

**INSTITUTO FEDERAL**

Rio de Janeiro

Campus Arraial do Cabo

**Programa de Pós-Graduação *Lato Sensu***  
**Especialização em Ciências Ambientais em Áreas Costeiras**  
Campus Arraial do Cabo

Débora Cedro Mendes

**ATIVIDADE ACÚSTICA DO OURIÇO DO MAR, *Lytechinus variegatus* (Lamarck, 1816):  
CARACTERIZAÇÃO E SUA RELAÇÃO COM A TEMPERATURA DA ÁGUA**

Arraial do Cabo – RJ  
2019

Débora Cedro Mendes

**ATIVIDADE ACÚSTICA DO OURIÇO DO MAR, *Lytechinus variegatus* (Lamarck, 1816):  
CARACTERIZAÇÃO E SUA RELAÇÃO COM A TEMPERATURA DA ÁGUA**

Projeto apresentado como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Especialista em Ciências Ambientais em Áreas Costeiras.

Orientador: Prof. M.Sc Fabio Contrera Xavier

Coorientador: Prof. M.Sc. Ubirajara Gonçalves de Melo Júnior

Ficha catalográfica elaborada por  
Marcia da Silva  
CRB7 5299

M538

Mendes, Débora Cedro.

Atividade acústica do ouriço do mar, *Lytechinus variegatus* (Lamarck, 1816): caracterização e sua relação com a temperatura da água / Débora Cedro Mendes. – Arraial do Cabo, RJ, 2019.  
37 f.: il.; 21 cm.

Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ciências Ambientais em Áreas Costeiras) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, 2019.

Orientador: Prof. M.Sc Fabio Contrera Xavier

Coorientador: Prof. M.Sc. Ubirajara Gonçalves de Melo Júnior

1. Ouriço do mar. 2. Acústica subaquática - Monitoramento.  
I. Xavier, Fábio Contrera. II. Melo Júnior, Ubirajara Gonçalves de.  
III. Título.

IFRJ/CAC/CoBib

CDU : 593.95

Débora Cedro Mendes

**ATIVIDADE ACÚSTICA DO OURIÇO DO MAR, *Lytechinus variegatus* (Lamarck, 1816):**  
Caracterização e sua Relação com a Temperatura da Água

Trabalho de conclusão de curso apresentado  
como parte dos requisitos necessários para a  
obtenção do título de especialista em  
Ciências Ambientais em Áreas Costeiras.

Data da aprovação: 18 de Dezembro de 2019

---

MSc. Fabio Contrera Xavier  
Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira  
Orientador

---

MSc. Ubirajara Golçalves de Melo Júnior  
Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira /  
Universidade Federal Fluminense  
Coorientador

---

Dr. Lohengrin Dias de Almeida Fernandes  
Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira

---

MSc. Daniel Campbell de Andrade  
Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira /  
Universidade Federal Fluminense

Arraial do Cabo - RJ  
2019

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e por meio dEle os demais.

Minha gratidão à família que sempre me apoia e que incentiva o meu crescimento. Gabriel Arantes pelo suporte psicológico, por procurar entender as ausências e ter paciência com as minhas ansiedades. Ao meu pai o meu muito obrigada por implantar em mim o gostinho de água salgada desde a infância e ter sido companheiro de muitas coletas. Você faz parte desse trabalho.

À querida amiga e colega de trabalho, Erivana Soares, pelo incentivo e por quebrar “meu galho” no trabalho tantas vezes. Tantas trocas, de tão boa vontade! Como isso é difícil! E como sou grata por isso!!

Agradeço muito aos meus orientadores Fabio Contrera Xavier e Ubirajara Gonçalves de Melo Júnior pela parceria, paciência e disposição de ensinar, sem medir esforços. Sem o incentivo, apoio e a compreensão de vocês diante das dificuldades desse ano, tudo seria mais difícil. Vocês foram mais que orientadores!

Agradeço aos amigos do IEAPM e IFRJ que com muita disposição me ajudaram em muitas coletas. Em especial, Kiani Mello Sant Anna, Patrícia Albuquerque e Murilo Minello.

Agradeço à banca, Dr. Lohengrin Dias de Almeida Fernandes, MSc Daniel Campbell de Andrade, MSc Murilo Minello por me prestigiarem com o aceite do convite para avaliar este trabalho. Ouvirei atentamente cada sugestão e conselho para as próximas etapas e me esforçarei para não cair nos mesmos erros. Agradeço em especial o Dr. Lohengrin Fernandes pelas recomendações fundamentais que amadureceram este estudo, enquanto ainda era apenas um projeto.

A minha turma de Pós Graduação em Ciências Ambientais em Áreas Costeiras, 2018, com quem tive o prazer de dividir tanto aprendizado. Tenho certeza que as nossas diferenças aumentaram ainda mais o nosso crescimento. Aos professores da pós que lecionavam com tanta satisfação e entusiasmo! Em especial, à Ana Paula, professora querida e coordenadora desta Pós, que me inspira pela garra, humildade e competência. Obrigada sempre pelo incentivo e motivação pelos corredores, antes na faculdade e agora na Pós. Você faz parte das minhas conquistas até aqui. Obrigada por sempre se alegrar comigo!

Porque dEle, e por Ele, e para Ele, são todas as coisas [...]

(Romanos 11:36)

MENDES, D.C. *Atividade Acústica do Ouriço do Mar, Lytechinus variegatus* (Lamarck, 1816): Caracterização e sua Relação com a Temperatura da Água. 37p. Trabalho de conclusão de curso. Programa de Pós-Graduação *lato sensu*, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), *Campus Arraial do Cabo*, Arraial do Cabo, RJ, 2019.

## RESUMO

O ruído biológico de águas rasas costeiras, chamado de “coro bioacústico”, mostra uma variabilidade de intensidade sonora entre estações do ano, fase da lua e período do dia. Dentre as espécies mais representativas identificadas nesse coro, o ouriço do mar se destaca. Pesquisas com acústica submarina e o aprimoramento das técnicas de Monitoramento Acústico Passivo (MAP) tem sido cada vez mais estudadas e especializadas tecnologicamente. O objetivo deste estudo foi caracterizar a atividade acústica do ouriço do mar, *Lytechinus Variegatus* (Lamarck, 1816), em ambiente controlado, em relação a variações de temperatura da água. Foram escolhidas três temperaturas que chamamos de tratamentos. O tratamento 1 corresponde a 17°C, o tratamento 2, a 22°C e o tratamento 3 a 26°C. A aquisição de parâmetros acústicos se deu a partir de gravações de 10 minutos ininterruptos em um aquário com isolamento acústico. Os dados foram analisados no software Raven Pro 1.5 e feitas seleções de sinais para contagem de atividades acústicas. Para caracterização da assinatura acústica foram extraídas medidas de pico de potência (dB), pico de frequência (Hz) e Intervalo de Tempo (s). Foram feitas 12.838 seleções de atividades acústicas no espectrograma. Foi aplicado o teste de normalidade Shapiro-Wilk, seguindo-se do teste de Kruskal-Wallis com intuito de avaliar as diferenças entre os tratamentos. As comparações entre os tratamentos foram feitas utilizando o teste de Nemenyi. As análises mostraram que no tratamento 3, os ouriços do mar produzem muito mais atividades acústicas que nos demais tratamentos. Os tratamentos 1 e 2 apresentaram diferenças sutis. A assinatura acústica caracterizada no aquário, pelos dados de pico de frequência e potencia, foi de 0-4 kHz com pico de potência se concentrando entre 60 e 70 dB em um intervalo significativo entre 0,02–0,06 s

**Palavras-chave:** Monitoramento acústico passivo, ouriço do mar, bioacústica.

MENDES, D.C. Sea Urchin Acoustic Activity, *Lytechinus variegatus* (Lamarck, 1816): Characterization and its Relationship with Water Temperature. 37p. Course completion work. Graduate Program lato sensu, Federal Institute of Education, Science and Technology of Rio de Janeiro (IFRJ), Arraial do Cabo Campus, Arraial do Cabo, RJ, 2019.

## ABSTRACT

The biological noise of shallow coastal waters shows a sound intensity variability between seasons, moon phase and period of the day. Among the most representative species identified, the sea urchin is shown. Research with acoustic submarine and improvement of Passive Acoustic Monitoring (MAP) techniques has been increasingly studied and used technologically. The objective of this study was to characterize the acoustic activity of the sea urchin *Lytechinus variegatus* (Lamarck, 1816) in a controlled environment in relation to water temperature variations. We chose three temperatures that we call control. Treatment 1 corresponds to 17°C, treatment 2 to 22°C and treatment 3 to 26°C. Acoustic data were acquired from uninterrupted 10-minute recordings in an acoustic-insulated aquarium. Data were analyzed in the Raven Pro 1.5 software and made signal selections for acoustic activity counting. To characterize the acoustic signature, measures of *peak* power (dB), *peak* frequency (Hz) and *delta time* (s) were extracted. 12,838 acoustic event selections were made on spectrogram. The Shapiro-Wilk normality test was applied, followed by the Kruskal-Wallis test in order to evaluate the differences between the treatments. Comparisons between treatments were made using the Nemenyi test. Analyzes showed that in treatment 3 sea urchins produce much more acoustic activity than in other treatments. Treatments 1 and 2 presented subtle differences. The acoustic signature characterized in the aquarium, by the frequency and power peak data, was 0-4 kHz with peak power concentrating between 60 and 70 dB in a significant range between 0.02–0.06 s.

**Keyword:** passive acoustic monitoring, sea urchin, bioacoustics.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	9
<b>2 OBJETIVO</b> .....	13
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	14
3.1 COLETA DE DADOS .....	14
3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL .....	17
3.3 SISTEMA DE GRAVAÇÃO .....	19
3.4 ANÁLISE DE DADOS .....	21
<b>4 RESULTADOS</b> .....	22
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ASSINATURA ACÚSTICA .....	22
<b>5 DISCUSSÃO</b> .....	29
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	32
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	33



## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), Lei nº 7.661, de 16 de maio de 1988, parágrafo único, Zona Costeira é considerada como “o espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra [...]”. O fato de a dinâmica costeira ser influenciada pelo oceano, atmosfera e continente, torna esta uma área sensível às mudanças climáticas e variações de temperatura. Além disso, a utilização desta área para portos e outras atividades antrópicas vem aumentando significativamente, (CHAPMAN e PRICE, 2011) intensificando a vulnerabilidade costeira. Portanto, nos últimos anos têm sido empregados esforços no diagnóstico e monitoramento de variáveis ambientais e espécies nessas áreas, com novas ferramentas e tecnologias.

Nesse contexto, o Monitoramento Acústico Passivo (MAP) surge como uma importante ferramenta de coleta de informações a partir de gravações acústicas. Esse tipo de monitoramento restringe a presença humana e pode ser relevante para Unidades de Conservação (UC's) e Proteção Integral (APP), que objetivam preservar ecossistemas e recursos naturais. Em habitats marinhos, o MAP pode fornecer informações de como esses organismos respondem de forma sonora a diversas variáveis (BLUMSTEIN *et al.*, 2011; SILVANO, 2017; PIJANOWSKI *et al.*, 2011). Segundo Pijanowski *et al.* (2011) é possível que informações acústicas ajudem na distinção entre um meio ambiente saudável ou não, identificar ou rastrear populações ou ser ainda uma ferramenta de avaliação da densidade populacional ou diversidade (LAIOLO, 2010). Essas gravações também permitem a realização de estudos sobre comportamento, sem causar estresse ao animal, que produz som naturalmente (LAIOLO, 2010).

De acordo com Krause (1987), a reunião de sons de uma mesma região, forma uma paisagem acústica. A paisagem acústica é composta pela antropofonia (sons derivados de fontes antropogênicas como atividades industriais, máquinas, navios e as diversas embarcações de pequeno porte); geofonia (sons produzidos por fatores abióticos, como vento e ondas) e biofonia, (sons produzidos pelos seres vivos) (PIJANOWSKI *et al.*, 2011; HILDEBRAND, 2009). A biofonia tem sido utilizada para caracterizar o comportamento de diversas espécies tanto terrestres quanto aquáticas. Diversos autores relatam a produção de som como condição física que faz parte da comunicação dos seres vivos (AU e BANKS, 1998; BORIE *et al.*, 2015; FERGUSON e CLEARY, 2001; MCWILLIAM & HAWKINS, 2013; RADFORD *et al.*, 2008a). Como um importante meio de informação (FARINA, 2014), o som,

faz parte da rotina de sinalização de perigo, acasalamento e agregação, dentre outros (NOWACEK *et al.*, 2007; LILLIS *et al.*, 2013).

A importância da biofonia foi demonstrada em diferentes ambientes aquáticos, como em ambientes costeiros (Radford *et al.*, 2010), recifes de corais (STAATERMAN *et al.*, 2013), em estuários (LILLIS *et al.*, 2013) e no oceanos (WALL *et al.*, 2014). Segundo SLABBEKOORN *et al.* (2010), o som se propaga cinco vezes mais rápido na água em relação ao ar. Além disso, em relação à luz e substâncias químicas, o som sofre menor atenuação na água do mar, diferente de como acontece com a visão e o olfato (Santos, 2015). Por isso, é considerada por Rossi *et al.* (2016) como uma das “pistas” mais confiáveis do oceano. Por exemplo, alguns estudos demonstraram que peixes juvenis (LEIS & LOCKETT, 2005; RADFORD *et al.*, 2011) e larvas de invertebrados (VERMEIJ *et al.*, 2010; STANLEY *et al.*, 2012; EGGLESTON *et al.*, 2013; LILLIS *et al.*, 2013) utilizam a paisagem acústica para reconhecer melhores áreas para assentamento.

A biofonia costeira é gerada a partir de organismos provenientes dos costões rochosos e recifes de corais (COQUEREAU, 2016). Costões rochosos são ambientes de grande complexidade ecológica e estrutural, pois abriga uma grande diversidade de espécies, além de ser um local de alimentação, reprodução e crescimento desses organismos (COUTINHO, 2002). Os estudos de Simmonds & MacLennan (2005), demonstraram que invertebrados bentônicos produzem sons bastante representativos.

Quando muitos organismos estão em atividade, é possível perceber a produção de um som coletivo chamado “coro bioacústico”. Este coro possui padrões temporais que estão relacionados à fase lunar, período do dia e estações do ano (SIMMONDS & MACLENNAN, 2005). Geralmente esse fenômeno acontece ao pôr-do-sol, com duração de algumas horas e uma ocorrência menor antes do nascer do sol. Radford *et al.* (2008, 2010) relata que a intensidade sonora após o pôr do sol aumenta por volta de 20 a 30 dB. Um aumento no nível do espectro de 400 a 4000 Hz em águas rasas também é observado (RADFORD, 2008). De acordo com Castle, M. J e Kibblewhite, A. C. (1975) o fenômeno do “coro” bioacústico foi relatado primeiro em 1962. Neste estudo a fonte sonora foi atribuída, como hipótese, ao ouriço do mar *Evechinus chloroticus* (VALENCIENNES, 1846 Apud in CASTLE, M. J.; KIBBLEWHITE, A. C, 1975), na Nova Zelândia. Em 1973 a informação foi confirmada nas águas rasas do Golfo de Hauraki. Cato (1978), também descreve nas águas tropicais ao Norte da Austrália, a ocorrência de coros no crepúsculo por algumas horas. Ele discute sobre três fontes principais de som, dentre elas, o ouriço do mar *Diaderna setosurn*.

Sons de invertebrados estão relacionados à movimentação dos animais sobre o substrato, estridulação (impacto entre partes duras do animal) e fricção (XAVIER *et al.*, 2018). Dentre outros, os autores Lillis *et al.* (2013), Coquereau *et al.* (2016), Radford (2018) podem ser destacados como referências no assunto. No ambiente costeiro, os crustáceos representam a dominância dos sons produzidos sobre outros tipos de organismos (AU; BANKS, 1998). Porém, muitos estudos apontam as populações de ouriços do mar como um dos principais organismos contribuintes das paisagens acústicas costeiras (CASTLE, M. J e KIBBLEWHITE, A. C, 1975; CATO, D. H, 1978; BARDYSHEV, V. I, 2007; RADFORD *et al.*, 2008, 2010). Para Radford *et al.* (2008) a representatividade do som do ouriço do mar pode ser referente ao seu esqueleto calcário e ovóide. Este formato atua como um “ressonador de Helmholtz”, amplificando o som produzido e gerando uma energia acústica potencial.

Ouriços do mar fazem parte de um grupo de invertebrados marinhos pertencentes ao filo dos equinodermos. São animais exclusivamente marinhos e bentônicos. Podem ser carnívoros, herbívoros ou detritívoros de ampla distribuição geográfica. Por suas características, são considerados por Coteur *et al.*, (2003) e Kobayashi, Okamura, (2004) como ótimos bioindicadores. Dentre as características deste filo estão, corpo coberto por espinhos, esqueleto de origem mesodérmica com placas porosas, simetria pentaradial, quando adulto, e um sistema hidrovacular. Desse sistema fazem parte os pés ambulacrários com as funções de locomoção, alimentação, trocas gasosas e respiração. Possuem ainda sistema nervoso simples, sistema circulatório aberto e reprodução sexuada. Deste filo também fazem parte as classes: Crinoidea (crinóides), Ophiuroidea (ofiuroides), Asteroidea (estrelas-do-mar) e Holothuroidea (pepinos-do-mar) (SMITH, 1981). Para Cordeiro (2014), ouriços do mar são um grupo chave de herbívoros, pois controlam a cobertura de macroalgas e portanto influenciam a produtividade primária e mudanças de fase nos recifes.

Embora sejam protegidos por espinhos, ouriços do mar também podem sofrer predação considerável (MOORE, 1963). Gaivotas, o bacalhau, o tubarão da Groenlândia e *Anarrhicus*, nas águas do norte, a lontra-marinha, no Pacífico, são alguns dos predadores documentados (MOORE, 1963; MORTENSEN, 1943). Porém, o estudo de Cordeiro (2014), mostrou uma baixa biomassa de potenciais predadores em oito locais diferentes de Arraial do Cabo, local deste estudo. O autor concluiu então, que a presença de predadores têm pouca ou nenhuma influência nos ouriços do mar desta região e que fatores abióticos seriam, portanto, mais influentes na densidade populacional desses organismos. A mortalidade de ouriços do mar tem sido com frequência relacionada ao estresse ambiental

decorrente de diversos fatores abióticos, dentre eles e o mais registrado foi a temperatura da água. (EBERT *et al.*, 1999; WATTS *et al.*, 2013; OLIVER.,1987). Oliver (1987) mostrou que temperatura e duração do dia influenciam as densidades populacionais desses organismos. Ele sugeriu que fatores abióticos eram mais importantes na regulação das populações de ouriços do mar do que fatores bióticos, como predação, concordando com Cordeiro (2014).

A temperatura desempenha papel vital em processos biológicos de qualquer ser vivo. Watts *et al.* (2013) explica que a temperatura pode ser um dos fatores mais importantes na influência da distribuição e abundância de ouriços do mar, latitudinalmente e localmente. Os ouriços do mar possuem um intervalo de tolerância térmica sazonal natural, portanto, modificações bruscas da temperatura podem provocar alterações em seus mecanismos de resistência natural. Embora sejam capazes de se adaptar a diferentes temperaturas, valores fora da faixa de tolerância tem provocado declínio da população e aumento do risco de morte (HOEGH-GULDBERG e BRUNO., 2010; WATTS *et al.*, 2013). Branco (2014), demonstrou a vulnerabilidade da espécie de ouriço do mar *Lytechinus variegatus* (Lamarck, 1816) às variações de temperatura, tal como acontece em áreas costeiras.

A região de Arraial do Cabo, mais especificamente, a Ilha do Cabo Frio, conta com um fenômeno pontual de grande importância na variação de temperatura, conhecido como ressurgência. Nessa área, a ressurgência está relacionada à geomorfologia costeira, predominância de ventos Nordeste, paralelos à costa e correntes oceânicas. Quando as águas frias (Água Central do Atlântico Sul - ACAS) da ressurgência, ricas em nutrientes, chegam à superfície, favorecem o desenvolvimento do plâncton, aumenta a disponibilidade de alimento aos peixes e outros organismos, atraindo muitos cardumes (SILVA, 2006). De acordo com Boudouresque e Yoneshigue (1983), “grandes variações de temperatura em poucas horas, alto consumo de nutrientes e desenvolvimento do fitoplâncton, impactam a estrutura da comunidade bentônica, devido a grande variedade de condições físicas e biológicas.”

Com isso, este trabalho propõe uma discussão baseada em experimentos e na literatura, sobre a relação entre comportamento (atividade acústica) do ouriço do mar e a temperatura da água. Do mesmo modo, espera-se agregar informações para o desenvolvimento de novas ferramentas para monitoramento do ambiente marinho de uma forma menos invasiva e em tempo real.

## 2 OBJETIVO

Caracterizar a atividade acústica do ouriço do mar *Lytechinus variegatus* (Lamarck, 1816), em ambiente controlado, e sua relação com a temperatura da água.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 COLETA DE DADOS

As coletas foram realizadas na Ilha do Cabo Frio, localizada no município de Arraial do Cabo, baixada litorânea do Estado do Rio de Janeiro, (22°58'46"S, 42°W). Esta área faz parte da Reserva Extrativista da Marinha (RESEX-Mar), criada a fim de garantir a exploração de recursos de forma sustentável (Ministério do Meio Ambiente, 2007). A região de Arraial do Cabo é caracterizada por ser plana e de pequenas elevações, com praias oceânicas de larga extensão, descontínuadas por costões rochosos. Possui Ilhas e praias de pequena a média extensão e seus costões rochosos apresentam vegetação endêmica, xeromórfica, relativa à Mata Atlântica. Há predominância dos ventos leste e nordeste que contribui para o fenômeno da ressurgência, peculiar na costa brasileira e influente na paisagem acústica local (CALADO, 2018).

Foram realizadas três coletas, cada uma com quatro indivíduos (n=12), nos períodos entre o mês de abril e outubro de 2019. Os ouriços do mar foram coletados manualmente em mergulho livre, a aproximadamente 3 m de profundidade, próximo ao costão rochoso da Ilha do Cabo Frio (Figura 1).



Figura 1: Local de coleta (em amarelo), Ilha do Cabo Frio (Google Earth)

Após a coleta, os organismos foram trazidos à embarcação e escolhidos os de tamanho entre 10 e 12 cm. Foram transferidos para uma caixa térmica com água do mar e levados até o Laboratório de Recursos Marinhos (LAREMAR), do Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira (IEAPM). O Instituto está localizado a aproximadamente 3 km do local de coleta.



Figura 2: IEAPM - Praia dos Anjos, Arraial do Cabo RJ (Google Earth).

No instituto, os indivíduos foram transferidos para um tanque de 250L, mantidos sob condições de salinidade controlada a 35, temperatura a 22°C e com dois pontos de aeração. Temperatura e salinidade foram monitoradas durante o período de aclimação de quatro dias, com a sonda multiparâmetro Hanna HI 9828. Para alimentação foi utilizada a alga *Ulva lactuca*.

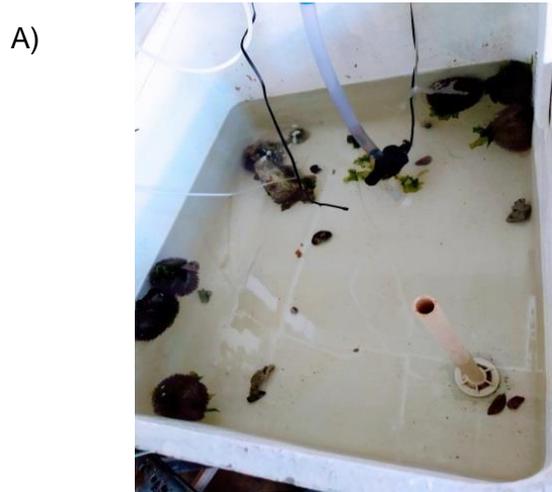


Figura 3: Tanque de 250L utilizado para os 4 dias de aclimação dos ouriços do mar (A); Sonda multiparâmetro utilizada para medir temperatura e salinidade (B).

### 3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

A fim de testar a hipótese da variação de atividade acústica em função da mudança térmica da água, foram escolhidas três temperaturas. Chamaremos de tratamento 1, a que corresponde a 17°C, tratamento 2, a 22°C e tratamento 3, a 26°C, conforme a tabela a seguir:

Tabela 1: Tratamentos realizados em cada grupo, onde: T1 representa 17°C, T2 representa 22°C e T3 representa 26°C.

TRATAMENTO 1	TRATAMENTO 2	TRATAMENTO 3
17°C	22°C	26°C

Após os quatro dias de aclimação no tanque, cada organismo do grupo de coleta foi transferido para um aquário estúdio. Cada indivíduo foi aclimatado à temperatura de cada tratamento por 10 minutos. As gravações começaram após esse tempo por um período igualmente de 10 minutos ininterruptos. Ao início de cada gravação foram monitoradas todas as temperaturas e reajustadas quando necessário. Um hidrofone foi posicionado no centro do aquário, a 10 cm do fundo. (COQUEREAU *et al.*, 2016) conforme mostra a figura 4.

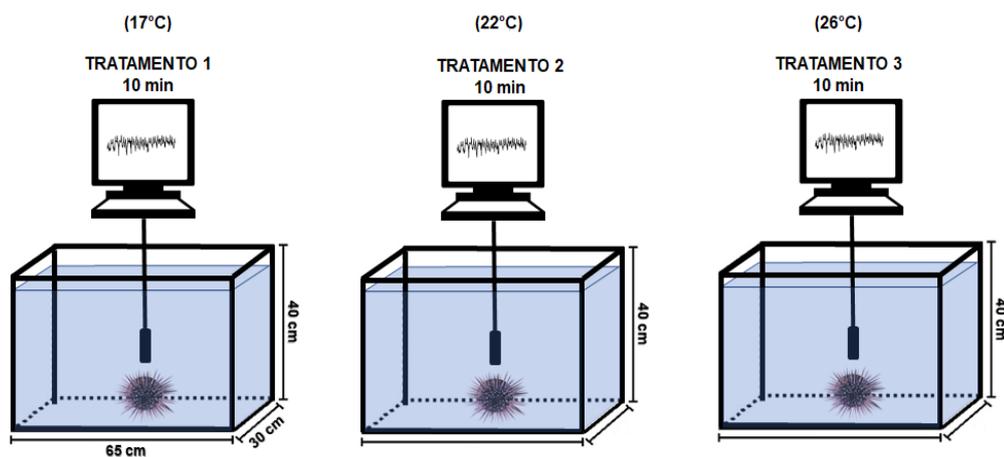


Figura 4: Tratamentos 1,2 e 3 realizados após os 10 minutos de aclimação de cada ouriço do mar, por 10 minutos. Adaptado de Melo (2019).

Ambos os tratamentos 1 e 3 foram baseados nos registros de temperatura encontrados nos estudos de CALADO (2006) e XAVIER *et al.*, (2018). Os registros foram feitos na região de Arraial do Cabo, durante os períodos de ressurgência e aquecimento da água do mar, primavera/verão.

Para o controle da temperatura do tratamento 1 e 2, foi utilizado um *Chiller* para resfriamento da água. Para o tratamento 3, o aquecedor, *Minimum sera*, para aumentar a temperatura da água até 26°C.

Foram analisados ainda o comportamento dos espinhos dos ouriços do mar, velocidade de locomoção e posicionamento no aquário.

### 3.3 SISTEMA DE GRAVAÇÃO

O sistema de gravação foi composto por um aquário (C = 65 cm x L = 30 cm, H = 40cm) um hidrofone, placa digitalizadora, bateria e um computador com software Matlab R2015a para gravação, conforme a figura 5.

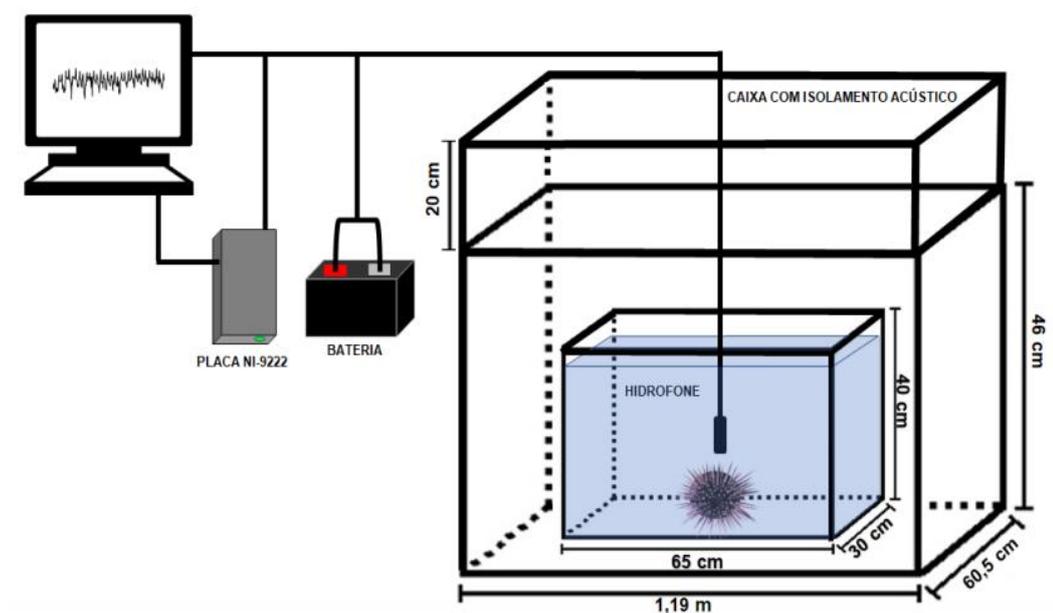


Figura 5: Sistema de Gravação contendo um computador, uma placa de áudio, bateria, caixa com isolamento acústico e um aquário. Adaptado de Melo (2019)

Foi utilizado o hidrofone RESON TC-4032 com sensibilidade de  $-164\text{dB re } 1\text{V}/1\mu\text{Pa}$ , frequência de amostragem ( $F_s$ ) de 48 kHz - correspondente a frequência de Nyquist de 24 kHz - à resolução de 16 bits. O sinal foi adquirido pela placa digitalizadora da *National Instruments* (modelo NI-9222) e gravado em arquivos de áudio (wav) através do software Matlab.

Para eliminar possíveis interferências ruidosas do ambiente, o aquário foi posto em uma caixa (C = 119 cm, L = 60,5 cm e H = 66 cm) isolada acusticamente. O revestimento para isolamento acústico da caixa é composto por: três camadas de espuma e metal intercaladas e uma de madeira (MELO, 2019), como mostra a figura 6

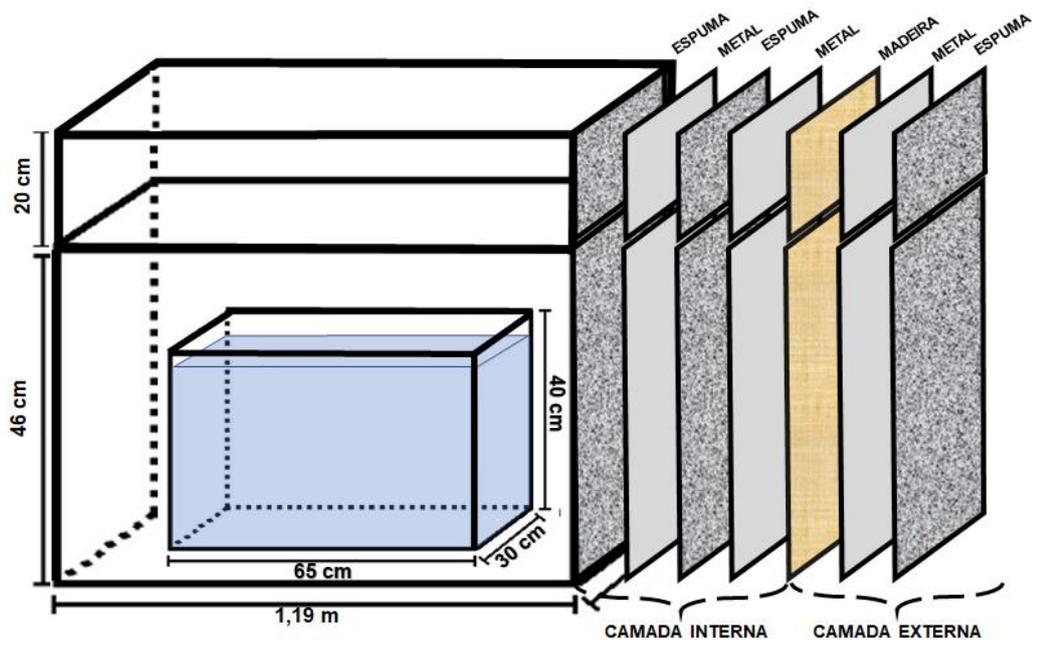


Figura 6: Caixa de isolamento acústico alternando camadas de espuma, metal e madeira (MELO, 2019)

### 3.4 ANÁLISE DE DADOS

Sons decorrentes da movimentação e alimentação são encontrados com maior regularidade durante todo o ano no ambiente natural (COQUEREAU *et al.*, 2016). No presente estudo foi considerado somente o material acústico referente às condições de movimentação.

Para caracterização da assinatura acústica, os dados foram analisados no software Raven Pro 1.5. A aquisição de parâmetros acústicos se deu a partir da seleção e contagem de sinais no espectrograma. Foi aplicado um filtro de 100 a 24.000 Hz. O filtro foi necessário para eliminar interferências sonoras de baixa frequência que poderiam mascarar as características do sinal.

Os Parâmetros descritivos utilizados para a análise de cada sinal acústico foram: pico de frequência (kHz), pico de potência (dB re 1  $\mu$ Pa) e intervalo de tempo (s). O pico de frequência caracteriza-se pela frequência máxima dentro da seleção do sinal no espectrograma. O pico de potência mostra a intensidade máxima (marcações mais fortes no espectrograma) alcançada pelo sinal. A duração do sinal é a diferença entre o tempo de início e término do mesmo (CHARIF *et al.*, 2010). A assinatura acústica do ouriço do mar, foi calculada baseado no valor médio de potência x frequência.

Foi criado ainda divisões por classes em cada parâmetro para melhor visualização da distribuição dos dados. O pico da frequência foi organizado em classes de 2kHz. Para o pico de potência, os dados foram agrupados em classes de 10 dB re 1 $\mu$ . O intervalo de tempo, foi organizado em classes de 0,02 s

O teste de normalidade Shapiro-Wilk mostrou que os dados não seguiram uma distribuição normal. Assim, foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis com intuito de avaliar se as diferenças entre os tratamentos eram significativas. As comparações entre os tratamentos foram feitas utilizando o teste de Nemenyi. Todos os testes citados acima foram feitos a partir do programa R version 3.6.1 (R CORE TEAM, 2019).

## 4 RESULTADOS

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ASSINATURA ACÚSTICA

Do total de 12 ouriços do mar gravados (N=12), foram feitas 12.838 seleções manuais de atividades acústicas no espectrograma. Foram realizadas 2.032 seleções referentes ao Tratamento 1, 2.762 seleções referentes ao Tratamento 2 e 8.044 seleções referentes ao tratamento 3, conforme mostra a figura 7.

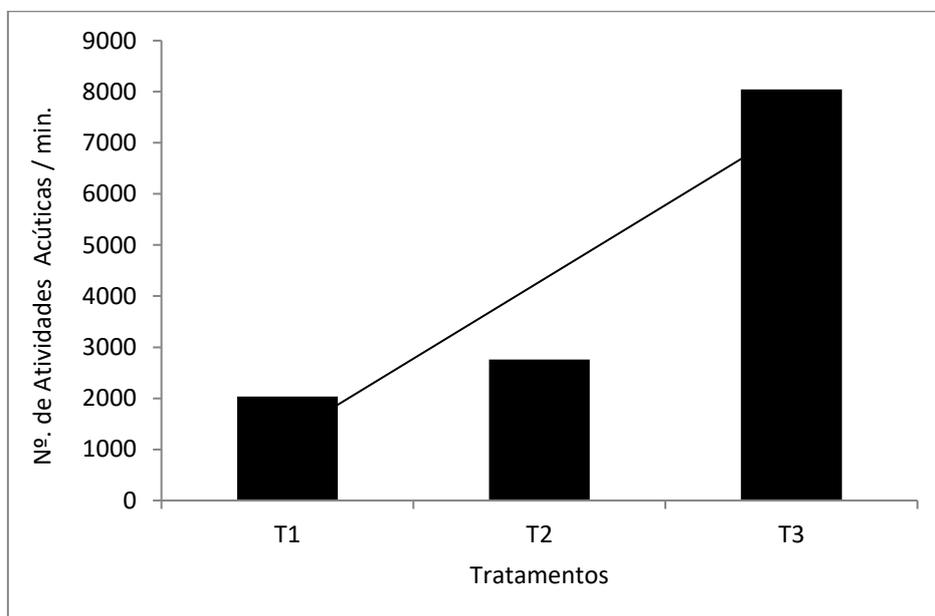


Figura 7: Total de Atividades acústicas de cada tratamento.

Diferenças na quantidade de atividades acústicas também foram observadas claramente no espectrograma, conforme a gravação em cada temperatura, como mostra a figura 8.

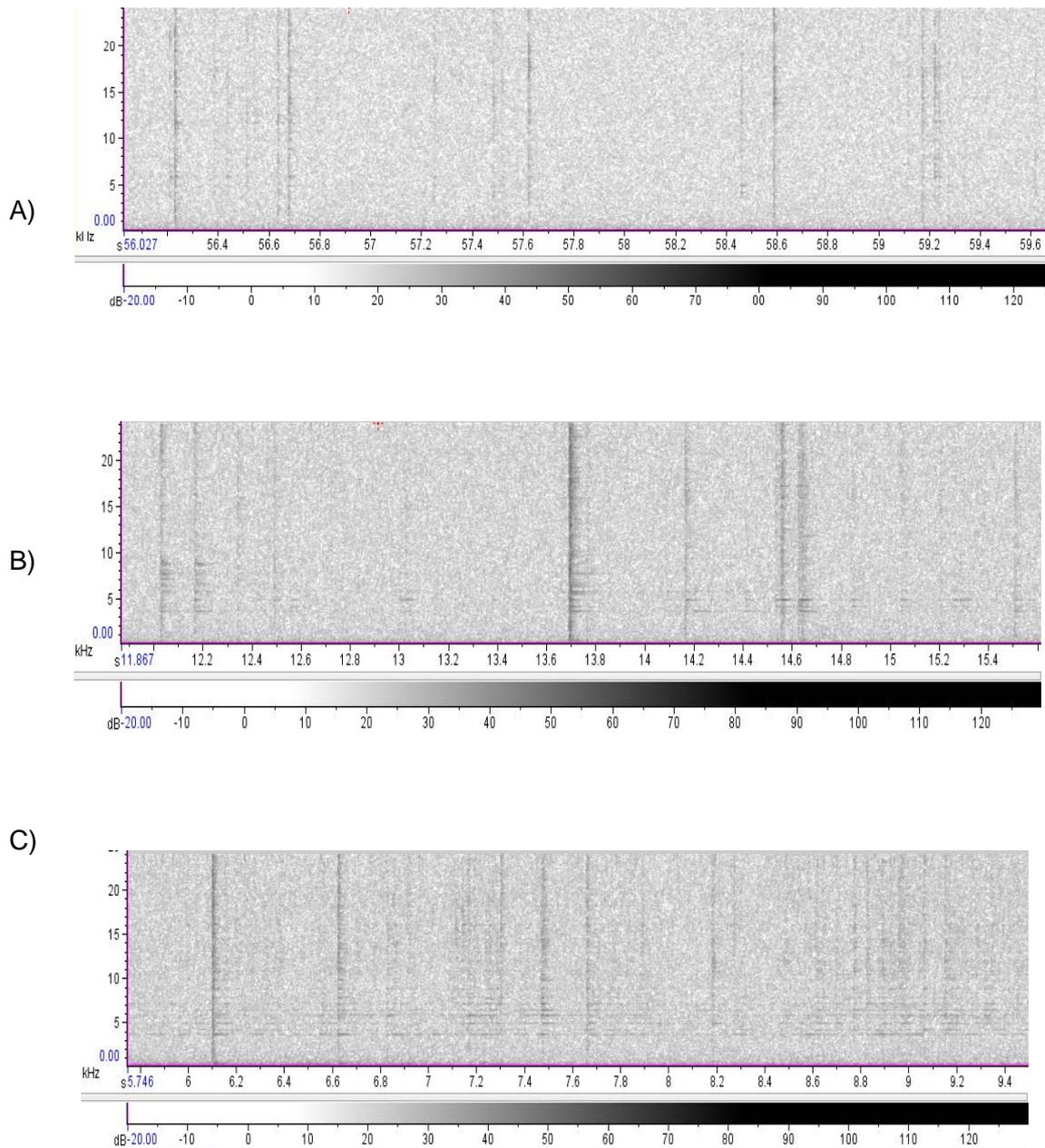


Figura 8: Atividades acústicas no espectrograma do Software Raven Pro 1.5, referentes aos tratamentos 1, 2 e 3 respectivamente. Grafico de Frequência (x) e Intervalo de tempo (y) com barra de potência.

Entre os tratamentos 1 e 2 foi possível notar diferenças sutis na quantidade de atividades acústicas. Em relação ao tratamento 3, a quantidade de sinais foi notoriamente mais abundante, se distanciando quantitativamente de ambas.

É possível observar marcações mais fortes e menos nítidas de acordo com a intensidade, pico de potência (dB) e intervalo de tempo (s).

O som produzido pelo ouriço do mar variou de 106 a 24000 Hz, dentre o total de dados acústicos obtidos nas diferentes temperaturas. Isto significa que o sinal acústico ultrapassou a faixa de frequência da placa de áudio utilizada.

Tabela 2. Parâmetros estatísticos descritivos utilizados para caracterização

Parâmetros Descritivos	<i>Pico de Frequência</i> (Hz)	<i>Pico de Potência</i> (dB)	<i>Duração do sinal</i> (s)
<b>Máximo</b>	24000	110,45	1,104
<b>Mínimo</b>	106	35,25	0,011
<b>Mediana</b>	13594	66,35	0,0
<b>Percentil (5%)</b>	3469	60,05	0,0
<b>Percentil (95%)</b>	22781	78,85	0,1

Para uma análise mais detalhada entre os parâmetros, foi feita uma descrição para cada um separadamente.

Na figura 9 foi possível perceber que a maior frequência registrada foi de 2 a 4 kHz em T1. Em seguida a frequência de zero a dois kHz equivalente ao tratamento 2, foi predominante. No tratamento 3 as frequências se mostraram menos variáveis. De uma forma geral, foi possível notar que as frequências máximas de cada tratamento variaram de zero a 14 kHz.

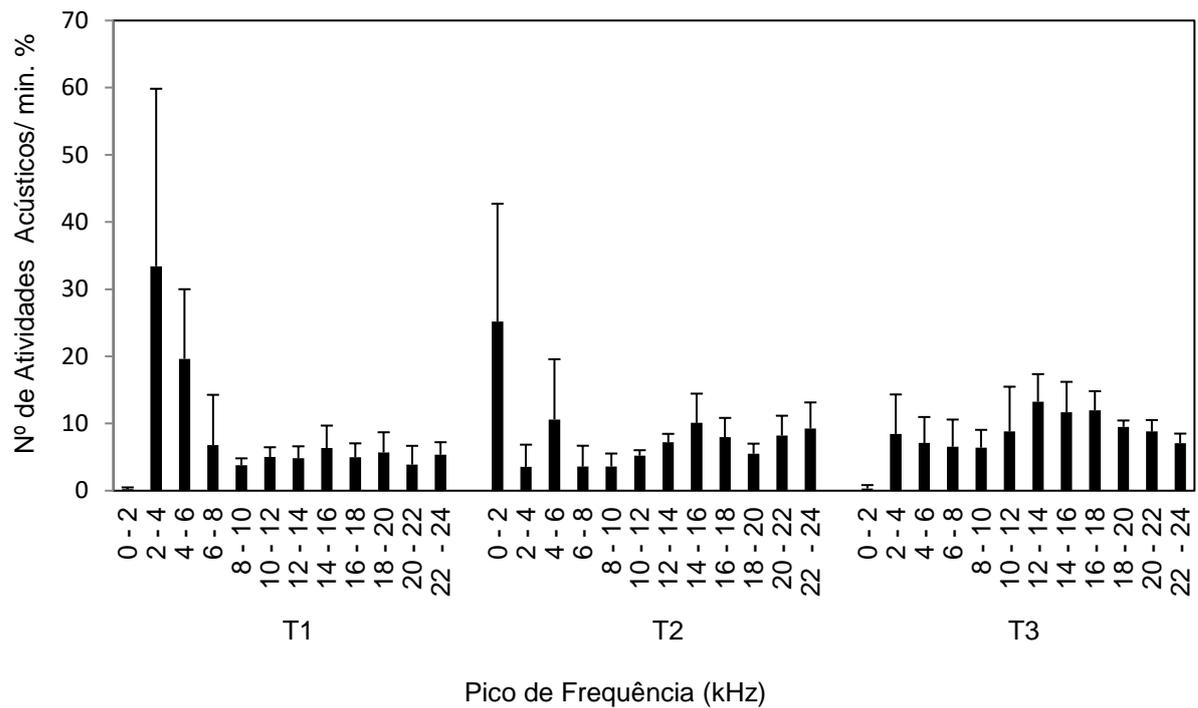


Figura 9: Distribuição das atividades acústicas em classes de picos de frequência a cada 2 kHz em relação a T1, T2 e T3.

Foi possível perceber que em todos os tratamentos a classe de pico de potência de 60 a 70 dB re 1 $\mu$ Pa se destacou. A potência foi um parâmetro bem característico independente da temperatura.

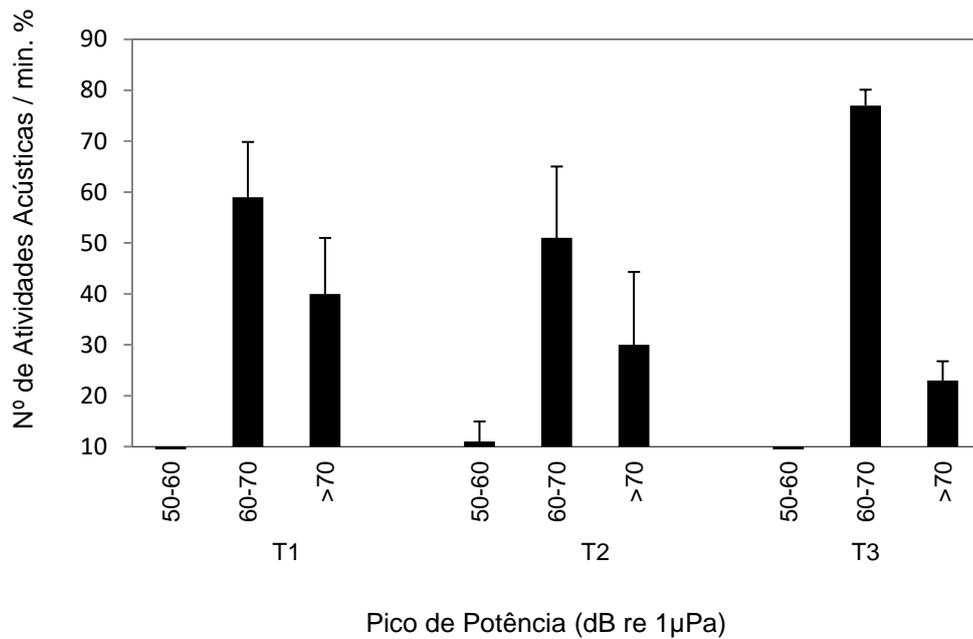


Figura 10: Caracterização da Potência em classes de 10 kHz, nos tratamentos T1, T2 e T3.

Em relação ao intervalo de tempo, foram obtidos resultados gerais de zero a 0,22 s com destaque de 0,02 a 0,04 s apresentados nos tratamentos 2 e 3 e duração maior no tratamento 1, com 0,04 a 0,06s. O número de atividades acústicas foi distribuído de maneira mais homogênea em T1 com a temperatura mais baixa de 17°C, onde houve também maior duração do sinal.

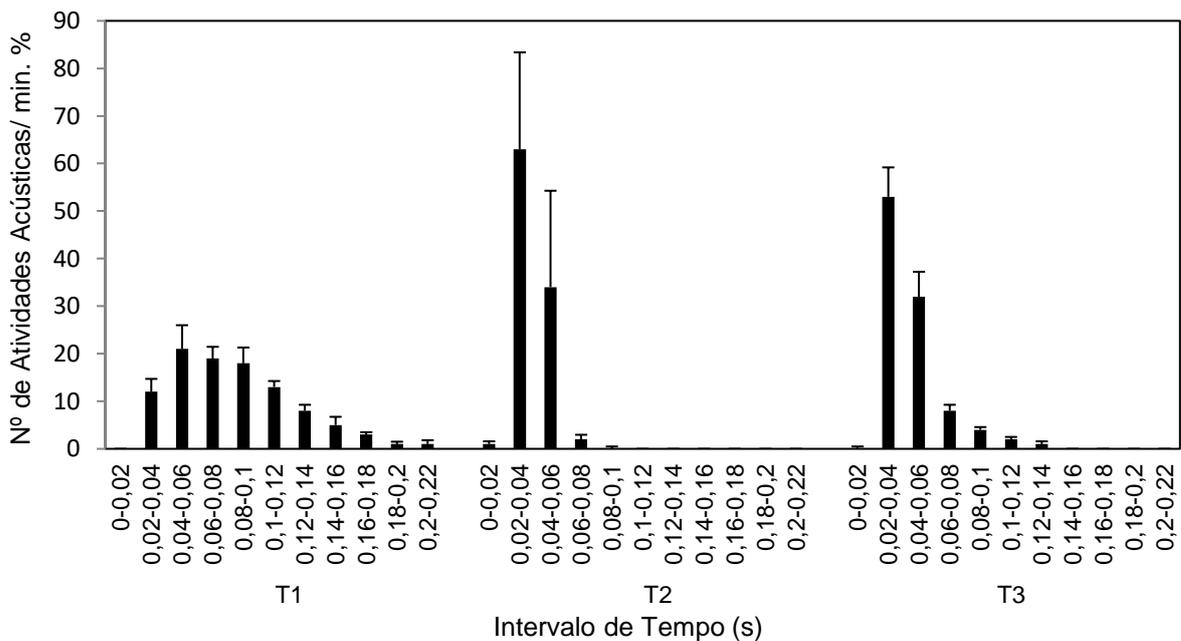


Figura 11: Intervalo de tempo em classes de 0,02 s

## 4.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para análise dos dados, os mesmos foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk a fim de avaliar se as amostras apresentam distribuição normal. Como dois dos tratamentos não atenderam ao teste de normalidade (T1 -  $W = 0.8$ ,  $p = 0.0$ ; T2°C -  $W = 0.9$ ,  $p = 0.02$ ; T3°C -  $W = 0.9$ ,  $p = 0.05$ ), o teste de Kruskal-Wallis, não paramétrico, foi adotado. Este último teste mostrou que houve diferença significativa entre os tratamentos (KW: 74,88;  $p < 0.001$ ). Os resultados do teste de comparações múltiplas, de Nemenyi ( $p < 0,001$ ), apresentou diferenças significativas entre os tratamentos 2 e 3 e 3 e 1. Ao passo que os tratamentos 1 e 2, com  $p = 0.49$ , não apresentou diferença significativa, conforme mostra a tabela 3.

Tabela 3: Teste de Nemenyi. Comparação da diferença entre tratamentos.

	<b>T1</b>	<b>T2</b>
<b>T2</b>	$p = 0,49$	-
<b>T3</b>	$p < 0.001$	$p < 0.001$

Para comparar as taxas de atividade acústica entre os tratamentos T1, T2 e T3, foram comparados os valores de mínimos, máximos e quartis (Q1, Q2 e Q3).

Como mostra o boxplot, T1 e T2 são semelhantes. Porém T1 é o único que apresenta dados discrepantes (outliers). O segundo quartil de T1, assim como o de T2 são simétricos, enquanto T3 é visivelmente assimétrico. T3 se distancia claramente dos demais tratamentos.

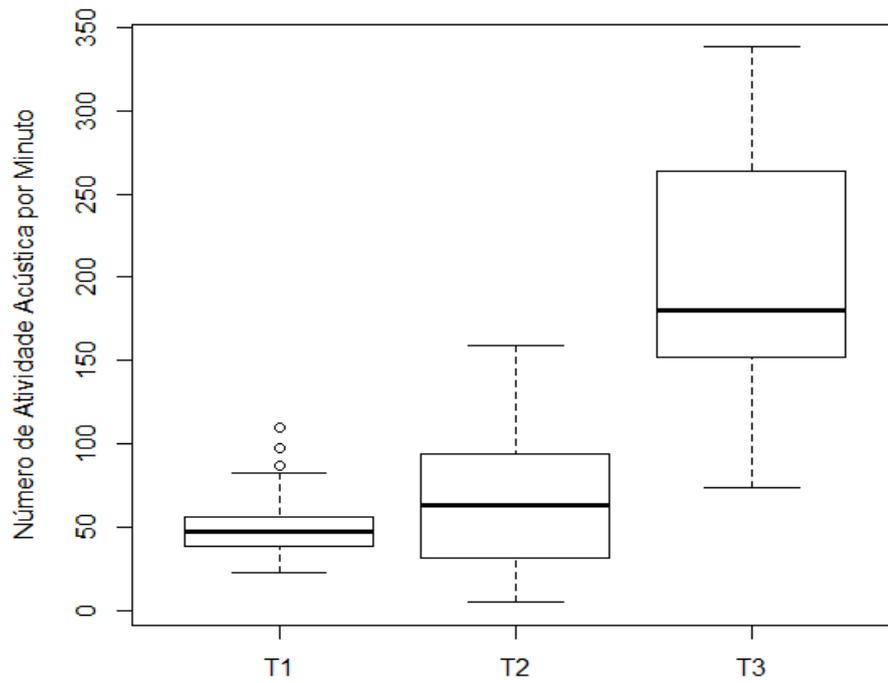


Figura 12: Comparação entre os tratamentos T1, T2, T3 com relação a valores do primeiro quartil (25% da amostra), segundo quartil (50% da amostra), terceiro quartil (75% da amostra), mínimos e máximos.

## 5 DISCUSSÃO

Comparando-se as gravações dos diferentes tratamentos, foi possível constatar que os resultados convergiram. Isto é, tanto a figura 7, como na figura 8 e o boxplot, mostraram as mesmas diferenças entre os tratamentos. No tratamento 3, os ouriços do mar da espécie estudada produziram muito mais atividades acústicas, nos 10 minutos de gravação, do que nos demais tratamentos. As análises mostraram que no tratamento 1 e 2 as diferenças foram sutis e o teste de Nemenyi as considerou não significativas.

No tratamento 1 os organismos gravados demonstraram uma certa lentidão ao se locomover no início, em comparação ao tratamento 2. Alguns, inicialmente, exibiram o comportamento de “encolher seus espinhos”. Todos eles escalaram a parede do aquário somente até pouco mais que a metade. É possível observar no espectrograma (figura 7), um maior espaçamento entre os sinais acústicos.

No tratamento 2 os organismos apresentaram locomoção considerável e exibiram espinhos eretos em todo tempo. A movimentação foi mais constante. Escalaram o aquário até o limite da água, como normalmente ficavam no tanque do LAREMAR. Apresentaram preferência por uma das paredes de largura do aquário.

No tratamento 3, todos os ouriços do mar tiveram locomoção visivelmente mais rápida. Todos escalaram a parede do aquário rapidamente e se posicionaram com mais da metade do esqueleto calcário para fora da superfície da água. Além disso, todos defecaram no aquário durante o experimento, como se a água mais quente acelerasse o seu metabolismo.

O estudo de Glynn (1968), com altas temperaturas, mostrou que a espécie *Lytechinus variegatus* (Lamarck, 1816) pode sobreviver a 36°C no máximo e por um período de 30 minutos. Segundo Watts *et al.*, (2013), esta mesma espécie suporta uma faixa que varia de 11 a 35°C. Essas temperaturas elevadas foram relacionadas a episódios de mortalidade para espécie (Glynn, 1968). Oliver (1987) mostrou que temperatura e duração do dia influenciaram as densidades populacionais.

Lauzon-Guay *et al.* (2007) na descrição da taxa de movimentação dos ouriços *Strongylocentrotus droebachiensis* em relação a temperatura, aponta que águas quentes podem ter um efeito maior no nível de atividade de *S. Droebachissis*. Eles descreveram, por

exemplo, taxas de alimentação ligeiramente aumentadas. Notaram também uma redução na atividade quando a temperatura da água excedeu 17° C.

Sobre isso, Brothers, C. J e McClintock, J. B. (2015), explicam que a taxa do consumo de oxigênio pelo organismo aumenta à medida que a temperatura ambiental aumenta. Porém, pode haver também “uma redução na taxa metabólica à medida que os limites térmicos do organismo se aproximam, devido ao vazamento de prótons mitocondriais, o que reduz a produção de ATP”.

Em relação a caracterização acústica do *Lytechinus variegatus*, nos tratamentos obtidos, foi encontrada uma potência de 60 a 70 dB re 1µPa. Este resultado foi bem próximo ao de Borie *et al.* (2015), a ~88,0 dB re: 1V/µPa.

Com relação ao pico de frequência, foi encontrado neste estudo uma predominância nas classes de 2-4 kHz, o que está dentro dos resultados do coro bioacústico registrado por Cato (1978) com 400 Hz a 4 kHz com pico de frequência de 800 Hz, 1.6-2 kHz e 3 kHz. Assim como nos estudos de Castle (1975) que identificou na Nova Zelândia uma banda de frequência de 700 Hz a 2kHz para o ouriço do mar *Evechinus chloroticus*.

Radford *et al.* (2010) encontraram duas bandas dominadas por ouriços do mar com um pico em torno de 1.000 a 1.200 Hz. Registrou que o ouriço do mar *Evechinus chloroticus*, em cativeiro, pode produzir sons com frequências na faixa de 800 a 2.800 Hz durante a alimentação. Bardyshev (2007) descreveu dados acústicos na frequência de 0,2 a 9 kHz, produzidos por uma colônia de ouriços do mar, próximo à costa da Nova Zelândia. A população de ouriços do mar (Echinometridae) variou de 2 a 10 indivíduos por 1 m<sup>2</sup>

Segundo Radford (2008b) sons de invertebrados formam sons audíveis de média frequência (fp médio = 4-9 kHz). Os sons eram de banda larga, com larguras de banda médias de 14 a 18 kHz, geralmente com altos desvios-padrão. Em outro estudo, a frequência encontrada neste estudo foi também semelhante a de Radford (2008a), de 1.500 a 2.700 Hz (biofonia), com a frequência predominante a 2,070 Hz. Não foi possível extrair a medida de banda neste estudo devido a limitação da placa de áudio.

O registro de sons de invertebrados em tanques, permite observações comportamentais, a identificação de espécies produtoras de som e controle de ruídos estranhos. No entanto, devido à reflexão do som em pequenos tanques, os parâmetros acústicos são submetidos a distorção (Akamatsu *et al.* 2002). Coquereau *et al.* (2016)

explicam que a duração é distorcida devido ao tamanho geralmente pequeno dos tanques, com raramente mais de 2 m de comprimento.

Em seu estudo em laboratório, Coquereau *et al.* (2016) descreveu que é preciso cuidado para não extrapolar resultados de experimentos, baseados em tanques para um contexto natural, pois as gravações em tanques não são equivalentes a medidas sonoras naturais (Okumura *et al.* 2002). No entanto, simulações numéricas revelaram que todos os erros de frequência de pico induzidos pelas reverberações do tanque, eram menores que a resolução de frequência da transformada de Fourier (COQUEREAU *et al.*, 2016).

Isso implica que erros induzidos por tanque não afetam significativamente os valores estimados de pico de frequência em tanques experimentais. Por exemplo, as frequências de pico da alimentação ( $f_p$  in situ =  $48,5 \pm 1,7$  kHz) dos ouriços do mar, documentadas por Radford (2008), coincidiram com as gravações in situ.

É preciso destacar ainda que a aquisição de parâmetros acústicos do presente estudo, foi caracterizado dentro de um aquário de vidro. Em seus estudos com gravações de invertebrados marinhos, Coquereau *et al.* (2016) utilizou uma placa de silicone de 5 mm para cobrir o fundo do aquário. No entanto, os objetivos do presente estudo e o de Coquereau *et al.* (2016) se diferem pela caracterização da diferença de atividade acústica entre tratamentos e caracterização do som para comparações in situ, respectivamente.

É preciso destacar ainda que as gravações experimentais não foram feitas no horário de maior atividade dos ouriços do mar. Isto é, ouriços do mar são animais noturnos (Nelson and Vance 1979; Hereu 2005 ) que apresenta-se mais ativo, nos horários extremos do coro biológico, ou seja, o período do amanhecer e entardecer documentadas por diversos autores (CASTLE e KIBBLEWHITE, 1975; CATO, 1978 RADFORD, 2008).

## 6 CONCLUSÃO

Através deste estudo foi possível compreender que a acústica pode revelar informações importantes do estado de um organismo e/ou do ambiente em que ele vive. Em geral, a assinatura acústica caracterizada no aquário, pelos dados de pico de frequência e potência, foi de 0-4 kHz com pico de potência se concentrando entre 60 e 70 dB em um intervalo significativo entre 0,02–0,06 s.

O pico de frequência de T1 variou 2kHz com relação a T2 e 5kHz com relação a T3. O pico de potência foi bem caracterizado entre 70-60 dB em todos os tratamentos. No intervalo de tempo, apenas em T1 obteve-se resultado diferente, de 0,02-0,04 s, com diferença de 0,02 para os demais tratamentos.

Foi possível caracterizar o comportamento acústico em relação a variação térmica da água pela quantidade dos sinais encontrados. Ou seja, foi encontrado maior quantidade de sinais acústicos em T3, que nos demais tratamentos.

Para fins de monitoramento mais preciso, testes com classes de temperaturas mais próximas poderiam ajudar a definir a partir de quando começam a acontecer alterações de comportamento acústico.

Assim como a temperatura, outras variáveis podem ser empregadas para melhor caracterização. Por exemplo, Cordeiro, (2014) diz há mudanças na densidades de ouriço do mar conforme a profundidade aumenta, provavelmente causada por mudanças em fatores como luz. Luminosidade e densidade populacional podem ser variáveis consideráveis para o registro acústico do ouriço do mar, assim como testes com classes de tamanho do organismo e estimativa de velocidade de deslocamento.

A caracterização em um aquário também precisa ser comparada com gravações in situ para melhor análise da caracterização. Para tal, gravações feitas no amanhecer e entardecer pode revelar um resultado ainda mais interessante, já que este é o período de maior atividade entre os ouriços do mar.

## REFERÊNCIAS

AKAMATSU T, OKUMURA T, NOVARINI N, YAN HY. Empirical refinements applicable to the recording of fish sounds in small tanks. *J Acoust Soc Am* 112:3073–3082.2002

AU, W.W.L.; Banks, K. **The acoustics of the snapping shrimp *Synalpheus parneomeris* in Kaneohe Bay.** *J. Acoust. Soc. Am.* 103, 41. 1998.

BARDYSHEV, V. I. **Underwater ambient noise in shallow-water areas of the Indian Ocean within the tropical zone.** *Acoustical Physics*, v. 53, n. 2, p. 167-171, 2007.

BLUMSTEIN, D. T. **Acoustic monitoring in terrestrial environments using microphone arrays: applications, technological considerations and prospectus.** *Journal of Applied Ecology*, v. 48, p. 758–767, 2011.

BORIE, A. et al. **Soundscape of a management and exploitation area of benthic resources in central Chile.** *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 43 [5]: 993-997.2015.

BOUDOURESQUE CF, YONESHIGUE Y. **Donnees preliminaires sur le regime alimentaire de quelques Echinides reguliers de la region de Cabo Frio (RJ - Bresil).** *Symbioses (Rev Biol Hum Anim)* 15:224-226, 1983.

BRANCO, P. C. **Avaliação da resposta imune inata de ouriços-do-mar antárticos *Sterechinus neumayeri* e tropicais *Lytechinus Variegatus* e *Echinometra lucunter* frente ao aquecimento global.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2014.

BRASIL. Lei Nº 7.661, De 16 De Maio De 1988 - **Institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro e dá outras providências.** Disponível em: [www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l7661.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7661.htm)

BROTHERS, C. J.; MCCLINTOCK, J. B. **The effects of climate-induced elevated seawater temperature on the covering behavior, righting response, and Aristotle's lantern reflex of the sea urchin *Lytechinus variegatus*.** *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, v. 467, p. 33-38, 2015.

BULLERI, F; CHAPMAN, M. G. **The introduction of coastal infrastructure as a driver of change in marine environments.** *Journal of Applied Ecology*, v. 47, n. 1, p.26-35, 2010.

BUTLER, J. et al. **Underwater soundscapes in near-shore tropical habitats and the effects of environmental degradation and habitat restoration.** Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, v. 479, p. 89–96, 2016.

CALADO, L. **Dinâmica da interação da atividade de meso-escala da Corrente do Brasil com o fenômeno da ressurgência costeira ao largo de Cabo Frio e Cabo de São Tomé, RJ.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2006.

CALADO, L.. et al. **Upwelling regime off the cabo frio region in brazil and impact on acoustic propagation.** The Journal of the Acoustical Society of America, v. 143, n. 3, p. EL174–EL180, 2018.

CASTLE, M. J.; KIBBLEWHITE, A. C. **The contribution of the sea urchin to ambient sea noise.** The Journal of the Acoustical Society of America, v. 58, n. S1, p. S122-S122, 1975.

CATO, D. H.. **Marine biological choruses observed in tropical waters near Australia.** The Journal of the Acoustical Society of America, 64(3), 736. doi:10.1121/1.382038. 1978.

CHAPMAN, N. R.; PRICE, A. **Low frequency deep ocean ambient noise trend in the Northeast Pacific Ocean.** The Journal of the Acoustical Society of America, v. 129, n. 5, p. EL161-EL165, 2011.

CHARIF, R.A., Waack, A.M., Strickman, L.M. **Raven Pro 1.4 User's Manual**, 2010.

COQUEREAU, L. et al. **Sound production and associated behaviours of benthic invertebrates from a coastal habitat in the north-east Atlantic.** Marine biology, v. 163, n. 5, p. 127, 2016.

CORDEIRO, C. A. M. M.; HARBORNE, A. R.; FERREIRA, C. E. L. **Patterns of distribution and composition of sea urchin assemblages on Brazilian subtropical rocky reefs.** Marine Biology 161, 2221-2232, 2014.

COTEUR G. et al. **Echinoderms as Bioindicators, Bioassays, and Impact Assessment Tools of Sediment-Associated Metals and PCBs in the North Sea.** Arch Environ Cont Toxicol. 45 (2): 190-202. 2003.

EBERT TA, DIXON JD, SCHROETER SC, KALVASS PE, RICHMOND NT BRADBURY WA, WOODBY DA. **Growth and mortality of red sea urchins *Strongylocentrotus franciscanus* across a latitudinal gradient.** Mar Ecol Prog Ser. 190:189:209, ., 1999.

FARINA, A. **Soundscape Ecology: Principles Patterns, Methods and Applications.** Italia: Editora Springer, 2014.

FERGUSON, B.G.; CLEARY, J.L. **In situ source level and source position estimates of biological transient signals produced by snapping shrimp in an under-water environment,** J. Acoust. Soc. Am., No.6, Vol. 109, pp.3031-3037, June, 2001.

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

HOEGH-GULDBERG O; BRUNO J.F. **The impact of climate change on the world's marine ecosystem.** Science. 328:1523. 2010

KRAUSE, B. L. **Bio-Acoustics: Habitat ambience and Ecological Balance.** Winter: Whole Earth Review, 1987.

LAILOLO, P. **The emerging significance of bioacoustics in animal species conservation. Biological Conservation.** v. 143, n. 7, p. 1635–1645, 2010.

LAUZON-GUAY, Jean-Sébastien; SCHEIBLING, Robert E. **Seasonal variation in movement, aggregation and destructive grazing of the green sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*) in relation to wave action and sea temperature.** Marine Biology, v. 151, n. 6, p. 2109-2118, 2007

LILLIS, A. et al. **Oyster larvae settle in response to habitat-associated underwater sounds.** PLoS ONE 8(10): e79337. 2013.

MCWILLIAM J. N.; HAWKINS A. D. **A comparison of inshore marine soundscapes.** J Exp Mar Biol Ecol 446: 166–176. 2013.

MELO, U.G.J. **Uma Abordagem Bioacústica como Alternativa para o Monitoramento de Moluscos Bivalves.** Dissertação (Mestrado) Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira. RJ, 2019.

MOORE, H.B. et al. **The biology of Lytechinus variegatus**. Bull. Mar. Sci. 13, 23–53. 1963.

MORTENSEN, TH. **A monograph of the Echinoidea**. M III, pt. 3: 127-139, 1943.

NELSON BV, VANCE RR (1979) Diel foraging patterns of the sea urchin *Centrostephanus coronatus* as a predator avoidance strategy. Mar Biol 51:251–258. 1979

NOWACEK, D. P. et al. **Responses of cetaceans to anthropogenic noise**. Mammal Review, v. 37, n. 2, p. 81-115, 2007.

OLIVER, G.D. **Population dynamics of Lytechinus variegatus**. M, Sci. Thesis, University of Miami, Coral Gables, 1987.

PIJANOWSKI, B. C. et al. **What is soundscape ecology? An introduction and overview of an emerging new science**. Landscape Ecol, 2011.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. (2019). Disponível em URL <https://www.R-project.org/>.

RADFORD, C. A. et al. **Resonating sea urchin skeletons create coastal choruses**. Marine Ecology Progress Series, v. 362, p. 37–43, 2008a.

RADFORD, C.A. et al. **Localised coastal habitats have distinct underwater sound signatures**, Mar Ecol Prog Ser, 401, 21–29, 2010.

RADFORD, C.A. et al. **Temporal patterns in ambient underwater noise at a shallow temperate reef**. Oecologia 156:921–929. 2008b.

ROSSI, TULLIO; CONNELL, SEAN D.; NAGELKERKEN, IVAN. **Silent oceans: ocean acidification impoverishes natural soundscapes by altering sound production of the world's noisiest marine invertebrate**. Proc. R. Soc. B, v. 283, n. 1826, p. 20153046, 2016.

SANTOS, C. I. R. P. **Classificação de navios aplicando algoritmos de aprendizagem supervisionada (data mining)**. Acústica submarina. Tese de Doutorado. 2015

SILVA, G. L.; DOURADO, M. S.; CANDELLA, R. N. **Estudo preliminar da climatologia da ressurgência da região de Arraial do.** 2006.

SILVANO, B.C.R. **Revisão sobre os efeitos da poluição sonora aos cetáceos: identificação de prioridades para trabalhos futuros no Arquipélago de Santa Catarina.** p. Dissertação (Bacharel em Ciências Biológicas) Universidade Federal de Santa Catarina, SC, 2017.

SIMMONDS, M.P. et al. **Marine Noise Pollution-44 Increasing Recognition But Need for More Practical Action.** J. Ocean Technol. 9, 71–90. 2014.

SLABBEKOORN, H. et al. **A noisy spring: the impact of globally rising underwater sound levels on fish.** Trends in ecology & evolution, v. 25, n. 7, p. 419-427, 2010.

SMITH, R. L. Upwelling: **Oceanogr. Mar. Biol.**, v. 6, p. 11-46, 1968.

STAATERMAN, E., A.N. RICE, D.A. MANN & C.B. Paris. **Soundscapes from a Tropical Eastern Pacific reef and a Caribbean Sea reef.** Coral Reefs, 32: 553-557. 2013.

VALENTIN, J. L. The Cabo Frio upwelling system, Brazil. In: **Coastal marine ecosystems of Latin America.** Springer, Berlin, Heidelberg, 2001. p. 97-105.

WALL, C.C., R.A. ROUNTREE, C. POMERLEAU & F. JUANES. **An exploration for deep-sea fish sounds off Vancouver Island from the Neptune Canada ocean observing system.** Deep-Sea Res, I, 83: 57-64, 2014.

WATTS AS, MCCLINTOCK JB, LAWRENCE JM. LYTECHINUS. In. **Lawrence JM, (Ed), Sea Urchins.: Biology and ecology.** 3rd Ed., Academic Press, San Diego, CA. 475-490. 2013

XAVIER, F. C. *et al.* **A influência da ressurgência costeira na assinatura bioacústica da Ilha de Cabo Frio, Arraial do Cabo, RJ,** XIII ETAS - Encontro de Tecnologia em Acústica Submarine, IPqM, Rio de Janeiro (Brasil), Novembro, 2018.