



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO – UNIRIO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS – GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS – PPG BIO

Dissertação

Daniel Aniboletе Rocha Santos

***Quo Vadis: Adequabilidade de áreas e movimentos do boto-cinza*
[*Sotalia guianensis* (van Bénédén, 1864)] entre as baías de
Sepetiba e da Ilha Grande, Estado Rio de Janeiro – Sudeste do
Brasil.**

Rio de Janeiro – RJ

2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO – UNIRIO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS – GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS – PPG BIO

Quo Vadis: Adequabilidade de áreas e movimentos do boto-cinza [*Sotalia guianensis* (van Bénéden, 1864)] entre as baías de Sepetiba e da Ilha Grande, Estado Rio de Janeiro – Sudeste do Brasil.

Daniel Anibolete Rocha Santos

Sob orientação do Professor
Rodrigo Hipólito Tardin Oliveira

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Neotropical como requisito para obtenção do grau de Mestre em Ciências Biológicas, no Curso de Pós-Graduação em Biodiversidade Neotropical.

Rio de Janeiro – RJ
2022

Catálogo informatizado pelo(a) autor(a)

A597 Anibolete, Daniel Rocha Santos
Quo Vadis: Adequabilidade de áreas e movimentos do boto-cinza [*Sotalia guianensis* (van Bénédén, 1864)] entre as baías de Sepetiba e da Ilha Grande, Estado Rio de Janeiro ? Sudeste do Brasil / Daniel Rocha Santos Anibolete. -- Rio de Janeiro, 2022. 60 f.

Orientador: Rodrigo Hipólito Tardin Oliveira.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, 2022.

1. Cetáceos. 2. Conservação. 3. Modelagem Ecológica. 4. Costa Verde. I. Oliveira, Rodrigo Hipólito Tardin, orient. II. Título.

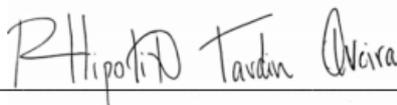
Daniel Aniboleta Rocha Santos

QUO VADIS: ADEQUABILIDADE DE ÁREAS E MOVIMENTOS DO BOTO-CINZA [*SOTALIA GUIANENSIS* (VAN BÉNÉDEN, 1864)] ENTRE AS BAÍAS DE SEPETIBA E ILHA GRANDE; ESTADO DO RIO DE JANEIRO – SUDESTE DO BRASIL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Biodiversidade Neotropical) da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, como requisito para obtenção do título de Mestre(a) em Ciências Biológicas.

Aprovada em 28 de junho de 2022.

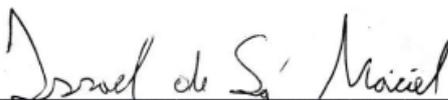
Banca Examinadora



Dr(a). Rodrigo Hipólito Tardin Oliveira (Orientador)
(Universidade Federal do Rio de Janeiro/UFRJ)



Dr(a). Maria Lucia Lorini
(Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro/UNIRIO)



Dr(a). Israel de Sá Maciel
(Universidade do Estado do Rio de Janeiro /UERJ)

“...pois tu és a minha esperança, Senhor Deus; tu és a minha confiança desde a minha mocidade. Por ti tenho sido sustentado desde o ventre; tu és aquele que me tiraste do ventre de minha mãe; o meu louvor será para ti constantemente.” – Salmos: Número 71, Versos 5 e 6.

Em honra ao Deus que até aqui me trouxe, ao Senhor Jeová, que me deu esse mestrado e escreve minha vida antes que eu fosse gerado, e em memória de cada vida perdida pelo advento da pandemia de SARS-COV-2...

Agradecimentos

“Canta, ó Musa, a ira de Aquiles, filho de Peleu...”, com essa frase Homero abre o segundo épico da história da humanidade, a *Ilíada*. Nela, Homero narra a campanha militar dos aqueus contra os filhos de Illion, também conhecida como Troia. A campanha, a maior até então, deveria ser breve e subjugar em pouco tempo o trono de Príamo, garantindo um glorioso retorno dos aqueus aos seus reinos. Mas... não... por uma década aquela guerra penosa se arrastou e levou grandes heróis ao pó, entre eles os dois maiores: Heitor, Domador de Cavalos, herdeiro do trono de Illion; e Aquiles, Filho de Peleu, Senhor dos Mirmidões. A essa altura você, leitor, deve estar se perguntando “Mas que raios de relação há entre ecologia do *Sotalia* e a Guerra de Troia?”; e de fato nenhuma, ao menos não com o boto-cinza, mas tudo com essa dissertação. Há 4 anos (meu Deus... já faz tudo isso...), eu começava a discutir o que seria essa dissertação, enquanto finalizava minha monografia. Em meados de 2019 a primeira versão ficou pronta e em outubro (se não me engano), estava pronto para submetê-la a avaliação do PPGBio, que só seria em janeiro de 2020. Era só correr para o abraço... o que poderia dar errado? Tudo... absolutamente tudo, desde de aquele maldito dia 13 de março de 2020, quando a pandemia de coronavírus fez de mim a última pessoa a trancar a porta do laboratório por um longo tempo... e me pôs quase 2 anos longe do laboratório... do mar... e dos cetáceos...

Essa foi minha Guerra de Troia, longa, penosa e cansativa. Eu nunca imaginei que fosse viver algo assim, para mim era algo reservado às histórias que minha avó contava sobre a gripe espanhola... pensava que as coisas estavam sob controle, que meus planos A, B e C seriam suficientes para caso algo saísse errado... seria só correr para o abraço; mas não... nunca estive tão enganado. A grande verdade é que tudo é caos (como diria Dr. Ian Malcolm kk). Nada está sob total controle... ao menos não sob nosso, mas nunca foge ao controle daquele que Foi, É e Será. Nada está fora do controle de Deus. Se não fosse a misericórdia do Senhor eu certamente não teria chegado até aqui. Agradeço a Deus por esse mestrado, por ter preservado a minha vida em meio a tantas baixas e por todas as portas abertas, em meio à maior das calamidades do século XXI... até o momento. Como disse na monografia, não há oração feita com fé e em nome de Jesus que volte vazia. Jesus Cristo disse que sempre estaria conosco e a promessa dele não volta atrás.

Falando em preservação, é sempre importante falar sobre a nossa autopreservação, principalmente da mente, tão afetada nesse longo confinamento que a humanidade passou. Ansiedade, depressão, enfim doenças cada vez mais comuns em nosso meio e que são frequentemente negligenciadas, mas que têm cura e precisam ser tratadas com seriedade. Por isso, quero agradecer à minha terapeuta, Ligiane Horácio, por todo o empenho no cuidado da minha saúde mental.

Quero agradecer também a minha família, pelo incentivo, pelo contínuo apoio e suporte, em especial à minha mãe pelas conversas, por ouvir (mesmo sem necessariamente entender) minhas ideias em momentos aleatórios, ao meu pai pelo apoio de saúde e ao meu irmão pelos pontos de vista diferentes e pelas discussões, principalmente as jurídicas e políticas. É sempre necessário sair da bolha.

Com muito carinho, agradeço também à minha baiana, Aiana Lacerda, pelas orações, madrugadas, por sempre me incentivar a prosseguir, pelo carinho, pela paciência e atenção me ouvindo (e eu falo muito... demais mesmo kk) e por estar sempre do meu lado. Se há alguma namorada melhor, eu desconheço. Amo você!

Agradeço aos meus colegas da “turma do apocalipse”, por dividirem as aflições e vitórias inerentes ao nosso percurso nesse mestrado. Apesar desse presente de grego que recebemos e bagunçou nossos projetos e cronogramas, vencemos pessoal! Falando em pessoal, não posso me esquecer dos meus amigos viveram esse momento comigo, em especial ao Drago, que tem as melhores piadas de qualidade duvidosa; à Nath, minha amiga/sensor de embuste/varoa da oração/casamenteira; à Dr^a.Bruna Machado, minha amiga patinadora, escritora e linguista, que possibilita sempre as melhores discussões linguísticas e literárias; às minhas duas luzes acadêmicas que me acompanham desde a graduação, Ms. Amanda Coração e Ms. Virgínia Codá; à Agatha e ao Calvet, que sempre estão perto, mesmo estando fisicamente longe; e a cada amigo meu que me acompanhou nesse momento. Agradeço também ao professor Dr. Elidiomar por ser uma grande fonte de inspiração à divulgação científica, à Dr^a. Tatiana Maria, pelo carinho de sempre e que mais uma vez salvou meu estágio, me dando uma excelente oportunidade de crescimento e aprendizado, junto à turma de eco.básica, e a cada professor do PPGBio, pelo empenho em fazer o curso se tornar um pouco melhor, em meio a todo esse caos, em especial ao professor Dr. Joel, ao Dr. Wanderson e Dr^a. Sandra, que desde a graduação tem sido fonte de valiosas orientações e ensinamentos. Agradeço a Dr^a. Liliane Lodi pela cessão dos dados de ciência cidadã, que foram de grande importância para esse trabalho, bem como pelas contribuições dadas ao trabalho, junto da Dr^a. Maria Lucia Lorini e ao Dr. Israel Maciel, a quem também quero agradecer. Agradeço a Ms^a. Danielle Gama, pelas planilhas de elasmobrânquios cedidas. Agradeço também aos Drs. Marcos Figueiredo e Gabriel Melo, que de última hora se dispuseram participar, se necessário de minha banca.

Agradeço também à professora Dr^a. Maria Alice S. Alves e à equipe LabEcoAves, por acolher a mim e ao meu laboratório quando ficamos... sem uma base fixa. Por fim quero agradecer ao LBEC, agora ECoMar, por mais essa oportunidade, em especial ao meu orientador, Dr. Rodrigo Tardin, pelos ensinamentos, pela paciência de sempre e por proporcionar os meios para que esse projeto pudesse se concretizar. Agradeço também à Dr^a. Sheila Simão e ao, em breve Dr., Guilherme

Maricato, pelo apoio, incentivo, ensino e discussões de trabalhos. À Ms. Carine Galvão, cuja descoberta motivou metade desse trabalho. Agradeço também aos demais amigos da equipe ECoMAR, minha querida Analu, ao Eduardo (olha o cheirinho, Edu kk), Larissa, Tereza, Cesão, Sam, Danilo (espanta boto) e a todos os demais pela amizade e por fazerem do ECoMar o MELHOR laboratório de cetáceos! Vamos em frente, time!

Resumo

A literatura recente tem indicado que há movimento de botos-cinza entre as baías estuarinas da Costa Verde do Rio de Janeiro, embora haja poucos estudos que evidenciem com detalhes esse deslocamento, bem como as áreas adequadas à espécie entre as duas baías. O presente estudo se objetivou investigar a adequabilidade e os movimentos dos botos-cinza entre as baías de Sepetiba e Ilha Grande, no estado do Rio de Janeiro. Registros de ocorrência foram coletados de 2003 à 2020, para a modelagem de adequabilidade, sendo acrescentados registros da literatura e de ciência cidadã, cedidos por um grupo parceiro. Os dados de foto-identificação estavam disponíveis, a partir do banco de dados do laboratório, de 1993 a 2019 sendo possível a comparação entre os catálogos. Cinco algoritmos foram escolhidos para modelagem e posterior composição do modelo de consenso: MaxEnt, GLM, GAM, GBM e Random Forest. Os catálogos de Sepetiba e da Ilha Grande foram comparados para identificar os botos-cinza que se deslocam entre as baías. Foram contabilizados 1730 registros, onde 208 foram retidos após a filtragem. As variáveis que mais influenciaram a adequabilidade do boto-cinza no complexo estuarino da baía de Sepetiba e Ilha Grande foram profundidade e temperatura superficial do mar (SST) onde as áreas com profundidades entre 10 a 20m e SST a partir de 23,7 °C foram observadas com maior adequabilidade. O modelo de consenso obteve um bom desempenho (TSS = 0.82, Sensibilidade = 94.9, Especificidade = 87.0). As áreas mais adequadas foram encontradas sobre as áreas de residência, em cada uma das baías, conforme o esperado, seguido pelas áreas margeando a costa norte da Ilha Grande e a costa ao sul do continente, próximas ao Canal Central. Áreas ao sul da Ilha Grande foram consideradas inadequadas. Oitenta botos-cinza foram recapturados entre as baías. Dentre os recapturados 63,7% foram avistados primeiro na baía de Sepetiba e reavistados na baía da Ilha Grande, sem retorno ao local de origem; 31,3% foram avistados primeiro na baía da Ilha Grande e reavistados na baía de Sepetiba, sem retorno; 5% foram avistados primeiro na baía de Sepetiba, reavistados na baía da Ilha Grande e reavistados posteriormente de volta na baía de Sepetiba. Para baía de Sepetiba, 22,5% dos indivíduos foram reavistados entre as áreas apenas na estação seca, 70% na estação chuvosa e 7,5% entre diferentes seca-chuvosa; para baía da Ilha Grande, 17,5% dos indivíduos foram reavistados entre as áreas apenas na estação seca, 42,5% na estação chuvosa e 40% entre diferentes seca-chuvosa. O estudo indicou que a Costa Verde possui duas grandes áreas importantes para conservação da espécie, ligadas por um possível corredor ecológico aquático e que os movimentos entre as baías ocorrem, porém em aproximadamente 10% da população geral.

Abstract

Recent literature has indicated a movement of Guiana dolphins among the estuaries of the Costa Verde of Rio de Janeiro, even though few studies show this movement in detail, as well as the protected bay areas for the species between the two study areas. The present study aimed to investigate the suitability and movements of Guiana dolphins among the bays of Sepetiba and Ilha Grande in Rio de Janeiro state. Occurrence records registered from 2003 to 2020, records from the literature and citizen science provided by a partner group were added. Photo identification data were available from the laboratory's database from 1993 to 2019, making it possible to compare the catalogs. Five algorithms were chosen for modeling and subsequent composition of the ensemble model: MaxEnt, GLM, GAM, GBM and Random Forest. Sepetiba and Ilha Grande catalogs were compared to identify the Guiana dolphins that move between the bays. 1730 records were registered, of which 208 were considered after thinning. The variables that most influenced the suitability of the Guiana dolphin in the estuarine complex of the Sepetiba Bay and Ilha Grande were depth and sea surface temperature (SST), where the greatest suitability was found in areas with depths between 10 and 20m and SST between 23.7 and 23.9 °C. The ensemble model performed well (TSS = 0.82, Sensitivity = 94.9, Specificity = 87.0). The most suitable areas were found over the residential areas in each bay as expected. It was followed by the areas bordering the north coast of Ilha Grande and the south coast of the continent, close to the Central Channel. South areas of Ilha Grande were considered unsuitable. Eighty Guiana dolphins were recaptured between the bays. Among those recaptured, 63.7% were first sighted in Sepetiba Bay and then re-sighted in Ilha Grande Bay without returning to their origin. Also, 31.3% were first sighted in Ilha Grande Bay and re-sighted in Sepetiba Bay, with no return, and 5% were first sighted in Sepetiba Bay, re-sighted in Ilha Grande Bay, and later re-sighted back in Sepetiba Bay. For Sepetiba Bay, 22.5% of the individuals were sighted between areas only in the dry season, 70% in the rainy season, and 7.5% between different dry-rainy seasons. For Ilha Grande Bay, 17.5% of individuals were re-sighted between areas only in the dry season, 42.5% in the rainy season, and 40% between different dry-rainy seasons. The analyzes indicate that the Costa Verde has two large and important areas for specie conservation, linked by a possible aquatic ecological corridor, and that population movement between the bays occurs by approximately 10% of the general population.

Sumário:

I. Introdução	12
I.1. Sobre Modelos e Botos-Cinza	12
I.2. Objetivo Geral	15
I.3. Objetivos Específicos	15
I.4. Hipóteses	15
II. Metodologia	15
II.1. A Área de Estudo	15
II.2. Coleta de dados	18
II.3. Análise de dados	21
III. Resultados	24
IV. Discussão	36
V. Conclusão	41
V.1. Considerações Finais	41
V.2. Da Conclusão	42
VI. Referências Bibliográficas	43
Apêndices	54
Material Suplementar	61

I. Introdução

I.1. Sobre Modelos e Botos-Cinza

A distribuição de uma espécie, pelo espaço geográfico, depende de um delicado ajuste entre 3 fatores, que interagem dinamicamente, sendo eles: Fatores Abióticos, que incluem parâmetros ambientais, sejam eles físicos ou químicos; Fatores Bióticos, referidos às interações inter ou intraespecíficas, que podem favorecer ou dificultar os processos biológicos inerentes à espécie modelo; Movimentação, isto é, a capacidade que o organismo tem de se dispersar para áreas adjacentes, mediante permeabilidade da paisagem e habilidades de dispersão da espécie (Soberón & Peterson, 2005).

Diferentes fatores podem influenciar na adequabilidade de uma área, como pela abundância de recursos (*e.g.* Mannocci *et al.*, 2014), proteção contra predadores, condições propícias para o nascimento e cuidado da prole (*e.g.* Blasi & Boitani, 2012), entre outros. Quando uma espécie encontra uma região com condições bióticas e abióticas adequadas e consegue se deslocar até ela, pode se estabelecer na região.

Recentemente, o avanço da tecnologia tem sido um agente facilitador para a compreensão da distribuição das espécies, permitindo que diversos estudos que modelem a adequabilidade ambiental das espécies sejam realizados, através de ferramentas, como algoritmos e programas, progressivamente mais precisas (Aiello-Lammens *et al.* 2015; Brewer *et al.*, 2016; Phillips *et al.*, 2017; Kass *et al.*, 2021; Van Moorter *et al.*, 2021), incluindo para cetáceos (Cañadas *et al.*, 2005; Tardin *et al.*, 2017; Tardin *et al.*, 2020; Stephenson *et al.*, 2020; Baines & Weir, 2020; Lobo *et al.*, 2021).

Cetáceos são representados por espécies com ampla mobilidade e vastas áreas de vida, contanto um vasto arsenal sensorial que os permite analisar o ambiente de múltiplas formas (Torres, 2017). Além disso, são consideradas espécies-chave, atuando na regulação de outros organismos (Estes *et al.*, 1998; Feyrer e Duffus, 2011) e modificando a estrutura das comunidades, da ciclagem de nutrientes e do próprio ambiente, (Roman *et al.*, 2014; Kiszka *et al.*, 2022). Tem no forrageamento, uma atividade de importância central (Shane *et al.*, 1986), com elevado requerimento energético (Costa, 2008), sendo um importante fator que influencia sua distribuição (MacLeod, 2009). Dentre os cetáceos, está o boto-cinza.

O boto-cinza (Figura 1) é um delfínídeo estuarino, categorizado como vulnerável (VU) para o Brasil (Portaria do Ministério do Meio Ambiente Nº 500, 10 de Setembro de 2019) e quase ameaçado (NT) globalmente (Secchi *et al.*, 2018). A ocorrência da espécie se estende do norte de Honduras (Carr & Bonde, 2000) até o sul do Brasil (Simões-Lopes, 1988), não ocorrendo nas águas

frias abaixo de Santa Catarina (Flores & da Silva, 2009). A dieta do boto-cinza é generalista, sendo composta por peixes, cefalópodes e crustáceos (di Benedetto & Siciliano, 2007; Pansard *et al.*, 2011; Araújo, 2012; Cremer & Simões-Lopes, 2012). De forma geral, nas diferentes populações distribuídas ao longo da costa, pode ser observada durante todo o ano a presença de filhotes (Simões-Lopes, 1988; Lodi, 2003; Azevedo *et al.*, 2004; di Benedetto & Siciliano, 2007; Rossi-Santos *et al.*, 2007; Santos & Rosso, 2007; Nery *et al.*, 2008; Pansard *et al.*, 2011; de Moura *et al.*, 2021). Sua sociedade é do tipo fissão-fusão e formam grupos que variam entre 2 a 30 indivíduos, de forma geral (Cantor *et al.*, 2012; Borobia & Rosas, 1991).



Figura 1: Grupo de botos-cinza (*Sotalia guianensis*). Foto do Laboratório de Ecologia e Conservação Marinha.

Apesar de muito estudado, a maior parte da informação sobre o boto-cinza ao longo de toda a sua distribuição se refere à ecologia das populações em suas áreas de residência (Atem & Monteiro-Filho, 2006; Rossi-Santos *et al.*, 2007; Nery *et al.*, 2008; Guilherme-Silveira *et al.*, 2008; Espécie *et al.*, 2010; Wedekin *et al.*, 2010; Cremer & Simões-Lopes, 2012, Espínosa-Rodríguez *et al.*, 2015; Tardín *et al.*, 2020; de Moura *et al.*, 2021).

As populações de boto-cinza das baías de Sepetiba e Ilha Grande, no estado do Rio de Janeiro, estão entre as maiores de toda distribuição desse cetáceo, apresentando uma parcela de indivíduos residentes (Flach *et al.* 2008; Nery *et al.*, 2008; Espécie *et al.*, 2010; Nery *et al.* 2012;

Espécie, 2015). Embora sejam populações adjacentes e da mesma espécie, existem evidências que as populações de Sepetiba e da Ilha Grande são, hoje, diferentes entre si (Santos, 2015). Embora a literatura registre, historicamente, a existência grupos de botos-cinza chegando a 300 indivíduos em ambas as baías (Simão *et al.*, 2000; Lodi & Hetzel, 1998), que passam a maior parte do seu tempo se alimentando (Flach *et al.*, 2006; Oliveira *et al.*, 2013; Tardin *et al.*, 2013; Ribeiro-Campos *et al.*, 2021) e com alta porcentagem de filhotes (Flach *et al.*, 2006; Nery *et al.* 2010; Tardin *et al.* 2013), atualmente os grupos formados na baía de Sepetiba têm sido pequenos (entre 2 a 20 indivíduos) dificilmente passando de 100 indivíduos (Kinguari, 2019). Além disso, tem se observado para essa baía uma diminuição do tempo que os animais estão se alimentando e modificação do repertório vocal ao longo dos anos (Maciel, 2020; Dados não publicados do Laboratório de Ecologia e Conservação Marinha). Ao mesmo tempo, a população da baía de Ilha Grande parece estar saudável (Cunha *et al.*, 2021), com a contínua observação de grupos grandes, se alimentando e se reproduzindo (Ribeiro-Campos *et al.*, 2021).

Ambas as populações demonstram uso regular de suas respectivas áreas de ocorrência, porém, com baixa taxa de residência na baía de Sepetiba (Nery *et al.*, 2008) e alta para baía da Ilha Grande (Espécie, 2015). Entre 2007 e 2010, um estudo preliminar reportou a existência de um fluxo aproximado de 10% dos indivíduos entre as baías de Sepetiba e da Ilha Grande (Galvão, 2013). Em outro estudo, foi demonstrado que não há evidências de fluxo gênico de indivíduos machos entre as populações dessas baías (Hollatz *et al.*, 2011), o que pode sugerir que machos não realizem essa travessia, ou que eles não estejam se reproduzindo com as fêmeas da população adjacente.

Uma vez que as populações estão em condições distintas de impacto antrópico e as evidências de movimentação entre as baías ainda são escassas é importante investigar os movimentos do boto-cinza entre as baías. Adicionalmente, uma análise de adequabilidade para todo o complexo estuarino Sepetiba-Ilha Grande, incluindo áreas não monitoradas sistematicamente, pode trazer luz às potenciais áreas usadas pelos indivíduos entre as populações. Isso se torna importante uma vez que no único estudo que modela a distribuição da espécie como um todo (Lobo *et al.*, 2021), apesar de terem sido considerados registros da região, a resolução foi baixa e insuficiente para indicar com maior refinamento as áreas adequadas no complexo estuarino. Existe então uma lacuna significativa e pouco explorada sobre o uso de áreas intermediárias aos habitats preferencialmente usados, sendo este o primeiro trabalho a modelar áreas adequadas no complexo estuarino Sepetiba-Ilha Grande, com resolução de 1 Km².

Adicionalmente, padrões de movimentação entre as populações de botos-cinza têm sido incluídos como parâmetros de grande importância para melhor entendimento das ameaças à espécie (IWC Scientific Committee workshop for assessing the status of knowledge of Guiana dolphin

(*Sotalia guianensis*). Dessa forma, este estudo contribuirá para entendimento do tema e abrirá espaço para futuros estudos na área.

I.2. Objetivo Geral

Investigar os padrões de adequabilidade e de movimento do boto-cinza entre as baías de Sepetiba e Ilha Grande.

I.3. Objetivos Específicos

- Modelar a adequabilidade ambiental na área do complexo estuarino de Sepetiba-Ilha Grande e os fatores que a influenciam.
- Identificar os indivíduos foto-identificados que se deslocam entre as baías e comparar os catálogos de foto-identificação.
- Determinar se houve alteração no número de indivíduos e na frequência dos deslocamentos entre as baías.

I.4. Hipóteses:

Os habitats mais adequados no complexo estuarino estão sobre as áreas de residência, ou seja, na baía de Sepetiba e na porção oeste da baía da Ilha Grande.

É também esperado que mais indivíduos estejam se deslocando entre a Baía de Sepetiba e a da Ilha Grande, em relação ao trabalho de Galvão (2013).

II. Metodologia

II.1. Área de Estudo

A área de estudo está situada no Complexo Estuarino da Costa Verde do Rio de Janeiro, que compreende a área contígua entre as baías de Sepetiba e da Ilha Grande. A área contém algumas Unidades de Conservação marinhas (UC) com destaque para três delas, a Estação Ecológica (ESEC) Tamoios, a Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS) Aventureiro e a Área de Proteção Ambiental (APA) Marinha do Boto-Cinza (Figura 2).

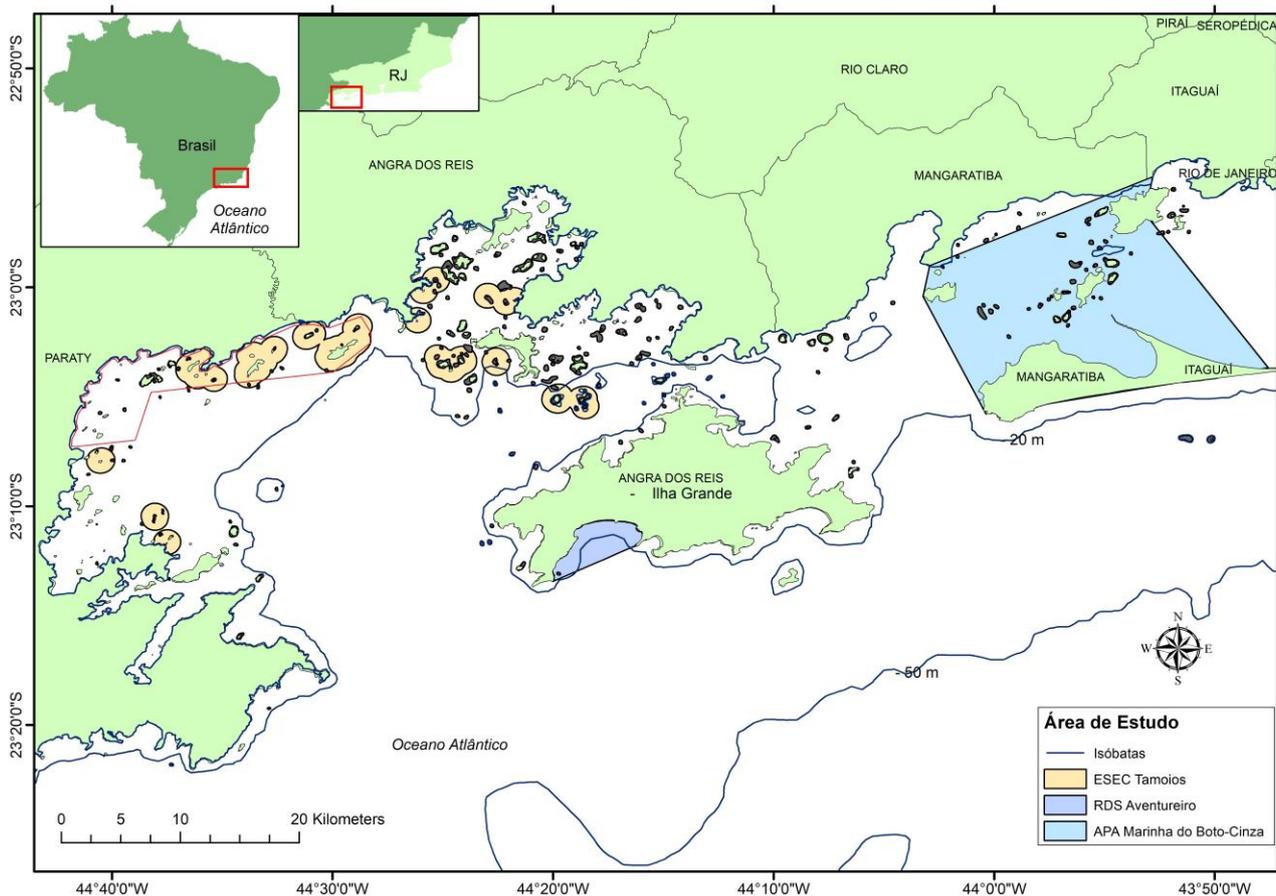


Figura 2: Área de estudo localizada na Costa Verde, Sudeste do Brasil. A figura indica as principais UC's na região, bem como as áreas de residência da população de botos-cinza (*Sotalia guianensis*) da Baía de Sepetiba, sob a APA do Boto-Cinza e da Ilha Grande, localizada no polígono vermelho.

A Baía de Sepetiba ($22^{\circ}59'43''S$; $43^{\circ}50'54''W$, Figura 2), é um ambiente estuarino semi-fechado com aproximadamente 519 Km^2 (Nery *et al.*, 2008), abrigado do hidrodinamismo oceânico pela Restinga da Marambaia (Pinto *et al.*, 2017). Apresenta uma Área de Proteção Ambiental Municipal (APA - Boto-cinza), instituída pela Lei Municipal nº940 de 08 de Outubro de 2014. Pode ser dividida em três zonas (Araújo *et al.*, 2002): Interna, com características estuarinas bem definidas, sendo limitada por manguezais na transição para o ambiente terrestre e recebendo grande aporte de água doce, sobretudo pelo Rio Guandú (Muehe & Valenti, 1998); Externa, com características oceânicas (SEMA/RJ, 1998); Central, uma zona de transição entre os ambientes, sendo uma importante área de alimentação para os botos-cinza da Baía de Sepetiba (Anibolet, 2018). A Baía de Sepetiba, configura um ambiente altamente antropizado, tendo diversas indústrias pesadas instaladas em suas adjacências e que sofre com a contaminação massiva por metais traço como mercúrio (Hg), chumbo (Pb) zinco (Zn) e cádmio (Cd) (Lacerda *et al.*, 2004; Molisani *et al.*, 2007). Há também contaminação por organoclorados, que tem resultado na bioacumulação desses

compostos em tecidos de cetáceos (Lailson-Brito *et al.*, 2010). A baía vem sucessivamente perdendo abundância e diversidade de importantes componentes da teia trófica, como a ictiofauna e macroalgas (Araújo *et al.*, 2016; Araújo *et al.*, 2017; Caldeira *et al.*, 2017). Abriga, em seu entorno, um vasto complexo industrial e portuário, onde há destaque para o Terminal Portuário da Ilha Guaíba, a Base de Submarinos da Ilha da Madeira (PROSUB-EBN) e o Porto de Itaguaí, um dos 10 maiores do país (ANTAQ, 2022).

A Baía da Ilha Grande (23°02'S, 44°26'W) se constitui por um grande corpo d'água, que se divide em dois menores à Leste e à Oeste, pela existência de uma grande ilha, a Ilha Grande, onde cada um desses corpos d'água contém dezenas de ilhotas (Mahiques, 1987). É uma baía estuarina aberta, que recebe nutrientes das Águas Centrais do Atlântico Sul (ACAS) durante o Verão, que afloram em ressurgência próximo à região e penetram na baía através da porção Oeste da baía (Signorini, 1980), sendo considerada uma área de águas tróficas, que sustenta uma alta diversidade de espécies (Muehe & Valenti, 1998). Apresenta circulação de correntes em sentido horário, (Signorini, 1980). A batimetria máxima é graduada ao entorno de 50 metros (Mahiques & Furtado, 1989). A Baía da Ilha Grande se estende dos municípios de Mangaratiba até Paraty e pode, segundo Mahiques & Furtado (1989), ser subdividida em três setores, sendo eles: Leste, Canal Central e Oeste. A porção Leste apresenta um relevo aplainado e com profundidades entre 10 e 25 metros e uma extensão do Canal Central; O Canal Central separa a Ilha Grande do continente e apresenta as maiores batimetrias do interior dessa baía; Na porção Oeste, predominam profundidades em torno de 20 metros, tendo áreas mais rasas e próximas de 10 metros em localidades marginais ao continente. É atravessada por um canal de profundidades próximas à 40 metros, na região mais próxima à Ilha Grande, e que se liga ao Canal Central (Mahiques, 1987). Há também uma Estação Ecológica (ESEC-Tamoios), do ICMBio, criada em 23 de Janeiro de 1990 pelo Decreto Federal nº 98.864, e uma Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS-Aventureiro), do INEA, criada pela Lei nº 6.793 de 28 de Maio de 2014. Na baía, está instalado o complexo termonuclear da Marinha do Brasil, o Complexo Portuário de Angra dos Reis, que inclui Terminal Portuário da Baía da Ilha Grande (TEBIG), onde há transporte de petróleo, e o Terminal Aquaviário de Angra dos Reis (TPAR), que constitui o 3º maior porto brasileiro, em movimentação de cargas (ANTAQ, 2022). Dentre as atividades humanas desenvolvidas na região, há destaque para atividades de turismo, atividades náuticas, aquicultura e pesca (Kjerfve *et al.*, 2021).

II.2. Coleta dos Dados:

Os dados de foto-identificação (foto-ID) e das localizações georreferenciadas dos botos-cinza foram previamente coletados pelo Laboratório de Bioacústica e Ecologia de Cetáceos, ao qual pertencem, compondo os catálogos de foto-ID e de georeferenciamento das populações de boto-cinza da baía de Sepetiba (1994-2020) e Ilha Grande (2007-2019).

Para ambas as baías, foi utilizada uma traineira, movida a motor de centro, de aproximadamente 12 metros para coleta de dados, mantendo velocidade em torno de 10 nós. A literatura recomenda que amostragens envolvendo cetáceos costeiros ocorram apenas em condições climáticas onde o estado do mar esteja inferior ou igual à 3 na Escala Beaufort, uma vez que acima desse valor, as ondas encobrem a dorsal dos botos (Simão *et al.*, 2000). Dessa forma, campanhas ocorreram apenas em dias de condições climáticas favoráveis à foto-identificação.

Para o protocolo de aproximação, foi mantida uma distância de aproximadamente 50 metros entre os grupos e a embarcação, quando o motor era mantido em marcha neutra. A aproximação foi realizada prioritariamente em paralelo ao grupo de botos-cinza, visando fotografar sua nadadeira dorsal em vista lateral e obter registros georreferenciados dos grupos, não excedendo o tempo máximo de 40 minutos com um mesmo grupo.

Duas metodologias de esforço de monitoramento foram empregadas. Na primeira, empregada entre 1994-2006 para a Baía de Sepetiba e 2007-2013 para a Baía da Ilha Grande, a embarcação seguia rotas aleatórias, visando encontrar o maior número possível de botos para sua foto-identificação (Nery *et al.*, 2008, Espécie *et al.*, 2010). Na segunda metodologia, empregada entre 2017 e 2020, para ambas as baías, foram seguidas rotas sistematizadas (Apêndices 1 e 2) e escolhidas aleatoriamente antes de cada campo, sem repetição de uma mesma rota no mesmo mês.

Coleta dos registros de ocorrência:

Os registros de ocorrência foram georreferenciados seguindo-se a metodologia *grupo focal* com amostragem contínua (Mann, 1999) usando-se um GARMIN GPS etrex 30 cx e MAP 78S®, sendo obtidas posições a cada 500 metros de deslocamento dos grupos de boto-cinza (Tardin *et al.*, 2020).

De forma complementar aos registros primários de ocorrência supracitados na área estudada, foram utilizados dados, secundários, de Ciência Cidadã para as áreas intermediárias às populações das baías de Sepetiba e Ilha Grande. Esses dados foram obtidos em parceria com o projeto “Onde estão as baleias e golfinhos” (<https://pt-br.facebook.com/groups/baleiasgolfinhos.rj/>). Esse projeto reúne, em uma página na rede social Facebook e Instagram, dados da ocorrência de cetáceos na costa do Rio de Janeiro, sendo registrados por cidadãos cientistas (Lodi & Tardin, 2018). Para o

Instagram, foi lançada a campanha “Botos da Ilha Grande”, com o objetivo de complementar o monitoramento, já realizado através do Facebook, dessas populações nas áreas intermediárias. A metodologia de coleta pela ciência cidadã se baseou no binômio registro-validação, em que qualquer ser humano, especialista ou não, realiza a avistagem e um especialista faz a validação, ou correção, desse dado.

Os dados obtidos pelo grupo do Facebook foram triados, analisados e compilados pela administradora do grupo, a quem pertencem esses dados. Para isso, foram apenas considerados registros em que o cetáceo avistado tenha sido fotografado ou filmado. Foi também considerado dia e local da avistagem. Ambas as mídias sociais seguiram o mesmo método. A ciência cidadã tem sido validada pela academia e sua importância, particularmente para a ecologia de paisagens, reportada pela literatura (Dickinson *et al.*, 2010).

Adicionalmente, artigos científicos foram buscados para identificar se estudos sobre uso do habitat com localizações georreferenciadas do boto-cinza foram realizados, de modo a aumentar o número de registros. Foi gerado um banco de dados contendo todos os registros de ocorrência, composto pelo somatório dos registros obtidos pela equipe, dos dados de Ciência Cidadã e de um artigo científico contendo registros georreferenciados nas áreas intermediárias, oriundos do trabalho de Ribeiro-Campos *et al.* (2021) (Figura 3). Por não haver um material suplementar no artigo utilizado (Ribeiro-Campos *et al.*, 2021), o mapa de ocorrências deste foi sobreposto ao mapa do presente trabalho, em semelhante escala, e os pontos foram marcados manualmente no *software* ArcGIS 10.8®.

Coleta dos dados de Foto-ID:

O presente trabalho utilizou o método da foto-identificação para identificar os botos-cinza que se deslocam entre as populações. A foto-ID é um método não invasivo de coleta, onde a nadadeira dorsal do cetáceo é fotografada de perfil, permitindo que aquele indivíduo seja identificado pelas marcações únicas em sua nadadeira dorsal (Würsig & Würsig, 1977; Thompson *et al.*, 1998). Através da identificação ao nível individual dos cetáceos, dentre outros usos, é possível acompanhar a movimentação desse cetáceo entre diferentes localidades, uma vez que ele seja identificado em diferentes sítios em diferentes períodos.

Para a foto-ID, o método de amostragem empregado, foi o *scan*, onde todo o grupo é fotografado homogeneamente (Mann, 1999). Foi utilizada uma câmera analógica 35mm Canon EOS Rebel XS com lente zoom Quantaray Tech-10 (1:4-5,6; 75-300mm), abastecida com filme Kodac Ektachrome ISSO 100, para as amostragens na baía de Sepetiba (1994-2005), uma câmera digital Canon EOS 20D, com lente de 75-300mm para 2006 (baía de Sepetiba) e 2007-2010 (baía

da Ilha Grande) e uma câmera digital Canon EOS 70D, com lente de 75-300mm entre 2017-2020 (baías de Sepetiba e Ilha Grande).

Obtenção das variáveis ambientais:

As camadas ambientais usadas na modelagem foram obtidas por meio de banco de dados globais e locais. Para profundidade foram usados os dados do E-Atlas (<https://eatlas.org.au/data/uuid/80301676-97fb-4bdf-b06c-e961e5c0cb0b>), adaptados das cartas náuticas 1607, 1631, 1632 e 1633, da Marinha (<https://www.marinha.mil.br/chm/chm/dados-do-segnav/cartas-raster>). Para as variáveis velocidade das correntes, temperatura superficial do mar (SST), produtividade primária (SPP), salinidade e O₂ dissolvido, foram usadas camadas de 5 Arcmin originárias do Bio-Oracle (<http://www.bio-oracle.org/>). A distância da terra firme foi calculada através da função *Near* do ArcGIS.

Diferentes estudos (Rossi-Santos *et al.*, 2006; Wedekin *et al.*, 2010; Lobo *et al.*, 2021) indicam que a distância da costa pode ser um parâmetro de interesse para análises de adequabilidade para o boto-cinza. Entretanto, a região da Costa Verde impõe obstáculos a essas análises, uma vez que apresenta diversas ilhas e lajes, que podem inserir ruídos nessa análise. Para contornar esse problema e considerar as alterações da paisagem marinha que, em maior ou menor intensidade, venham a ocorrer, o presente trabalho propôs considerar a distância da terra e não da linha de costa propriamente dita. Devido a isso, as camadas de lajes, ilhas e do continente, foram unidas em uma mesma camada.

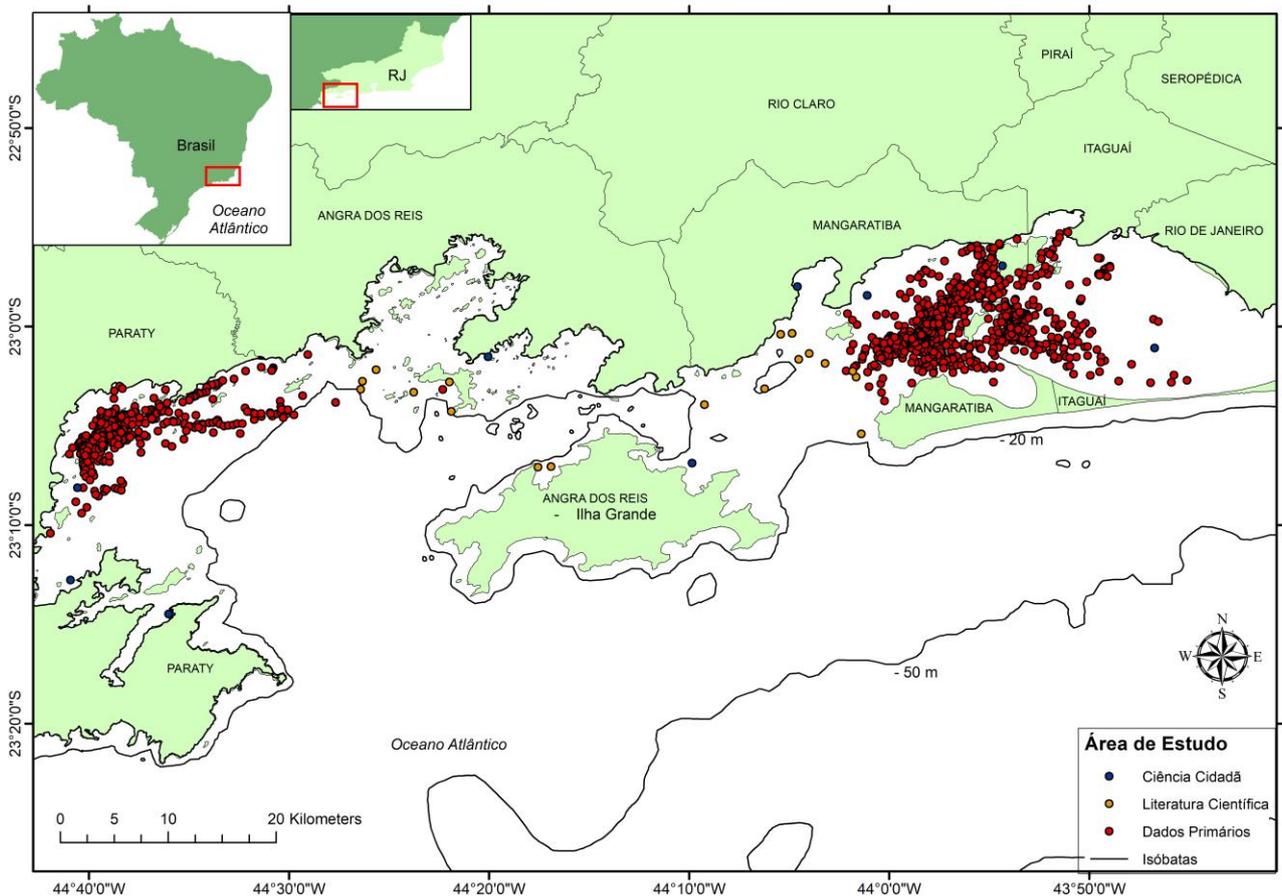


Figura 3: Registros de botos-cinza projetados na área de estudo, obtidos a partir de dados primários, ciência cidadã e da literatura científica recente.

II.3. Análise dos Dados:

Para modelagem ecológica:

Para modelar as áreas adequadas para o boto-cinza no complexo estuarino Sepetiba-Ilha Grande foram usados os dados ambientais, registros de ocorrência das baías de Sepetiba e Ilha Grande, os registros obtidos por ciência cidadã e a partir do artigo de Ribeiro-Campos *et al.*, (2021). Todas as análises foram feitas no ambiente R versão 4.1.2 e ArcGIS 10.8®.

As camadas do Bio-Oracle originalmente se apresentam na resolução de 5 arc minutos (~10 Km), uma resolução pouco refinada para o presente trabalho, considerando o tamanho da área de estudo. Diante do exposto, foi necessário reamostrar as camadas para uma resolução mais fina de 1 Km. O procedimento detalhado se divide em 3 etapas, realizadas no ArcGIS (Material Suplementar). Foi utilizado o “IDW” (*Inverse Distance Weight*) para interpolação dos dados.

Semelhante procedimento (Material Suplementar) foi adotado para correção dos *grids* onde a batimetria estava incorreta, uma vez que foi obtida de uma base global. Esses *grids* estavam situados a oeste da Ilha Grande, em áreas adjacentes ao Canal Central. Os valores corretos de batimetria foram originários de cartas náuticas da Marinha do Brasil (1607, 1631, 1632, 1633).

Para obter a ‘distância da terra’ foi realizado um procedimento em duas etapas. Na primeira as camadas de lajes, ilhas e do continente, foram unidas em uma única, através da função “*Union*”. Em sequência foi realizada a projeção (em *South America Equidistant Conic*) dos dados, visando calcular a distância linear entre os pontos. Uma vez projetada, foi usada a função “*Near*” para medir a distância de cada CP, usando a camada de batimetria como referência, em relação à camada de terra. A camada foi reprojeta para SIRGAS 2000 e utilizada para criar um raster em função da distância, empregando o procedimento supracitado.

Após todo o procedimento de geoprocessamento supracitado, foi testada a correlação (teste de correlação de Pearson) e a multicolinearidade (Fator de Inflação da Variável - VIF) entre as variáveis ambientais. Foram retiradas as variáveis que apresentaram valores de correlação $> 0,7$ e $VIF > 4$ a partir de um procedimento *stepwise*, ou seja, começando com todas as variáveis e removendo-as uma a uma de acordo com os critérios de correlação e multicolinearidade estabelecidos. Foi usada a função ‘*vifcor*’ no pacote ‘*usdm*’ v1.1 - 18 (Zuur et al. 2010).

Os registros de ocorrência foram espacializados no mapa da área de estudo e unidos em uma camada através da função “*Merge*” do programa ArcGIS®. A tabela de atributos, com as coordenadas geográficas referentes aos pontos de ocorrência, foi exportada em formato *.txt*.

Para evitar potencial tendenciamento nos resultados dos modelos, foi realizado uma filtragem espacial nos registros de ocorrência, usando a função ‘*thin*’ do pacote ‘*SpThin*’ v. 0.2.0 dentro de um buffer de 1km. Essa função usa um algoritmo de randomização que filtra os registros de ocorrência a uma distância especificada pelo usuário (Aiello-Lammens et al. 2015).

Foram usados cinco algoritmos para modelar a adequabilidade de habitat dos botos na área de estudo: Generalized Linear Models (GLM), Generalized Additive Models (GAM), Generalized Boosted Models (GBM), Random Forest (RF) (Registros de ocorrência vs pseudo-ausência) e o algoritmo MaxEnt (Registros de ocorrência vs *background*). Foram gerados 4 conjuntos aleatórios de 100 pontos de pseudo-ausência a uma distância aleatória entre os registros de ocorrência, nos grids de 1 Km dentro da área de calibração do modelo (Barbet-Massin *et al.*, 2012). Foram geradas 10 rodadas para cada algoritmo, onde 30% usados para a fase de teste e 70% para o treino, aplicando o método de partição-cruzada, fixando a prevalência em 0,5 (Guisan et al. 2017).

Foi realizado um teste para avaliar a importância de cada variável a partir da função ‘*get_variables_importance*’ (Thuiller et al., 2020). Esse teste embaralha uma variável em um conjunto de dados e compara, por meio de uma correlação de Pearson, as predições do modelo

referência e o modelo ‘embaralhado’. Quanto maior o índice, maior a influência da variável no modelo (Thuiller et al., 2020).

O desempenho dos modelos foi avaliado através do True Skill Statistic (TSS) (Alouche et al. 2006). Foram selecionados os modelos em que o desempenho foi ≥ 0.7 . Os modelos selecionados foram combinados (*ensemble*) para gerar uma única predição de consenso em condições atuais.

Os modelos foram gerados no programa open-source RStudio, usando o pacote Biomod 2 (Thuiller et al., 2009).

Para análise dos movimentos:

Os catálogos foram compostos por fotos das nadadeiras dorsais, de cada indivíduo fotoidentificado em cada população, onde a imagem mais nítida e recente é eleita como imagem tipo, para representar esse indivíduo no catálogo, enquanto as demais imagens são postas em uma pasta acessória de cada imagem tipo.

Para identificar os indivíduos que realizaram o trânsito entre as duas populações (nesse trabalho chamados de “transientes”), as fotografias tipo dos dois catálogos foram comparadas entre si, sendo compiladas em um sumário de acesso rápido onde está referenciado o código identificador (ID) de cada transiente (Ex.: CV052), com seus ID para o catálogo na baía da Ilha Grande (Ex.: PAR733) e baía de Sepetiba (Ex.: SEP515). Para realizar a comparação, foi usado o programa FinFindR. O FinFindR é um software *open-source* em 64 bits, que compara marcações no bordo de fuga das nadadeiras dorsais, permitindo identificar um indivíduo em meio a uma população através dessas recombinações, criado pela Western EcoSystems Technology e pela National Marine Mammal Foundation. Esse programa tem sido validado pela literatura para foto-identificação de cetáceos (Balmer et al., 2019).

Foi elaborado um catálogo com esses indivíduos, denominado “Catálogo de Transientes”, onde constam: Os códigos desses indivíduos no catálogo de transientes, os códigos nos catálogos da BIG e BSEP, as avistagens e reavistagens na BIG, as avistagens e reavistagens na BSEP, os movimentos realizados por cada indivíduo, o somatório das reavistagens entre as duas baías e o somatório de reavistagens para as estações. Para o presente trabalho, estão sendo consideradas duas estações: Seca – Outono/Inverno; Chuvosa – Primavera/Verão.

Foram calculadas as porcentagens de transientes (%) entre as populações; a porcentagem de transientes para cada sentido de movimento (Tabela 1), a moda do sentido de deslocamento, o intervalo de reavistagem máximo, mínimo e desvio padrão, em dias; A porcentagem de transientes reavistados para as estações seca e chuvosa, em ambas as áreas de residência (Tabela 2).

III. Resultados

Foi registrado um total de 1730 registros de ocorrência em todo o período amostrado. Desse total, 208 pontos foram retidos após o processo de filtragem (Figura 4).

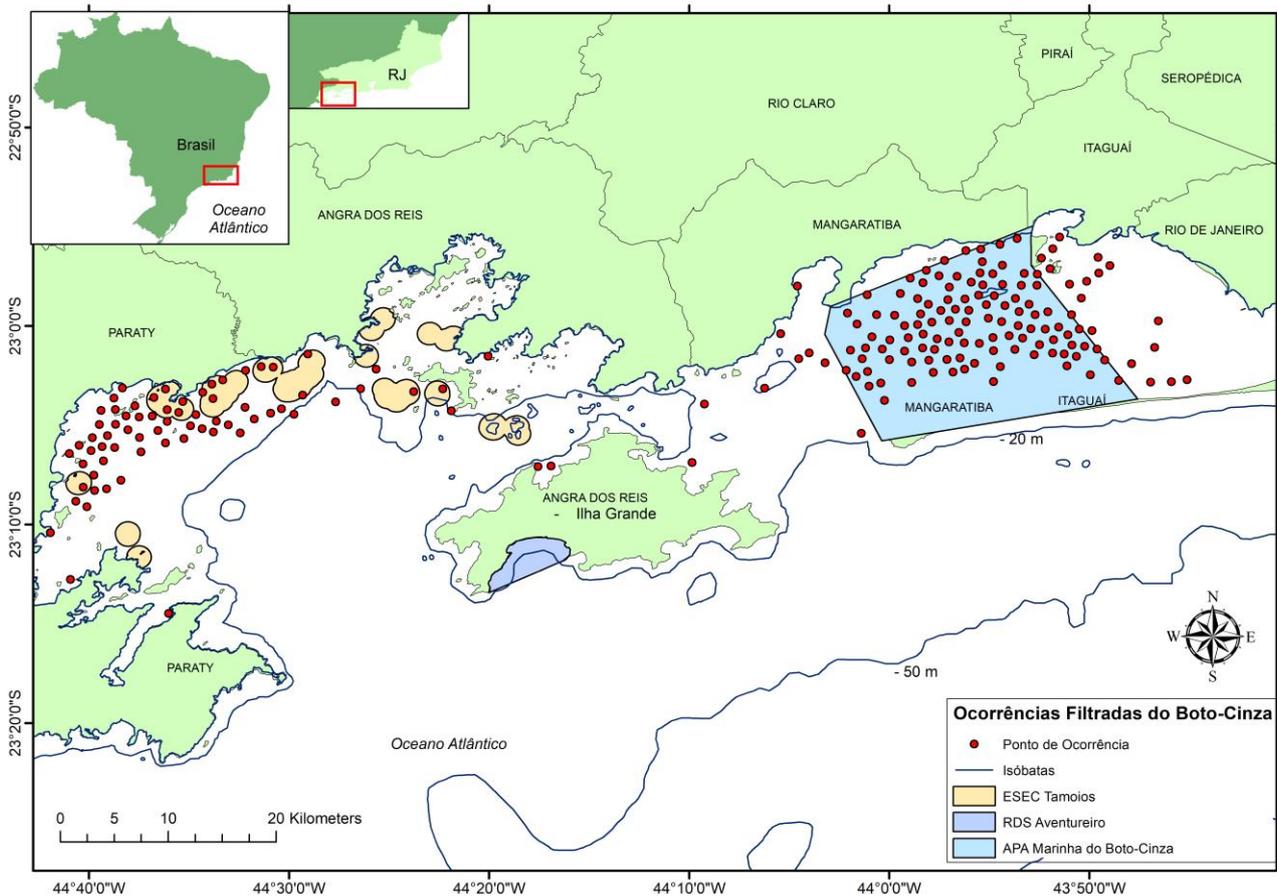


Figura 4: Registros filtrados de ocorrência do boto-cinza (*Sotalia guianensis*) na Costa Verde, Sudeste do Brasil.

Das 6 variáveis ambientais consideradas inicialmente, 3 foram eliminadas mediante correlação > 0,7 (Tabela 1), a saber: Salinidade, Velocidade de Correntes e O₂ dissolvido.

Tabela 1: Resultados do teste de correlação entre todas as variáveis ambientais consideradas para a modelagem de adequabilidade do boto-cinza no complexo estuarino Sepetiba-Ilha Grande. Variáveis com correlação maior que 0,7 estão em negrito.

Temperatura	0,01	0,58	0,86	0,76	0,24
	Profundidade	0,05	0,03	0,11	0,01
		Produtividade Primária	0,69	0,51	0,83
			Salinidade	0,82	0,33
				Velocidade de Correntes	0,01
					O₂ Dissolvido

Embora velocidade de correntes e temperatura tenham sido indicadas como correlacionadas, foram gerados dois modelos considerando ambas separadamente. Os índices de correlação e colinearidade para os conjuntos de variáveis considerando temperatura (Tabela 2 e 3) foram satisfatórios. Cada um desses modelos, agora com as variáveis em maior resolução, considerou a distância da terra, sendo também retida nos testes de correlação e colinearidade. O modelo considerando SST apresentou TSS= 0.819, sendo por isso selecionado.

Tabela 2: Teste de correlação entre as variáveis ambientais filtradas, para modelagem de adequabilidade do boto-cinza no complexo estuarino Sepetiba-Ilha Grande.

Profundidade	0.68	0.11	0.48
	Distância da Terra	0.015	0.52
		Produtividade Primária	0.62
			Temperatura

Tabela 3: Colinearidade, excetuando as variáveis já rejeitadas no teste de correlação e considerando SST, para a modelagem de adequabilidade do boto-cinza no complexo estuarino Sepetiba-Ilha Grande.

	VIF
Profundidade	2.36
Distância da Terra	2.17
SPP	2.60
SST	3.67

O teste de importância de variáveis indicou como que a profundidade foi a variável mais importante (Tabela 4). Essas 4 variáveis explanatórias ambientais foram projetadas no espaço geográfico (Apêndices 3, 4, 5 e 6).

Tabela 4: Teste de importância das variáveis.

	Teste de Importância
Profundidade	0.45
SST	0.22
SPP	0.21
Distância da Terra	0.13

As curvas de resposta referentes aos 5 algoritmos indicam uma maior adequabilidade próxima aos 20m de profundidade; uma relação positiva com o aumento da temperatura até 23,7 °C e proximidade da terra e bimodal com produtividade primária (Figuras 5, 6, 7, 8 e 9).

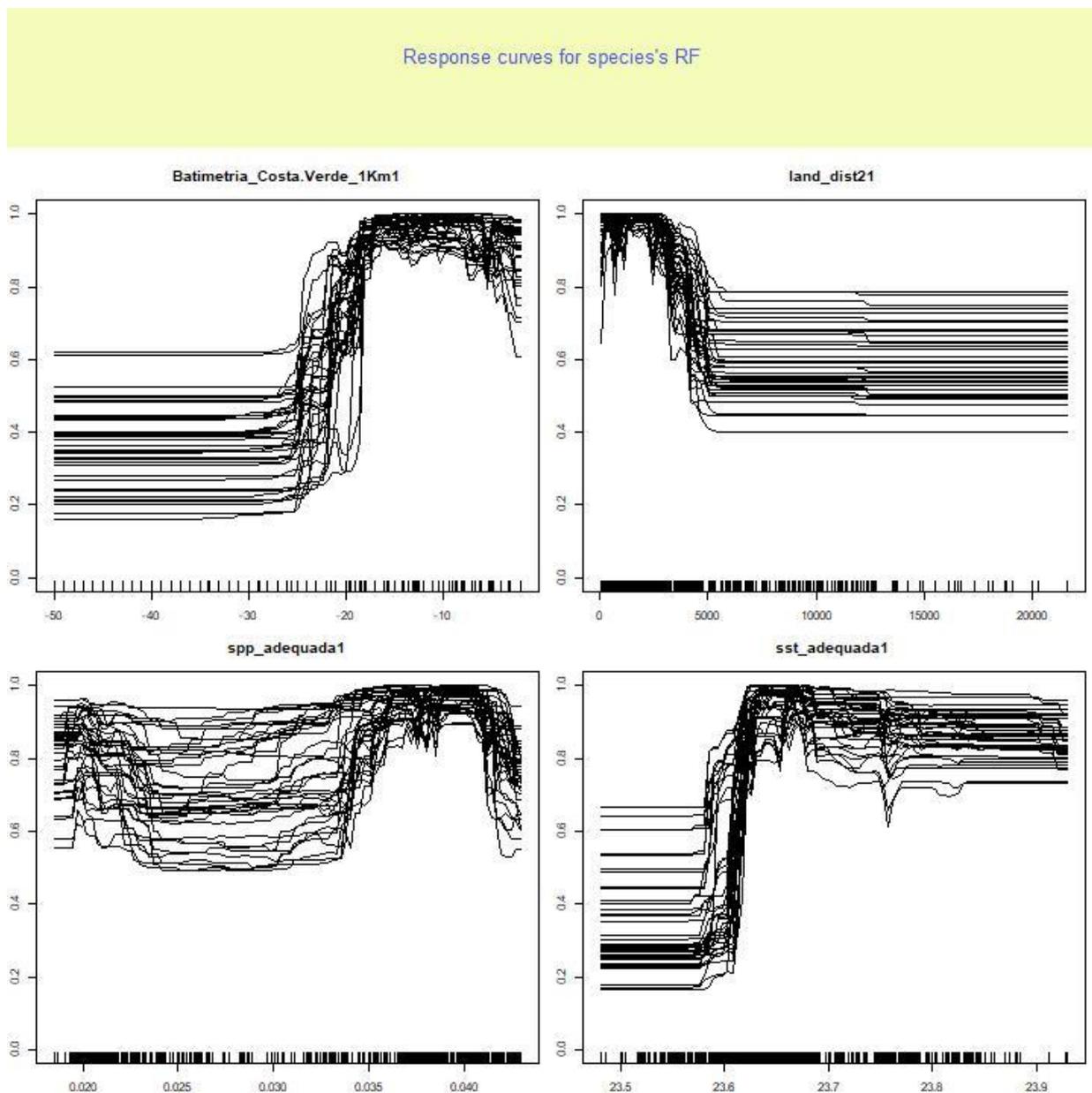


Figura 5: Curvas de resposta das variáveis, para o algoritmo Random Forest (RF).

Response curves for species's GLM

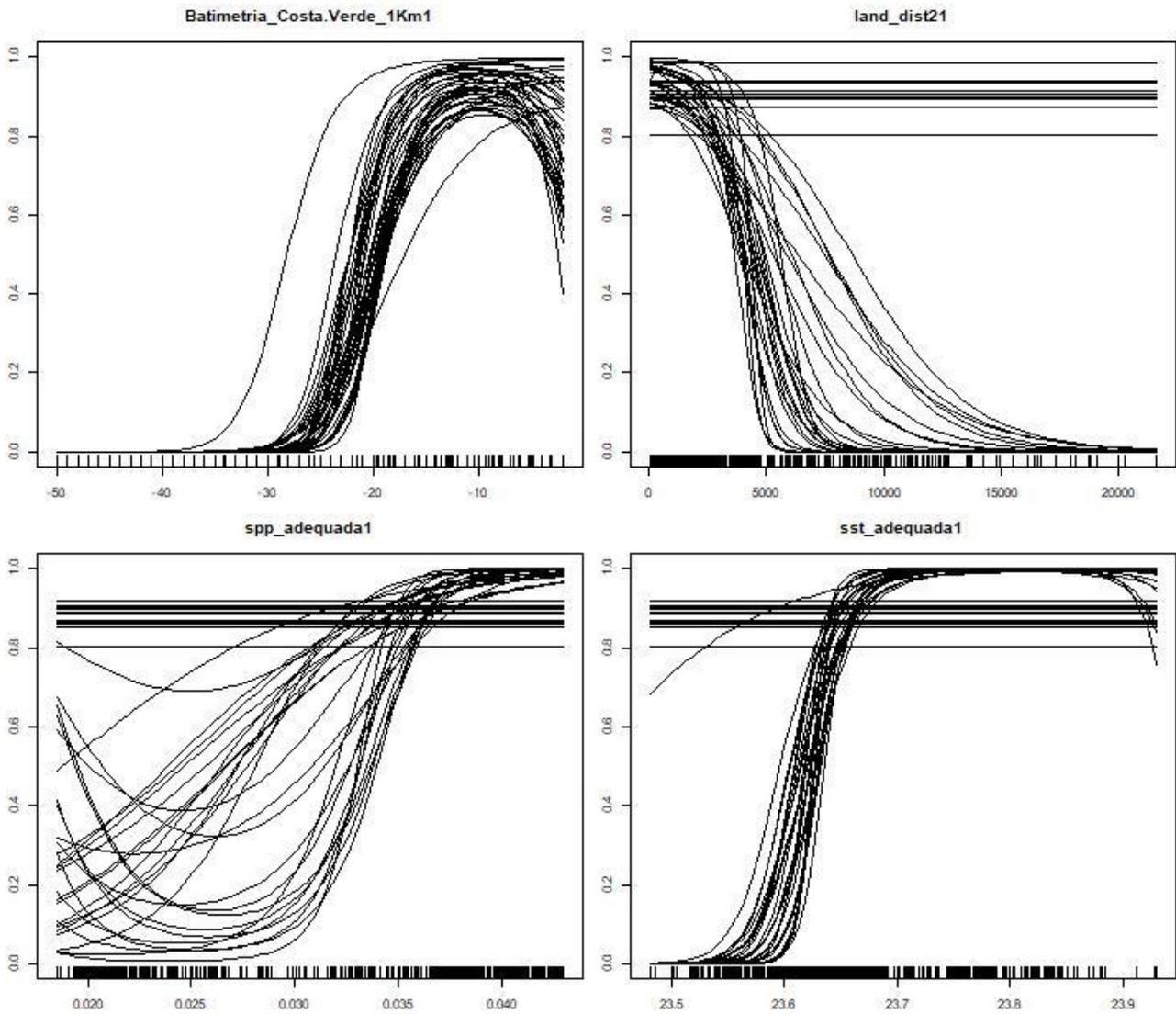


Figura 6: Curvas de resposta das variáveis, para o algoritmo Generalized Linear Models (GLM).

Response curves for species's GBM

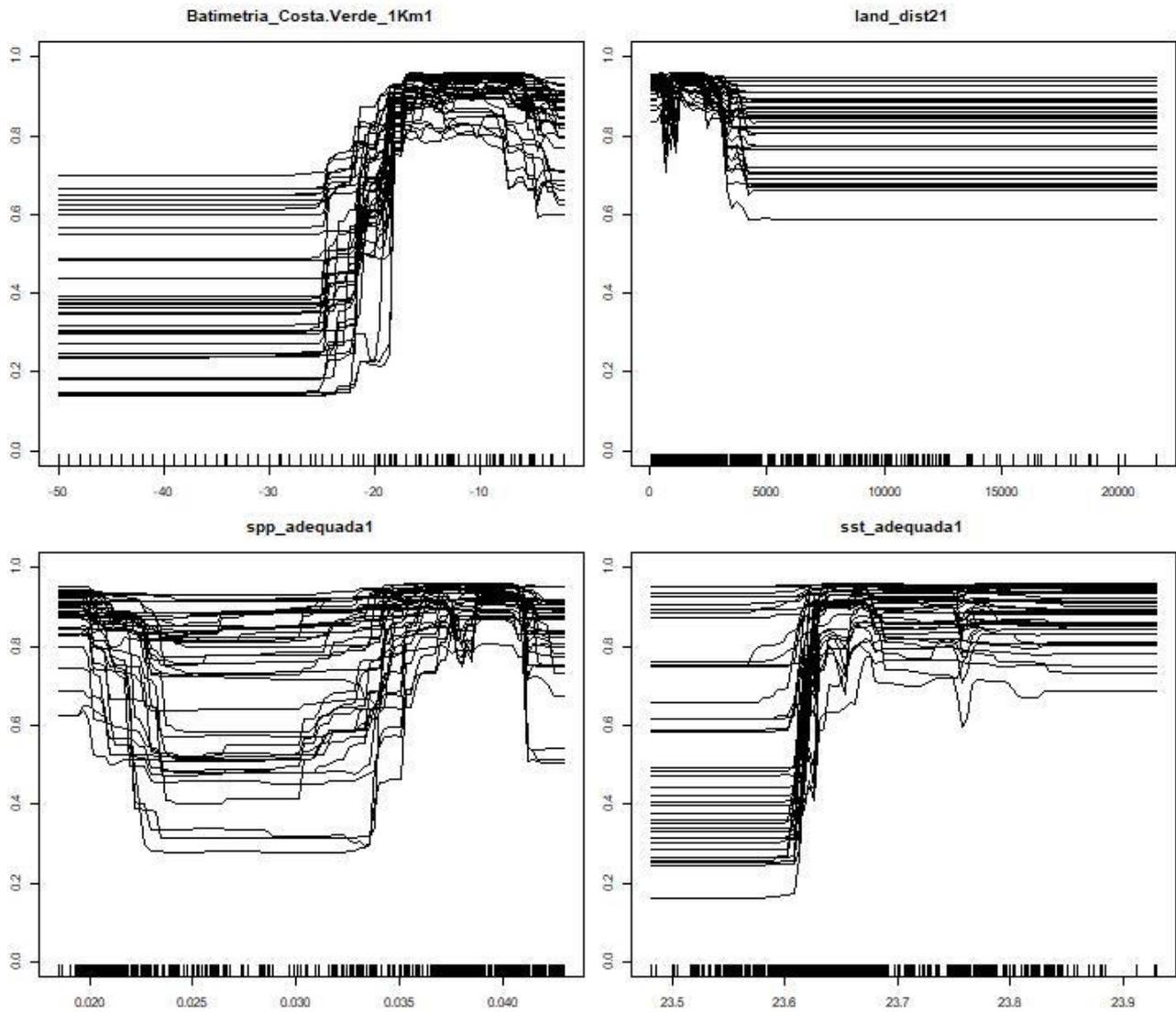


Figura 7: Curvas de resposta das variáveis, para o algoritmo Generalized Boosted Models (GBM).

Response curves for species's GAM

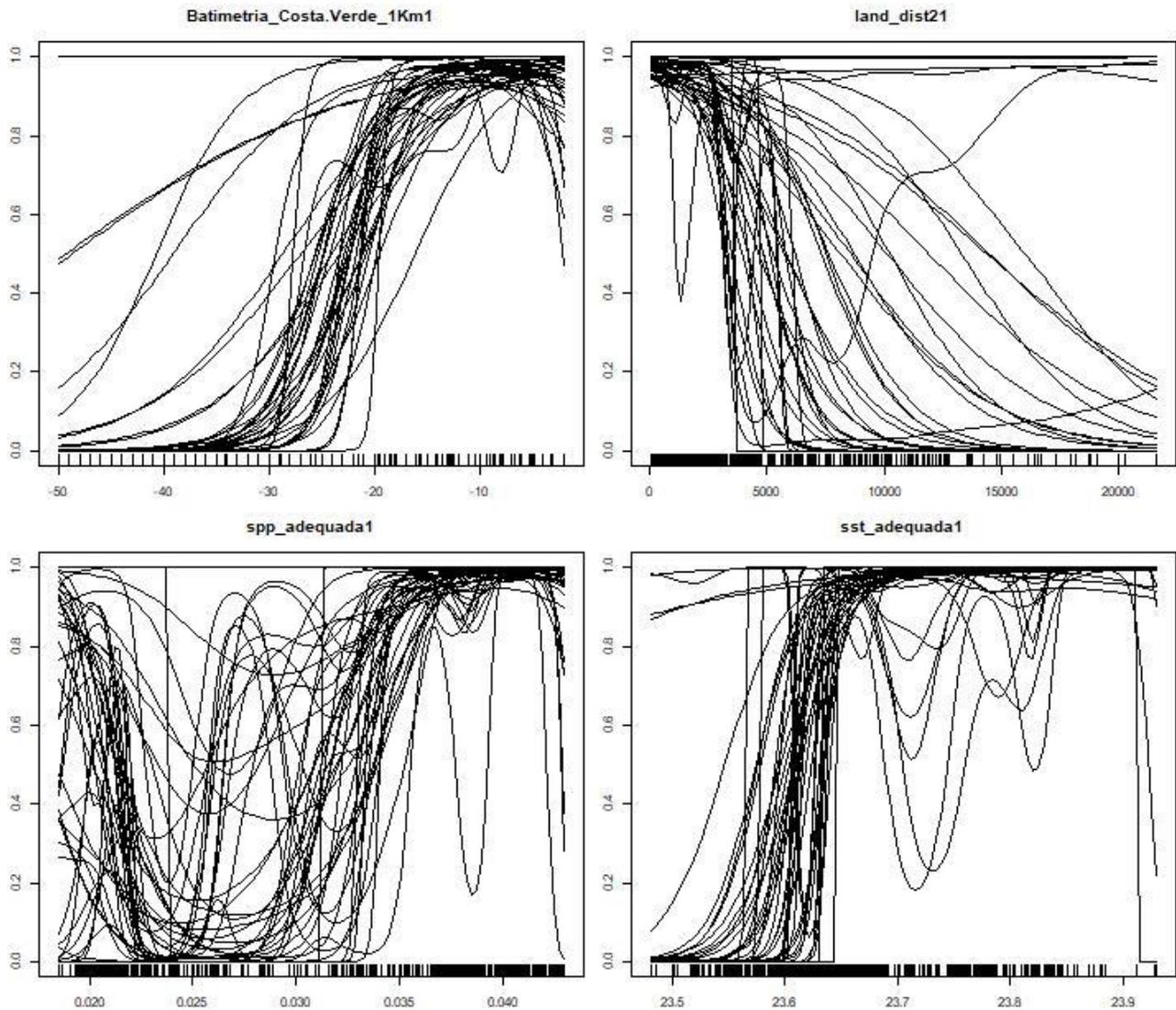


Figura 8: Curvas de resposta das variáveis, para o algoritmo Generalized Additive Models (GAM).

Response curves for species's MAXENT.Phillips

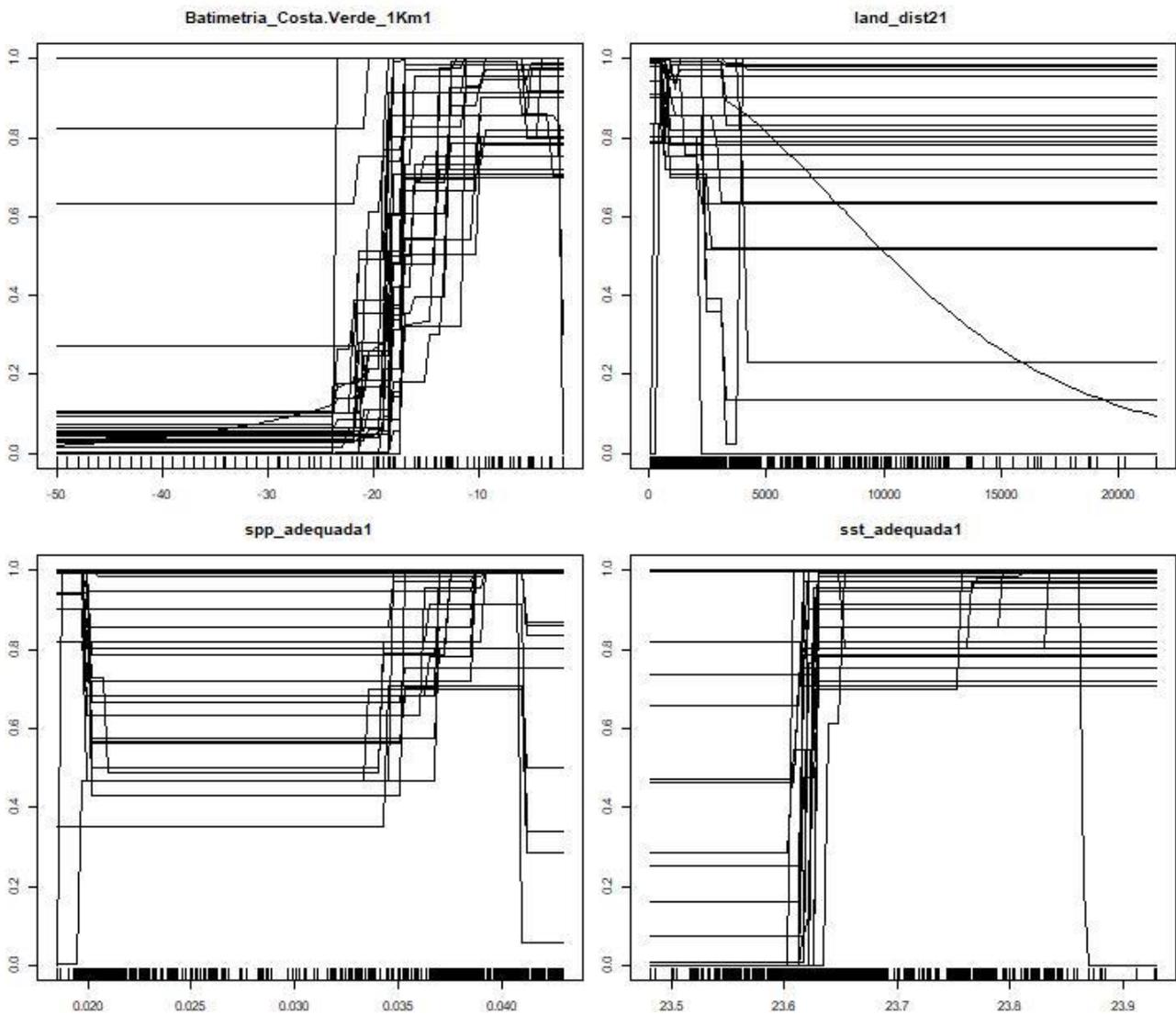


Figura 9: Curvas de resposta das variáveis, para o algoritmo MaxEnt.

Foram gerados 4 *sets* de pseudo-ausências, em 10 rodadas, para cada um dos 5 algoritmos empregados, onde o desempenho dos modelos, testados pelo TSS, indica que os modelos, no geral, tiveram bom desempenho, isto é, $TSS > 0,7$ (Figura 10). Dentre os modelos, o RF apresentou a melhor desempenho, enquanto o MaxEnt o pior (Figura 10).

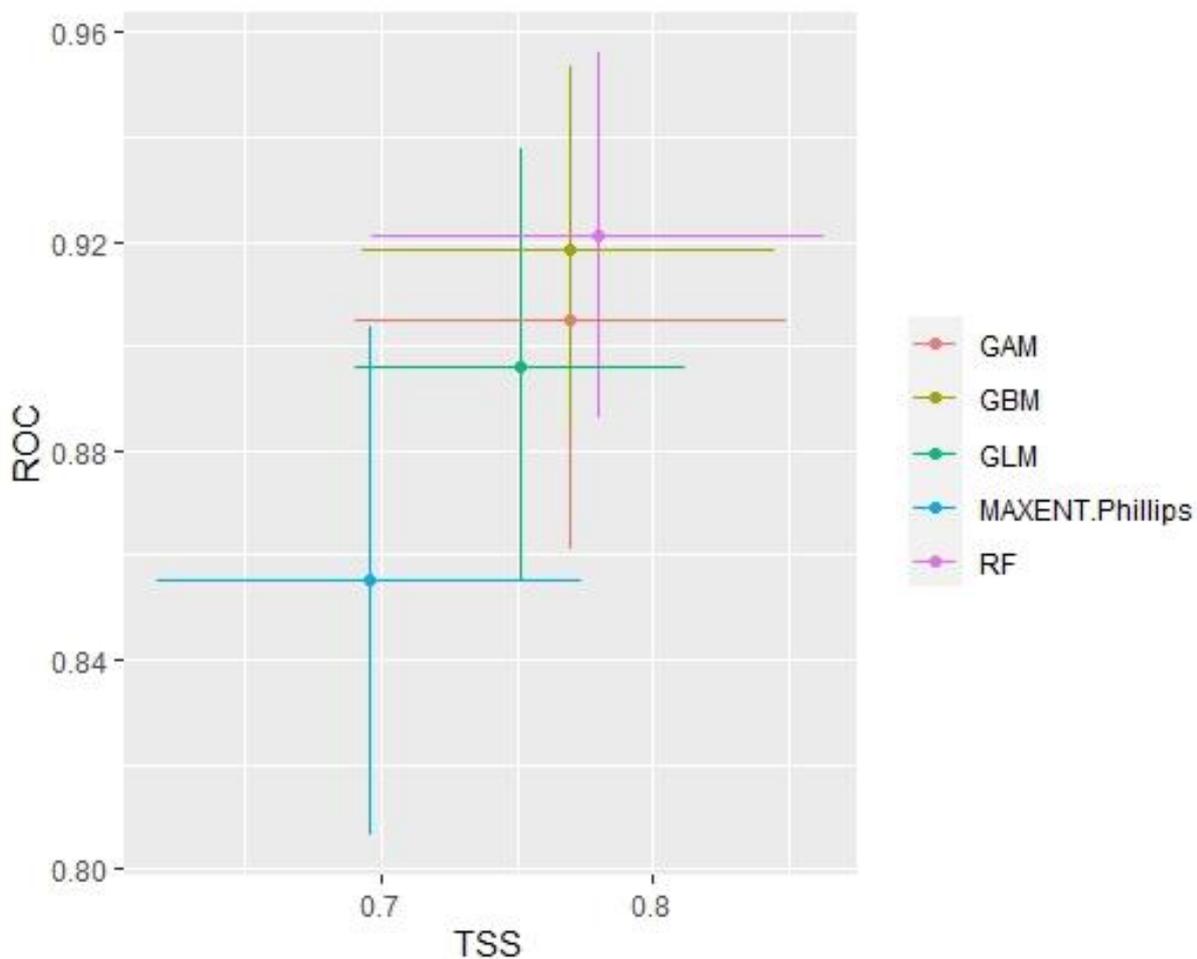


Figura 10: Gráficos de desempenho para os algoritmos Generalized Additive Models (GAM) Generalized Boosted Models (GBM), Generalized Linear Models (GLM) e Random Forest (RF) usados para a modelagem de adequabilidade do boto-cinza no complexo estuarino Sepetiba-Ilha Grande. Centroides em cada linha (algoritmo) representa a média e os extremos os valores mínimos e máximos de desempenho medidos por TSS e ROC.

De um total de 200 modelos, 146 (73%) foram incluídos no modelo final de consenso (TSS > 0,7) (Tabela 5). Considerando a média ponderada, o modelo de consenso teve bom desempenho (TSS = 0.82; Sensibilidade = 94.94; Especificidade = 86.98).

Tabela 5: Modelos seleccionados para o modelo de consenso, com suas respectivas médias de desempenho, por algoritmo.

Modelo	GLM	GAM	GBM	RF	MaxEnt
Média TSS	0.75	0.77	0.77	0.78	0.69
Nº de Retidos	30	33	33	32	18

As áreas mais adequadas se localizam na entrada e na região central da BSEP, além de uma grande área e pequenas manchas de alta adequabilidade na região oeste da baía da Ilha Grande. As áreas de moderada adequabilidade são encontradas em toda a enseada de Angra dos Reis, mais próximas a terra, se tornando progressivamente menos adequadas à medida que se aproximam do canal central e retomando o crescimento da adequabilidade ao se aproximar da BSEP. São encontradas manchas de alta adequabilidade nas enseadas a leste Ilha Grande, bem como faixas de adequabilidade moderada que circunscrevem a ilha, margeando sua linha de costa, assim como na porção mais ao sudoeste da Restinga da Marambaia. As regiões mais ao sul e sudoeste da Ilha Grande constituíram as áreas de menor adequabilidade, segundo os modelos. Áreas de adequabilidade moderada compõe, no geral, uma estreita e contínua faixa entre áreas de alta adequabilidade e áreas inadequadas, tipificando áreas de transição. É observado alargamento dessa faixa na Baía da Ribeira e próximo aos portos de Angra dos Reis, na Enseada de Angra dos Reis. Essa faixa também conecta as duas áreas de alta adequabilidade, se ramificando para o sul, conectando as manchas de alta e moderada adequabilidade que circunscrevem a Ilha Grande. Há uma área de moderada adequabilidade na zona interna da Baía de Sepetiba (Figura 11).

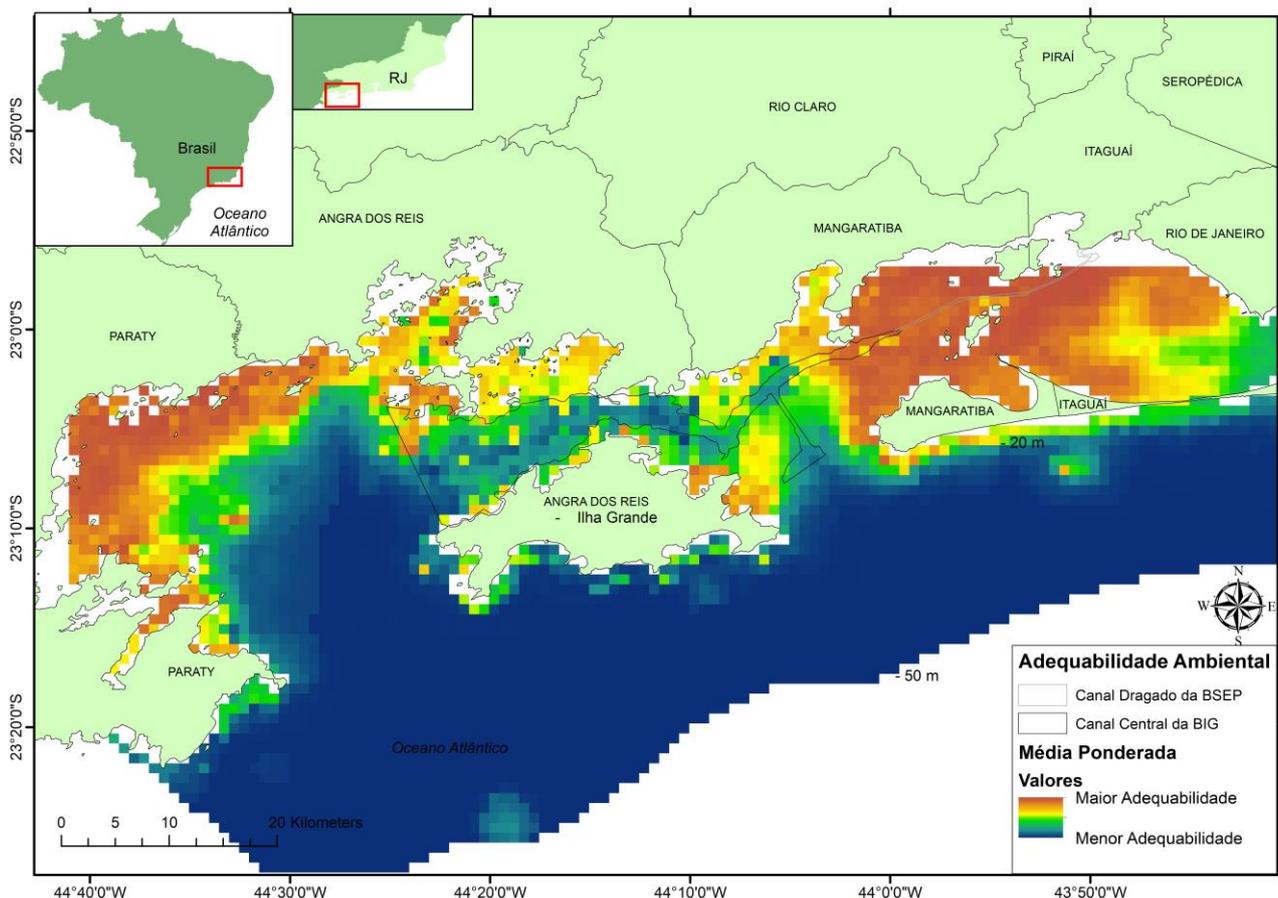


Figura 11: Projeção espacial do modelo de consenso no Complexo Estuarino Sepetiba-Ilha Grande, Rio de Janeiro, Brasil referente à adequabilidade ambiental do boto-cinza, a partir de modelos com $TSS \geq 0,7$.

Foram analisadas 34.399 fotos para a Baía de Sepetiba (BSEP), 28.990 fotos para Baía da Ilha Grande (BIG), onde foram identificados, em todo período analisado, 904 indivíduos na BSEP e 808 indivíduos na BIG, totalizando 1712 botos-cinza identificados em toda Costa Verde Fluminense.

Após a análise dos dois catálogos, 80 indivíduos foram reavistados nas duas baías, o que corresponde a aproximadamente 10% em cada uma das populações. Destes, 63,7% foram avistados primeiro na baía de Sepetiba e reavistados na baía da Ilha Grande sem retorno ao local de origem, 31,3% foram avistados primeiro na baía da Ilha Grande e reavistados na baía de Sepetiba sem retorno, 5% foram avistados primeiro na baía de Sepetiba, reavistados na baía da Ilha Grande e reavistados posteriormente de volta na baía de Sepetiba (Figura 12).

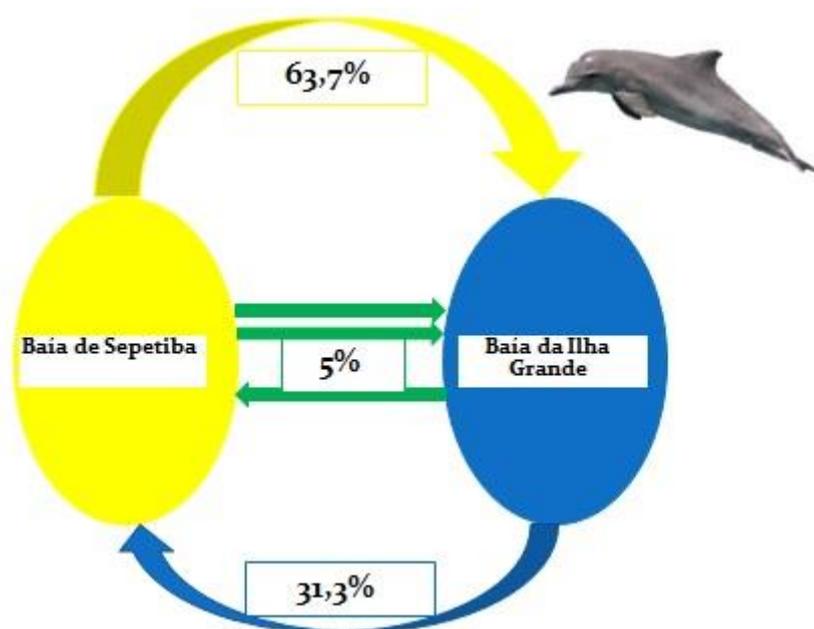


Figura 12: Figura indicando o sentido da movimentação dos botos-cinza, entre as áreas de residência da Baía de Sepetiba (BSEP) e Baía da Ilha Grande (BIG), na Costa Verde, Estado do Rio de Janeiro, Sudeste do Brasil.

O intervalo máximo entre recapturas foi registrado para o indivíduo CV006 (PAR751; SEP020) que foi avistado primeiramente na baía de Sepetiba em 01/05/1995 e reavistado a última vez na baía da Ilha Grande em 05/07/2017, totalizando de 8101 dias (22,1 anos). Os indivíduos com o menor intervalo de reavistagem entre áreas foram o CV005 (PAR113; SEP019) que foi avistado primeiramente na baía de Sepetiba em 03/08/2007 e reavistado na baía da Ilha Grande em 25/08/2007, e CV017 (PAR103; SEP184), avistado na baía de Sepetiba em 03/08/2007 e reavistado

na baía da Ilha Grande em 25/08/2007, totalizando 22 dias. Em média, os indivíduos foram reavistados entre as baías em um intervalo de $2126,55 \pm 1907,17$ dias (Figura 13). Para baía de Sepetiba, 22,5% dos indivíduos transientes foram reavistados apenas na estação seca, 70% na estação chuvosa e 7,5% entre diferentes seca-chuvosa. Para baía da Ilha Grande, 17,5% dos indivíduos transientes foram reavistados apenas na estação seca, 42,5% na estação chuvosa e 40% entre diferentes seca-chuvosa (Tabela 6).

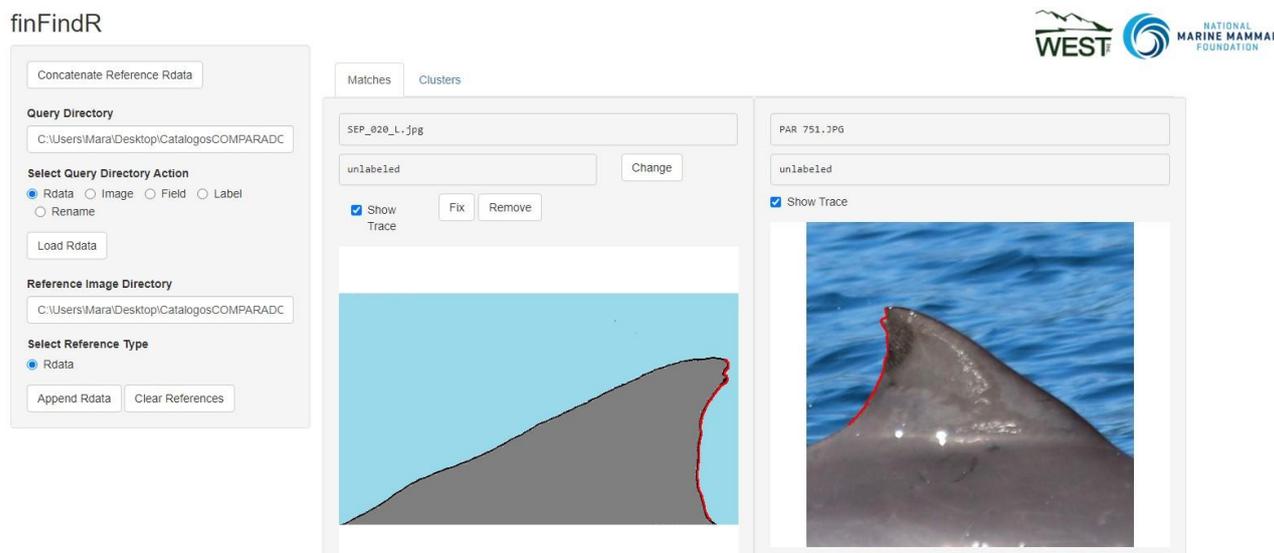


Figura 13: Imagem ilustrando o programa FinFindR, identificando o transiente CV006, indivíduo com o maior intervalo entre recapturas.

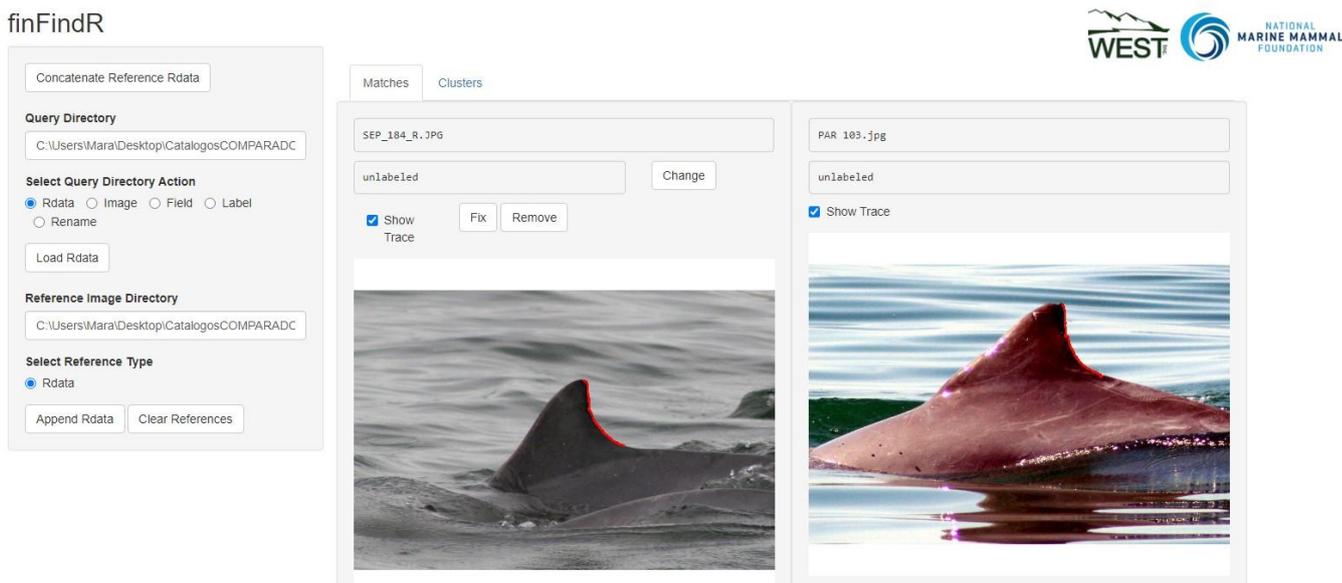


Figura 14: Imagem ilustrando o programa FinFindR, identificando o transiente CV017, indivíduo com o menor intervalo entre recapturas.

Tabela 6: Tabela de avistagem-reavistagem sazonal, considerando estação seca e chuvosa, de botos-cinza, entre as áreas de residência da Baía de Sepetiba e Baía da Ilha Grande, na Costa Verde, Estado do Rio de Janeiro, Sudeste do Brasil.

Avistagem-Reavistagem - Por Estação						
Baías	Sepetiba			Ilha Grande		
Estações	Apenas Seca	Seca e Chuvosa	Apenas Chuvosa	Apenas Seca	Seca e Chuvosa	Apenas Chuvosa
Σ Indivíduos	18	6	56	14	32	34
% Indivíduos	22,5	7,5	70	17,5	40	42,5
Moda (Indivíduos/Estação)	Chuvosa			Chuvosa		

IV. Discussão

O resultado do TSS indicou que grande parte dos modelos teve um bom desempenho, apresentando valores em torno de 0,8. O modelo de adequabilidade de habitat indicou que as áreas mais adequadas para ocorrência do *S. guianensis* são as áreas abaixo da isóbata de 20 metros, de temperaturas próximas a 23,7°C e bimodais quanto a produtividade primária no complexo como um todo. Foram identificados 80 botos-cinza transientes, dos quais a maior parte no sentido BSEP para BIG, sem retorno ao local de origem. Para ambas as baías, a estação chuvosa concentrou a maior parte dos indivíduos transientes reavistados.

Dentre as áreas adequadas para ocorrência do boto-cinza, há evidente destaque para as áreas onde se encontram as áreas de residência (região central e externa da baía de Sepetiba e a porção oeste da baía da Ilha Grande), descritas na literatura (Nery *et al.*, 2008; Tardin *et al.*, 2020), onde são encontradas extensas áreas de alta adequabilidade, o que pode explicar esse padrão de residência. Essas áreas são rasas e abrigadas, contando com uma extensa quantidade de lajes e ilhas, proporcionando um ambiente ideal para manutenção das populações, através de áreas seguras que favorecem o cuidado da prole e a alimentação, na diversidade de ictiofauna proporcionada por essas formas de relevo (Andrade-Tubino *et al.*, 2020). É possível que as áreas de moderada adequabilidade, situadas entre as áreas de residência possibilitem a existência de corredores ecológicos, que estejam conectando essas duas populações. Essa hipótese é reforçada, ao considerar que a literatura recente tem reportado que áreas com profundidades inferiores a 15 metros são usadas para alimentação e deslocamento (Ribeiro-Campos *et al.*, 2021). As áreas adjacentes ao Canal Central, marginais ao continente e à Ilha Grande (Apêndice 7) possuem tal característica,

sendo possível que os transientes estejam as utilizando, para transitar entre as populações, e que estejam utilizando áreas próximas às lajes e ilhas, como *stepping stones*, maximizando a capacidade de dispersão. É possível sugerir que as áreas de alta adequabilidade à nordeste da Ilha Grande sejam utilizadas por botos-cinza da BSEP, possivelmente no período do fim da tarde, uma vez que foi reportado menor ocorrência de forrageamento e menores grupos dentro da BSEP (Flach et al. 2008; Nery et al., 2010). No entanto, cruzeiros sistematizados para coleta de dados nessa área precisam ser feitos para corroborar essa hipótese.

O modelo de consenso corrobora a literatura recente (Wedekin *et al.*, 2010; de Godoy *et al.*, 2015; Lobo *et al.*, 2021), demonstrando que o boto-cinza é uma espécie especialista que ocupa uma estreita faixa costeira, próxima à isóbata de 20 metros, sendo essa a variável mais importante para adequabilidade de áreas (Tabela 8), podendo ser um fator limitante de distribuição da espécie. É reiterado que áreas mais rasas e abrigadas possam estar favorecendo o cuidado da prole, algo particularmente importante, se considerado que as populações possuem altas porcentagens de filhotes durante todo o ano (Nery *et al.*, 2010, Tardin et al., 2013) e que regiões mais abertas e profundas, ao sul da Ilha Grande e sobre o canal, são mais apropriadas para ocorrência potenciais predadores de filhotes, e eventualmente adultos, como algumas espécies de elasmobrânquios, a exemplo tubarão-tigre (*Galeocerdo cuvier*) e cabeça-chata (*Carcharhinus leucas*) (Ceretta *et al.*, 2020) e como a orca (*Orcinus orca*), com registro para a região desde a década de 90 (Lodi & Hetzel, 1998). Essas áreas também poderiam estar expondo mais os transientes à detecção por potenciais predadores, uma vez que apresentam menos áreas de refúgio, além de permitir uma aproximação facilitada por baixo do grupo. A literatura recente tem indicado que mesmo em situações onde a predação é rara, organismos tendem a empregar diferentes táticas anti-predador (Kiszka *et al.*, 2020). No caso dos cetáceos, o efeito do risco pode promover alteração no uso dos recursos ou de áreas, visando evitar o risco da predação (Kiszka *et al.*, 2020) o que pode explicar a maior adequabilidade das áreas mais rasas, uma vez que a história natural dos botos-cinza, com esses outros organismos marinhos é mais antiga que a história natural com os humanos e que o tempo de interação entre as espécies pode modular a resposta ao efeito de risco (Kiszka *et al.*, 2020). Semelhante relação foi observada no Estuário de Paranaguá (de Moura *et al.*, 2021), onde foi observado que indivíduos com filhotes tendiam a áreas mais rasas. Para áreas com profundidade de até 20m, predita como mais adequadas, tem sido reportado a ocorrência de diferentes espécies de presas dos botos-cinza, como é o caso da sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*), corvina (*Micropogonias furnieri*) e tainha (*Mugil sp.*), por exemplo (FIPERJ, 2020).

A literatura indica que um ambiente com abundante oferta de alimentos é fundamental para a manutenção das populações, ou de grupos, de cetáceos (Hodgson *et al.*, 2011). No caso do boto-

cinza, o espectro de presas é predominantemente de representantes da ictiofauna (Cremer *et al.*, 2012). Assembleias ictiológicas podem ter sua densidade local diretamente influenciada pela produtividade, que ao estimular a base da teia trófica promove a concentração de presas (Salvador & Bersano, 2017), um fator que pode moldar a distribuição dos cetáceos, de uma forma geral (MacLeod, 2009). Ao analisar as condições ambientais da área de estudo, é possível ver uma evidente separação entre águas mais eutróficas na BSEP e mais oligotróficas na BIG, nas quais a espécie apresenta um padrão bimodal de adequabilidade, sendo os dois extremos as áreas de maior adequabilidade, em vista da SPP; esses padrões também podem refletir duas ofertas de presas disponíveis ao boto-cinza, uma mais estuarina, representados principalmente por peixes comuns à estuários, como é o caso da corvina ou a manjuba (*Engraulis anchoita*), e outra de características oceânicas, possivelmente representados por elementos da ictiofauna que sejam originários de águas oceânicas (Araújo, 2012; Bisi *et al.*, 2013).

De uma forma geral, profundidade e distância da costa são variáveis correlacionadas, fato esse que dificulta a análise dessas variáveis. Contudo, as características naturais da Costa Verde, tornam a região uma área modelo para essas análises, uma vez que existem áreas de diferentes batimetrias, mas a distâncias semelhantes. Por outro lado, o grande número de ilhas e lajes pode poluir essas análises, caso os dados não sejam adequadamente tratados. Essa dificuldade analítica foi encontrada por Wedekin e colaboradores (2010); apesar disso, foi sugerido que a distância da costa fosse uma variável menos importante e que a profundidade fosse o fator limitante. Ao considerar a distância da terra como um todo, o presente trabalho expandiu essas análises ao considerar o efeito de porções menores de terra, que alteram a estrutura da paisagem marinha. O presente trabalho suporta a hipótese de que a distância da terra, embora relevante, seja um parâmetro menos importante. Essa hipótese pode ser corroborada ao observar que em áreas onde a plataforma continental é mais estreita, as áreas de adequabilidade também são reduzidas em tamanho (Lobo *et al.*, 2021). É possível que a proximidade da terra atue intensificando a adequabilidade, ao criar pontos de refúgio, mais abrigados. No caso particular das ilhas e lajes, é possível que essas formações atuem como áreas *stepping stones*, facilitando a predação, conforme observado para *Steno bredanensis* na baía de Guanabara (Lodi & Maricato, 2020), e favorecendo a conectividade entre áreas, analogamente ao observado para outros componentes do nécton, esses em áreas oceânicas (Wagner *et al.*, 2021).

A temperatura, identificada como a segunda variável mais importante para a adequabilidade, tem pouca influência direta sobre o boto-cinza, uma vez que a amplitude térmica da área de estudo está entre o gradiente térmico de sua faixa de distribuição, do Caribe ao estado brasileiro de Santa Catarina (Carr & Bonde, 2000; Simões-Lopes, 1988). A ictiofauna, contudo, pode ter sua

diversidade alterada por pequenas variações de temperatura (Araújo *et al.*, 2018; Câmara *et al.*, 2019). A redução na diversidade e abundância de presas tem sido apontada na literatura como um fator que influencia negativamente na adequabilidade de áreas para diversos cetáceos (Heithaus *et al.*, 2008; MacLeod, 2009). O padrão de adequabilidade atinge os maiores valores entre 23,7 a 23,9 °C. Possivelmente essa temperatura seja adequada para presas importantes do boto-cinza. Dessa forma, é possível que a distribuição em função da temperatura, ocorra de forma a otimizar o forrageio do boto-cinza.

Áreas adequadas adjacentes à BSEP, a leste da Ilha Grande e a oeste da Ilha da Marambaia, foram indicadas pelo modelo. A proximidade, associada à adequabilidade, pode favorecer o uso dessas áreas sob circunstâncias específicas, no entanto essas regiões não foram amostradas, o que a torna uma área de destaque para monitoramentos futuros.

Nesse estudo, foi possível indicar, em uma escala temporal longa, a movimentação de botos-cinza entre as baías de Sepetiba e da Ilha Grande. Foi possível observar que a maior parte dos botos se deslocou da baía de Sepetiba para a baía da Ilha Grande, corroborando a hipótese levantada e que não foram mais observados de volta a baía de origem. Ao mesmo tempo, poucos foram os indivíduos que fizeram o movimento de ida e volta entre as baías. A porcentagem de indivíduos catalogados transitando entre as populações foi semelhante ao encontrado por Galvão (2013). O presente estudo ressalta a importância de que, no futuro, essas populações sigam sendo monitoradas e os botos transientes, destacados.

Cetáceos, são predadores de topo que possuem altas demandas energéticas (Shane *et al.*, 1986; Costa 2008). Embora o boto-cinza seja uma espécie residente (Nery, 2008; Espécie, 2015), é possível que uma redução na oferta de presas, estimule a movimentação para áreas com maior oferta de alimento. Estudos anteriores (Araújo *et al.*, 2016; Araújo *et al.*, 2017) tem indicado que a degradação ambiental da baía de Sepetiba tem promovido a progressiva perda de abundancia e diversidade de seus estoques pesqueiros, o que pode explicar, em parte, a predominância dos movimentos, sem registro de retorno, a partir da baía de Sepetiba, em direção à população da Baía da Ilha Grande.

Signorini (1980) reporta que durante a estação chuvosa ocorre o aumento do aporte de água doce na região Leste da baía da Ilha Grande, oriundas dos sistemas fluviais que desaguam na baía de Sepetiba, bem como a entrada da ACAS na região, através da área Oeste da baía de Ilha Grande, o que provoca o aumento de nutrientes na região e promove uma alteração sazonal da picnoclina, manifestas no perfil Sigma-T da localidade. Dessa forma, tem-se *a priori* que essa perturbação sazonal natural, bem como o aumento dos nutrientes oriundos da ACAS, na região esteja trazendo efeitos positivos sobre os diferentes compartimentos da teia trófica, através do incremento e

concentração da diversidade planctônica e nectônica e de suas abundâncias (Salvador & Bersano, 2017), favorecendo e otimizando o forrageio durante a estação chuvosa (Tardin *et al.*, 2020). Essas condições favoráveis, associadas aos crescentes impactos antrópicos na baía de Sepetiba, que contrastam com melhor estado de conservação da baía de Ilha Grande, podem ajudar a explicar a utilização sazonal mais homogênea da baía da Ilha Grande.

Paralelamente, foi reportado (Morado *et al.*, 2021) que as tainhas [(*Mugil liza*) (Valenciennes, 1836)], uma importante presa do boto-cinza (Cremer *et al.*, 2012), alteraram parcialmente seu período reprodutivo, adentrando para áreas da baía de Sepetiba também durante o verão, sendo predadas pelo referido delfinídeo. Essa alteração foi identificada ocorrendo entre os anos de 2017 e 2019, quando o estudo foi realizado (Morado *et al.*, 2021), e se sobrepõe ao período em que as movimentações no sentido Ilha Grande – Sepetiba se tornam mais comuns. O aumento recente na abundância de tainhas durante a estação chuvosa, pode ajudar a explicar o uso da baía de Sepetiba predominantemente na estação chuvosa, por parte dos botos-cinza transientes. Dessa forma, o presente estudo sugere que variações sazonais na disponibilidade de diferentes presas, ou de presas em maior abundância, possa ser um *proxy* para que a movimentação entre as manchas de habitat esteja ocorrendo, visto que a disponibilidade de recursos é um forte modulador do movimento (Defran *et al.*, 1999) e que o organismo modelo tende a se agrupar em áreas de maior disponibilidade de alimento (Wedekin *et al.*, 2010).

Os movimentos interpopulacionais no sentido Ilha Grande – Sepetiba, embora com menos registros, são no geral mais recentes e predominantes a partir de 2015. Dentre os recortes temporais encontrados, está o período pré-epidêmico da morbilirose que atingiu as populações da Costa Verde fluminense, ao final de 2017 (Groch *et al.*, 2018). Dessa forma, considerando que, *a priori*, há uma maior propensão ao uso da baía de Sepetiba durante a estação chuvosa, estação essa que se sobrepôs ao surto epidêmico na baía de Ilha Grande, e que os movimentos no sentido Ilha Grande – Sepetiba estavam ocorrendo com frequência, é possível que o morbilivirus possa ter chegado à população da baía de Sepetiba, através de botos-cinza da baía de Ilha Grande que tenham chegado infectados com o vírus, e que a disseminaram ao se engajar em atividades sociais.

Dessa forma, embora ocorra em baixa proporção, à movimentação de indivíduos entre as populações deve ser continuamente monitorada, sendo estratégica para a vigilância epidemiológica das populações e conseqüentemente, para conservação dessas populações. De igual modo, alterações na quantidade e frequência dos deslocamentos, podem estar associadas à viabilidade do hábitat, indicando melhora das condições, piora ou uma possível armadilha ecológica. É de particular importância para conservação que estudos subsequentes sejam realizados na região.

Por fim, a heterogeneidade entre esses hábitats, associadas ao deslocamento interpopulacional restrito a segmentos pequenos dessa população e à literatura recente que

demonstra distintos hábitos alimentares (Bisi *et al.*, 2013), *pools* genéticos (Santos, 2015), repertórios acústicos (Maciel, 2020) e comportamentais (dados não publicados do Laboratório de Ecologia e Conservação Marinha), parece sugerir que existam duas populações de botos-cinza espacialmente próximas, mas ecologicamente separadas. É importante que mais estudos sejam realizados, especialmente em relação a aspectos demográficos, para que se possa ter maior precisão sobre a dinâmica de populações no complexo estuarino.

Entretanto, é importante observar os resultados com cautela, considerando que as amostragens para BIG se iniciam em 2007 e que também há um hiato amostral entre os anos de 2007 e 2017 para BSEP. Embora os dados recentes sejam sincrônicos, é possível que haja algum grau de subamostragem; paralelamente, não foi possível coletar dados primários nas áreas externas às áreas de residência, por consequência da pandemia SAR-COV-2. A obtenção de dados secundários mitigou a falta de amostragem primária, nessa região, mas ainda é possível que as áreas adequadas possam ter variações maiores que o indicado pelo presente trabalho. Apesar desses possíveis enviesamentos, o trabalho mantém sua confiabilidade, sendo importante suporte para trabalhos futuros e políticas públicas, especialmente em um complexo estuarino com intensa atividade humana e sobreposição com uma espécie em risco de extinção.

V. Conclusão

V.1 Considerações finais:

Após os resultados serem discutidos, é importante suscitar aspectos relacionados a conservação da área e da espécie, sobretudo à luz do Plano de Ação Nacional (PAN) para Conservação de Pequenos Cetáceos (ICMBio, 2015), e futuramente pelo PAN para Conservação de Cetáceos Marinhos, ainda em desenvolvimento. Ambos incluem o *Sotalia guianensis* dentre as espécies contempladas. O PAN de Pequenos Cetáceos teve como algumas de suas metas a avaliação e redução dos impactos de pesca, do turismo e lazer, bem como da poluição, contemplando também a poluição acústica. Nesse escopo, é importante considerar os possíveis impactos antrópicos e lacunas em seus estudos, nas áreas indicadas como adequadas.

O turismo náutico, exportação de cargas e a pesca figuram importantes eixos econômicos da região onde é encontrada a área de estudo (PMAP, 2020; ANTAQ, 2022), inclusive em áreas indicadas pelo presente estudo, como de alta adequabilidade, para o boto-cinza. Essas atividades também têm sido relatadas como emissoras de ruídos antropogênicos, em alguns casos, (PMPAS, 2021) e podem afetar substancialmente os cetáceos, quando desordenadas. Em alguns casos, descritos na literatura, o turismo desordenado esteve associado à alterações de emissões acústicas

(Martins *et al.*, 2018), evasão, aumento na duração da submersão, alteração de atividades e comportamentos (Filla & Monteiro-Filho, 2009; Santos-Jr. *et al.*, 2006). Não foram encontrados trabalhos, para o Sul Fluminense, que discutam os efeitos das expressivas atividades de turismo náutico e portuárias sobre essas populações, fazendo-se necessário para conservação que esses estudos sejam realizados.

Algo semelhante ocorre com atividades pesqueiras. Existe uma vasta literatura que indica efeitos da interação negativa entre cetáceos e atividades pesqueiras. Para a área de estudo, poucos estudos de fato conseguem quantificar o efeito do *bycatch* na população, com informações de *causa mortis*, dado a dificuldades logísticas e amostrais (Nery *et al.*, 2008; Flach, 2015). Ao mesmo tempo, existe um monitoramento contínuo de animais encalhados realizados pelo Programa de Monitoramento de Praias que indicou que entre 2019-2021 foram encontradas 229 carcaças de boto-cinza na baía de Sepetiba. Não foram encontrados trabalhos, para área de estudo, em que fosse analisada a deriva de carcaças, o que dificulta a compreensão da possível origem de carcaças que sejam encontradas encalhadas. O baixo monitoramento dos incidentes entre a espécie e a pesca, consorciado ao baixo entendimento da dinâmica de encalhes e ao predomínio da pesca de emalhe em áreas reportadas pelo presente estudo como de alta adequabilidade (PMAP, 2020), acende um alerta para conservação da espécie na região. É imperativo que esses estudos sejam realizados, a fim de prover fundamentos adequados para a discussão e implementação de medidas de ordenamento pesqueiro e de conservação da espécie, uma vez que esses impactos antrópicos possam estar ocorrendo sinergicamente sobre as populações e em áreas de alta adequabilidade.

O presente estudo destaca a necessidade da discussão pública de medidas de conservação para a espécie na área de estudo como um todo, ao considerar que, mesmo havendo UC's presentes e que elas contribuam para a conservação, há apenas uma APA municipal voltada especificamente ao boto-cinza, ainda que seja uma espécie de prioritária conservação. Também é sugerido o aprofundamento dos estudos para esse possível corredor aquático, dado que apresenta intensas atividades antrópicas, que podem ser um risco à espécie; bem como a necessidade de expandir as amostragens nas áreas que circunscvem a Ilha Grande.

V.2. Da Conclusão:

Foi possível detectar que as áreas mais adequadas para a espécie no complexo estuarino são áreas rasas e próximas à costa. As áreas de residência, em cada uma das baías, concentraram os maiores índices de adequabilidade, o que contribui para explicar por que essas áreas concentram indivíduos residentes. Áreas marginais à costa norte da Ilha Grande e a costa ao sul do continente, próximas às bordas do Canal Central, foram áreas moderadas em adequabilidade. É possível que

sejam usadas com menor frequência ou para deslocamento entre as áreas. Áreas ao sul da Ilha Grande foram consideradas inadequadas. Foi possível monitorar o deslocamento de transientes entre as duas populações da Costa Verde, sendo o maior recorte temporal já realizado até o momento, para área de estudo. Foi constatado que aproximadamente 10% das populações realizam essa movimentação. Foi possível observar que movimentos continuaram ocorrendo no decorrer dos anos, indicando a manutenção desse comportamento em parte das populações. Os movimentos ocorreram predominantemente a partir da Baía de Sepetiba, para a Baía da Ilha Grande, sem retorno dos indivíduos à baía de origem. Ambas as baías foram predominantemente usadas pelos transientes durante a estação chuvosa.

VI. Referências Bibliográficas:

- Agencia Nacional de Transportes Aquaviários, ANTAQ. (2022). Acessado em 29/4/2022. Link: <http://ea.antaq.gov.br/QvAJAXZfc/opendoc.htm?document=painel%5Cantaq%20-%20anu%C3%A1rio%202014%20-%20v0.9.3.qvw&lang=pt-BR&host=QVS%40graneleiro&anonymous=true>
- Aiello-Lammens, M. E., Boria, R. A., Radosavljevic, A., Vilela, B., & Anderson, R. P. spThin: an R package for spatial thinning of species occurrence records for use in ecological niche models. *Ecography*, 38(5), 541-545, 2015.
- Alouche, O.; Tsoar, A.; Kadmon, R. Assessing the accuracy of species distribution models: prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS) *Journal of Applied Ecology*, 43: 1223– 1232, 2006.
- Andrade-Tubino, M. F., Azevedo, M. C. C., Franco, T. P., & Araújo, F. G. How are fish assemblages and feeding guilds organized in different tropical coastal systems? Comparisons among oceanic beaches, bays and coastal lagoons. *Hydrobiologia*, 847(2), 403-419, 2020.
- Anibolet, D. Uso do hábitat alimentar do Boto-Cinza [*Sotalia guianensis* (van Bénédén, 1864)] na Baía de Sepetiba, estado do Rio de Janeiro – Brasil. Monografia (Graduação em Bacharelado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biociências, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.
- Araújo, F. G., de Azevedo, M. C. C., de Araújo Silva, M., Pessanha, A. L. M., Gomes, I. D., & da Cruz-Filho, A. G. Environmental influences on the demersal fish assemblages in the Sepetiba Bay, Brazil. *Estuaries*, 25(3), 441-450, 2002.

- Araújo, F. G., de Azevedo, M. C. C., & Guedes, A. P. P. Inter-decadal changes in fish communities of a tropical bay in southeastern Brazil. *Regional Studies in Marine Science*, 3, 107-118, 2016.
- Araújo, F. G., Pinto, S. M., Neves, L. M., & de Azevedo, M. C. C. Inter-annual changes in fish communities of a tropical bay in southeastern Brazil: What can be inferred from anthropogenic activities?. *Marine Pollution Bulletin*, 114(1), 102-113, 2017.
- Araújo, F. G., Teixeira, T. P., Guedes, A. P. P., de Azevedo, M. C. C., & Pessanha, A. L. M. Shifts in the abundance and distribution of shallow water fish fauna on the southeastern Brazilian coast: a response to climate change. *Hydrobiologia*, 814(1), 205-218, 2018.
- Araujo. A.C.P.S. Dieta do Boto-Cinza (*Sotalia guianensis* van Benédén, 1864) (Cetacea:Delphinidae) na região da Baía de Sepetiba, (RJ). Dissertação (Mestrado em Oceanografia) – Faculdade de Oceanografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.
- Araújo, F. G., Teixeira, T. P., Guedes, A. P. P., de Azevedo, M. C. C., & Pessanha, A. L. M. Shifts in the abundance and distribution of shallow water fish fauna on the southeastern Brazilian coast: a response to climate change. *Hydrobiologia*, 814(1), 205-218, 2018.
- Azevedo, A. F., Lailson-Brito, J., Cunha, H. A., & Van Sluys, M. A note on site fidelity of marine tucuxis (*Sotalia fluviatilis*) in Guanabara Bay, southeastern Brazil. *Journal of Cetacean Research and Management*, 6(3), 265-268, 2004.
- Azevedo, M. C., da Cruz-Filho, A. G., & Araújo, F. G. Mangrove habitat use by fishes in Southeastern Brazil: are there temporal changes in the structure of the community?. *Marine Ecology*, 37(6), 1223-1238, 2016.
- Atem, A. C., & Monteiro-Filho, E. L. Nocturnal activity of the estuarine dolphin (*Sotalia guianensis*) in the region of Cananéia, São Paulo State, Brazil. *Aquatic Mammals*, 32(2), 236, 2006.
- Baines, M., & Weir, C. R. Predicting suitable coastal habitat for sei whales, southern right whales and dolphins around the Falkland Islands. *Plos one*, 15(12), e0244068, 2020.
- Balmer, B., Watwood, S., Quigley, B., Speakman, T., Barry, K., Mullin, K., Rosel, P., Sinclair, C., Zolman, Z. & Schwacke, L. Common bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) abundance and distribution patterns in St Andrew Bay, Florida, USA. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 29(3), 486-498, 2019.
- Barbet-Massin, M., Jiguet, F., Albert, C., & Thuiller, W. Selecting pseudo-absences for species distribution models: How, where and how many? *Methods in Ecology and Evolution*, 3(2), 327–338, 2012.
- Bisi, T. L., Dorneles, P. R., Lailson-Brito, J., Lepoint, G., Azevedo, A. D. F., Flach, L., Malm, O. & Das, K. Trophic relationships and habitat preferences of delphinids from the southeastern

- Brazilian coast determined by carbon and nitrogen stable isotope composition. *PLoS One*, 8(12), e82205, 2013.
- Blasi, M. F., & Boitani, L. Modelling fine-scale distribution of the bottlenose dolphin *Tursiops truncatus* using physiographic features on Filicudi (southern Tyrrhenian Sea, Italy). *Endangered Species Research*, 17(3), 269-288, 2012.
 - Brasil. Informe Nacional sobre Áreas Protegidas no Brasil. *Ministério do Meio Ambiente.*, 2007.
 - Brewer, M. J., O'Hara, R. B., Anderson, B. J., & Ohlemüller, R. Plateau: A new method for ecologically plausible climate envelopes for species distribution modelling. *Methods in Ecology and Evolution*, 7(12), 1489-1502, 2016.
 - Borobia, M., & Rosas, F. C. W. Tucuxi, *Sotalia fluviatilis*. *Estado de Conservación de los Mamíferos Marinos del Atlántico Sudoccidental*, 36-41, 1991.
 - Cantor, M., Wedekin, L. L., Daura-Jorge, F. G., Rossi-Santos, M. R., & Simões-Lopes, P. C. Assessing population parameters and trends of Guiana dolphins (*Sotalia guianensis*): An eight-year mark-recapture study. *Marine Mammal Science*, 28(1), 63-83, 2012.
 - Caldeira, A. Q., De Paula, J. C., Reis, R. P., & Giordano, R. G. Structural and functional losses in macroalgal assemblages in a southeastern Brazilian bay over more than a decade. *Ecological Indicators*, 75, 242-248, 2017.
 - Camara, E. M., de Azevedo, M. C. C., Franco, T. P., & Araújo, F. G. Hierarchical partitioning of fish diversity and scale-dependent environmental effects in tropical coastal ecosystems. *Marine environmental research*, 148, 26-38, 2019.
 - Cañadas, A., Sagarminaga, R., De Stephanis, R., Urquiola, E., & Hammond, P. S. Habitat preference modelling as a conservation tool: proposals for marine protected areas for cetaceans in southern Spanish waters. *Aquatic conservation: marine and freshwater ecosystems*, 15(5), 495-521, 2005.
 - Carr, T., & Bonde, R. K. Tucuxi (*Sotalia fluviatilis*) occurs in Nicaragua, 800 km north of its previously known range. *Marine Mammal Science*, 16(2), 447-452, 2000.
 - Ceretta, B. F., Fogliarini, C. O., Giglio, V. J., Maxwell, M. F., Waechter, L. S., & Bender, M. G. Testing the accuracy of biological attributes in predicting extinction risk. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 18(1), 12-18, 2020.
 - Costa, D. P. Energetics. In *Encyclopedia of marine mammals* (pp. 383-391). Academic Press, 2009.
 - Cremer, M. J., Pinheiro, P. C., & Simões-Lopes, P. C. Prey consumed by Guiana dolphin *Sotalia guianensis* (Cetacea, Delphinidae) and franciscana dolphin *Pontoporia blainvillei* (Cetacea, Pontoporiidae) in an estuarine environment in southern Brazil. *Iheringia. Série Zoologia*, 102, 131-137, 2012.

- Cunha, H. A., Santos-Neto, E. B., Carvalho, R. R., Ikeda, J. M., Groch, K. R., Díaz-Delgado, J., Guari, E.B., Brião, A.J., Oliveira, R.B., Flach, L., Bisi, T.L., Catão-Dias, J.L., Azevedo, A.F. & Lailson-Brito Jr, J. Epidemiological features of the first Unusual Mortality Event linked to cetacean morbillivirus in the South Atlantic (Brazil, 2017–2018). *Marine Mammal Science*, 37(4), 1375-1390, 2021.
- Defran, R. H., Weller, D. W., Kelly, D. L., & Espinosa, M. A. Range characteristics of Pacific coast bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Southern California Bight. *Marine Mammal Science*, 15(2), 381-393, 1999.
- de Godoy, D. F., Andriolo, A., & de Fatima Filla, G. The influence of environmental variables on estuarine dolphins (*Sotalia guianensis*) spatial distribution and habitat used in the Estuarine Lagunar Complex of Cananéia, southeastern Brazil. *Ocean & Coastal Management*, 106, 68-76, 2015.
- de Moura, S. P., Cantor, M., Broadhurst, M. K., & Domit, C. Environmental and behavioral factors influencing individual variation in spatial use by Guiana dolphins (*Sotalia guianensis*). *Journal of Mammalogy*, 2021.
- Di Benedetto, A. P. M., & Siciliano, S. Stomach contents of the marine tucuxi dolphin (*Sotalia guianensis*) from Rio de Janeiro, south-eastern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 87(1), 253-254, 2007.
- Dickinson, J. L., Zuckerberg, B., & Bonter, D. N. Citizen science as an ecological research tool: challenges and benefits. *Annual review of ecology, evolution, and systematics*, 41, 149-172, 2010.
- Espécie, M. D. A., Tardin, R. H., & Simão, S. M. Degrees of residence of Guiana dolphins (*Sotalia guianensis*) in Ilha Grande Bay, south-eastern Brazil: a preliminary assessment. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 90(8), 1633-1639, 2010.
- Espécie, M. D. A. O que seis anos de marcação-recaptura revelam sobre a população de boto-cinza da parte oeste da Baía da Ilha Grande, litoral sul do Rio de Janeiro, Tese de doutorado – Programa de Pós-graduação em Biologia Animal, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2015.
- Espinoza-Rodríguez, N., Carrasquero, J., Turrís-Morales, K. D., Delgado-Ortega, G., & Barrios-Garrido, H. Asociaciones entre aves marinas y *Sotalia guianensis* en el sur del Golfo de Venezuela. *Caldasia*, 37(2), 309-318, 2015.
- Estes, J. A., Tinker, M. T., Williams, T. M., & Doak, D. F. Killer whale predation on sea otters linking oceanic and nearshore ecosystems. *science*, 282(5388), 473-476, 1998.
- Feyrer, L. J., & Duffus, D. A. Predatory disturbance and prey species diversity: the case of gray whale (*Eschrichtius robustus*) foraging on a multi-species mysid (family Mysidae) community. *Hydrobiologia*, 678(1), 37-47, 2011.

- Filla, G. D. F., & Monteiro-Filho, E. L. D. A. Monitoring tourism schooners observing estuarine dolphins (*Sotalia guianensis*) in the Estuarine Complex of Cananéia, south-east Brazil. *Aquatic conservation marine and freshwater ecosystems*, 2009.
- FIPERJ. Estatística Pesqueira do Estado do Rio de Janeiro. Consulta On-line. Projeto de Monitoramento da Atividade Pesqueira no Estado do Rio de Janeiro. Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro (FIPERJ). Disponível em: <http://pescarj.fundepag.br/>. Acesso em: 18/09/2021.
- Flach, L., Flach, P. A., & Chiarello, A. G. Density, abundance and distribution of the Guiana dolphin, (*Sotalia guianensis* van Benéden, 1864) in Sepetiba Bay, Southeast Brazil. *Journal of Cetacean Research and Management*, 10(1), 31-36, 2008.
- Flores, P. A., & Da Silva, V. M. Tucuxi and Guiana Dolphin: *Sotalia fluviatilis* and *S. guianensis*. In *Encyclopedia of Marine Mammals (Second Edition)* (pp. 1188-1192), 2009.
- Galvão, C.C.G. Comparação dos catálogos de foto-identificação das populações de *Sotalia guianensis* (Cetartiodactyla, Delphinidae) da Baía de Sepetiba e Baía de Ilha Grande, Rio de Janeiro, Brasil. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) – Instituto de Biociências, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.
- Guilherme-Silveira, F. R., & de Lima Silva, F. J. Behavioural seasonality of the estuarine dolphin, *Sotalia guianensis*, on the north-eastern Brazilian coast. *Marine Biodiversity Records*, 1, 2008.
- Guisan, A., Thuiller, W., & Zimmermann, N. E. *Habitat suitability and distribution models: with applications in R*. Cambridge University Press, 2017.
- Groch, K. R. Biologia populacional e ecologia comportamental da baleia franca, *Eubalaena australis* (Desmoulins, 1822), Cetacea, Mysticeti, no litoral sul do Brasil, 2005.
- Groch, K. R., Santos-Neto, E. B., Díaz-Delgado, J., Ikeda, J. M., Carvalho, R. R., Oliveira, R. B., Guari, E.B., Bisi, T.L., Azevedo, A.F., Lailson-Britto, J. & Catão-Dias, J. L. Guiana dolphin unusual mortality event and link to cetacean morbillivirus, Brazil. *Emerging infectious diseases*, 24(7), 1349, 2018.
- Halpern, B. S., Frazier, M., Potapenko, J., Casey, K. S., Koenig, K., Longo, C., Lowndes, J.S., Rockwood, R.C., Selig, E.R., Selkoe, K.A. & Walbridge, S. Spatial and temporal changes in cumulative human impacts on the world's ocean. *Nature communications*, 6(1), 1-7., 2015.
- Heithaus, M. R., Frid, A., Wirsing, A. J., & Worm, B. Predicting ecological consequences of marine top predator declines. *Trends in ecology & evolution*, 23(4), 202-210, 2008.
- Hodgson, J. A., Moilanen, A., Wintle, B. A., & Thomas, C. D. Habitat area, quality and connectivity: striking the balance for efficient conservation. *Journal of Applied Ecology*, 48(1), 148-152, 2011.

- Hollatz, C., Flach, L., Baker, S., & Santos, F. R. Microsatellite data reveal fine genetic structure in male Guiana dolphins (*Sotalia guianensis*) in two geographically close embayments at south-eastern coast of Brazil. *Marine Biology*, 158(4), 927-933, 2011.
- Kass, J. M., Muscarella, R., Galante, P. J., Bohl, C. L., Pinilla-Buitrago, G. E., Boria, R. A., Soley-Guardia, M. & Anderson, R. P. ENMeval 2.0: redesigned for customizable and reproducible modeling of species' niches and distributions. *Methods in Ecology and Evolution*, 2021.
- Kjerfve, B., Dias, G. T., Filippo, A., & Geraldles, M. C. Oceanographic and environmental characteristics of a coupled coastal bay system: Baía de Ilha Grande-Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, Brazil. *Regional Studies in Marine Science*, 41, 101594, 2021.
- Instituto Estadual de Ambiente – INEA. Projeto BIG. Boletim Águas e Territórios, 6, 2014.
- Kinguari, D. A estrutura social do boto-cinza *Sotalia guianensis* (van Bénédén, 1864) (Cetartiodactyla, Delphinidae) variou em decorrência do surto de Morbillivirus, na baía de Sepetiba, RJ, Brasil?. Monografia (Graduação em Bacharelado em Ciências Biológicas) – Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2019.
- Kiszka, J. J., Woodstock, M. S., & Heithaus, M. R. Functional Roles and Ecological Importance of Small Cetaceans in Aquatic Ecosystems. *Frontiers in Marine Science*, 163, 2022.
- Lacerda, L. D., Marins, R. V., Barcellos, C., & Molisani, M. M. Sepetiba Bay: A case study of the environmental geochemistry of heavy metals in a subtropical coastal lagoon. In *Environmental Geochemistry in Tropical and Subtropical Environments* (pp. 293-318). Springer, Berlin, Heidelberg, 2004.
- Lailson-Brito, J., Dorneles, P. R., Azevedo-Silva, C. E., Azevedo, A. F., Vidal, L. G., Zanelatto, R. C., Lozinski, C.P.C., Azeredo, A., Fragoso, A.B.L., Cunha, H.A., Torres, J.P.M. & Malm, O. High organochlorine accumulation in blubber of Guiana dolphin, *Sotalia guianensis*, from Brazilian coast and its use to establish geographical differences among populations. *Environmental Pollution*, 158(5), 1800-1808, 2010.
- Lobo, A. J., Wedekin, L. L., Sobral-Souza, T., & Le Pendu, Y. Potential distribution of Guiana dolphin (*Sotalia guianensis*): a coastal-estuarine and tropical habitat specialist. *Journal of Mammalogy*, 102(1), 308-318, 2021.
- Lodi, L., & Hetzel, B. *Orcinus orca* (Cetacea; Delphinidae) em águas costeiras do Estado do Rio de Janeiro. *Bioikos*, 12(1), 1998.
- Lodi, L., & Hetzel, B. Grandes agregações do boto-cinza (*Sotalia fluviatilis*) na Baía da Ilha Grande, Rio de Janeiro. *Bioikos*, 12(2), 1998.
- Lodi, L. F. Tamanho e composição de grupo dos botos-cinza, *Sotalia guianensis* (van Bénédén, 1864)(Cetacea, Delphinidae) na baía de Paraty, Rio de Janeiro, Brasil. *Atlântica (Rio Grande)*, 25(2), 135-146, 2003.

- Lodi, L., & Tardin, R. Citizen science contributes to the understanding of the occurrence and distribution of cetaceans in southeastern Brazil—A case study. *Ocean & Coastal Management*, 158, 45-55, 2018.
- Lodi, L., & Maricato, G. Rough-toothed dolphins (Cetartiodactyla: Delphinidae) habitat use in coastal urban waters of the South-western Atlantic. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 100(3), 471-479, 2020.
- Maciel, I. S. Ecologia Acústica do boto-cinza (*Sotalia guianensis*) nas baías de Sepetiba e Ilha Grande. Tese de doutorado – Programa de Pós-graduação em Biologia Animal, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2020.
- Mahiques, M. M. D. *Considerações sobre os sedimentos de superfície de fundo da baía da Ilha Grande, estado do Rio de Janeiro* (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo), 1987.
- Mahiques, M. M. de, & Furtado, V. V. Utilização da análise dos componentes principais na caracterização dos sedimentos de superfície de fundo da Baía da Ilha Grande (RJ). *Boletim do Instituto Oceanográfico*, 37(1), 01-19, 1989.
- Mann, J. Behavioral sampling methods for cetaceans: a review and critique. *Marine mammal science*, 15(1), 102-122, 1999.
- Mannocci, L., Catalogna, M., Dorémus, G., Laran, S., Lehodey, P., Massart, W., Monestiez, P., Van Canneyt, O., Watremez, P. & Ridoux, V. Predicting cetacean and seabird habitats across a productivity gradient in the South Pacific gyre. *Progress in Oceanography*, 120, 383-398, 2014.
- Martins, D. T. L., Rossi-Santos, M. R., & Silva, F. J. D. L. Effects of anthropogenic noise on the acoustic behaviour of *Sotalia guianensis* (Van Bénédén, 1864) in Pipa, North-eastern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 98(2), 215-222, 2018.
- Meirelles, A. D., Ribeiro, A. C., Silva, C. P. N., & Soares-Filho, A. A. Records of Guiana dolphin, *Sotalia guianensis*, in the state of Ceará, northeastern Brazil. *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, 97-102, 2010.
- Molisani, M. M., Kjerfve, B., Barreto, R., & de Lacerda, L. D. Land–sea mercury transport through a modified watershed, SE Brazil. *Water research*, 41(9), 1929-1938, 2007.
- Morado, C. N., de Andrade-Tubino, M. F., & Araújo, F. G. Local ecological knowledge indicates: There is another breeding period in the summer for the mullet *Mugil liza* in a Brazilian tropical bay. *Ocean & Coastal Management*, 205, 105569, 2021.
- Muehe, D., & Valentini, E. *O litoral do Estado do Rio de Janeiro: uma caracterização físico-ambiental*. Rio de Janeiro: Fundação de Estudos do Mar, 1998.
- Nery, M. F., Espécie, M. D. A., & Simão, S. M. Site fidelity of *Sotalia guianensis* (Cetacea: Delphinidae) in Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 25(2), 182-187, 2008.

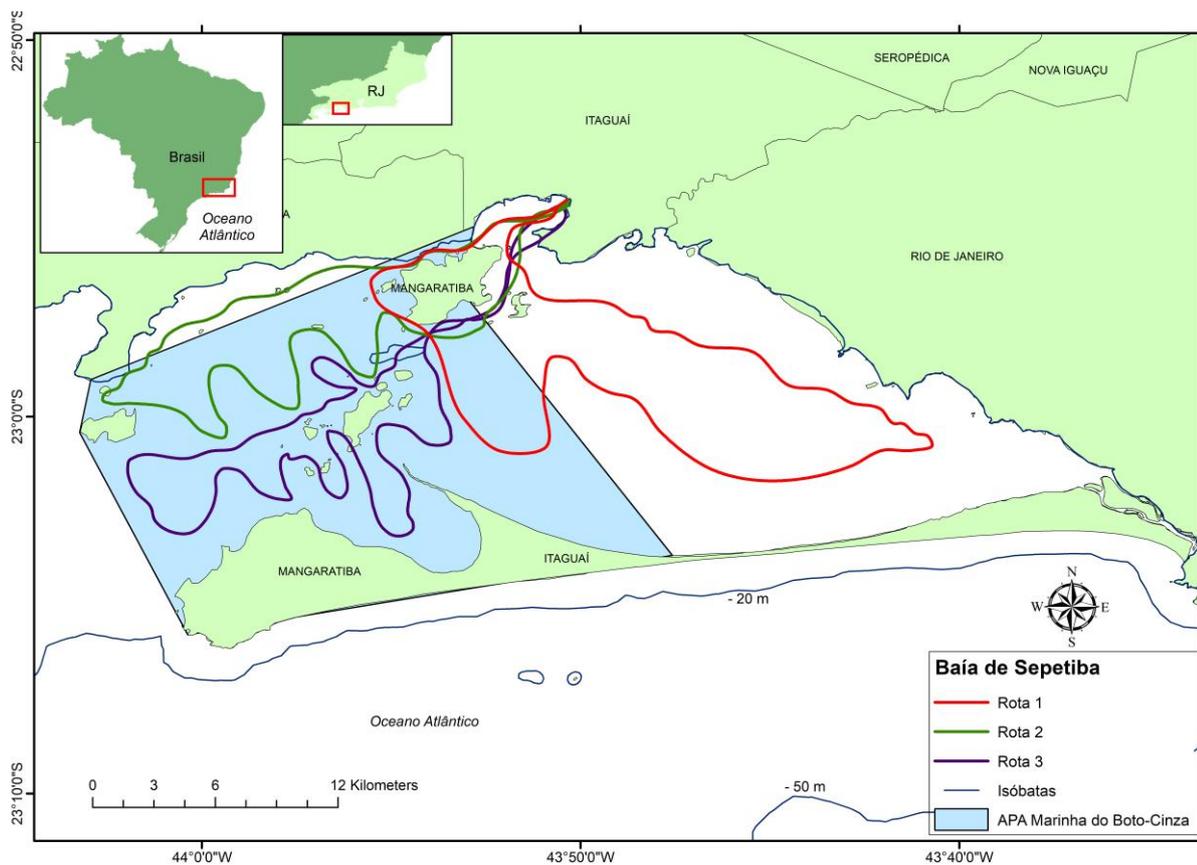
- Nery, M. F., Espécie, M. D. A., & Simão, S. M. Marine tucuxi dolphin (*Sotalia guianensis*) injuries as a possible indicator of fisheries interaction in southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, 56(4), 313-316, 2008
- Nery, M. F., & Simão, S. M. Capture-recapture abundance estimate of Guiana dolphins in southeastern Brazil. *Ciencias marinas*, 38(3), 529-541, 2012.
- Oliveira, E. C. D. S., Tardin, R. H., Poletto, F. R., & Simão, S. M. Coordinated feeding behavior of the Guiana dolphin, *Sotalia guianensis* (Cetacea: Delphinidae), in southeastern Brazil: a comparison between populations. *Zoologia (Curitiba)*, 30(6), 585-591, 2013.
- Paiva, M. P., & Motta, P. C. S. D. Cardumes da sardinha-verdadeira, *Sardinella brasiliensis* (Steindachner), em águas costeiras do estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 17, 339-346, 2000.
- Pansard, K. C. A., Gurgel, H. D. C. B., Andrade, L. C. D. A., & Yamamoto, M. E. Feeding ecology of the estuarine dolphin (*Sotalia guianensis*) on the coast of Rio Grande do Norte, Brazil. *Marine Mammal Science*, 27(4), 673-687, 2011.
- Phillips, S. J., Anderson, R. P., Dudík, M., Schapire, R. E., & Blair, M. E. Opening the black box: An open-source release of Maxent. *Ecography*, 40(7), 887-893, 2017.
- Pinto, A.F.S., Martins, M.V.A., Fonseca, M.C.M., Pereira, E., Terroso, D.L., Rocha, F., Rodrigues, M.A.C. Late Holocene closure of a barrier beach in Sepetiba Bay and its environmental impact (Rio de Janeiro, Brazil). *Journal of Sedimentary Environments*, 2 (1): 65-80., 2017.
- Projeto de Monitoramento da Atividade Pesqueira no Estado do Rio de Janeiro, PMAP-RJ. Relatório Técnico Semestral – RTS-06, 2020.
- Projeto de Monitoramento da Paisagem Acústica Submarina da Bacia de Santos, PMPAS-BS. 5º Relatório Técnico – Novembro/2015 a Dezembro/2020, 2021.
- Ribeiro-Campos, A., Pereira, K. S., Quintana, C. E. P., Barbosa, M., Dias, C. P., Brião, J. A., Santos, C.V.C., Castro, C., Pedreira, H.S., Carvalho, R.R., Santos-Neto, E., Bittencourt, L., Bisi, T.L., Lailson-Brito, J. & Azevedo, A. F. Habitat use by the Guiana dolphin (*Sotalia guianensis*)(Cetartiodactyla: Delphinidae) in southeastern Brazil. *Regional Studies in Marine Science*, 44, 101778, 2021.
- Robbins, J., Dalla Rosa, L., Allen, J. M., Mattila, D. K., Secchi, E. R., Friedlaender, A. S., Stevick, P.T., Nowacek, D.P., & Steel, D. Return movement of a humpback whale between the Antarctic Peninsula and American Samoa: a seasonal migration record. *Endangered Species Research*, 13(2), 117-121, 2011.

- Roman, J., Estes, J. A., Morissette, L., Smith, C., Costa, D., McCarthy, J., Nation, J.B., Nicol, S., Pershing, A. & Smetacek, V. Whales as marine ecosystem engineers. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 12(7), 377-385, 2014.
- Rossi-Santos, M., Wedekin, L. L., & Sousa-Lima, R. S. Distribution and habitat use of small cetaceans off Abrolhos Bank, eastern Brazil. *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, 23-28, 2006.
- Rossi-Santos, M. R., Wedekin, L. L., & Monteiro-Filho, E. L. Residence and site fidelity of *Sotalia guianensis* in the Caravelas River Estuary, eastern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 87(1), 207-212, 2007.
- Salvador, B., & Bersano, J. G. F. Zooplankton variability in the subtropical estuarine system of Paranaguá Bay, Brazil, in 2012 and 2013. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 199, 1-13, 2017.
- Santora, J. A., Mantua, N. J., Schroeder, I. D., Field, J. C., Hazen, E. L., Bograd, S. J., ... & Forney, K. A. Habitat compression and ecosystem shifts as potential links between marine heatwave and record whale entanglements. *Nature communications*, 11(1), 1-12, 2020.
- Santos, M. D. O., & Rosso, S. Ecological aspects of marine tucuxi dolphins (*Sotalia guianensis*) based on group size and composition in the Cananéia estuary, southeastern Brazil. *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, 6(1), 71-82, 2007.
- Santos, F. C. Estruturação populacional e diversidade genética de *Sotalia guianensis* (Van Bénédén, 1864)(Cetartiodactyla: Delphinidae) no litoral centro-sul do Estado do Rio de Janeiro, (2015).
- Santos-Jr, É., Pansard, K. C., Yamamoto, M. E., & Chellappa, S. Behavior of estuarine dolphin, *Sotalia guianensis* (Van Bénédén)(Cetacea, Delphinidae) in the presence of tourist boats in Pipa Beach, Rio Grande do Norte, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 23(3), 661, 2006.
- Secchi, E., Santos, M.C. de O. & Reeves, R. *Sotalia guianensis* (errata version published in 2019). *The IUCN Red List of Threatened Species* 2018. Accessed on 27 April 2022, 2018.
- SEMA/RJ. Macroplano de gestão e saneamento ambiental da bacia da Baía de Sepetiba. In: Relatório Final / Parte I - Diagnóstico Ambiental. Secretaria de Estado de Meio Ambiente - Governo do Estado do Rio de Janeiro MNA/PNMA, 1998.
- Shane, S. H. Occurrence, movements, and distribution of bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*, in southern Texas. *Fishery Bulletin*, 78(3), 593-601, 1980.
- Shane, S. H., Wells, R. S., & Würsig, B. Ecology, behavior and social organization of the bottlenose dolphin: a review. *Marine Mammal Science*, 2(1), 34-63, 1986.
- Signorini, S. R. A study of the circulation in Bay of Ilha Grande and Bay of Sepetiba: part I. a survey of the circulation based on experimental field data. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, 29(1), 41-55, 1980.

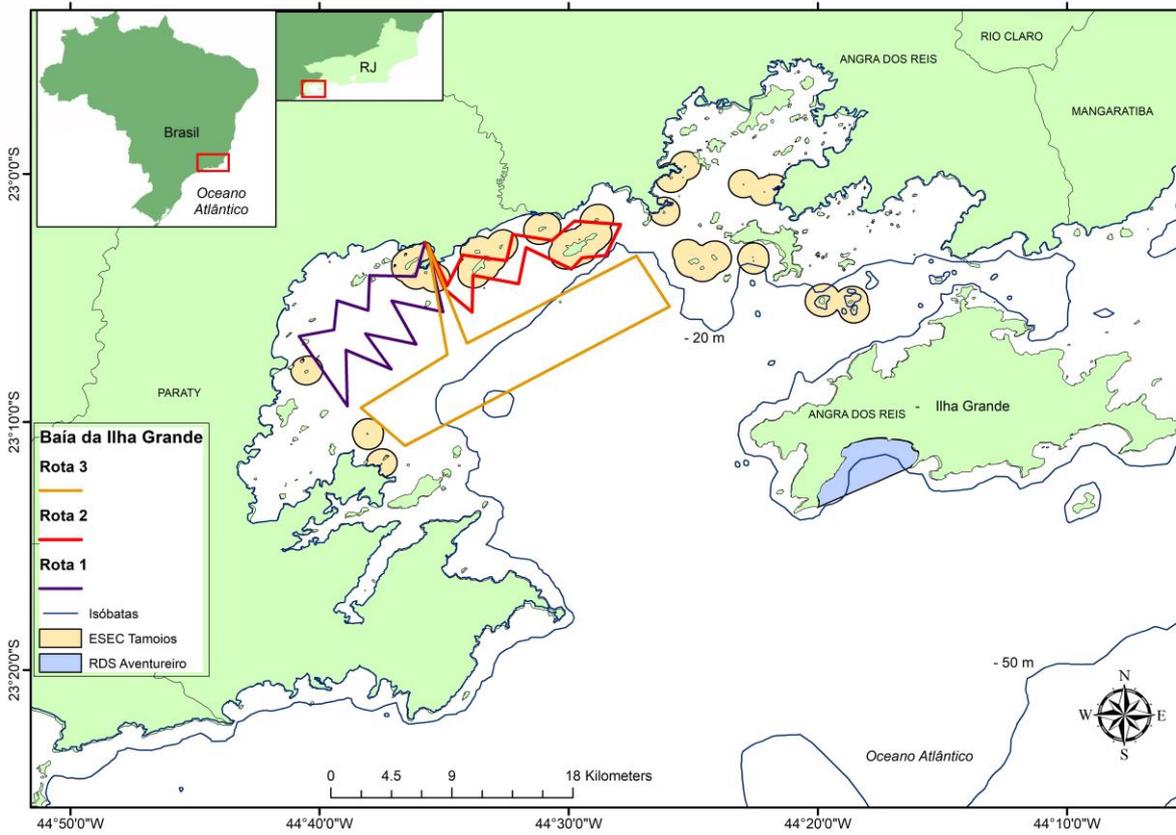
- Simão, S. M., Pizzorno, J. L. A., Perry, V. N., & Siciliano, S. Aplicação da técnica de fotoidentificação do boto-cinza, *Sotalia fluviatilis*, (Cetacea, Delphinidae) da Baía de Sepetiba. *Floresta e Ambiente*, 7(único), 31-39, 2000.
- Simões-Lopes, P. C. Ocorrência de uma população de *Sotalia fluviatilis* (Gervais, 1853) (Cetacea, Delphinidae) no limite sul de sua distribuição, Santa Catarina, Brasil. *Biotemas*, 1(1), 57-62, 1988.
- Stephenson, F., Goetz, K., Sharp, B. R., Mouton, T. L., Beets, F. L., Roberts, J., MacDiarmid, A.B., Constantine, R. & Lundquist, C. J. Modelling the spatial distribution of cetaceans in New Zealand waters. *Diversity and Distributions*, 26(4), 495-516, 2020.
- Tardin, R. H., Espécie, M. A., Lodi, L., & Simão, S. M. Parental care behavior in the Guiana dolphin, *Sotalia guianensis* (Cetacea: Delphinidae), in Ilha Grande Bay, southeastern Brazil. *Zoologia (Curitiba)*, 30(1), 15-23, 2013.
- Tardin, R., Galvão, C., Espécie, M., & Simão, S. Group structure of Guiana dolphins, *Sotalia guianensis* (Cetacea, Delphinidae) in Ilha Grande Bay, Rio de Janeiro, southeastern Brazil. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 41(2), 313-322, 2013.
- Tardin, R. H., Chun, Y., Simão, S. M., & Alves, M. A. S. Modeling habitat use by Bryde's whale *Balaenoptera edeni* off southeastern Brazil. *Marine Ecology Progress Series*, 576, 89-103, 2017.
- Tardin, R. H., Maciel, I. S., Espécie, M. A., Melo-Santos, G., Simão, S. M., & Alves, M. A. S. Modelling habitat use by the Guiana dolphin, *Sotalia guianensis*, in south-eastern Brazil: Effects of environmental and anthropogenic variables, and the adequacy of current management measures. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 30(4), 775-786, 2020.
- Thompson, W. L., White, G. C., & Gowan, C. *Monitoring Vertebrate Populations*. (Academic Press: San Diego, CA.), 1998.
- Thuiller, W., Lafourcade, B., Engler, R., & Araújo, M. B. BIOMOD—a platform for ensemble forecasting of species distributions. *Ecography*, 32(3), 369-373, 2009.
- Thuiller, W., Georges, D., Engler, R., & Breiner, F. biomod2: Ensemble platform for species distribution modeling (R package), 2020.
- Torres, L. G. A sense of scale: Foraging cetaceans' use of scale-dependent multimodal sensory systems. *Marine Mammal Science*, 33(4), 1170-1193, 2017.
- Van Moorter, B., Kivimäki, I., Panzacchi, M., & Saerens, M. Defining and quantifying effective connectivity of landscapes for species' movements. *Ecography*, 44(6), 870-884, 2021.
- Wagner, D., van der Meer, L., Gorny, M., Sellanes, J., Gaymer, C. F., Soto, E. H., Easton, E.E., Friedlander, A.M., Lindsay, D.J., Molodtsova, T.N., Boteler, B., Durussel, C., Gjerde, K.M., Currie, D., Gianni, M., Brooks, C.M., Shiple, M.J., Wilhelm, T.A., Quesada, M., Thomas, T., Dunstan, P.K., Clark, N.A., Villanueva, L.A., Pyle, L.R., Clark, M.R., Georgian, S.E. & Morgan, L. E. The

- Salas y Gómez and Nazca ridges: a review of the importance, opportunities and challenges for protecting a global diversity hotspot on the high seas. *Marine Policy*, 126, 104377, 2021.
- Wedekin, L. L., Daura-Jorge, F. G., & Simões-Lopes, P. C. An aggressive interaction between bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) and estuarine dolphins (*Sotalia guianensis*) in southern Brazil. *Aquatic mammals*, 30(3), 391-397, 2004.
 - Wedekin, L. L., Daura-Jorge, F. G., & Simões-Lopes, P. C. Habitat preferences of Guiana dolphins, *Sotalia guianensis* (Cetacea: Delphinidae), in Norte bay, southern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 90(8), 1561-1570, 2010.
 - Würsig, B., & Würsig, M. The photographic determination of group size, composition, and stability of coastal porpoises (*Tursiops truncatus*). *Science*, 198(4318), 755-756, 1977.
 - Zappes, C. A., Nery, M. F., Andriolo, A., & Simão, S. M. Ethnobiology and photo-identification: identifying anthropic impacts on boto-cinza dolphin *Sotalia guianensis* in Sepetiba Bay, Brazil. *Revista Brasileira de Biociências*, 8(2), 2010.
 - Zerbini, A. N., Andriolo, A., Heide-Jørgensen, M. P., Pizzorno, J. L., Maia, Y. G., VanBlaricom, G. R., DeMaster, D. P., Simões-Lopes, P.C., Moreira, S. & Bethlem, C. Satellite-monitored movements of humpback whales *Megaptera novaeangliae* in the Southwest Atlantic Ocean. *Marine Ecology Progress Series*, 313, 295-304, 2006.
 - Zuur, A. F., Ieno, E. N., & Elphick, C. S. A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. *Methods in ecology and evolution*, 1(1), 3-14, 2010.

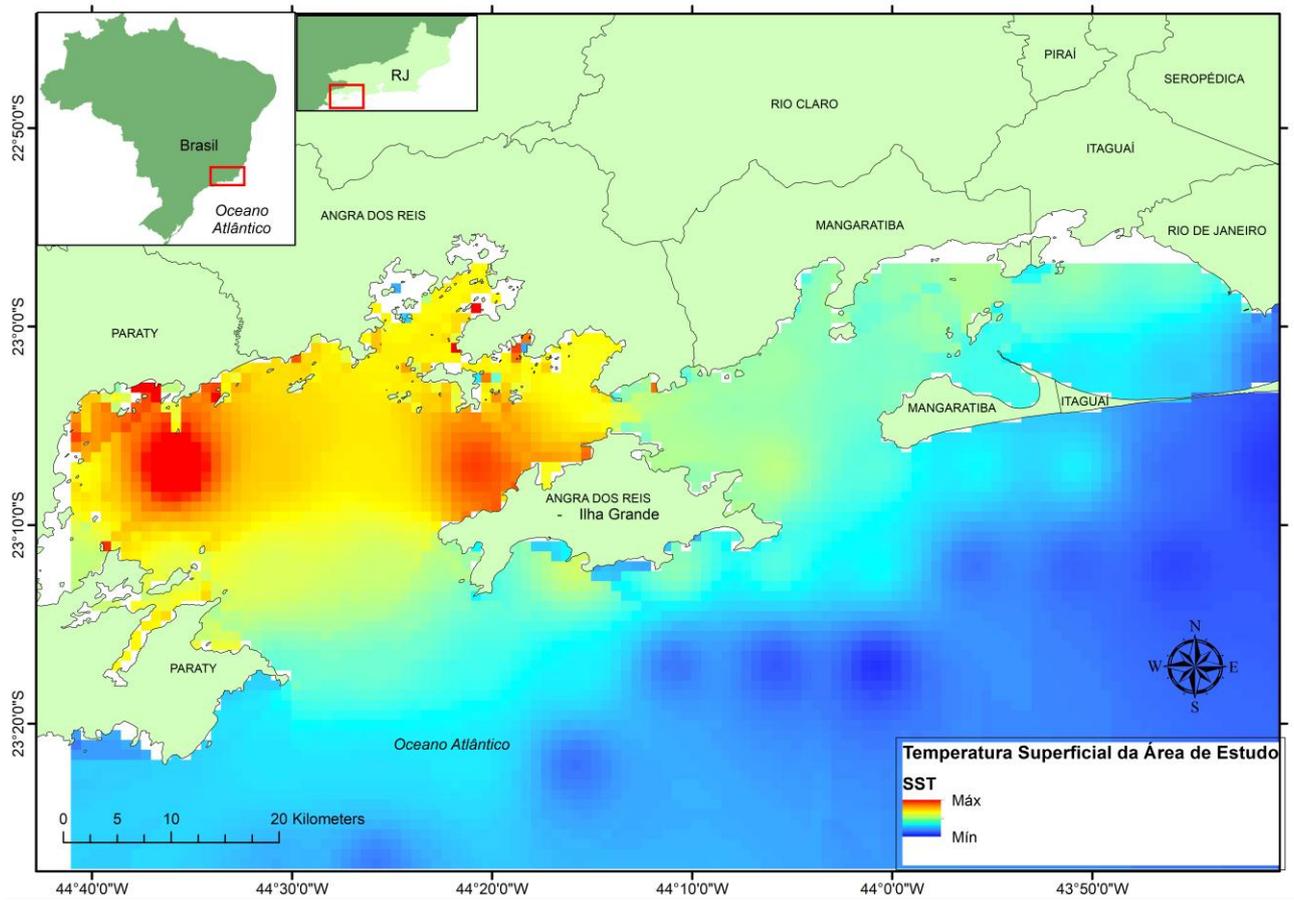
Apêndice:



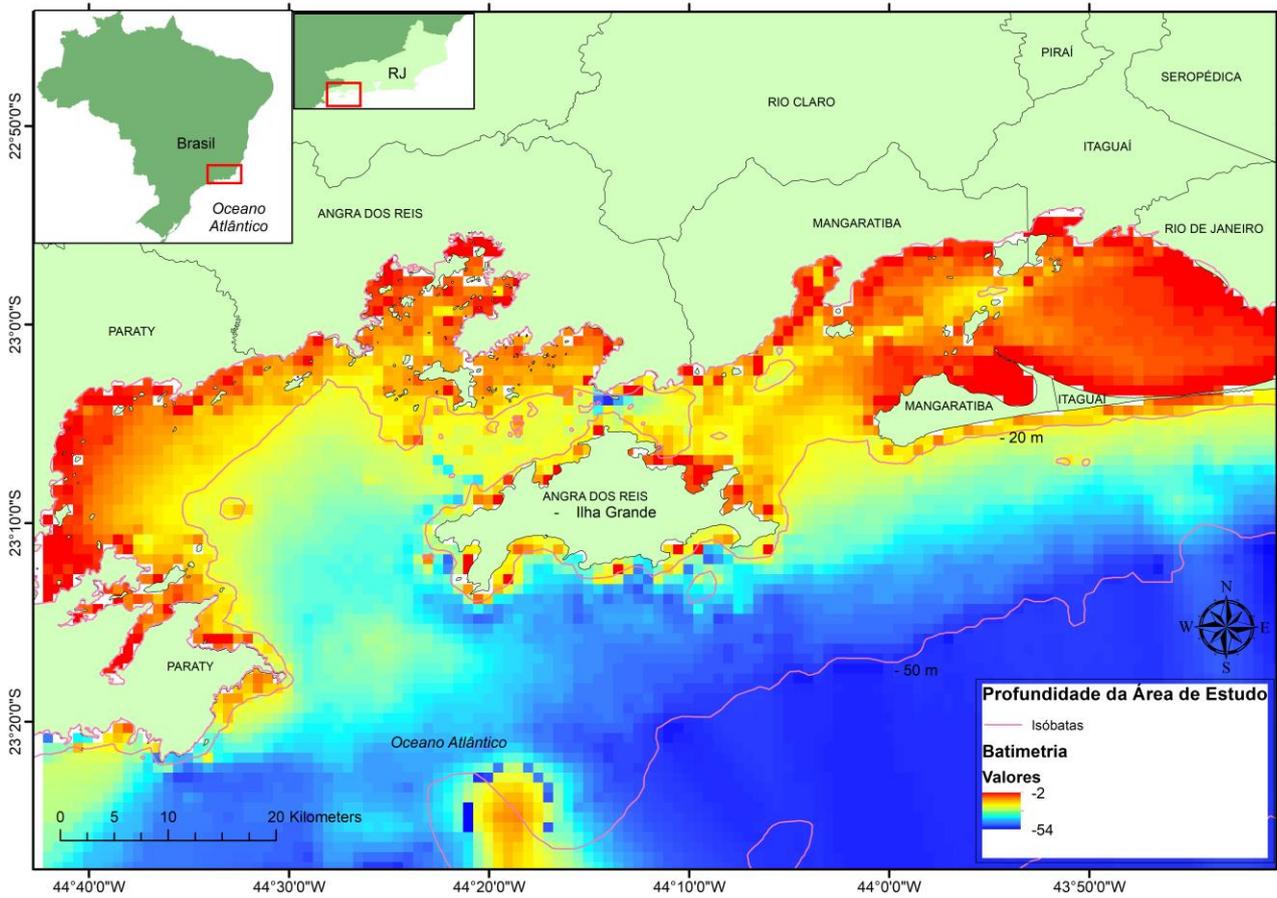
A1: Mapa indicando as rotas seguidas para monitorar o boto-cinza (*Sotalia guianensis*) na Baía de Sepetiba, Estado do Rio de Janeiro, Sudeste do Brasil.



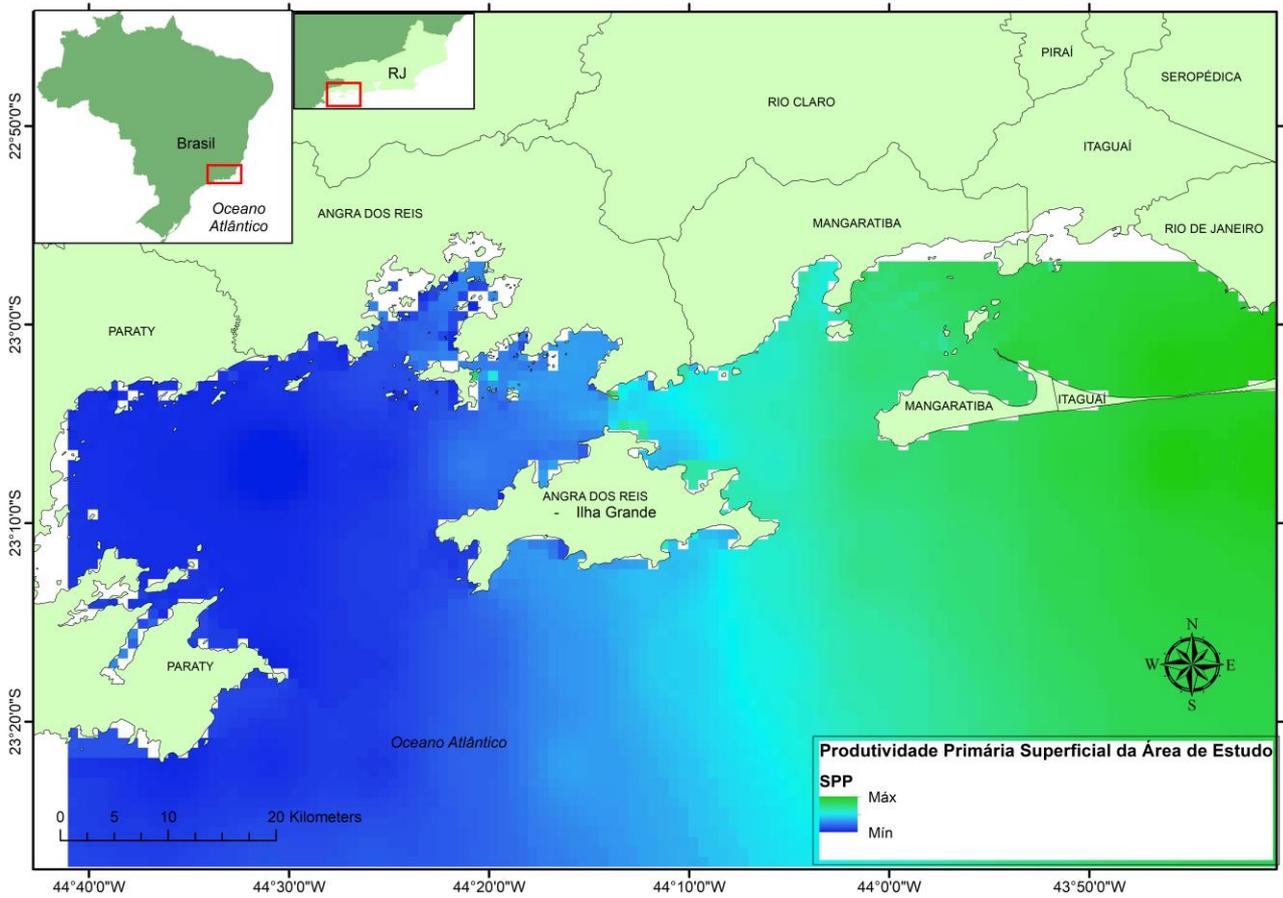
A2: Mapa indicando as rotas seguidas para monitorar o boto-cinza (*Sotalia guianensis*) na Baía da Ilha Grande, Estado do Rio de Janeiro, Sudeste do Brasil.



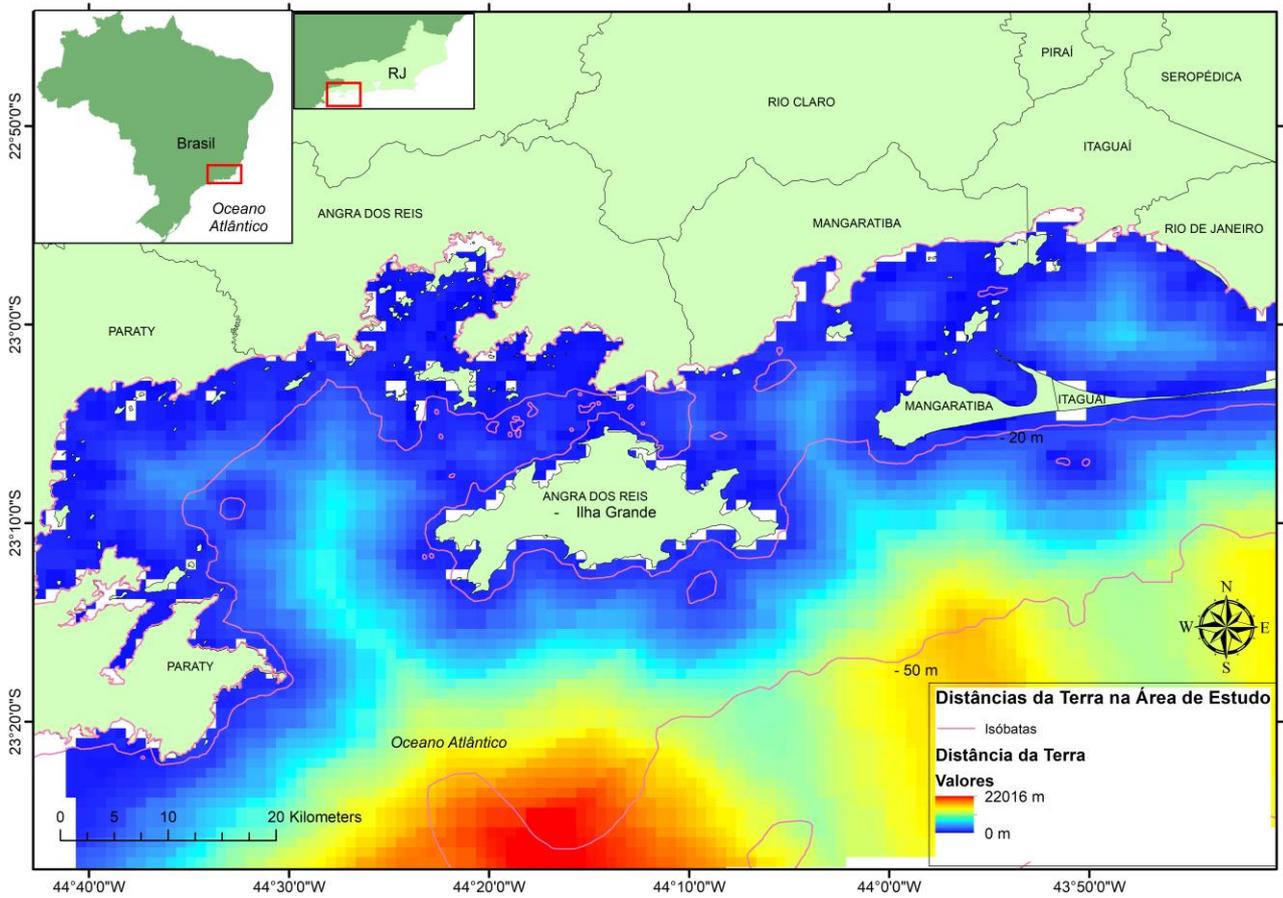
A3: Mapa de temperatura superficial do mar (SST), projetado na região da Costa Verde, Estado do Rio de Janeiro, Sudeste do Brasil. Adaptado de Bio-Oracle.



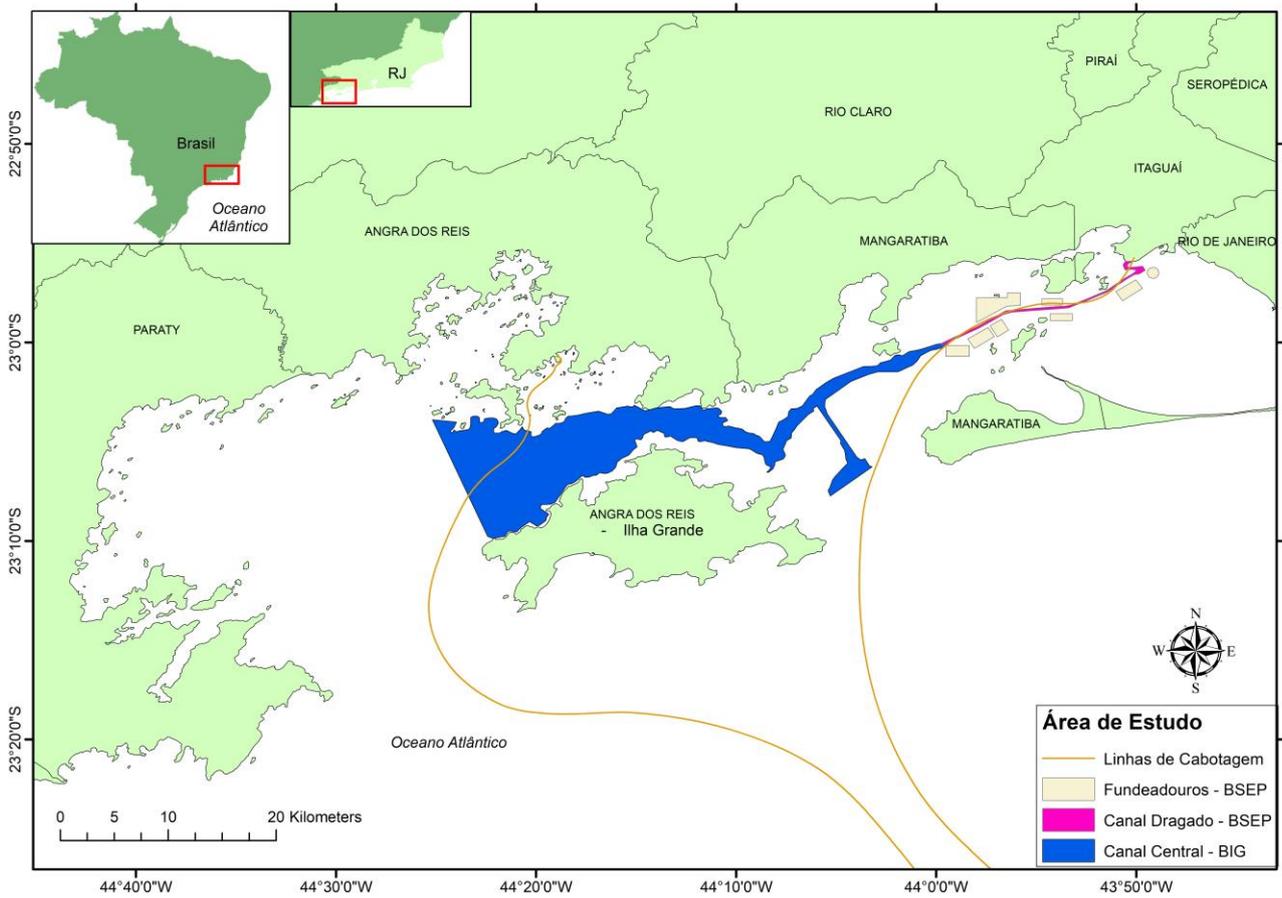
A4: Mapa de Batimetria, projetado na região da Costa Verde, Estado do Rio de Janeiro, Sudeste do Brasil. Obtido e modificado de E-Atlas.



A5: Mapa de produtividade primária superficial (SPP), projetado na região da Costa Verde, Estado do Rio de Janeiro, Sudeste do Brasil. Adaptado de Bio-Oracle.



A6: Mapa de distância da terra, projetado na região da Costa Verde, Estado do Rio de Janeiro, Sudeste do Brasil.



A7: Mapa indicando o Canal Central da Baía da Ilha Grande, o Canal Dragado na Baía de Sepetiba, as linhas de cabotagem para os portos e os fundeadouros da Baía de Sepetiba. Projetado na região da Costa Verde, Estado do Rio de Janeiro, Sudeste do Brasil.

Material Suplementar:

Procedimento detalhado para aumento da resolução das camadas:

O procedimento referido contém 3 etapas. Na primeira etapa, ocorre o corte da área de estudo, através da função “*Extract by mask*”; Na segunda etapa, são gerados os centroides de cada pixel (*Center Points – CP*) através da função “*Raster to point*”, que promove a conversão do raster em pontos, mantendo os valores associados aquele grid (na tabela de atributos *Field = Value*); A terceira etapa é a interpolação, através da função “*IDW*” (*Inverse Distance Weight*), onde um raster, readequado à resolução necessária (*Output cell size = 0,0083333333*) será gerado. Essa nova camada raster deve ser limitada pela faixa do continente em linha (*Input barrier polyline features*).

Procedimento detalhado para correção da batimetria:

Semelhante ao procedimento anterior, a correção dos *grids* incorretos de batimetria se deu em 3 etapas. A primeira e a segunda etapa foram realizadas como no procedimento anterior. A terceira etapa, no entanto, diferiu do processo anterior, uma vez que as informações de profundidade, encontradas na tabela de atributos, foram apenas alteradas, retirando os pontos de terra e inserindo os valores apresentados pelas cartas náuticas (1607, 1631, 1632, 1633) da Marinha do Brasil. Foi considerado o valor mais próximo ao ponto. Caso houvesse mais de um valor, foi considerada a média entre eles. Uma vez corrigido, o arquivo foi novamente convertido para raster.