

A VARIABILIDADE DIUTURNA DA PAISAGEM ACÚSTICA SUBMARINA DA ENSEADA DOS ANJOS, ARRAIAL DO CABO -RJ, BRASIL

CAMPBELL, Daniel¹; XAVIER, Fábio¹; SILVEIRA, Nilce¹, GONÇALVES, Ubirajara;
NETTO, Eduardo¹.

1- Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira

RESUMO

Devido às mudanças climáticas e à acelerada degradação ambiental, o monitoramento da biodiversidade é considerado imprescindível para a conservação das espécies e seus ecossistemas. Atualmente, o monitoramento da Paisagem Acústica Submarina (PAS) tem se tornado uma saída utilizada por ecólogos no auxílio à identificação e monitoramento de ambientes marinhos saudáveis e/ou degradados. Tal monitoramento baseia-se no conceito da PAS, onde o ruído submarino possui origens biológicas (biofonia), antropogênicas (antropofonia) e/ou ambientais (geofonia). Ele pode fornecer detalhes sobre o habitat em tempo real, e também, evidenciar diversos efeitos das atividades humanas ou distúrbios naturais, que podem alterar o padrão natural do ruído. Com base nisso, o Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira (IEAPM) vem desenvolvendo, desde 2010, atividades de monitoramento da PAS na Enseada dos Anjos, Arraial do Cabo-RJ. Os dados acústicos foram coletados por 10 minutos a cada hora, por um hidrofone situado na Enseada do Anjos, próximo ao IEAPM. Os dados do mês de abril de 2013 foram analisados temporalmente na faixa de frequência de 2kHz a 4kHz. Os resultados mostram que a potência média possui um padrão temporal, onde a mesma aumenta durante períodos noturnos e diminui em períodos diurnos, com picos no crepúsculo. Também nota-se a possível influência da maré sobre os ruídos. Esse padrão temporal pode estar relacionado com a atividade biológica das espécies (camarões, cracas, ouriços, mexilhões, entre outros) localizadas nos costões próximos ao hidrofone.

Palavras-chave: Paisagem acústica; ecologia da paisagem acústica; acústica submarina, monitoramento acústico passivo.

ABSTRACT

Due to climate change and accelerated environmental degradation, monitoring of biodiversity is considered essential for the conservation of species and their ecosystems. Currently, the Soundscape monitoring has become a tool that is used by ecologists to help in the identification and monitoring of healthy and/or degraded marine environments. Such monitoring is based on the Soundscape concept, where submarine noise has biological (biophony), anthropogenic (anthropophony) and/or environmental (geophony) origins. It can provide details on the habitat in real time, and also, show various effects of human activities or natural disturbances, which can change the natural pattern of noise. Based on this, the Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira (IEAPM) has been developing, since 2010, activities of monitoring the marine soundscape in the Enseada dos Anjos, Arraial do Cabo-RJ. The acoustic data were collected for 10 minutes every hour, by a hydrophone located at Enseada dos Anjos, near IEAPM. The data, for the month of April 2013, were analyzed temporarily in the frequency band of 2kHz up to 4kHz. The results show that the average power has a temporal pattern, where it increases during nocturnal periods and decreases in diurnal periods, with

peaks in the dusk. The tide may be also affects the noises. This temporal pattern may be related to the biological activity of the species (shrimps, barnacles, sea urchins, mussels, among others) located in the rocky shores near the hydrophone.

Keywords: Soundscape ecology; Soundscape; Underwater soundscape, Passive acoustic monitoring.

INTRODUÇÃO

O oceano contém sistemas biológicos importantes do ponto de vista ecológico e econômico, e a necessidade de monitorar a diversidade desses ecossistemas é de alta prioridade para os esforços de conservação. O monitoramento da biodiversidade tornou-se uma ferramenta indispensável para este fim, devido à degradação ambiental de grande escala e das mudanças climáticas. Apesar do crescente esforço mundial de conservação, a biodiversidade continua a diminuir em diversos ecossistemas do planeta, representando uma ameaça ao bem-estar da humanidade e à estabilidade dos ecossistemas (HARRIS; RADFORD, 2014).

Os ruídos possuem diferentes tipos de origem. Juntos, os ruídos de origem biológica (biofonia), ambiental (geofonia) e antropogênica (antropofonia) constituem uma assinatura acústica que pode variar nas escalas espacial e temporal (PIJANOWSKI et al., 2011). Os mesmos autores consideram que a paisagem acústica é um dos elementos que compõem o ecossistema.

As comunidades ecológicas são geralmente específicas por tipos de habitat. A combinação da estrutura do habitat com os ruídos gerados pelas espécies ali presentes cria um ambiente particular, uma paisagem acústica local.

Padrões da paisagem acústica possuem o potencial de prover informações sensoriais significativas para animais, que refletem as mudanças nas características biológicas e físicas do ambiente. Comparado a outras fontes de sinais sensoriais no ambiente marinho, como luz e elementos químicos, o ruído está presente em todas as profundidades dos oceanos (COTTER, 2009). A paisagem acústica pode ser instrumento da estrutura e funcionalidade das comunidades marinhas, podendo afetar em processos como locomoção, reprodução, disposição territorial, forrageamento, assentamento das larvas e seleções de habitats (CATO; NOAD; MCCAULEY, 2005; MONTGOMERY et al., 2006).

A biofonia (ruído biológico) cobre uma grande área de frequência sonora nos habitats marinhos. Alguns organismos aquáticos possuem a capacidade de produzir sons, que geralmente estão relacionados à comunicação, mas também podem ser sons incidentes de comportamento como alimentação, locomoção, reprodução, territorialismo e ecolocalização (CATO, 2005).

A distribuição de ruídos subaquáticos dos crustáceos não é excedida por nenhum outro tipo de animal (EVEREST; YOUNG; JOHNSON, 1947). Os estalos dos camarões são uma das mais difusas fontes de ruídos biológicos em águas rasas. Tais estalos podem variar de 2.5kHz até 20kHz, e não apresentam variações devido a hora do dia (AU, 1998).

Outros invertebrados como ouriços do mar também têm despertado o interesse de pesquisadores. A frequência dos ruídos durante a alimentação de ouriços pode variar de 0.8kHz até 2.5kHz com picos aproximadamente de 1k até 1.2Hz, e são mais ativos durante o crepúsculo (RADFORD et al., 2008).

Os peixes produzem ruídos em baixas frequências, variando de 0.05kHz até 2kHz, mas em sua maioria, emitem sons na faixa de 0.1 a 0.5kHz (MYRBERG; FUIMAN, 2002; ZELICK; MANN; POPPER, 2011). Peixes não produzem apenas ruídos como indivíduos, mas em coro, que são altamente variáveis por espécies, hora do dia e estação do ano. A energia em baixa frequência pode chegar a 20 ou 30 dB na presença do coro de peixes (HILDEBRAND, 2009).

Técnicas acústicas podem ser empregadas na identificação e rastreamento de populações ou indivíduos, na avaliação da diferença entre populações e habitats, na recolonização de ambientes degradados através de ruídos, e nas estimativas de densidade populacionais ou diversidade entre populações (LAIOLO, 2010).

O presente trabalho possui como objetivo a caracterização da paisagem acústica nos níveis da biofonia (faixa de frequência de 2kHz a 4kHz), sua variação temporal e sua possível relação com fatores abióticos.

DESENVOLVIMENTO

Área de estudo

As gravações acústicas foram realizadas durante o mês de abril de 2013 na Enseada dos Anjos, Arraial do Cabo – RJ (Figura 01). A morfologia da costa, associada ao regime de ventos de nordeste e leste que predominam principalmente entre os meses de setembro e março, desencadeiam o fenômeno da ressurgência. Assim, a Água Central do Atlântico Sul (ACAS) aflora à superfície, com características extremamente distintas, sendo as temperaturas menores que 20°C, chegando, muitas vezes, próximo a 15°C (FRANCHITO et al., 2008). As águas frias e ricas em nutrientes da ACAS contribuem para o aumento da riqueza de habitats e um consequente aumento na diversidade de espécies (VALENTIN; ANDRE; JACOB, 1987).

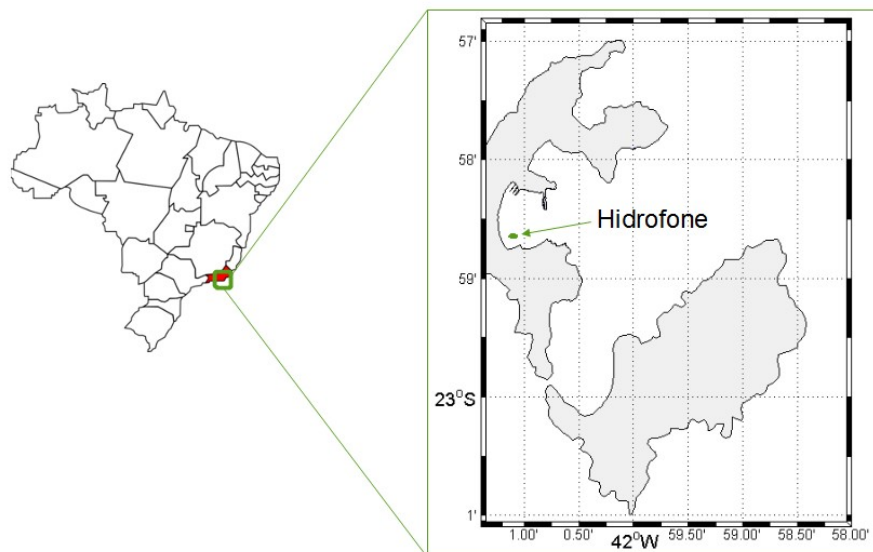


Figura 01: Área de estudo.

Coleta de dados *in situ*

As gravações foram feitas usando um hidrofone da marca *International Transducer Corporation*, modelo ITC-6080c com sensibilidade de -154dB re 1V/1μPa. Tais dados foram gravados durante o mês de abril de 2013, com uma frequência de amostragem $f_s = 44.1\text{kHz}$ (correspondente a frequência de Nyquist de 22.05kHz, resolução de 16 bits e digitalizados em formato *wav file* utilizando o software *ProTOOLS*). Eles foram armazenados em um notebook comercial, sendo 10 minutos a cada hora. O hidrofone estava a uma distância de 130m do antigo píer do IEAPM e 200m do costão. A profundidade local na região do hidrofone era de 4m e ele estava a 0,8m do fundo (Figura 02).

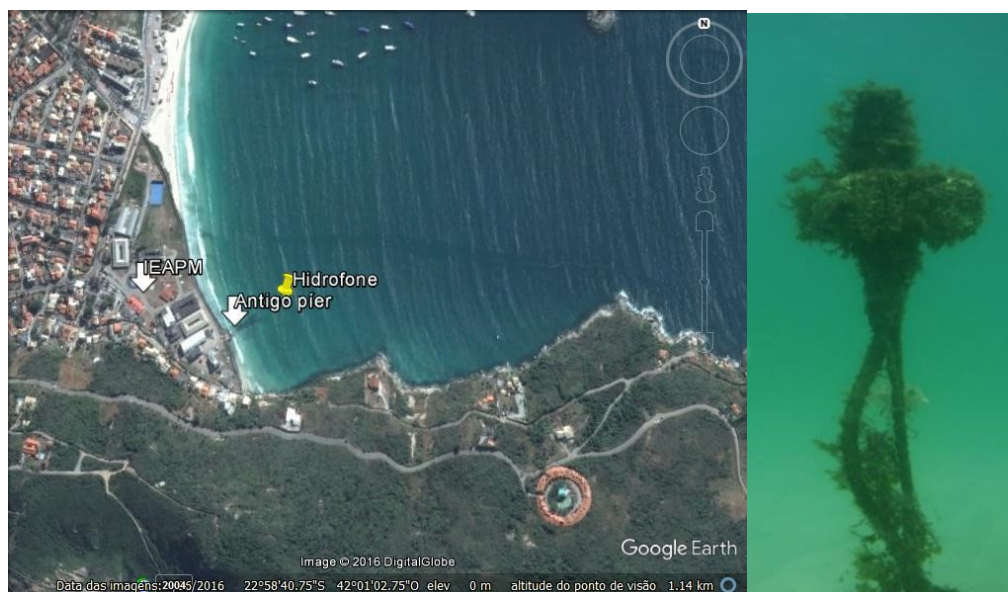


Figura 02: Posicionamento e hidrofone *in situ*.

Análise dos dados

A análise dos dados acústicos foi realizada utilizando os softwares *Raven* e *Matlab*. A Potência média (dB) foi calculada para cada arquivo de 10 minutos, no programa *Raven Pro* 1.5, na faixa de frequência entre 2kHz a 4kHz. Tais valores foram concatenados ao longo do tempo, de modo que fosse possível analisar a potência média nessa banda ao longo do tempo de monitoramento. A faixa de frequência foi selecionada devido à grande influência de sinais de origem biológica, como pode ser visto em (AU, 1998; EVEREST; YOUNG; JOHNSON, 1947; MYRBERG; FUIMAN, 2002; RADFORD et al., 2008).

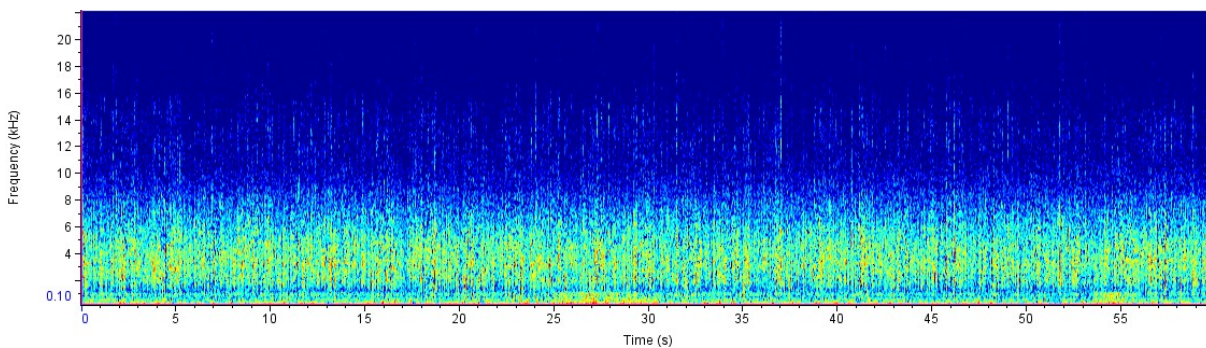


Figura 03: Exemplo do sinal coletado (Espectrograma).

Os dados abióticos (vento e maré) foram obtidos, respectivamente, pela estação meteorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) em Arraial do Cabo - RJ e pelo marégrafo da Marinha do Brasil instalado no Porto do Forno. Os dados de vento foram analisados semanalmente utilizando o software WRPLOT.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A variação da potência média evidenciou um padrão diurno periódico ao longo do mês de monitoramento, onde a potência do ruído é maior durante a noite e menor de dia (Figura 04). As Figuras 05 e 06 mostram esse padrão através da média diária por semana e da potência durante o monitoramento. Na figura 05, nota-se também que durante o pôr (18h) e nascer (6h) do sol esse ruído é maior do que no restante das horas. Tais picos estão relacionados com uma maior atividade biológica durante os períodos de crepúsculo. De acordo com Radford et al (2008b), algumas espécies de crustáceos são mais ativas durante esses períodos.

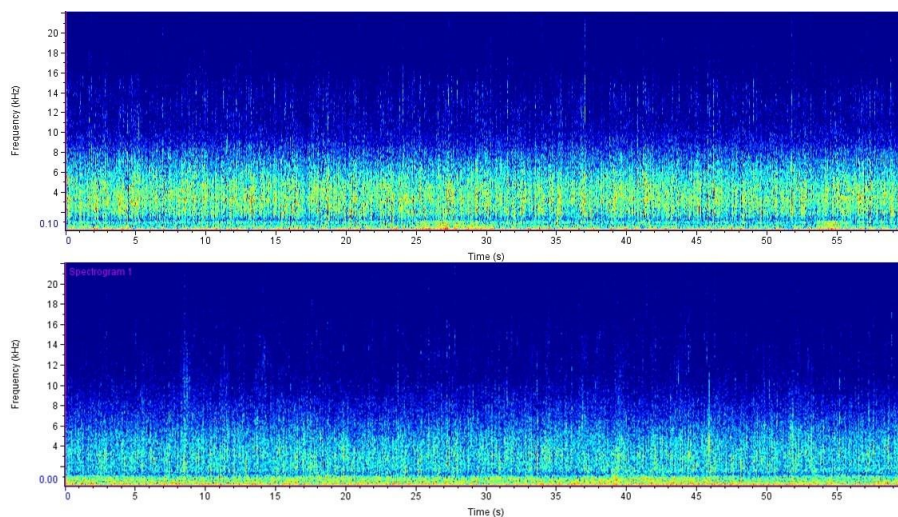


Figura 04: Espectrograma para 3h (superior) e 15h (inferior).

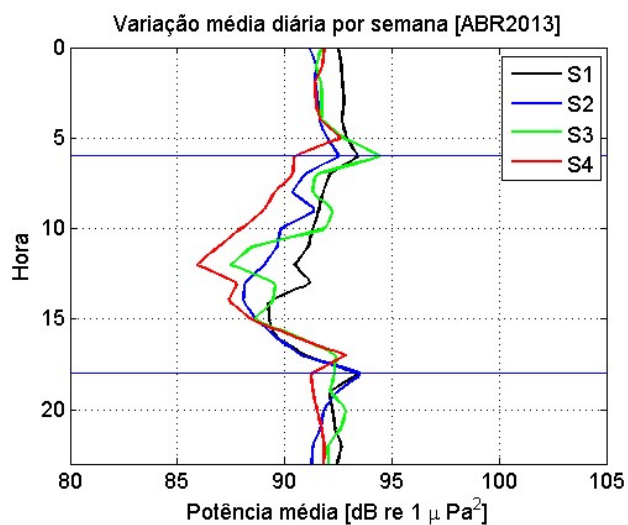


Figura 05: Média da variação diária por semana [S1: 1ª semana, S2: 2ª semana, S3: 3ª semana e S4: 4ª semana].

Além disso, entre o 15º e 20º dia do mês a potência média do ruído aumenta significativamente (em torno de 5 dB) o que indica a ocorrência de algum evento atípico, provavelmente provocado por um fator ambiental ou antropogênico (Figura 06 – retângulo tracejado). Analisando a potência média do ruído em relação a fase lunar nota-se o aumento do ruído no período de transição da lua nova para crescente. Ao contrário da maré de sizígia, na maré de quadratura ocorrem menores amplitudes, ou seja, o nível do mar varia menos nesse período. Outro fator importante é que nesse monitoramento a fase lunar não influencia a variação de ruído, exceto no período citado anteriormente. Nesse período, a influência indireta ocorre devido a uma menor amplitude de maré. Contudo, algumas espécies de animais têm demonstrado relação a padrões lunares e de maré (BUTLER et al., 2016; PARSONS et al., 2010). De acordo com Bertucci et al. (2015), durante a lua cheia alguns habitats apresentam um elevado nível de ruído em baixa frequência.

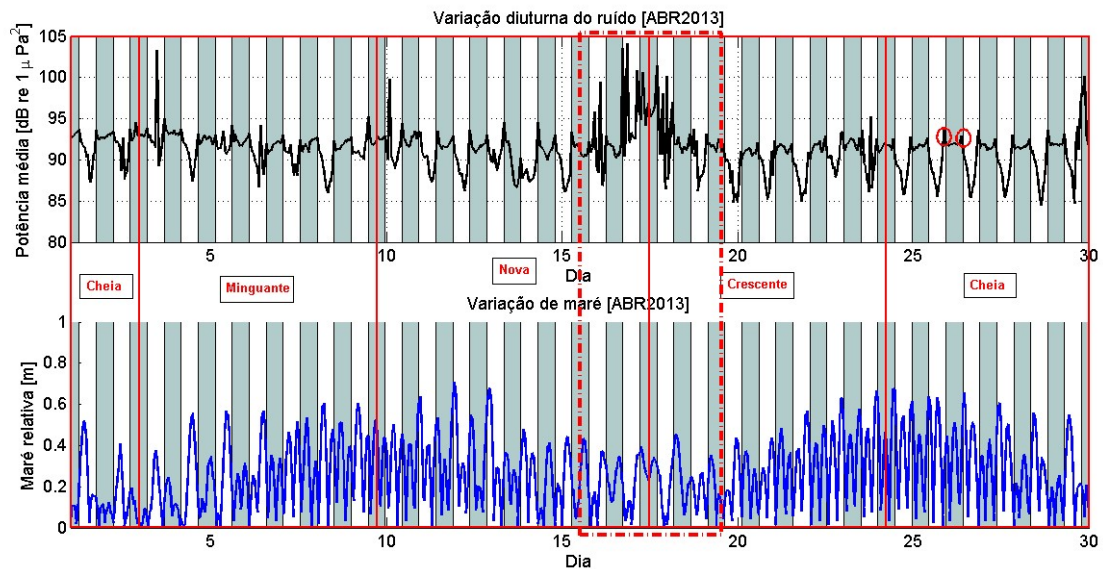


Figura 06: Variação da potência média (superior) e da maré (inferior) ao longo do mês de abril de 2013. (As faixas azuis e brancas representam, respectivamente, períodos noturnos e vespertinos; círculos vermelhos representam os períodos de pico durante o crepúsculo).

No mesmo período, os dados de vento mostram a incidência de ventos de OESTE, o que caracteriza a passagem de uma frente fria. Esse fenômeno coincidiu com o período de menor amplitude de maré, podendo influenciar a potência média (dB) dos ruídos. Contudo, não há dados suficientes para confirmar o ocorrido.

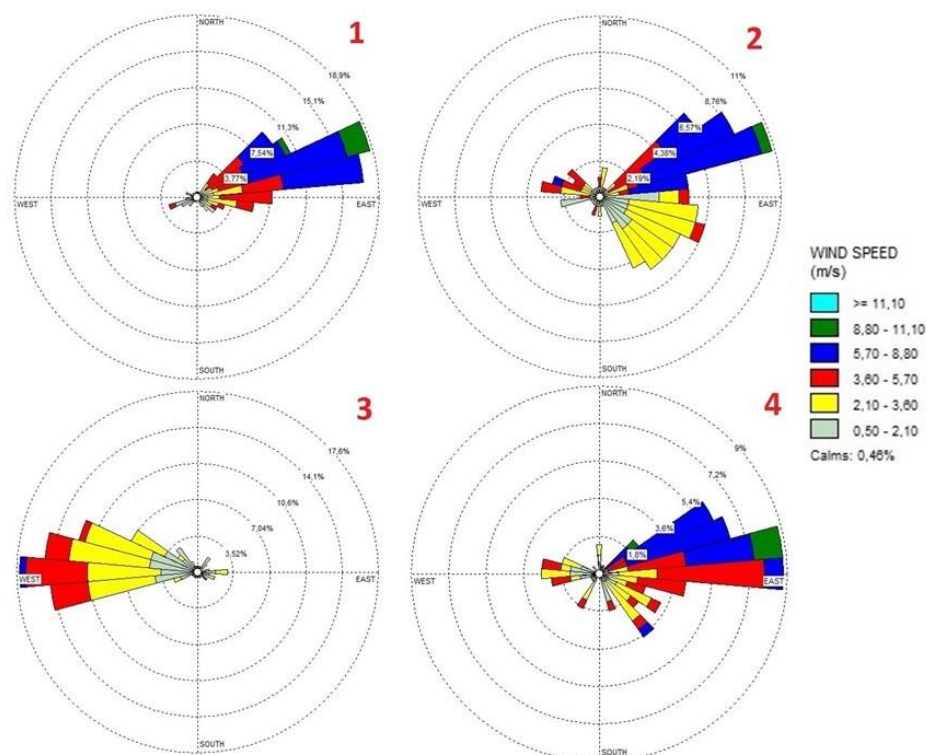


Figura 07: Rosa dos ventos por semanas durante o mês de abril na estação de Arraial do Cabo, RJ.

CONCLUSÕES

De acordo com o monitoramento acústico, pode-se concluir que a variação da potência média do ruído na faixa de 2kHz a 4kHz segue um padrão temporal periódico. Nesse padrão, nota-se que a potência do ruído é maior durante os períodos noturnos do que nos vespertinos. Além disso, as horas próximas ao crepúsculo têm potência maior do que no restante do dia, o que provavelmente está ligado a uma maior atividade biológica. A relação entre a menor amplitude de maré e o aumento do ruído ocorreu durante o período, porém é necessária uma série de dados maior para tal confirmar esse fato.

A faixa de frequência analisada representa uma parte dos ruídos biológicos, contudo seria de grande interesse observar futuramente outras faixas de frequência, para que se possa obter uma visão holística entre a variação do ruído e ruídos dos habitats estudados.

A medição contínua e concomitante em outro ponto pode vir a agregar informações valiosas para uma futura comparação entre ruídos e habitats, de modo que seja possível observar assinaturas acústicas ou diferentes padrões acústicos.

AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem ao Dr. Rogério Candella pelos dados oceanográficos e ao Grupo de Acústica Submarina do IEAPM pelos dados do monitoramento acústico.

REFERÊNCIAS

AU, W. W. L. The acoustics of the snapping shrimp *Synalpheus parneomeris* in Kaneohe Bay.

The Journal of the Acoustical Society of America, v. 103, n. 1, p. 41, 1998.

BUTLER, J.; STANLEY, J. A.; BUTLER, M. J. 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.

CATO, D. H.; NOAD, M. J.; MCCAULEY, R. D. Passive acoustics as a key to the study of marine animals. In: H. MEDWIN (Ed.). . **Sounds in the sea : from ocean acoustics to acoustical oceanography**. New York: Cambridge University Press, 2005. p. 411–429.

COTTER, A. J. R. The “Soundscape” of the Sea, Underwater Navigation, and Why We should be Listening More. **Advances in Fisheries Science: 50 years on from Beverton and Holt**, n. January 2008, p. 451–471, 2009.

EVEREST, F. A.; YOUNG, R. W.; JOHNSON, M. . Acoustical Characteristics of Noise Produced by Snapping Shrimp. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 19, n. 4, p. 726, 1947.

FRANCHITO, S. H. et al. Interaction between coastal upwelling and local winds at Cabo Frio, Brazil: An observational study. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, v. 47, n. 6, p. 1590–1598, 2008.

HARRIS, S. A.; RADFORD, C. A. **Marine Soundscape Ecology**. Inter.noise. **Anais...**Melbourne: 2014

HILDEBRAND, J. A. Anthropogenic and natural sources of ambient noise in the ocean. **MARINE ECOLOGY PROGRESS SERIES**, v. 395, p. 5–20, 2009.

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

MONTGOMERY, J. C. et al. Sound as an Orientation Cue for the Pelagic Larvae of Reef Fishes and Decapod Crustaceans. **Advances in Marine Biology**, v. 51, n. 6, p. 143–196, 2006.

MYRBERG, A. A.; FUIMAN, J. L. A. The Sensory World of Coral Reef Fishes. In: SCIENCE, E. (Ed.). . **Coral Reef Fishes**. [s.l: s.n.].

PARSONS, M. J. G. et al. A comparison of techniques for ranging close-proximity mulloway (*Argyrosomus Japonicus*) calls with a single hydrophone. **Acoustics Australia**, v. 38, n. 3, p. 145–151, 2010.

RADFORD, C. A. et al. Temporal patterns in ambient noise of biological origin from a shallow water temperate reef. **Oecologia**, v. 156, n. 4, p. 921–929, 2008.

VALENTIN, J. L.; ANDRE, D. L.; JACOB, S. A. Hydrobiology in the Cabo Frio (Brazil) upwelling: two-dimensional structure and variability during a wind cycle. **Continental Shelf Research**, v. 7, n. 1, p. 77–88, 1987.

ZELICK, R.; MANN, D. A.; POPPER, A. N. **Acoustic Communication in Fishes and Frogs**. 2011.