2011.

- CHAKRABORTY, B., et al. Characterization of yellow seahorse *Hippocampus kuda* feeding click sound signals in a laboratory environment: an application of probability density function and power spectral density analyses. **Bioacoustics**. 23, 1–14. 2014.
- CODARIN, A. et al. Effects of ambient and boat noise on hearing and communication in three fish species living in a marine protected area (Miramare, Italy). **Marine pollution bulletin**. 58, 1880-1887. 2009.
- COLLIN S. P. & HART, S. Vision and photoentrainment in fishes: The effects of natural and anthropogenic perturbation. **Integrative Zoology**. 10: 15–28. 2015.
- COLSON, D. J. et al. Sound production during feeding in *Hippocampus* seahorses (Syngnathidae). **Environmental Biology of Fishes**. 51, 221-229. 1998.
- CONNAUGHTON, M. A., TAYLOR, M. H. & FINE, M. L. Effects of fish size and temperature on weakfish disturbance calls: implications for the mechanism of sound generation. **Journal of Experimental Biology**. 203, 1503–1512. 2000.
- CPRH. **Área de Proteção Ambiental De Guadalupe**. Encarte 2. 2011.
- CPRH. **Área de Proteção Ambiental De Guadalupe**. Zoneamento. 2010.
- DAVENPORT, J. & DAVENPORT, J. L. The impact of tourism and personal leisure transport on coastal environments: A review. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. 67 280 e 292. 2006.
- DIAS, T. L. P. & ROSA, I. L. Habitat preferences of a seahorse species, *Hippocampus reidi*, (Teleostei: Syngnathidae) in Brazil. **Aqua Journal of Ichthyology and Aquatic Biology**. 6, 165-176. 2003.
- DIAS-NETO, J. Proposta de Plano de Gestão para o Uso Sustentável de Cavalos-Marinheiros no Brasil. **Brasília: IBAMA**. 2011.
- FELÍCIO, A. K. C. et al. Feeding behavior of the longsnout seahorse *Hippocampus reidi* Ginsburg, 1933. **Journal of ethology**. 24: 219-225. 2006.
- FINE, L. & PARMENTIER, E. Mechanisms of Fish Sound Production. In: Sound communication in fishes. **Animal signals and communication**. Vol 4. 249p. 2015

- FOSTER, S. J.; VINCENT, A. C. J. Life history and ecology of seahorses: implications for conservation and management. **Journal of Fish Biology**. 65: 1-61. 2004.
- GABEL, F. et al. Waves affect predator–prey interactions between fish and benthic invertebrates. **Oecologia**. 165 (1), 101–109. 2011.
- GILL, T. The life history of the sea-horses (Hippocampids). **Proceedings US National Museum**. 28 (1408): 805-814. 1905.
- GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Fauna ameaçada no estado de São Paulo. **São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente**. 2008.
- GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. **Decreto no. 1499-R**. 2005.
- GRANT, P. B. C. & LEWIS, T. R. High speed boat traffic: a risk to crocodylian populations. **Herpetological Conservation and Biology**. 2010.
- HAWKINS, A. & POPPER, A. N. Assessing the Impact of Underwater Sounds on Fishes and Other Forms of Marine Life. **Acoustics Today Spring**. 2014.
- HAWKINS, A. D. & MYRBERG, A. A. Hearing and sound communication under water. **Bioacoustics: a comparative approach**. 347-405. 1983.
- HILDEBRAND, A. J. Anthropogenic and natural sources of ambient noise in the ocean. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** 395: 5–20. 2009.
- HÖBEL, G. Effect of temporal and spectral noise features on gap detection behavior by calling green treefrogs. **Behavioural Processes**. 108, 43–49. 2014.
- HOLT, D. E. & JOHNSTON C. E. Traffic noise masks acoustic signals of freshwater stream fish. **Biological Conservation**. 187 27–33. 2015.
- HUCKSTORF, V, et al. Impoverishment of yoy-fish assemblages by intense commercial navigation in a large lowland river, w.-c. **River Res. Applic.** 27: 1253–1263. 2011.
- KASUMYAN A. O. Sounds and Sound Production in Fishes. **Journal of Ichthyology**. Vol. 48, No. 11, pp. 981–1030. 2008.
- KUITER, R. H. Seahorses and their relatives. **Seaford: Aquatic Photographics**. 2009.

- LADICH, F. Acoustic communication and the evolution of hearing in fishes. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**. 355, 1285-1288. 2000.
- LADICH, F. & MYRBERG, A. A. Agonistic behavior and acoustic communication. In *Communication in fishes* (ed. F. Ladich, S. P. Collin, P. Moller & B. G. Kapoor), pp 121-148. **Enfield and Plymouth: Science Publishers**. 2006.
- LADICH, F. Fish Bioacoustics. **Current Opinion in Neurobiology**. 28, 121-127. 2014.
- LADICH, F. Hearing: Vertebrates. In: *Encyclopedia of Animal Behaviour*. Vol. 2. M.D. Breed and J. Moore (eds). **Academic Press, Oxford**. pp. 54 – 60. 2010.
- LAIOLO, P. The emerging significance of bioacoustics in animal species conservation. **Biological Conservation**. 143, 1635-1645. 2010.
- LEE, R. H. The Development of Seahorse Vision: Morphological and Behavioural. Tese de doutorado. **Australian National University**. 2013.
- LEHNER, P. N. *Handbook of Ethological Methods*. **Cambridge: Cambridge University Press**. 1996.
- LIM, A. C. O. et al. Sound production in the tiger-tail seahorse *Hippocampus comes*: Insights into the sound producing mechanisms. **J. Acoust. Soc. Am.** 138 (1). 2015.
- LLORET, J.A. et al. Impacts of recreational boating on the marine environment of Cap de Creus (Mediterranean Sea). **Ocean Coast. Manage.** 51, 749–754. 2008.
- LOTZE, H. K., et al. Depletion, degradation, and recovery potential of estuaries and coastal seas. **Science**. 312, 1806–1809. 2006.
- LOURIE, S. A., VINCENT, A. C. J. & HALL, H. J. *A Guide to the Identification of Seahorses: Project Seahorse and TRAFFIC North America* Washington, DC. **Washington D.C.: University of British Columbia and World Wildlife Fund**. 2004.
- LOURIE, S. A., VINCENT, A. C. J. & HALL, H. J. *Seahorses: an identification guide to the world's species and their conservation*. **London: Project Seahorse**. 1999.
- LUCZKOVICH, J. J, MANN, D. A & ROUNTREE, R. A. Passive Acoustics as a Tool in Fisheries Science. **Transactions of the American Fisheries Society**. 137:2, 533-541. 2008.

- LUNT, J. & SMEE, D. L. Turbidity influences trophic interactions in estuaries. **Limnol. Oceanogr.** 59(6). 2014.
- M. YASUÉ, A. NELLAS and A. C. J. VINCENT. Seahorses helped drive creation of marine protected areas, so what did these protected areas do for the seahorses? **Environmental Conservation**. Volume 39, pp 183-193. 2012.
- MAINA, C. W. A. Bioacoustic Approaches to Biodiversity Monitoring and Conservation in Kenya. IST-Africa 2015 Conference Proceedings Paul Cunningham and Miriam Cunningham (Eds) IIMC **International Information Management Corporation**. 2015.
- MANNA, G. L., et al. Boat traffic in Lampedusa waters (Strait of Sicily, Mediterranean Sea) and its relation to the coastal distribution of common bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*). **Ciencias Marinas**. 36(1): 71–81. 2010.
- MERCHANT N. D, et al. Monitoring ship noise to assess the impact of coastal developments on marine mammals. **Marine Pollution Bulletin**. (78) 85–95. 2014.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Portaria nº 445/2014 Peixes e Invertebrados Aquáticos Ameaçados. 18 de dezembro de 2014. **Brasília: Diário Oficial da União**. Acessado em: 2015.
- MYRBERG, A. A. & LUGLI, M. Reproductive behavior and acoustical interactions. In Communication in fishes (ed. F. Ladich, S. P. Collin, P. Moller & B. G. Kapoor), pp 149-176. **Enfield and Plymouth: Science Publishers**. 2006.
- NELSON, Joseph S. Fishes in the world, 4ed. **New Jersey: John Wiley & Sons**. 601p. 2006.
- NOLL, A. M. Cepstrum pitch detection. **Journal of the Acoustical Society of America**. 41, 293-309. 1967.
- NOWACEK, D. P. et al. Responses of cetaceans to anthropogenic noise. Mammal Rev., Volume 37, No. 2, 81–115. Printed in Singapore. **Mammal Society, Mammal Review**. 37, 81–115. 2007.
- OLIVEIRA, T. P. R. Ecologia populacional de *Hippocampus reidi* (Teleostei: Syngnathidae) em dois estuários do estado de Pernambuco, Brasil. M.Sc. thesis, pp. 69. **João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba**. 2007.

- OLIVEIRA, T. P. R. Produção de som, sensibilidade auditiva e comunicação acústica em *Hippocampus reidi* (Teleostei:Syngnathidae). *Tese (Doutorado)*, **João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba**. 1-121. 2011.
- OLIVEIRA, T.P.R, et al. Sounds produced by the longsnout seahorse: a study of their structure and functions. **Journal of zoology**. 114–121. 2014.
- PARRIS, K. M., & SCHNEIDER, A. Impacts of traffic noise and traffic volume on birds of roadside habitats. **Ecology and Society**. 14(1): 29. 2008.
- PICCIULIN, M. et al. Brown meagre vocalization rate increases during repetitive boat noise exposures: A possible case of vocal compensation. **J. Acoust. Soc. Am.** 132 (5), November. 2012.
- PICCIULIN, M. et al. In situ behavioural responses to boat noise exposure of *Gobius cruentatus* (Gmelin, 1789; fam. Gobiidae) and *Chromis chromis* (Linnaeus, 1758; fam. Pomacentridae) living in a Marine Protected Area. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** 386 (1–2), 125–132. 2010.
- POLIDORO, B.A. et al. The Loss of Species: Mangrove Extinction Risk and Geographic Areas of Global Concern. **Plos One**. 5(4): e10095. 2010.
- POPPER et al. Sound Exposure Guidelines for Fishes and Sea Turtles: A Technical Report prepared by ANSI-Accredited Standards Committee S3/SC1 and registered with ANSI. **Springer Briefs in Oceanography**. 2014
- POPPER, A. N. & HASTINGS, M. C. The effects of anthropogenic sources of sound on fishes. **Journal of Fish Biology**. 75, 455-489. 2009.
- POPPER, A. N. AND HAWKINS, A. The Effects of Noise on Aquatic Life. **Springer Science Business Media, LLC, New York**. 2012.
- POPPER, A. N. et al. Sound detection mechanisms and capabilities of teleost fishes. In *Sensory Processing in Aquatic Environments* (Collin, S. P. & Marshall, N. J., eds). New York. **NY: Springer-Verlag**. pp. 3–38. 2003.
- RABIN, O. et al. Formation of thick porous anodic alumina films and nanowire array on silicon wafers and glass. **Advanced functional materials**. 13, no 8. 2003.

- ROSA, I. L., DIAS, T. L. & BAUM, J. K. Threatened fishes of the world: *Hippocampus reidi* Ginsburg, 1933 (Syngnathidae). **Environmental Biology of Fishes**. 64, 378-378. 2002.
- ROSA, I. L., et al. Population characteristics, space use and habitat associations of the seahorse *Hippocampus reidi* (Teleostei: Syngnathidae). **Neotropical Ichthyology** 5, 405-414. 2007.
- ROSA, I. M., et al. Fishers' knowledge and seahorse conservation in Brazil. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, 1:12. 2005.
- SEBASTIAN-GONZALEZ E. et al. Bioacoustics for species management: two case studies with a Hawaiian forest bird. **Ecology and Evolution**; 5 (20): 4696–4705. 2015.
- SEBASTIANUTTO, L. et al. How boat noise affects an ecologically crucial behavior: the case of territoriality in *Gobius cruentatus* (Gobiidae). **Environ. Biol. Fish.** 92 (2), 207–215. 2011.
- SLABBEKOORN, H. et al. A noisy spring: the impact of globally rising underwater sound levels on fish. **Trends in Ecology & Evolution**. 2010.
- SMALL C. & NICHOLLS R. J. A global analysis of human settlement in coastal zones. **Journal of Coastal Research**. Vol. 19, No. 3, pp. 584-59. 2003.
- STAATERMAN E., PARIS, C.B. KOUGH, A.S. First evidence of fish larvae producing sounds. **Biol. Lett.** 2014.
- STOLL, S. AND BEECK, P. Larval fish in troubled waters - is the behavioural response of larval fish to hydrodynamic impacts active or passive? **Can. J. Fish. Aquat. Sci.** 69: 1576–1584. 2012.
- TENNESSEN, J.B., PARKS, S.E., LANGKILDE, T. Traffic noise causes physiological stress and impairs breeding migration behaviour in frogs. **Conservation Physiology**. 2014.
- THE IUCN RED LIST OF THREATENED SPECIES. **Version 2015-3**. [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org). Downloaded on 18 September 2015.
- VASCONCELOS, R. O., AMORIM, M. C. P. & LADICH, F. Effects of ship noise on the detectability of communication signals in the Lusitanian toadfish. **Journal of Experimental Biology**. 210, 2104-2112. 2007.

- VINCENT, A. C. J. Seahorses exhibit conventional sex roles in mating competition, despite male pregnancy. **Behaviour**. 128, 135-151. 1994.
- VINCENT, A. C. J.; FOSTER, S. J.; KOLDEWEY, H. J. Conservation and management of seahorses and other Syngnathidae. **Journal of Fish Biology**. 78: 1681–1724. 2011.
- WEILGART, L.S. The impacts of anthropogenic ocean noise on cetaceans and implications for management. **Can. J. Zool**. Vol. 85. 2007.
- WHITFIELD, A.K., BECKER, A. Impacts of recreational motorboats on fishes: A review. **Mar. Pollut. Bull**. 2014.
- WILKINSON, C., SOUTER, D. Status of Caribbean coral reefs after bleaching and hurricanes in 2005. **Global Coral Reef Monitoring Network, and Reef and Rainforest Research Centre, Townsville**. 152 p. 2008.
- WILLIAMS, R., et al. Quiet(er) marine protected areas. **Marine Pollution Bulletin**. 2015.
- WRIGHT et al. Anthropogenic Noise as a Stressor in Animals: A Multidisciplinary Perspective. **International Journal of Comparative Psychology**. 20, 250-273. 2007.
- WYSOCKI, L. E. & LADICH, F. Hearing in fishes under noise conditions. **JARO Journal of the Association for Research in Otolaryngology**. 6, 28-36. 2005b.