



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS V JOÃO PESSOA
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS E APLICADAS
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

ROBSON RICARDO MEDEIROS DE ASEVÊDO

ESTRESSE AGUDO EM *HIPPOCAMPUS REIDI* (TELEOSTEI: SYNGNATHIDAE) EM
RESPOSTA A PLAYBACK DE RÚIDO ANTRÓPICO

JOÃO PESSOA
2022

ROBSON RICARDO MEDEIROS DE ASEVÊDO

ESTRESSE AGUDO EM *HIPPOCAMPUS REIDI* (TELEOSTEI: SYNGNATHIDAE) EM
RESPOSTA A PLAYBACK DE RÚIDO ANTRÓPICO

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.^a. Dr.^a. Tacyana Pereira Ribeiro de Oliveira.

JOÃO PESSOA
2022

É expressamente proibido 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 do trabalho.

A816e Asevêdo, Robson Ricardo Medeiros de.
Estresse agudo em *Hippocampus reidi* (TELEOSTEI: SYNGNATHIDAE) em resposta a playback de ruído antrópico [manuscrito] / Robson Ricardo Medeiros de Asevêdo. - 2022.
42 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e Sociais Aplicadas, 2022.

"Orientação : Profa. Dra. Tacyana Pereira Ribeiro de Oliveira, Coordenação do Curso de Ciências Biológicas - CCBSA."

1. Cavalos-marinhos . 2. Ecologia marinha. 3. Poluição sonora. 4. Taxa respiratória do cavalo marinho. I. Título

21. ed. CDD 577.7

ROBSON RICARDO MEDEIROS DE ASEVÊDO

ESTRESSE AGUDO EM *HIPPOCAMPUS REIDI* (TELEOSTEI: SYNGNATHIDAE)
EM RESPOSTA A PLAYBACK DE RUÍDO ANTRÓPICO

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.

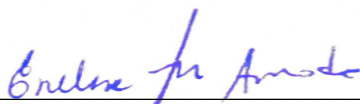
Área de concentração: Comportamento Animal e Conservação.

Aprovado em: 22 / 07 / 2022.

BANCA EXAMINADORA



Profa. Dr^a Tacyana Pereira Ribeiro de Oliveira (Orientadora)
Universidade Estadual da Paraíba



Profa. Dr^a Enelise Marcelle Amado
Universidade Estadual da Paraíba



Dr^a María Fernanda De la Fuente Castellón
Universidade Estadual da Paraíba

A minha mãe por todo o apoio em todo esse tempo, e pelo amor dedicado...

AGRADECIMENTOS

Obrigado por todas as oportunidades, pessoas, presentes inesperados e momentos inesquecíveis, assim como por todos os momentos que não foram muito legais, obrigado a força harmônica que rege todas as coisas.

Agradeço a minha mãe, dona Neide, que dedicou a sua vida, literalmente, deixou tudo para se dedicar a mim e minha irmã. Mesmo diante de todas as dificuldades, sempre foi muito forte, e me ensinou a ser parte de quem eu sou, é alguém que admiro e amo com todas as minhas forças. Nunca vou conseguir retribuir todo o seu empenho e dedicação, mas isso não impede que eu tente fazer a ela e a minha futura descendência. Agradeço também a minha irmã, Vanessa, porque ela sempre esteve ali, da forma dela, mas sempre esteve, posso dizer que minha família é um presente inigualável.

Meus agradecimentos sinceros à minha orientadora, Tacyana, por ter me convidado a trabalhar com ela, e ter confiado a mim algumas responsabilidades, sempre me senti honrado diante de todas as atribuições que ela me entregou.

Agora é a vez de agradecer aos meus colegas e amigos de laboratório. Eles passaram noites em claro comigo no laboratório, e foram uma companhia maravilhosa em durante os trabalhos de campo. Agradeço à Glacy, Mariana, e Francisco, que se disponibilizaram a ir com a gente para o campo; foi uma mão na roda, uma ajuda imensa. Agradeço à Amanda, Gabriel e Mariana por virarem noites comigo para concluir as pesquisas, com sucesso. Em especial, quero agradecer ao meu amigo Joel, pelo companheirismo e toda a ajuda. Agradeço à Camila e à Tacy, por me levarem em casa depois de ficarmos até “altas horas” trabalhando no laboratório.

Agradeço a disponibilidade de todos da família de Dona Dalci, por toda a disponibilidade em nos acolher em sua residência, e a Daicinho por todo apoio no RN.

Agradeço aos professores da UEPB, pelo apoio e crescimento pessoal e profissional durante esse tempo de graduação.

Agradeço a APA de Guadalupe pela disponibilidade do alojamento no início dessa pesquisa. Também meus agradecimentos, a bolsa de pesquisa do PIBIC/CNPQ.

Agradeço a todos que de alguma forma fizeram parte o meu desenvolvimento durante esses anos com tantos acontecimentos e mudanças!

A procura revela as maravilhas da natureza...

RESUMO

A poluição sonora afeta negativamente diversas espécies animais em ambientes aquáticos, sendo as embarcações uma das principais fontes de ruído antrópico subaquático, podendo levar a alterações comportamentais e fisiológicas. Os cavalos-marinhos, grupo de peixes globalmente ameaçados, são suscetíveis à poluição sonora, devido às características de sua história de vida. Diante disso, o presente estudo avaliou os efeitos agudos do ruído de embarcação sobre o comportamento e a taxa respiratória de *Hippocampus reidi*, através de experimentos de playback em ambiente natural. Foram realizadas sessões de observação compostas por dois períodos de silêncio (3 min, cada) intercalados por um período de playback de ruído de lancha (1 min). Não foram constatadas alterações significativas na frequência dos comportamentos dos cavalos-marinhos entre os períodos da sessão de observação; o comportamento mais registrado foi o “estacionário”, porém foi verificado que o “ajuste” foi mais comum durante a reprodução do ruído de embarcação em relação aos períodos de silêncio. Foi registrado um aumento significativo da taxa respiratória dos cavalos-marinhos durante a reprodução do ruído de lancha. O tráfego náutico intenso, como uma pressão adicional nos habitats costeiros e marinhos, pode levar a estresse nos cavalos-marinhos.

Palavras chaves: Cavalos-marinhos, poluição sonora, taxa respiratória.

ABSTRACT

Noise pollution negatively affects several species in aquatic environments, vessels being one of the major sources of underwater anthropogenic noise, which can lead to behavioural and physiological changes. Seahorses, a globally threatened fish group, are susceptible to noise pollution due to their life history characteristics. Therefore, the present study evaluated the acute effects of speedboat noise on the behaviour and respiratory rate of *Hippocampus reidi* through *in situ* playback experiments. Observation sessions consisted of 3 min of silence (i.e., no sound stimuli), followed by 1 min of speedboat noise playback and 3 min of silence. There were no significant changes in the frequency of seahorse behaviour among the observation session periods; the most recorded behaviour was “stationary”; however, “adjustment” was more common during the boat noise playback compared to the periods of silence. A significant increase in the respiratory rate of seahorses was recorded during exposure to boat noise playback. As additional pressure on coastal and marine habitats, boat traffic can lead to stress in seahorses.

Keywords: Seahorses, noise pollution, respiratory rate.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1.** Espécime de *Hippocampus reidi* (macho), registrado no estuário do rio Tubarão – RN. Foto: R.R. M. Asevêdo **17**
- Figura 2.** Mapa mostrando os pontos onde foram realizados este estudo: **A)** Camboa do Marinheiro, localizada no estuário do rio Tubarão - RN, onde foram realizados os experimentos de playback de ruído de embarcação; **B)** Rio Ariquindá, localizado no estuário do Rio Formoso - PE, onde foi realizada a calibragem do ruído de embarcação utilizado nos experimentos (ponto branco). Fonte: Google Earth (adaptado)..... **22**
- Figura 3.** A) Sonograma, (B) oscilograma e (C) espectro de energia (cepstrum – linha vermelha) do ruído previamente gravado da lancha. O ruído foi captado em uma passagem de lancha a 10 m do hidrofone, em Tamandaré-PE (frequência de amostragem 44.1Hz, bandwidth de 1 Hz, 75% overlap, *Hanning window*) **24**
- Figura 4.** A) Sonograma, (B) Oscilograma e (C) espectro de energia (cepstrum – linha vermelha) do playback, em Tamandaré-PE (frequência de amostragem 44.1Hz, bandwidth de 1 Hz, 75% overlap, *Hanning window*) **25**
- Figura 5.** Esquema do setup para a realização dos experimentos de playback de ruído de embarcação realizados com *Hippocampus reidi*, em ambiente natural. O alto-falante foi posicionado a 1m do indivíduo e a 40 cm de profundidade; o hidrofone a cerca de 15-20cm, e era mantida uma distância igual ou maior que 40cm entre a câmera e o espécime **26**
- Figura 6.** Taxa respiratória de *Hippocampus reidi* em ambiente natural durante experimento de playback de ruído de embarcação. AR (período de silêncio antes do playback de ruído; duração: três minutos), R (período de playback de ruído; duração: 1 minuto), dr1 (primeiro minuto de silêncio depois do playback de ruído) e dr2 (segundo minuto de silêncio depois do playback de ruído) dr3 (terceiro minuto de silêncio do playback de ruído). **29**

Figura 7. Taxa respiratória de machos e fêmeas de *Hippocampus reidi* em ambiente natural durante o playback de ruído de embarcação. 30

Figura 8. Taxa respiratória de machos e fêmeas de *Hippocampus reidi* em ambiente natural, após o playback de ruído de embarcação. 30

Figura 9. Frequência relativa dos comportamentos apresentados pelos cavalos-marinhos durante os experimentos de playback de ruído de embarcação, em ambiente natural. AR: período de silêncio antes do playback do ruído; R: período de playback do ruído; DR: período de silêncio depois do playback do ruído..... 31

Figura 10. Desenho esquemático dos comportamentos apresentados pelos cavalos-marinhos *Hippocampus reidi* durante as sessões de observação (*ajuste e alimentação* não representados): (A) posicionamento vertical, (B) posicionamento horizontal, (C) posicionamento estendido, (D) natação na coluna d'água e (E) natação no substrato. 32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Taxa respiratória de *Hippocampus reidi* (n = 13), em resposta a playback de ruído de embarcação no estuário do Rio Tubarão (RN). Dados apresentados como média ± EP. BOPM: batimento opercular por minuto; AR: período de silêncio antes do playback do ruído; R: período de playback do ruído; DR: período de silêncio depois do playback do ruído; ar1, ar2, ar3: subperíodos de 1 minuto de duração do AR; dr1, dr2, dr3: subperíodos de 1 minuto de duração do DR28

Tabela 2. Etograma dos comportamentos apresentados por *Hippocampus reidi* durante experimento de playback de ruído de embarcação, em ambiente natural (adaptado de Anderson et al, 2011). Dados de frequência relativa apresentados com média ± EP. AR: período de silêncio antes do playback do ruído; R: período de playback do ruído; DR: período de silêncio depois do playback do ruído33

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

EP= Erro padrão

cm = centímetros

m = metros

Hz = Hertz

dB = Decibéis

KHz = Quilohertz

Hp = Cavalo de potência

°N = Grau Norte

°S = Grau Sul

APA = Área de Proteção Ambiental

CITES = Convenção sobre o Comércio Internacional de Espécies da Fauna e Flora Silvestres

IUCN = União Internacional para a Conservação da Natureza

AR = Antes do ruído

R = Durante o Ruído

DR = Depois do ruído

dr1 = Primeiro minuto após o ruído

dr2 = Segundo minuto após o ruído

dr3 = Terceiro minuto após o ruído

BOPM = Batimento opercular por minuto

% = Porcentagem

± = Mais ou menos

> = Maior que

< = Menor que

≈ = Aproximadamente

°C = Graus Celsius

SUMÁRIO

1. Introdução	13
2. Revisão bibliográfica	15
2.1 Cavalos-marinhos e espécie foco do trabalho (<i>Hippocampus reidi</i>)	15
2.2 Os peixes e os impactos do tráfego náutico	17
2.3 Cavalos-marinhos, bioacústica e conservação	18
3. Objetivos	20
3.1 Objetivo geral	20
3.2 Objetivos específicos	20
4. Metodologia	21
4.1 Área de estudo	21
4.2 Calibragem do playback	22
4.3 Exposição do playback aos cavalos-marinhos e coleta de dados	25
4.4 Análise de dados	27
5. Resultados.....	28
5.1 Efeitos do ruído náutico na taxa respiratória de <i>H. reidi</i>	28
5.2 Efeitos do ruído náutico no comportamento de <i>H. reidi</i>	31
6. Discussão	34
7. Conclusões.....	37
8. Referências bibliográficas	38

1. INTRODUÇÃO

As atividades humanas exercidas nas zonas costeiras constituem uma ameaça contínua à biodiversidade marinha. Estudos indicam que 45% da população mundial vivem ou trabalham nas zonas costeiras (AAVV, 2010; Neves e Rodrigues, 2015), o que tende ao crescimento das interferências antrópicas nas regiões litorâneas, como a urbanização (Neves et al., 2017). Uma das atividades que é considerada uma pressão adicional aos ambientes marinhos é o uso de embarcações com fins comerciais e turísticos (Small & Nicholls, 2003; Costanza et al., 2014).

As atividades náuticas podem interferir nas características do ambiente aquático e conservação da biodiversidade marinha – desde invertebrados a grandes vertebrados (Duarte et al., 2021). As interferências das embarcações são diversas, desde poluição química, através da liberação de substâncias reativas na água, a impactos mecânicos, através da formação de ondas de deslocamento, que se intensificam em regiões costeiras com áreas mais restritas e de menor profundidade, como nos estuários e em ambientes recifais (Godoi et al., 2003). A poluição sonora em ambientes marinhos é outro problema associado ao tráfego de embarcações e pode afetar direta ou indiretamente as espécies e comunidades marinhas (Duarte et al., 2021). Em nível específico, o ruído náutico pode afetar o comportamento acústico, provocando o mascaramento de sons produzidos pelos animais, alteração de comportamentos agonísticos e de cuidado parental (e.g. Nedelec et al., 2017 – aumento de comportamentos agonísticos e, conseqüentemente, menor eficiência no cuidado parental em *Acanthochromis polyacanthu*), que pode afetar a sobrevivência nas espécies. Considerando os efeitos sobre as comunidades, o ruído de embarcações potencialmente afeta interações predador-presa, desde o comportamento até alterações fisiológicas, diminuindo o desempenho da presa em resposta ao predador (Simpson et al., 2015).

O estudo dos efeitos do ruído náutico sobre a biodiversidade marinha torna-se ainda mais importante quando se trata de espécies ameaçadas, como os cavalos-marinhos. Estes peixes constam em listas nacionais e internacionais de animais ameaçados de extinção, principalmente devido à degradação de habitats, sobrepesca e comércio (Vincent et al, 2011). A história de vida dos cavalos-marinhos torna esses animais suscetíveis às interferências negativas do tráfego e ruído náuticos, uma vez que habitam regiões costeiras (Rosa et al, 2007), apresentam baixa capacidade de deslocamento, baixa densidade (Foster e Vincent, 2004,

Vincent et al, 2011) e por utilizarem sons em suas atividades (Oliveira et al, 2014, Lim et al 2015).

De fato, já foi demonstrado que o ruído de embarcações pode atuar fator de estresse com efeitos negativos sobre cavalos-marinhos em ambiente natural, através de alterações comportamentais (*H. capensis*, Claassens & Hodgson, 2017; *H. guttulatus*, Palma et al, 2019) e fisiológicas (Palma, et al 2019). Nesse contexto, considerando a vulnerabilidade dos cavalos-marinhos ao tráfego náutico, este trabalho avaliou o efeito agudo do ruído de embarcações sobre a espécie *Hippocampus reidi* Ginsburg, 1933, utilizando a técnica de playback.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cavalos-marinhos e espécie foco do trabalho (*Hippocampus reidi*)

Os cavalos-marinhos são peixes bem conhecidos devido às suas peculiaridades comportamentais e morfológicas. São peixes ósseos que, junto os peixes-cachimbo, cavalos-cachimbo e dragões-marinhos, formam a família Syngnathidae. Os representantes dessa família apresentam corpo formado por uma série de anéis ósseos, não possuem escamas, a boca está localizada na extremidade do um focinho que possui forma tubular, e o cuidado parental é feito pelos machos (Nelson, 2006). Os cavalos-marinhos compõem o gênero *Hippocampus*, sendo 46 espécies reconhecidas (Lourie et al., 2016) e apresentam, como principais características, uma cauda preênsil, a cabeça formando um ângulo reto em relação ao eixo do corpo, e a presença de uma bolsa incubadora em machos (Foster & Vicent 2004).

As diversas espécies de cavalos-marinhos ocorrem em águas tropicais a temperadas, entre latitudes 50°N e 50°S, podendo ser encontradas desde 10 cm de profundidade até 100m (Lourie et al., 2004). Geralmente ocorrem em ambientes costeiros, como recifes e manguezais, e são encontrados associados geralmente a bancos de algas, raízes dos mangues e até substratos artificiais como píeres de madeira e de cultivo de ostras e redes de nylon (Lourie et al, 2004; Foster e Vincent, 2004; Rosa et al., 2007).

Os cavalos-marinhos possuem comportamentos característicos que estão diretamente associados ao tipo do substrato, como mudar de cor e até desenvolver filamentos dérmicos ao longo do corpo para a camuflagem (Foster e Vincent, 2004; Lourie et al., 2004). A camuflagem provavelmente contribui para a eficiência da captura de presas e como uma estratégia para evitar a predação, aumentando tanto o sucesso da captura de presa como o comportamento anti-predatório (Foster & Vincent 2004). Para alguns espécies, a taxa de alimentação é diretamente relacionada à luminosidade (Felício et al., 2006).

Juntamente com a dependência direta de habitats, os cavalos-marinhos apresentam outras características que os tornam suscetíveis às atividades humanas, como o cuidado parental longo, a baixa capacidade de deslocamento e baixa taxa reprodutiva, além de se distribuírem em manchas no ambiente e em baixas densidades (Lourie et al 2004; Vincent et al., 2011). Sendo assim, devido a sua história de vida e às ameaças as suas populações, os cavalos-marinhos são considerados ameaçados em todo o mundo, principalmente pela degradação de habitats, sobrepesca e comércio (Vincent et al., 2011; Pollom et al 2021) - todo o gênero

Hippocampus consta no Anexo II da CITES (Convenção sobre o Comércio Internacional das Espécies de Fauna e da Flora Silvestres Ameaçadas de Extinção) e muitas espécies se encontram em categorias de ameaça na lista vermelha da IUCN (União Internacional para a Conservação da Natureza).

Devido aos aspectos estéticos, comportamentais e ao apelo conservacionista, os cavalos-marinhos são considerados uma espécie-bandeira para a conservação marinha. Por possuírem estreito vínculo com o seu habitat, tornam-se símbolos daqueles ambientes; portanto, sua conservação significa a conservação de outros organismos que compartilham o mesmo local (Rosa et al., 2007; Vincent et al., 2011).

A espécie estudada neste trabalho, *Hippocampus reidi* Ginsburg, 1933 (Figura 1), é uma das espécies de cavalos-marinhos com ocorrência no litoral brasileiro (Lourie et al., 2004; Rosa et al., 2002), com distribuição desde o Amapá ao Rio Grande do Sul (Dias-Neto, 2011). Porém, a espécie ocorre principalmente na região Nordeste (Rosa et al., 2007; Aylesworth et al 2015), em ambientes estuarinos e de manguezal, os quais são mais suscetíveis a tráfego náutico (Becker et al., 2013).

Hippocampus reidi possui um repertório acústico composto por dois sons: os cliques e os rufos, que são utilizados em diferentes contextos comportamentais (Oliveira et al., 2014). Os cliques (energia concentrada entre 50 e 800Hz) são associados à alimentação e à corte, já os rufos são sons com frequência menores que 200 Hz e são produzidos quando manuseados, provavelmente como mecanismo para atordoar predadores (Oliveira et al., 2014). Assim, *H. reidi* está também exposto a possíveis interferências acústicas do ruído náutico sobre o seu comportamento acústico.

Essa espécie encontra-se classificada como “quase ameaçada” pela IUCN e consta em várias listas de ameaças estaduais no Brasil (Dias Neto, 2011). Além disso, *H. reidi* consta como “vulnerável” na lista nacional de espécies ameaçadas (portaria n°148/2022, MMA 2014).



Figura 1. Espécime de *Hippocampus reidi* (macho), registrado no estuário do RioTubarão – RN. Foto: R.R. M. Asevêdo.

2.2 Os peixes e os impactos do tráfego náutico

Atualmente, há diversas atividades humanas no ambiente marinho que são características por emitirem ruídos, como prospecção de petróleo e gás, uso de sonares, uso de quebra-gelo e bate-estacas, tráfego náutico (Duarte et al., 2021). Nos últimos anos, a partir do aumento da urbanização nas regiões litorâneas (Neves e Rodrigues, 2015), que desencadeia a expansão turística, houve o estímulo e aumento de atividades recreativas que incluem o uso de embarcações a motor, cada vez mais populares (Lloret et al, 2008; Small & Nicholls, 2003).

O impacto físico provocado pelo tráfego náutico ao ambiente pode ser gerado de diversas formas, como o impacto mecânico do próprio veículo e a formação de ondas (Becker et al., 2013) até a poluição sonora (Duarte et al., 2021; Anderson et al., 2010; Radford et al., 2014). A poluição sonora através dos ruídos emitidos a partir dos motores das embarcações (e.g. lanchas, jet-skis e outros tipos de veículos aquáticos) geram uma alteração dos sons característicos do ambiente em que as espécies residentes já desenvolveram evolutivamente seus padrões acústicos (Nedelec, 2017; Duarte et al., 2021); sendo assim, o ruído é uma pressão adicionada aos ecossistemas marinhos (Claassens & Hodgson, 2017; Simpson et al., 2015).

A perturbação gerada pelo ruído no momento da passagem da embarcação pode culminar em mudanças temporárias nos comportamentos (Carrera, 2004; Duarte et al., 2021) e na fisiologia das espécies, gerando algum tipo de estresse (Iwama et al., 1997). Além disso, a

poluição sonora pode gerar mudanças irreversíveis como a danificação do sistema auditivo e bexiga natatória em peixes e mamíferos, e estatocistos em invertebrados (Jepson et al., 2003, Duarte et al., 2021). Segundo Selye (1950), os organismos podem desenvolver a SAG – síndrome de adaptação geral –, em que exibem uma resposta alarme (instantânea) diante do estresse agudo. Quando crônico, os animais se ajustam ou compensam a perturbação com mecanismos adaptativos (mecanismos evolutivos) ou mecanismos de aclimação (Iwama et al., 1997).

Os peixes podem ser afetados pelo tráfego de embarcações de várias formas, como ter a abundância diminuída por dispersão da espécie no local do tráfego náutico, uma vez que os espécimes podem apresentar comportamentos referentes ao estresse como o comportamento de fuga (Becker et al. 2013); diminuição da capacidade de manter os territórios e possível diminuição da prole por restrição no cuidado parental (Nedelec et al., 2017); danificação dos próprios sistemas auditivos em algumas espécies (Popper et al., 2013). O ruído náutico pode também interferir diretamente no comportamento de orientação assim como na comunicação acústica, sendo o ruído responsável por mascarar ou interferir nas sinalizações acústicas, descaracterizando comportamentos intra e interespecíficos (Becker et al., 2013; Simpson et al., 2015; Duarte et al., 2021).

Nos ambientes estuarinos, as ações antrópicas através das embarcações exercem influências direta sobre os peixes (Fonseca et al., 2019), e isso se torna mais intenso se compararmos com outros ambientes marinhos, uma vez que estuários possuem área espacialmente restrita, com a profundidade e largura limitada e variável diante das influências da maré, fatores que tornam o ambiente mais vulnerável aos efeitos do tráfego náutico. A formação de ondas pela passagem das embarcações é uma das consequências negativas nesses ambientes - com a variação da maré, a profundidade diminui, e as ondas formam uma turbulência na coluna d'água que alcança o substrato, podendo deslocar e remover diversas espécies (tanto a fauna quanto a flora) - no pior cenário, o impacto pode levar à morte do indivíduo (Becker et al., 2013).

2.3 Cavalos-marinhos, bioacústica e conservação

Devido ao aumento do ruído antrópico nos oceanos nas últimas décadas (Duarte et al., 2021), estudos de bioacústica têm tido um papel importante para a conservação de espécies e ecossistemas costeiros e marinhos, particularmente no caso de espécies ameaçadas. No caso

dos cavalos-marinhos, são poucos os estudos que avaliam os efeitos de poluição sonora, os quais focaram em fontes variadas de ruído, seja em condições de cativeiro ou em ambiente natural.

Anderson et al. (2011) analisaram o estresse agudo e crônico do ruído constante de bombas de aeração em aquário na espécie *H. erectus*, demonstrando alterações na frequência dos comportamentos dos espécimes, principalmente aumento da frequência de *ajustes* e da proporção do comportamento *estacionário*, como indicativos de estresse. Em ambiente natural, foi avaliado o efeito do ruído de embarcações sobre *H. guttulatus* (Palma et al, 2019), sendo demonstrada elevação nas taxas respiratórias em 87% dos espécimes observados como sinal de estresse. Outro estudo, realizado com *H. capensis* (Claassens & Hodgson, 2017), demonstrou um aumento do tráfego (e consequentemente do ruído) náutico no período de alta estação, quando houve diminuição do registro de cavalos-marinhos na área amostrada, além de alterações comportamentais, como diminuição das atividades de corte e de alimentação dos espécimes. Portanto alguns estudos já evidenciam os impactos prejudiciais do ruído náutico sobre as populações de cavalos-marinhos, considerando aspectos comportamentais e fisiológicos.

Uma das formas de se avaliar a resposta de animais a ruídos antrópicos dá-se através da reprodução dos ruídos, em uma simulação controlada da produção do estímulo sonoro. Essa técnica é denominada *playback* e é amplamente utilizada nesse contexto em peixes e outros grupos de animais (Anderson, et al. 2011). A utilização do *playback* facilita a logística do estudo e o controle experimental, já que é feito na ausência de embarcação – e, portanto, apenas o ruído é considerado com estímulo –, considerando que a calibragem do som reproduzido garanta que o *playback* tenha os parâmetros sonoros semelhantes ao som original (Silva, et al 2021).

Dessa forma, destaca-se o potencial do uso de técnicas de bioacústica para avaliar os impactos da poluição sonora sobre espécies marinhas. Sabendo que os estudos aplicados são essenciais para a conservação de espécies e ambientes ameaçados, é então necessário se conhecer mais profundamente os diversos efeitos antrópicos sobre pressões emergentes (como o caso do ruído de embarcações), gerando informações relevantes para serem usadas em outros trabalhos, assim como para a elaboração de medidas e estratégias para a conservação. Além disso, ao se utilizar espécies-bandeira como modelo nesses estudos, como é o caso dos cavalos-marinhos, chama-se a atenção aos ecossistemas e outras espécies que potencialmente são submetidas às mesmas pressões, atraindo atenção do público, aumentando o apelo à tomada de decisões voltadas à mitigação dos impactos antrópicos.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo geral

O atual trabalho teve por objetivo analisar o estresse agudo de *Hippocampus reidi* em resposta ao ruído náutico, utilizando a técnica de playback em ambiente natural.

3.2 Objetivos específicos

- Descrever os comportamentos dos cavalos-marinhos em resposta a períodos de silêncio comparados a períodos de reprodução de ruído náutico;
- Avaliar a taxa respiratória dos espécimes em relação ao sexo;
- Analisar as variações na frequência dos comportamentos, e assim caracterizar os padrões comportamentais durante a reprodução do ruído de lancha;
- Verificar se há alteração na taxa respiratória, como indicador de estresse diante da reprodução do ruído da lancha.

4. METODOLOGIA

4.1 Área de estudo

Este estudo foi desenvolvido em duas etapas, realizadas em áreas diferentes. A primeira etapa, denominada aqui de calibragem do playback, em que foi realizada a adequação da gravação de ruído de embarcação utilizada nos experimentos (ver descrição no item 4.2), foi realizada no estuário do Rio Formoso, especificamente no rio Ariquindá (35°06'08"W, 8°41'22"S; Figura 2). O estuário do Rio Formoso localiza-se no sul do estado de Pernambuco, encontra-se inserido nas Áreas de Proteção Ambiental (APA) estaduais de Sirinhaém e Guadalupe e é formado pelos rios Formoso, dos Passos, Lemenho e Ariquindá (CPRH, 2011). A etapa da calibragem foi realizada no mês de abril de 2017, nas primeiras horas da manhã pois não havia tráfego de embarcações, e assim a ausência de possíveis interferência na calibragem por formação de ondas ou pelo próprio ruído das embarcações locais.

A segunda etapa do estudo, denominada de exposição do playback aos cavalos-marinhos (ver item 4.3), em que foram realizados os experimentos de playback, foi realizada no estuário do Rio Tubarão localizado no Rio Grande do Norte (5°04'50.6"S 36°26'01.4"W), onde o ruído de embarcação previamente calibrado foi reproduzido aos espécimes de *Hippocampus reidi*. A reprodução do playback aos espécimes e consequente registro de vídeo e áudio dos cavalos-marinhos foram feitos em julho de 2017 e abril de 2018, devido a questões logísticas e climáticas. O ponto de amostragem (Camboa do Marinheiro) é característico pela ausência de lanchas; assim, utilizamos o local para avaliar o estresse agudo provocado pelo ruído náutico, servindo como referência para estudos posteriores.

Os aspectos do estuário do Rio Tubarão são interessantes, uma vez que é considerado um estuário inverso, ou seja, não possui uma nascente evidente de água doce, a água doce provém dos lençóis freáticos e da chuva. Com a taxa de evaporação mais alta do que a de precipitação, com “entrada negativa” de água doce e clima seco e quente (Medeiros et al., 2010; Valle-Levinson., 2010), o estuário passa a ser hipersalino apresentando altos valores de salinidade, com média de 43,3, temperatura média de $28,1 \pm 0,2$ °C (Oliveira., 2014), e a profundidade dos pontos de amostragem foi de $33,6 \pm 3,0$.

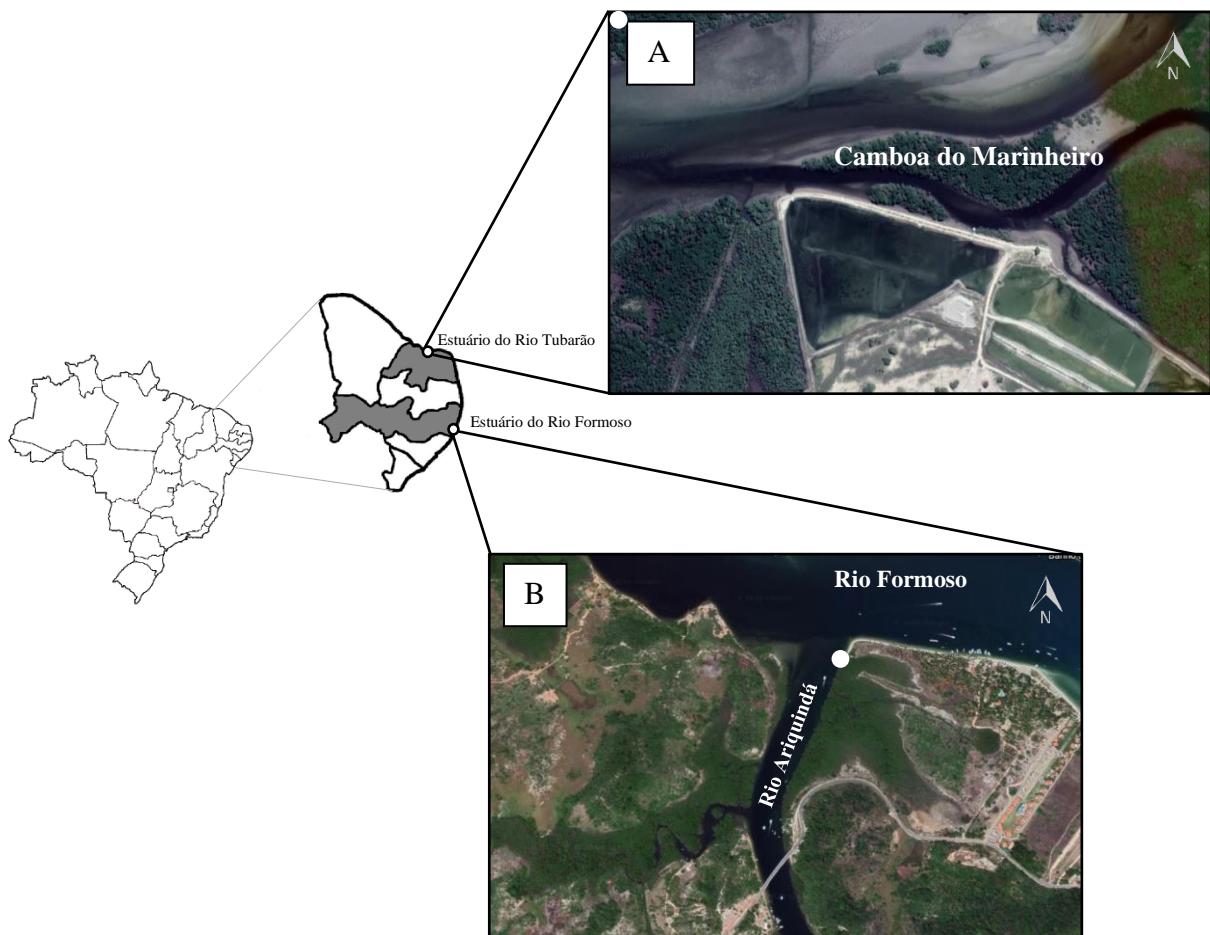


Figura 2. Mapa mostrando os pontos onde foram realizados este estudo: **A)** Camboa do Marinheiro, localizada no estuário do rio Tubarão - RN, onde foram realizados os experimentos de playback de ruído de embarcação; **B)** Rio Ariquindá, localizado no estuário do Rio Formoso - PE, onde foi realizada a calibragem do ruído de embarcação utilizado nos experimentos (ponto branco). Fonte: Google Earth (adaptado).

4.2 Calibragem do playback

Para que o playback, ou seja, o ruído de lancha reproduzido aos cavalos-marinhos, apresentasse características espectrais e níveis de pressão sonora minimamente semelhantes ao ruído de lancha gravado no Rio Ariquindá, o sistema de reprodução e gravação de sons passou por uma calibragem. O setup de calibragem do ruído de embarcação foi estabelecido no estuário do Rio Formoso, onde foi feita a gravação original do ruído de lancha utilizada nos experimentos de playback. Portanto, a calibragem foi feita no mesmo local e nas mesmas condições climáticas e de maré da gravação original.

O ruído de lancha utilizado nos experimentos de playback foi gravado em 2015, durante o trabalho desenvolvido por Batista (2015). A gravação corresponde ao registro do ruído produzido durante a passagem de uma lancha de médio porte, equipada com motor de popa (40Hp), a 10 m do hidrofone posicionado na margem direita do Rio Ariquindá, no estuário do Rio Formoso (Figura 2). A gravação possui duração de 1 minuto, equivalente à duração da passagem da lancha pelo ponto amostral; a distância de 10m constitui a distância média em que os barcos passam da margem do Rio Ariquindá (Batista, 2015), habitat de cavalos-marinhos na área. O ruído da lancha foi gravado utilizando-se um hidrofone modelo SQ26-08 (frequência de captação 0,030 - 30 kHz; sensibilidade: -193 dBVre 1V/ μ Pa, *Cetacean Research Technology*), apresentando frequência dominante de 1744 Hz. As lanchas são os veículos mais comuns no Rio Formoso (Batista, 2015), por isso a escolha do ruído produzido por uma delas para os experimentos de playback.

Para a calibragem do playback, a gravação do ruído de lancha original foi reproduzida através de um alto-falante subaquático (caixa subaquática UW-30, frequência de resposta 0,1-10 kHz, *University Sound*, Columbus, USA), a partir um gravador digital portátil (Sony PCM-M10; taxa de amostragem de 44kHz, 16 bits). O alto-falante foi conectado a um amplificador, alimentado por uma bateria para carro (Moura M48FD- 48ah). O playback foi então gravado por um hidrofone modelo SQ26-08 (frequência de captação de 0,030 a 30 kHz; sensibilidade: -193 dBVre 1V/ μ Pa, *Cetacean Research Technology*), posicionado a 1 m de distância, a 40 cm de profundidade (mesmo setup da gravação original). O hidrofone estava conectado a um notebook, onde a gravação era processada e analisada em tempo real através do programa S_TOOLS-STx 4.0 (*Acoustics Research institute, Austrian Academy of Sciences*). Assim, o espectro de energia do playback era comparado ao do ruído original (Figuras 3 e 4).

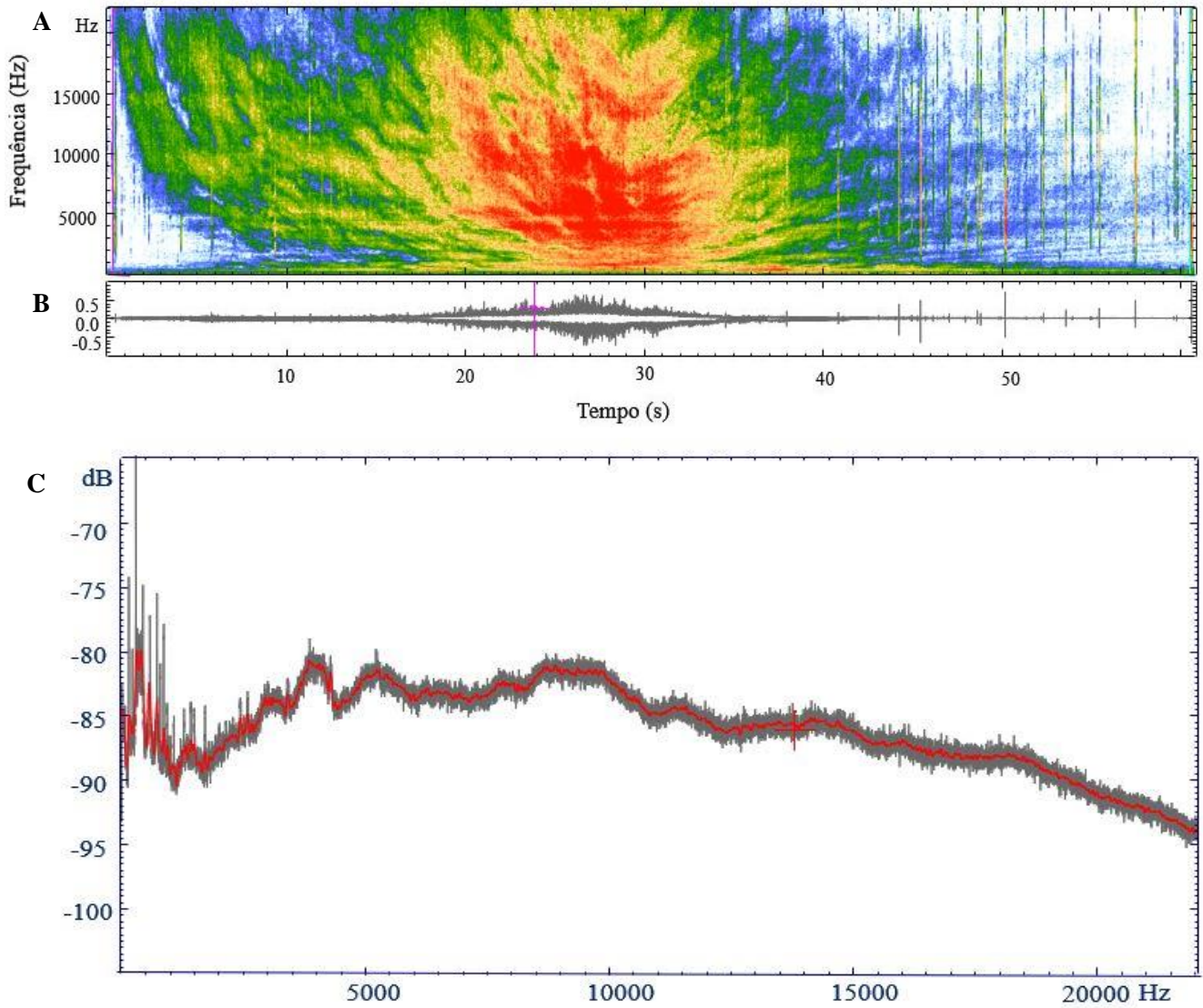


Figura 3. A) Sonograma, (B) oscilograma e (C) espectro de energia (cepstrum – linha vermelha) do ruído previamente gravado da lancha. O ruído foi captado em uma passagem de lancha a 10 m do hidrofone, em Tamandaré-PE (frequência de amostragem 44.1Hz, bandwidth de 1 Hz, 75% overlap, *Hanning window*).

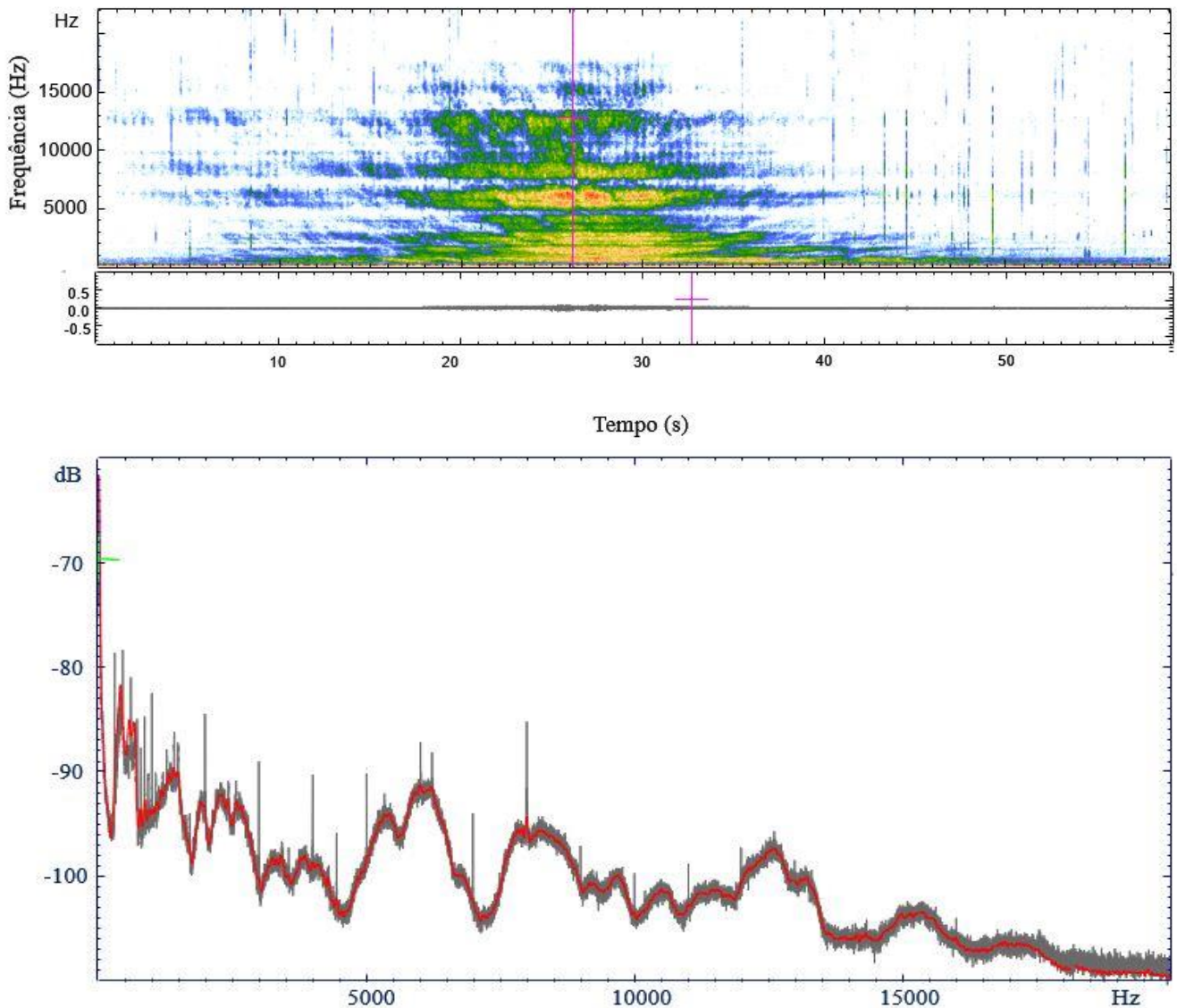


Figura 4. A) Sonograma, (B) Oscilograma e (C) espectro de energia (cepstrum – linha vermelha) do playback, em Tamandaré-PE (frequência de amostragem 44.1Hz, bandwidth de 1 Hz, 75% overlap, *Hanning window*).

4.3 Exposição do playback aos cavalos-marinhos e coleta de dados

Os experimentos de playback foram realizados na Camboa do Marinheiro, localizada no estuário do Rio Tubarão, em julho de 2017 e abril de 2018. Os cavalos-marinhos foram encontrados através de mergulhos livres e buscas intensivas.

Os experimentos consistiram de sessões de gravação de sete minutos, dividida em três períodos: 3 minutos de silêncio antes do playback do ruído de lancha (**período AR**) + 1 minuto

de playback do ruído de lancha (**período R**) + 3 minutos de silêncio depois do playback do ruído de lancha (**DR**). O playback foi reproduzido utilizando-se o mesmo setup e os mesmos equipamentos descritos no item 4.2 e o alto-falante posicionado a 1 m de distância do cavalo-marinho, a 40 cm de profundidade (Figura 5). Simultaneamente, as sessões de gravação foram filmadas (câmera Olympus Tough TG-5) e o áudio monitorado através do hidrofone (SQ26-08) ao gravador portátil (Sony PCM-M10). Para a captação dos possíveis sons emitidos pelos espécimes, foi então utilizado um segundo gravador (Sony PCM-M10) acoplado a um segundo hidrofone (SQ26-08) posicionado a uma distância de 15-20 cm do indivíduo (Oliveira, 2014). Após as sessões de gravação, foram registrados os dados de cada indivíduo (tamanho, estágio de vida, sexo; seguindo Rosa et al., 2007) e do habitat (substrato de apoio utilizado, temperatura e salinidade da água), anotados em prancheta PVC, sem retirar o espécime da água. As filmagens e as gravações de áudio foram analisadas *a posteriori*. Os comportamentos foram avaliados seguindo as categorias estabelecidas por Anderson et al. (2011) e a taxa respiratória foi analisada através da frequência dos batimentos operculares por minuto, utilizando o método animal focal (Lehner 1996). Os cavalos-marinhos foram identificados individualmente através de marcas naturais (Correia et al. 2014).

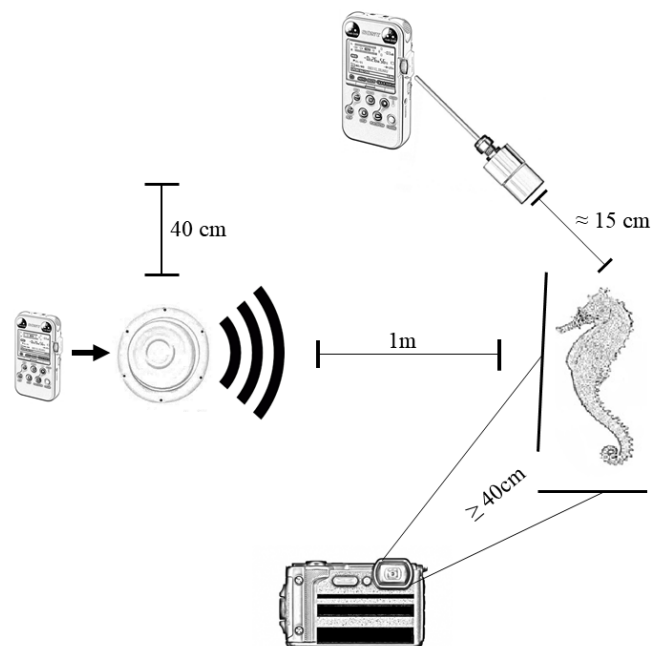


Figura 5. Esquema do setup para a realização dos experimentos de playback de ruído de embarcação realizados com *Hippocampus reidi*, em ambiente natural. O alto-falante foi posicionado a 1m do indivíduo e a 40 cm de profundidade; o hidrofone a cerca de 15-20cm, e era mantida uma distância igual ou maior que 40cm entre a câmera e o espécime.

4.4 Análise de dados

Foi analisado o comportamento de 17 indivíduos (10 fêmeas e 7 machos), e 13 indivíduos foram analisados quando à taxa respiratória (6 fêmeas e 7 machos). Os dados estão representados como média \pm EP. Todos os dados foram verificados quanto à normalidade através do teste de Shapiro-Wilk e quanto à homoscedasticidade, através do teste de Levene.

Os comportamentos foram analisados antes, durante e depois do playback do ruído de lancha, sendo tratados em quatro categorias: estacionário, locomoção, ajuste e captura de alimento. As categorias foram baseadas no etograma proposto por Anderson et al. (2011), com adaptações. Utilizamos o teste ANOVA para medidas repetidas (*post-hoc* de Tukey) para comparar a frequência relativa dos comportamentos entre os períodos da sessão de gravação.

Para análise da taxa respiratória, através dos batimentos operculares por minuto (BOPM), o período de silêncio anterior ao playback de ruído (AR) e o período de silêncio depois do playback de ruído (DR) foram subdivididos em subperíodos de um 1 minuto (ar1, ar2, ar3 e dr1, dr2, dr3 respectivamente). Utilizamos uma ANOVA de medidas repetidas (*post-hoc* de Tukey) para comparar o BOPM entre os períodos amostrais. Diferente do período DR, o período AR não apresentou diferença significativa entre os subperíodos de ar1, ar2 e ar3 ($p = 0,301$). Dessa forma, utilizamos a média dos subperíodos AR para as comparações com os períodos R e DR e os subperíodos de DR (dr1, dr2, dr3).

A taxa respiratória também foi avaliada entre os sexos, utilizando o teste ANOVA para medidas repetidas, para a verificação de semelhanças ou diferenças entre a taxas respiratórias das fêmeas e dos machos durante (período R) e depois (período DR) do playback do ruído.

Para as análises, foi utilizado o software STATISTICA 10 (32-bits) para Windows, adotado o nível de significância $p \leq 0,05$.

5 RESULTADOS

5.1 Efeitos do ruído náutico na taxa respiratória de *H. reidi*

Os cavalos-marinhos apresentaram aumento significativo da taxa respiratória durante o playback de ruído de embarcação, em relação aos períodos AR e DR ($p < 0,001$; Figura 6; Tabela 1). A taxa respiratória mais elevada foi registrada durante o período de playback ruído (R), em relação ao período AR e ao dr3 (post-hoc de Tukey; $p < 0,01$). A taxa respiratória no período R foi semelhante à dos períodos dr1 e dr2, ou seja, o animal ainda continua com a taxa respiratória elevada durante dois minutos após a reprodução do ruído. Notou-se também que a taxa respiratória registrada no período dr3 é semelhante à do AR e diferente do R; portanto, a taxa respiratória diminui no terceiro minuto até se tornar estatisticamente semelhante à taxa respiratória registrada antes de se reproduzir o ruído de embarcação (Figura 6).

Tabela 1. Taxa respiratória de *Hippocampus reidi* ($n = 13$), em resposta a playback de ruído de embarcação no estuário do Rio Tubarão (RN). Dados apresentados como média \pm EP. BOPM: batimento opercular por minuto; AR: período de silêncio antes do playback do ruído; R: período de playback do ruído; DR: período de silêncio depois do playback do ruído; ar1, ar2, ar3: subperíodos de 1 minuto de duração do AR; dr1, dr2, dr3: subperíodos de 1 minuto de duração do DR.

	AR (3 min)			R (1 min)	DR (3 min)		
	ar 1	ar 2	ar 3		dr 1	dr 2	dr 3
BOPM	62,5 \pm 4,2	62,3 \pm 4,0	60,5 \pm 4,6	71,5 \pm 3,3	67,9 \pm 3,8	65,0 \pm 3,8	62,1 \pm 4,3
Média	61,8 \pm 4,2			71,5 \pm 3,3	65,0 \pm 3,6		

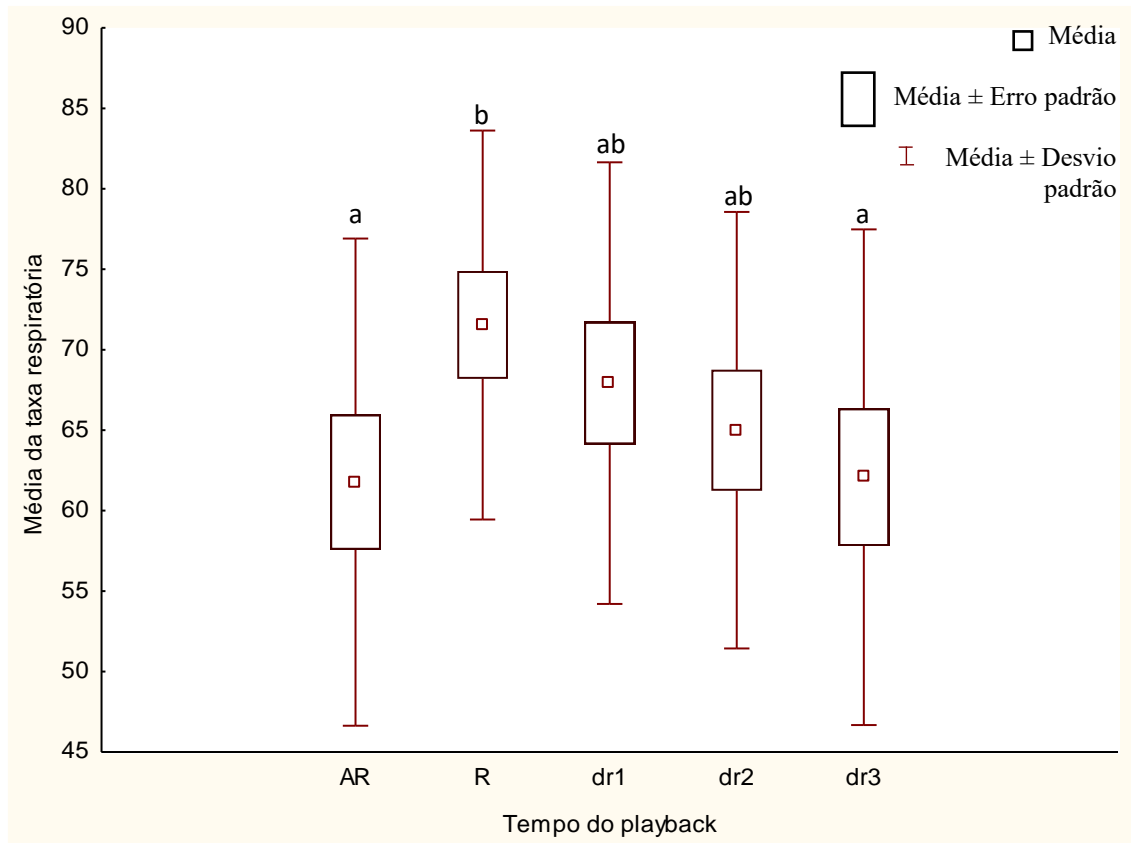


Figura 6. Taxa respiratória de *Hippocampus reidi* em ambiente natural durante experimento de playback de ruído de embarcação. AR (período de silêncio antes do playback de ruído; duração: três minutos), R (período de playback de ruído; duração: 1 minuto), dr1 (primeiro minuto de silêncio depois do playback de ruído) e dr2 (segundo minuto de silêncio depois do playback de ruído) dr3 (terceiro minuto de silêncio do playback de ruído).

Também foi avaliada a taxa respiratória dos espécimes em relação ao sexo. Durante o playback de ruído, as fêmeas apresentaram uma taxa respiratória média de $74.6 \pm 4,5$ BOPM, enquanto os machos apresentaram a taxa respiratória média de $68.8 \pm 4,9$ BOPM (Figura 7). Diante disso, verificou-se que não há diferença na taxa respiratória entre machos e fêmeas diante do ruído da lancha ($p > 0,05$). Após o playback do ruído (período DR), fêmeas ($63,8 \pm 6,4$ BOPM) e machos (65.9 ± 5.5 BOPM) também apresentaram taxa respiratória média semelhante ($p > 0,05$; Figura 8).

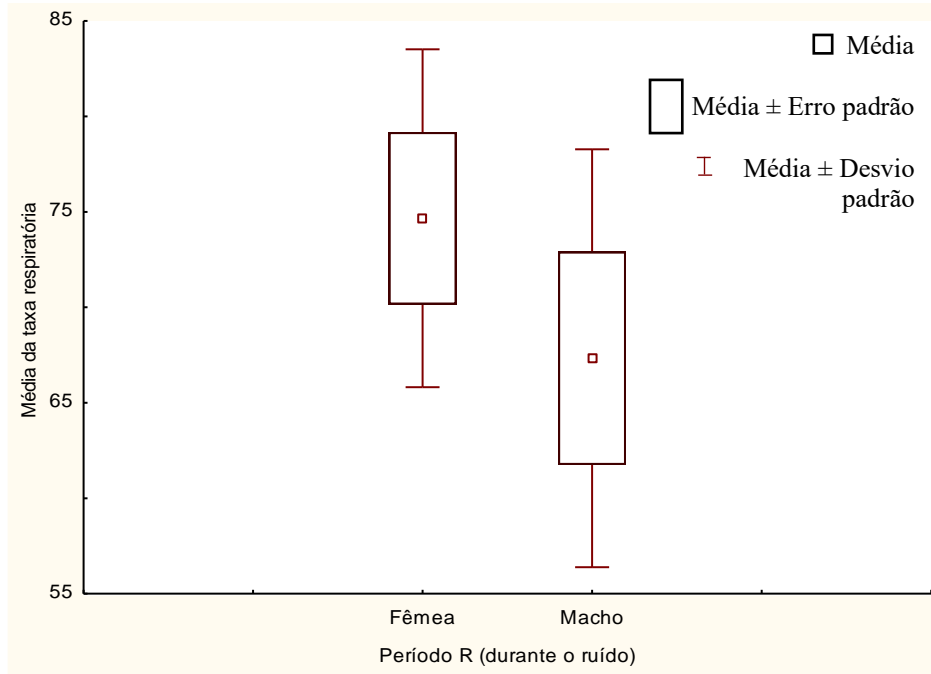


Figura 7. Taxa respiratória de machos e fêmeas de *Hippocampus reidi* em ambiente natural durante o playback de ruído de embarcação.

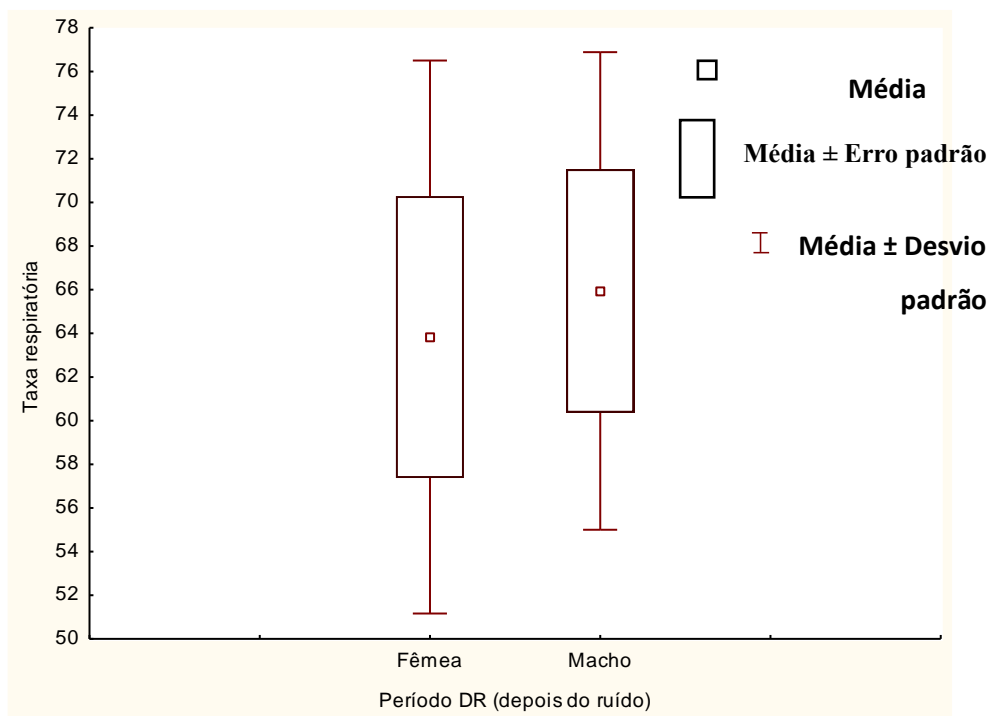


Figura 8. Taxa respiratória de machos e fêmeas de *Hippocampus reidi* em ambiente natural, após o playback de ruído de embarcação.

5.2 Efeitos do ruído náutico no comportamento de *H. reidi*

Consideramos 257 registros de comportamentos para 17 indivíduos (7 machos e 10 fêmeas) de *H. reidi*. As categorias e subcategorias (em parênteses) dos comportamentos foram as seguintes: *estacionário* (*posicionamento vertical e horizontal e estendido*), *alimentação*, *ajuste* e *locomoção* (*natação no substrato e natação na coluna d'água*) (Figura 10). A locomoção foi classificada quando o deslocamento ≥ 5 cm e o ajuste quando o deslocamento < 5 cm. Os comportamentos registrados estão detalhados na Tabela 2. A Figura 9 mostra a frequência relativa dos comportamentos durante os períodos AR, R e DR.

Os cavalos-marinhos não apresentaram alterações na frequência dos comportamentos (Tabela 2). Todavia, houve uma menor diversidade de comportamentos e não foi registrada *natação* durante o playback do ruído de embarcação.

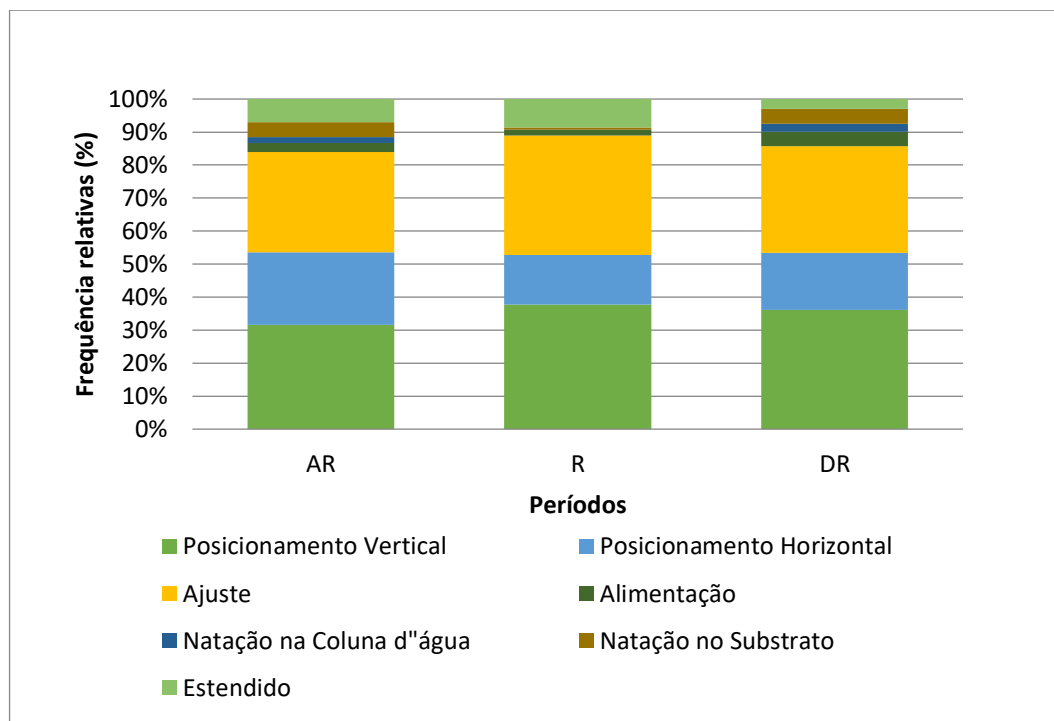


Figura 9. Frequência relativa dos comportamentos apresentados pelos cavalos-marinhos durante os experimentos de playback de ruído de embarcação, em ambiente natural. AR: período de silêncio antes do playback do ruído; R: período de playback do ruído; DR: período de silêncio depois do playback do ruído.

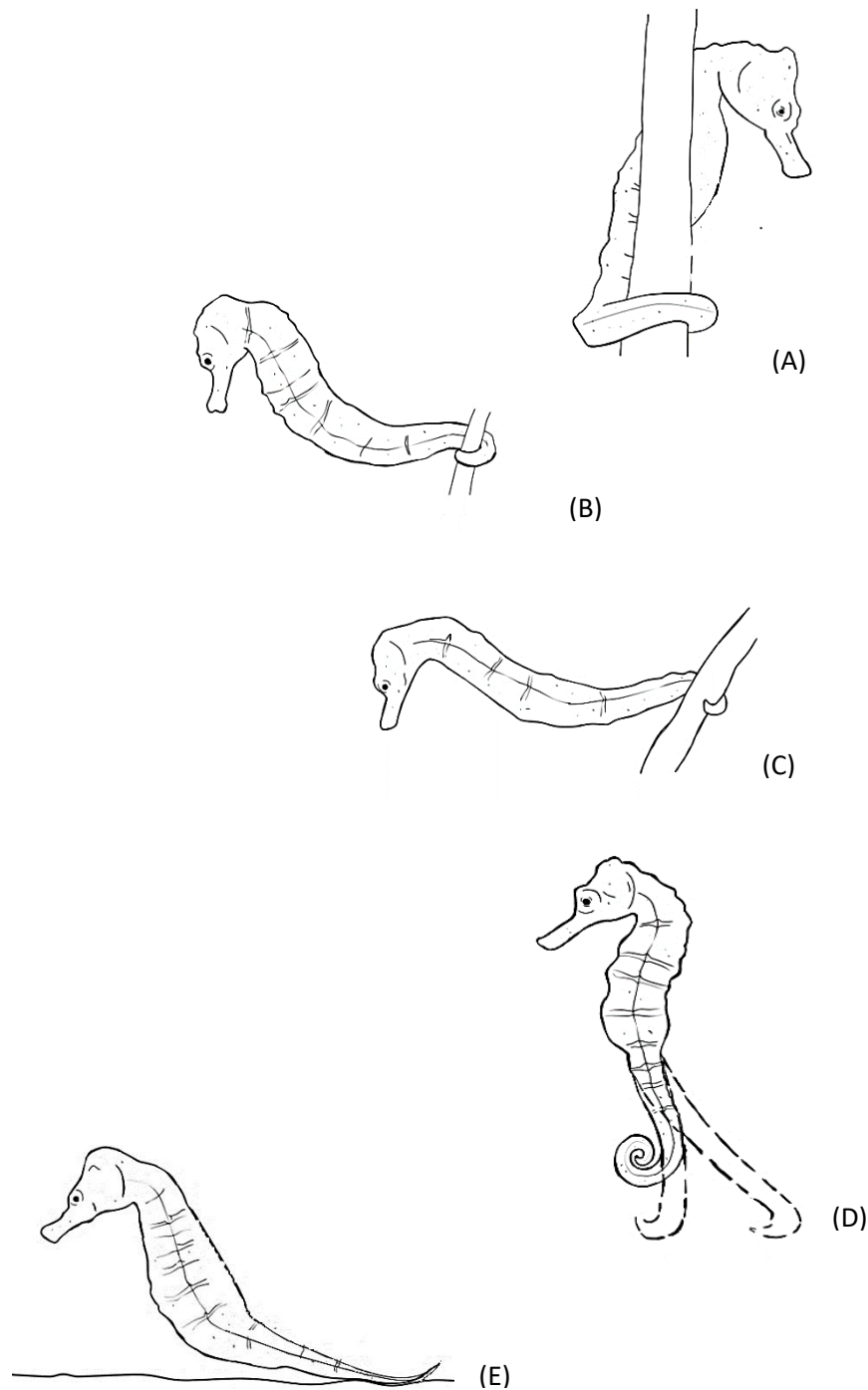


Figura 10. Desenho esquemático dos comportamentos apresentados pelos cavalos-marinhos *Hippocampus reidi* durante as sessões de observação (*ajuste e alimentação* não representados): (A) Posicionamento vertical, (B) posicionamento horizontal, (C) posicionamento estendido, (D) natação na coluna d'água e (E) natação no substrato.

Tabela 2. Etograma dos comportamentos apresentados por *Hippocampus reidi* durante experimento de playback de ruído de embarcação, em ambiente natural (adaptado de Anderson et al, 2011). Dados de frequência relativa apresentados com média \pm EP. AR: período de silêncio antes do playback do ruído; R: período de playback do ruído; DR: período de silêncio depois do playback do ruído.

Comportamento	Descrição dos comportamentos	Frequência relativa			(p) ANOVA medidas repetidas
		AR	R	DR	
Estacionário	Sem locomoção				
Posicionamento vertical	Corpo posicionado na vertical, utilizando pelo menos ½ da cauda para fixação no substrato.	32,7 \pm 7,9	40,8 \pm 9,2	37,1 \pm 9,4	0,60222
Posicionamento horizontal	Corpo posicionado na horizontal, utilizando pelo menos ½ da cauda para fixação no substrato.	22,8 \pm 6,3	16,3 \pm 4,5	17,7 \pm 4,4	0,42309
Estendido	Cabeça e tronco alinhados na horizontal com menos de ½ da cauda no substrato.	4,3 \pm 2,1	8,5 \pm 5,9	3,2 \pm 1,7	0,37820
Locomoção	Deslocamento > 5 cm				
Natação na coluna d'água	Natação com a cauda curvada, estendida verticalmente ou prolongada para trás	1,8 \pm 1,8	0	2,5 \pm 1,4	-
Natação no substrato	Natação com a cauda deslizando sobre o substrato	4,8 \pm 2,1	0,7 \pm 0,7	3,1 \pm 1,8	0,19110
Ajuste	Pequenos movimentos do corpo, tronco ou cabeça, com deslocamento < 5 cm	21,4 \pm 5,6	39,1 \pm 5,8	33,1 \pm 6,1	0,46659
Alimentação	Captura de alimento	2,9 \pm 2,9	2,0 \pm 2,0	4,4 \pm 2,1	0,78374

6 DISCUSSÃO

Este trabalho apresenta informações relevantes para uma maior compreensão sobre os possíveis efeitos do ruído de embarcações como fonte potencial de estresse para cavalos-marinhos. Nossos resultados demonstram que espécimes de *H. reidi* apresentaram um aumento da taxa respiratória durante a reprodução do playback da lancha. Essa taxa é medida pela frequência dos batimentos operculares por minuto (BOPM) e tal alteração é um indicativo de estresse, como verificado para *H. guttulatus* na Ria Formosa, em Portugal (Palma et al., 2019). Animais que habitam áreas de intenso tráfego náutico são expostos a diversos tipos de ruído, dependendo do tipo de embarcação (Batista, 2015). O ruído não só afeta os peixes, mas outros grupos de animais aquáticos, de invertebrados a mamíferos; o ruído pode levar a alterações comportamentais, mudanças na estrutura e dinâmica de populações e comunidades (Duarte et al., 2021). O ruído também afeta a comunicação de espécies que utilizam sons em suas atividades, através do mascaramento (Codarin et al., 2009). Entretanto, embora tenha sido demonstrado que o ruído de embarcações afeta a taxa respiratória dos cavalos-marinhos, ainda não se sabe se os efeitos sobre o comportamento acústico desse grupo.

Foi demonstrado por Palma et al. (2019) a alteração da taxa respiratória em *H. guttulatus* provocada por ruído embarcações. Essa taxa aumenta gradativamente do período de silêncio ($35,7 \pm 10$ BOPM) em comparação ao primeiro minuto do ruído ($41,2 \pm 15,5$), segundo minuto do ruído ($45,5 \pm 13,3$) e o terceiro minuto ($49,7 \pm 12,5$) (Palma et al., 2019), porém não foi apresentado como os cavalos-marinhos reagem após o ruído e quanto tempo levava para retomarem à taxa respiratória habitual sem o potencial estressor. Considerando os resultados deste trabalho, durante a reprodução do ruído, a taxa respiratória de *H. reidi* é alterada e um minuto depois do ruído o indivíduo ainda sofre o reflexo desse estresse agudo; os cavalos-marinhos apresentaram diminuição gradativa dos BOPM, sendo necessários três minutos de silêncio depois do ruído para a recuperação da taxa respiratória. Entretanto, como se daria a recuperação dos indivíduos onde o tráfego de embarcações é frequente, já que o estresse fisiológico pode interferir nas atividades dos indivíduos de forma negativa (Vazzana et al., 2015)? Por exemplo, no rio Ariquindá, onde a gravação do ruído de embarcação utilizada neste trabalho foi realizada, a visualização dos cavalos-marinhos diminuiu de 60 a 90% (LAPEC-UEPB, dados não publicados). Nessa área, foi registrado um intenso tráfego náutico, principalmente lanchas, com taxa de passagem média de 59.6 passagens/hora em 2015 (Batista, 2015). Portanto, em uma área onde a passagem de barco é frequente, os cavalos-marinhos ficam

expostos a esse potencial estressor crônico, considerando que constituem espécies com baixa mobilidade e dependência de habitats que também são suscetíveis à ação do tráfego náutico (i.e. marolas), como os manguezais.

Testando-se o impacto causado pelo ruído náutico sobre o comportamento dos espécimes de *Hippocampus reidi*, percebeu-se que as frequências de comportamentos foram semelhantes entre os períodos de silêncio e de playback, sendo o comportamento *estacionário* predominante em todos eles. Anderson et al. (2011) demonstraram, além de impactos fisiológicos, uma maior frequência de mudança do comportamento *ajuste de cauda* e do tempo em que os animais ficavam *estacionários* em resposta a um ruído constante de bomba de aeração, levando a estresse crônico em *H. erectus*. Palma et al. (2019), por sua vez, verificaram que 37,5% dos indivíduos de *H. guttulatus* abandonaram o local de amostragem como provável forma de evitar o ruído de embarcação a que estavam sendo submetidos. Entretanto, é importante destacar que o trabalho realizado na Ria Formosa, o ruído era produzido em tempo real, por uma lancha em deslocamento ou estacionária (Palma et al., 2019) e, neste trabalho, analisamos apenas o efeito do ruído, sem a presença da lancha. Sendo assim, as diferenças em relação às alterações comportamentais entre os trabalhos também podem estar relacionadas à metodologia e estímulos utilizados. Além disso, os cavalos-marinhos de uma zona com pouco ou nenhum tráfego náutico também podem apresentar um comportamento mais conservativo sem esboçar mudanças nos comportamentos ou na sua frequência. Portanto, durante a reprodução do ruído, indivíduos podem reagir ao ruído se escondendo ou apresentando algum comportamento de proteção ou de refúgio, como observado na espécie *Centropomus undecimalis*, em que os espécimes ficam menos ativos quando expostos ao intenso tráfego náutico ou diminuem suas atividades durante esse período de exposição ao estresse (Neo et al., 2014). De fato, como observado por Claassens e Hodgson (2018), houve uma diminuição nas avistagens de cavalos-marinhos da espécie *H. capensis* e foi registrada uma diminuição no tempo investido em alimentação e de corte pelos animais no período em que havia mais movimentação por embarcações, na África do Sul, sendo sugerido pelos autores que os animais pudessem ter se deslocado para regiões mais abrigadas do habitat utilizado. Desta forma, são necessários novos estudos para avaliar os efeitos agudos e crônicos da passagem de embarcações vs. do ruído isoladamente, para uma melhor compreensão dos padrões comportamentais associados aos diferentes tipos de estímulos e estresse associado. Este trabalho como um ponto de referência para comparação com futuras pesquisas envolvendo

indivíduos de *H. reidi* em regiões de intenso tráfego náutico, observando como os cavalos-marinhos que estão expostos a esse tráfego reagem ruído contínuo de embarcações.

7 CONCLUSÕES

A simulação da passagem de embarcação (lancha) através do playback de ruído exposto a espécimes de *Hippocampus reidi* não causou alteração na frequência dos comportamentos entre os períodos de silêncio e o período de playback do ruído de lancha, embora o playback do ruído náutico provavelmente possa causar alteração na variabilidade de comportamentos. Adicionalmente, a exposição ao playback de ruído de embarcação levou ao aumento da taxa respiratória nos cavalos-marinhos, como um indicativo de estresse agudo em *H. reidi* em resposta ao ruído.

8 REFERÊNCIAS

AA.VV. The uncertain future of the coasts. In K. Schafer, E. Soding, & M. Zeller (eds.), *World Ocean Review: Living with the oceans - a report on the state of the world's oceans* (pp. 56–75). Hamburg: Maribus, 2010.

ANDERSON, Paul A.; MANN, David A. Evoked potential audiogram of the lined seahorse, *Hippocampus erectus* (Perry), in terms of sound pressure and particle acceleration. *Environmental biology of fishes*, v. 91, n. 3, p. 251-259, 2011.

ANDERSON, Paul A. et al. Sound, stress, and seahorses: the consequences of a noisy environment to animal health. *Aquaculture*, v. 311, n. 1-4, p. 129-138, 2011.

ANDRÉ, Michel et al. Low-frequency sounds induce acoustic trauma in cephalopods. *Frontiers in Ecology and the Environment*, v. 9, n. 9, p. 489-493, 2011.

BECKER, Alistair et al. Does boat traffic cause displacement of fish in estuaries? *Marine pollution bulletin*, v. 75, n. 1-2, p. 168-173, 2013.

BRESSANE, A.; Santarine, G. A.; Maurício, J. C. Poluição Sonora: síntese de princípios fundamentais da teoria acústica. *Holos Environment*, v. 10, n. 2, p. 223-237, 2010.

CARRERA, Maria Luiza Roselli. Avaliação do impacto causado por embarcações de turismo no comportamento do boto-cinza (*Sotalia fluviatilis*) na Baía dos Golfinhos, Tibau do Sul, RN, Brasil. 2004. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

CLAASSENS, L.; HODGSON, A. N. Gaining insights into in situ behaviour of an endangered seahorse using action cameras. *Journal of Zoology*, v. 304, n. 2, p. 98-108, 2018.

DUARTE, Carlos M. et al. The soundscape of the Anthropocene ocean. *Science*, v. 371, n. 6529, p. eaba4658, 2021.

FELÍCIO, Ana Karina C. et al. Feeding behavior of the longsnout seahorse *Hippocampus reidi* Ginsburg, 1933. *Journal of ethology*, v. 24, n. 3, p. 219-225, 2006.

FONSECA, Paulo J.; AMORIM, M. Clara P. Impacto do ruído de barcos em peixes. *Revista de Ciência Elementar*, v. 7, n. 2, 2019.

FOSTER, S. A., & Vincent, A. C. J. Life history and ecology of seahorses: implications for conservation and management. *Journal of fish biology*, 65(1), 1-61. (2004)

LOURIE, Sara A.; POLLOM, Riley A.; FOSTER, Sarah J. A global revision of the seahorses *Hippocampus Rafinesque 1810* (Actinopterygii: Syngnathiformes): taxonomy and biogeography with recommendations for further research. *Zootaxa*, v. 4146, n. 1, p. 1–66–1–66, 2016.

GODOI, Ana Flavia Locateli; FAVORETO, Rodrigo; SANTIAGO-SILVA, Mary. Contaminação ambiental por compostos organoestênicos. *Química nova*, v. 26, n. 5, p. 708-716, 2003.

GUTREUTER, Steve; VALLAZZA, Jon M.; KNIGHTS, Brent C. Persistent disturbance by commercial navigation alters the relative abundance of channel-dwelling fishes in a large river. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, v. 63, n. 11, p. 2418-2433, 2006.

HILDEBRAND, J.A. Anthropogenic and natural sources of ambient noise in the ocean. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 395, 5–20, 2009.

ICMBIO (INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE). 2018. Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume VI – Peixes. Brasília: ICMBio/MMA, 1232p.

IWAMA, G.K., PICKERING, A.D., SUMPTER, J.P., SCHRECK, C.B., 1997. Fish stress and health in aquaculture. *Society for Experimental Biology Seminar Series 62*. Cambridge University Press, Cambridge. 278pp

JEPSON PD et al. 2003 Gas-bubble lesions in stranded cetaceans. *Nature* 425, 575 – 576.

JOAQUIM, Leonardo Marques. Impactos do ruído ambiental e da atenuação sonora em aves que vocalizam em baixa frequência. 2022

LLORET, Josep et al. Impacts of recreational boating on the marine environment of Cap de Creus (Mediterranean Sea). *Ocean & Coastal Management*, v. 51, n. 11, p. 749-754, 2008.

LOURIE, Sara A. et al. A guide to the identification of seahorses. *Project Seahorse and TRAFFIC North America*, v. 114, 2004.

MARTIN-SMITH, Keith M.; VINCENT, Amanda CJ. Exploitation and trade of Australian seahorses, pipehorses, sea dragons and pipefishes (family Syngnathidae). *Oryx*, v. 40, n. 2, p. 141-151, 2006.

MEDEIROS, A. M. A. et al. Salinity and freshwater discharge determine rotifer distribution at the Mossoró River Estuary (Semiarid Region of Brazil). *Brazilian Journal of Biology*, v. 70, n. 3, p. 551-557, 2010.

NEO, Y. Y. et al. Temporal structure of sound affects behavioural recovery from noise impact in European seabass. ***Biological Conservation***, v. 178, p. 65-73, 2014

NEVES, B., & Rodrigues, A. M. Identificação e análise de dinâmicas populacionais em Portugal Continental com recurso a imagens de satélite DMSP/OLS. In M. J. Roxo et al. (eds.), *Os Valores da Geografia - Atas do X Congresso da Geografia Portuguesa* (pp. 389– 394). Lisboa: Associação Portuguesa de Geógrafos. 2015.

NEVES, Bruno Miguel Almeida et al. Planeamento em regiões estuarinas em contexto de alterações climáticas. In: XI Congresso da Geografia Portuguesa, as dimensões e a responsabilidade social da Geografia. Faculdade de Letras da Universidade do Porto/Associação Portuguesa de Geógrafos, 2017. p. 281-284.

OLIVEIRA, Jessyca Souza de. Comportamento e produção de som em *Hippocampus reidi* (Teleostei: Syngnathidae) em ambientes estuarinos no Nordeste brasileiro, 2014.

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.

NEDELEC, Sophie L. et al. Motorboat noise impacts parental behaviour and offspring survival in a reef fish. *Proc. R. Soc. B*, v. 284, n. 1856, p. 20170143, 2017.

PALMA, Jorge et al. Effects of anthropogenic noise as a source of acoustic stress in wild populations of *Hippocampus guttulatus* in the Ria Formosa, south Portugal. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, v. 29, n. 5, p. 751-759, 2019.

NELSON, Joseph S. *Fish in the world*, 4ed. New Jersey; John Wiley & Sons, 601p. 2006.

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, 125 – 132. (doi: 10.1016/j.jembe.2010.02.012), 2010.

POPPER, A.N, Effects of anthropogenic sounds on fishes. *Fish. Res.* 28, 24–31, 2003.

POLLOM, Riley A. et al. Global extinction risk for seahorses, pipefishes, and their near relatives (Syngnathiformes). *Oryx*, v. 55, n. 4, p. 497-506, 2021.

RADFORD, A. N.; Kerridge, Emma; Simpson, Stephen D. Acoustic communication in a noisy world: can fish compete with anthropogenic noise? *Behavioral Ecology*, p. aru029, 2014.

ROSA, Ierecê L.; DIAS, Thelma L.; BAUM, Julia K. Threatened fishes of the world: *Hippocampus reidi* Ginsburg, 1933 (Syngnathidae). *Environmental Biology of Fishes*, v. 64, n. 4, p. 378, 2002.

ROSA, Ierecê Lucena et al. Population characteristics, space use and habitat associations of the seahorse *Hippocampus reidi* (Teleostei: Syngnathidae). *Neotropical Ichthyology*, v. 5, n. 3, p. 405-414, 2007.

SAMPAIO, Carlos A. de P. et al. Avaliação do nível de ruído em instalações para suínos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 11, p. 436-440, 2007.

SIMPSON, Stephen D. et al. Anthropogenic noise increases fish mortality by predation. *Nature communications*, v. 7, p. ncomms10544, 2016.

SILVA, Rita João Trabulo et al. Impacto de ruído antropogênico no desenvolvimento, sobrevivência e comportamento de estádios iniciais de corvina, *Argyrosomus regius*. Tese de Doutorado. 2021.

SMALL, Christopher; NICHOLLS, Robert J. A global analysis of human settlement in coastal zones. *Journal of coastal research*, p. 584-599, 2003.

AU, W. W. L. & Green M. Acoustic interaction of humpback whales and whales-whaching boats. *Marine Environmental Reseacher*. 2020.

VALLE-LEVINSON, Arnolde (Ed.). *Contemporary issues in estuarine physics*. Cambridge University Press, 2010.

VAZZANA, Mirella et al. Noise elicits hematological stress parameters in Mediterranean damselfish (*Chromis chromis*, perciformes): a mesocosm study. *Fish & shellfish immunology*, v. 62, p. 147-152, 2017.