

## **Distribuição espacial de avistamentos de baleias jubarte *Megaptera novaeangliae* (Borowski: 1781) (Cetacea: Balaenopteridae) na zona costeira do Brasil**

**Spatial distribution of sightings of humpback whales *Megaptera novaeangliae* (Borowski: 1781) (Cetacea: Balaenopteridae) in the coastal zone of Brazil**

**Distribución espacial de avistamientos de ballenas jorobadas *Megaptera novaeangliae* (Borowski: 1781) (Cetacea: Balaenopteridae) en la zona costera de Brasil**

Recebido: 04/07/2022 | Revisado: 15/07/2022 | Aceito: 17/07/2022 | Publicado: 24/07/2022

### **Lucas Garcia Martins**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9886-1391>  
Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil  
E-mail: [lgm98192@gmail.com](mailto:lgm98192@gmail.com)

### **Mikaele da Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6143-3422>  
Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil  
E-mail: [mikaelydasilva233@gmail.com](mailto:mikaelydasilva233@gmail.com)

### **Adrielen Ferreira Souza**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6639-7544>  
Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil  
E-mail: [drikanavegante@yahoo.com.br](mailto:drikanavegante@yahoo.com.br)

### **Camilly Pereira Duarte**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1168-0289>  
Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil  
E-mail: [camillyduarte55@gmail.com](mailto:camillyduarte55@gmail.com)

### **Karoleni Calandrini Lopes**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6303-6495>  
Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil  
E-mail: [karolcalandrini1@gmail.com](mailto:karolcalandrini1@gmail.com)

### **Breno Carvalho da Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9404-3161>  
Universidade Estadual da Paraíba, Brasil  
E-mail: [breno.carvalho.facul@gmail.com](mailto:breno.carvalho.facul@gmail.com)

### **Resumo**

Baleias jubarte *Megaptera novaeangliae* são animais cosmopolitas e que se encontra por todo oceano Atlântico. Neste sentido, o presente estudo teve como objetivo avaliar a distribuição espacial dos avistamentos de *M. novaeangliae* na Zona Costeira do Brasil para descrever possíveis padrões espaciais e extensão de ocorrência da espécie. Foram utilizados registros de avistamentos da espécie adquiridos na plataforma de dados abertos Sistema de Monitoramento de Mamíferos Marinhos – SIMMAM. Os dados passaram por um processo de filtragem no qual foram excluídas informações duplicadas, dados com identificação visual imprecisa da espécie, localizações imprecisas, avistamentos com distância superior a 200 milhas da Zona Econômica Exclusiva (ZEE) e dados bloqueados. Para analisar os padrões de distribuição dos avistamentos, foram aplicadas as funções do Vizinho Mais Próximo (teste G), função Bivariada de Ripley (teste K) e função dos espaços vazios (teste F). As análises foram desenvolvidas com auxílio do software Rstudio versão 4.1.1. Os dados também foram submetidos ao algoritmo estimador de densidade de Kernel com aplicação da função quártica em um raio de 3° com classificação por quartis. Um total de 2889 avistamentos foram processados, os modelos espaciais (funções G, K e F) indicaram a consistência de agrupamentos e forte correlação entre os pontos de avistamentos. O algoritmo de densidade de Kernel mostrou que as baleias jubartes ocorrem desde o Amapá até Santa Catarina, mas com maiores concentrações na região do Banco de Abrolhos e na plataforma continental nordeste-leste, essas agregações são relacionadas com áreas de reprodução e engorda de filhotes, enquanto as demais regiões menos concentradas provavelmente correspondem as rotas migratórias da espécie. Este estudo apresenta uma análise descritiva de padrões de distribuição de *M. novaeangliae* para a costa brasileira e visa contribuir com o conhecimento acerca da ecologia espacial da espécie.

**Palavras-chave:** Modelagem; Migração; Geoestatística; Densidade; Cetáceo.

## Abstract

Humpback whales *Megaptera novaeangliae* are cosmopolitan animals found throughout the Atlantic Ocean. In this sense, the present study aimed to evaluate the spatial distribution of sightings of *M. novaeangliae* in the Coastal Zone of Brazil to describe possible spatial patterns and extent of occurrence of the species. Records of sightings of the species acquired on the open data platform System for Monitoring Marine Mammals – SIMMAM were used. The data underwent a filtering process in which duplicate information, data with inaccurate visual identification of the species, inaccurate locations, sightings with a distance greater than 200 miles from the Exclusive Economic Zone (EEZ) and blocked data were excluded. To analyze the distribution patterns of sightings, the Nearest Neighbor functions (G test), Ripley's Bivariate function (K test) and the empty space function (F test) were applied. The analyzes were developed with the aid of the Rstudio software version 4.1.1. The data were also submitted to the Kernel density estimator algorithm with application of the quartic function in a radius of 3° with classification by quartiles. A total of 2889 sightings were processed, the spatial models (G, K and F functions) indicated cluster consistency and strong correlation between sighting points. The Kernel density algorithm showed that humpback whales occur from Amapá to Santa Catarina, but with higher concentrations in the Abrolhos Bank region and on the northeast-east continental shelf, these aggregations are related to breeding areas and calf fattening, while the other less concentrated regions probably correspond to the migratory routes of the species. This study presents a descriptive analysis of distribution patterns of *M.novaeangliae* for the Brazilian coast and aims to contribute to the knowledge about the spatial ecology of the specie.

**Keywords:** Modeling; Migration; Geostatistics; Density; Cetacean.

## Resumen

Las ballenas jorobadas *Megaptera novaeangliae* son animales cosmopolitas que se encuentran en todo el Océano Atlántico. En este sentido, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la distribución espacial de los avistamientos de *M. novaeangliae* en la Zona Costera de Brasil para describir posibles patrones espaciales y el grado de ocurrencia de la especie. Se utilizaron registros de avistamientos de las especies adquiridos en la plataforma de datos abiertos Sistema de Monitoreo de Mamíferos Marinos – SIMMAM. Los datos se sometieron a un proceso de filtrado en el que se excluyó información duplicada, datos con identificación visual inexacta de la especie, ubicaciones inexactas, avistamientos con una distancia mayor a 200 millas de la Zona Económica Exclusiva (ZEE) y datos bloqueados. Para analizar los patrones de distribución de avistamientos, se aplicaron las funciones de vecino más cercano (prueba G), la función bivariada de Ripley (prueba K) y la función de espacio vacío (prueba F). Los análisis se desarrollaron con la ayuda del software Rstudio versión 4.1.1. Los datos también fueron sometidos al algoritmo estimador de densidad Kernel con aplicación de la función cuártica en un radio de 3° con clasificación por cuartiles. Se procesaron un total de 2889 avistamientos, los modelos espaciales (funciones G, K y F) indicaron consistencia de grupo y una fuerte correlación entre los puntos de avistamiento. El algoritmo de densidad Kernel mostró que las ballenas jorobadas ocurren desde Amapá hasta Santa Catarina, pero con concentraciones más altas en la región del Banco de Abrolhos y en la plataforma continental noreste, estas agregaciones están relacionadas con áreas de reproducción y engorde de crías, mientras que las otras regiones menos concentradas probablemente correspondan a las rutas migratorias de la especie. Este estudio presenta un análisis descriptivo de los patrones de distribución de *M.novaeangliae* para la costa brasileña.

**Palabras clave:** Modelado; Migración; Geoestadística; Densidad; Cetáceo.

## 1. Introdução

Baleias jubarte *Megaptera novaeangliae* são mamíferos marinhos pertencentes a ordem *Cetartiodactyla*, possuem distribuição em todos os oceanos e são classificadas como animais cosmopolitas, além de possuírem comportamento altamente migratório (Clapham, 2018). Costumam passar o verão e parte da primavera e outono forrageando em águas frias localizadas principalmente em regiões polares, enquanto que no inverno os animais migram para águas mais quentes das regiões tropicais e subtropicais para reprodução e período de engorda de filhotes (Mackintosh, 1948; Clapham, 2000; Dawbin, 1956, 2020).

A comissão internacional baleeira reconhece sete principais áreas de reprodução no Hemisfério Sul e seis no Hemisfério Norte (Commission, 1998). A população que reproduz no Brasil é conhecida como estoque A, na qual esta população migra principalmente para as regiões Antárticas para o forrageio (Engel & Martin, 2009; Engel et al., 2008; Stevick et al., 2006; Zerbini et al., 2006)

Milhares de baleias foram mortas durante o período da pesca baleeira, sendo o impacto distribuído ao longo de todas as populações de jubartes do mundo, no entanto as populações do Hemisfério Sul foram drasticamente afetadas devido a intensidade da atividade nessa região do globo (Comerlato, 2010; Oliveira & Carignatto, 2003). No entanto, após a moratória da pesca de baleias, todos os estoques populacionais demonstram significativos sinais de recuperação e aumento demográfico das

populações, na qual estão recuperando espaço nos oceanos. A maioria das populações do Hemisfério Sul demonstram claros sinais de recuperação (Bannister & Hedley, 2001; Clapham, 2000; Findlay et al., 2020; Findlay et al., 2017; Flórez-González, 1991; Paterson & Paterson, 1989), com ênfase no estoque A que reproduz na costa brasileira (Ward et al., 2020; Zerbini et al., 2006).

O arranjo espacial de uma população é vital para nortear estudos acerca da ecologia comportamental, manejo e a biogeografia da conservação (Amorim & Monteiro-Neto, 2016; Madeira et al., 2008; Silva, 2015). Espacialmente, algumas variáveis como a força e direção de correntes, aporte alimentar e temperatura, irão denunciar grande influência no bem-estar e preferência de habitat dos animais (Botta, 2011; da Costa Oms, 2018; Oliveira, 2015; Wedekin, 2007, 2012). Logo, a medida de importância do hábitat dos animais é a diminuição da pressão de predação e disponibilidade alimentar, sendo diretamente relacionadas com a sobrevivência e reprodução (Acevedo-Gutiérrez, 2009; Acevedo-Gutiérrez, 2009).

É a partir deste espectro que, um dos modos de analisar a recuperação de uma população, está ligado com sua distribuição espaço-temporal: populações com baixas taxas de reprodução e crescimento são mais gregárias em ambientes ideais, em contraste a populações com essas variáveis elevadas, pois tendem a dispersarem muito mais a partir dos ambientes ideais evitando competição por recursos, chamada de denso-dependência (Holt & Barfield, 2010).

De modo geral, os cetáceos são animais dotados de alta mobilidade e tendência de ampla distribuição (Alejandro Acevedo-Gutiérrez, 2009). Para espécies que parcelam suas atividades em áreas de reprodução e áreas de forrageio são levantadas duas hipóteses: a primeira explica que as temperaturas mais altas são vitais para desenvolvimento dos filhotes em seus estágios iniciais de vida, enquanto a segunda leva em conta a evasão para diminuir a predação natural por orcas (Bannister & Hedley, 2001; Calambokidis et al., 2008; Corkeron & Connor, 1999; Ford & Reeves, 2008; Nielsen et al., 2001; Steiger et al., 2008).

As áreas escolhidas pelas jubarte são normalmente associados a ambientes recifais, ilhas e zonas costeiras, pois apresentam proteção geográfica e geológica naturais que permitem o desenvolvimento dos filhotes em segurança durante a amamentação (Dawbin, 1956; Whitehead & Moore, 1982). O padrão já observado no Brasil é de grande concentração dos indivíduos do estoque A na região do Banco de Abrolhos (Andriolo, et al., 2010; Andriolo et al., 2010; Martins et al., 2001; Ward et al., 2020).

A partir deste contexto, o presente estudo tem por objetivo avaliar e descrever a distribuição espacial e se existem padrões de agregações entre os avistamentos de *Megaptera novaeangliae* desde o estado do Amapá até Santa Catarina englobando toda a Zona Econômica Exclusiva (ZEE).

## 2. Metodologia

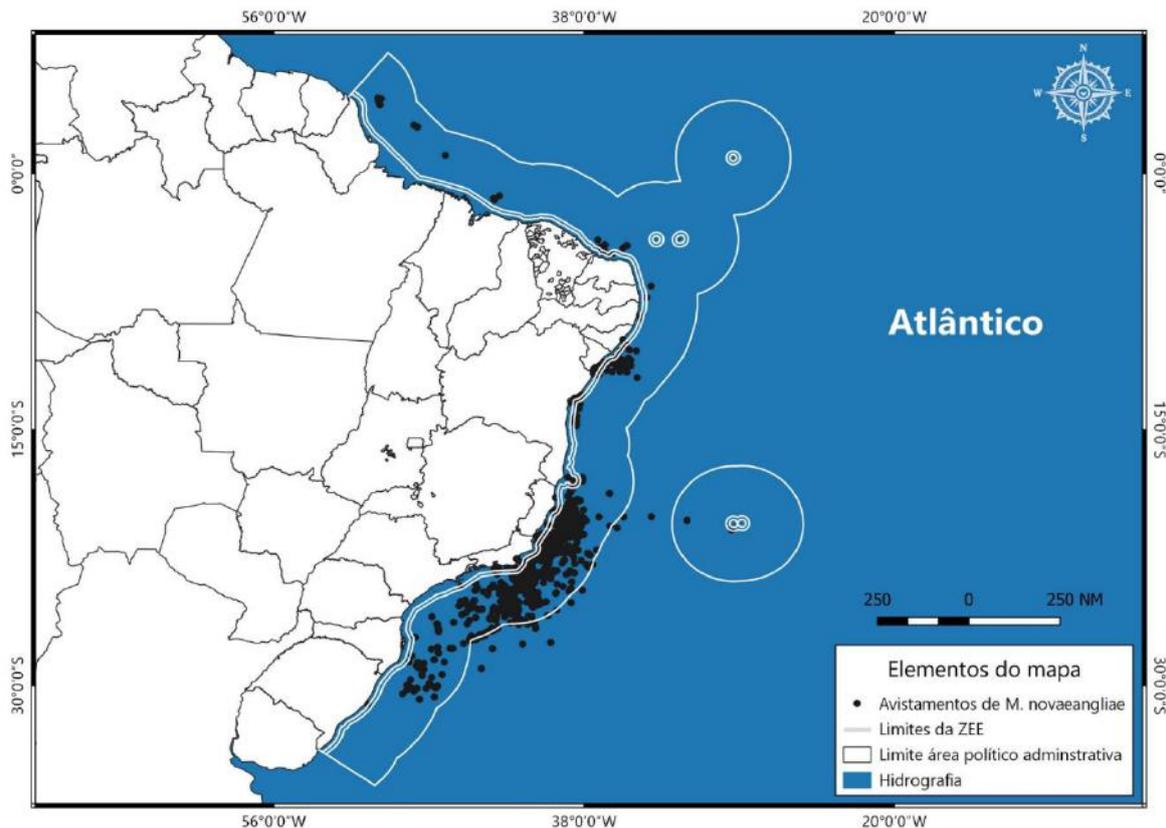
Esta pesquisa tem caráter descritivo, com abordagem quantitativa (Pereira et al., 2018), na qual trabalhamos com registros de avistamentos de *M. novaeangliae* aplicando a metodologia da Análise de Processos Pontuais (*Point Pattern Analysis*) seguindo recomendações de Baddeley et al., 2005.

Os dados utilizados foram adquiridos na plataforma de dados abertos Sistema de Monitoramento de Mamíferos Marinhos – SIMMAM (Cabral & Barreto, 2022). Foram observados 3.003 registros de avistamentos numa janela temporal do ano de 1996 ao ano de 2021. Os dados coletados na plataforma passaram por um processo de filtragem, no qual foram excluídas informações duplicadas, dados com identificação visual imprecisa da espécie, localizações imprecisas, avistamentos com distância superior a 200 milhas da Zona Econômica Exclusiva (ZEE) e dados bloqueados, na qual foram utilizados 2889 registros de avistamentos. Foram utilizados apenas registros de avistamentos de *M. novaengliae* para a costa brasileira.

## 2.1 Área de estudo e conjunto de dados

O ambiente marinho do Brasil corresponde a uma unidade territorial de mais de 8.500 km<sup>2</sup> que engloba 17 estados e mais de 400 municípios desde a região norte equatorial ao sul temperado. O mar territorial possui uma faixa de 12 milhas náuticas a partir da linha de costa sendo uma das maiores zonas costeiras do mundo. A Zona Marinha tem início na região costeira compreendendo a plataforma continental e a Zona Econômica Exclusiva – ZEE. No Brasil a ZEE possui extensão de 200 milhas a partir da costa e ilhas da área (Figura 1) (Bastos, 2022; CGTI, 2022).

**Figura 1** - Zona Costeira Brasileira com destaque na Zona Econômica Exclusiva (linhas brancas) e avistamentos de baleias jubarte nos anos de 1996 a 2021 (pontos pretos), na qual a escala do mapa é expressa em milhas náuticas (NM).



Fonte: Autores (2022).

## 2.2 Análises espaciais

As análises espaciais seguiram as recomendações de (Brunsdon & Comber, 2014; Gómez-Rubio, 2016). Para verificar a existência de padrões espaciais, foi aplicada a função do Vizinho Mais Próximo de alta ordem (Função G): este é um método comparativo da distância média entre os vizinhos mais próximos em um conjunto de pontos cujo padrão é, teoricamente conhecido (dos Santos et al., 2016). Esta função pode ser explicada empiricamente pela equação (1):

$$\hat{G}(h) = \frac{\#(d(u_i, u_j) \leq h)}{n} \quad (1)$$

Em que o valor normalizado acumulado em uma determinada distância  $h$  é equivalente a soma dos vizinhos mais próximos de cada evento, na qual a distância é menor ou igual a  $h$ , sendo dividida pelo número de eventos na área amostrada. Essa análise foi escolhida pois se trata de um método exploratório inicial na qual pode-se testar a interação entre os eventos pontuais, ou seja, os avistamentos. Os gráficos são gerados em uma curva cumulativa que mostra como os eventos se relacionam, em distribuição agregada, regular ou completamente aleatória. Essa análise então permite testar as hipóteses  $A_0$  de aleatoriedade entre os eventos

e  $A_1$  de que os eventos estão interagindo e denunciando agregações como indicado por Brunson e Comber (2014) e Baddeley et al. (2015). As próximas análises irão testar as mesmas hipóteses.

A função Bivariada de Ripley (Função K) é uma análise robusta que permite avaliar se a distribuição dos pontos segue uma constância em um intervalo de distâncias (dos Santos et al., 2016). Anjos et al., 2004 discorre que essa função é uma avaliação da densidade de probabilidade que leva em conta a variância de todas as distâncias entre todos os pontos. Esse método consiste na criação de círculos de raio  $h$ , centralizados para cada localização com uma quantificação do número de pontos que se localizam dentro do círculo. Também denominada de medida do momento de segunda ordem reduzido, ela é definida em uma análise univariada representada pela equação (2):

$$\lambda K(h) = E(\# \text{eventos contidos a uma distância } h \text{ de um evento arbitrário}) \quad (2)$$

na qual o # representa a associação com o número de eventos,  $E()$  é um operador de estimação e  $\lambda$  é a intensidade ou a média do número de eventos dentro de cada unidade de área. É assumida a dispersão uniforme, logo garantido como uma função constante na região e que, empiricamente, expressa a equação (3) da seguinte maneira:

$$\hat{K}(h) = \frac{A}{n^2} \sum_i^n \sum_{j, i \neq j}^n \frac{I_h(d_{ij})}{w_{ij}} \quad (3)$$

Em que A corresponde a área da região, n o número de eventos observados,  $I_h(d_{ij})$  sendo essa uma função indicatriz com valor de 1 se  $(d_{ij}) \leq h$  e 0 em caso contrário,  $w_{ij}$  é a proporção da circunferência dos círculos centrais nos eventos / pontos  $i$  que estão presentes dentro da região do círculo (correção devido ao efeito de borda) (Anjos et al., 2004; Capretz, 2004; Capretz et al., 2012).

O Índice de Lacunaridade ou função de espaços vazios (Função F), corresponde a um método com múltiplas escalas para determinar a textura espacial e verificar a existência de padrões de lacunas, o que auxilia em avaliação de dispersão espacial sendo aplicável para dados unidimensionais, bidimensionais e tridimensionais. Essa função fornece uma análise das frações gerais de um mapa (área total/ delimitada) ou transectos em uma área de interesse e estabelece uma avaliação de autosimilaridade, escala de aleatoriedade e estrutura hierárquica espacial. Em padrões autosimilares esse índice permite a criação da dimensão fractal. É um método eficaz e facilmente utilizado para linguagens de programação e softwares de geoprocessamento (Brunson & Comber, 2014; Plotnick et al., 1993).

Para verificar um padrão de agregação plotado em mapa, foi aplicado o Algoritmo Estimador de Densidade de Kernel Univariada, que é um método estatístico não-paramétrico com uma função de densidade suavizada (Nhongo, Fontana, & Guasselli, 2019). O software utilizado para a análise foi o Qgis versão 3.14 (Ref). O algoritmo é definido matematicamente pela seguinte equação:

$$\hat{f}(x) = \frac{1}{nh^2} \sum_{i=1}^n K\left\{\frac{x-x_i}{h}\right\} \quad (4)$$

Na equação 4:  $n$  é o número de pontos observados;  $h$  é a largura de banda;  $k$  é a função Kernel;  $x$  é o vetor de coordenada que representa a localização do ponto; e  $x_i$  é o vetor da  $i$ -ésima coordenada que representa cada ponto observado em relação ao estimado (Nhongo et al., 2019).

Os critérios adotados foram: raio estimado de 3º graus, sendo calculado a partir da função de matriz da distância padrão, foi aplicada uma função quártica que atribui o mesmo peso para os pontos plotados do mapa e garante um ótimo ajuste para interpolação. Ele foi configurado para classificar os pontos em intervalos de quartis par melhorar visualização dos agrupamentos aplicando um método linear (Lucambio, 2008; Nhongo et al., 2019; Wanderley, 2013).

As análises de padrões pontuais supracitadas foram geradas no software R com utilização do editor Rstudio versão 4.1.0 (Team, 2021) e os gráficos e análises foram processados e plotados a partir do pacote *spatstat* (Baddeley et al., 2005).

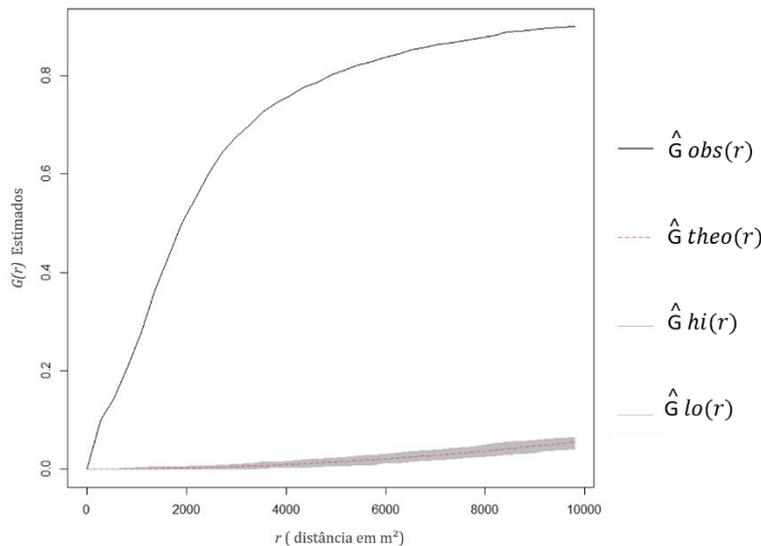
### 3. Resultados e Discussão

A plotagem dos avistamentos no mapa (Figura 1) mostram uma grande concentração de ocorrências da espécie na região do Banco de Abrolhos seguida por agregações menores distribuídas na região costeira de Alagoas e Pernambuco, os demais registros de avistagens foram dispersos pela ZEE.

Estudos de Julião, 2013 mostraram a densidade de *M.novaeangliae* para a região do Nordeste-Leste até a região da Plataforma Continental Sudeste e talude continental da mesma região, sendo toda a área possuindo registros da espécie, no entanto apresentaram resultados similares em seus modelos, na qual as maiores concentrações de *M. novaeangliae* foram presentes na região de Abrolhos e na região de recifes do litoral dos estados de Alagoas e Pernambuco. No entanto, o estudo não levou em conta avistagens nas porções superiores do Brasil nas plataformas norte-nordeste, em contraste o presente estudo, houveram consideráveis registros de avistamentos da espécie nessas regiões confirmando sua distribuição em toda extensão da costa brasileira.

A função do Vizinho Mais Próximo (Função G) plotada (Figura 2) mostra uma curva de valores empíricos  $\hat{G}_{obs}(r)$  acima da curva de valores teóricos  $\hat{G}_{theo}(r)$  e mostra que a curva cumulativa apresentou rápido crescimento, esse comportamento das simulações e crescimento da curva denunciam que os eventos (avistamentos) estão relacionados, logo existe um padrão de agrupamento dos eventos em pequenas escalas de distância dado rápido crescimento da curva empírica  $\hat{G}_{obs}(r)$  em função dos valores de escala da distância no eixo y descrito por  $G(r)$ . A análise denuncia que existem agrupamentos na distribuição dos eventos o que permite que a hipótese  $A_1$  de que os eventos estão interagindo e denunciando agregações, não seja rejeitada.

**Figura 2** – Função do Vizinho Mais Próximo (teste G) onde  $\hat{G}_{obs}(r)$  corresponde a simulação de valores empíricos,  $\hat{G}_{theo}(r)$  a simulação dos valores teóricos,  $\hat{G}_{hi}(r)$  e  $\hat{G}_{lo}(r)$  aos intervalos das estimativas máximas e mínimas das distâncias que geram o envelope (preenchimento em cinza).

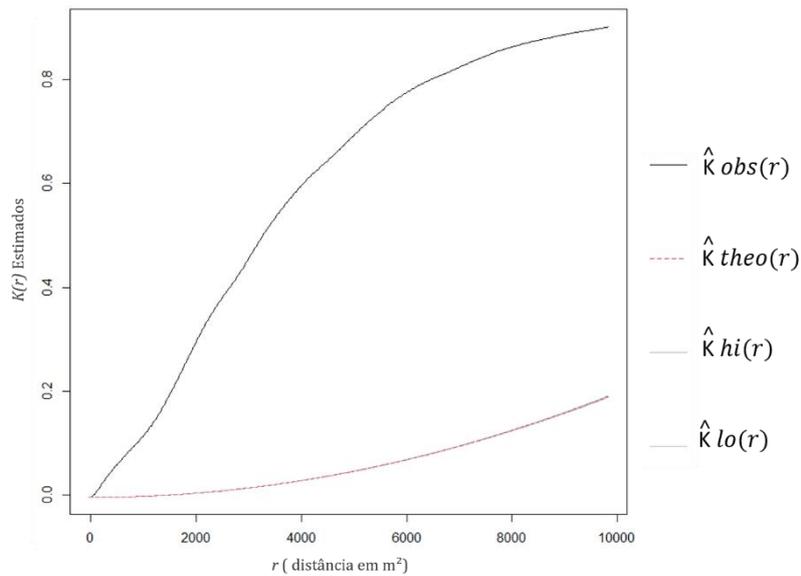


Fonte: Autores (2022).

A função Bivariada de Ripley (Função K) (Figura 3) mostra que curva de valores empíricos  $\hat{K}_{obs}(r)$  está acima da curva de valores teóricos  $\hat{K}_{theo}(r)$ , esse comportamento denuncia que os valores são consistentes com agrupamentos no espaço amostral. Logo, a análise denuncia que existem agregações, reforçando a aceitação da hipótese  $A_1$  de agrupamentos pontuais dos avistamentos. A análise espacial, no entanto, apesar de ser demonstrada para entender esses padrões, por se tratar de dados

biológicos, devem ser interpretados correlativamente a esses aspectos. Logo, o que explica o porquê de haver essas agregações é a maior quantidade de avistagens nas regiões de Abrolhos e nos estados de Alagoas e Pernambuco devido tratarem-se das regiões de berçário de baleias jubarte, é importante ressaltar que estudos atuais denunciam também a recuperação de outras áreas de reprodução no litoral brasileiro o que amplia as regiões onde haverá maior agregação da espécie (Gonçalves et al., 2018a; Ward et al., 2020; Zerbini, Andriolo, et al., 2020; Zerbini et al., 2020).

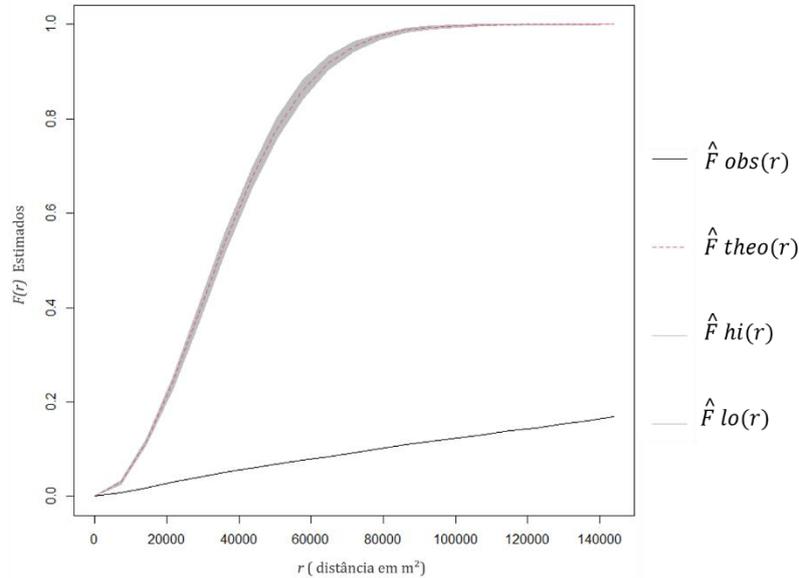
**Figura 3** - Função Bivariada de Ripley (teste K) onde  $\hat{K}_{obs}(r)$  corresponde a simulação de valores empíricos,  $\hat{K}_{theo}(r)$  a simulação dos valores teóricos,  $\hat{K}_{hi}(r)$  e  $\hat{K}_{lo}(r)$  aos intervalos das estimativas máximas e mínimas das distâncias que geram o envelope (preenchimento em cinza).



Fonte: Autores (2022).

A função de espaços vazios (Figura 4) mostra que curva de valores empíricos  $\hat{F}_{obs}(r)$  está abaixo da curva de valores teóricos  $\hat{F}_{theo}(r)$ , este padrão é comumente visto como oposto aos resultados das funções G e K e indica que as distâncias dos espaços vazios são maiores do que seria esperada se o padrão correspondente fosse completamente aleatório, por tal fato o comportamento dessa curva revela a consistência com agrupamento.

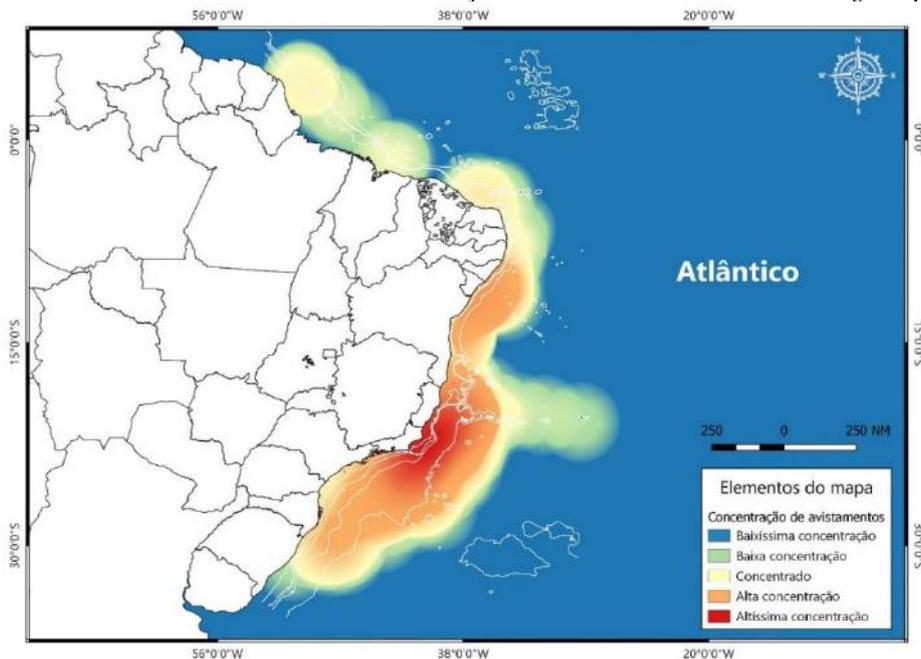
**Figura 4** - Função de Espaços Vazios (teste F) onde  $\hat{F}_{obs}(r)$  corresponde a simulação de valores empíricos,  $\hat{F}_{theo}(r)$  a simulação dos valores teóricos,  $\hat{F}_{hi}(r)$  e  $\hat{F}_{lo}(r)$  aos intervalos das estimativas máximas e mínimas das distâncias que geram o envelope (preenchimento em cinza).



Fonte: Autores (2022).

A análise de densidade de Kernel é um método eficaz utilizado para estimar em mapas os padrões de distribuição de avistamentos de cetáceos (Derville et al., 2019; K. Findlay et al., 2020; Monnahan et al., 2019). O mapa plotado (Figura 5), mostra que *M. novaeangliae* ocorre em todo o litoral, mas concentra-se principalmente nas regiões de Abrolhos e na plataforma nordeste-leste.

**Figura 5** – Mapa de densidade de Kernel mostrando a distribuição dos avistamentos de *M. novaeangliae* para a ZEE brasileira.



Fonte: Autores (2022).

É possível perceber que a região sul em direção a região sudeste no Banco de Abrolhos apresenta um aumento da alta para altíssima concentração dos avistamentos, esse aspecto está relacionado com o fato de ser uma região onde as jubartes utilizam como rota migratória para o ambiente de reprodução em Abrolhos ou mais acima seguindo com a Corrente do Brasil (Dawbin, 2020; Findlay et al., 2020; Martins et al., 2001; Zerbini, Andriolo, et al., 2020).

É válido ressaltar que o Banco de Abrolhos é uma região mais atrativa para as baleias jubartes pois, o complexo recifal é uma região que fornece proteção natural para os filhotes, além disso as águas quentes e calmas são vitais para essa fase de crescimento e engorda dos neonates (Dawbin, 2020; Findlay et al., 2020).

Estudos de Gonçalves, et al., 2018 mostraram que as baleias jubartes vêm reocupando espaços que não haviam mais apresentado grande presença, o litoral de Serra Grande no estado da Bahia, está em adjacência com o Banco de Abrolhos e apresenta similaridades geomorfológicas e oceanográficas com o sistema recifal, nesse estudo foi observado aumento de *M. novaeangliae* para esta região. Esse resultado veio da recuperação da população do estoque A já indiciada por outros trabalhos (Paterson & Paterson, 1989; Ward et al., 2020). Portanto, o presente estudo corrobora para reiterar a distribuição e as áreas de concentração e reocupação das jubartes nas regiões sudeste e nordeste do Brasil.

Em estudos de Zerbini, et al., 2020 foi aplicado o método da telemetria satelital na qual foram monitoradas as rotas migratórias de 7 indivíduos de *M. novaeangliae* em sua migração das regiões Antárticas para o Banco de Abrolhos, na qual os autores demonstraram à similaridade entre as rotas dos animais em direção a região de reprodução.

Baleias jubarte são animais de grande mobilidade e resiliência fisiológica comprovadas, sobretudo por suportarem as variações oceanográficas entre as regiões polares, temperadas e equatoriais (Abras, 2015; Castro, 2015). As baleias do Atlântico possuem seus movimentos migratórios regulados pelas variações na temperatura do mar e duração do fotoperíodo enquanto estão em regiões polares para movimentarem-se as regiões de reprodução (tropicais), em contraste as áreas de reprodução são naturalmente mais quentes e apresentam variações sutis em seus parâmetros físicos (Visser et al., 2011). No entanto, é válido ressaltar que durante a temporada reprodutiva, esses animais não se alimentam, logo a carência energética e diminuição da atividade dos hormônios da reprodução podem ser agentes desencadeadores da movimentação destes animais de volta as regiões de alimentação (Loudon, 1994; Schneider, 2004; Wade & Schneider, 1992).

É importante observar que os estudos acerca da distribuição e migração das jubartes possuem concentração nas regiões nordeste-leste, sul e sudeste do Brasil, embora haja vários avistamentos para a porção superior do país, são muito escassos os estudos para essa região. A distribuição encontrada no presente estudo mostra uma baixa concentração dos avistamentos para a plataforma norte-nordeste, provavelmente devido à baixa quantidade de cruzeiros oportunisticos e dedicados na região. Hipotizamos que as baleias utilizam estas regiões devido a passagem da Corrente Norte do Brasil que leva em direção as águas do Caribe que são caracterizadas como outra região de atrativa para baleias jubarte (Acevedo et al., 2008; de Moraes, 2011)

#### 4. Conclusão

A baleia jubarte possui distribuição por toda extensão da Zona Econômica Exclusiva do Brasil, as análises do presente estudo puderam confirmar a existência de padrões de agrupamento dos avistamentos e elaborar um modelo de distribuição para descrever onde os animais estão mais concentrados o que denuncia suas áreas de reprodução e as demais áreas como possíveis rotas migratórias ainda pouco estudadas. O presente estudo visa contribuir com o conhecimento acerca da ecologia espacial e populacional das baleias jubartes para o Brasil, sendo este um estudo descritivo que denuncia as áreas de maior prioridade para estudos e projetos de manejo da espécie.

Recomendamos maiores estudos acerca da dinâmica populacional e sobretudo ecologia comportamental da espécie, além das influências que as variáveis ambientais e antrópicas terão sobre a distribuição destes animais ao longo da Zona Costeira do Brasil. Estudos demográficos e monitoramento por telemetria serão vitais para avaliação e monitoramento do estoque

populacional que visita o país. Dessa forma, os estudos ecológicos irão permitir a promoção da preservação da baleia jubarte em águas jurisdicionais brasileiras.

## Agradecimentos

Somos gratos parceria e companheirismo dos autores para o desenvolvimento desta pesquisa e ao apoio dado pelos professores da Universidade Federal Rural da Amazônia.

## Referências

- Abras, D. R. (2015). Efeito de parâmetros ambientais na migração de baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) entre Mar de Scotia e Banco dos Abrolhos (PhD Thesis). Universidade de São Paulo.
- Acevedo, R., Oviedo, L., Silva, N., & Bermudez-Villapol, L. (2008). A note on the spatial and temporal distribution of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) off Venezuela, Southeastern Caribbean. *Journal of Cetacean Research and Management*, 10(1), 73–79.
- Acevedo-Gutiérrez, Alejandro. (2009). Habitat use. *Encyclopedia of marine mammals* (p. 524–529). Elsevier.
- Acevedo-Gutiérrez, AlejAndro. (2009). Group behavior. *Encyclopedia of marine mammals* (p. 511–520). Elsevier.
- Amorim, R. B., & Monteiro-Neto, C. (2016). Área marinha protegida e a distribuição espacial da pescaria de rede de emalhe em Copacabana, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. *Brazilian Journal of Biology*, 76, 1–9. SciELO Brasil.
- Andriolo, A., Kinas, P. G., Engel, M. H., Martins, C. C. A., & Rufino, A. M. (2010). Humpback whales within the Brazilian breeding ground: Distribution and population size estimate. *Endangered Species Research*, 11(3), 233–243.
- Andriolo, A., Rocha, J. M. da, Zerbini, A. N., Simões-Lopes, P. C., Moreno, I. B., Lucena, A., Danilewicz, D., et al. (2010). Distribution and relative abundance of large whales in a former whaling ground off eastern South America. *Zoologia (Curitiba)*, 27, 741–750. SciELO Brasil.
- Anjos, A. dos, Mazza, M. C. M., dos Santos, A. C. M. C., & Delfini, L. T. (2004). Análise do padrão de distribuição espacial da araucária (*Araucaria angustifolia*) em algumas áreas no Estado do Paraná, utilizando a função K de Ripley. *Embrapa Florestas-Artigo em periódico indexado (ALICE)*. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, n. 66, p. 38-45, dez. 2004.
- Baddeley, A., Turner, R., Waagepetersen, R., Berthelsen, K. K., Schuhmacher, D., Qi, A. A., Beale, C., et al. (2005). spatstat: Spatial Point Pattern analysis, model fitting and simulation. R package version. Citeseer.
- Bannister, J. L., & Hedley, S. L. (2001). Southern Hemisphere group IV humpback whales: Their status from recent aerial survey. *MEMOIRS-QUEENSLAND MUSEUM*, 47(2), 587–598.
- Botta, S. (2011). Uso do habitat e identificação de unidades populacionais de pequenos cetáceos do Atlântico Sul-Occidental através de isótopos estáveis e elementos traço.
- Brunsdon, C., & Comber, L. (2014). *An introduction to R for spatial analysis and mapping*. Sage.
- Cabral, A., & Barreto, A. S. (2022). SIMMAM 3.0 – Updating the Toolbox for the Conservation of Marine Mammals | bioRxiv. [http://simmam.acad.univali.br/Recuperado junho 28, 2022, de https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2022.03.14.484333v1](http://simmam.acad.univali.br/Recuperado%20junho%2028,%202022,%20de%20https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2022.03.14.484333v1)
- Calambokidis, J., Schorr, G. S., Steiger, G. H., Francis, J., Bakhtiari, M., Marshall, G., Oleson, E. M., et al. (2008). Insights into the underwater diving, feeding, and calling behavior of blue whales from a suction-cup-attached video-imaging tag (CRITTERCAM). *CASCADIA RESEARCH COLLECTIVE OLYMPIA WA*.
- Capretz, R. L. (2004). Análise dos padrões espaciais de árvores em quatro formações florestais do estado de São Paulo, através de análises de segunda ordem, como a função K de Ripley. (PhD Thesis). Universidade de São Paulo.
- Capretz, R. L., Batista, J. L. F., Sotomayor, J. F. M., Cunha, C. R. da, Nicoletti, M. F., & Rodrigues, R. R. (2012). Padrão espacial de quatro formações florestais do estado de São Paulo, através da função K de Ripley. *Ciência Florestal*, 22, 551–565. SciELO Brasil.
- Castro, J. P. G. R. de. (2015). Comportamentos e fisiologia do estresse de *Megaptera novaeangliae* ao longo da estação reprodutiva na região do Arquipélago de Abrolhos (BA-Brasil).
- CGTI, A. (2022). Zona Costeira e Marinha. Ministério do Meio Ambiente. <https://antigo.mma.gov.br/biodiversidade/biodiversidade-aquatica/zona-costeira-e-marinha.html>
- Clapham, P. J. (2000). The humpback whale. *Cetacean Societies, field studies of dolphins and whales*. Chicago: The University of Chicago, 173–196.
- Clapham, P. J. (2018). Humpback whale: *Megaptera novaeangliae*. *Encyclopedia of marine mammals* (p. 489–492). Elsevier.
- Comerlato, F. (2010). A baleia como recurso energético no Brasil. *Simpósio Internacional de História Ambiental e Migrações*, 1.
- Commission, I. W. (1998). Report of the scientific committee. *Rep. Int. Whal. Commn*, 48, 53–118.
- Corkeron, P. J., & Connor, R. C. (1999). Why do baleen whales migrate? 1. *Marine Mammal Science*, 15(4), 1228–1245. Wiley Online Library.

- da Costa Oms, G. (2018). Co-ocorrência, uso de habitat e movimentos dos golfinhos steno bredanensis e tursiops truncatus no nordeste do brasil (PhD Thesis). Universidade Federal de Santa Catarina.
- Dawbin, W. H. (1956). The migrations of humpback whales which pass the New Zealand coast. *Transactions of the Royal Society of New Zealand* (Vol. 84, p. 147–196). The Society.
- Dawbin, W. H. (2020). *The Seasonal Migratory Cycle of Humpback Whales. Whales, dolphins, and porpoises* (p. 145–170). University of California Press.
- Derville, S., Torres, L. G., Dodémont, R., Perard, V., & Garrigue, C. (2019). From land and sea, long-term data reveal persistent humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) breeding habitat in New Caledonia. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 29(10), 1697–1711. Wiley Online Library.
- Engel, M. H., & Martin, A. R. (2009). Feeding grounds of the western South Atlantic humpback whale population. *Marine Mammal Science*, 25(4), 964–969. Blackwell Publishing Inc Malden, USA.
- Engel, Márcia H., Fagundes, N. J., Rosenbaum, H. C., Leslie, M. S., Ott, P. H., Schmitt, R., Secchi, E., et al. (2008). Mitochondrial DNA diversity of the Southwestern Atlantic humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) breeding area off Brazil, and the potential connections to Antarctic feeding areas. *Conservation Genetics*, 9(5), 1253–1262. Springer.
- Findlay, K., Meyer, M., Elwen, S., Kotze, D., Johnson, R., Truter, P., Uamasse, C., et al. (2020). Distribution and abundance of humpback whales, *Megaptera novaeangliae*, off the coast of Mozambique, 2003. *J. Cetacean Res. Manage.*, 163–174.
- Findlay, K. P., Seakamela, S. M., Meÿer, M. A., Kirkman, S. P., Barendse, J., Cade, D. E., Hurwitz, D., et al. (2017). Humpback whale “super-groups”—A novel low-latitude feeding behaviour of Southern Hemisphere humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the Benguela Upwelling System. *PloS one*, 12(3), e0172002. Public Library of Science San Francisco, CA USA.
- Flórez-González, L. (1991). Humpback whales *Megaptera novaeangliae* in the Gorgona Island, Colombian Pacific breeding waters: Population and pod characteristics. *Memoirs of the Queensland Museum*, 30(2), 291–295.
- Ford, J. K., & Reeves, R. R. (2008). Fight or flight: Antipredator strategies of baleen whales. *Mammal Review*, 38(1), 50–86. Wiley Online Library.
- Gómez-Rubio, V. (2016). Spatial point patterns: Methodology and applications with R. *Journal of Statistical Software*, 75, 1–6.
- Gonçalves, M. I. C., Sousa-Lima, R. S. de, Teixeira, N. N., Carvalho, G. H., Danilewicz, D., & Baumgarten, J. E. (2018a). Padrões de movimento das baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) reocupando uma área reprodutiva brasileira. *Biota Neotropica*, 18(4). SciELO Brasil.
- Gonçalves, M. I. C., Sousa-Lima, R. S. de, Teixeira, N. N., Carvalho, G. H., Danilewicz, D., & Baumgarten, J. E. (2018b). Movement patterns of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) reoccupying a Brazilian breeding ground. *Biota Neotropica*, 18. SciELO Brasil.
- Holt, R. D., & Barfield, M. (2010). Metapopulation perspectives on the evolution of species’ niches. *Spatial Ecology* (p. 188–211). CRC Press Taylor & Francis Group.
- Julião, H. P. (2013). Abundância e distribuição da baleia jubarte (*Megaptera novaeangliae*) na costa do Brasil (Master’s Thesis).
- Loudon, A. S. I. (1994). Photoperiod and the regulation of annual and circannual cycles of food intake. *Proceedings of the Nutrition Society*, 53(3), 495–507. Cambridge University Press.
- Lucambio, F. (2008). Estimador Kernel da função de densidade. Universidade Federal do Paraná, Departamento de Estatística. 12f.
- Mackintosh, N. A. (1948). The stock of whales. *Nature*, 162(4108), 148–148. Nature Publishing Group.
- Madeira, J. A., Ribeiro, K. T., Oliveira, M. J. R., Nascimento, J. S., & Paiva, C. do L. (2008). Distribuição espacial do esforço de pesquisa biológica na Serra do Cipó, Minas Gerais: Subsídios ao manejo das unidades de conservação da região. *Megadiversidade*, 4(1–2), 255–269.
- Martins, C. C. A., Morete, M. E., Coitinho, M. H. E., Freitas, A. C., Secchi, E. R., & Kinas, P. G. (2001). Aspects of habitat use patterns of humpback whales in the Abrolhos Bank, Brazil, breeding ground.
- Monnahan, C. C., Acevedo, J., Noble Hendrix, A., Gende, S., Aguayo-Lobo, A., & Martinez, F. (2019). Population trends for humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) foraging in the francisco coloa coastal-marine protected area, magellan strait, Chile. *Marine Mammal Science*, 35(4), 1212–1231. Wiley Online Library.
- de Moraes, S. O. C. (2011). Caracterização da corrente norte do brasil na região da retroflexão (Tese de Doutorado). Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Muehe, D., & Garcez, D. S. (2005). A plataforma continental brasileira e sua relação com a zona costeira e a pesca. *Mercator-Revista de Geografia da UFC*, 4(8), 69–88. Universidade Federal do Ceará.
- Nhongo, E. J. S., Fontana, D. C., & Guasselli, L. A. (2019). Padrões espaciais mensais de focos de calor a partir de estimativa de densidade de kernel, na reserva do niassa-moçambique.
- Nielsen, R., Mattila, D. K., Clapham, P. J., & Palsbøll, P. J. (2001). Statistical approaches to paternity analysis in natural populations and applications to the North Atlantic humpback whale. *Genetics*, 157(4), 1673–1682. Oxford University Press.
- de Oliveira, J. R. M., & Carignatto, D. (2003). *A Pesca da Baleia no Brasil: Um Estudo de História e Meio Ambiente*.
- Oliveira, R. H. T. (2015). Modelagem do uso de hábitat de cetáceos na região de Cabo Frio, estado do Rio de Janeiro, Brasil. Universidade do Estado do Rio de Janeiro.
- Paterson, R., & Paterson, P. (1989). The status of the recovering stock of humpback whales *Megaptera novaeangliae* in east Australian waters. *Biological Conservation*, 47(1), 33–48. Elsevier.

- Pereira, Luci C. Carneiro. (2007). A zona costeira amazônica brasileira: Limite e características. Simpósio Zona Costeira Amazônica, Belém/PA. Anais da 59ª Reunião Anual da SBPC.
- Pereira, Luci Cajueiro Carneiro, Dias, J. A., do Carmo, J. A., & Polette, M. (2009). A Zona costeira amazônica brasileira. *Revista de Gestão Costeira Integrada-Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 9(2), 3–7. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos.
- Plotnick, R. E., Gardner, R. H., & O'Neill, R. V. (1993). Lacunarity indices as measures of landscape texture. *Landscape ecology*, 8(3), 201–211. Springer.
- dos Santos, A. de P., Rodrigues, D. D., Santos, N. T., & Gripp Junior, J. (2016). Avaliação da acurácia posicional em dados espaciais utilizando técnicas de estatística espacial: proposta de método e exemplo utilizando a norma brasileira. *Boletim de Ciências Geodésicas*, 22, 630–650. SciELO Brasil.
- Schneider, J. E. (2004). Energy balance and reproduction. *Physiology & behavior*, 81(2), 289–317. Elsevier.
- Silva, L. G. (2015). Distribuição de espécies ameaçadas como indicador de áreas prioritárias para conservação marinha na Bacia de Pelotas, no Sul do Brasil.
- Steiger, G. H., Calambokidis, J., Straley, J. M., Herman, L. M., Cerchio, S., Salden, D. R., Urbán-R, J., et al. (2008). Geographic variation in killer whale attacks on humpback whales in the North Pacific: Implications for predation pressure. *Endangered Species Research*, 4(3), 247–256.
- Stevick, P. T., Allen, J., Clapham, P. J., Katona, S. K., Larsen, F., Lien, J., Mattila, D. K., et al. (2006). Population spatial structuring on the feeding grounds in North Atlantic humpback whales (*Megaptera novaeangliae*). *Journal of Zoology*, 270(2), 244–255. Wiley Online Library.
- Team, R. C. (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2012.
- Visser, F., Hartman, K. L., Pierce, G. J., Valavanis, V. D., & Huisman, J. (2011). Timing of migratory baleen whales at the Azores in relation to the North Atlantic spring bloom. *Marine Ecology Progress Series*, 440, 267–279.
- Wade, G. N., & Schneider, J. E. (1992). Metabolic fuels and reproduction in female mammals. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 16(2), 235–272. Elsevier.
- Wanderley, M. F. B. (2013). Estudos em estimação de densidade por Kernel: Métodos de seleção de características e estimação do parâmetro suavizador. Universidade Federal de Minas Gerais.
- Ward, E., Zerbini, A. N., Kinas, P. G., Engel, M. H., & Andriolo, A. (2020). Estimates of population growth rates of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the wintering grounds off the coast of Brazil (Breeding Stock A). *J. Cetacean Res. Manage.*, 145–149.
- Wedekin, L. L. (2007). Preferência de habitat pelo boto-cinza, *Sotalia guianensis* (Cetacea, Delphinidae) em diferentes escalas espaciais na costa sul do Brasil. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.
- Wedekin, L. L. (2012). Ecologia populacional da Baleia-Jubarte (*Megaptera Novaeangliae* Borowski, 1871) em sua área reprodutiva na Costa do Brasil, Oceano Atlântico Sul.
- Whitehead, H., & Moore, M. J. (1982). Distribution and movements of West Indian humpback whales in winter. *Canadian Journal of Zoology*, 60(9), 2203–2211. NRC Research Press Ottawa, Canada.
- Zerbini, A. N., Andriolo, A., Heide-Jørgensen, M. P., Moreira, S. C., Pizzorno, J. L., Maia, Y. G., Vanblaricom, G. R., et al. (2020). Migration and summer destinations of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the western South Atlantic Ocean. *J. Cetacean Res. Manage.*, 113–118.
- Zerbini, A. N., Andriolo, A., Heide-Jørgensen, M. P., Pizzorno, J. L., Maia, Y. G., VanBlaricom, G. R., DeMaster, D. P., et al. (2006). Satellite-monitored movements of humpback whales *Megaptera novaeangliae* in the Southwest Atlantic Ocean. *Marine Ecology Progress Series*, 313, 295–304.
- Zerbini, A. N., Ward, E. J., Kinas, P. G., Engel, M. H., & Andriolo, A. (2020). A Bayesian assessment of the conservation status of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the western South Atlantic Ocean. *J. Cetacean Res. Manage.*, 131–144.