

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA
BIODIVERSIDADE**

**Paisagem acústica submarina de um sítio reprodutivo da baleia-jubarte
(*Megaptera novaeangliae*)**

Júlio Baumgarten/ baumgarten.julio@gmail.com
M^a Isabel Gonçalves/ misabelcgoncalves@gmail.com
Renata Sousa-Lima/ sousalima.renata@gmail.com

Tamires Fernandes/ tamires.f@hotmail.com
Mestrado/2019

Ilhéus 29/09/2019

RESUMO

A Ecologia de Paisagens Acústicas é uma área que permite obter informações sobre a saúde de um ecossistema, as interações acústicas de uma comunidade e o seu monitoramento. A Região de Serra Grande, (BA), é um importante sítio reprodutivo para a população do estoque A da baleia-jubarte. O objetivo deste trabalho é 1) descrever a paisagem acústica submarina da Região de Serra Grande durante a temporada de reprodução das baleias-jubarte (julho a outubro); 2) identificar as fontes sonoras dominantes; 3) Identificar variações diárias nas fontes sonoras; 4) Avaliar como fatores abióticos (vento e chuva) influenciam a paisagem acústica; 5) Avaliar o nível de perturbação antrópica submarina; 6) Avaliar a efetividade de quatro índices acústicos na descrição da paisagem acústica. Espera-se que a fauna seja composta por diferentes grupos taxonômicos, como peixes, crustáceos e mamíferos, com domínio de determinados grupos e diferentes faixas de frequência. Os ruídos provenientes dos fatores abióticos apresentarão variação ao longo do dia, influenciando nos sons produzidos pelos animais. Os ruídos provenientes de fontes antrópicas serão baixos. Os índices acústicos serão capazes de evidenciar as diferentes fontes sonoras e as características distintas dos sons que compõem a paisagem acústica. Este trabalho fornecerá uma ferramenta de monitorar as mudanças na paisagem acústica a longo prazo.

Palavras-chave: monitoramento acústico passivo, canto, coro de peixe, índices acústicos

INTRODUÇÃO

O conjunto de sons que formam uma comunidade ao longo do tempo é denominado paisagem acústica, definida como “distribuição temporal e espacial de sons através de uma paisagem, que refletem importantes processos ecossistêmicos e atividades humanas” (Pijanowski *et al.*, 2011). A Ecologia de Paisagens Acústicas permite obter informações sobre a saúde de um ecossistema, a dinâmica acústica de uma comunidade e o monitoramento de ambientes (Farina, 2014).

O campo da Ecologia de Paisagens Acústicas teve início no final da década de 1980 (Pijanowski *et al.*, 2011), mas cresceu majoritariamente nos últimos 10 anos em razão do desenvolvimento de tecnologias de Monitoramento Acústico Passivo (MAP) (Lindseth, Lobel, 2018). O MAP é utilizado para o monitoramento acústico ambiental de longo prazo, uma vez que emprega sensores de baixo custo e minimamente invasivos (Lopes, 2018).

As informações geradas em um registro acústico são visualizadas em diagramas denominados espectrogramas, que informam as faixas de frequência e intensidade do registro sonoro ao longo do tempo. A interpretação destes registros tem sido realizada através de índices acústicos (Sueur *et al.*, 2014). Um índice acústico é uma estatística capaz de resumir os aspectos da distribuição espectro-temporal da energia acústica em um registro sonoro, com a intenção de revelar seu conteúdo ecológico (Towsey *et al.*, 2014). Os índices acústicos foram majoritariamente desenvolvidos para o ambiente terrestre (Sueur *et al.*, 2014, Ferreira *et al.*, 2018), sendo necessário entender o seu desempenho no ambiente marinho (Lopes, 2018).

Diversas espécies dependem das pistas acústicas de seus habitats ou da eficiência na propagação de seus sinais para transmitir informações importantes (Bradbury e Vehrcamp, 2011). Especialmente no ambiente marinho, uma vez que a luz é limitada à superfície, enquanto a onda sonora alcança longas distâncias (Urlick, 1983).

A acústica é a principal fonte de comunicação entre os cetáceos (Richardson *et al.*, 1995), os peixes utilizam o som para evitar predadores e detectar presas (Slabbekoorn *et al.*, 2010). Além disso, as larvas de peixes e de crustáceos decápodes recifais parecem se orientar e selecionar o substrato de assentamento de acordo com o ruído ambiental (Montgomery *et al.*, 2006; Vermeij *et al.*, 2010).

O aumento dos níveis de ruído antrópico gerado por embarcações e outras atividades humanas no mar tem se mostrado amplamente prejudicial à fauna marinha (Popper e Hastings, 2009; Sousa-Lima e Clark, 2009; Noren *et al.*, 2016). Os sons gerados por embarcações podem mascarar os sinais acústicos da fauna, impedir a comunicação, afetar o sucesso reprodutivo, além de alterar a maneira como os animais exploram o ambiente e localizam suas presas e predadores (Dunlop *et al.*, 2010; Kight e Swaddle, 2011; Slabbekoorn *et al.*, 2016).

A população do estoque A da baleia-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) migra para a costa do Brasil durante o inverno austral para se reproduzir entre os meses de julho e outubro (Zerbini *et al.*, 2006). Na Região de Serra Grande Gonçalves (2017) descreveu o canto da baleia-jubarte, comportamento associado à reprodução, o aumento no número de registros de indivíduos ao longo dos anos, além da presença de filhotes, o que indica que a área é um sítio reprodutivo da espécie. Estudos realizados na Região do Banco dos Abrolhos indicam que o ruído gerado por embarcações pode alterar o comportamento reprodutivo da baleia-jubarte (Sousa-Lima e Clark, 2009).

OBJETIVOS

Os objetivos gerais deste trabalho são identificar os principais contribuintes da paisagem acústica submarina da Região de Serra Grande, Uruçuca-BA, durante a temporada das baleias-jubarte, e testar a efetividade de índices acústicos na descrição da paisagem, afim contribuir com o aprimoramento de métodos para a interpretação de dados de paisagens acústicas submarinas.

Objetivos específicos

- Caracterizar a ocorrência e contribuição de diferentes grupos taxonômicos na paisagem acústica
- Identificar variações diárias nas fontes sonoras
- Identificar as fontes sonoras dominantes
- Avaliar como fatores abióticos (vento e chuva) influenciam a paisagem acústica
- Avaliar o nível de perturbação antrópica submarina na Região de Serra Grande
- Avaliar a efetividade de diferentes índices acústicos na descrição da paisagem acústica

Hipóteses

As hipóteses deste trabalho são que a paisagem acústica seja composta por crustáceos, peixes e mamíferos, pois estes grupos são os principais contribuintes da biofonia (sons gerados pelos animais) (Bittencourt *et al.*, 2016; Erbe *et al.*, 2015), com domínio de determinados grupos em diferentes faixas de frequência. Esperamos que baleia-jubarte seja um importante

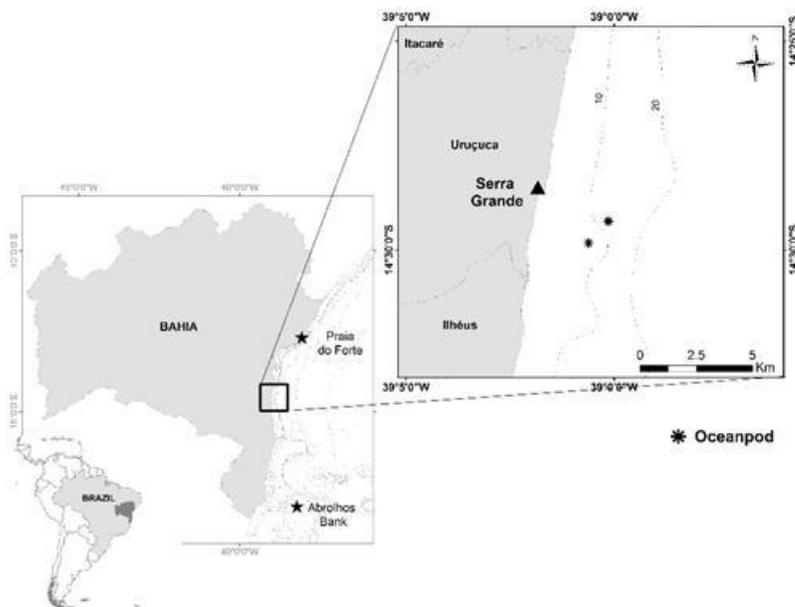
contribuinte da paisagem, por ser uma espécie vocalmente ativa e a área de estudo ser um sítio reprodutivo (Gonçalves *et al.*, 2018). Os peixes e os crustáceos apresentarão um padrão diário nas emissões sonoras (Bittencourt *et al.*, 2016; Erbe *et al.*, 2015; Sánchez-Gendriz e Padovese, 2016; Johnson *et al.*, 1947). Os peixes e crustáceos têm maior atividade durante a noite. Esse comportamento nos crustáceos é associado a um mecanismo para evitar predadores (Radford *et al.*, 2008). Os ruídos provenientes dos fatores abióticos irão apresentar diferentes níveis em razão da variação intrínseca nas taxas de precipitação e velocidade do vento. Essa variação irá influenciar as vocalizações da baleia-jubarte devido ao aumento no nível de ruído (Dunlop *et al.*, 2010). Os ruídos provenientes de fontes bióticas serão baixos, devido ao baixo tráfego de embarcações na área.

METODOLOGIA

Área de estudo

Serra Grande (14 ° 28'30" S; 39 ° 01'50" W) está localizada no sul da Bahia, entre os municípios de Ilhéus e Itacaré, no Nordeste do Brasil, (Figura 1). Nesta região a plataforma continental é curta (Prates *et al.* 2012), e as baleias-jubarte concentram-se perto da costa (Gonçalves *et al.*, 2018). A temperatura média anual da água varia entre 24 e 29 °C (NOAA, 2016), e o assoalho oceânico é formado por rochas e areia (Freire e Dominguez, 2006).- A fauna marinha da região é composta principalmente por equinodermos, crustáceos, peixes, quelônios e cetáceos (Camillo *et al.*, 2009; Bamin, 2011; Batista *et al.*, 2012). Dentre estes, existem famílias no grupo dos crustáceos, dos peixes e cetáceos que produzem sons.

Figura 1 - Mapa da Região de Serra Grande, Bahia, evidenciando a localização da implantação dos oceanpods.



Coleta dos dados

Os dados foram coletados através do monitoramento acústico passivo, utilizando gravadores subaquáticos autônomos desenvolvidos pelo Laboratório de Acústica e Meio Ambiente (LACMAM/USP) em 2014, 2015, 2018 e 2019. Os gravadores foram colocados até 2,7 km da costa, durante a temporada de reprodução das baleias-jubarte e programados de acordo com especificações (tabela 1).

Tabela 1 – Especificações da coleta dos dados

Equipamento	Gravadores subaquáticos autônomos
Local da amostragem	Serra Grande, Uruçuca, BA
Taxa de amostragem	2014 e 2015: 11,025 kHz 2018 e 2019: 16 kHz
Profundidade de ancoragem do equipamento	15 a 22 m
Horário de amostragem	2014: 07:00 as 17:00h 2015, 2018 e 2019: 00:00 as 24:00h
Período de gravação	2014: julho a outubro 2015: setembro a novembro 2018: agosto a outubro 2019: julho a outubro

ANÁLISE DOS DADOS

Os áudios serão separados em arquivos diários no software Raven Pro 1.5 (*Cornell Lab of Ornithology*, 2019), gerando espectrogramas diários. A identificação das fontes sonoras bióticas e abióticas, assim como sua variação serão realizadas nos espectrogramas através de literatura específica.

Para identificar as fontes sonoras dominantes e a distribuição diferencial dos níveis sonoros na paisagem, será gerado um gráfico denominado Power Spectral Density (PSD). O PSD é um espectro padronizado dos níveis sonoros, utilizado para estimar distribuição do nível de som e a intensidade da variação de energia em função da frequência. Esse gráfico será gerado através do código modelo *PAMGuide* (Merchant *et al.*, 2015) utilizando o programa estatístico R, versão 3.6.1 (R Development Core Team, 2014).

O nível de perturbação antrópica na paisagem acústica será avaliado através do Índice de Paisagem Acústica de Diferença Normalizada (Kasten *et al.*, 2012), que calcula a razão entre a antropofonia e a biofonia. A ocorrência de embarcações e navios que trafegam pela região será mensurada através de dados disponíveis no *Marine Traffic* (<http://www.marinetraffic.com/>), pelo registro no campo (ponto fixo), e através da identificação dos ruídos antrópicos nos espectrogramas. Os dados referentes à velocidade do vento e às taxas pluviométricas serão retirados do *Sentinel Weather*

(<https://app.sentinel-weather.com/>), que serão comparados com as informações geradas pelos espectrogramas. Caso a ocorrência dos fenômenos se confirme tanto pelo espectrograma quanto pelos dados retirados do *Sentinel Weather*, a relação entre estes eventos e a biofonia será feita.

Serão avaliados quatro índices, Índice de Complexidade Acústica, Ruído de Fundo, Entropia Temporal e Índice de Eventos Acústicos (tabela 2). Os cálculos serão realizados de acordo com o descritor de cada índice., utilizando o pacote *see wave* no programa estatístico R (R Development Core Team, 2014).

Tabela 2 – Definição e descritores dos índices acústicos que serão calculados para investigar seu desempenho em gravações de longa duração de paisagens acústicas marinhas

Índice	Descrição	Descritor do índice
Índice de Complexidade Acústica - ACI	Quantifica a mudança relativa na intensidade acústica em cada frequência e cada amplitude	Pieretti <i>et al</i> (2011)
Ruído de Fundo – BGN	Estima o ruído de fundo das gravações	Truskinger <i>et al.</i> , (2014)
Entropia Temporal - 1-H[t]	Mensura a energia acústica em cada faixa de frequência	Towsey <i>et al.</i> , (2014).
Eventos Acústicos – EVN	Conta os eventos acústicos por minuto	Towsey <i>et al.</i> (2017)

Tabela formatada

Para capturar características distintas do som e revelar a dinâmica espectro-temporal da gravação, serão gerados espectrogramas denominados Long Duration False-Colors (LDFC's) no software *QUT Ecoacoustic Analysis Programs* (Truskinger *et al.*, 2014). Os LDFC's são uma ferramenta de visualização baseada em índices acústicos para gravações de longa duração, que facilitam a interpretação do conteúdo ecológico (Towsey *et al.*, 2014). Os LDFC's serão gerados a partir da combinação de três índices: Índice de Complexidade Acústica, Índice de Eventos Acústicos e Índice de Entropia Temporal.

IMPACTOS DO ESTUDO PARA A CONSERVAÇÃO

A Região de Serra Grande é caracterizada como uma área de reocupação pela baleia-jubarte (Gonçalves *et al* 2018), após sua população ter sido amplamente reduzida devido à caça (Zerbini *et al.*, 2019). As ameaçadas sofridas pela espécie incluem o mascaramento dos sinais acústicos (Clark *et al.*, 2009), colisão com embarcações (Bezamat, *et al.*, 2014), e a alteração de comportamento devido à aproximação de embarcações (Sousa-Lima, Clark, 2009). Com todas as licenças necessárias para o início das obras, está prevista a construção de um porto na Região, considerado o maior complexo portuário do Nordeste brasileiro (Bamin, 2011). O porto levará ao aumento do tráfego de embarcações e conseqüentemente, o aumento do ruído antrópico. A caracterização da paisagem acústica submarina na região antes da implementação do porto fornecerá um baseline para o monitoramento das mudanças no ambiente a longo prazo, como o aumento do ruído antropogênico e seus efeitos sobre a fauna.

REFERÊNCIAS

Bamin. Relatório de Impacto Ambiental Porto Sul. Bahia Mineração Ltda. 2011.

Batista, R.L.G., *et al* Cetaceans registered on the coast of Ilhéus (Bahia), northeastern Brazil. *Biota Neotropica*. 2012

Bezamat, C.; Wedekin, L. L.; Simões-Lopes, P. C. Potential ship strikes and density of humpback whales in the Abrolhos Bank breeding ground, Brazil. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. 2014.

Bittencourt, L.; Barbosa, M.; Secchi, E.; Lailson-Brito Jr, J., Azevedo, A. Acoustic habitat of an oceanic archipelago in the Southwestern Atlantic. *Deep sea Research*. 2016.

Formatado: Realce

Bradbury, Jack W.; Vehrencamp, Sandra L. Principles of Animal Communication. 2o ed. Sunderland, Mass: Sinauer Associates, Inc., 2011.

Camillo, C.S. *et al.*, Características da reprodução de tartarugas marinhas (Testudines, Cheloniidae) no litoral sul da Bahia, Brasil. *Biota Neotropica*. 2009

Clark, C. W. *et al.* ‘Acoustic masking in marine ecosystems: Intuitions, analysis, and implication’, *Marine Ecology Progress Series*. 2009

Dunlop R. A., D. H. Cato; M. J. Noad. Your attention please: increasing ambient noise levels elicits a change in communication behaviour in humpback whales (*Megaptera novaeangliae*). *Progress in Oceanography*. 2015.

Erbe *et al.*, The marine soundscape of the Perth Canyon. *Progress in Oceanography*. 2014

Farina, A. Soundscape Ecology. Principles. Patterns, Methods and Applications. Ed *Springer*. 2014.

Ferreira, L. M. *et al.* ‘What do insects, anurans, birds, and mammals have to say about soundscape indices in a tropical savanna’, *Journal of Ecoacoustics*. 2018

Freire A.F.M. and Dominguez J.M.L. The holocene sequence of the central continental shelf of the State of Bahia, Brazil. *Boletim Geociências Petrobras*. 2006

Gonçalves, M.I.C. *et al.* Low latitude habitat use patterns of a recovering population of humpback whales. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 2018

Gonçalves M.I.C. Uso de habitat, comportamento e emissões acústicas das baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) na região de Serra Grande – Bahia. Tese de doutorado. Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, Brasil. 2017.

Johnson, M. W *et al.* The Role of Snapping Shrimp (*Crangon* and *Synalpheus*) in the Production of Underwater Noise in the Sea. Marine Biological Laboratory. *Biological Bulletin*. 1947.

Formatado: Fonte: Itálico

Formatado: Fonte: Itálico

Kasten, E. P. *et al.* The remote environmental assessment laboratory’s acoustic library: An

archive for studying soundscape ecology. **Ecological Informatics**, [s. l.], v. 12, p. 50–67, 2012.

Kight, C. R. and Swaddle, J. P. ‘How and why environmental noise impacts animals: An integrative, mechanistic review’, *Ecology Letters*. 2011

Lindseth, A. V., Lobel, P. S. Underwater Soundscape Monitoring and Fish Bioacoustics: A Review. *Journal Fishes*. 2018.

Lopes, L. Interpretando a contribuição da antropofonia sobre métricas acústicas em uma paisagem sonora marinha. Monografia de graduação. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2018.

Merchant, N. D. *et al.* ‘Measuring acoustic habitats’, *Methods in Ecology and Evolution*. 2015

Montgomery, J. C. *et al.* Sound as an Orientation Cue for the Pelagic Larvae of Reef Fishes and Decapod Crustaceans. *Advances in Marine Biology*, 2006.

NOAA. Ocean Products. Office of satellite and product operations. 2016.

Noren, D. P. *et al.* Comparative and cumulative energetic costs of odontocete responses to anthropogenic disturbance’, *Proceedings of Meetings on Acoustics*, 2016

Pieretti, N., Farina, A. and Morri, D. ‘A new methodology to infer the singing activity of an avian community: The Acoustic Complexity Index (ACI)’, *Ecological Indicators*. 2011.

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

Poopper, A.N. e Hastings, M.C. The effects of human-generated sound on fish. *Integrative Zoology*. 2009

Prates, A. P. L.; Gonçalves, M. A.; Rosa, M. R. Panorama da Conservação dos Ecossistemas Costeiros e Marinhos no Brasil. Brasília: MMA, 2012.

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

Richardson, W.J. *Marine Mammals and Noise*. Academic Press. 1995

Sánchez-Gendríz, I. L.R. Padovese. Underwater soundscape of marine protected areas in the south Brazilian coast. 2016.

Slabbekoorn, H., Bouton, N., van Opzeeland, I., Coers, A., ten Cate, C., Popper, A. N. A noisy spring: the impact of globally rising underwater sound levels on fish. *Trends Ecol. Evol.* 2010.

Sousa-Lima, R.S.; Clark, C.W. Whale sound recording technology as a tool for assessing the effects of boat noise in a Brazilian Marine Park. 2009.

Sueur, J. *et al.* 'Acoustic indices for biodiversity assessment and landscape investigation', Acta Acustica united with Acustica. 2014

Towsey, M., *et al.* 'The use of acoustic indices to determine avian species richness in audio-recordings of the environment', Ecological Informatics. 2014.

Towsey, M. 'The calculation of acoustic indices derived from long-duration recordings of the natural environment'. Technical report, Queensland University of Technology, Brisbane, Australia. 2017

Truskinger, A. *et al.* 'Practical Analysis of Big Acoustic Sensor Data for Environmental Monitoring', 2014 IEEE Fourth International Conference on Big Data and Cloud Computing. 2014

Urick, R. J. Principles of underwater sound. Los Altos, California: Peninsula Publishing (3ed). 1983.

Vermeij, M. J. A. *et al.* Coral larvae move toward reef sounds. PLoS ONE. 2010.

Zerbini, A.N. *et al.*, Satellite-monitored movements of humpback whales *Megaptera novaeangliae* in the Southwest Atlantic Ocean. 2006.

Zerbini, A. N. *et al.* Assessing the recovery of an Antarctic predator from historical exploitation. [s. l.]. Royal Society Open Science. 2019.