

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

EDUARDO PIRES RENAULT BRAGA

ESTUDO POPULACIONAL DA BALEIA-FRANCA-AUSTRAL – *Eubalaena australis* (DESMOULINS, 1822) - NO LITORAL SUL DO BRASIL:  
ESTIMATIVAS POPULACIONAIS E USO DE HABITAT.

CURITIBA

2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

EDUARDO PIRES RENAULT BRAGA

ESTUDO POPULACIONAL DA BALEIA-FRANCA-AUSTRAL – *Eubalaena australis* (DESMOULINS, 1822) - NO LITORAL SUL DO BRASIL:  
ESTIMATIVAS POPULACIONAIS E USO DE HABITAT.

Tese apresentada ao curso de Pós-Graduação em Ciências Biológicas – Zoologia, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná como requisito parcial à obtenção de título de Doutor em Ciências, área de concentração Zoologia.

Orientador: Paulo César de Azevedo Simões-Lopes

CURITIBA

2020

Universidade Federal do Paraná  
Sistema de Bibliotecas  
(Giana Mara Seniski Silva – CRB/9 1406)

Braga, Eduardo Pires Renault  
Estudo populacional da baleia-franca-austral – *Eubalaena australis*  
(Desmoulins, 1822) – no litoral sul do Brasil: estimativas populacionais e  
uso do habitat. / Eduardo Pires Renault Braga. – Curitiba, 2020.  
170 p.: il.

Orientador: Paulo César de Azevedo Simões-Lopes

Tese (doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de  
Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Zoologia.

1. Baleia franca austral - Brasil. 2. Animais - População. 3. Habitat  
(Ecologia). I. Título. II. Lopes, Paulo César de Azevedo Simões. III.  
Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Biológicas. Programa  
de Pós-Graduação em Zoologia.

CDD (22. ed.) 599.52730981



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SETOR DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ZOOLOGIA -  
40001016008P4

## TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ZOOLOGIA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **EDUARDO PIRES RENAULT BRAGA** intitulada: **ESTUDO POPULACIONAL DA BALEIA-FRANCA-AUSTRAL - *Eubalaena australis* (DESMOULINS, 1822) - NO LITORAL SUL DO BRASIL: ESTIMATIVAS POPULACIONAIS E USO DE HABITAT**, sob orientação do Prof. Dr. PAULO CÉSAR DE AZEVEDO SIMÕES LOPES, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de doutor está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 20 de Maio de 2020.

Assinatura Eletrônica

25/05/2020 16:02:51.0

PAULO CÉSAR DE AZEVEDO SIMÕES LOPES  
Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

26/05/2020 10:49:50.0

DANIEL DANILEWICZ SCHIAVON  
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ)

Assinatura Eletrônica

25/05/2020 15:31:08.0

EMYGDIO LEITE DE ARAUJO MONTEIRO FILHO  
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

21/05/2020 11:33:17.0

ANDRÉ SILVA BARRETO  
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ)

---

Avenida Cel Francisco H Santos, s/n - CURITIBA - Paraná - Brasil

CEP 81531-980 - Tel: (41) 3361-1641 - E-mail: pgzoo@ufpr.br

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.

Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 41892

Para autenticar este documento/assinatura, acesse <https://www.prppg.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp> e insira o código 41892

## AGRADECIMENTOS

E já se foram 15 anos desde que comecei essa jornada dentro do mundo da biologia. Quase a metade da minha vida dedicada a uma paixão que nem sei explicar direito como surgiu dentro da minha vida. Uma paixão que foi levando a outra, que foi levando à outra e por ai vai! Fazer um agradecimento dentro desta etapa é algo até bem difícil! São tantas pessoas... Na verdade nem pessoas, pois os seres não humanos acabam entrando dentro deste agradecimento também! Bom, vamos lá, espero não esquecer aqui de ninguém, e caso você que esteja lendo não tenha seu nome propriamente dito, mas sabe que foi alguém especial nesse período, sinta-se agradecido.

Acho que é de praxe começar um agradecimento com a família né? Mas afinal, sem ela onde estaríamos? Ou seja, os grandes responsáveis pela produção desta tese são meu pai (*in memoriam*) e minha mãe, afinal se eles não tivessem me dado o dom da vida nada disso teria acontecido e provavelmente você não estaria desfrutando de algumas horas de leitura agora! Portanto, pai e mãe, saibam que vocês são muito especiais! Um exemplo de vida que todo filho merece ter, e, quando for minha vez de passar este exemplo, podem ter certeza que aprendi com os melhores! Meus irmãos, Trombeta e Marfins! Muito estranho como pessoas que vieram da mesma criação conseguem ser pessoas tão diferentes! Cada um com seu jeito, sua mania, seu modo de ser e falar. Mesmo sem saber, ou sem querer, participaram da minha criação, do meu desenvolvimento. Eu como o irmão mais novo afirmo, não sei o que é viver sem poder contar com vocês! André, até o momento meu único sobrinho (espero que venham mais!), saiba que teu sorriso e suas músicas me alegraram muito nesses últimos dois anos, e você como os demais fez parte da construção disso aqui!

Leleite, minha companheira, minha “enfezadinha do oceano”, minha “Sunshine”!!! Você foi quem enfrentou toda a barra que eu passei durante todo esse doutorado! Você cuidou de mim, me aguentou, me consolou, me animou, brigou, xingou, mas o principal: me amou! E isso foi o “gás” que eu precisava para fazer isso tudo aqui acontecer! Saiba que te amo mais que tudo! Sem você do meu lado nada disso teria sido possível! Você me levantou quando foi necessário! Você me forçou a descansar quando eu não tinha mais força! Você me fez relaxar quando o stress estava no limite! Você me acolheu quando eu estava sozinho! Fez-me rir quando eu estava triste! Você me completou e continua me completando!

Não posso deixar de lado meus cãopanheiros de quatro patas! Afinal, eles estiveram do meu lado durante todo o processo de escrever essa tese! É minha família também! Lilo, Mufas e Koda, muito obrigado por estarem comigo e por me fazerem companhia durante todo esse período.



Óbvio a família continua, avôs e avós, tios e tias, primos e primas, agregados, mas são muitos nomes, e sintam-se todos agradecidos!

A minha família do coração, Thatá, minha *sister* que eu escolhi! Muito obrigado por tudo! Obrigado por me apoiar, por me ajudar, por me compreender! Claro não posso esquecer-me do Renato e da Tânia!

Camila, muito obrigado por todo o suporte e amizade nesse período! Cara é foda! Uma loucura! Mas passa! Chega seu momento!

Carol! Sempre me apoiando desde o início e me ajudando no que for possível! Muito obrigado!

Kari, falar de você vai ser difícil! Afinal, foi você quem me abraçou num momento complicado! Permitiu-me entrar nesse meio! Permitiu-me colocar as baleias na minha vida! Permitiu-me crescer! Permitiu-me poder construir algo! Mas o principal me permitiu poder ser teu amigo! Muito obrigado por tudo!

Paulinho, mais que um exemplo profissional, você passou a ser um exemplo de vida para mim! Em todos os momentos que conversamos sempre soube me passar calma e tranquilidade. Não vejo o doutorado apenas como um desenvolvimento intelectual, mas como um aprendizado de vida! Você conseguiu me passar algo que não tenho palavras em como descrever. Não só me ensinou a ser um profissional melhor, mas como também uma pessoa melhor. Todas as vezes que conversava com você sempre te agradecia, e você sempre me falava que estava fazendo o seu dever como professor. Não Paulinho, você fez muito mais que isso! Você me ensinou você me tranquilizou você me apoiou, enfim, você foi um exemplo! Sempre disposto! Coisa rara de se ver! Muito obrigado por tudo e saiba que após essa etapa espero longos anos de amizade! Conte comigo!

Não posso deixar de lado os membros da minha banca e comitê de acompanhamento! Leo, Edu, Marta, André, Dani, Emygdio e Marcos! Muito obrigado pelas contribuições importantes no trabalho! Mas acima de tudo muito obrigado pela amizade e por acreditarem em mim!

Não posso deixar de lado outros mestres que tive ao longo da minha jornada acadêmica aqui: André Magalhães, Bruno Maia, Thiago Ratton e Luciano Dalla Rosa! Pessoal, vocês foram o início de todo o caminho! Muito obrigado!

Ao pessoal do Judô, um esporte que descobri logo no início do doutorado e acabou sendo uma válvula de escape nos momentos de tensão! Muito obrigado Sensei Hunter, Jaime e Carlão! Muito obrigado turma! Oss...

Aos meus amigos de BH, não posso esquecer-me de agradecer, principalmente ao Trifil, Japa, Pedro, Barrigudo, Mamadeira, Amanda!

Não posso esquecer-me de agradecer também a pessoas que foram importantes na minha formação de algum modo: Pedro Castilho, Paulo Flores, Fêfê, Jonny, Neko, Giba. Aos colegas André e Rafael, que foram grandes parceiros durante meus dias de disciplinas ao longo do doutorado. Dona Neiva sempre dando uma força aqui em Itapira. Katia Groch, muito obrigado pelos ensinamentos constantes! Helder, muito obrigado pelo apoio e confiança!

Não posso deixar de lado e não agradecer ao Instituto Australis! Não uma pessoa, mas uma instituição que aprendi a amar! Uma instituição que representa uma causa, uma paixão! Não posso deixar de agradecer a todo o pessoal que já passou pelo instituto até o momento, em especial ao Thales, Vandeco, Bahia, Pâmela, Flay, João, Pedro Renato, Kátia, Lázaro, Mari, Gui! Não posso esquecer obviamente dos estagiários e voluntários que passaram por aqui! São muitos nomes se esqueci de algum me desculpe!

Tenho que agradecer também as instituições parceiras do Instituto, principalmente a R3Animal, LabZoo UDESC, ICMBio, LibGeo UNIVALI, Projeto Toninhas, Projeto Tamar, ECOMEGA FURG, LAMAQ! Vocês nos deram o apoio e energia para seguirmos em frente! Muito Obrigado!

A toda a equipe do PMP-BS! Muito obrigado!

A toda a equipe da APA da Baleia Franca!

Muito obrigado também a toda a equipe do PMC-BS, cujos dados públicos fizeram parte também dessa tese!

A toda a equipe do LibGeo UNIVALI que tiveram a iniciativa de criar o SIMMAM que também fez parte do banco de dados desta tese.

Toda essa tese também não seria possível sem o suporte financeiro para coleta de dados! Muito obrigado a Petrobrás e a SCPAR Porto de Imbituba!

Por fim tenho que agradecer a PPG Zoologia e a UFPR por proporcionarem a possibilidade que este sonho fosse possível!

Pessoal, é uma história muito grande! Desculpem-me se esqueci de alguém! São muitas pessoas e muitos amigos que vão passando por nossas vidas!

Espero que vocês desfrutem de algumas boas horas de leitura a partir daqui!

Obrigado a todos!



*Quem teme perder já está vencido*

*Jigoro Kano*



## RESUMO

A baleia-franca-austral – *Eubalaena australis* (Desmoulins, 1822) – é a única espécie de baleia ameaçada de extinção que utiliza a região costeira do Brasil como região reprodutiva. A principal área de ocorrência se concentra no litoral sul de Santa Catarina e norte do Rio Grande do Sul, onde foi criada a APA da Baleia Franca. Este estudo teve como objetivo realizar estimativas populacionais de baleias-franca, definindo estratégias conservacionistas. Para isso, foram avaliadas estimativas populacionais, segregação espacial entre diferentes classes reprodutivas de baleias e também identificação de potenciais *hotspots* reprodutivos da espécie no litoral sul do Brasil. Um monitoramento aéreo vem sendo realizado desde 1986 para acompanhar os padrões de crescimento populacional e distribuição da espécie. Para este estudo foram considerados dados coletados de 2003 a 2018, totalizando 15 anos de amostragem. As análises foram feitas separadamente para fêmeas (identificadas quando acompanhadas de filhotes) e adultos (de sexo desconhecido). Para estimativas populacionais foram utilizados métodos de marcação e recaptura através de marcas naturais e foto identificação ao longo dos sobrevoos. Foram utilizados modelos de estimativas populacionais (POPAN e PRADEL), porém apenas modelos para fêmeas se ajustaram adequadamente. A população foi estimada em 557 fêmeas reprodutivas e um crescimento populacional de 4,8% ao ano. Foi observada uma segregação espacial latitudinal entre diferentes classes reprodutivas, onde fêmeas tendem a ficarem mais próximas à costa e adultos se concentram em regiões de maiores latitude. Além disso, potenciais áreas de ocorrência foram identificadas no sul do Brasil, indicando que a variável distância de costa é a mais importante para explicar a distribuição de adultos, enquanto que características físicas da linha de costa afetam mais a escolha das áreas de mães com filhote.

Palavra-chave: Estimativas populacionais, Uso de habitat, Modelagem, POPAN, PRADEL, GAM, MaxEnt.

## ABSTRACT

Southern-right whales – *Eubalaena australis* (Desmoulins, 1822) – are the only endangered species that breeds in the Brazilian coast. They occur mainly in southern of Santa Catarina State, where it has been created an environmental protection area, APA da Baleia Franca, and northern of Rio Grande do Sul State. This study aimed to estimate the population status of right whales providing information to define management plans. It was available population estimates, spatial segregation between different breeding classes and it was identified potentials hotspots of right whales along the southern coast of Brazil. Aerial surveys have been conducted to study the right whales' population since 1986. For our work, a dataset with surveys from 2003 to 2018 were used, summing 15 years of study. Mother (accompanied by calf) and adults (unknown sex) were analyzed separately. Population estimation was modelled using mark-recapture methods, using natural marks through photo-identification techniques. It was used population model (POPAN and PRADEL), but only mothers models has a good fit. The female population was estimated in 557 whales, and a population grow rate was of 4.8%. Spatial segregation between the classes was identified. Mothers tend stay closer to the coast wile adults without calves are more concentrate in higher latitudes. Potential hotspots of right whales was also delimited, showing that distance from coast is an important variable to explain distribution of the adults, while the coastline characteristics affects the distribution of mothers with calves.

Key-words: Population estimates, Habitat use, Modelling, POPAN, PRADEL, GAM, MaxEnt.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Área de abrangência dos sobrevoos delimitada ao norte pela Ilha de Santa Catarina, município de Florianópolis/SC e ao sul pelo município de Torres/RS. ....	59
Figura 2: Total de baleias catalogadas, separadas por classe, entre os anos de 2004 e 2018 no sul do Brasil. As diferentes colorações do histograma indicam o número de ocasiões que um indivíduo foi registrado dentro de 14 sobrevoos.....	63
Figura 3: Probabilidade de captura com intervalo de confiança de 95% estimada pelo modelo POPAN para adultos sem filhote no sul do Brasil. Cada período representa um sobrevoo realizado (2004-2018). ....	65
Figura 4: Probabilidade de recrutamento com intervalo de confiança de 95% estimada pelo modelo POPAN para adultos sem filhote no sul do Brasil. Cada período representa um sobrevoo realizado (2004-2018). ....	65
Figura 5: Probabilidade de captura com intervalo de confiança de 95% estimada pelo modelo POPAN para fêmeas maduras no sul do Brasil. Cada período representa um sobrevoo realizado (2004-2018). ....	68
Figura 6: Probabilidade de entrada de novos indivíduos na população com intervalo de confiança de 95% estimada pelo modelo POPAN para fêmeas maduras no sul do Brasil. Cada período representa um sobrevoo realizado (2004-2018).....	69
Figura 7: Total de baleias-francas ( <i>Eubalaena australis</i> ) catalogadas nos sobrevoos realizados em setembro de entre 2004 e 2018 ao longo da APA da Baleia-Franca no sul de Santa Catarina, Brasil.....	70
Figura 8: Mapa da área de estudo. Área delimitada em vermelho descreve os limites da Área de Proteção Ambiental da Baleia Franca. Área delimitada em branco descreve os limites do polígono da área de esforço amostral dividida em células de 500 X 500 metros.....	90
Figura 9: Número de células do grid em relação à quantidade de baleias ao longo da área de estudo na APA da Baleia Franca.....	98
Figura 10: Função suavizada das variáveis explanatórias selecionadas pelo modelo GAM Binomial negativo para adultos sem filhotes.....	100
Figura 11: Função suave das variáveis explanatórias selecionadas pelo modelo GAM ZIP para fêmeas com filhote.....	102

Figura 12: Mapa da área de estudo destacando algumas variáveis explanatórias.....	113
Figura 13: Análise dos resíduos do modelo GAM Binomial Negativo selecionado para Adultos sem filhote.....	114
Figura 14: Análise dos resíduos do modelo GAM ZIP selecionado para Mães com filhote.....	115
Figura 15: Mapa da área de estudo com destaque para as unidades de conservação (em vermelho) nos Estados da região sul do Brasil.....	121
Figura 16: Pontos georeferenciados de presença de baleia-franca-austral ao longo da área de estudo delimitada após a triagem das ocorrências (110 adultos sem filhote e 418 fêmeas com filhote) no sul do Brasil. ....	127
Figura 17: Curva ROC obtida pelo modelo médio de predição de hotspots de baleias-franca-austral ao longo do litoral sul do Brasil. A curva gerou um AUC de 0,971 e desvio padrão de $\pm 0,004$ .....	128
Figura 18: Potenciais <i>hotspots</i> de adultos sem filhote de baleias-franca-austral nos Estados da região sul do Brasil. ....	129
Figura 19: Testes Jackknife do AUC para Adultos sem filhote de baleia-franca. A coluna em azul claro indica um modelo onde a variável explanatória do eixo Y está ausente e a em azul escuro um modelo contendo apenas a variável indicada. A coluna vermelha indica o modelo final contendo todas as variáveis. O eixo X representa o valor do AUC. ....	130
Figura 20: Curva ROC obtida pelo modelo médio de predição de hotspots de mães com filhote de baleias-franca-austral ao longo do litoral sul do Brasil. A curva gerou um AUC de 0,963 e desvio padrão de $\pm 0,006$ . ....	131
Figura 21: Potenciais <i>hotspots</i> de mães com filhote de baleias-franca-austral no sul do Brasil. ....	132
Figura 22: Testes Jackknife do AUC para adultos sem filhote de baleia-franca. A coluna em azul claro indica um modelo onde a variável explanatória do eixo Y está ausente e a em azul escuro um modelo contendo apenas a variável indicada. A coluna vermelha indica o modelo final contendo todas as variáveis. O eixo X representa o valor do AUC. ....	133

Figura 23: Potenciais hotspots de baleias-franca-austral no sul do Brasil. A, B) detalhe da região com a costa recortada; C, D) região com costa retilínea. A e C representam adultos sem filhote, enquanto B e D representam mães com filhotes. .... 136

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Modelos POPAN para adultos sem filhote registradas entre setembro de 2004 e 2018 no sul do Brasil. Descrição da sobrevivência ( $\Phi$ ), probabilidade de captura ( $p$ ), probabilidade de recrutamento ( $Pent$ ) e tamanho da superpopulação ( $n$ ), podendo estas variáveis serem constantes (.) ou variarem ao longo do tempo ( $t$ ). O modelo selecionado encontra-se em negrito. ....	64
Tabela 2: Modelos POPAN para fêmeas reprodutivas registradas em setembro de 2004 a 2018 no sul do Brasil para descrever a sobrevivência ( $\Phi$ ), probabilidade de captura ( $p$ ), probabilidade de recrutamento ( $Pent$ ) e tamanho da superpopulação ( $n$ ), podendo estas variáveis serem constantes (.) ou variarem ao longo do tempo ( $t$ ). Modelo final selecionado encontra-se em negrito. ....	67
Tabela 3: Modelos PRADEL para estimar crescimento populacional de baleias-franca que utilizam o sul do Brasil para reprodução. Os valores de $\lambda$ quando variaram no tempo foram extraídos como média utilizando o software MARK 9.0. ....	71
Tabela 4: Variáveis explanatórias utilizadas na construção dos modelos de padrão de ocorrência e abundância de baleias-franca-austral na Área de Proteção Ambiental da Baleia Franca no sul do Brasil. ....	95
Tabela 5: Contagem de baleias-franca-austral ( <i>Eubalaena australis</i> ) separadas por ano e classe de indivíduos de 2003 a 2018 na Área de Proteção Ambiental da Baleia Franca no sul do Brasil. ....	97
Tabela 6: AIC dos modelos GAM completo para as distribuição Poisson, Binomial Negativo e ZIP para explicar o número de adultos sem filhotes e fêmeas de baleia-franca-austral na Área de Proteção Ambiental da Baleia Franca. ....	98
Tabela 7: Cinco melhores modelos com distribuição Binomial negativo para explicar o número de adultos sem filhotes de baleia-franca-austral na Área de Proteção Ambiental da Baleia Franca em setembro de 2003 a 2018. ....	99
Tabela 8: Cinco melhores modelos com distribuição ZIP para explicar o número de mães com filhotes de baleia-franca-austral na Área de Proteção Ambiental da Baleia Franca em setembro de 2003 a 2018. ....	101



Tabela 9: Variáveis explanatórias utilizadas na construção dos modelos de predição de hotspots de baleias-franca-austral no sul do Brasil. .... 123

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL .....	19
CLASSIFICAÇÃO E CARACTERÍSTICAS DO GÊNERO <i>Eubalaena</i> .....	20
A BALEIA-FRANCA-AUSTRAL: PADRÕES DE DISTRIBUIÇÃO .....	23
ECOLOGIA .....	25
Dieta .....	25
Habitat .....	25
Predadores       27	
Comportamento .....	28
Reprodução .....	29
História de vida .....	29
A POPULAÇÃO BRASILEIRA DE BALEIA-FRANCA-AUSTRAL .....	31
Padrões de distribuição no Brasil .....	31
Padrões populacionais .....	33
Histórico de caça no Brasil.....	33
Potenciais ameaças e status de conservação atual .....	36
OBJETIVOS .....	38
Objetivo geral .....	38
Objetivo específico .....	38
ESTRUTURA DA TESE .....	39
REFERÊNCIAS .....	40
ESTIMATIVAS POPULACIONAIS DA BALEIA-FRANCA-AUSTRAL – <i>Eubalaena australis</i> (Desmoulins, 1822) – NO SUL DE SANTA CATARINA, BRASIL ENTRE OS ANOS DE 2004 A 2018 .....	54
RESUMO .....	55
INTRODUÇÃO .....	56
METODOLOGIA .....	58
Área de estudo.....	58
Coleta de dados.....	60
Análise de foto identificação .....	60
Modelo Populacional.....	61
Tendência de crescimento .....	62

RESULTADOS.....	63
Contagem de baleias .....	63
Modelos populacionais para adultos sem filhote.....	63
Modelos populacionais para fêmeas maduras .....	66
Tendência de crescimento populacional .....	69
DISCUSSÃO .....	72
REFERÊNCIAS .....	77
EXITE SEGREGAÇÃO ESPACIAL ENTRE GRUPOS REPRODUTIVOS DE BALEIA-FRANCA-AUSTRAL – <i>Eubalaena australis</i> (Desmoulins 1822) – NA APA DA BALEIA FRANCA? .....	82
RESUMO .....	83
INTRODUÇÃO .....	84
METODOLOGIA.....	87
Área de Estudo .....	87
Coleta de dados.....	87
Sobrevoos.....	87
Esforço amostral.....	88
Preparação das Variáveis Explanatórias.....	91
Latitude.....	91
Distância da Costa .....	91
Batimetria.....	91
Declividade .....	92
Linearidade da Costa.....	92
Tipo de Costa.....	93
Tipo de Sedimento .....	93
Temperatura da Superfície do Mar (TSM).....	93
Análise explanatória dos dados .....	94
Análise dos dados .....	95
RESULTADOS.....	97
Contagem de baleias .....	97
Seleção do Modelo.....	98
Modelo Binomial negativo para adultos .....	99
Modelo ZIP para Fêmeas com filhote .....	100
DISCUSSÃO .....	103
REFERÊNCIAS .....	106

ANEXOS .....	113
MODELAGEM PREDITIVA DE ÁREAS REPRODUTIVAS DA BALEIA-FRANCA-AUSTRAL – <i>Eubalaena australis</i> (Desmoulins, 1822) – NO SUL DO BRASIL. ....	116
RESUMO .....	117
INTRODUÇÃO .....	118
METODOLOGIA.....	120
Área de estudo.....	120
Modelagem de Máxima Entropia - Maxent.....	122
Banco de dados.....	122
Variáveis explanatórias.....	123
RESULTADOS.....	126
Dados de presença de baleias-franca .....	126
Adultos sem filhote .....	128
Mães com filhote.....	130
DISCUSSÃO .....	134
REFERÊNCIAS .....	139
CONCLUSÃO .....	145
CONCLUSÃO GERAL.....	146
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	148
REFERÊNCIAS .....	149

## **INTRODUÇÃO GERAL**

## CLASSIFICAÇÃO E CARACTERÍSTICAS DO GÊNERO *Eubalaena*

---

As baleias-franca pertencem à Ordem Cetartiodactyla, Infraordem Cetacea, Superfamília Mysticeti. A família Balaenidae inclui dois gêneros: *Balaena* com uma espécie atual, *Balaena mysticetus* Linnaeus, 1758; e *Eubalaena* com três espécies (Klinowska 1991). A formação do gelo Ártico que separa os oceanos Atlântico Norte e Pacífico Norte, a presença das águas equatoriais quentes e as diferenças temporais no comportamento reprodutivo, promovem o isolamento geográfico entre as três atuais espécies de baleias-franca (Klinowska 1991; Rosenbaum *et al.* 2000; Gaines *et al.* 2005). Sendo assim, o status taxonômico do gênero está há vários anos bem definido e sem sobreposição de área de ocorrência entre as espécies. Esta definição taxonômica é aceita pelo Comitê Científico da Comissão Internacional da Baleia e pela Convenção das Espécies Migratórias (IWC 2001).

As três espécies reconhecidas do gênero são: a baleia-franca do Atlântico Nortel, *E. glacialis* (Muller, 1776), com uma população que habita o Oceano Atlântico Norte, baleia-franca do Pacífico Norte, *E. japonica* (Lacépède, 1818), com uma população que habita o Pacífico Norte (Gaines *et al.* 2005) e a baleia-franca-austral *E. australis* (Desmoulins, 1822), daqui em diante denominada apenas de baleia-franca, com várias populações que habitam o Hemisfério Sul (Rice 1998; Rosenbaum *et al.* 2000). Os registros fósseis do gênero *Eubalaena* são escassos e restritos ao Hemisfério Norte. Entretanto, pelo menos duas espécies já extintas são confirmadas: *E. shinshuensis* (Nishiwaki & Hasegawa 1969), espécie mais basal de baleias-franca descrita no Japão e *E. ianitrix* (Bisconti, Lambert & Bosselaers, 2017), provável espécie irmã de *E. glacialis* descrita na Itália (Bisconti *et al.* 2017). Outros registros fósseis (bula timpânica encontrada na Califórnia e alguns fragmentos ósseos encontrados na Bélgica) indicam a possível existência de novas espécies do gênero, mas sem confirmação (Bisconti *et al.* 2017).

Morfologicamente, as espécies são muito semelhantes, entretanto, uma característica exclusiva da *E. australis* e de *E. japonica* é a presença de manchas brancas e/ou cinzas na região dorsal. Manchas ventrais são



compartilhadas entre as três espécies (Rowntree *et al.* 1980; Schaeff *et al.* 1999).

A principal característica que distingue a baleia-franca das demais espécies de baleias do Hemisfério Sul é a ausência de nadadeira dorsal. Além disso, a distância entre os orifícios respiratórios gera um borrito característico em forma de “V” durante a respiração (Cummings 1985; Evans 1987), facilitando a sua identificação em campo.

Outra característica exclusiva do gênero é o conjunto de calosidades na região da cabeça, ao redor do orifício respiratório e da boca. Essas calosidades são espessamentos da epiderme infestados por colônias de crustáceos anfípodos da família Cyamidae (piolhos-de-baleia, *Cyamus* sp.), que confere uma coloração branca ou amarelada (Payne *et al.* 1983). A distribuição das calosidades segue um padrão geral, mas o formato, tamanho e número variam entre os indivíduos e em geral são assimétricos (Payne *et al.* 1983). Esta distribuição se estabelece logo nos primeiros meses de vida dos filhotes, permanecendo constante ao longo do tempo, permitindo a identificação individual (Payne *et al.* 1983).

Normalmente as baleias-franca possuem uma coloração preta. Entretanto cinco padrões de coloração já foram descritos: preto (*black*), preto com manchas brancas (*white-blaze*), preto com manchas cinza (*partial-gray-morph*), preto com manchas cinza e brancas (*partial-gray-morph with white-blaze*) e cinza, que é associado a um albinismo parcial (*gray-morph*) (Payne *et al.* 1983; Evans 1987; Schaeff *et al.* 1999). As manchas também podem ser utilizadas para identificação individual. Cerca de 10% da população de baleias-franca que frequenta as áreas na Argentina e África do Sul apresenta manchas (Schaeff *et al.* 1999). No Brasil são observados todos os padrões de coloração.

As nadadeiras peitorais das baleias-franca são curtas e largas, com formato de trapézio. A cabeça é robusta (cerca de 30% do comprimento total do corpo) com rostró estreito, mandíbulas bastante arqueadas e numerosos pelos na região da mandíbula e maxila (Cummings 1985).

A nadadeira caudal apresenta a coloração predominantemente preta ou acinzentada, normalmente sem manchas ventrais. A presença de manchas na nadadeira caudal é rara, manchas no pedúnculo são mais comuns.

As baleias-franca podem atingir até 18 metros de comprimento, pesando mais de 50 toneladas (Cummings 1985; Evans 1987). Os machos tendem a ser ligeiramente menores que as fêmeas, alcançando em torno dos 15 metros. Porém, a diferença de tamanho é quase que imperceptível a olho nu, sendo o dimorfismo sexual pode ser detectado apenas através da observação da região genital. Os filhotes nascem com mais de quatro metros pesando entre quatro e cinco toneladas (Whitehead e Payne 1981; Best 1994; Kenney 2009).

## A BALEIA-FRANCA-AUSTRAL: PADRÕES DE DISTRIBUIÇÃO

---

A baleia-franca tem uma distribuição circumpolar ao longo de todo o Hemisfério Sul, ocorrendo entre 20° e 60° de latitude (Townsend 1935; Cummings 1985). Durante o inverno/primavera austral, as baleias-franca deslocam-se para as regiões costeiras da América do Sul, África do Sul, Austrália, Nova Zelândia e algumas ilhas oceânicas.

Regiões costeiras são habitadas preferencialmente por pares de mãe e filhote, principalmente porque estas regiões proporcionam a conservação de energia (Lockyer 1981; Thomas e Taber 1984; Corkeron e Connor 1999). Por serem regiões de águas rasas com baixa declividade, são livres de obstáculos subaquáticos, permitindo que as baleias derivem livremente (Thomas 1987). Existem evidências de que as fêmeas procurem regiões mais abrigadas durante os estágios iniciais de desenvolvimento dos filhotes (Rayment *et al.* 2015). Águas rasas também podem oferecer proteção contra ataques de *Orcinus orca* (Linnaeus, 1758) (Thomas e Taber 1984; Thomas 1987; Corkeron e Connor 1999; Sironi *et al.* 2008).

As baleias-franca podem demonstrar plasticidade em relação à seleção do habitat (Rowntree *et al.* 2001; Sironi *et al.* 2008), mas apresentam preferências por certas áreas de concentração (Payne 1986; Bannister 1990; Best 1990a; Burnell e Brydem 1997; Rowntree *et al.* 2001; Groch 2005; Rayment *et al.* 2015). Pares de mãe e filhote permanecem mais próximos à costa e por maiores períodos em áreas de reprodução, quando comparados aos adultos solitários (Bannister 1990; Burnell e Bryden 1997; Groch 2005). Além disso, esses grupos se deslocam com menos frequência permanecendo semanas em enseadas específicas ou suas adjacências (Bannister 1990; Best 1990a; Rowntree *et al.* 2001; Groch 2005; Renault-Braga *et al.* 2018). As baleias-franca, principalmente pares de mães e filhote, apresentam fidelidade a áreas de reprodução (Bannister 1990; Best 1990a; Burnell e Brydem 1997; Best 2000; Rowntree *et al.* 2001; Groch 2005).

Na América do Sul a principal concentração reprodutiva ocorre nas águas costeiras da Península Valdés, Argentina (Payne 1986; Payne *et al.* 1990),

além de uma população no sul do Brasil (Groch *et al.* 2005; Klinowska 1991). Existe reavistagem no Brasil de baleias previamente fotografadas na Argentina (cerca de 11%) (Best *et al.* 1993; Groch 2005; Groch e Flores 2013) e um fluxo gênico extremamente elevado entre estas populações (Ott 2002). As avistagens no sul do Brasil ocorrem entre junho e novembro, com pico em setembro (Groch *et al.* 2005; Seyboth *et al.* 2015).

No final da década de 1990 e no início de 2000, ocorreu um aumento no aparecimento de baleias-franca na costa do Uruguai (García *et al.* 1996; García e Sabah 1998; García 2000; Costa *et al.* 2007). Uma rede de avistagens foi montada desde 1995 nesta região, para obter dados sistemáticos ao longo dos anos. Não se sabe ainda até que ponto esta região é apenas uma rota migratória dos indivíduos que vem para o Brasil, ou uma área de concentração reprodutiva, porém a maior parte dos grupos avistados são grupos de acasalamento (García 2000) e, possivelmente esta população faça parte da mesma população que frequenta a costa do Estado de Santa Catarina (IWC/Brasil 1999). A partir de sobrevoos realizados entre julho e novembro de 2001 a 2003 foram registrados 8% de grupos contendo pares de mãe e filhote e 92% indivíduos não acompanhados de filhotes. Estes registros apontam para a região como uma importante área de socialização para as baleias-franca (Costa *et al.* 2007).

## ECOLOGIA

---

### Dieta

As baleias-franca possuem uma dieta oportunista, se alimentando principalmente de copépodos e krill (*Euphasia* sp.). Indivíduos em latitudes inferiores a 40°S possuem uma dieta predominante de copépodos, enquanto baleias registradas em regiões com latitudes superiores a 50°S possuem dieta exclusiva de krill. Entre as latitudes 40° e 50°S, as baleias-franca apresentam uma dieta mista entre krill e copépodos (Rowntree *et al.* 2008).

A alimentação ocorre através da filtração de grandes concentrações de presas na superfície ou em profundidades de até 10 m utilizando barbatanas filtradoras (termo proveniente do inglês *baleen*). As barbatanas são formadas por queratina, situadas em fileiras suspensas a partir de cada lateral da maxila. Cada lado é composto por cerca de 250 lâminas de barbatanas longas, estreitas e relativamente flexíveis. Na parte interna, as barbatanas possuem cerdas ainda mais finas (Watikins & Schevill, 1976). Durante a alimentação, as baleias-franca nadam lentamente com a boca aberta na superfície, deixando a água penetrar através da abertura frontal, filtrando o alimento através das barbatanas. O alimento é preso através das cerdas internas, conforme a água vai passando entre as barbatanas (Watikins & Schevill, 1976).

### Habitat

A espécie permanece ao longo do verão e início do outono em áreas de alimentação (águas oceânicas de altas latitudes) e migram para águas costeiras continentais durante o inverno e primavera austral para dar à luz e criar seus filhotes e também acasalar (Payne 1986; Evans 1987; Best 1988; Bannister 1990; Pantenaude e Becker 2001).

As áreas de alimentação dos mysticetos estão associadas a áreas de alta produtividade primária, onde há grandes concentrações de zooplâncton (Evans

1987; Moses e Finn 1997) localizando-se entre as zonas subtropicais e a Convergência Antártica. Evidências de áreas de alimentação são provenientes principalmente dos registros de caça (Townsend 1935). A primeira ligação direta entre áreas de alimentação e reprodução veio a partir da reavistagem de cinco indivíduos catalogados na Argentina e reavistados no entorno das ilhas Geórgias do Sul (Best *et al.* 1993; Rowntree *et al.* 2001). Os filhotes aprendem onde se alimentar com as mães e existe uma alta fidelidade em áreas de alimentação (Rowntree *et al.* 2008; Valenzuela *et al.* 2009; Vighi *et al.* 2014; Valenzuela *et al.* 2018).

Informações recentes sobre rotas migratórias e áreas de alimentação da Argentina foram obtidas em projetos de telemetria satelital conduzidos em 2014 e 2015 (Zerbini *et al.* 2017). Baleias-franca foram rastreadas se deslocando para regiões fora da plataforma da Patagônia (latitude 54°S e longitude entre 57°-60°W) e do mar da Escócia (latitude 57°S e longitude entre 28°-42°W), apresentando comportamentos de forrageio e demonstrando que outras áreas de alimentação podem existir no Oceano Atlântico Sul ocidental (Vighi *et al.* 2014). Apesar de geralmente ser aceito que as baleias-franca não se alimentem nas áreas de reprodução, existem evidências de que isso ocorra a partir de estudos de isótopos estáveis (Best e Schell 1996; Vighi *et al.* 2014) e através de registros do comportamento alimentar em *blooms* de plâncton (Hoffmeyer *et al.* 2010).

As atuais áreas de reprodução da espécie provavelmente são reflexos da história evolutiva da espécie (Evans 1987). Na área de concentração reprodutiva da África do Sul, existe preferência por áreas que oferecem proteção contra a ondulação e ventos, bem como áreas de fundo sedimentar e pouca declividade (Elwen e Best 2004a, 2004b).

Estudos de fotoidentificação de longo prazo, em várias áreas do Hemisfério Sul demonstram que as fêmeas grávidas tendem a retornar à mesma área reprodutiva em intervalos de três anos para concepção (Payne 1986; Bannister 1990; Best 1990b; Payne *et al.* 1990). Já os adultos não acompanhados por filhotes são reavistados a intervalos variados, podendo ocorrer registros em



anos subsequentes (Payne 1986; Bannister 1990; Best 1990b; Payne *et al.* 1990).

Alterações na distribuição das baleias-franca foram relatadas na África do Sul (Best 2000), Península Valdés na Argentina (Rowntree *et al.* 2001) e no sul de Santa Catarina, Brasil (Renault-Braga *et al.* 2018). Na África do Sul, as alterações ocorreram provavelmente em função das mudanças no número de baleias decorrente do crescimento populacional (Best 2000). Recentemente, observou-se que pares de mães com filhote preferem regiões onde a densidade de baleias é inferior a três indivíduos por km<sup>2</sup>, sendo então inevitável a ocupação de novas enseadas em função de crescimento populacional (Suyero *et al.* 2018). Na Península Valdés, alterações no padrão de distribuição foram atribuídas a grandes mudanças na topografia do fundo devido a tempestades (Rowntree *et al.* 2001).

Estudos recentes demonstram uma relação direta das taxas de natalidade de baleias-franca em função de anomalias climáticas resultantes de fenômenos como El Niño e La Niña (Leaper *et al.* 2006; Seyboth *et al.* 2016). Quando ocorrem, estes fenômenos alteram a temperatura da superfície do mar do Oceano Pacífico, influenciando diretamente a disponibilidade de alimento para as baleias (Trathan *et al.* 2003). Como consequência de uma temporada de alimentação de baixa qualidade, parece haver um comprometimento no acúmulo de energia necessário para a migração para regiões reprodutivas.

## **Predadores**

Os potenciais predadores de baleias-franca incluem os grandes tubarões e orcas (Sironi *et al.* 2008). Apesar de não existirem evidências diretas do ataque de orcas sobre baleias-franca no Atlântico Norte, alguns estudos concluíram que as cicatrizes observadas em alguns indivíduos são condizentes com marcas dentárias de orcas (Metha *et al.* 2007). No Atlântico Sul existe poucos registros diretos de ataque de orcas em baleias-franca na Argentina e África do Sul (Sironi *et al.* 2008). No Brasil, evidências de ataques de orcas sobre

baleias-franca estavam restritas apenas às marcas de possíveis ataques a um filhote encalhado no Estado do Rio Grande do Sul (Ott *et al.* 2017). Entretanto, o primeiro registro de interação direta bem documentada entre orcas e baleias-franca ocorreu no Estado de Santa Catarina em 2019, onde foi possível registrar imagens e fotografias (Renault-Braga, dados não publicados).

Além disso, algumas pesquisas levantam a hipótese de que as baleias-franca ocorram em águas mais frias (i.e. evitam regiões tropicais próximas ao Equador) pelo fato da diversidade de tubarões ser maior em regiões quentes (Klimley 1994). A preferência por áreas rasas também é associada ao fato de os predadores frequentemente realizarem investidas à presa a partir da região ventral (Klimley 1994).

## **Comportamento**

As baleias-franca são animais pouco gregários tanto em áreas de alimentação, quanto em áreas de reprodução (Evans 1987). Interações sociais são comuns, mas são mais raras entre grupos formados por mães e filhotes (Payne 1986; Thomas 1986; Pantenaude e Backer 2001).

Durante o período reprodutivo são observados diversos padrões de comportamento em baleias-franca da costa brasileira, que vão desde a natação (deslocamento aparente e em velocidade constante), descanso (sem movimento aparente, com a parte dorsal da cabeça e corpo acima da água), atividades sociais (grupos com presença de mais de um indivíduo adulto, cuja atividade realizada não pode ser definida, pode ocorrer atividade sexual) e brincadeiras (diversas atividades realizadas entre fêmeas e filhotes ou atividades individuais incluindo exposição caudal, batida da nadadeira caudal, exposição peitoral, batida de nadadeira peitoral, exposição da cabeça, salto e exposição ventral) (Clark 1983; Thomas e Taber 1984; Payne 1986; Cassini e Vila 1990; Mesquita 2014).

Os sons emitidos pelas baleias-franca são caracterizados por possuírem baixa frequência, semelhantes a gemidos e pulsos, 50 e 5.000 Hz. Os sons emitidos

de 100 a 200 Hz são utilizados para comunicação de longa distância ou, no caso de pares de mãe e filhote, manter contato a distâncias menores. Tais sons podem atingir intensidades da ordem de 170-187 dB (re 1m Pa). Os outros sons são complexos, de finalidade ainda indefinida e a sua emissão é mais intensa quando os animais estão mais ativos. A emissão de sons ocorre para comunicação tanto no período diurno como noturno com a mesma frequência e intensidade (Dombroski *et al.* 2017). Oito padrões sonoros foram descritos, destes sete já foram registrados para mães e filhotes no Brasil (Dombroski *et al.* 2016). Embora não se saiba ao certo sua função, sabe-se que os diferentes padrões estão relacionados a diferentes níveis de interação entre os indivíduos e entre seus habitats (Clark 1983).

## **Reprodução**

As baleias-franca são poliândricas, ou seja, vários machos cortejam uma única fêmea. Já foram observados grupos de acasalamento com até 20 indivíduos (Donnelly 1967; Payne e Dorsey 1983; Kraus e Hatch 2001). Os machos das baleias-franca possuem os maiores testículos do reino animal, chegando a meia tonelada cada, devido a seleção reprodutiva adotada pela espécie: a competição espermática (Brownell e Ralls 1986).

## **História de vida**

As primeiras informações quanto à maturidade sexual das baleias-francas surgiram a partir de estudos de foto identificação. Na Argentina, baleias com sete anos de idade tiveram sua primeira cria. Levando em consideração o tempo de gestação de um ano, isso indica que fêmeas com seis anos de idade já estão maduras (Payne 1986), entretanto, o mais comum é que a primeira gestação ocorra em torno dos nove anos (Payne 1986; Payne *et al.* 1990; Knowlton *et al.* 1994; Hamilton *et al.* 1998; Cooke *et al.* 2001). As fêmeas têm, em média, um filhote a cada três anos (Payne 1986; Bannister 1990; Best

1990a; Payne *et al.* 1990; Hamilton e Mayo 1990; Hamilton *et al.* 1998; Burnell 2001; Cooke *et al.* 2001) e o desmame ocorre após o primeiro ano de idade (Thomas e Taber 1984; Hamilton *et al.* 1995; Hamilton *et al.* 1998; Burnell 2001). O crescimento do filhote ocorre de forma rápida, dobrando de tamanho com aproximadamente um ano de vida (Brown *et al.* 2001).

## A POPULAÇÃO BRASILEIRA DE BALEIA-FRANCA-AUSTRAL

---

Atualmente, são reconhecidas onze unidades de manejo definidas pela IWC: região subantártica da Nova Zelândia, região continental da Nova Zelândia/Kermadec, Austrália, região central do Oceano Índico, Moçambique, África do Sul, Namíbia, Tristão da Cunha, Argentina, Chile/Peru e Brasil (IWC 2012).

O primeiro estudo com baleia-franca no Brasil é datado de 1979. Este estudo confirma um relato de encalhe no sul do Estado do Rio Grande do Sul em agosto de 1979 (Castello e Pinedo 1979). O primeiro estudo confirmando a espécie para o Estado de Santa Catarina foi o de Câmara e Palazzo (1986) e os seus padrões de ocorrência começaram a ser descritos por Simões-Lopes *et al.* (1992) e vem sendo atualizados desde então (Espírito Santo 2013; Groch 2000; Groch 2005; Silva 2013; Renault-Braga 2014; Danielski 2015; Seyboth *et al.* 2015; Renault-Braga *et al.* 2018).

### Padrões de distribuição no Brasil

Estudos já haviam confirmado que a costa do Estado de Santa Catarina (latitude ~ 26°00' - 28°25' S) representa uma importante área de concentração reprodutiva das baleias-franca durante os meses de junho a novembro (Lodi e Bergallo 1984; Câmara e Palazzo, 1986; Simões-Lopes *et al.* 1992; Palazzo e Flores 1998; Groch 2005). As compreensões de como estes indivíduos se distribuem ao longo dessa área reprodutiva foi atualizada por Renault-Braga *et al.* (2018), indicando que a espécie apresenta uma distribuição costeira ao longo das enseadas, sendo que algumas destas apresentam maior densidade de baleias.

Existe uma relação entre o tamanho da área de ocorrência em função da quantidade de adultos sem filhote na área reprodutiva. Enquanto mães com filhote permanecem por longos períodos em enseadas específicas, os adultos

sem filhote realizam deslocamentos maiores entre estas enseadas e, conseqüentemente, ampliam a ocorrência da espécie (Renault-Braga 2014).

Apesar da maior concentração de baleias-franca no Estado de Santa Catarina, atualmente há registros desde o Estado da Bahia até o Rio Grande do Sul (Castello e Pinedo 1979; Câmara e Palazzo 1986; Simões-Lopes *et al.* 1992; Simões-Lopes e Ximenez 1993; Lodi *et al.* 1996; Engel *et al.* 1997; Flores *et al.* 2000; Greig *et al.* 2001; Cherem *et al.* 2004). No litoral norte Estado do Rio Grande do Sul, principalmente no município de Torres, a ocorrência da espécie é comum, porém, com uma frequência maior de adultos sem filhote (~73%) (Danilewick *et al.* 2016). Já nas demais áreas do Brasil não existem estudos que descrevam os padrões de ocorrência da espécie.

A distribuição das baleias-franca no Estado de Santa Catarina está associada à costa que apresenta formações de inúmeras enseadas e pequenas baías, oferecendo às baleias proteção contra os fortes ventos característicos dos meses de inverno (Palazzo e Flores 1998). Essa associação pode estar diretamente relacionada à conservação de energia dos filhotes (Cookeron e Connor 1999). Já a costa do Estado do Rio Grande do Sul não apresenta tal formação o que explica a maior quantidade de baleias sem filhotes. Além disso, grupos de acasalamento são observados com mais frequência no litoral norte do Estado do Rio Grande do Sul (Simões-Lopes *et al.* 1992; Moreno *et al.* 1996).

A observação de indivíduos solitários e ausência de filhotes nos primeiros meses da temporada reprodutiva, assim como uma maior frequência de avistagem de fêmeas com filhotes a partir de agosto, com registros de neonatos é evidência de que os nascimentos desses filhotes ocorrem na costa brasileira (Simões-Lopes *et al.* 1992; Palazzo e Flores 1998). Raros grupos de acasalamento já apareceram ao norte da Ilha de Santa Catarina até o Cabo de Santa Marta (Palazzo e Flores 1998; Flores *et al.* 2000; Groch, 2001), mas a região é bem definida como área berçário. No litoral Catarinense, a região entre as praias da Guarda do Embaú e Ribanceira/Ibiraquera recebem um destaque, pois são as únicas enseadas que são ocupadas ao longo de toda a temporada reprodutiva (Renault-Braga *et al.* 2018).

## **Padrões populacionais**

Atualmente o Catálogo Brasileiro de Foto Identificação de Baleias-Franca conta com 1009 baleias registradas, sendo destas 434 fêmeas maduras. Entre 2004 e 2018, a taxa média de reavistagens de baleias catalogadas, considerando apenas a região entre o sul de Florianópolis/SC e Torres/RS, foi de 28%.

O ano de 2018 foi o ano com maior registro de baleias ao longo da APA da Baleia Franca, com 283 baleias, número consideravelmente superior aos 151 indivíduos em 2011 e 106 baleias em 2006 (dados incluem indivíduos não catalogados) (Instituto Australis, dados não publicados). Vale destacar que os filhotes raramente são catalogados no ano de nascimento.

Atualmente o crescimento populacional de baleias-franca no Brasil está estimado em 12% ao ano (IWC 2012), um valor relativamente alto para espécies de seleção K como a baleia-franca (crescimento lento e produção de poucos filhotes), muito superior aos valores estimados para a África do Sul (6,8%) e Argentina (6%) (IWC 2012). Estimativas de crescimento populacional para misticetos com taxas acima de 11,8% já foram consideradas biologicamente inviáveis (Zerbini *et al.* 2010).

Uma comparação do Catálogo Brasileiro com o Catálogo de Foto identificação da Península Valdés, Argentina, indicou que pelo menos 11% das baleias catalogadas no Brasil foram identificadas na Argentina em anos distintos (Best *et al.* 1993; Groch e Flores 2013), apontando para um vínculo entre as duas populações. Vale ressaltar que essa é uma comparação desatualizada uma vez que o número de baleias identificadas quase duplicou após essa última análise, mas essa relação entre as duas populações mesmo assim é confirmada.

## **Histórico de caça no Brasil**

As populações de baleias-franca foram alvo da exploração comercial no mundo inteiro até meados do Século XX. Estima-se que a população original no Hemisfério Sul, antes das atividades de caça, fosse de 90.000 indivíduos (Richards 1998) e, atualmente esteja em torno de 13.000 baleias (IWC 2012). A proteção internacional teve início em 1935, mas mesmo depois desta data, atividades de exploração ilegais tiveram continuidade em diversas regiões (Klinowska 1991). A maioria das populações de baleias-franca no Hemisfério Sul foi reduzida a níveis extremamente baixos até metade da década de 1930 e aparentemente não demonstraram recuperação até o início da década de 1980 (Best 1988). A única exceção é a população que frequenta Tristão da Cunha. Esta teria escapado da atenção dos baleeiros no final do Século XIX e início do Século XX, período de maior atividade de caça comercial, demonstrando sinais de recuperação a partir das décadas de 1940 e 1950 (Best 1988).

A caça de baleias no Brasil foi dividida em duas fases: caça tradicional e caça moderna, diferenciadas unicamente pelas técnicas empregadas (Ellis 2009). A caça tradicional era caracterizada principalmente por métodos de arpoamento manual, enquanto a caça moderna por equipamentos específicos, como canhões (Ellis 1991).

A caça teve início em 1602 quando a coroa portuguesa concedeu as primeiras permissões para caçar as baleias na “Baia de Todos os Santos” e apenas terminou em 1987 (Lei Federal Nº. 7643, de 18 de dezembro de 1987), quando a atividade foi oficialmente proibida no Brasil, apesar da moratória internacional a caça às baleias ter sido implementada em 1985.

No Brasil, a caça teve como foco inicial as baleias-franca, principalmente devido ao hábito costeiro o que facilitava toda a operação da atividade baleeira (Ellis 1969). Desse modo, os barcos, chamados de baleeiras, eram colocados na água diretamente da praia evitando longos deslocamentos para localizar as baleias. Nesse período de caça tradicional, a coroa portuguesa permitiu a captura de Baleias-Jubarte (*Megaptera novaeangliae*) e cachalotes (*Physeter macrocephalus*), além da baleia-franca (Ellis, 2011). Entretanto, a caça a cachalotes em função da logística necessária não foi explorada (Morais *et al.* 2017). Apesar de não se saber ao certo quantas baleias foram caçadas durante



o período da caça tradicional, sabe-se que foi uma quantidade relativamente grande (Ellis 1969).

As armações baleeiras eram localizadas sempre em regiões costeiras estruturadas para realização da caça e processamento das baleias. Além das armações existiam também os navios fábricas, característicos do período da caça moderna. Neles, além da caça, as baleias já eram processadas para a produção do produto final a ser comercializado.

Durante a caça tradicional poucos foram os registros confirmando as espécies caçadas em cada armação. Os registros descreviam características morfológicas que permitiram inferir sobre as espécies caçadas. Pelas descrições dos relatos históricos no sul do Brasil, a baleia-franca era consideravelmente mais abundante do que em outras regiões, entretanto, a espécie também foi um dos alvos da caça na região nordeste (Hetzl e Lodi 1993; Richards 1998; Greig *et al.* 2001).

No início do Século XIX observou-se um declínio considerável no registro de caça às baleias no sul do Brasil. Enquanto em 1775 cada armação teve um registro de 133 baleias caçadas, em 1819 apenas nove baleias foram caçadas em cada armação ativa, fazendo com que essa atividade não fosse mais viável comercialmente resultando no fechamento das armações baleeiras (Morais *et al.* 2017). Além disso, o surgimento de novas tecnologias como a iluminação elétrica acabou fazendo com que o óleo de baleias se tornasse um produto antiquado com utilidades mais limitadas.

Apenas a partir do início do Século XX as atividades de caça a baleia no sul do Brasil voltaram a ocorrer. Apesar de ser um período já caracterizado por praticar métodos modernos, a caça à baleia-franca seguia métodos tradicionais até a década de 1950. Esta segunda fase de caça a baleias-franca tinha o intuito de obter o óleo para ser utilizado como amaciante de couro e as demandas foram aumentadas durante os períodos da segunda guerra mundial para a produção de vestimentas de couro. A caça era concentrada apenas nos municípios de Florianópolis, Garopaba e Imbituba. Inclusive, as praias que receberam o nome de Armação é uma alusão à atividade de caça às baleias. Ao contrário da caça colonial, esta etapa moderna ocorria de um modo mais

esporádico uma vez que existiam poucas baleias na região. Essa atividade se estendeu até 1973 quando a última baleia-franca foi caçada no Brasil no município de Imbituba (Câmara e Palazzo 1986).

Atualmente existe uma moratória internacional que restringe drasticamente a caça às baleias. Essa atividade é hoje realizada apenas por populações tradicionais na caça de subsistência (como por exemplo, por populações de esquimós) e pelo Japão que possuem cotas de caça determinadas pela IWC. Para a baleia-franca, atualmente a caça não é uma ameaça em potencial. Entretanto algumas ameaças ainda podem de algum modo afetar a recuperação da espécie (NRC 2005, Pontalti e Danielski 2011, Seyboth *et al.* 2016).

### **Potenciais ameaças e status de conservação atual**

As atividades humanas têm aumentado o nível de ruídos nos oceanos, causando grande preocupação sobre os potenciais efeitos nos mamíferos marinhos e nos ecossistemas marinhos (NRC 2005). Os mamíferos marinhos podem produzir sons em diferentes contextos. Utilizam som tanto em interações sociais, bem como na busca de alimento, para orientação, navegação e em resposta a predadores (NRC 2005). Portanto, os vários efeitos do som na audição e/ou comportamento têm o potencial de interferir em funções vitais e tornam-se particularmente significantes (Wartzok e Ketten 1999; NRC 2005). Dependendo da frequência, intensidade e duração, os sons antropogênicos podem afetar o comportamento de mamíferos marinhos, mascarando sons naturais importantes dos quais eles dependem e alterando suas funções fisiológicas e sua qualidade de vida. As principais fontes de ruído subaquático incluem atividades de prospecção sísmica, navegação comercial, sonares, atividades industriais. A mesma fonte acústica pode ter efeitos diferentes nos mamíferos marinhos, dependendo de variáveis operacionais, ambientais e das características fisiológicas, sensoriais e psicológicas dos animais expostos. Estas variáveis podem interferir de forma diferente entre indivíduos de uma espécie e até no mesmo indivíduo, dependendo de vários

fatores (ex.: sexo, idade, histórico prévio de exposição, estação do ano e atividade exercida pelo animal) (Wartzok *et al.* 2004; Southall *et al.* 2007).

Dentre os vários fatores que potencialmente afetam as grandes baleias o emalhe em artefatos de pesca e as colisões com navios são os mais significantes em nível populacional (Clapham *et al.* 1999). Em função dos hábitos costeiros e do comportamento, as baleias-franca estão mais sujeitas a colisões com grandes embarcações (Laist *et al.* 2001). Estas colisões podem ocasionar ferimentos, inclusive fatais. Quanto maior a embarcação e sua velocidade, maior é o risco de colisão (Laist *et al.* 2001; Vanderlaan e Taggart 2007). O risco também cresce com o aumento da densidade de embarcações e baleias. Emalhes em redes de pesca com baleias-franca ocorrem no sul do Brasil (Pontalti e Danielski 2011) e são registrados todos os anos, porém o tipo mais comum de emalhe ocorre quando essas baleias atravessam as redes de pesca e as carregam presas nas calosidades. Esses pedaços da rede costumam se soltar naturalmente com o atrito entre a rede e a calosidade. Em 2018 ocorreram dois registros de emalhes que apresentaram alguma ameaça potencial à vida de filhotes de baleias-franca. Esses foram os primeiros casos registrados e documentados na região sul do Estado de Santa Catarina e que, inclusive, houve ação direta para retirada do artefato.

Apesar da população de baleias-franca do Brasil estar se recuperando a espécie está citada na Lista Oficial Brasileira de Espécies Ameaçadas desde 1989 (Portaria IBAMA Nº. 1522, de 19 de dezembro de 1989) e atualmente classificada como “Em Perigo” pela Lista Vermelha de espécies ameaçadas. Pela IUCN a espécie está classificada como “Menor Preocupação”. As últimas estimativas populacionais de baleias-franca inferem 1305 indivíduos na África do Sul, 4000 na Argentina, 2519 baleias na Nova Zelândia e 3500 na Austrália, totalizando 11324 baleias-franca no Hemisfério Sul. O crescimento populacional para cada uma destas áreas está entre 6,0 e 6,8% ao ano (IWC 2012).

## OBJETIVOS

---

### Objetivo geral

O Objetivo geral deste trabalho é realizar estimativas populacionais de baleias-franca, definindo estratégias conservacionistas. Para isso, foram computadas estimativas populacionais, avaliadas a existência de segregação espacial entre diferentes classes reprodutivas de baleias e identificados potenciais *hotspots* reprodutivos no litoral sul do Brasil.

### Objetivo específico

1. Estimar a sobrevivência, taxa de captura e recrutamento e tamanho da população reprodutiva no sul do Brasil;
2. Estimar a taxa de crescimento da população reprodutiva no sul do Brasil;
3. Avaliar a segregação espacial entre grupos de diferentes classes reprodutivas (adulto sem filhote / mãe com filhote) ao longo da APA da Baleia Franca;
4. Verificar a influência de variáveis ambientais, que explicam e predizem a distribuição de diferentes classes reprodutivas;
5. Identificar potenciais *hotspots* reprodutivos no litoral sul do Brasil através de técnicas de modelagem preditiva de habitat;
6. Fornecer subsídios para gestão de unidade de conservação e esforços de pesquisa;

## ESTRUTURA DA TESE

---

Esta tese foi estruturada em três capítulos, precedidos por uma introdução geral. No primeiro capítulo foram realizadas as estimativas populacionais conforme objetivos específicos 1 e 2. O segundo capítulo teve como foco uma modelagem espacial de modo a verificar a segregação espacial entre diferentes classes reprodutivas da baleia-franca conforme os objetivos 3 e 4. Já o capítulo três teve como foco identificar hotspots reprodutivos da espécie ao longo do litoral sul do Brasil, objetivo específico 5, incluindo os estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Até o presente momento os resultados obtidos foram capazes de auxiliar tomadas de decisões de estratégias de manejo da espécie ao longo da Unidade de conservação APA da Baleia Franca. Os resultados obtidos pelo capítulo 02 serviram de subsídio para a criação da portaria 1112 de dezembro de 2018, Art. 21 que define novos limites da área de refúgio de baleias-franca ao longo da enseada da Ribanceira/Ibiraquera no município de Imbituba/SC, contemplando assim o objetivo específico 6.

## REFERÊNCIAS

---

Bannister JL, (1990). Southern right whales of western Australia. Report of the International Whaling Commission (Special Issue 12): 279-288.

Berta A, Sumich JL (1999). Marine Mammals: Evolutionary Biology. Academic Press, San Diego.

Best PB (1988). Right Whales *Eubalaena australis* at Tristan da Cunha A Clue to the 'Non-recovery' of Depleted Stocks? Biological Conservation, 46: 23-51.

Best PB (1990a) Natural markings and their use in determining calving intervals in right whales off South Africa. South African Journal of Zoology, 25: 114-123.

Best PB (1990b) Trends in the inshore right whale population off South Africa, 1969-1987. Marine Mammal Science, 6(2): 93-108.

Best PB (1994) Seasonality of reproduction and the length of gestation in southern right whales *Eubalaena australis*. Journal of Zoology, 232: 175-189.

Best PB (2000). Coastal distribution, movements and site fidelity of right whales *Eubalaena australis* off South Africa, 1969-1998. South African Journal of Science, 22: 43-55.

Best PB, Payne R, Rowntree V, Palazzo JT, Both MC (1993). Long-range movements of South Atlantic right whales *Eubalaena australis*. Marine Mammal Science, 9(3): 227-234.

Best PB, Schell DM (1996) Stable isotopes in southern right whale (*Eubalaena australis*) baleen as indicators of seasonal movements, feeding and growth. Marine Biology, 124:483-494.

Bisconti M, Lambert O, Bosselaer M (2017) Revision of “Balaena” belgica reveals a new right whale species, the possible ancestry of the northern right whale, *Eubalaena glacialis*, and the ages of divergence for the living right whale species. PeerJ, 5:e3464. <https://peerj.com/articles/3464/>.

Brown MW, Brault S, Hamilton PK, Kenney RD, Knowlton AR, Marx MK, Mayo CA, Slay CK, Kraus SD (2001) Sighting heterogeneity of right whales in the western North Atlantic: 1980–1992. Journal of Cetacean Research and Management, (Special Issue 2): 245–250.

Brownell Jr. RL, Ralls K (1986) Potential for sperm competition in baleen whales. Report of the International Whaling Commission, (Special Issue 8): 97-112.

Burnnell SR (2001) Aspects of reproductive biology, movements and site fidelity of right whales off Australia. Journal of Cetacean Research and Management, 2: 89-102.

Burnell SR, Bryden M (1997) Coastal residence periods and reproductive timing in southern right whales, *Eubalaena australis*. Journal of Zoology 241:613–621.

Câmara IG, Palazzo Jr JT (1986) Novas informações sobre a presença de *Eubalaena australis* no sul do Brasil. In: Primera Reunión de Trabajo de Expertos em Mamíferos Acuáticos de América del Sur: 35-41.

Cassini MH, Vila BL (1990) Cluster analysis of group type in Southern right whales (*Eubalaena australis*). Marine Mammal Science, 6(1): 17-24.

Castello HP, Pinedo MC (1979) Southern right whales (*Eubalaena australis*) along the southern Brazilian coast. Journal of Mammalogy, 60(2):429-30.

Cherem J, Simões-Lopes PC, Althoff S, Grapiel M. (2004) Lista dos Mamíferos do Estado de Santa Catarina, Sul do Brasil. *Mastozoologia Neotropical*, 11 (2): 151-184.

Clapham PJ, Young SB, Brownell Jr RL (1999) Baleen whales: conservation issues and the status of the most endangered populations. *Mammal Review*, 29(1): 35-60.

Clark CW. (1983) Acoustic communication and behavior of the southern right whale (*Eubalaena australis*) In: Payne R (Eds.): *Communication and behavior of whales*. Westview Press, Boulder, 163-198.

Corkeron PJ, Connor RC (1999). Why do baleen whales migrate? *Marine Mammal Science*, 15: 1228–1245.

Costa P, Piedra M, Franco P, Paez E (2007) Distribution and habitat use patterns of southern right whales, *Eubalaena australis*, off Uruguay. *Journal of Cetacean Research and Management*, 9(1):45-51.

Cummings WC (1985). Right Whales, *Eubalaena glacialis* (Muller, 1776) and *Eubalaena australis* (Desmoulins, 1822). In: Ridway SH, Harrison RJ (Eds): *Handbook of Marine Mammals. Volume 3: The Sirenians and Baleen Whales*. Academic Press, 275-304.

Danilewicz D, Moreno IB, Tavares M, Sucunza F (2016). Southern right whales (*Eubalaena australis*) off Torres, Brazil: group characteristics, movements, and insights into the role of the Brazilian-Uruguayan wintering ground. *Mammalia*, 81(3). <https://www.degruyter.com/view/j/mamm.2017.81.issue-3/mammalia-2015-0096/mammalia-2015-0096.xml>.

Danielski ML (2015) Áreas marinhas protegidas respondem às necessidades de suas espécies-alvo? Um estudo de caso na APA da Baleia Franca. PhD thesis, Curitiba, Brasil: Universidade Federal do Paraná.



Dombroski JRG, Parks SE, Flores PAC, Groch, KR, Souza-Lima RS (2016) Vocalizations produced by southern right whale (*Eubalaena australis*) mother-calf pairs in a calving ground off Brazil. *Journal of Acoustic Society of America*, 140(3): 1850–1857.

Dombroski JRG, Parks SE, Flores PAC, Groch KR, Souza-Lima RS (2017) Upcall production by southern right whale (*Eubalaena australis*) mother-calf pairs may be independent of diel period in a nursery area. *Marine Mammal Science*, 33(2): 669–677.

Donnelly BG (1967) Observations on the mating behavior of the southern right whale *Eubalaena australis*. *South African Journal of Science*, 63: 176 – 181.

Ellis M (1969) *A baleia no Brasil colonial*. Melhoramentos, São Paulo, 235pp.

Ellis R (1991) *Men and Whales*. Knopf, New York.

Ellis R (2009) Traditional whaling. *In*: Perrin WF, Würsig B, Thewissen JGM (Eds) *Encyclopedia of Marine Mammals*. Elsevier, Burlington, New York and San Diego, 1243-1254.

Ellis R (2011) *The Great Sperm Whale: A Natural History of the Ocean's Most Magnificent and Mysterious Creature*. University Press of Kansas, Lawrence.

Elwen SH, Best PB (2004a). Environmental factors influencing the distribution of southern right whales on the south coast of South Africa I: broad scale patterns. *Marine Mammal Science*, 20: 567–582.

Elwen SH, Best PB (2004b) Female southern right whale *Eubalaena australis*: Are there reproductive benefits associated with their costal distribution off South Africa? *Marine Ecology Progress Series*, 269: 289-295.

Engel MH, Freitas ACS, Skaf MK, Ferreiro CB, Mendes CR, Freitas CA, Pereira JB (1997) Ocorrência de baleias franca *Eubalaena australis* em área de

reprodução da baleia jubarte *Megaptera novaeangliae* no Banco de Abrolhos, Bahia. In: XI Encontro de Zoologia do Nordeste, 78.

Espirito-Santo SM (2012). Estudo da distribuição da Baleia Franca Austral, *Eubalaena australis* (Desmoulins, 1822) (Cetartiodactyla, Balaenidae) na costa sul brasileira e relações com fatores ambientais. PhD thesis, Florianópolis, Brasil: Universidade Federal de Santa Catarina.

Evans PGH (1987). The natural history of whales and dolphins. Facts On File, New York, 343 pp.

Flores PAC, Palazzo Jr JT, Groch KR (2000) Distribuição e tamanho de grupo da baleia franca austral (*Eubalaena australis*) na costa centro-sul de Santa Catarina, Brasil. In: Reunión de Trabajo de Especialistas en Mamíferos Acuáticos de América del Sur, 9º Congresso de la Sociedad Latinoamericana de Especialistas en Mamíferos Acuáticos, Buenos Aires (Argentina), 49.

Gaines CA, Hare MP, Beck SE, Rosenbaum HC (2005) Nuclear markers confirm taxonomic status and relationships among highly endangered and closely related right whale species. Proceedings of the Royal Society: B, 272: 533 – 542.

García R (2000) Cinco años de avistaje sistemático de ballena franca austral (*Eubalaena australis*) en Uruguay: de la investigación a la conservación. In: Reunión de Trabajo de Especialistas en Mamíferos Acuáticos de América del Sur, 9º Congresso de la Sociedad Latinoamericana de Especialistas en Mamíferos Acuáticos, Buenos Aires (Argentina), 52.

García R, De Álava D, Lázaro M, Leguisamo J. (1996) Primeros Registros continuados de ballena franca austral *Eubalaena australis* en Uruguay: mas que una ruta de paso? In: Reunión de Trabajo de Especialistas en Mamíferos Acuáticos de América del Sur, 7º Congresso de la Sociedad Latinoamericana de Especialistas en Mamíferos Acuáticos, Viña Del Mar (Chile), 78.

García R, Sabah U (1998) Ballena franca austral (*Eubalaena australis*) em Uruguay: más que una ruta de paso. Es preciso combinar la investigación y el ecoturismo para su conservación? In: Reunião de Trabalho de Especialistas em Mamíferos Aquáticos da América do Sul, 8º Congresso de la Sociedad Latinoamericana de Especialistas en Mamíferos Acuáticos, Olinda (Brasil), 91.

Greig AB, Secchi ER, Zerbini NA, Dalla-Rosa L (2001) Stranding events of southern right whales, *Eubalaena australis*, in southern Brazil. Journal of Cetacean Research and Management, (Special Issue 2): 157-160.

Groch KR (2000) Ocupação preferencial de áreas de concentração pela baleia franca austral, *Eubalaena australis* (Desmoulins, 1822), CETACEA, MYSTICETI, no litoral sul do Brasil. MSc thesis, Porto Alegre, Brasil: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Groch KR (2001) Cases of harassment by kelp gulls (*Larus dominicanus*) on right whales (*Eubalaena australis*) of Southern Brazil. Biotemas, 14(1): 147-156.

Groch KR (2005) Biologia populacional e ecologia comportamental da baleia franca austral, *Eubalaena australis* (Desmoulins, 1822), CETACEA, MYSTICETI, no litoral sul do Brasil. PhD thesis, Porto Alegre, Brasil: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Groch KR, Flores PAC (2013) O Catálogo Brasileiro de Foto-identificação da Baleia Franca Austral. In: 4º Congresso Brasileiro de Biologia Marinha (CBBM), Florianópolis (Brasil).

Groch KR, Palazzo Jr JT, Flores PA, Adler FR, Fabian ME (2005) Recent rapid increases in right whale (*Eubalaena australis*) population off southern Brazil. Latin American Journal of Aquatic Mammals, 4(1): 41-47.

Hamilton PK, Marx MK, Kraus SD (1995) Weaning in North Atlantic right whales. Marine Mammal Science, 11(3): 386-390.

Hamilton PK, Mayo CA (1990) Population characteristics of right whales (*Eubalaena glacialis*) observed in Cape Cod Massachusetts bays, 1978-1986. International Whaling Commission, (Special Issue 12): 203-208.

Hamilton PK, Knowlton AR, Marx M, Kraus SD (1998) Age structure and longevity in North Atlantic right whales *Eubalaena glacialis* and their relation to reproduction. Marine Ecology Progress Series, 171: 285-292.

Hetzel B, Lodi L (1993). Baleias, botos e golfinhos: guia de identificação para o Brasil. Nova Fronteira, Rio de Janeiro, 279 p.

Hoffmeyer MS, Linder, MS, Carribero, A, Fulco VK, Menéndez MC, Severini MDF, Diodato SL, Berasategui AA, Biancalana F, Berrier E (2010) Planktonic food and foraging of *Eubalaena australis*, on Peninsula Valdés (Argentina) nursery ground. Revista de Biología Marina y Oceanografía, 45(1): 131-139.

International Wildlife Coalition (1999). Plano de ação para a conservação da baleia franca, *Eubalaena australis*, em Santa Catarina, Brasil. International Wildlife Coalition (IWC) /Brazi, Florianópolis, 59 p.

IWC (I2001). Report of the working group on nomenclature. Journal of Cetacean Research and Management, 3 (Supplement): 363-367.

IWC (2012) Report of the workshop on the assessment of southern right whales. International Whaling Commission, SC/64/Rep5.

Kenney RD (2009) Right Whales *Eubalaena glacialis*, *E. japonica* and *E. australis*. In: Perryn WF, Wursing B, Thewissen JGM. (Eds). Encyclopedia of Marine Mammals. Academic Press, San Francisco, 962-972.

Klimley AP (1994) The predatory behavior of the white shark. American Scientist, 82(2): 122-133.

Klinowska, M (1991). Dolphins, porpoises and whales of the world. The IUCN Red Data Book. IUCN, Cambridge, 429 p.

Kraus SD, Hatch JJ (2001) Mating strategies in the North Atlantic right whale. *Journal of Cetacean Research and Management*, 2(Special Issue): 237-244.

Laist, DW, Knowlton AR, Mead JG, Collet AS, Podesta M (2001). Collisions between ships and whales. *Marine Mammal Science*, 17(1):35-75.

Leeper R, Cooke J, Trathan P, Reid K, Rowntree VJ, Payne R (2006) Global climate drives southern right whale (*Eubalaena australis*) population dynamics. *Biology Letters*, 2: 289–292.

Lockyer C (1981). Growth and energy budgets of large baleen whales from the southern hemisphere. *Fisheries Series*, 5: 379-487.

Lodi LF, Bergallo HG (1984) Presença da Baleia-Franca (*Eubalaena australis*) no litoral brasileiro. *Boletim FBCN*, 19: 157-163.

Lodi L, Siciliano S, Bellini C (1996). Ocorrência e conservação de baleias-francas-do-sul, *Eubalaena australis*, no litoral do Brasil. *Papeis Avulsos de Zoologia*, 39(17): 307-328.

Mehta AV, Allen JM, Constantine, R, Garrigue C, Jann B, Jenner C, Marx MK, Matkin CO, Mattila DK, Minton G, Mizroch AS, Olavarría C, Robbins J, Russell KG, Seton RE, Steiger GH, Vikingsson GA, Wade PR, Witteveen BH, Clapham PJ. Baleen whales are not important as prey for killer whales *Orcinus orca* in high latitude regions. *Marine Ecology Progress Series*, 34: 297–307.

Mesquita CC (2014) Comportamento de pares de fêmea-filhote de baleias-franca-austral, *Eubalaena australis* (Desmoulins, 1822) no litoral centro-sul de Santa Catarina. MSc thesis, Rio de Janeiro, Brasil: Universidade Estadual do Rio de Janeiro.

Morais IOB, Danilewicz D, Zerbini NA, Bortolotto GA (2017) From the Southern right whale hunting decline to the humpback whaling expansion: a review of whale catches records in the tropical western South Atlantic Ocean. *Mammal Review*, 47: 11-23.

Moreno IB, Ott PH, Correia FP, Danilewicz DS (1996) Avistagens de cetáceos na costa brasileira (1992-1996). In: Reunión de Trabajo de Especialistas en Mamíferos Acuáticos de América del Sur, 7º Congreso de la Sociedad Latinoamericana de Especialistas en Mamíferos Acuáticos, Viña Del Mar (Chile), 75.

Moses E, Finn JT (1997) Using Geographic Information Systems to predict North Atlantic right whale (*Eubalaena glacialis*) habitat. *Journal of Northwest Atlantic Fishing Science*, 22: 37-46.

National Research Council (2005) Marine Mammal Populations and Ocean Noise: Determining when noise causes significant effects. The National Academies Press, Washington, 126p.

Ott PH (2002). Diversidade genética e estrutura populacional e duas espécies de cetáceos do Atlântico Sul Ocidental: *Pontoporia blainvillei* e *Eubalaena australis*. PhD thesis, Porto Alegre, Brasil: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

Ott PH, Sucunza F, Wickert J, Danilewicz D, Tavares M (2017) Evidences of attack of a killer whale on a calf Southern right whale in Southern Brazil. *MAstozoologia Neotropical*, 24(1):235-240.

Palazzo Jr. JT, Flores PAC (1998) Right whales *Eubalaena australis* in southern Brazil: a summary of current knowledge and research needs. Report International Whaling Commission, SC/M98/RW14.

Pantenaude NJ, Backer CS (2001) Population status and habitat use of Southern right whales in the subAntarctic Auckland Islands of New Zealand. *Journal of Cetacean Research and Management*, 2(Special Issue): 111–116.

Payne R (1986) Long term behavioral studies of the southern right whale (*Eubalaena australis*). *International Whaling Commission*, (Special Issue 10): 161-168.

Payne R, Brazier O, Dorsey EM, Perkins JS, Rowntree VJ, Titus A (1983) External features in southern right whales (*Eubalaena australis*) and their use in identifying individuals. In: Payne R. (Ed). *Communication and behavior of whales*. Westview Press, Boulder, 371-445.

Payne R, Dorsey EM (1983) Sexual dimorphism and aggressive use of callosities in right whales (*Eubalaena australis*). In: Payne R. (Ed). *Communication and behavior of whales*. Westview Press, Boulder 295-328.

Payne R, Rowntree VJ, Perkins JS (1990) Population size, trends and reproductive parameters of right whales (*Eubalaena australis*) off Peninsula Valdes, Argentina. *International Whaling Commission* (Special Issue 12): 271-278.

Pontalti M, Danielski M (2011) Registro de enredamento de baleias-franca, *Eubalaena australis* (Cetacea, Mysticeti), na temporada reprodutiva 2010, em Santa Catarina, Brasil. *Biotemas*, 24(2): 109-112.

Rayment W, Dawson S, Webster T (2015) Breeding status affects fine-scale habitat selection of southern right whales on their wintering grounds. *Journal of Biogeography*, 42: 463–474.

Renault-Braga EP (2014) Distribuição espaço-temporal da baleia-franca-austral – *Eubalaena australis* (Desmoulins, 1822) – no sul do Brasil. MSc thesis, Rio Grande, Brasil: Universidade Federal do Rio Grande.

Renault-Braga EP, Groch KR, Flores PAC, Secchi ER, Dalla-Rosa L (2018) Area usage estimation and spatiotemporal variability in distribution patterns of southern right whales, *Eubalaena australis*, of southern Brazil. *Marine Ecology*: 10.1111/maec.12506.

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/maec.12506>.

Rice DW (1998) *Marine Mammals of the World: Systematics and Distribution*. Allen Press - The Society for Marine Mammalogy, Lawrence, Kansas.

Richards R (1998) Southern right whales: original global stocks. In: *International Whaling Commission Cape Town (África do Sul), Março 1998, SC/M98/RW 37*.

Rosembaum HC, Brownell Jr RL, Brown MW, Schaeff C, Portway V, White BN, Malik S, Pastene LA, Patenaude NJ, Baker SC, Goto M, Best PB, Clapham PJ, Hamilton P, Moore M, Payne R, Rowntree V, Tynan CT, Bannister JL, Desalle R (2000). World-wide genetic differentiation of *Eubalaena*: questioning the number of right whale species. *Molecular Ecology* 9: 1793-1802.

Rowntree V, Darling J, Silber G, Ferrari M (1980) Rare sighting of a right whale (*Eubalaena glacialis*) in Hawaii. *Canadian Journal of Zoology*, 58(2): 309-312.

Rowntree VJ, Payne RS, Schell DM (2001) Changing patterns of habitat use by southern right whales (*Eubalaena australis*) on their nursery ground at Península Valdés, Argentina, and their long-range movements. *Journal of Cetacean Research and Management*, (Special Issue), 2: 133-143.

Rowntree V, Valenzuela LO, Franco Fraguas P, Seger J (2008) Foraging behaviour of southern right whales (*Eubalaena australis*) inferred from variation of carbon stable isotope ratios in their baleen. In: *International Whaling Commission Scientific Committee, Santiago (Chile), SC/60/BRG23*.

Schaeff CM, Best PB, Rowntree VJ, Payne R, Jarvis C, Portway VA (1999) Dorsal skin color pattern among southern right whales (*Eubalaena australis*): genetic basis and evolutionary significance. *Journal of Heredity*, 90(4): 464-471.



Seyboth E, Groch KR, Dalla Rosa L, Secchi ER (2016) Southern Right Whale (*Eubalaena australis*) Reproductive Success is Influenced by Krill (*Euphausia superba*) Density and Climate. Scientific Reports. <https://www.nature.com/articles/srep28205>.

Seyboth E, Groch KR, Secchi ER, Dalla Rosa L (2015) Habitat use by southern right whales, *Eubalaena australis* (Desmoulins, 1822), in their main northern most calving area in the western South Atlantic. Marine Mammal Science, 31: 1521–1537. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/mms.12241>.

Silva IB (2013) Distribuição espaço-temporal de *Eubalaena australis* em três praias no seu sítio reprodutivo no sul do Brasil. MSc thesis, Florianópolis, Brasil: Universidade Federal de Santa Catarina.

Simões-Lopes PC, Palazzo Jr JT, Both MC, Ximenez A (1992) Identificação, movimentos e aspectos biológicos da baleia franca austral (*Eubalaena australis*) na costa sul do Brasil. In: 3° Reunión de Trabajo de Expertos en Mamíferos Acuáticos de América del Sur, Montevideo (Uruguai).

Simões-Lopes PC, Ximenez A (1993). Annotated list of the cetaceans of Santa Catarina coastal waters, Southern Brazil. Biotemas, 6(1): 67-92.

Sironi M, López JC, Bubas R, Carribero A, Garcia C. (2008) Predation by killer whales (*Orcinus orca*) on southern right whales (*Eubalaena australis*) off Patagonia, Argentina: effects on behavior and habitat choice. International Whaling Commission: SC/60/BRG29.

Southall BL, Bowles AE, Ellison WT, Finneran JJ (2007) Marine mammal noise-exposure criteria: initial scientific recommendations. Aquatic Mammals, 33: 411-522.

Suyero N, Crespo EA, Arias M and Coscarella MA (2018) Density-dependent changes in the distribution of Southern Right Whales (*Eubalaena australis*) in

the breeding ground Peninsula Valdés. PeerJ.  
<https://doi.org/10.7717/peerj.5957>.

Thomas PO (1986) Methodology for behavioral studies of cetaceans: right whale mother-infant behaviour. International Whaling Commission, 8 (Special Issue): 113-119.

Thomas PO (1987) Social behavior, habitat use and interspecific interactions of Southern right whales (*Eubalaena australis*) mother-calf pairs. PhD thesis. Santa Cruz, Estados Unidos: University of California.

Thomas PO, Taber S (1984) Mother-infant interaction and behavioral development in southern right whales, *Eubalaena australis*. Behavior, 88: 42-60.

Townsend CH (1935) The distribution of certain whales as shown by logbook records of American whaleships New York Zoological Society, New York, 50pp.

Trathan PN, Murph EJ (2003) Sea surface temperature anomalies near South Georgia: Relationships with the Pacific El Niño region. Journal of Geophysical Research, 107, 8075.  
<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2000JC000299>.

Valenzuela LO, Rowntree VJ, Sironi M, Seger J (2018). Stable isotopes ( $\delta^{15}\text{N}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{34}\text{S}$ ) in skin reveal diverse food sources used by Southern right whale *Eubalaena australis*. Marine Ecology Progress Series, 603: 243-255.  
<https://www.int-res.com/abstracts/meps/v603/p243-255/>.

Valenzuela LO, Sironi M, Rowntree VJ, Seger J (2009) Isotopic and genetic evidence for culturally inherited site fidelity to feeding grounds in southern right whales (*Eubalaena australis*). Molecular Ecology, 18: 782–791.

Vanderlaan ASM, Taggart CT (2007) Vessel collisions with whales: the probability of lethal injury based on vessel speed. Marine Mammal Science 23:144-156.

Vight M, Borrell A, Crespo EA, Oliveira LR, Simões-Lopes PC, Flores PAC, Garcia NA, Aguilar A (2014). Stable isotopes indicate population structuring in the Southwest Atlantic populations of Right Whales (*Eubalaena australis*). Plos One, 9(3): 1 – 8.

Wartzok D, Ketten DR (1999) Marine mammal sensory systems. In: Reynolds II JE, Rommel AS (Eds.) Biology of marine mammals. Smithsonian Institution Press, Washington, 117-175.

Watkins, WA, Schevill (1976). Right Whale Feeding and Baleen Rattle. Journal of Mammalogy, 57(1): 58–66.

Whitehead H, Payne R (1981). New techniques for measuring whales from the air. Report to the US Marine Mammal Commission, MMC-76/22. 36pp.

Zerbini AN, Clapham PJ, Wade PR (2010) Assessing plausible rates of population growth in humpbackwhales from life-history data. Marine Biology, 157:1225-1236.

Zerbini NA, Fernandez A, Andriolo, A, Clapham OJ, Crespo E, Ginzalez R, Harris G, Mendez M, Rosenbaum H, Sironi M, Sucunza F, Uhart M (2017) Satellite tracking of Southern right whales (*Eubalaena australis*) from Golfo San Matías, Rio Negro Province, Argentina. International Whaling Commission. SC/67B/CMP/17.

**Capítulo 1:**

**ESTIMATIVAS POPULACIONAIS DA BALEIA-FRANCA-AUSTRAL –  
*Eubalaena australis* (Desmoulins, 1822) – NO SUL DE SANTA CATARINA,  
BRASIL ENTRE OS ANOS DE 2004 A 2018**

## RESUMO

---

A população reprodutiva de baleias-franca da costa brasileira foi praticamente dizimada, com o último registro de caça em 1973. Os monitoramentos iniciados na década de 1980 indicaram uma ocorrência agora restrita ao litoral sul brasileiro. A partir da foto-identificação de baleias em sobrevoos abrangendo áreas de concentração entre Florianópolis (-27,797/-48,533) e Torres (-29,396/-49,763), utilizou-se o método de marcação e recaptura para estimar: a sobrevivência, probabilidade de captura, recrutamento e tamanho populacional, utilizando modelos POPAN. Já as taxas de crescimento populacional foram estimadas com modelos PRADEL. Os modelos POPAN foram rodados separadamente para fêmeas (reconhecidas pela presença de filhotes) e adultos (de sexo desconhecido), enquanto os modelos PRADEL consideraram um banco de dados único contendo fêmeas e adultos. O modelo final foi selecionado pelo valor do AIC. Para os adultos sem filhote, os modelos POPAN não apresentaram um resultado satisfatório, provavelmente devido à baixa taxa de recaptura. Para as fêmeas o modelo POPAN final descreveu uma sobrevivência constante, uma probabilidade de captura e de recrutamento variando ao longo do tempo e um tamanho populacional estimado de 557 fêmeas maduras (AIC=1520,638). Já o modelo PRADEL estimou um crescimento populacional de 4,8% ao ano (AIC= 3920,11). Este estudo redimensiona os achados anteriores apresentando uma taxa de crescimento plausível, dado fundamental para estratégias de conservação e manejo de uma espécie ameaçada em águas brasileiras.

*Palavras-chave:* Tamanho populacional, crescimento populacional, POPAN, PRADEL.

## INTRODUÇÃO

---

A atividade baleeira na costa brasileira teve início em 1602, na Baía de Todos os Santos em Salvador (-13,008/-38,573), tendo como foco principal a exploração do estoque reprodutivo da baleia-franca-austral – *Eubalaena australis* (Desmoulins, 1822) (Ellis 1969). Essa exploração ocorreu de modo intenso, estendendo-se ao sul do Brasil, encerrando suas atividades apenas em 1973, em Imbituba (-28,226/-48,658), quando a atividade foi inviabilizada pela escassez de baleias (Palazzo e Carter 1983; Palazzo *et al.* 2007). Essa condição indicava um declínio populacional extremo.

Considerando uma série temporal de longo prazo (1987-2003) surgiram as primeiras evidências de recuperação populacional após o período de caça (Groch *et al.* 2005), assim como alterações no padrão de distribuição (Seyboth *et al.* 2015; Danilewicz *et al.* 2016; Renault-Braga *et al.* 2018). Atualmente as baleias-franca do Brasil concentram-se principalmente entre o sul da Ilha de Santa Catarina, Florianópolis (-27,831/-48,547) e Torres (-29,359/-49,736).

A foto-identificação dos padrões de calosidade da cabeça das baleias-franca vem sendo utilizada em diversas áreas de reprodução (i.e. Argentina, Austrália, África do Sul, Nova Zelândia, Uruguai, Brasil) e a partir destes bancos de dados, modelos estatísticos de marcação e recaptura permitem estimar parâmetros demográficos (Willians *et al.* 2002).

Em 2010 o total de fêmeas reprodutivas na Argentina foi estimado em 957 indivíduos (IWC 2012). Assumindo uma razão sexual de 50%, o total de indivíduos foi extrapolado para aproximadamente 4.000 baleias, incluindo machos e filhotes (IWC 2012). A sobrevivência das baleias na região declinou em 5% e considerando as últimas estimativas realizadas em 2000 e a taxa de crescimento populacional foi estimada em 6% ao ano (IWC 2012). A população reprodutiva na Austrália foi estimada em 3.500 baleias e, uma estimativa de crescimento anual de 6,79% (Bannister 2010). Na África do Sul, a população foi estimada em 3.612 baleias-franca no ano de 2008, sendo destas 1.120 fêmeas (IWC 2012), das quais as fêmeas adultas apresentavam uma alta sobrevivência (0,99), enquanto juvenis uma sobrevivência consideravelmente menor (0,734). No primeiro ano de vida, a sobrevivência foi estimada em 0,713 (Best *et al.* 2001; Brandão *et al.* 2010).

Para a África do Sul o crescimento anual está estimado em 6.9% ao ano (Brandão *et al.* 2010). Na Nova Zelândia, estudos de marcação e recaptura foram realizados utilizando também marcadores moleculares. Esse método é mais eficiente, pois permite realizar a sexagem dos indivíduos marcados. Ambos os métodos chegaram a resultados semelhantes com uma população estimada de 908 baleias adultas pelo método de marcação e recaptura por foto identificação e 910 para marcadores moleculares (Carroll *et al.* 2011). Nesta área, é observada uma sobrevivência constante e consideravelmente alta para fêmeas (0,99) e machos (0,98) (Carroll *et al.* 2013).

No Uruguai, estudos de marcação e recaptura com foto identificação registraram 256 indivíduos até o ano de 2010 e destes apenas 15 tratavam-se de recapturas, uma amostragem baixa para realizar estimativas populacionais. Do total de baleias, 95,5% dos registros foi de adultos solitários (Jorge *et al.* 2010). Para a população brasileira as últimas análises estimaram uma população de 200 fêmeas reprodutivas e um crescimento anual de 12% (IWC 2012).

No presente estudo modelamos parâmetros populacionais das baleias-franca-austral que utilizam o sul do Brasil como área reprodutiva. Para isso utilizamos um conjunto de dados de 15 anos que compõem o catálogo brasileiro de foto identificação de baleias-franca. Uma vez que existem indícios de um intercâmbio de indivíduos entre as populações de baleias-franca que reproduzem no Brasil e na Argentina (Best *et al.* 1993; Groch 2018) e uma alta homogeneidade genética em nível nuclear entre baleias destas duas populações (Ott 2002), nós precisamos escolher modelos que considerem essa relação para estimar os parâmetros propostos para as baleias do sul do Brasil. A espécie atualmente é classificada como “menor preocupação” pela lista de espécies ameaçadas da IUCN tornando-se necessário estimar estes parâmetros para definições de estratégias de conservação.

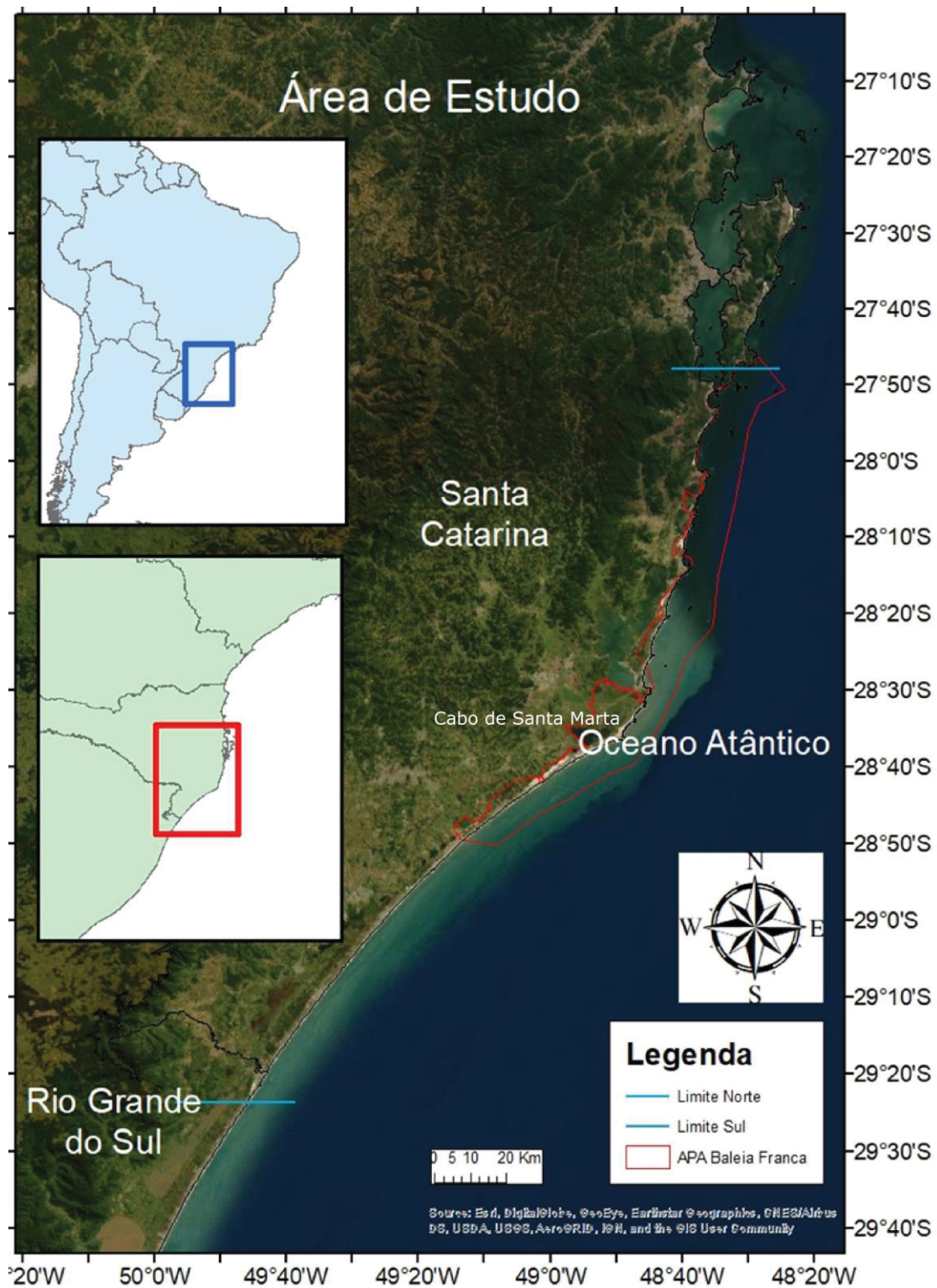
## METODOLOGIA

---

### **Área de estudo**

Foram considerados os registros que ocorreram no Estado de Santa Catarina (Florianópolis, -27,797/-48,533) e norte do Estado do Rio Grande do Sul (Torres, -29,396/-49,763). Nesta região está localizada a Área de Proteção Ambiental da Baleia Franca (APA-BF), uma unidade de conservação federal criada em 2000 com o objetivo de proteger a principal área reprodutiva da espécie na costa brasileira.





**Figura 1:** Área de abrangência dos sobrevoos delimitada ao norte pela Ilha de Santa Catarina, município de Florianópolis/SC e ao sul pelo município de Torres/RS.

## Coleta de dados

A foto identificação de baleias-franca foi obtida através de sobrevoos. Foram realizados 14 sobrevoos entre os anos de 2004 a 2018. Em 2014 não foi realizado nenhum sobrevoos devido à falta de recursos. Os voos foram realizados a bordo de um helicóptero (Jetranger) seguindo procedimentos padronizados. Um observador principal, assentado a frente, tinha a função de procurar e registrar os grupos de baleias-franca e o fotógrafo, no banco traseiro, realizava fotografias para identificação individual das baleias. As rotas seguiam paralelamente a linha de costa numa distância de 500 metros e a uma velocidade de 60 nós e altitude de 300 metros. Os sobrevoos ocorriam sempre em condições de mar inferior a quatro na escala Beaufort e boa visibilidade (quando era possível identificar a linha do horizonte). Ao identificar um grupo de baleias o helicóptero se deslocava para registro da latitude e longitude com um GPS e permanecia parado para o registro fotográfico. As fotografias eram realizadas com uma câmera digital profissional e uma lente 70-300 mm. Apenas indivíduos adultos eram registrados para foto-identificação uma vez que os padrões de calosidades dos filhotes não são muito bem definidos. Para a baleia-franca-boreal (*Eubalaena glacialis*), uma espécie muito semelhante, os padrões de calosidade somente se definem após seis meses de idade (Kraus *et al.* 2001). Após o término do registro o helicóptero retornava ao trajeto. Todos os sobrevoos foram realizados durante o mês de setembro, período de maior abundância de baleias na região (Groch *et al.* 2005; Seyboth *et al.* 2015; Renault-Braga *et al.* 2018).

## Análise de foto identificação

Para identificação individual foram utilizadas marcas naturais, com base nos padrões de calosidades e no padrão de coloração das manchas. As fotografias passaram por uma triagem inicial para avaliar a qualidade para identificação, considerando a resolução da foto (incluindo incidência de brilho, foco e contraste) e angulação. Era então feito um recorte da fotografia selecionada delimitando apenas a região da cabeça considerando uma resolução 640x480 pixels. As fotografias foram então analisadas com o uso do software “*Right whale photo-identification*” (Hiby e Lovel, 2001). O software extrai uma

superfície 2d desta imagem que descreve o padrão de calosidades e, através da contagem e posição do número de pixels desta superfície, indica dentro do banco de dados as imagens de baleias com padrões semelhantes. A confirmação da recaptura era realizada visualmente pelo pesquisador. Ressalta-se que o mesmo pesquisador realizou todas estas análises de modo a homogenizar um possível viés. As manchas no padrão de coloração do corpo foram utilizadas como fatores secundários. A partir deste banco de dados foi gerado um histórico de captura individual. As baleias foram classificadas como fêmeas (Fe) quando acompanhadas de filhote em qualquer momento do histórico de captura e como adultas (Ad) quando nunca registradas acompanhadas de filhote.

### **Modelo Populacional**

O modelo POPAN, uma derivação do modelo Jolly-Seber, foi utilizado no software MARK 9.0. Este é um modelo utilizado para diversas outras populações reprodutivas de baleias-franca (Carroll *et al.* 2011; Wade *et al.* 2011; WC 2012; Carroll *et al.* 2013; Jackson *et al.* 2016). Este modelo permite estimar a sobrevivência ( $\phi$ ), probabilidade de captura ( $p$ ), probabilidade de recrutamento ( $Pent$ ) e tamanho da população ( $n$ ) em uma população aberta.

Os principais pré-requisitos para os modelos POPAN são:

1. Todos os indivíduos têm igual probabilidade de recaptura;
2. Todos os indivíduos têm igual probabilidade de sobrevivência;
3. As marcas naturais não se alteram ao longo da vida;
4. As amostragens são instantâneas;
5. A área de estudo é constante;

Para todos os parâmetros, analisamos as hipóteses de ausência de variação (.) e o efeito do tempo (t).

Fêmeas de baleias-franca apresentam o padrão de ocorrência tri-anual em áreas reprodutivas. Esse padrão já é bem descrito, sendo um ano de amamentação, um ano de repouso e um ano de gestação (Payne 1986). Já o padrão de ocorrência de machos permanece indefinido. Assim, os modelos populacionais consideraram separadamente fêmeas reprodutivas (baleias adultas que já foram registradas em uma ocasião com filhote) e adultos cujo

padrão de ocorrência na região não é bem definido. A seleção final do modelo ocorreu utilizando o critério de informação de Akaike (AIC). Testes *Goodnes of fitness* (GOF) foram realizados utilizando o software U-CARE que apresetaram resultados significativos para fêmeas. Na Nova Zelândia, os resultados dos modelos POPAN com dados de genética apresentaram resultados GOF não significativos foram comparados e semelhantes aos resultados dos modelos POPAN com dados de foto identificação que apresentaram resultados GOF significativos (Carrol *et al.* 2011), sendo assim os modelos foram considerados.

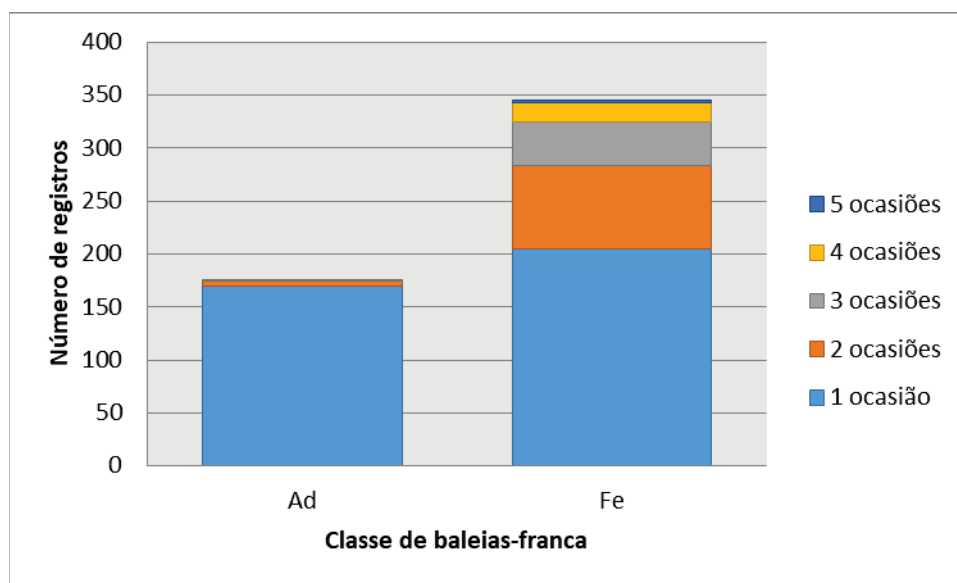
### **Tendência de crescimento**

De modo a descrever as tendências de crescimento populacionais foi realizada uma modelagem utilizando o modelo PRADEL (Pradel 1996). Este modelo estima a “senioridade” (probabilidade de que um animal não tenha entrado na população entre o tempo  $t$  e  $t-1$ ), que é calculada através de uma leitura *backward* (de trás para frente) do histórico de captura, permitindo calcular a taxa de crescimento populacional ( $\lambda$ ). A principal premissa deste modelo é que a área de estudo não tenha sofrido alteração ao longo do tempo. Assim como os modelos POPAN, o modelo final foi definido pelo menor AIC. Para estes modelos foram consideradas apenas as taxas de crescimento populacional, uma vez que os demais parâmetros já foram estimados. Porém para estimar este modelo ambas as classes individuais foram agrupadas em um único banco de dados. Estes modelos também foram rodados no software MARK 9.0.

## RESULTADOS

### Contagem de baleias

Ao todo foram identificadas 345 fêmeas e 175 adultos, totalizando 520 baleias-franca catalogadas nos 14 sobrevoos. Dentre as fêmeas catalogadas, 40,58% (n= 140) foram registradas em mais de um sobrevoos. Já para adultos, apenas 3,55% (n=6) baleias foram registradas em mais de um sobrevoos (figura 2).



**Figura 2:** Total de baleias catalogadas, separadas por classe, entre os anos de 2004 e 2018 no sul do Brasil. As diferentes colorações do histograma indicam o número de ocasiões que um indivíduo foi registrado dentro de 14 sobrevoos.

### Modelos populacionais para adultos sem filhote

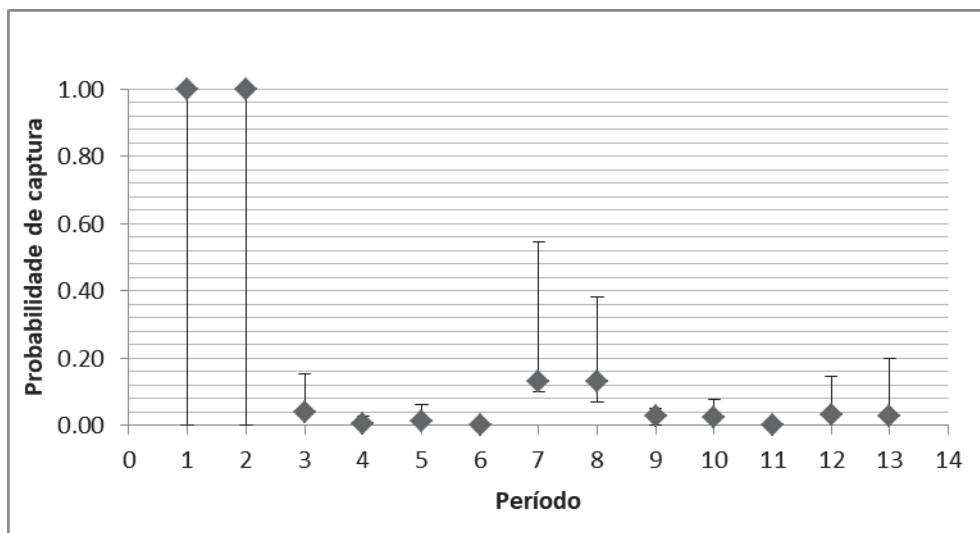
Foram elaborados quatro modelos para adultos sem filhote. O modelo selecionado descreve uma sobrevivência constante enquanto a probabilidade de captura e recrutamento da população varia ao longo do tempo (tabela 1).

**Tabela 1:** Modelos POPAN para adultos sem filhote registradas entre setembro de 2004 e 2018 no sul do Brasil. Descrição da sobrevivência ( $\Phi$ ), probabilidade de captura ( $p$ ), probabilidade de recrutamento ( $Pent$ ) e tamanho da superpopulação ( $n$ ), podendo estas variáveis serem constantes (.) ou variarem ao longo do tempo (t). O modelo selecionado encontra-se em negrito.

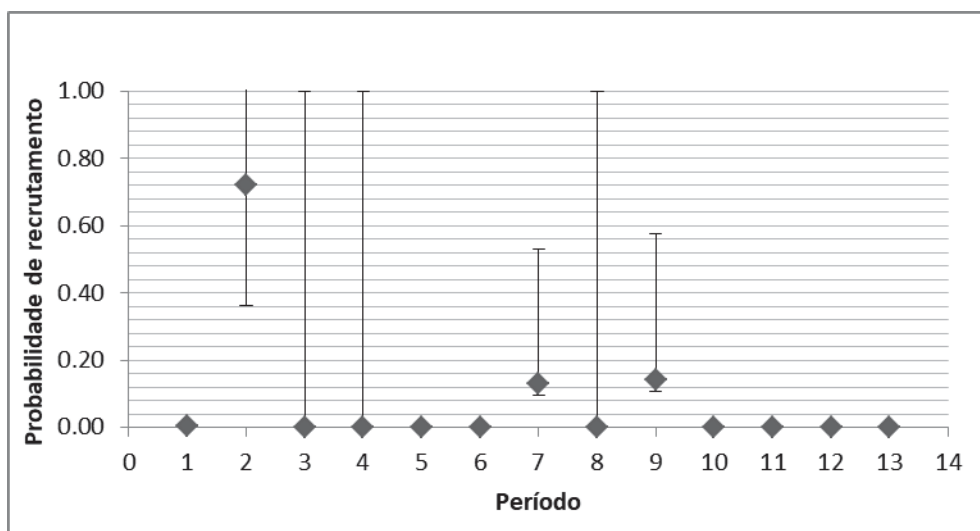
Modelo	AIC	$\Delta$ AIC	Peso AIC	Verossimilhança	NParm.	Deviação
<b><math>\Phi(.) p(t) Pent(t) n(.)</math></b>	<b>205,721</b>	<b>0</b>	<b>0,93955</b>	<b>1</b>	<b>29</b>	<b>-583,389</b>
$\Phi(t) p(.) Pent(t) n(.)$	211,211	5,4898	0,06037	0,0643	28	-575,066
<b><math>\Phi(t) p(t) Pent(t) n(.)</math></b>	<b>224,537</b>	<b>18,816</b>	<b>0,00008</b>	<b>0,0001</b>	<b>41</b>	<b>-601,725</b>
$\Phi(.) p(.) Pent(.) n(.)$	5238,47	5032,7	0	0	4	4510,588

A sobrevivência ( $\phi$ ) foi estimada em 0,55 (I.C. 0.48-0.63). Os parâmetros probabilidade de captura variaram entre 0,001 e 1,0 com média de 0,25 (figura 3) e a probabilidade de novos indivíduos entrarem na população variou entre

0,001 e 0,72 com média de 0,07 (figura 4). Ambos os parâmetros apresentaram alta variação e elevados intervalos de confiança. O tamanho populacional ( $n$ ) de adultos de baleias-franca foi estimado em 2.206 indivíduos (IC 1.089 a 3.926).



**Figura 3:** Probabilidade de captura com intervalo de confiança de 95% estimada pelo modelo POPAN para adultos sem filhote no sul do Brasil. Cada período representa um sobrevoo realizado (2004-2018).



**Figura 4:** Probabilidade de recrutamento com intervalo de confiança de 95% estimada pelo modelo POPAN para adultos sem filhote no sul do Brasil. Cada período representa um sobrevoo realizado (2004-2018).

**Modelos populacionais para fêmeas maduras**

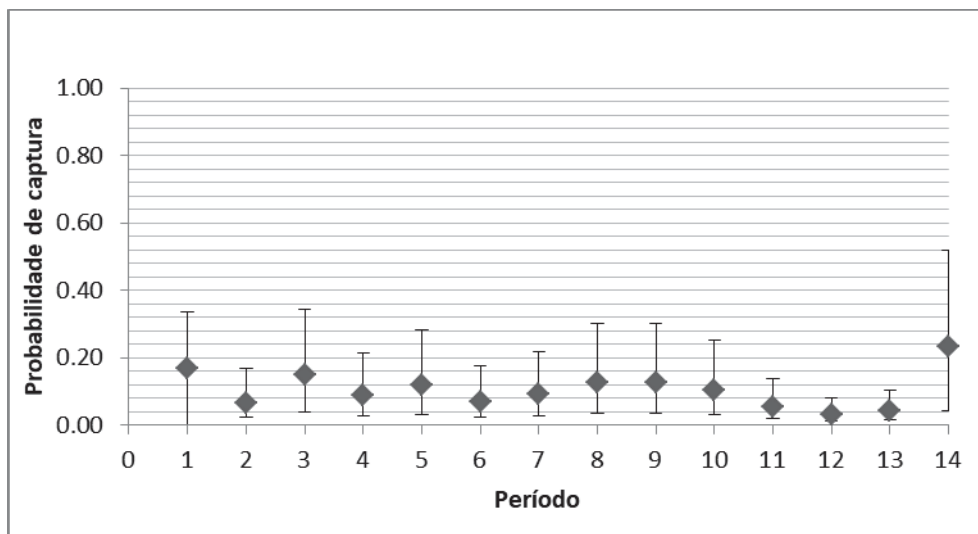
Foram elaborados seis modelos para fêmeas reprodutivas. Assim como para adultos, o modelo selecionado descreve que a sobrevivência é constante, enquanto a probabilidade de captura e a probabilidade de entrada de novos indivíduos na população variam ao longo do tempo (tabela 2).



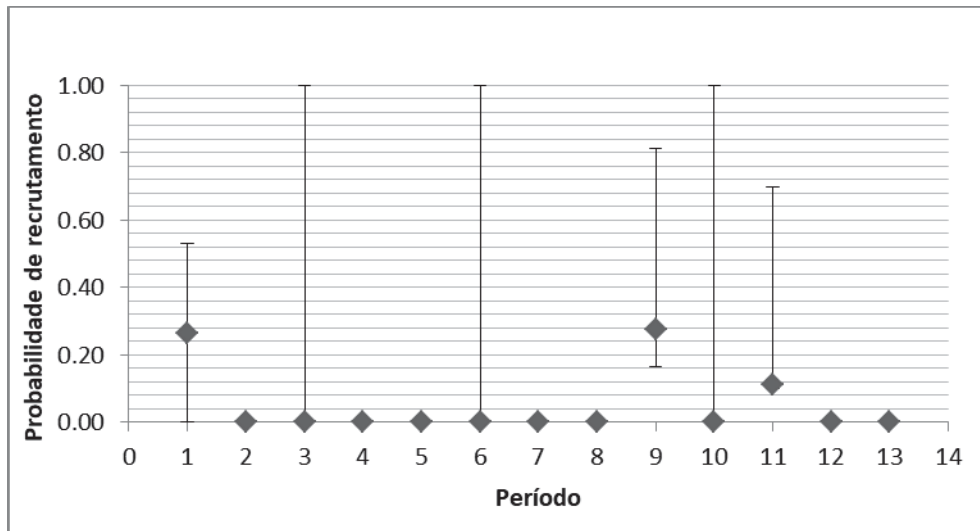
**Tabela 2:** Modelos POPAN para fêmeas reprodutivas registradas em setembro de 2004 a 2018 no sul do Brasil para descrever a sobrevivência ( $\Phi$ ), probabilidade de captura ( $p$ ), probabilidade de recrutamento ( $Pent$ ) e tamanho da superpopulação ( $n$ ), podendo estas variáveis serem constantes (.) ou variarem ao longo do tempo (t). Modelo final selecionado encontra-se em negrito.

Modelo	AIC	$\Delta$ AIC	Peso AIC	Verossimilhança	NParam.	Deviança
<b><math>\Phi(.) p(t) Pent(t) n(.)</math></b>	<b>1520,638</b>	<b>0</b>	<b>0,99999</b>	<b>1</b>	<b>29</b>	<b>-1125,03</b>
$\Phi(t) p(t) Pent(.) n(.)$	1544,587	23,9485	0,00001	0	29	-1101,08
<b><math>\Phi(t) p(t) Pent(t) n(.)</math></b>	<b>1547,626</b>	<b>26,9875</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>41</b>	<b>-1125,35</b>
$\Phi(t) p(t) Pent(t) n(.)$	1645,526	124,8876	0	0	16	-971,907
<b><math>\Phi(t) p(.) Pent(t) n(.)</math></b>	<b>1672,842</b>	<b>152,204</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>28</b>	<b>-970,609</b>
$\Phi(t) p(.) Pent(.) n(.)$	1678,858	158,2195	0	0	16	-938,575

A sobrevivência das fêmeas foi consideravelmente maior que a dos adultos sem filhotes ( $\Phi = 1$ ). A probabilidade de captura variou entre 0,03 e 0,23 com média de 0,10 (figura 5). Já a probabilidade de recrutamento variou entre  $<0,0001$  e 0,27 com média de 0.05 (figura 6). O tamanho populacional ( $n$ ) de fêmeas maduras de baleias-franca foi estimado em 557 indivíduos (IC 95%= 494 - 647 indivíduos).



**Figura 5:** Probabilidade de captura com intervalo de confiança de 95% estimada pelo modelo POPAN para fêmeas maduras no sul do Brasil. Cada período representa um sobrevoo realizado (2004-2018).

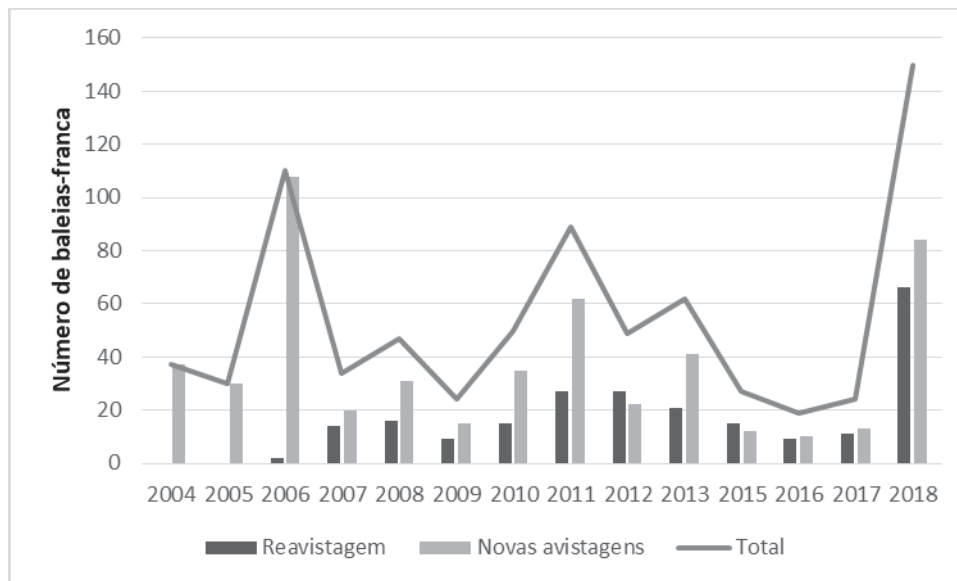


**Figura 6:** Probabilidade de entrada de novos indivíduos na população com intervalo de confiança de 95% estimada pelo modelo POPAN para fêmeas maduras no sul do Brasil. Cada período representa um sobrevoo realizado (2004-2018).

### Tendência de crescimento populacional

O ano com maior número de registros de baleias-franca ao longo da área de estudo foi 2018 ( $n=150$ ), ao passo que o de menor registro foi 2015 ( $n=19$ ) (figura 7).

Ao todo foram elaborados 11 modelos (tabela 3). O modelo selecionado indicou que o crescimento populacional para fêmeas e para os adultos como um todo é igual. O crescimento populacional estimado pelo modelo PRADEL descreve um crescimento positivo. O modelo de menor AIC estima um crescimento de 4,8% ao ano ( $\lambda= 1.048$  IC= 1.024-1.073).



**Figura 7:** Total de baleias-francas (*Eubalaena australis*) catalogadas nos sobrevoos realizados em setembro de entre 2004 e 2018 ao longo da APA da Baleia-Franca no sul de Santa Catarina, Brasil.

**Tabela 3:** Modelos PRADDEL para estimar crescimento populacional de baleias-franca que utilizam o sul do Brasil para reprodução. Os valores de  $\lambda$  quando variaram no tempo foram extraídos como média utilizando o software MARK 9.0.

Modelo	AIC	$\Delta$ AIC	$\lambda$ (Fe/Ad)
$\Phi Fe(.) \Phi Ad(.) pFe(t) pAd(t) \lambda Fe(.) = \lambda Ad(.)$	<b>3920,11</b>	<b>0</b>	<b>1,048</b>
$\Phi Fe(.) \Phi Ad(.) pFe(t) pAd(t) \lambda Fe(.) \lambda Ad(.)$	3921,52	1,41	1,049 / 0,921
$\Phi Fe(.) = \Phi Ad(.) pFe(t) pAd(t) \lambda Fe(t) \lambda Ad(t)$	3941,03	20,92	0,921 / erro
$\Phi Fe(.) \Phi Ad(.) pFe(t) pAd(t) \lambda Fe(.) \lambda Ad(t)$	3942,18	22,07	1,049 / erro
$\Phi Fe(.) \Phi Ad(.) pFe(t) pAd(t) \lambda Fe(t) \lambda Ad(t)$	3942,96	22,85	erro / erro
$\Phi Fe(.) \Phi Ad(t) pFe(t) pAd(t) \lambda Fe(t) \lambda Ad(t)$	3968,28	48,17	0,927 / erro
$\Phi Fe(t) \Phi Ad(t) pFe(t) pAd(t) \lambda Fe(t) \lambda Ad(t)$	4013,07	92,95	0,878 / erro
$\Phi Fe(.) \Phi Ad(.) pFe(t) = pAd(t) \lambda Fe(.) \lambda Ad(.)$	4035,48	115,37	1,039 / 0,932
$\Phi Fe(.) \Phi Ad(.) pFe(.) pAd(t) \lambda Fe(.) \lambda Ad(.)$	4068,57	148,46	1,053 / 0,921
$\Phi Fe(.) \Phi Ad(.) pFe(t) pAd(.) \lambda Fe(.) \lambda Ad(.)$	4142,00	221,89	1,049 / 0,943
$\Phi Fe(.) \Phi Ad(.) pFe(.) = pAd(.) \lambda Fe(.) \lambda Ad(.)$	4317,00	396,88	1,052 / 0,942

Quando MARK não era capaz de estimar a média de  $\lambda$ , os resultados foram descritos como erro

## DISCUSSÃO

---

Os modelos testados, foram os mesmos utilizados em outras populações de baleias-franca-austral em áreas reprodutivas na África do Sul (IWC 2012) e Nova Zelândia (Carroll *et al.* 2011; Carroll *et al.* 2013; Jackson *et al.* 2016) e também para a baleia-franca do pacífico norte (*Eubalaena japonica*) (Wade *et al.* 2011). Assim como na África do Sul e Nova Zelândia, a sobrevivência das fêmeas reprodutivas foi elevada. Uma vez que só foi possível estimar o tamanho populacional de fêmeas reprodutivas, não é possível fazer um comparativo entre as populações. Já a taxa de crescimento apresentou resultados mais condizentes com as outras regiões reprodutivas, quando comparado com estimativas brasileiras anteriores.

Os históricos de captura/recaptura apontam que as fêmeas utilizam a região em intervalos regulares quando comparados aos demais adultos solitários. Dos 169 adultos solitários, somente seis foram recapturados e apenas um deles em mais de uma ocasião. Devido à baixa taxa de recaptura, os modelos POPAN para adultos sem filhotes não se ajustaram adequadamente e não foram considerados neste estudo. Uma vez que a maioria dos adultos sem filhote foi avistada apenas uma vez, os modelos consideram que a maioria dos animais registrados está entrando na população e, conseqüentemente gerando resultados enviesados.

A presença irregular de machos em áreas reprodutivas já foi relatada anteriormente (Jackson *et al.* 2016). Na Nova Zelândia, estudos genéticos indicam proporção semelhante de machos e fêmeas dentro da área reprodutiva (Carroll *et al.* 2011). Assim, mesmo assumindo que todos os registros de adultos sem filhotes sejam de machos, o número de fêmeas seria ainda consideravelmente maior no presente estudo. No Brasil as análises genéticas confirmam que os filhotes nascidos na região apresentam a razão sexual 1:1, porém, nenhum estudo nessa área conseguiu avaliar a proporção de machos e fêmeas adultos (Oliveira *et al.* 2009). O sul do Estado de Santa Catarina se caracteriza como área berçário e, os acasalamentos, provavelmente, devem ser mais frequentes em outras regiões.

Na área reprodutiva da costa do Brasil, existem registros tanto de nascimentos quanto acasalamentos de baleias-franca (Pinedo 1984; Groch *et al.* 2005).

Entretanto a densidade de adultos solitários é maior ao sul do Cabo de Santa Marta (-28,608 /-48,816) e ao norte do Estado do Rio Grande do Sul (-29.396/-49,763) (Danilewicz *et al.* 2016; Renault-Braga *et al.* 2018; ver Cap 02), dando suporte a nossa hipótese de que um aumento da amostragem no Rio Grande do Sul provavelmente aumentaria a taxa de recaptura de adultos solitários.

A migração das fêmeas prenhes para áreas reprodutivas ocorre principalmente de modo a garantir a sobrevivência dos filhotes (Corkeron e Connor 1999). A procura por regiões mais quentes (e conseqüentemente de menor latitude) diminui o estresse térmico do filhote ao nascer, assim como permite condições mais favoráveis do estado do mar. Já os adultos, machos e fêmeas não prenhes, migram para terem a oportunidade de encontrar parceiros receptivos (Corkeron e Connor 1999). Uma vez que as baleias-franca permanecem em jejum durante o período reprodutivo (Best e Schell 1996), sua migração para as áreas mais ao sul, mais próximas a áreas de alimentação, pode resultar em menor consumo energético devido ao menor deslocamento.

A costa brasileira é considerada uma das unidades de manejo reprodutivo de menor latitude definidas pela comissão internacional baleeira (IWC 2011), portanto, a baixa taxa de reavistagens e a presença irregular de adultos em período de acasalamento podem estar relacionadas ao fato deles migrarem para regiões de maior latitude deslocando-se menos. A constatação de que adultos sem filhote são mais comuns em Torres/RS e no Uruguai (Costa *et al.* 2005; Danilewicz *et al.* 2016), dá suporte a essa hipótese. A ampliação a área de estudo para regiões ao sul de Torres (-29,396/-49,763) e uma análise combinada com as baleias-franca identificadas no Uruguai provavelmente aumentaria a taxa de re-avistagem de adultos que migram para acasalar, resultando em modelos para adultos solitários com estimativas mais reais. Além disso, realizar estimativas mais precisas que são capazes de realizar a sexagem de indivíduos, como métodos de marcadores moleculares seriam também altamente indicadas.

Devido ao histórico de captura, foi possível estimar os parâmetros populacionais de fêmeas reprodutivas, ou seja, baleias que em algum momento foram registradas acompanhadas de filhotes.

A alta sobrevivência de fêmeas na costa do Brasil assemelha-se a de outras áreas reprodutivas. Na África do Sul, estudos de longo prazo estimaram uma

sobrevivência de 0,99 (Brandão *et al.* 2010). Os mesmos resultados foram observados na Nova Zelândia e também para a baleia-franca do Pacífico Norte (Carroll *et al.* 2011; Wade *et al.* 2011; Carroll *et al.* 2013). Provavelmente a espécie seja mais susceptível a fatores que afetem a sobrevivência durante os primeiros períodos de vida. Isso é evidente, por exemplo, na África do Sul onde a sobrevivência de filhotes diminui consideravelmente para 0,713 (Brandão *et al.* 2010). Nossos dados não permitem estimar a sobrevivência de filhotes e juvenis, entretanto, a predominância de encalhes de filhotes nesta área reprodutiva (Instituto Australis, dados não publicados) permite inferir que eles tenham sobrevivência inferior à dos adultos. Dos 29 encalhes de baleias-franca no Estado de Santa Catarina, entre 2002 e 2015, 22 tratavam-se de filhotes, o que corresponde a 76% de todos os encalhes desse período (Groch *et al.*, dados não publicados).

A probabilidade de captura e recrutamento de fêmeas maduras varia ao longo do tempo. Essa inconstância provavelmente está relacionada ao ciclo reprodutivo tri-anual das baleias-franca (Best *et al.* 2001; Cooke *et al.* 2001; Groch *et al.* 2005), uma vez que em anos subsequentes à concepção as baleias não migram para regiões reprodutivas. Além disso, o ciclo reprodutivo pode alterar-se em situações onde fêmeas perdem o filhote, ou em resposta a alterações climáticas (Seyboth *et al.*, 2016). Resultados semelhantes foram observados na África do Sul e Nova Zelândia (Carroll *et al.* 2011; Carroll *et al.* 2013; Jackson *et al.* 2016).

O modelo final estimou uma população de 557 fêmeas maduras, que foi superior ao da última estimativa de 200 fêmeas maduras para a costa brasileira (Dados de 1987 até 2010) (IWC 2012). Os dados de 1987-2003 não foram utilizados, pois os métodos de foto identificação e equipamentos utilizados foram diferentes. Além disso, entre os anos de 1987 e 2002, as recapturas de baleias-franca na costa brasileira eram poucas (apenas 10 ocasiões). Já em 2003 ocorreu um aumento considerável nas taxas de recapturas (24 baleias catalogadas sendo reavistadas, Groch *et al.* 2005). Portanto não foi possível inferir se ocorreu um aumento no número de fêmeas maduras nestes últimos anos ou se as primeiras estimativas estavam enviesadas.

O crescimento populacional para as baleias-franca da costa brasileira foi estimado em 4,8% ao ano, um valor menor que as estimativas anteriores,



porém mais realista e condizente com o de outras áreas reprodutivas. O crescimento populacional estimado anteriormente para o Brasil de 12% (IWC 2012) merecem ser avaliadas com cautela, uma vez que provavelmente apresentem um viés do início da recuperação populacional da espécie na costa sul do Brasil. De fato, estas estimativas consideraram dados de captura desde 1986, quando os registros no sul do Brasil ainda eram muito escassos, e, aumentaram ao longo dos anos.

Para baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*), que possuem um intervalo reprodutivo menor que o das baleias-franca (Barlow & Clapham 1997), crescimentos populacionais maiores que 11,8% foram considerados biologicamente inviáveis (Brandão *et al.* 2000; Clapham *et al.* 2001; Zerbini *et al.* 2010). Além disso, a sobrevivência do filhote é um dos fatores principais que influenciam o crescimento populacional. Para as baleias-jubarte essa sobrevivência foi estimada em 0,875 para o Atlântico Norte entre os anos de 1979 e 1991 (Barlow & Clapham 1997), enquanto que para as baleias-franca, a sobrevivência de juvenis foi estimada em 0,734 na África do Sul entre 1979 e 2003 (Brandão *et al.* 2010). O fato da sobrevivência de juvenis de baleias-franca ser inferior ao de baleias-jubarte nos permite inferir que, um crescimento acima de 11,8% provavelmente também são estimativas equivocadas para baleias-franca.

O crescimento estimado para a África do Sul é de 6,9%, Argentina 6,0%, Austrália 6,79% e Nova Zelândia 7% (Bannister 2010; Brandão *et al.* 2010; Carrol *et al.* 2013; IWC 2012), valores consideravelmente próximos aos resultados agora obtidos. As populações de baleias-franca da Austrália e África do Sul foram estimadas em tamanhos semelhantes, com aproximadamente 3.500 indivíduos (Bannister 2010; IWC 2012). Já a população da Argentina foi estimada em 4000 indivíduos (IWC 2012). Estas três áreas são atualmente as áreas com maior ocorrência de baleias-franca-austrais no Hemisfério Sul. As taxas de crescimento populacional nestas regiões apresentam valores próximos. Isso provavelmente ocorra devido a uma estabilização desta taxa após um período inicial de recuperação populacional.

Este estudo atualiza informações sobre a população de baleias-francas em sua área reprodutiva no Brasil e serão importantes para medidas de conservação e manejo de uma espécie ameaçada. O tamanho populacional estimado para

fêmeas reprodutivas (557) foi superior ao dobro das estimativas de 2010 (200), indicando que a espécie realmente vem se recuperando na costa do sul do Brasil, e, as taxas de crescimento populacional apresentaram valores mais realistas e condizentes com outras áreas reprodutivas indicando também esse crescimento (IWC 2012). Esse crescimento pode levar a alterações nos padrões de distribuição da espécie no sul Brasil, como já observado anteriormente (Renault-Braga *et al.* 2018), fazendo com que seja necessário uma maior atenção em como essas alterações poderão ocorrer e quais as consequências para os planos de conservação desta espécie.

## REFERÊNCIAS

---

Bannister JL (2010) Population trends in right whales off Southern Australis 1993-2010. International Whaling Commission, SC/11/RW10.

Barlow J, Clapham PJ (1997) A new birth-interval approach estimating demographic parameters in humpback whales. *Ecology*, 78(02):535-546.

Best PB, Brandão A, Butterworth DS (2001). Demographic parameters of southern right whales off South Africa. *Journal of Cetacean Research and Management*, (Special issue 2): 161–169.

Best PB, Payne R, Rowntree V, Palazzo JT, Both MDC (1993) Long-range movements of south atlantic right whales *Eubalaena australis*. *Marine Mammal Science*, 9(3): 227-234.

Best PB, Schell DM (1996) Stable isotopes in southern right whale (*Eubalaena australis*) baleen as indicators of seasonal movements, feeding and growth. *Marine Biology*, 124:483-494.

Brandão A, Best P, Butterworth D (2010) Estimates of demographic parameters for southern right whales off South Africa from survey data 1979 to 2006. International Whaling Commission, SC/62/BRG30.

Brandão A, Butterworth DS, Brown MR (2000). Maximum possible humpback whale increase rates as a function of biological parameter values. *Journal of Cetacean Research and Management*, 2(suppl.): 192-193.

Carroll EL, Patenaude NJ, Childerhouse SJ, Kraus SD, Fewster RM, Baker CS (2011) Abundance of the New Zealand subantarctic southern right whale population estimated from photo-identification and genotype mark-recapture. *Marine Biology*, 158: 2565 -2575.

Carroll EL, Childerhouse SJ, Fewster RM, Patenaude NJ, Steel D, Dunshea G, Boren L, Baker CS (2013). Accounting for female reproductive cycles in a superpopulation capture–recapture framework. *Ecological Applications*, 23(7): 1677- 1690.

Clapham P, Robbins J, Brandão A, Brown MR, Wade P, Findlay K (2001) A note on plausible rates of population growth in possible humpback whales. *Journal of Cetacean Research and Management*, 3 (suppl.): 196-197.

Cooke JG, Rowntree VJ, Payne R. (2001) Estimates of demographic parameters for southern right whales (*Euablaena australis*) observed off Peninsula Valdés, Argentina. *Journal of Cetacean Research and Management (Special Issue) 2*: 125-132.

Corkeron PJ, Connor RC (1999). Why do baleen whales migrate? *Marine Mammal Science*, 15: 1228–1245.

Costa P, Praderi R, Piedra M, Franco-Fraguas P (2005) Sightings of southern Right Whales, *Eubalaena australis*, off Uruguay. *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, 4(2): 157-161.

Danilewicz D, Moreno IB, Tavares M, Sucunza F (2016). Southern right whales (*Eubalaena australis*) off Torres, Brazil: group characteristics, movements, and insights into the role of the Brazilian-Uruguayan wintering ground. *Mammalia*, 81(3). <https://www.degruyter.com/view/j/mamm.2017.81.issue-3/mammalia-2015-0096/mammalia-2015-0096.xml>.

Ellis M (1969) A baleia no Brasil colonial. Melhoramentos, São Paulo, 235pp.

Groch KR, Palazzo Jr JT, Flores PA, Adler FR, Fabian ME (2005) Recent rapid increases in right whale (*Eubalaena australis*) population off southern Brazil. *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, 4(1): 41-47.

Groch KR (2018). Conservation Advances for the Southern Right Whales in Brazil. In: Rossi-Santos M, Finkl CW (Eds). *Advances in Marine Vertebrate Research in Latin America*, Springer, New York, 441-475.

Hiby L, Lovell P (2001) Trials of a computerized aid for matching right whales callosity patterns. *Journal of Cetacean Research and Management* 2(Special Issue):291-295.

IWC (2012) Report of the workshop on the assessment of southern right whales. International Whaling Commission, SC/64/Rep5.

Jackson JA, Carroll EL, Smith TD, Zerbin NA, Patenaude NJ, Baker CS (2016) An integrated approach to historical population assessment of the great whales: case of the New Zealand southern right whale. *Royal Society Open Science* 3. <https://royalsocietypublishing.org/doi/full/10.1098/rsos.150669>.

Jorge G, Riet-Sapriza F, Costa P. (2010) Status and behaviour of southern right whales (*Eubalaena australis*) in the Uruguayan Atlantic coast. International Whaling Commission, SC/S11/RW8.

Kendall WL, Nichols JD, Hines JE (1997). Estimating temporary emigration using capture-recapture data with Pollock's robust design. *Ecology*, 78: 563–578.

Kraus SD, Hamilton P, Kenney R, Knowlton AR, Slay CK (2001) Reproductive parameters of the North Atlantic right whale. *Journal of Cetacean Research and Management*, (Special Issue 2): 231–23.

Oliveira LR, Ott PH, Flores PAC (2009) First molecular estimate of sex-ratio of southern right whale calves, *Eubalaena australis*, for Brazilian Waters. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 89(5): 1003-1007.

Ott PH (2002). Diversidade genética e estrutura populacional e duas espécies de cetáceos do Atlântico Sul Ocidental: *Pontoporia blainvillei* e *Eubalaena*

*australis*. PhD thesis, Porto Alegre, Brasil: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

Palazzo JT, Carter LA (1983) A caça de baleias no Brasil. Agapan, Porto Alegre, 25p.

Palazzo JT, Groch KR and Silveira HÁ. 2007. Projeto Baleia Franca: 25 anos de pesquisa e conservação, 1982-2007. IWC Brasil: Imbituba. 170p.

Payne R, Brazier O, Dorsey EM, Perkins JS, Rowntree VJ, Titus A (1983) External features in southern right whales (*Eubalaena australis*) and their use in identifying individuals. In: Payne R. (Ed). Communication and behavior of whales. Westview Press, Boulder, 371-445.

Pinedo MC (1984) Ocorrência de *Eubalaena australis* no litoral do Rio Grande do Sul com ocorrência de cópula. In: Primera Reunión de Trabajo de Especialistas em Mamíferos Acuáticos de América del Sul: 34.

Pollock KH (1982) A capture–recapture design robust to unequal probability of capture. Journal of Wildlife Management 46:757–760.

Pradel R (1996) Utilization of capture, mark, recapture for the study of recruitment and population growth rate. Biometrics, 52: 703-709.

Renault-Braga EP, Groch KR, Flores PAC, Secchi ER, Dalla-Rosa L (2018) Area usage estimation and spatiotemporal variability in distribution patterns of southern right whales, *Eubalaena australis*, of southern Brazil. Marine Ecology: 10.1111/maec.12506.

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/maec.12506>.

Seyboth E, Groch KR, Secchi ER, Dalla Rosa L (2015) Habitat use by southern right whales, *Eubalaena australis* (Desmoulins, 1822), in their main northern most calving area in the western South Atlantic. Marine Mammal Science, 31: 1521–1537. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/mms.12241>.

Seyboth E, Groch KR, Dalla Rosa L, Reid K, Flores PAC, Secchi ER (2016) Southern Right Whale (*Eubalaena australis*) Reproductive Success is Influenced by Krill (*Euphausia superba*) Density and Climatic. Scientific Reports, 6: 28205.

Thomas L, Burnham KP, Buckland ST (2004) Temporal inferences from distance sampling surveys. In: Buckland, ST, Anderson DR, Burnham KP, Laake JL, Borchers DL, Thomas L (Eds) Advanced Distance Sampling. Oxford University Press, Oxford: 71-107.

Wade PR, Kennedy A, LeDuc R, Barlow J, Carretta J, Sheldon K, Perryman W, Pitman R, Robertson K, Rone B, Salinas JC, Zerbini A, Brownell Jr RL and Clapham PJ (2011) The world's smallest whale population? Biology Letters, 7: 83-85.

Williams BK, Nichols JD, Conroy MJ (2002) Analysis and management of animal populations. Academic Press: San Diego, 817p.

Zerbini AN, Clapham PJ, Wade PR (2010) Assessing plausible rates of population growth in humpback whales from life-history data. Marine Biology, 157:1225-1236.

**Capítulo 2:**

**EXITE SEGREGAÇÃO ESPACIAL ENTRE GRUPOS REPRODUTIVOS DE  
BALEIA-FRANCA-AUSTRAL – *Eubalaena australis* (Desmoulins 1822) –  
NA APA DA BALEIA FRANCA?**



## RESUMO

---

A baleia-franca-austral (*Eubalaena australis*) utiliza a costa do Brasil como área reprodutiva, onde são avistados tanto pares de mãe e filhotes, como adultos que migram para acasalar. A partir da posição geográfica dos grupos, registrada através de sobrevoos paralelos à costa, foi avaliada a segregação das distintas classes sociais (mãe com filhote e adultos sem filhote). Para isso foram considerados sobrevoos de setembro de 2003 a 2018 e os dados foram analisados através de Modelos Aditivos Generalizados. A área de estudo foi dividida em grids de 500x500 metros e o número total de baleias em cada grid foi modelado em função das variáveis explanatórias, utilizando o tamanho de cada célula do grid como um offset. A seleção dos modelos foi feita através dos valores dos AICs. Para adultos sem filhote os modelos binomiais negativos foram os que melhor se ajustaram, enquanto para mães com filhotes os modelos ZIP foram mais adequados. As variáveis explanatórias: latitude, distância da costa e TSM máxima foram selecionadas para ambas as classes, enquanto o tipo de costa foi selecionado apenas para adultos sem filhotes e linearidade e declividade selecionadas para mães com filhotes. Os resultados descreveram segregação espacial. As funções suavizadas descritas pelo modelo sugerem que mães com filhotes são mais costeiras, enquanto baleias solitárias preferem as regiões afastadas da costa e ao sul da APA da Baleia Franca. A baleia-franca é a única espécie de baleia ameaçada de extinção que utiliza a região costeira do Brasil regularmente como área de reprodução. Os resultados do presente estudo são importantes para definir estratégias de conservação de uma espécie ameaçada em sua área reprodutiva.

*Palavras-chave:* *Eubalaena australis*; Segregação espacial; Modelos aditivos generalizados; Modelos Binomial Negativo; Modelos Zero Inflacionados; Conservação.

## INTRODUÇÃO

---

A baleia-franca-austral, *Eubalaena australis* (Desmoulins, 1822), possui uma distribuição contínua ao longo do Hemisfério Sul. Realiza migrações sazonais entre áreas de alimentação e reprodução, deslocando-se de áreas de altas latitudes para regiões de baixa latitude durante o inverno e primavera para acasalar e procriar (Evans 1987; Kenney 2009).

Ao longo do Hemisfério Sul, onze unidades de manejo foram delimitadas pela comissão baleeira internacional: áreas subantárticas da Nova Zelândia, Nova Zelândia/Kermadec, Austrália, região central do Oceano Índico, Moçambique, África do Sul, Namíbia, Tristão da Cunha, Argentina, Chile/Peru e Brasil (IWC 2012). No Atlântico Sul Ocidental, três áreas de reprodução se destacam: Península Valdez na Argentina, Uruguai e sul do Brasil (IWC 2012).

Dados históricos confirmam a distribuição da baleia-franca no Brasil desde o sul do Estado da Bahia até o Estado do Rio Grande do Sul (Lodi *et al.* 1996). Atualmente, apesar de ainda existirem registros esporádicos na região Nordeste e Sudeste (Lodi *et al.* 1996; Santos *et al.* 2001; Rossi-Santos *et al.* 2003; Figueiredo *et al.* 2017), a maior concentração de baleias-franca ocorre no litoral sul do Estado de Santa Catarina (Palazzo e Carter 1983; Simões-Lopes *et al.* 1992; Lodi *et al.* 1996; Renault-Braga *et al.* 2018). No sul do Brasil a espécie não apresenta uma distribuição homogênea, ocorrendo principalmente do sul da Ilha de Santa Catarina, Florianópolis (SC) até Torres (RS). Algumas enseadas agregam maior densidade de baleias, sendo ocupadas ao longo de toda a temporada reprodutiva, enquanto noutras a ocupação é menos constante, ocorrendo mais nos períodos iniciais da temporada reprodutiva (Renault-Braga *et al.* 2018).

A presença de pares de mães com filhote indica que o sul do Brasil é uma região reprodutiva. Também são observados adultos desacompanhados (machos ou fêmeas) que migram para acasalar (IWC 2012). Em outras áreas reprodutivas, pares de mães e filhotes possuem distribuição diferente dos adultos solitários. Fêmeas grávidas ou com filhotes tendem a ficar em regiões mais próximas à costa, sugerindo algum tipo de segregação espacial (Payne 1986; Burnell e Bryden 1997; Best 2000; Elwen e Best 2004a).

A segregação espacial em mamíferos marinhos já foi observada, destacando-se a separação por sexo, idade ou período reprodutivo (Lyholm *et al.* 1999; Ruckstuhl e Neuhaus 2005; Loseto *et al.* 2006). Em áreas de reprodução de mysticetos, segregação espacial de mães com filhote e adultos solitários já foi registrada para baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) no Hawaii (EUA) e baleias-franca na África do Sul (Elwen e Best 2004a ; Craig *et al.* 2014).

Espécies migratórias apresentam mudanças na distribuição associadas ao período de vida e ao status reprodutivo dos indivíduos (Festa-Bianchet 1988; Blouin-Demers e Weatherhead 2001). Neste sentido, a modelagem espacial é uma ferramenta amplamente utilizada para prever os padrões de distribuição de diversos organismos, assim como para a compreensão dos processos ecológicos que determinam essa distribuição (Redfern *et al.* 2006). Portanto, variáveis explanatórias utilizadas em modelos para áreas reprodutivas podem não ser adequadas a áreas de alimentação. Em áreas de alimentação, a espécie normalmente ocorre em regiões de alta produtividade (Baumgartner *et al.* 2003; Friedlaender *et al.* 2006; Santora e Reiss 2011). Já em áreas de reprodução, a distribuição está associada às condições oceanográficas que garantam maior sucesso reprodutivo e sobrevivência dos filhotes (Corkeron e Connor 1999; Ersts e Rosenbaum 2003; Elwen e Best 2004a; Cartwright *et al.* 2012).

No Estado de Santa Catarina, o registro de baleias-franca é predominantemente de pares com mães e filhotes (Groch *et al.* 2005; Seyboth *et al.* 2015; Renault-Braga *et al.* 2018). Entretanto, novos estudos indicaram que a costa do Estado do Rio Grande do Sul é ocupada principalmente por adultos sem filhotes (Danilewicz *et al.* 2016). Isso nos levou a questionar se na área reprodutiva do Brasil possa existir alguma segregação espacial. Isto permite diferentes estratégias de conservação para as diferentes regiões, já que elas possuem diferentes necessidades e que variam sazonalmente.

Diversos fatores temporais e espaciais já foram considerados para explicar padrões de distribuição da baleia-franca no sul do Brasil (ano, mês, ângulo de inclinação da enseada, batimetria, declividade, distância de rios, morfotipo da enseada, profundidade) (Silva 2013; Renault-Braga 2014; Seyboth *et al.* 2015), incluindo testes de sobreposição de habitat. Nem todos os resultados sustentam a hipótese de segregação espacial, sendo que as mesmas variáveis

foram selecionadas para explicar os padrões de distribuição de mães e filhotes e adultos sem filhotes. Entretanto, deve-se ressaltar que se tratou de um estudo em larga escala espacial, utilizando enseadas monitoradas a partir de pontos fixos como unidades amostrais (Seyboth *et al.* 2015), não permitindo mensurar determinados fatores, como a distância da costa, a proximidade de costões rochosos e a profundidade.

Sendo assim, busca-se utilizar uma modelagem espacial mais adequada para avaliar a possível segregação espacial entre pares de mãe e filhotes e adultos solitários de baleia-franca-austral no litoral sul do Estado de Santa Catarina. Uma vez que os fatores oceanográficos são importantes para garantir a sobrevivência do filhote, propomos que as fêmeas com filhote são mais seletivas em relação ao habitat, dando preferência a enseadas protegidas.

## METODOLOGIA

---

### Área de Estudo

A área de estudo estendeu-se ao longo de toda a Área de Proteção Ambiental da Baleia Franca (APA-BF), uma unidade de conservação federal que possui uma área de 156.100 hectares, desde o sul da Ilha de Santa Catarina (27°25' S, 48°30' W) até o Balneário Rincão (28°42' S, 49°16' W) (figura 1) (ICMBio 2018).

Esta área é caracterizada por uma costa recortada ao norte do Cabo de Santa Marta, formada por substrato arenoso ou argiloso e separadas por promontórios rochosos (Carvalho e Rizzo 1994; Pereira *et al.* 2009). Já a região ao sul do Cabo de Santa Marta possui uma faixa contínua de areia. A linha de costa apresenta uma orientação N-S do limite norte até o Cabo de Santa Marta e desde então, NE-SW até o limite sul.

A região sofre influência da Corrente do Brasil e da Corrente das Malvinas (Castro e Miranda 1998; Silveira *et al.* 2000; Piola *et al.* 2008). A Corrente do Brasil flui em direção sul bordejando o continente sul americano até a latitude 33°- 38° S onde conflui com a Corrente das Malvinas (Silveira *et al.* 2000). Por ser uma corrente de origem tropical, a Corrente do Brasil é caracterizada por águas quentes e salinas (Castro e Miranda 1998). Já a Corrente das Malvinas origina-se a partir de uma separação da Corrente Circumpolar Antártica e apresenta águas frias e ricas em nutrientes (Campos *et al.* 1996).

### Coleta de dados

#### Sobrevoos

Os dados de contagem e distribuição da baleia-franca-austral foram obtidos a partir de um estudo sistemático de foto-identificação realizado pelo Projeto Baleia Franca/Instituto Australis, que envolveu 15 sobrevoos entre os anos de 2003 a 2018. Em 2014 não foram realizados sobrevoos devido à falta de recursos. Os dados foram coletados por observadores treinados seguindo

protocolos padronizados. Os voos ocorreram a bordo de um helicóptero (Jetranger). Um observador principal, assentado a frente tinha a função de procurar, registrar os grupos de baleias-franca e, o fotógrafo, assentado no banco traseiro, realizava fotografias para identificação individual das baleias. As rotas ocorriam a uma distância aproximada de 500 metros paralelamente a linha de costa em uma velocidade de 60 nós e 300 metros de altitude. Os sobrevoos ocorriam sempre em condições de mar inferior a quatro na escala Beaufort e boa visibilidade (quando era possível identificar a linha do horizonte). Ao identificar um grupo o helicóptero se deslocava para registro da posição (latitude/longitude) com um GPS e para as fotografias. Após o término do registro o helicóptero retornava ao ponto do desvio. Todos os sobrevoos foram realizados durante o mês de setembro, período de maior abundância de baleias na região (Groch *et al.* 2005).

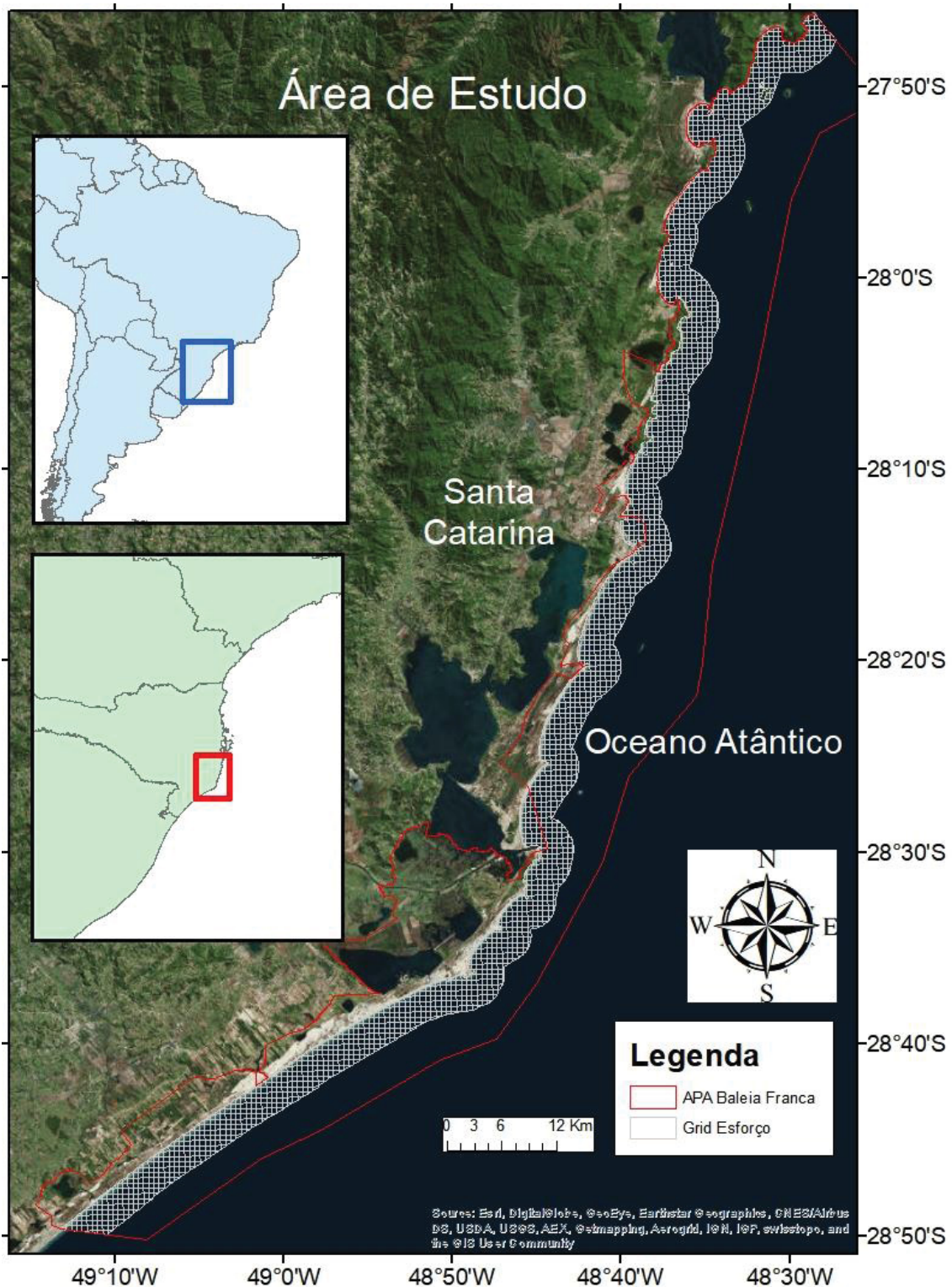
### **Esforço amostral**

O esforço de busca dos grupos de baleias foi realizado pelo tripulante dianteiro com maior campo de visão. Cada avistagem foi classificada quanto à composição do grupo (adultos sem filhote, par de mães e filhote, e, subadulto), quantificadas (quanto ao número de indivíduos), fotografadas e registrada a posição geográfica no local (GPS). Uma vez que em outras regiões reprodutivas, a maioria dos nascimentos de baleias-franca ocorre em agosto (Best 1994), assumimos que os adultos sem filhotes registrados em setembro são na maioria machos ou fêmeas que migram para acasalar. Filhotes foram identificados com base no tamanho corporal. Já subadultos foram confirmados através da análise das fotografias que avaliavam o formato da cabeça (Sironi 2004).

Uma vez que não existia diferença entre as rotas realizadas ao longo dos anos, foi criado um “buffer” que cobriu uma distância de 2,5 km a partir da linha de costa, utilizando uma das rotas registradas pelo GPS. Para isso foi utilizado o software ArcMap 10.1 (ESRI). A região sobreposta com o ambiente terrestre foi excluída utilizando a ferramenta “erase” resultando em uma área de 522,85 km<sup>2</sup> que cobria uma área com distância de 3 km da linha de costa. Este polígono foi então considerado a área de esforço amostral, mesma área utilizada em

estudos anteriores (Renault-Braga *et al.* 2018). Utilizando o polígono como referência espacial, foi criado um grid com a ferramenta “Grid” do software “Geospatial Modelling Environment (GME) 0.7.2.1”, (Beyer 2012) com resolução de 500 X 500 metros. Cada célula do grid foi considerada uma unidade amostral. O ponto central de cada célula do “grid” (centróide) foi extraído utilizando a extensão “Alaska Pak” e a área de cada célula foi calculada com a ferramenta “calculate geometry” (figura 8). Para o presente estudo utilizou-se uma projeção UTM WGS 84 22 S de modo a diminuir a distorção das projeções.





**Figura 8:** Mapa da área de estudo. Área delimitada em vermelho descreve os limites da Área de Proteção Ambiental da Baleia Franca. Área delimitada em branco descreve os limites do polígono da área de esforço amostral dividida em células de 500 X 500 metros.



## Preparação das Variáveis Explanatórias

### Latitude

A latitude do centroide de cada célula foi extraída utilizando uma projeção UTM-WGS84.

### Distância da Costa

A distância da costa é uma variável que pode influenciar de maneira diferente grupos de mães e filhote e adultos. Na área reprodutiva da Nova Zelândia e África do Sul foi observada a preferência por águas mais costeiras nos grupos formados de mães e filhotes (Best 1990; Rayment *et al.* 2015). A distância do centroide de cada célula em relação à linha de costa foi calculada utilizando a ferramenta “Near” do software ArcMap 10.1. As distâncias foram calculadas em metros e referenciadas no modelo com a sigla “dist\_cost”. Uma vez que a linha de costa tem uma orientação NE-SW, a distância da costa foi utilizada como referência para avaliar variação longitudinal na ocorrência das baleias.

### Batimetria

Os pontos de profundidade foram extraídos a partir de *shapefiles* batimétricos disponíveis (Projeto Batimetria do serviço Geológico do Brasil – CPRM: <http://www.cprm.gov.br/publique/Geologia/Geologia-Marinha/Projeto-Batimetria-3224.html>). A partir de uma interpolação TIN (Triangulated Irregular Network) uma superfície raster foi gerada utilizando a ferramenta “Spatial Analyst” do ArcMAP 10.1 (ESRI). A profundidade é uma característica importante para definir padrões de ocorrência de baleias-franca. Estudos anteriores indicam que mães com filhote ocorrem, preferencialmente, em águas mais rasas (Payne 1986). Isto já foi observado em outras áreas reprodutivas (Best 1990; Elwen e Best 2004a). Talvez as mães usem águas mais rasas para evitar o molestarmento dos filhotes por machos que queriam acasalar. Já adultos que migram para acasalar devem necessitar de águas mais profundas para a

cópula. Foi estimada a profundidade de cada centroide a partir do raster gerado. Como referência no modelo, esta variável foi definida com a sigla “bat”.

### **Declividade**

A preferência por regiões de menor declividade do substrato oceânico foi observada para mães com filhote na África do Sul e Nova Zelândia (Elwen e Best 2004a; Rayment *et al.* 2015). Normalmente, em praias com pouca declividade, a energia das ondas é enfraquecida ao longo da zona de arrebenção, estando então relacionado com a economia energética das baleias. Para obtenção dos dados de declividade, o raster de batimetria foi convertido em ângulos utilizando a ferramenta “slope” no ArcMAP 10.1 (ESRI). Assim como na profundidade, foi extraído o valor de declividade do centroide de cada célula do “grid”. Essa variável foi incluída no modelo com a sigla “slope”.

### **Linearidade da Costa**

As diversas baías e enseadas conferem às baleias-franca proteção contra a ação de ondas e ventos (Best 2000). A linha de costa foi dividida, latitudinalmente, em intervalos de 4 km. Para cada intervalo, foi estimada uma linha de costa retilínea considerando a angulação de inclinação da costa. A distância de cada segmento (real e estimado) foi calculada e, a partir da razão entre o segmento real em função do estimado, foi gerada a linearidade da costa. Nas áreas com distância da costa superior a 1,5 km, a linearidade foi considerada 01 (um), uma vez que se tratava de áreas abertas e desprotegidas. Os resultados foram organizados em formato “raster” no software ArcMap 10.1 (ESRI) numa resolução de 500 metros. Os valores da linearidade da costa foram associados a centroide do grid através da extração dos valores. A variável explanatória foi inserida no modelo utilizando-se a sigla “coast\_lin”.

### **Tipo de Costa**

Foi classificado em quatro categorias: praia (beach), promontórios rochosos (rock), desembocadura de rios (river) e mar aberto (op\_water). Praias arenosas parecem interessantes quanto à economia energética das mães e filhote, já que as baleias permanecem à deriva em repouso e livres de obstáculos. Já os promontórios rochosos podem conferir proteção em relação à ação de ondas e ventos. As desembocaduras de rios alteram as condições físicas das águas em função de seu aporte do sedimento. O tipo de costa foi identificado através de imagens de satélite georreferenciadas. Foram consideradas desembocaduras de rios somente os corpos d'água que tivessem uma largura superior a 50 metros. Essa distância foi estimada pelas imagens de satélite. Para a categoria de mar aberto foram consideradas todas as células que estivessem a uma distância superior a 1,5 km da linha de costa. Quando dentro de uma célula mais de uma categoria era identificada, considerava-se a predominante. A variável foi inserida no modelo como "shore".

### **Tipo de Sedimento**

Baleias-franca apresentam preferência por determinados tipos de sedimento oceânico (Elwen e Best 2004b). O tipo de sedimento tem uma relação direta com a formação de ondas e com o tamanho da zona de surfe. Praias dissipativas possuem sedimentos arenosos finos, enquanto praias intermediárias e reflexivas possuem sedimentos formados por partículas mais grossas (Silveira *et al.* 2011). Portanto, a preferência de pares de mãe com filhote por determinados tipos de sedimento estaria relacionada à conservação de energia. As informações de tipo de sedimento foram extraídas através de imagens georreferenciadas segundo o atlas de morfologia e sedimentologia da região (Martins e Correa 1996). Apenas duas classes de sedimento foram utilizadas: areia (sand) e sedimento lodoso (silty). A variável foi descrita no modelo pela sigla "sedment".

### **Temperatura da Superfície do Mar (TSM)**

Um dos objetivos da migração das baleias-franca para áreas de reprodução é a procura de águas mais quentes (Cummings 1985). Essa migração estaria associada a uma maior chance de sobrevivência do filhote (Corkeron e Connor 1999). Para baleias-franca-boreal já foi observado uma relação entre a quantidade de baleias e a temperatura da superfície da água (Keller *et al.*, 2006). Sendo assim, esta variável também foi incluída nos modelos testados. Os dados foram obtidos através da plataforma MODIS (Moderate Resolution Images Spectroradiometer) (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov>) em graus célsius. Consideraram-se os valores médios de TSM para os meses de setembro de 2013 a 2018. Os valores de TSM de cada ano foram extraídos do centroide de cada célula do grid gerando uma matriz de dados. A partir dessa matriz foram calculados os valores médios, máximos e mínimos de TSM. A partir destes valores foram elaborados “Rasters” utilizando a ferramenta MGET (Roberts *et al.* 2010) com resolução de 500 m<sup>2</sup> e os valores de TSM foram associados a cada célula do grid. No modelo estas variáveis foram inseridas com as siglas “tsm\_mean”, “tsm\_max” e “tsm\_min”.

### **Análise explanatória dos dados**

Análises explanatórias incluíram boxplots e pairplots (Zuur *et al.* 2010). “Boxplots” foram gerados para identificação de outliers. “Pairplots” foram gerados no software R. 3.4.2 para testar a colinearidade entre as variáveis (Zuur *et al.* 2009). Variáveis que obtiveram  $r \geq 0,7$  foram consideradas colineares e não foram inseridas em um mesmo modelo. As variáveis distância da costa e batimetria foram colineares (tabela 4). Optou-se por excluir a variável batimetria, uma vez que a mesma se tratava de dados interpolados, enquanto a variável distância de costa consiste de dados reais.

**Tabela 4:** Variáveis explanatórias utilizadas na construção dos modelos de padrão de ocorrência e abundância de baleias-franca-austral na Área de Proteção Ambiental da Baleia Franca no sul do Brasil.

Variável Explanatória	Unidade	Resolução	Transformação	Referência no modelo	Colinearidade
Latitude	Decimal de grau	-	-	lat	-
Distância da costa	metros	-	-	dist_coast	bat(0,77)
Batimetria	metros	900 m	-	bat	dist_coast (0,77)
Declividade	graus	900 m	Log	slope	
Linearidade de costa	índice	4 km	Log	coast_lin	
Tipo de costa	categórica	-	-	shore	
Tipo de sedimento	categórica	-	-	sediment	
Média da temperatura da água	Graus Celsius	500 m	-	tsm_mean	
Temperatura máxima da água	Graus Celsius	500 m	-	tsm_max	
Temperatura mínima da água	Graus Celsius	500 m	-	tsm_min	

### Análise dos dados

Os registros de baleias foram plotados no mapa utilizando o ArcMAP 10.1 e a partir da ferramenta “near”, as avistagens foram associadas a cada célula do grid. O número de baleias avistadas dentro de cada célula foi modelado em função das variáveis explanatórias utilizando modelos aditivos generalizados - GAM (Zuur *et al.* 2009). O GAM é um modelo não-linear onde o preditor linear envolve a soma de funções suaves das covariáveis (Wood 2006). Foram elaborados modelos incluindo todas as variáveis com as distribuições Poisson, Binomial Negativa e Zero Inflated Poisson (ZIP – indicado em caso de

excessos de zeros na variável resposta) (Zuur *et al.* 2010). Para modelos Poisson e binomial negativo foi utilizada uma função de ligação log, enquanto para os modelos ZIP foi utilizada uma função logit. Foram utilizados *splines* (*thin plate regression splines*) como funções de suavização e o teste de concurvidade para verificar se o termo de suavização foi adequado. Foram elaborados variogramas para os modelos Poisson e Binomial Negativo para verificar uma possível auto correlação espacial dos resíduos utilizando o pacote GeoR (Ribeiro Jr e Diggle 2006). Esta análise não foi realizada para os modelos ZIP uma vez que esta função não está disponível no pacote para este tipo de modelo. Sendo assim, a estrutura do modelo foi:

$$y_i = \alpha + f(x_1) + \dots + f(x_i) + \dots + f(x_k) + offset$$

Onde:  $\alpha$  é o intercepto;  $f$  é a função de suavização das variáveis explanatórias;  $x_i$ , é a área de cada célula do grid que foi inserida no modelo como um offset. A seleção da distribuição utilizada foi realizada com base no Critério de Informação de Akaike (AIC) e a validação foi feita através da avaliação dos resíduos de cada modelo completo (Zuur *et al.* 2009). A partir da distribuição selecionada, um modelo completo foi elaborado e todas as variáveis não significativas ( $p > 0.05$ ) foram excluídas. Do modelo contendo apenas as variáveis significativas, foi utilizado o método de eliminação de uma variável por vez (*backward selection*) até chegar ao modelo com menor AIC. Os modelos foram rodados no software R 3.4.2 (R Development Core Team 2010) utilizando o pacote *mgcv* 1.8-20 (Wood 2017). Foram elaborados modelos para adultos sem filhote e mães com filhote separadamente. Para os modelos de mãe com filhote apenas as mães foram contabilizadas. As funções suaves dos modelos finais foram comparadas entre cada classe distinta de modo a verificar uma possível segregação espacial.

## RESULTADOS

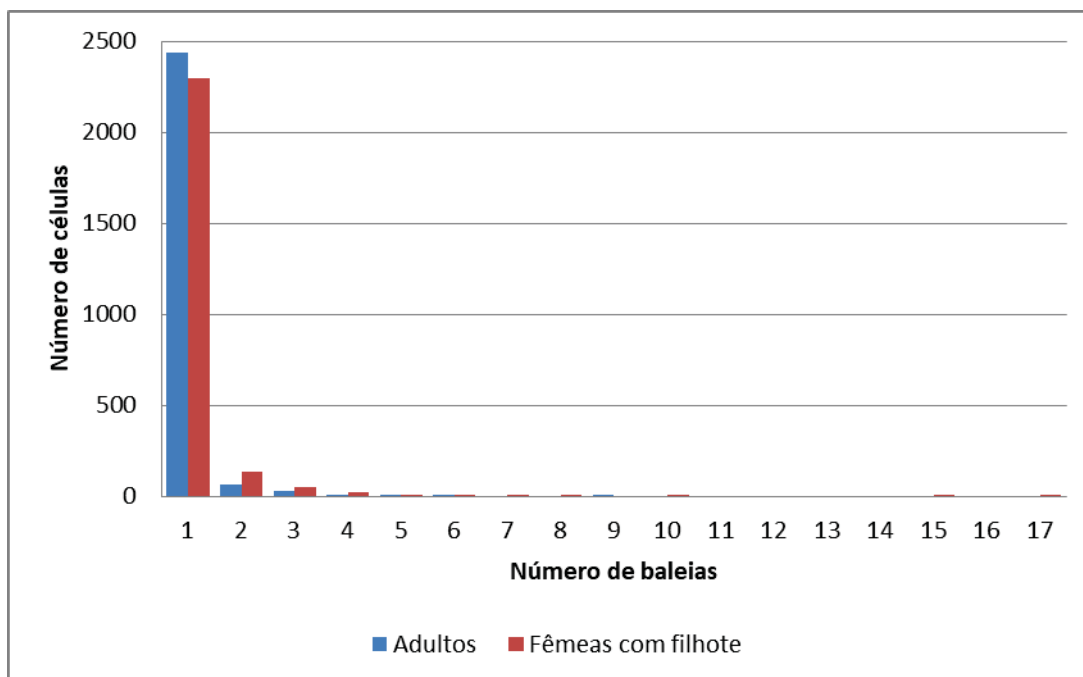
### Contagem de baleias

Ao todo 721 indivíduos foram incluídos na modelagem, sendo 200 adultos sem filhotes e 521 mães com filhotes (tabela 5).

**Tabela 5:** Contagem de baleias-franca-austral (*Eubalaena australis*) separadas por ano e classe de indivíduos de 2003 a 2018 na Área de Proteção Ambiental da Baleia Franca no sul do Brasil.

Ano	Adultos sem filhotes	Mães com Filhotes	Total
2003	19	20	39
2004	5	17	22
2005	3	18	21
2006	37	34	71
2007	1	18	19
2008	6	25	31
2009	0	28	28
2010	20	26	46
2011	65	43	108
2012	6	38	44
2013	15	62	77
2015	0	26	26
2016	2	21	23
2017	0	14	14
2018	21	131	152
Total	200	521	721

A análise dos histogramas da presença de baleias nas unidades amostrais (células do grid) indica 2.228 células sem registros de baleias, o que representa 87,2% do total de células, sugerindo que o modelo zero inflacionado é o mais adequado (figura 9). Das 2.553 células apenas 72 contaram com o registro de ambas as classes de baleias.



**Figura 9:** Número de células do grid em relação à quantidade de baleias ao longo da área de estudo na APA da Baleia Franca.

### Seleção do Modelo

Para os adultos o modelo binomial negativo teve o melhor ajuste, entretanto, para as fêmeas com filhotes, o modelo ZIP foi o que melhor se ajustou (tabela 6). Todos os modelos Poisson e Binomial Negativo não apresentaram autocorrelação espacial dos resíduos.

**Tabela 6:** AIC dos modelos GAM completo para as distribuição Poisson, Binomial Negativo e ZIP para explicar o número de adultos sem filhotes e fêmeas de baleia-franca-austral na Área de Proteção Ambiental da Baleia Franca.

Distribuição	AIC Adultos	AIC Fêmeas com filhotes
Poisson	1221,87	1869,75
Binomial negativo	<b>1128,25</b>	1803,57
Zero inflated Poisson	1139,03	<b>1781,08</b>



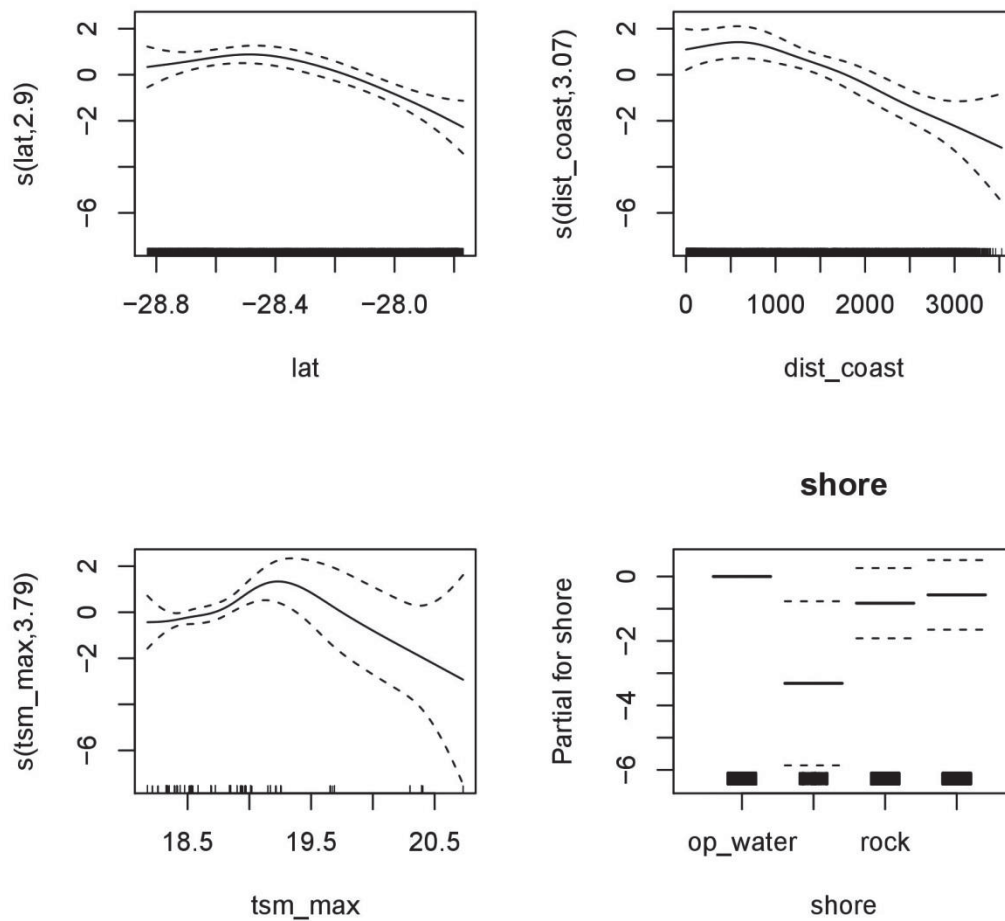
### Modelo Binomial negativo para adultos

Foram elaborados cinco modelos com a distribuição Binomial negativa. Os cinco melhores modelos de acordo com o valor do menor AIC estão discriminados na tabela 7. O modelo final selecionou as variáveis: latitude, distância da costa, tipo de costa e TSM máximo.

Observamos uma queda no número médio de baleias em regiões de menor latitude. A variável de distância da costa descreveu uma queda na média de baleias em áreas mais distantes da linha de costa. A média de adultos alcança o pico em uma temperatura máxima de 19,5°C e diminui desde então. Em relação ao tipo de costa, percebemos um maior número de adultos em áreas de águas abertas (figura10).

**Tabela 7:** Cinco melhores modelos com distribuição Binomial negativo para explicar o número de adultos sem filhotes de baleia-franca-austral na Área de Proteção Ambiental da Baleia Franca em setembro de 2003 a 2018.

Modelo	AIC	Delta AIC	Deviância explicada
<b>lat+dist_coast+shore+tsm_max</b>	<b>1128.61</b>	<b>0</b>	<b>22.7%</b>
lat+dist_coast+tsm_max	1135.20	6.59	20.1%
lat+dist_coast+shore	1136.28	7.67	20.1%
dist_coast+shore+tsm_max	1151.79	23.18	16.8%
lat+ dist_coast+shore	1156.51	27.9	15.3%



**Figura 10:** Função suavizada das variáveis explanatórias selecionadas pelo modelo GAM Binomial negativo para adultos sem filhotes.

#### Modelo ZIP para Fêmeas com filhote

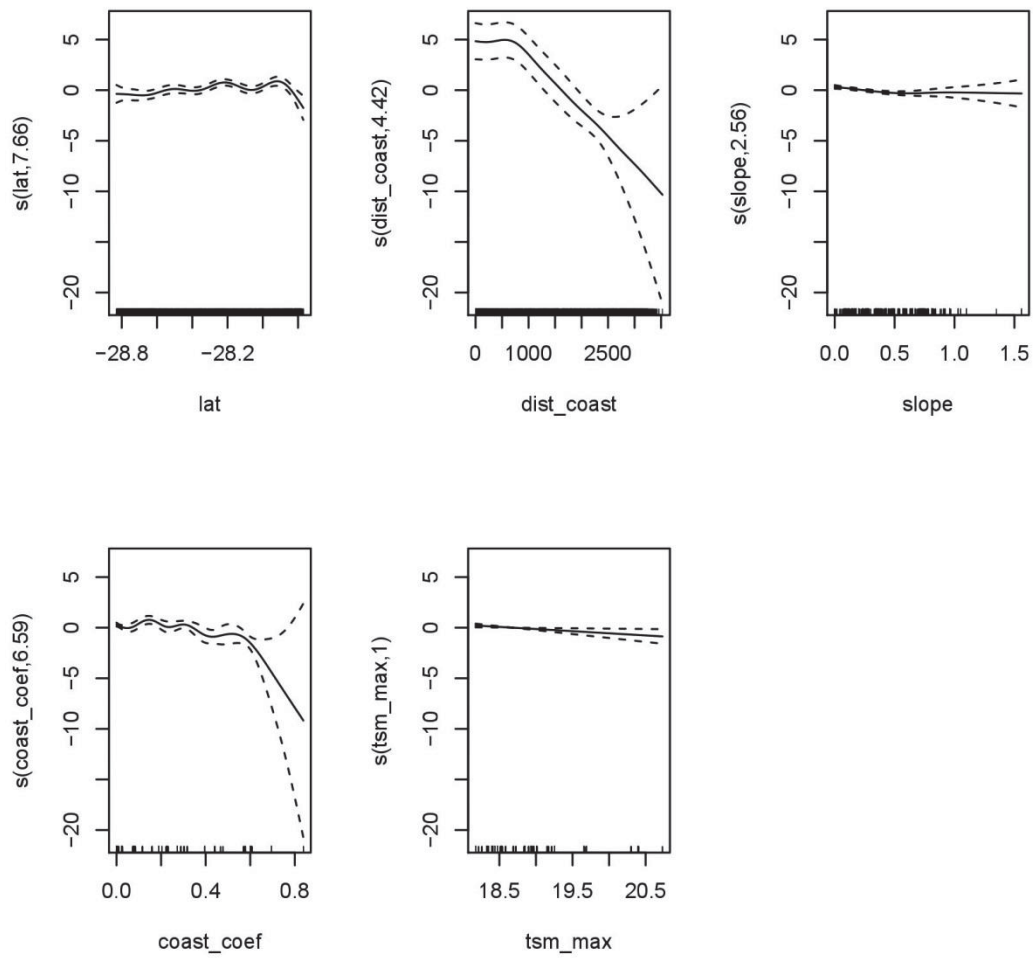
Ao todo foram elaborados seis modelos com distribuição ZIP para fêmeas com filhote. Os cinco melhores modelos com base no valor do menor AIC estão descritos na tabela 8. O modelo final selecionou as variáveis: latitude, distância da costa, declividade, linearidade da costa e TSM máximo.

Apesar da função suave de linearidade descrever uma oscilação, a mesma não define nenhuma preferência latitudinal. Para as variáveis de distância da costa, linearidade e TSM máxima, fica clara a relação negativa com o número de baleias. Para a distância da costa o declínio se acentua após os 500 metros da

costa. A linearidade também manifesta uma queda acentuada por volta do valor 0,6. Já a tsm descreve uma queda linear menos acentuada. A declividade também sugere uma pequena queda em regiões com maiores declividades porem com pequenas oscilações (figura 11).

**Tabela 8:** Cinco melhores modelos com distribuição ZIP para explicar o número de mães com filhotes de baleia-franca-austral na Área de Proteção Ambiental da Baleia Franca em setembro de 2003 a 2018.

<b>Modelo</b>	<b>AIC</b>	<b>Delta AIC</b>	<b>Deviância explicada</b>
<b>lat+dist_coast+slope+lin+tsm_max</b>	<b>1777.76</b>	<b>0</b>	<b>22.7%</b>
lat+dist_coast+slope+lin	1780.67	2.91	64.7%
lat+dist_coast+lin+tsm_max	1784.77	7.01	64.3%
dist_coast+slope+lin+tsm_max	1796.71	18.95	62.6%
lat+dist_coast+slope+tsm_max	1838.99	61.23	60.9%



**Figura 11:** Função suave das variáveis explanatórias selecionadas pelo modelo GAM ZIP para fêmeas com filhote.

## DISCUSSÃO

---

Apesar dos modelos para adultos e mães com filhote selecionarem praticamente as mesmas variáveis, os resultados dão suporte à hipótese de segregação espacial para baleias-franca-austral na Área de Proteção Ambiental da Baleia Franca, no sul do Brasil. De fato, outros estudos, utilizando dados de monitoramento terrestre, já demonstravam que no Brasil os mesmos fatores influenciaram a distribuição de baleias com e sem filhotes (Seyboth *et al.* 2015).

Os resultados apontam uma segregação espacial, principalmente nos grupos de adultos sem filhotes. Enquanto mães com filhote ocorrem ao longo de toda a área de estudo, adultos sem filhote preferem as regiões ao sul da APA da Baleia Franca. A costa do Estado do Rio Grande do Sul é ocupada, principalmente, por adultos solitários (72%) (Danilewicz *et al.* 2016). Isso pode ser um indício de que a segregação ocorra num gradiente latitudinal, onde a região ao sul da APA-BF seriam áreas onde ambas as classes ocorreriam. No Uruguai, a predominância de baleias sem filhote (92%) (Costa *et al.* 2007) dá suporte a essa hipótese.

A variável de Distância da costa deixa claro que mães com filhotes usam águas mais costeiras. Estudos na África do Sul, Austrália e Nova Zelândia mostram a mesma relação de diminuição na quantidade de baleias à medida que nos afastamos da costa (Burnnell 2001; Elwen e Best 2004a; Rayment *et al.* 2015). De fato, águas costeiras apresentam diversas vantagens tanto para a mãe quanto para o filhote. O uso dessas áreas parece estar associado à proteção do filhote em relação à ondulação, ventos e de predadores (Elwen e Best 2004a; Rayment *et al.* 2015). Escolher regiões mais protegidas, além de ser vantajoso para o desenvolvimento dos filhotes, também confere vantagem para a mãe, como a economia energética em um período reprodutivo, onde há o jejum prolongado das mães e a amamentação do filhote (Payne 1986).

Além disso, devido à água costeira possuírem menores profundidades favorece o uso desta região para as mães com filhote. No Brasil, já foi observado preferência de baleias-franca por águas mais rasas (Renault-Braga 2014). Regiões rasas impedem que machos tentem copular com fêmeas em períodos

de amamentação, evitando o molestamento das mães com filhotes recém-nascidos (Elwen e Best 2004a; Craig *et al.* 2014).

Profundidades entre cinco e 10 metros são as mais usadas por baleias-franca no sul do Brasil (Renault-Braga 2014). Na Argentina e Nova Zelândia, foram observados resultados semelhantes (Payne 1986; Rayment *et al.* 2015). Já nas áreas reprodutivas da baleia-franca-boreal (*Eubalaena glacialis*) a abundância de indivíduos é maior em áreas de 10 a 20 metros (Keller *et al.* 2012).

Na Argentina a preferência por águas mais rasas estaria associada ao risco de predação por orcas (Payne 1986). Apesar de existir o registro de orcas na costa do Brasil (Secchi e Vaske 1998), eles são bastante raros na área estudada (Instituto Australis, dados não publicados). Uma vez que existe comunicação entre as duas populações da Argentina e Brasil (Rowntree *et al.* 2001; Ott 2002; Groch *et al.* 2005), a preferência por águas mais rasas pode ser também um reflexo da estratégia utilizada pelas baleias na Argentina para evitar predação por orcas.

Variáveis como linearidade da costa e declividade não foram selecionadas nos modelos de adultos sem filhotes. Isto se deve, provavelmente, ao fato desta classe permanecer longe da costa. Quanto mais distante da costa, menor será a influência da linearidade e da declividade. De fato, o tipo de costa que descreve maior ocorrência de adultos sem filhote é a região de águas abertas, categoria que também não apresenta influência da região costeira.

Já para mães com filhote, a região costeira influencia a distribuição. A preferência por enseadas fechadas, ou seja, com maiores índices de linearidade, estariam relacionados à proteção contra a ação de ventos e ondulação (Elwen e Best 2004a). Nossos resultados corroboram a hipótese de que as fêmeas preferem áreas cuja costa seja mais recortada. Além disso, a angulação da abertura da enseada também foi descrita como uma variável que influencia a presença de baleias (Seyboth *et al.* 2015). Portanto, a proteção da enseada não estaria apenas relacionada à linearidade da costa, mas sim uma interação destes fatores.

No Brasil a baleia-franca era historicamente abundante desde o sul do Estado da Bahia até o Estado do Rio Grande do Sul (Ellis 1969). Toda essa região representa uma variação de aproximadamente 20° latitudinais, portanto, uma enorme variação de temperatura. Evidentemente, as baleias-francas suportam

alta variação de temperatura em áreas de reprodução. Isso condiz com os resultados obtidos pela função suave gerada para mães e filhotes, que mostra oscilações, porém se mantém sempre próxima ao número médio de baleias. Para os adultos, a queda na função suave em relação às maiores temperaturas pode estar associada às questões latitudinais. Áreas mais ao sul têm mais adultos sem filhote e são áreas de menor temperatura, indicando que áreas de menor temperatura podem caracterizar áreas de corte e cópula.

A hipótese de uma de segregação espacial entre adultos sem filhote e mães com filhote é, portanto, aceita considerando tanto a distância da costa, quanto a segregação latitudinal com adultos sem filhote preferindo águas mais ao sul da APA da Baleia Franca.

É importante compreender melhor as áreas berçário, ocupadas por mães e filhote e as de acasalamento para a definição de estratégias de conservação da espécie. Esses resultados são fundamentais no desenvolvimento da região, uma vez que a presença das baleias representa grande potencial turístico. Para tanto, devem ser elaboradas estratégias sustentáveis de exploração deste turismo.

## REFERÊNCIAS

---

Best PB (1994) Seasonality of reproduction and the length of gestation in southern right whales *Eubalaena australis*. *Journal of Zoology*, 232: 175-189.

Best PB (2000). Coastal distribution, movements and site fidelity of right whales *Eubalaena australis* off South Africa, 1969-1998. *South African Journal of Science*, 22: 43-55.

Beyer HL (2012.) Geospatial Modelling Environment. <http://www.spatial ecology.com/gme/images/SpatialEcologyGME.pdf>.

Burnell SR, Bryden M (1997) Coastal residence periods and reproductive timing in southern right whales, *Eubalaena australis*. *Journal of Zoology* 241:613–621.

Campos EJD, Lorenzetti JA, Stevenson MR, Stech JL, Souza RB (1996) Penetration of waters from the Brazil-Malvinas Confluence Region Along the South American Continental Shelf up to 23° S. *Academia Brasileira de Ciências*, 28: 49-58.

Cartwright R, Gillespie B, Labonte K, Mangold T, Venema A, Eden K, Sullivan M (2012) Between a rock and a hard place: habitat selection in female-calf humpback whale pairs on the Hawaiian breeding grounds. *PLoS ONE*, 7: e38004.

<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0038004>.

Carvalho VC, Rizzo H (1994) A zona costeira brasileira: subsídios para uma avaliação ambiental. Ministério do meio ambiente, Brasília, 211p.

Castro BM, Lorenzetti JA, Silveira ICAS, Miranda LB (2006) Estrutura Termohalina e circulação na região entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). In: Rossi-Wongtschowsk CLDB, Madureira LSP (Eds). *O ambiente oceanográfico da Plataforma Continental e do Talude na Região Sudeste-Sul do Brasil*. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, 11-120.



Castro BM, Miranda LB (1998) Physical Oceanography of the western Atlantic continental shelf located between 4°N and 34° S – Costal segment (4,w). In: Robinson, AR, Brink KH (Eds). *The Sea*. John Wiley and Son, Inc., Nova York, v.11,209-251.

Corkeron PJ, Connor RC (1999). Why do baleen whales migrate? *Marine Mammal Science*, 15: 1228–1245.

Costa P, Piedra M, Franco P, Paez E (2007) Distribution and habitat use patterns of southern right whales, *Eubalaena australis*, off Uruguay. *Journal of Cetacean Research and Management*, 9(1):45-51.

Craig AS, Herman LM, Pack AA, Waterman JO (2014) Habitat segregation by female humpback whales in Hawaiian waters: avoidance of males? *Behaviour*, 151: 613–631.

Danilewicz D, Moreno IB, Tavares M, Sucunza F (2016). Southern right whales (*Eubalaena australis*) off Torres, Brazil: group characteristics, movements, and insights into the role of the Brazilian-Uruguayan wintering ground. *Mammalia*, 81(3). <https://www.degruyter.com/view/j/mamm.2017.81.issue-3/mammalia-2015-0096/mammalia-2015-0096.xml>.

Elwen SH, Best PB (2004a). Environmental factors influencing the distribution of southern right whales on the south coast of South Africa I: broad scale patterns. *Marine Mammal Science*, 20: 567–582.

Elwen SH, Best PB (2004b) Female southern right whale *Eubalaena australis*: Are there reproductive benefits associated with their costal distribution off South Africa? *Marine Ecology Progress Series*, 269: 289-295.

Erst PJ, Rosenbaum HC (2003) Habitat preference reflects social organization of humpback whales on a wintering ground. *Journal of Zoology*, 260: 337–345.

Evans PGH (1987) The natural history of whales and dolphins. Facts On File, New York, 343 pp.

Festa-Bianchet M (1988) Seasonal range selection in bighorn sheep: conflicts between forage quality, forage quantity, and predator avoidance. *Oecologia*, 75: 580–586.

Figueiredo GC, Santos COM, Siciliano S, Moura JF (2017) Southern Right Whales (*Eubalaena australis*) in an Urbanized Area off the Southwestern Atlantic Ocean: Updated Records and Conservation Issues. *Aquatic Mammals*, 43, (1): 52-62.

Friedlaender AS, Halpin PN, Qian SS, Lawson LG, Wiebe PH, Thiele D, Read AJ (2006) Whale distribution in relation to prey abundance and oceanographic processes in shelf waters of the Western Antarctic Peninsula. *Marine Ecology Progress Series*, 317: 297–310.

Groch KR, Palazzo Jr JT, Flores PA, Adler FR, Fabian ME (2005) Recent rapid increases in right whale (*Eubalaena australis*) population off southern Brazil. *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, 4(1): 41-47.

ICMBio: Área de Proteção Ambiental da Baleia Franca. <http://www.icmbio.gov.br/apabaleiafranca/>.

IWC (2012) Report of the workshop on the assessment of southern right whales. SC/64/Rep5.

Keller CA, Garrison L, Baumstark R, Ward-Geiger LI, Hines E (2012) Application of habitat model of the North Atlantic right whale in the southeastern United States. *Endangered Species Research*, 18:73-87.

Kenney RD (2009) Right Whales *Eubalaena glacialis*, *E. japonica* and *E. australis*. In: Perryn WF, Wursing B, Thewissen JGM. (Eds). *Encyclopedia of Marine Mammals*. Academic Press, San Francisco, 962-972.

Lodi L, Siciliano S, Bellini C (1996). Ocorrência e conservação de baleias-francas-do-sul, *Eubalaena australis*, no litoral do Brasil. Papeis Avulsos de Zoologia, 39(17): 307-328.

Loseto LL, Richard P, Stern GA, Orr J, Ferguson SH (2006) Sexual segregation of Beaufort beluga whales during the open-water season. Canadian Journal of Zoology, 84: 1743–1751.

Martins LR, Corrêa ICS (1996) Morphology and sedimentology of the southwest Atlantic coast zone and continental shelf from Cabo Frio (Brazil) to Península Valdés (Argentina). UFRGS-IG-CECO, Porto Alegre, 20.

Ott PH (2002). Diversidade genética e estrutura populacional e duas espécies de cetáceos do Atlântico Sul Ocidental: *Pontoporia blainvillei* e *Eubalaena australis*. PhD thesis, Porto Alegre, Brasil: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

Palazzo JT, Carter LA (1983) A caça de baleias no Brasil. Agapan, Porto Alegre, 25p.

Payne R (1986) Long term behavioral studies of the southern right whale (*Eubalaena australis*). Report of the International Whaling Commission (Special Issue 10):161–167.

Pereira MD, Schettini CAF, Omashi CY (2009) Caracterização de feições oceanográficas na plataforma de Santa Catarina através de imagens orbitais. *Revsta Brasileira de Geofísica*, 27(1):81-93.

Piola AR, Moller Jr OO, Guerrero R, Campos EJD (2008) Variability of the subtropical shelf front off eastern South America: Winter 2003 and summer 2004. *Continental Shelf Research*, 28(13):1639-1648.

Rayment W, Dawson S, Webster T (2015) Breeding status affects fine-scale habitat selection of southern right whales on their wintering grounds. *Journal of Biogeography*, 42: 463–474.

Redfern JV, Ferguson MC, Becker EA, Hyrenbach KD, Good C, Barlow J, Kaschner K, Baumgartner MF, Forney KA, Balance LT, Fauchald P, Halpin P, Hamazaki T, Pershing AJ, Qian SS, Read A, Reilly SB, Torres L, Werner F (2006) Techniques for cetacean–habitat modeling. *Marine Ecology Progress Series*, 310:271–295.

Renault-Braga EP, Groch KR, Flores PAC, Secchi ER, Dalla-Rosa L (2018) Area usage estimation and spatiotemporal variability in distribution patterns of southern right whales, *Eubalaena australis*, of southern Brazil. *Marine Ecology*: 10.1111/maec.12506.  
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/maec.12506>.

Renault-Braga EP (2014) Distribuição espaço-temporal da baleia-franca-austral – *Eubalaena australis* (Desmoulins, 1822) – no sul do Brasil. MSc thesis, Rio Grande, Brasil: Universidade Federal do Rio Grande.

Rossi-Santos M, Wedekin LL, Souza-Lima RS (2003) Distribution and habitat use of small cetaceans of Abrolhos Bank, eastern Brazil. *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, 5(1): 23-28.

Rowntree VJ, Payne RS, Schell DM (2001) Changing patterns of habitat use by southern right whales (*Eubalaena australis*) on their nursery ground at Península Valdés, Argentina, and their long-range movements. *Journal of Cetacean Research and Management*, (Special Issue), 2: 133-143.

Ruckstuhl KE, Neuhaus P (2005) *Sexual Segregation in Vertebrates: Ecology of the Two Sexes*. Cambridge University Press, Cambridge, 488 pp.

Santora JA, Reiss CS (2011) Geospatial variability of krill and top predators within an Antarctic submarine canyon system. *Marine Biology*, 158: 2527–2540.

Santos COM, Siciliano S, Souza SPDE, Piozzorno JL (2001). Occurrence of southern right whale along southeastern Brazil. *Journal of Cetacean Research and Management*, (Special Issue 2): 153-156.

Secchi ER, Vaske Jr T (1998) Killer whale (*Orcinus orca*) sightings and depredation on tuna and swordfish longline catches in southern Brazil. *Aquatic Mammals*, 24, 117–122.

Seyboth E, Groch KR, Secchi ER, Dalla Rosa L (2015) Habitat use by southern right whales, *Eubalaena australis* (Desmoulins, 1822), in their main northern most calving area in the western South Atlantic. *Marine Mammal Science*, 31: 1521–1537. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/mms.12241>.

Silva IB (2013) Distribuição espaço-temporal de *Eubalaena australis* em três praias no seu sítio reprodutivo no sul do Brasil. MSc thesis, Florianópolis, Brasil: Universidade Federal de Santa Catarina.

Silveira ICA, Schmidt ACK, Campos EJD, Godoy SS, Ikeda YA (2000) A corrente do Brasil ao largo da Costa Leste Brasileira. *Revista Brasileira de Oceanografia*. 48(2): 171-183.

Simões-Lopes PC, Palazzo Jr JT, Both MC, Ximenez A (1992) Identificação, movimentos e aspectos biológicos da baleia franca austral (*Eubalaena australis*) na costa sul do Brasil. In: 3° Reunión de Trabajo de Expertos en Mamíferos Acuáticos de América del Sur, Montevideo (Uruguai).

Sironi M (2004) Behaviour and social development of juveniles southern right whale (*Eubalaena australis*) and interespecific interaction at Península Valdés, Argentina. PhD thesis. Madison, Estados Unidos: University of Wisconsin.

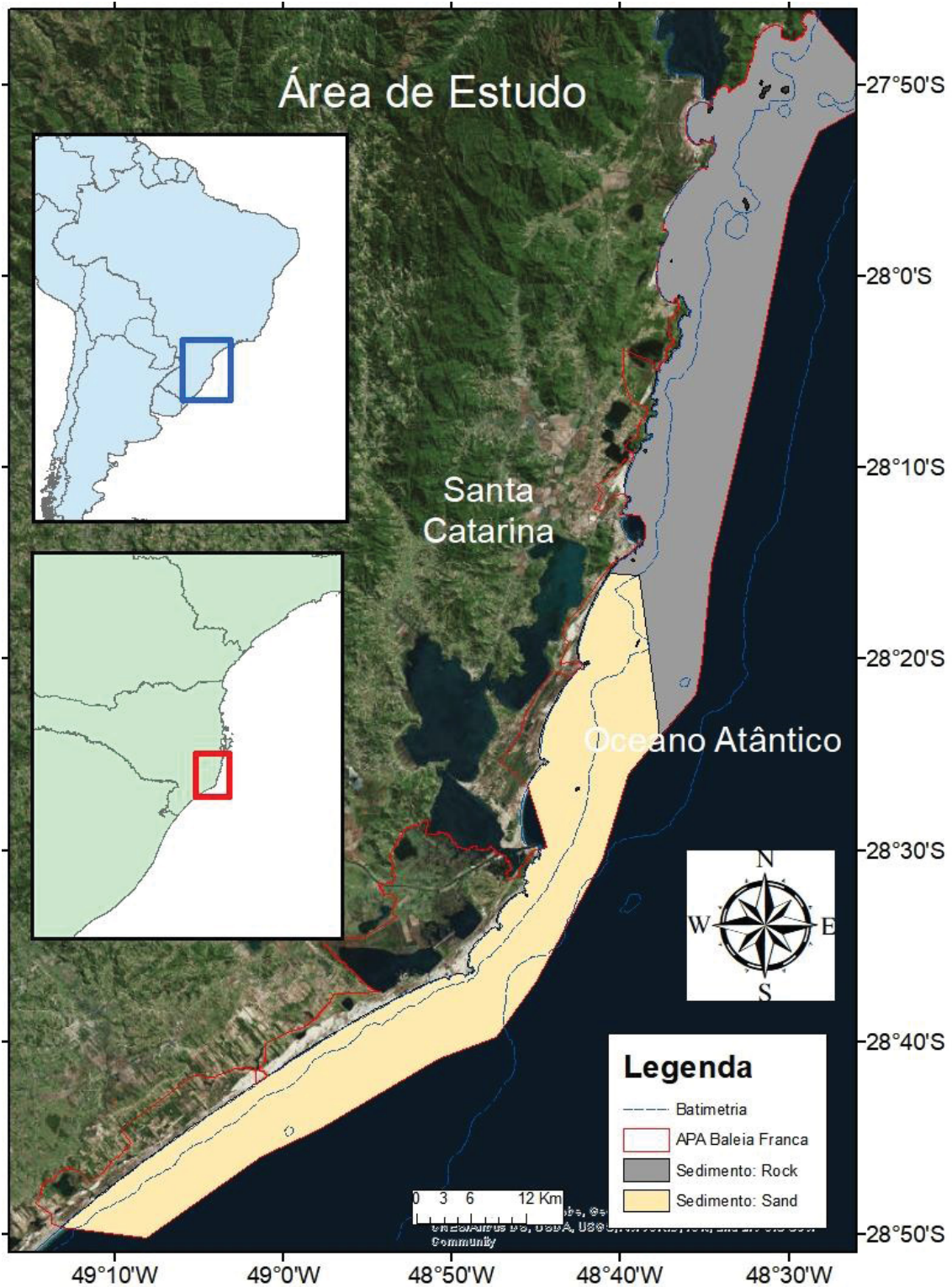
Wood SN (2006) Generalized Additive Models: An Introduction with R. CRC Press, Nova York, 410 p.

Wood SN (2017) Package mgcv 1.8-22. <https://cran.r-project.org/web/packages/mgcv/mgcv.pdf>.

Zurr AF, Ieno EN, Elphick CS (2010) A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. *Methods in Ecology and Evolution*, 1: 3-14.

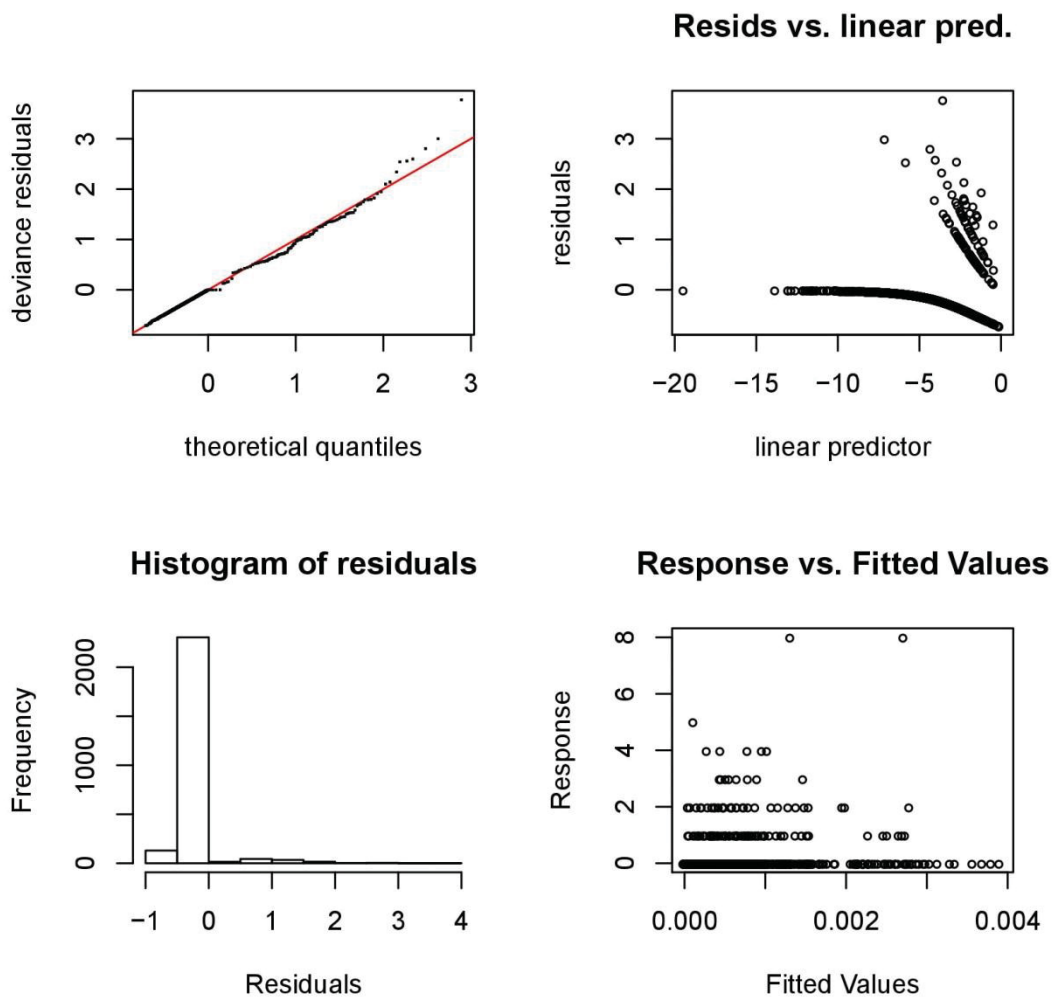
Zuur AF, Ieno EN, Waljer N, Saveliev AA, Smith GM (2009) Mixed effects models and extensions in ecology with R. Springer, New York, 572p

## ANEXOS



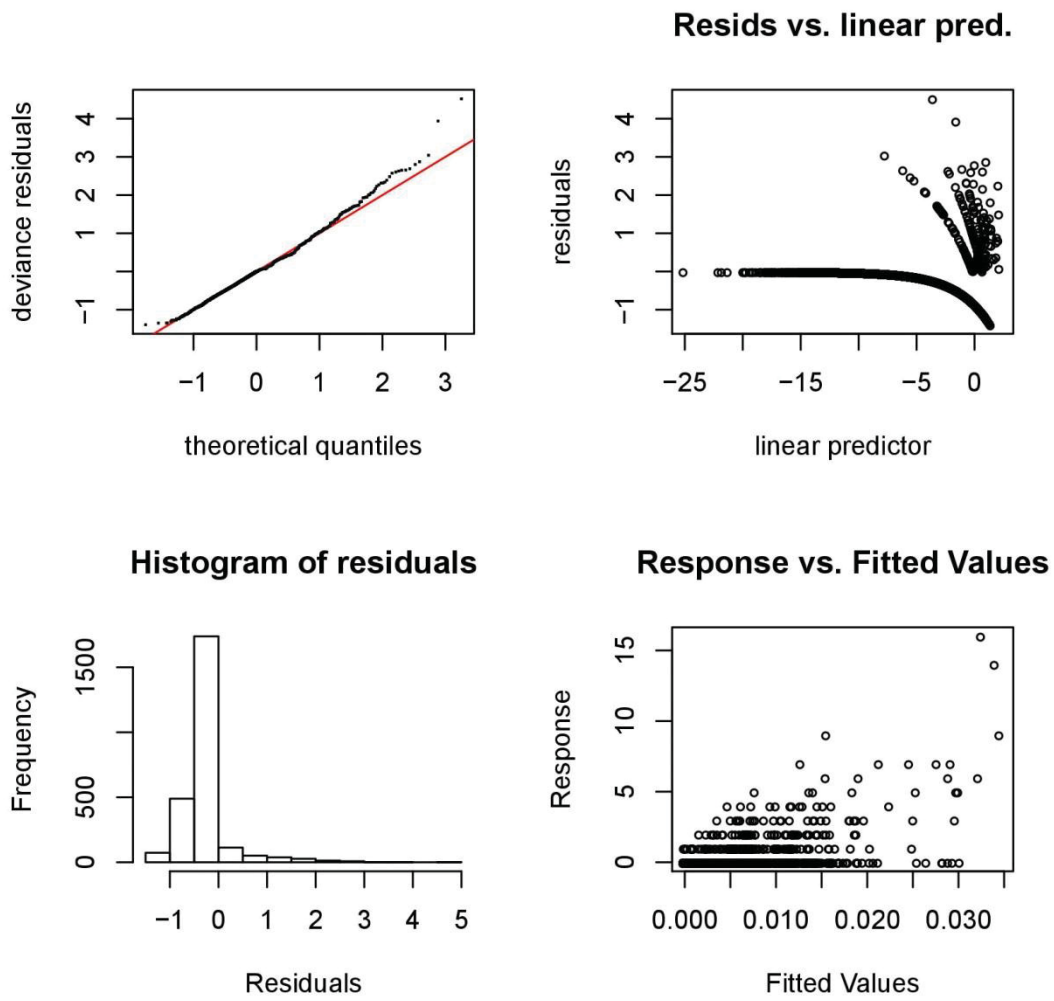
**Figura 12:** Mapa da área de estudo destacando algumas variáveis explanatórias.





**Figura 13:** Análise dos resíduos do modelo GAM Binomial Negativo selecionado para Adultos sem filhote.





**Figura 14:** Análise dos resíduos do modelo GAM ZIP selecionado para Mães com filhote.

### **Capítulo 3:**

**MODELAGEM PREDITIVA DE ÁREAS REPRODUTIVAS DA BALEIA-FRANCA-AUSTRAL – *Eubalaena australis* (Desmoulins, 1822) – NO SUL DO BRASIL.**

## RESUMO

---

De modo a prever áreas de concentração (*hotspots*) da baleia-franca-austral, no sul do Brasil, utilizou-se a modelagem de máxima entropia, uma técnica de modelagem que inclui *presence only data*. Os dados de ocorrência de baleias foram obtidos por monitoramento aéreo, registros públicos do Programa de Monitoramento de Cetáceos da Bacia de Santos (PMC-BS) e pelo Sistema de Apoio ao Monitoramento de Mamíferos Marinhos (SIMMAM). Com o objetivo de evitar a auto correlação espacial dos dados foram considerados 528 de um total de 3.028 registros. As variáveis explanatórias utilizadas foram: distância da costa, linearidade da costa, declividade e substrato. Foram elaborados modelos para adultos sem filhote (Ad) e mães com filhote (Fe) separadamente. Ambos os modelos apresentaram boa acurácia segundo o valor do AUC (Ad = 0,974; Fe = 0,958). Para os Ad a variável de distância da costa foi a que mais contribuiu no modelo (54%), já para Fe a linearidade da costa teve maior contribuição (82%). Para ambas as classes o sedimento foi a variável que menos contribuiu (Ad = 2,2%; Fe = 1,7%). Os *hotspots* para fêmeas com filhotes apresenta uma área mais costeira quando comparado a Ad. Este é o primeiro trabalho com o objetivo de identificar potenciais áreas de ocorrência da baleia-franca no Brasil e permitirá direcionar esforços de pesquisa ao longo da costa do sul do Brasil.

*Palavras-chave:* *Eubalaena australis*; Máxima Entropia; Área de Reprodução; Conservação.

## INTRODUÇÃO

---

Baleias realizam grandes migrações entre áreas de alimentação e reprodução (Corckeron e Connor 1999). No Atlântico sul ocidental a baleia-franca-austral, *Eubalaena australis* (Desmoulins, 1822), utiliza o entorno das Ilhas Geórgia do Sul como área de alimentação (Zerbini *et al.* 2015), migrando principalmente para a Península Valdes, na Argentina, para reproduzir (Rowntree *et al.* 2001). Já baleias-jubarte, *Megaptera novaeangliae* (Borowski 1781), foram rastreadas por telemetria satelital desde o nordeste do Brasil até as Ilhas Georgias do Sul (Zerbini *et al.* 2006). Estas informações nos permitem inferir sobre a magnitude dos gradientes ambientais que estas espécies são capazes de suportar. Sendo assim, o nicho ecológico efetivo das baleias migratórias representa uma área muito grande e conseqüentemente, um elevado gradiente das condições que os definem.

Tentativas de prever os padrões de distribuição de diferentes espécies vêm se tornando cada vez mais comuns nos últimos anos (Redfern *et al.* 2006) e tais padrões elencam informações básicas para a definição de estratégias de conservação. Técnicas de modelagem de habitat costumam ser utilizadas com boa efetividade para prever a distribuição dos cetáceos, incluindo baleias migratórias (Redfern *et al.* 2006).

Modelos de regressão como GLMS e GAMS são frequentemente utilizados em situações onde as coletas de dados seguem protocolos bem definidos. Em casos onde os registros não seguem estas premissas, com dados menos sistemáticos, amostragem em área limitada ou ainda quando temos informações do tipo *presence only data* (i.e., informações de museus, coleções, etc...), os métodos como o de máxima entropia são o mais indicados (Elith *et al.* 2011)

Nos estudos que consideram espécies migratórias, as variáveis explanatórias, que servem para prever a distribuição em áreas de alimentação, diferem das que definem a distribuição nas áreas de reprodução (Redfern *et al.* 2006). Normalmente, em áreas de alimentação, os principais fatores que influenciam a distribuição das baleias estão associados à distribuição de suas presas (Redfern *et al.* 2006). Já nas áreas de reprodução, as características oceanográficas físicas, que conferem as condições necessárias para a

sobrevivência dos filhotes são mais importantes (Redfern *et al.* 2006; Rayment *et al.* 2015).

A baleia-franca-austral é uma espécie migratória que utiliza o litoral brasileiro como área de reprodução (Palazzo e Carter 1983; Simões-Lopes *et al.* 1992; Lodi *et al.* 1996). Devido à intensa atividade baleeira, a espécie atualmente se concentra no litoral do Estado de Santa Catarina, com registros esporádicos em outras regiões (Ellis 1969; Figueiredo *et al.* 2017; Morais *et al.* 2017; Renault-Braga *et al.* 2018).

Recentemente, verificaram-se algumas alterações nos padrões de distribuição das baleias-franca na área reprodutiva do Brasil, onde enseadas pouco frequentadas no passado passaram a abrigar altas densidades de baleias nos últimos anos (Renault-Braga *et al.* 2018). Essas alterações foram associadas à reocupação de áreas originais em decorrência de um crescimento populacional. Esse crescimento anual atualmente está estimado em 4,8% para a população brasileira de baleias-franca (capítulo 1 desta tese). Devido ao fato da população estar crescendo, provavelmente as principais enseadas estão, a cada ano, mais próximas da capacidade suporte. De acordo com esse pressuposto, é plausível que as baleias procurem novas enseadas com características físicas semelhantes. Prever quais serão essas áreas permitirá direcionar os esforços de conservação.

Sendo assim, o presente estudo busca prever a ocupação de novas áreas de concentração reprodutivas para baleia-franca-austral (daqui em diante denominada como *hotspots*) utilizando técnicas de modelagem de habitat, considerando um banco de dados de 16 anos de amostragem.

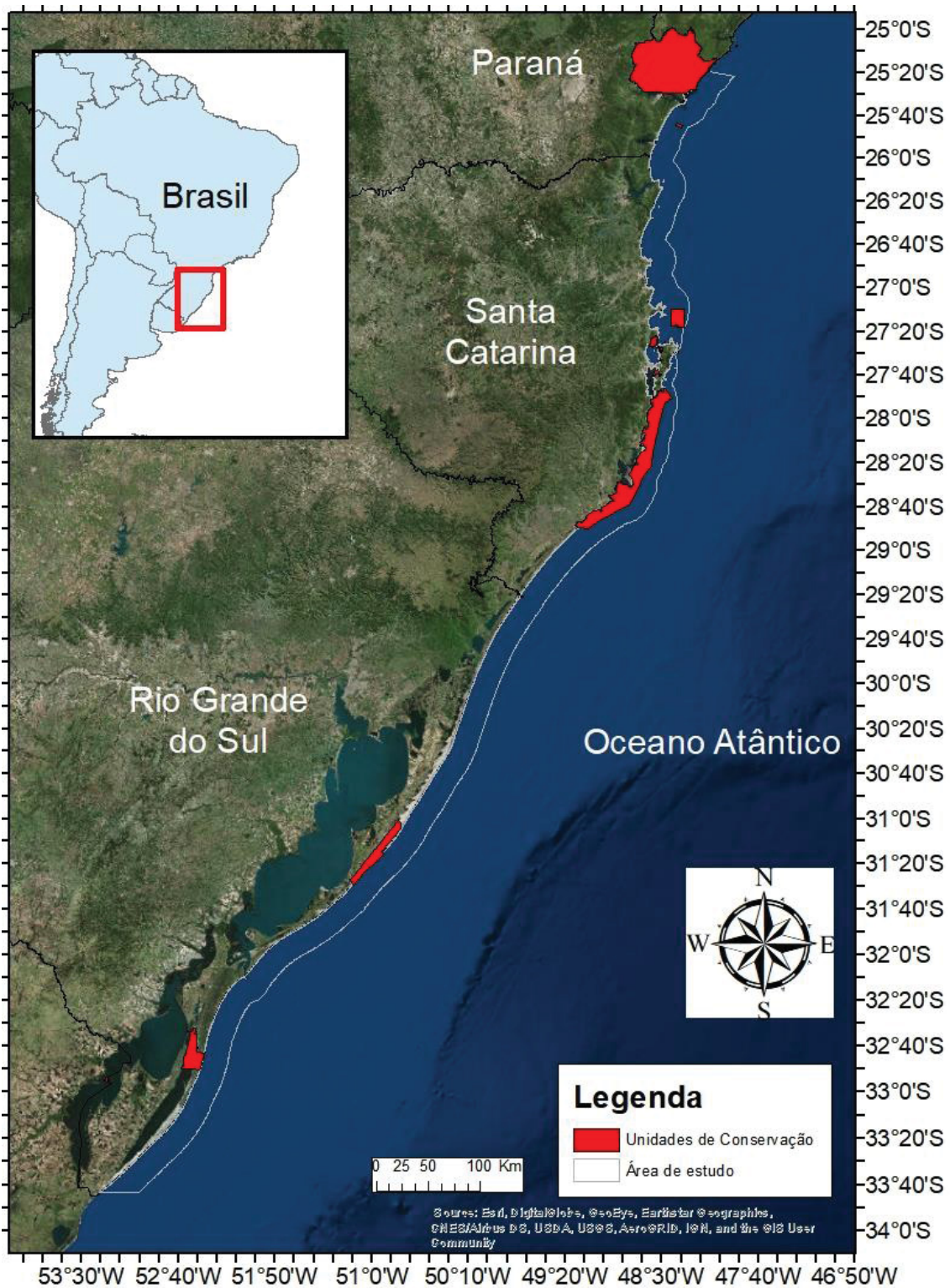
## METODOLOGIA

---

### Área de estudo

A área delimitada para avaliar a probabilidade de ocorrerem *hotspots* da baleia-franca-austral em sua área de reprodução do Brasil considerou a costa sul especialmente os Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (-25,319 a -33,727). A partir da linha de costa foi extraído um *Buffer* de 20 km, onde toda a área sobreposta com o ambiente terrestre foi excluída. No total, a área de estudo possui 23.027 km<sup>2</sup> (figura 15).

Nesta região existem 11 unidades de conservação federais (três parques nacionais, três áreas de proteção ambiental, duas reservas biológicas de biodiversidade, duas estações ecológicas e um refúgio da vida silvestre). Destas, quatro são exclusivamente marinhas e três costeiras e marinhas.



**Figura 15:** Mapa da área de estudo com destaque para as unidades de conservação (em vermelho) nos Estados da região sul do Brasil.



## Modelagem de Máxima Entropia - Maxent

Para identificar potenciais *hotspots* da baleia-franca-austral, foi realizada a modelagem de Máxima Entropia (Maxent). Este método utiliza dados do tipo *presence only*, portanto, permite o uso de bancos de dados com esforços não sistemáticos (Elith *et al.* 2011). O Maxent já foi utilizado para prever *hotspots* de diferentes grupos de vertebrados, incluindo mamíferos marinhos (Contreira 2016). Um questionamento recorrente sobre o uso de dados do tipo *presence only* e consequentemente ao uso do Maxent, é seu forte viés devido ao esforço diferenciado entre as áreas amostradas. Para lidar com este viés, o método Maxent gera dados de “pseudo-ausência” a partir dos registros de ocorrência e de uma delimitação espacial. Estes dados possuem os mesmos vieses espaciais associados aos dados *presence only* (Philips e Dudík 2008; Philips *et al.* 2009). Além disso, métodos de filtragem dos dados nos permitem diminuir esse viés de amostragem (Lobo 2016).

Foram gerados modelos no software MAXENT 3.4.1 com 10 réplicas para cada classe (adultos sem filhote e mães com filhote). A média dos modelos foi considerada como o modelo final. A acurácia do modelo foi avaliada através do valor do AUC (Area Under the Curve, obtido através da curva RAC – Receiver Operator Characteristic) onde valores próximos a 1,0 demonstram maior acurácia (Philips *et al.* 2004). Foi realizado um teste de Jackknife para verificar a contribuição de cada variável no modelo final.

## Banco de dados

Os registros foram obtidos a partir de diversas fontes, principalmente do monitoramento aéreo realizado pelo Instituto Australis e pelo Projeto Baleia Franca. Foram também utilizados os registros obtidos do Sistema de Apoio ao Monitoramento de Mamíferos Marinhos – SIMMAM (<http://simmam.acad.univali.br/site/>) e os dados públicos do Projeto de Monitoramento de Cetáceos na Bacia de Santos – PMC-BS (<http://sispmcprd.petrobras.com.br/sispmc>).

O monitoramento aéreo possui um desenho amostral bem definido, entretanto a área de abrangência e periodicidade variou ao longo dos anos. As rotas



ocorriam à distância aproximada de 500 metros, paralelamente a linha de costa a uma velocidade de 60 nós e 300 metros de altitude. Os sobrevoos ocorriam sempre em condições de mar inferior a quatro na escala Beaufort e boa visibilidade (quando era possível identificar a linha do horizonte). Ao identificar um grupo o helicóptero se deslocava para registro da posição latitude/longitude com um GPS e fotografias. Os grupos de baleias eram fotografados e classificados quanto à composição (adulto sem filhote, mãe com filhote). Ao todo foram utilizados 50 sobrevoos entre os anos de 2003 a 2018, cuja área de abrangência variou de Cabo Frio/RJ (latitude -22,220) até Chuí/RS (latitude -32,115.). Foram consideradas apenas as avistagens dentro da área de estudo. Tanto os dados do SIMMAM quanto do PMC-BS fazem parte do banco de dados públicos até a data de 10/12/2018. SIMMAM é uma plataforma de sistema de informação geográfica que é alimentada por pesquisadores cadastrados que registram informações sobre avistagens, capturas acidentais e encalhes de mamíferos aquáticos (Barreto *et al.* 2006). Nele os dados são classificados quanto à confiabilidade e apenas dados classificados como confiáveis foram utilizados. Já o PMC-BS trata-se de um estudo sistemático conduzido na região entre Cabo Frio (RJ) e Florianópolis (SC) com o foco de avaliar a influência da exploração de petróleo do Polo Pré Sal da Bacia de Santos nas populações de cetáceos.

De modo a diminuir a autocorrelação espacial dos pontos de avistagens, foi criado um filtro onde 25% das avistagens de cada classe foram selecionados aleatoriamente e todos os registros em distâncias inferiores a um quilometro destes pontos foram excluídas (adaptado de Lobo 2016).

### Variáveis explanatórias

Foram selecionadas cinco variáveis explanatórias para explicar os padrões de distribuição das baleias-franca (tabela 9).

**Tabela 9:** Variáveis explanatórias utilizadas na construção dos modelos de predição de hotspots de baleias-franca-austral no sul do Brasil.

Variável	Unidade	Referencias	Referência	Colinearidade
----------	---------	-------------	------------	---------------

Explanatória		no modelo		
Distância da costa	metros	Cap 2; Elwen e Best 2004 a; Rayment <i>et al.</i> 2014	Coast_dist	
Batimetria	metros	Elwen e Best 2004a; Elwen e Best 2004b; Keller <i>et al.</i> 2012; Rayment <i>et al.</i> 2014	Bat	Declividade (1.0)
Declividade	graus	Cap 2; Elwen e Best, 2004a; Elwen e Best, 2004B; Espirito Santo 2012; Rayment <i>et al.</i> 2014; Seyboth <i>et al.</i> 2015;	Slope	Batimetria (1.0)
Linearidade de costa	índice	Cap 2; Espirito Santo 2012	Coast_line	
Tipo de sedimento	categórica	Cap 2; Elwen e Best 2004b	Substrate	

A distância da costa foi estimada a partir do centroide de um grid gerado (500 X 500 metros) em relação à linha de costa a partir da ferramenta “near” do software Arcmap 10.1 (ESRI). As linhas batimétricas foram obtidas do Projeto Batimetria do serviço Geológico do Brasil – CPRM: (<http://www.cprm.gov.br/publique/Geologia/Geologia-Marinha/Projeto-Batimetria-3224.html>) e, a partir de uma interpolação TIN (Triangulated Irregular Network) uma superfície raster foi gerada utilizando a ferramenta “Spatial Analyst” do ArcMAP 10.1 (ESRI). Para obtenção dos dados de declividade, o raster de batimetria foi convertido em ângulos utilizando a ferramenta “slope” no ArcMAP 10.1 (ESRI). A linearidade da costa foi obtida dividindo a linha de costa latitudinalmente em intervalos de 4 km e dividindo o tamanho da real linha de costa pelo tamanho linear (considerando a angulação da costa). Para as áreas com distância da costa superior a 1,5 km, a linearidade foi considerada um (01), uma vez que se tratava de áreas abertas e desprotegidas. As informações de tipo de sedimento foram extraídas de imagens georeferenciadas do atlas de morfologia e sedimentologia da região (Martins e Correa 1996). Todos os dados georeferenciados foram projetados em coordenadas UTM WGS84 22S.

Para eliminar a colinearidade, “Pairplots” foram gerados no software R. 3.4.2 (Zuur *et al.* 2009). Variáveis que obtiveram  $r \geq 0,7$  foram consideradas colineares e uma delas foi excluída do modelo final. As variáveis de Batimetria

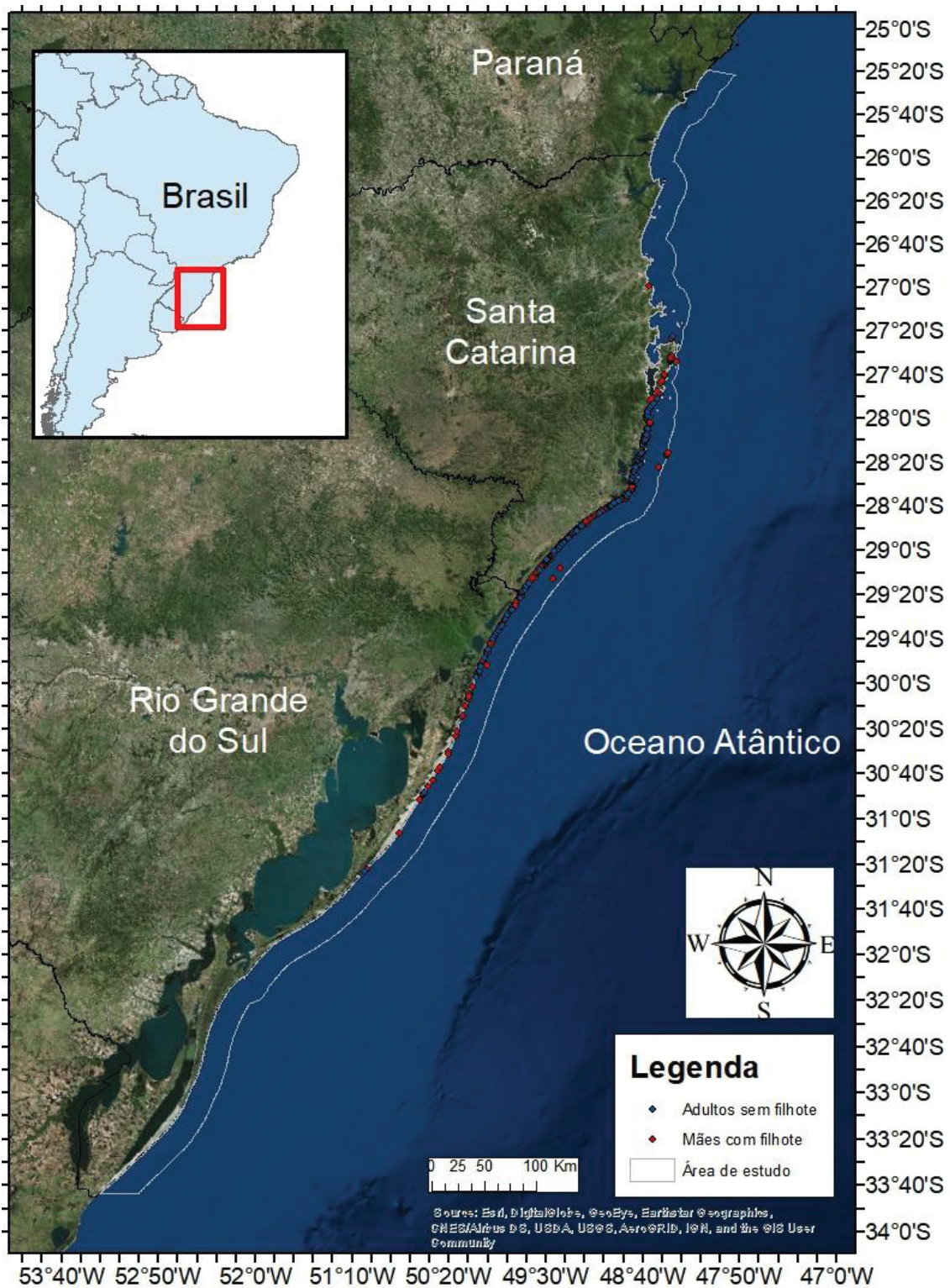
e Declividade foram colineares e para definir qual seria excluída, elaborou-se um modelo completo e a que possuía menor contribuição do modelo foi excluída. A variável declividade possui maior explicação de acordo com os testes de jackknife e foi mantida no modelo final.

## RESULTADOS

---

### **Dados de presença de baleias-franca**

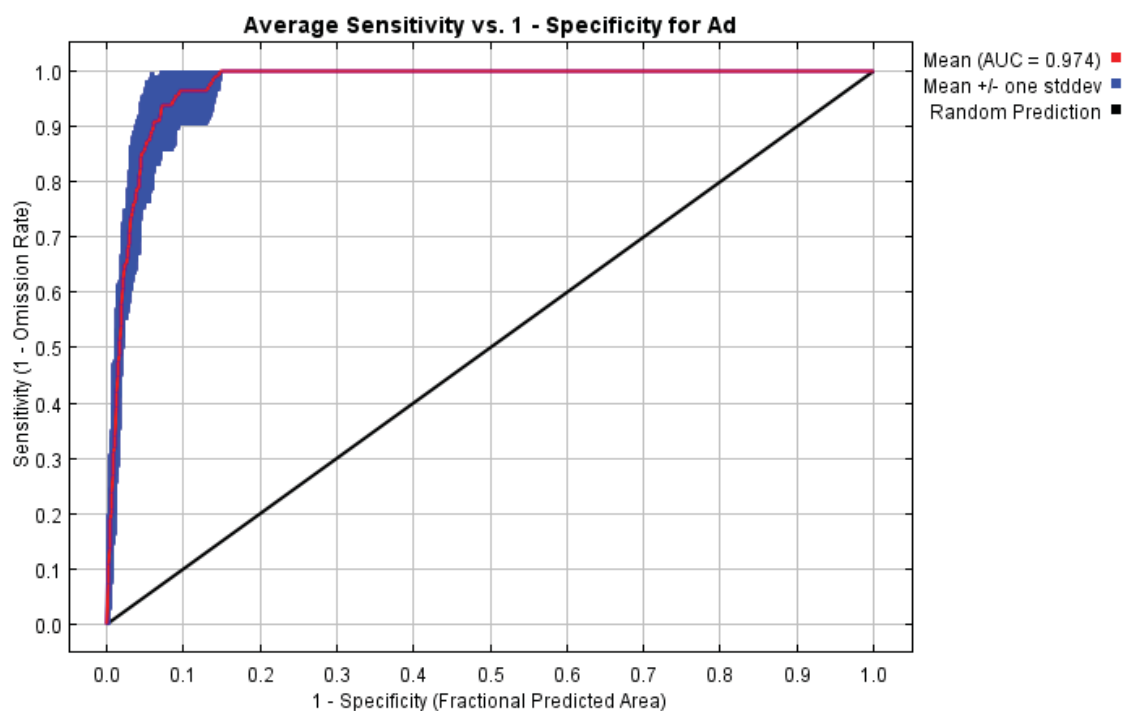
O banco de dados contou com 3.010 registros originados a partir dos sobrevoos, 16 registros obtidos da plataforma SIMMAM e duas ocorrências através do PMC-BS. Após o processo de triagem, 528 pontos georeferenciados de baleias-franca foram utilizados para a elaboração do modelo, sendo destes 110 pontos representando a presença de adultos sem filhote e 418 fêmeas com filhote (figura 16).



**Figura 16:** Pontos georeferenciados de presença de baleia-franca-austral ao longo da área de estudo delimitada após a triagem das ocorrências (110 adultos sem filhote e 418 fêmeas com filhote) no sul do Brasil.

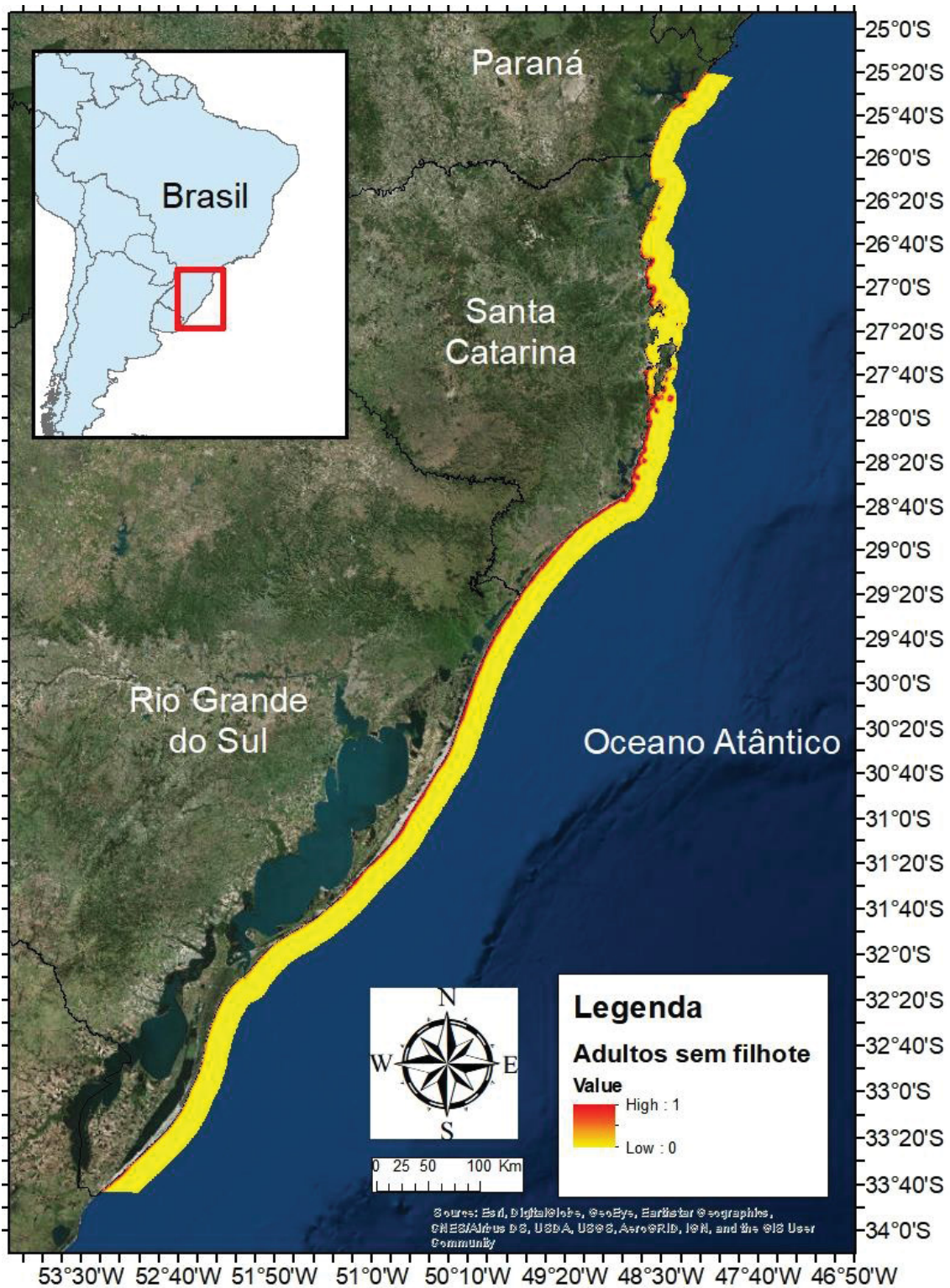
### Adultos sem filhote

As quatro variáveis foram utilizadas e o valor do AUC indicou um bom desempenho do modelo (AUC= 0,974 ± 0,004) (figura 17). Os mapas predizendo potenciais *hotspots* de adultos sem filhote de baleias-franca no sul do Brasil destacaram apenas áreas costeiras com diversas regiões de provável ocorrência (figura 18).



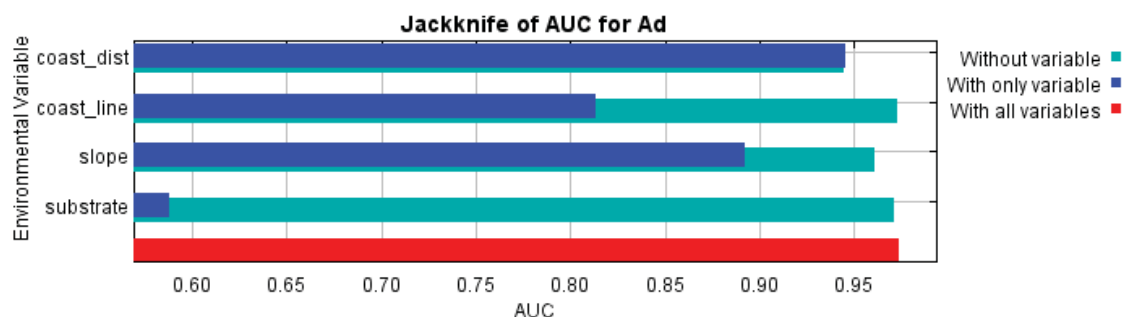
**Figura 17:** Curva ROC obtida pelo modelo médio de predição de hotspots de baleias-franca-austral ao longo do litoral sul do Brasil. A curva gerou um AUC de 0,971 e desvio padrão de ± 0,004.





**Figura 18:** Potenciais *hotspots* de adultos sem filhote de baleias-franca-austral nos Estados da região sul do Brasil.

As variáveis de declividade, distância e linearidade da costa foram as que mais contribuíram para o modelo de adultos sem filhotes de baleia-franca com contribuição de 54%, 24,5% e 19,3%, respectivamente. A variável tipo de sedimento teve pouca contribuição (2,2%), entretanto, o teste de jackknife indica que a exclusão de qualquer uma das quatro variáveis iria reduzir o valor do AUC do modelo final (figura 19).

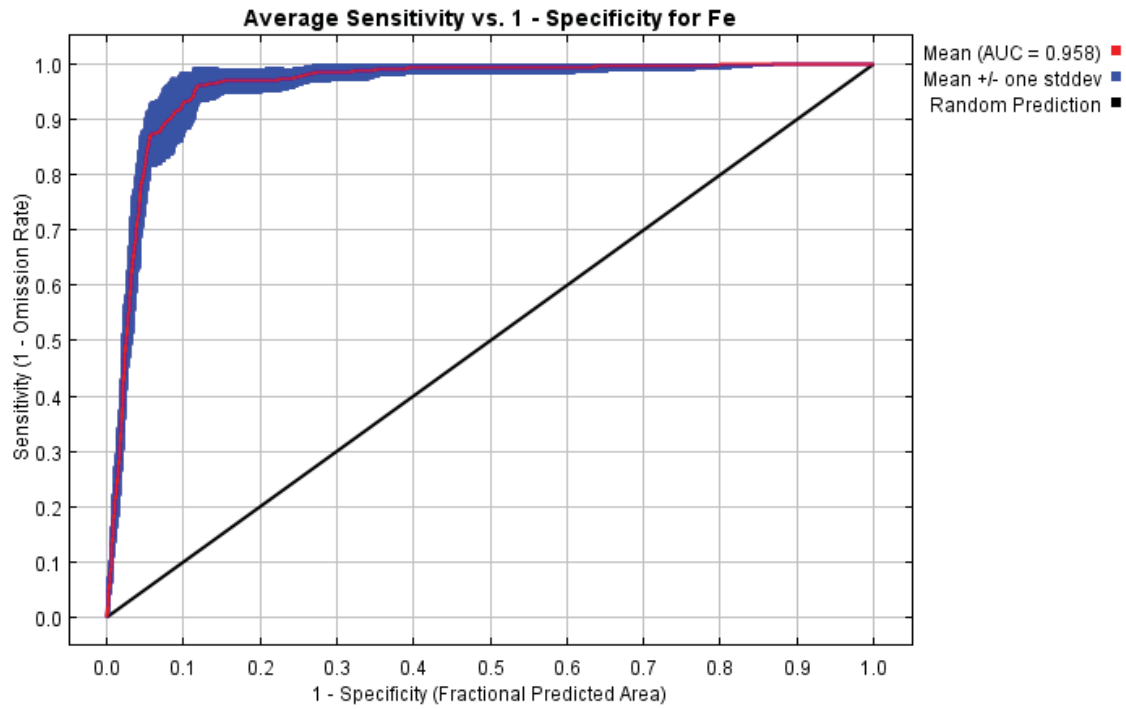


**Figura 19:** Testes Jackknife do AUC para Adultos sem filhote de baleia-franca. A coluna em azul claro indica um modelo onde a variável explanatória do eixo Y está ausente e a em azul escuro um modelo contendo apenas a variável indicada. A coluna vermelha indica o modelo final contendo todas as variáveis. O eixo X representa o valor do AUC.

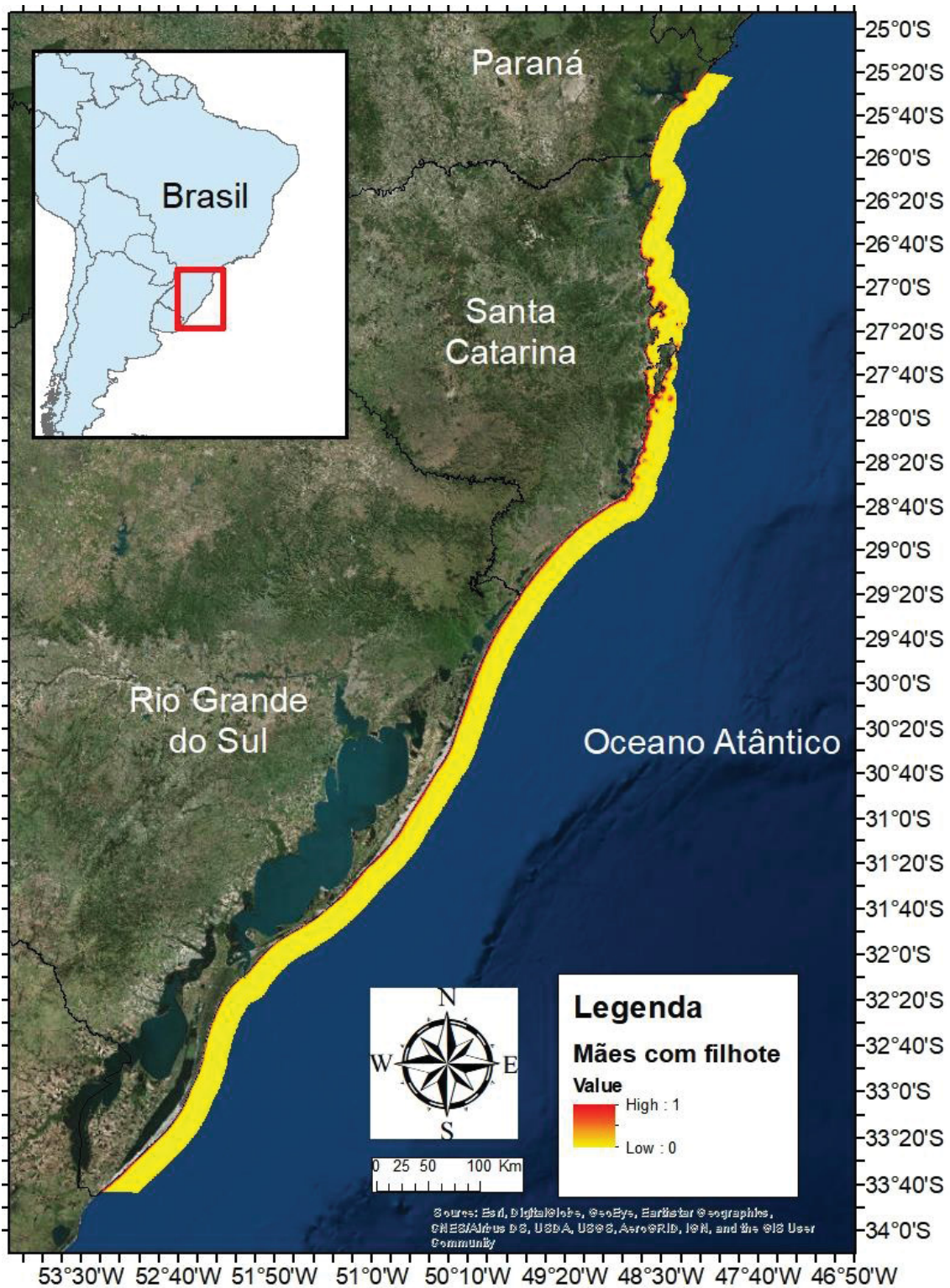
### Mães com filhote

Assim como para adultos sem filhote, as quatro variáveis foram utilizadas no modelo que apresentou um bom desempenho ( $AUC = 0,958 \pm 0,012$ ) (figura 20). O mapa de predição do modelo indicou hotspots em praticamente toda a região costeira da área delimitada, porém com uma distribuição mais costeira quando comparado aos adultos sem filhotes (figura 21).



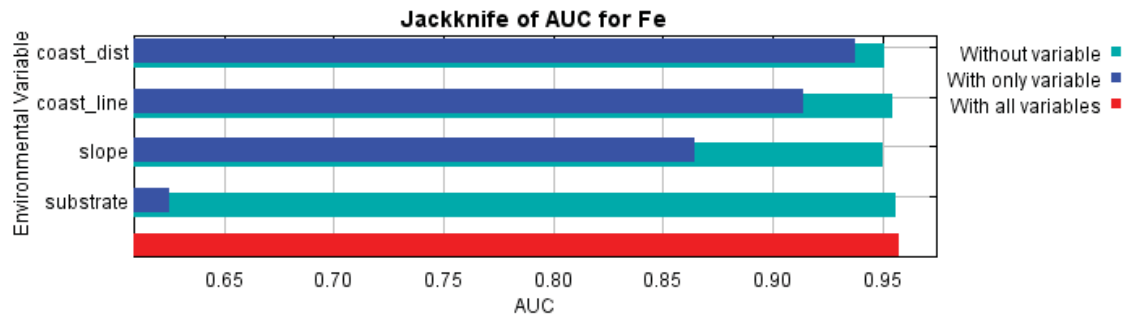


**Figura 20:** Curva ROC obtida pelo modelo médio de predição de hotspots de mães com filhote de baleias-franca-austral ao longo do litoral sul do Brasil. A curva gerou um AUC de 0,963 e desvio padrão de  $\pm 0,006$ .



**Figura 21:** Potenciais *hotspots* de mães com filhote de baleias-franca-austral no sul do Brasil.

A linearidade de costa teve o maior percentual de contribuição (82%) seguido da declividade (11,6%), distância da costa (4,6%) e finalmente do tipo de sedimento (1,7%). O teste de jackknife descreveu que em todos os casos que uma das variáveis fosse excluída do modelo, os valores do AUC continuariam próximos, porém, sempre inferiores ao modelo completo (figura 22).



**Figura 22:** Testes Jackknife do AUC para adultos sem filhote de baleia-franca. A coluna em azul claro indica um modelo onde a variável explanatória do eixo Y está ausente e a em azul escuro um modelo contendo apenas a variável indicada. A coluna vermelha indica o modelo final contendo todas as variáveis. O eixo X representa o valor do AUC.

## DISCUSSÃO

---

Historicamente, a baleia-franca se distribuía desde o litoral do Estado da Bahia até o Estado do Rio Grande do Sul (Lodi *et al.* 1996). Atualmente ela é mais frequente no sul do Brasil, principalmente ao Estado de Santa Catarina com registros esporádicos na região nordeste e sudeste do Brasil (Simões-Lopes *et al.* 1992; Lodi *et al.* 1996; Groch *et al.* 2005; Figueiredo *et al.* 2017; Renault-Braga *et al.* 2018). Modelagens anteriores indicaram fatores que podem influenciar a distribuição da espécie (Renault-Braga 2014; Seyboth *et al.* 2015), porém esse é o primeiro trabalho que teve como foco prever potenciais *hotspots* reprodutivos.

O método de máxima entropia, que lida com dados do tipo *presence only*, permitiu a compilação e uso de um banco de dados onde foi possível incluir informações de ocorrências em áreas neríticas e oceânicas, apesar de já ser conhecido que em áreas reprodutivas a distribuição costeira é padrão da espécie (Best 1990; Danilewicks *et al.* 2016). Provavelmente estes registros mais distantes da costa sejam esporádicos ou até mesmo de indivíduos em rotas migratórias.

Os *hotspots* previstos pelos modelos apontam várias áreas em toda a região analisada. Atualmente, presença da espécie no litoral do Estado do Paraná (dados não publicados) e Estado do Rio Grande do Sul (Greig *et al.* 2001) já é confirmada por encalhes e avistagens. Entretanto, os fatores que fazem com que estes indivíduos não utilizem tais áreas com a mesma frequência que as do Estado de Santa Catarina não são bem compreendidos. Ao sul do Estado de Santa Catarina, a sazonalidade é bem demarcada (Groch 2005; Espírito Santo 2012; Silva 2014; Seyboth *et al.* 2015; Renault-Braga *et al.* 2018; ), já nas regiões ao norte de Florianópolis, a ocorrência é esporádica, porém ainda mais frequente quando comparado aos Estados do Paraná e Rio Grande do Sul.

Sabe-se que no século XIX a caça de baleias-franca colapsou os estoques do Estado de Santa Catarina (Morais *et al.* 2017). A última estação baleeira encerrou as atividades em 1829 no município de Imbituba (Ellis 1969). A retomada da caça ocorreu na década de 1950, quando provavelmente a população apresentou alguma recuperação e foi encerrada novamente em

1973 com o último registro de caça no Brasil (Palazzo e Carter 1983). Em 1986 a caça a qualquer espécie de cetáceo foi oficialmente proibida no Brasil.

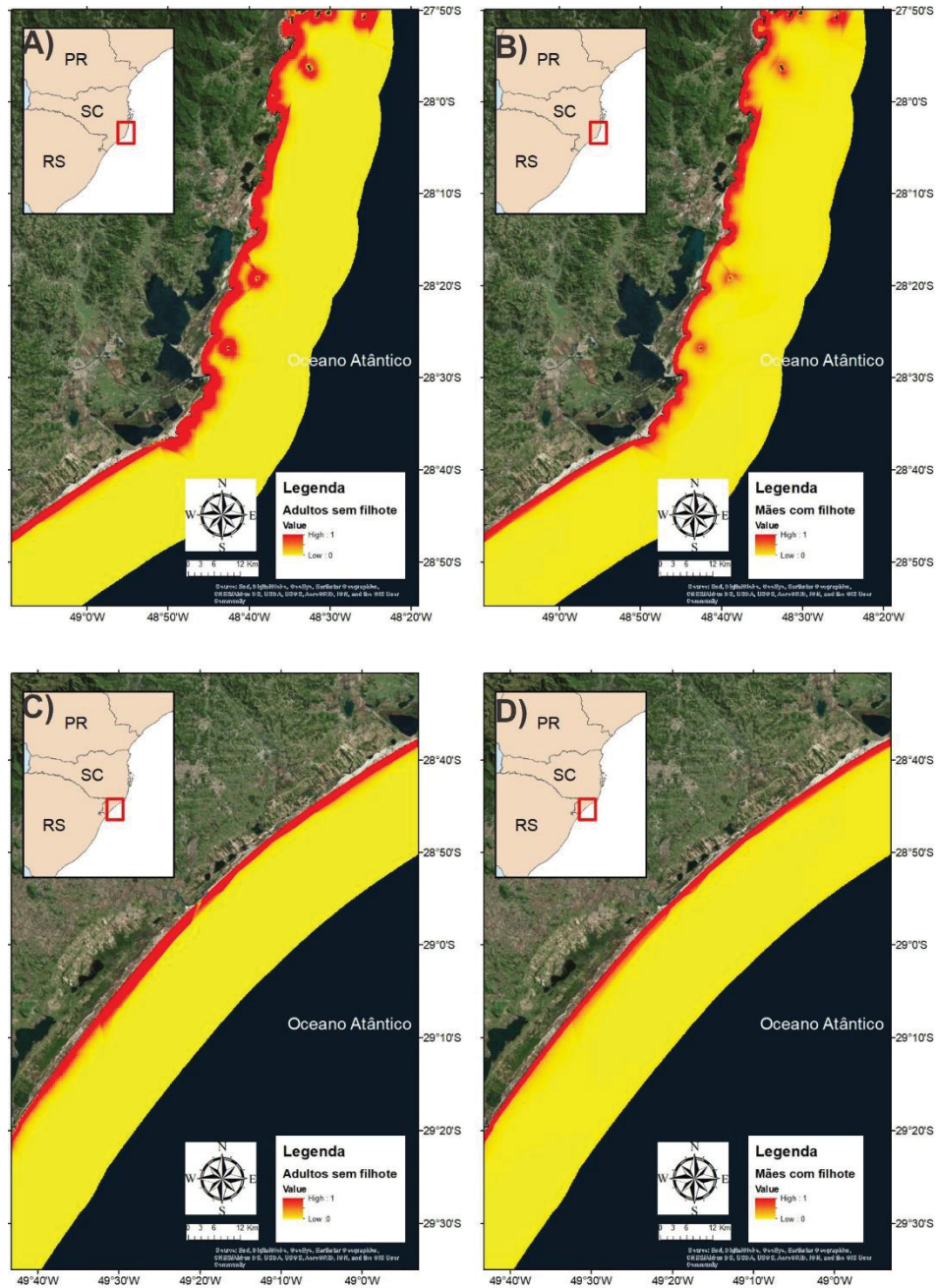
As baleias-franca apresentam fidelidade as áreas reprodutivas (Rowntree *et al.* 2001; Groch *et al.* 2005) e essa fidelidade pode ser transmitida culturalmente entre mãe e filhote (Valenzuela *et al.* 2009). O fato das baleias-franca ocorrerem com maior regularidade entre Florianópolis (latitude -27,768) e Torres (latitude -29,367) pode se dar, simplesmente, pela perda desta memória de fidelidade a outras áreas de reprodução, devido às atividades da caça. Entretanto, a recuperação populacional que estamos observando no Estado de Santa Catarina (Cap. 1 desta tese; IWC 2012), provavelmente deve levar algumas enseadas a ficarem superpopulosas durante o período reprodutivo, forçando a procura por novas áreas. Esse processo permitiria a retomada gradativa de novas áreas.

Na área reprodutiva da Península Valdez, Argentina, grupos de baleias-franca formados por mães e filhotes e adultos solitários evitam regiões onde a densidade de indivíduos seja superior a três baleias por km<sup>2</sup> (Suyero *et al.* 2018). No Brasil, não se sabe se o padrão se repete, porém, alterações na área de ocorrência e o surgimento de novas áreas preferenciais já foram relatadas (Renault-Braga *et al.* 2018), sugerindo uma expansão na atual área de ocorrência.

Os mapas de predição demonstram que os *hotspots* de pares de mães com filhotes são mais costeiros quando comparados aos adultos sem filhote. A área delimitada pela predição apresenta enseadas de diversos tamanhos e mesmo em costas retilínea, conseqüentemente mais exposta à ação de ondulações e vento. O padrão de *hotspots* costeiros para mães com filhotes ocorre em ambas as condições de costa (figura 23). Existem diversas vantagens para fêmeas permanecerem em áreas mais próximas da costa (Best 1990; Burnnell 2001; Elwen e Best 2004a; Rayment *et al.* 2014). Regiões costeiras podem conferir proteção para as baleias da ação de ondas e ventos (Payne 1986; Elwen e Best 2004a; Rayment *et al.* 2014). Durante o período reprodutivo, as baleias-franca permanecem em jejum. Isso exige estratégias para conservação de energia, principalmente para mães com filhotes e também a maior permanência em áreas reprodutivas em função do desenvolvimento do filhote (Groch 2005). Portanto, a escolha por regiões mais calmas pode ter uma



relação direta com a sobrevivência da mãe e do filhote (Payne 1986; Elwen e Best 2004a). Além disso, a proximidade da costa confere também proteção contra a ação de predadores, uma vez que são áreas normalmente mais rasas.



**Figura 23:** Potenciais hotspots de baleias-franca-austral no sul do Brasil. A, B) detalhe da região com a costa recortada; C, D) região com costa retilínea. A e C representam adultos sem filhote, enquanto B e D representam mães com filhotes.

A variável de distância da costa teve maior contribuição nos modelos para os adultos sem filhote, enquanto para as mães com filhote foi a linearidade da costa. Isso porque a linearidade está relacionada à proteção oferecida pelas enseadas contra ação de ondas e ventos e conseqüentemente, à economia de energia da mãe e do filhote recém-nascido (Rayment *et al.* 2014).

A distribuição costeira de espécies como a baleia-franca é preocupante já que entra em conflito com os centros urbanos e suas diversas atividades antrópicas como por exemplo a maior possibilidade de colisões com embarcações (Laist *et al.* 2001; Conn e Silber 2013; Grock *et al.* 2013), distúrbios sonoros (Souza-Lima e Clark 2008; Clark *et al.* 2009; Rolland *et al.* 2012) e interações com a pesca (Pontalti e Danielski 2011). Vale ressaltar que, ao longo dos *hotspots* previstos nos modelos, existem cinco portos (Porto de Rio Grande, Porto de Imbituba, Porto de Itajaí, Porto de São Francisco do Sul e Porto de Paranaguá), sendo três considerados de grande porte. Até o momento apenas o Porto de Imbituba contempla um monitoramento sistemático de baleias dentro do Plano de Controle Ambiental. A redução da velocidade de deslocamento das embarcações já é capaz de reduzir drasticamente o risco de colisão com grandes baleias (Conn e Siber 2013; Bezamat *et al.* 2015). Sendo assim, descrever a probabilidade de ocorrência de baleias-franca em áreas portuárias gera subsídios às autoridades para que desenvolvam estratégias que minimizem tais impactos.

A declividade, em ambos os casos, teve a segunda maior contribuição no modelo. A preferência por áreas de menor declividade já foi observada para mães com filhote na África do Sul e Nova Zelândia (Elwen e Best 2004a; Rayment *et al.* 2014). A declividade é um dos principais fatores que caracteriza o morfotipo das enseadas (Pereira *et al.* 2009). As baleias-franca têm preferência por enseadas dissipativas (enseadas com baixa declividade) que conseqüentemente reduzem a energia das ondas, resultando numa maior economia energética para as baleias (Seyboth *et al.* 2015).

Já o tipo de sedimento foi o que menos contribuiu nos dois modelos. Apesar de estudos anteriores indicarem o sedimento como significativo na explicação dos padrões de distribuição de baleias-franca (Elwen e Best 2004a), na região reprodutiva brasileira, o substrato aparentemente não tem influência na explicação da abundância de baleias (cap. 2 desta tese). Na África do Sul

baleias-franca tem preferência por áreas com substratos do tipo arenoso e evitam regiões com formação de substratos rochosos (Elwen e Best 2004a). Em nossa área de estudo existe uma baixa variedade de substratos (arenosos, lodosos e argilosos), com predominância de sedimentos arenosos.

Esses resultados descrevem um possível nicho fundamental para as baleias-francas na costa brasileira. Entretanto, o nicho efetivo inclui outras variáveis como interações intra e interespecíficas, presença de predadores, etc... A descrição desse nicho efetivo exige uma avaliação mais ampla dos fatores bióticos e abióticos. Porém a presença da espécie em registros históricos nas áreas estimadas nos permite supor que os modelos geraram resultados satisfatórios.

A baleia-franca é a única espécie de baleia considerada ameaçada de extinção – Em Perigo – que utiliza a região costeira do Brasil como área reprodutiva (ICMBio 2018). Esse estudo serve para auxiliar nas definições de estratégias de conservação e ao direcionamento dos esforços de pesquisa para estes possíveis *hotspots* reprodutivos previstos.



## REFERÊNCIAS

---

Barreto A, Moraes C, Sperb R, Bughi C (2006) Using GIS to manage cetacean standings. *Journal of Coastal Research*, 39(3): 1643-1645.

Best PB (1990) Trends in the inshore right whale population off South Africa, 1969-1987. *Marine Mammal Science*, 6(2): 93-108.

Bezamat C, Wedekin LL, Simões-Lopes PC (2015) Potential ship strikes and density of humpback whales in the Abrolhos Bank breeding ground, Brazil. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. 25: 712–725.

Burnnel SR (2001) Aspects of reproductive biology, movements and site fidelity of right whales off Australia. *Journal of Cetacean Research and Management*, 2: 89-102.

Clark CW, Ellison WT, Southall BL, Hatch L., Van Parijs SM, Frankel A, Ponirakis D (2009) Acoustic masking in marine ecosystems: Intuitions, analysis, and implication. *Marine Ecology Progress Series*, 395: 201–222.

Conn PB, Silber GK (2013) Vessel speed restrictions reduce risk of collision-related mortality for North Atlantic right whales. *Ecosphere* 4(4): Article 43.

Contreira SG (2016) Potenciais hotspots de megafauna marinha no Sul do Brasil. MSc thesis. Rio Grande, Brasil: Universidade Federal do Rio Grande.

Corkeron PJ, Connor RC (1999). Why do baleen whales migrate? *Marine Mammal Science*, 15: 1228–1245.

Danilewicz D, Moreno IB, Tavares M, Sucunza F (2016). Southern right whales (*Eubalaena australis*) off Torres, Brazil: group characteristics, movements, and insights into the role of the Brazilian-Uruguayan wintering ground. *Mammalia*, 81(3). <https://www.degruyter.com/view/j/mamm.2017.81.issue-3/mammalia-2015-0096/mammalia-2015-0096.xml>.

Elith J, Phillips SJ, Hastie T, Dudík M, Chee YE, Yates CJ (2011) A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions*, 17: 43–57.

Ellis M (1969) *A baleia no Brasil colonial*. Melhoramentos, São Paulo, 235pp.

Elwen SH, Best PB (2004a). Environmental factors influencing the distribution of southern right whales on the south coast of South Africa I: broad scale patterns. *Marine Mammal Science*, 20: 567–582.

Elwen SH, Best PB (2004b) Female southern right whale *Eubalaena australis*: Are there reproductive benefits associated with their costal distribution off South Africa? *Marine Ecology Progress Series*, 269: 289-295.

Espirito-Santo SM (2012). Estudo da distribuição da Baleia Franca Austral, *Eubalaena australis* (Desmoulins, 1822) (Cetartiodactyla, Balaenidae) na costa sul brasileira e relações com fatores ambientais. PhD thesis, Florianópolis, Brasil: Universidade Federal de Santa Catarina.

Figueiredo GC, Santos COM, Siciliano S, Moura JF (2017) Southern Right Whales (*Eubalaena australis*) in an Urbanized Area off the Southwestern Atlantic Ocean: Updated Records and Conservation Issues. *Aquatic Mammals*, 43, (1): 52-62.

Greig AB, Secchi ER, Zerbini NA, Dalla-Rosa L (2001) Stranding events of southern right whales, *Eubalaena australis*, in southern Brazil. *Journal of Cetacean Research and Management*, (Special Issue 2): 157-160.

Groch KR (2005) *Biologia populacional e ecologia comportamental da baleia franca austral, Eubalaena australis* (Desmoulins, 1822), CETACEA, MYSTICETI, no litoral sul do Brasil. PhD thesis, Porto Alegre, Brasil: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Groch, KR, Flores PAC, Kolesnikovas, CKM, Pretto, DJ (2013) Atividades antrópicas e baleias francas: colisão com embarcação de grande porte e sobrevivência no Brasil. In: 4º Congresso Brasileiro de Biologia Marinha (CBBM), Florianópolis (Brasil).

Groch KR, Palazzo Jr JT, Flores PA, Adler FR, Fabian ME (2005) Recent rapid increases in right whale (*Eubalaena australis*) population off southern Brazil. Latin American Journal of Aquatic Mammals, 4(1): 41-47.

ICMBio (2018) Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção volume ii – mamíferos. MMA, Brasília, 1420p. [http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/biodiversidade/fauna-brasileira/livro-vermelho/volumell/vol\\_II\\_parte1.pdf](http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/biodiversidade/fauna-brasileira/livro-vermelho/volumell/vol_II_parte1.pdf).

IWC (2012) Report of the workshop on the assessment of southern right whales. International Whaling Commission, SC/64/Rep5.

Laist, DW, Knowlton AR, Mead JG, Collet AS, Podesta M (2001). Collisions between ships and whales. Marine Mammal Science, 17(1):35-75.

Lobo AJ (2016) Modelagem de nicho ecológico e distribuição potencial do boto-cinza, *Sotalia guianensis* (Van Beneden, 1864). MSc thesis, Ilheus, Brasil: Universidade Estadual de Santa Cruz.

Lodi L, Siciliano S, Bellini C (1996). Ocorrência e conservação de baleias-francas-do-sul, *Eubalaena australis*, no litoral do Brasil. Papeis Avulsos de Zoologia, 39(17): 307-328.

Martins LR, Corrêa ICS (1996) Morphology and sedimentology of the southwest Atlantic coast zone and continental shelf from Cabo Frio (Brazil) to Península Valdés (Argentina). UFRGS-IG-CECO, Porto Alegre, 20.

Morais IOB, Danilewicz D, Zerbini NA, Bortolotto GA (2017) From the Southern right whale hunting decline to the humpback whaling expansion: a review of

whale catch records in the tropical western South Atlantic Ocean. *Mammal Review*, 47: 11-23.

Palazzo JT, Carter LA (1983) A caça de baleias no Brasil. Agapan, Porto Alegre, 25p.

Payne R (1986) Long term behavioral studies of the southern right whale (*Eubalaena australis*). International Whaling Commission, (Special Issue 10): 161-168.

Pereira MD, Schettini CAF, Omashi CY (2009) Caracterização de feições oceanográficas na plataforma de Santa Catarina através de imagens orbitais. *Revista Brasileira de Geofísica*, 27(1):81-93.

Philips SJ, Dudík M (2008) Modeling of species distribution with MAXENT: new extensions and comprehensive evaluation. *Ecography* 31: 161-175.

Philips SJ, Dudík M, Elith J, Grahá CH, Lehmann A, Leathwick J, Ferrier S (2009) Sample selection bias and presence-only distribution models: implications for background and pseudo-absence data. *Ecological Applications* 19: 181-197.

Philips, SJ, Dudík M and Schapire RE (2004) A maximum entropy approach to species distribution modelling. *Proceedings of the Twenty-First International Conference on Machine Learning*: 655-662p.

Pontalti M, Danielski M (2011) Right whale, *Eubalaena australis* (Cetacea, Mysticeti), entanglement records in the reproductive season of 2010 in Santa Catarina, Brazil. *Biotemas* 24, 109–112.

Rayment W, Dawson S, Webster T (2015) Breeding status affects fine-scale habitat selection of southern right whales on their wintering grounds. *Journal of Biogeography*, 42: 463–474.

Redfern JV, Ferguson MC, Becker EA, Hyrenbach KD, Good C, Barlow J, Kaschner K, Baumgartner MF, Forney KA, Balance LT, Fauchald P, Halpin P, Hamazaki T, Pershing AJ, Qian SS, Read A, Reilly SB, Torres L, Werner F (2006) Techniques for cetacean–habitat modeling. *Marine Ecology Progress Series*, 310:271–295.

Renault-Braga EP (2014) Distribuição espaço-temporal da baleia-franca-austral – *Eubalaena australis* (Desmoulins, 1822) – no sul do Brasil. MSc thesis, Rio Grande, Brasil: Universidade Federal do Rio Grande.

Renault-Braga EP, Groch KR, Flores PAC, Secchi ER, Dalla-Rosa L (2018) Area usage estimation and spatiotemporal variability in distribution patterns of southern right whales, *Eubalaena australis*, of southern Brazil. *Marine Ecology*: 10.1111/maec.12506.  
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/maec.12506>.

Rolland RM, Parks SE, Hunt KE, Castellote M, Corkeron PJ, Nowacek DP, Wasser SK and Kraus SD (2012) Evidence that ship noise increases stress in right whales. *Royal Society Proceedings Biology Science*, 279: 2363–2368.

Rowntree VJ, Payne RS, Schell DM (2001) Changing patterns of habitat use by southern right whales (*Eubalaena australis*) on their nursery ground at Península Valdés, Argentina, and their long-range movements. *Journal of Cetacean Research and Management*, (Special Issue), 2: 133-143.

Seyboth E, Groch KR, Secchi ER, Dalla Rosa L (2015) Habitat use by southern right whales, *Eubalaena australis* (Desmoulins, 1822), in their main northern most calving area in the western South Atlantic. *Marine Mammal Science*, 31: 1521–1537. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/mms.12241>.

Silva IB (2013) Distribuição espaço-temporal de *Eubalaena australis* em três praias no seu sítio reprodutivo no sul do Brasil. MSc thesis, Florianópolis, Brasil: Universidade Federal de Santa Catarina.

Simões-Lopes PC, Palazzo Jr JT, Both MC, Ximenez A (1992) Identificação, movimentos e aspectos biológicos da baleia franca austral (*Eubalaena australis*) na costa sul do Brasil. In: 3° Reunión de Trabajo de Expertos en Mamíferos Acuáticos de América del Sur, Montevideo (Uruguai).

Sousa-Lima RS, Clark CW (2008) Modeling the effect of boat traffic on the fluctuation of humpback whale singing activity in the Abrolhos National Marine Park, Brazil. *Canadian Acoustics* 36:174–181.

Suyero N, Crespo EA, Arias M and Coscarella MA (2018) Density-dependent changes in the distribution of Southern Right Whales (*Eubalaena australis*) in the breeding ground Peninsula Valdés. *PeerJ*. <https://doi.org/10.7717/peerj.5957>.

Valenzuela LO, Sironi M, Rowntree VJ, Seger J (2009) Isotopic and genetic evidence for culturally inherited site fidelity to feeding grounds in southern right whales (*Eubalaena australis*). *Molecular Ecology*, 18: 782–791.

Zerbini A, Andriolo A, Heide-Jørgensen MP, Pizzorno J, Geyer Y, VanBlaricom, G, DeMaster D, Simões-Lopes P, Moreira S, Bethlem C (2006). Satellite-monitored movements of humpback whales *Megaptera novaeangliae* in the Southwest Atlantic Ocean. *Marine Ecology Progress Series*. 313. 295-304.

Zuur AF, Ieno EN, Waljer N, Saveliev AA, Smith GM (2009) Mixed effects models and extensions in ecology with R. Springer, New York, 572p.

## CONCLUSÃO

## CONCLUSÃO GERAL

---

A baleia-franca-austral é classificada como em perigo (EM) pela lista brasileira de espécies ameaçadas. Nossos resultados fornecem dados importantes para a conservação desta espécie ameaçada e para o manejo de atividades humanas potencialmente impactantes. As atualizações das estimativas populacionais permitem que tenhamos parâmetros importantes a serem considerados num futuro próximo para esta população. Conseguimos acessar que se trata de uma população que está em crescimento dentro dos padrões de outras áreas reprodutivas. A partir disso, levantamos a hipótese que novas áreas no sul do Brasil devam vir a ser ocupadas ao longo dos próximos anos, caso as taxas continuem seguindo o mesmo padrão. A partir disso, os estudos de modelagem de habitat permitiram inferir quais as variáveis influenciam na distribuição das baleias ao longo da costa brasileira, para então prever áreas de potencial ocorrência, que provavelmente virão a ser ocupada pela espécie num futuro.

Nossos principais resultados observados foram:

- Os modelos populacionais para adultos sem filhote não foram satisfatórios devido à baixa taxa de reavistagem;
- Mães com filhote apresentam uma maior regularidade de retorno para áreas reprodutivas assim como uma alta taxa de sobrevivência;
- A população estimada de fêmeas reprodutivas foi de 557 indivíduos com intervalo de confiança entre 194 a 647;
- Foi estimada uma taxa de crescimento populacional de 4,8% ao ano;
- Apesar das mesmas variáveis testadas influenciarem no padrão de distribuição de ambas as classes de baleias (Adultos sem filhote e mães com filhote), foi observado uma segregação, onde adultos sem filhote permanecem mais ao sul da APA da Baleia Franca, e mães com filhote possuem hábitos mais costeiros;
- Os *hostspots* previstos descrevem para mãe com filhote uma ocorrência mais costeira quando comparado com adultos sem filhote;



- Enquanto variáveis como distância de costa foram mais importantes no modelo de adultos, para mãe com filhotes as variáveis que caracterizam a linha de costa tiveram mais influência no modelo;

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## REFERÊNCIAS

---

Bannister JL, (1990). Southern right whales of western Australia. Report of the International Whaling Commission (Special Issue 12): 279-288.

Bannister JL (2010) Population trends in right whales off Southern Australis 1993-2010. International Whaling Commission, SC/11/RW10

Barreto A, Moraes C Sperb R, Bughi C (2006) Using GIS to manage cetacean standings. Journal of Coastal Research, 39(3): 1643-1645.

Barlow J, Clapham PJ (1997) A new birth-interval approach estimating demographic parameters in humpback whales. Ecology, 78(02):535-546.

Berta A, Sumich JL (1999). Marine Mammals: Evolutionary Biology. Academic Press, San Diego.

Best PB (1988). Right Whales *Eubalaena australis* at Tristan da Cunha A Clue to the 'Non-recovery' of Depleted Stocks? Biological Conservation, 46: 23-51.

Best PB (1990a) Natural markings and their use in determining calving intervals in right whales off South Africa. South African Journal of Zoology, 25: 114-123.

Best PB (1990b) Trends in the inshore right whale population off South Africa, 1969-1987. Marine Mammal Science, 6(2): 93-108.

Best PB (1994) Seasonality of reproduction and the length of gestation in southern right whales *Eubalaena australis*. Journal of Zoology, 232: 175-189.

Best PB (2000). Coastal distribution, movements and site fidelity of right whales *Eubalaena australis* off South Africa, 1969-1998. South African Journal of Science, 22: 43-55.

Best PB, Brandão A, Butterworth DS (2001). Demographic parameters of southern right whales off South Africa. *Journal of Cetacean Research and Management*, (Special issue 2): 161–169.

Best PB, Payne R, Rowntree V, Palazzo JT, Both MC (1993). Long-range movements of South Atlantic right whales *Eubalaena australis*. *Marine Mammal Science*, 9(3): 227-234.

Best PB, Schell DM (1996) Stable isotopes in southern right whale (*Eubalaena australis*) baleen as indicators of seasonal movements, feeding and growth. *Marine Biology*, 124:483-494.

Beyer HL (2012.) Geospatial Modelling Environment. <http://www.spataleecology.com/gme/images/SpatialEcologyGME.pdf>.

Bezamat C, Wedekin LL, Simões-Lopes PC (2015) Potential ship strikes and density of humpback whales in the Abrolhos Bank breeding ground, Brazil. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. 25: 712–725.

Bisconti M, Lambert O, Bosselaer M (2017) Revision of “Balaena” belgica reveals a new right whale species, the possible ancestry of the northern right whale, *Eubalaena glacialis*, and the ages of divergence for the living right whale species. *PeerJ*, 5:e3464. <https://peerj.com/articles/3464/>.

Brandão A, Best P, Butterworth D (2010) Estimates of demographic parameters for southern right whales off South Africa from survey data 1979 to 2006. *International Whaling Commission*, SC/62/BRG30.

Brown MW, Brault S, Hamilton PK, Kenney RD, Knowlton AR, Marx MK, Mayo CA, Slay CK, Kraus SD (2001) Sighting heterogeneity of right whales in the western North Atlantic: 1980–1992. *Journal of Cetacean Research and Management*, (Special Issue 2): 245 –250.

Brownell Jr. RL, Ralls K (1986) Potential for sperm competition in baleen whales. Report of the International Whaling Commission, (Special Issue 8): 97-112.

Burnnell SR (2001) Aspects of reproductive biology, movements and site fidelity of right whales off Australia. *Journal of Cetacean Research and Management*, 2: 89-102.

Burnnell SR, Bryden M (1997) Coastal residence periods and reproductive timing in southern right whales, *Eubalaena australis*. *Journal of Zoology* 241:613–621

Câmara IG, Palazzo Jr JT (1986) Novas informações sobre a presença de *Eubalaena australis* no sul do Brasil. *In: Primera Reunión de Trabajo de Expertos em Mamíferos Acuáticos de América del Sur*: 35-41

Campos EJD, Lorenzetti JA, Stevenson MR, Stech JL, Souza RB (1996) Penetration of waters from the Brazil-Malvinas Confluence Region Along the South American Continental Shelf up to 23° S. *Academia Brasileira de Ciências*, 28: 49-58.

Carroll EL, Patenaude NJ, Childerhouse SJ, Kraus SD, Fewster RM, Baker CS (2011) Abundance of the New Zealand subantarctic southern right whale population estimated from photo-identification and genotype mark-recapture. *Marine Biology*, 158: 2565 -2575.

Carroll EL, Childerhouse SJ, Fewster RM, Patenaude NJ, Steel D, Dunshea G, Boren L, Baker CS (2013). Accounting for female reproductive cycles in a superpopulation capture–recapture framework. *Ecological Applications*, 23(7): 1677- 1690.

Cartwright R, Gillespie B, Labonte K, Mangold T, Venema A, Eden K, Sullivan M (2012) Between a rock and a hard place: habitat selection in female-calf humpback whale pairs on the Hawaiian breeding grounds. *PLoS ONE*, 7:

e38004.

<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0038004>.

Carvalho VC, Rizzo H (1994) A zona costeira brasileira: subsídios para uma avaliação ambiental. Ministério do meio ambiente, Brasília, 211p.

Cassini MH, Vila BL (1990) Cluster analysis of group type in Southern right whales (*Eubalaena australis*). Marine Mammal Science, 6(1): 17-24.

Castello HP, Pinedo MC (1979) Southern right whales (*Eubalaena australis*) along the southern Brazilian coast. Journal of Mammalogy, 60(2):429-30.

Castro BM, Lorenzetti JA, Silveira ICAS, Miranda LB (2006) Estrutura Termohalina e circulação na região entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). In: Rossi-Wongtschowsk CLDB, Madureira LSP (Eds). O ambiente oceanográfico da Plataforma Continental e do Talude na Região Sudeste-Sul do Brasil. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, 11-120.

Castro BM, Miranda LB (1998) Physical Oceanography of the western Atlantic continental shelf located between 4°N and 34° S – Coastal segment (4,w). In: Robinson, AR, Brink KH (Eds). The Sea. John Wiley and Son, Inc., Nova York, v.11,209-251.

Cherem J, Simões-Lopes PC, Althoff S, Grapiel M. (2004) Lista dos Mamíferos do Estado de Santa Catarina, Sul do Brasil. Mastozoologia Neotropical, 11 (2): 151-184.

Clapham P, Robbins J, Brandão A, Brown MR, Wade P, Findlay K (2001) A note on plausible rates of population growth in possible humpback whales. Journal of Cetacean Research and Management, 3 (suppl.): 196-197.

Clapham PJ, Young SB, Brownell Jr RL (1999) Baleen whales: conservation issues and the status of the most endangered populations. Mammal Review, 29(1): 35-60.

Clark CW. (1983) Acoustic communication and behavior of the southern right whale (*Eubalaena australis*) In: Payne R (Eds.): Communication and behavior of whales. Westview Press, Boulder, 163-198.

Clark CW, Ellison WT, Southall BL, Hatch L., Van Parijs SM, Frankel A, Ponirakis D (2009) Acoustic masking in marine ecosystems: Intuitions, analysis, and implication. Marine Ecology Progress Series, 395: 201–222.

Conn PB, Silber GK (2013) Vessel speed restrictions reduce risk of collision-related mortality for North Atlantic right whales. Ecosphere 4(4): Article 43.

Contreira SG (2016) Potenciais hotspots de megafauna marinha no Sul do Brasil. MSc thesis. Rio Grande, Brasil: Universidade Federal do Rio Grande.

Cooke JG, Rowntree VJ, Payne R. (2001) Estimates of demographic parameters for southern right whales (*Eubalaena australis*) observed off Peninsula Valdés, Argentina. Journal of Cetacean Research and Management (Special Issue) 2: 125-132.

Corkeron PJ, Connor RC (1999). Why do baleen whales migrate? Marine Mammal Science, 15: 1228–1245.

Costa P, Piedra M, Franco P, Paez E (2007) Distribution and habitat use patterns of southern right whales, *Eubalaena australis*, off Uruguay. Journal of Cetacean Research and Management, 9(1):45-51.

Costa P, Praderi R, Piedra M, Franco-Fraguas P (2005) Sightings of southern Right Whales, *Eubalaena australis*, off Uruguay. Latin American Journal of Aquatic Mammals, 4(2): 157-161.

Craig AS, Herman LM, Pack AA, Waterman JO (2014) Habitat segregation by female humpback whales in Hawaiian waters: avoidance of males? Behaviour, 151: 613–631.

Cummings WC (1985). Right Whales, *Eubalaena glacialis* (Muller, 1776) and *Eubalaena australis* (Desmoulins, 1822). In: Ridway SH, Harrison RJ (Eds): Handbook of Marine Mammals. Volume 3: The Sirenians and Baleen Whales. Academic Press, 275-304.

Danilewicz D, Moreno IB, Tavares M, Sucunza F (2016). Southern right whales (*Eubalaena australis*) off Torres, Brazil: group characteristics, movements, and insights into the role of the Brazilian-Uruguayan wintering ground. *Mammalia*, 81(3). <https://www.degruyter.com/view/j/mamm.2017.81.issue-3/mammalia-2015-0096/mammalia-2015-0096.xml>.

Danielski ML (2015) Áreas marinhas protegidas respondem às necessidades de suas espécies-alvo? Um estudo de caso na APA da Baleia Franca. PhD thesis, Curitiba, Brasil: Universidade Federal do Paraná.

Dombroski JRG, Parks SE, Flores PAC, Groch, KR, Souza-Lima RS (2016) Vocalizations produced by southern right whale (*Eubalaena australis*) mother-calf pairs in a calving ground off Brazil. *Journal of Acoustic Society of America*, 140(3): 1850–1857.

Dombroski JRG, Parks SE, Flores PAC, Groch KR, Souza-Lima RS (2017) Upcall production by southern right whale (*Eubalaena australis*) mother-calf pairs may be independent of diel period in a nursery area. *Marine Mammal Science*, 33(2): 669–677

Donnelly BG (1967) Observations on the mating behavior of the southern right whale *Eubalaena australis*. *South African Journal of Science*, 63: 176 – 181.

Elith J, Phillips SJ, Hastie T, Dudík M, Chee YE, Yates CJ (2011) A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions*, 17: 43–57.

Ellis M (1969) A baleia no Brasil colonial. Melhoramentos, São Paulo, 235pp.



Ellis R (1991) *Men and Whales*. Knopf, New York.

Ellis R (2009) Traditional whaling. *In*: Perrin WF, Würsig B, Thewissen JGM (Eds) *Encyclopedia of Marine Mammals*. Elsevier, Burlington, New York and San Diego, 1243-1254.

Ellis R (2011) *The Great Sperm Whale: A Natural History of the Ocean's Most Magnificent and Mysterious Creature*. University Press of Kansas, Lawrence.

Elwen SH, Best PB (2004a). Environmental factors influencing the distribution of southern right whales on the south coast of South Africa I: broad scale patterns. *Marine Mammal Science*, 20: 567–582.

Elwen SH, Best PB (2004b) Female southern right whale *Eubalaena australis*: Are there reproductive benefits associated with their coastal distribution off South Africa? *Marine Ecology Progress Series*, 269: 289-295.

Engel MH, Freitas ACS, Skaf MK, Ferreiro CB, Mendes CR, Freitas CA, Pereira JB (1997) Ocorrência de baleias franca *Eubalaena australis* em área de reprodução da baleia jubarte *Megaptera novaeangliae* no Banco de Abrolhos, Bahia. *In*: XI Encontro de Zoologia do Nordeste, 78.

Erst PJ, Rosenbaum HC (2003) Habitat preference reflects social organization of humpback whales on a wintering ground. *Journal of Zoology*, 260: 337–345.

Espirito-Santo SM (2012). Estudo da distribuição da Baleia Franca Austral, *Eubalaena australis* (Desmoulins, 1822) (Cetartiodactyla, Balaenidae) na costa sul brasileira e relações com fatores ambientais. PhD thesis, Florianópolis, Brasil: Universidade Federal de Santa Catarina.

Evans PGH (1987). *The natural history of whales and dolphins*. Facts On File, New York, 343 pp.

Festa-Bianchet M (1988) Seasonal range selection in bighorn sheep: conflicts between forage quality, forage quantity, and predator avoidance. *Oecologia*, 75: 580–586.

Figueiredo GC, Santos COM, Siciliano S, Moura JF (2017) Southern Right Whales (*Eubalaena australis*) in an Urbanized Area off the Southwestern Atlantic Ocean: Updated Records and Conservation Issues. *Aquatic Mammals*, 43, (1): 52-62.

Flores PAC, Palazzo Jr JT, Groch KR (2000) Distribuição e tamanho de grupo da baleia franca austral (*Eubalaena australis*) na costa centro-sul de Santa Catarina, Brasil. In: Reunión de Trabajo de Especialistas en Mamíferos Acuáticos de América del Sur, 9° Congreso de la Sociedad Latinoamericana de Especialistas en Mamíferos Acuáticos, Buenos Aires (Argentina), 49.

Friedlaender AS, Halpin PN, Qian SS, Lawson LG, Wiebe PH, Thiele D, Read AJ (2006) Whale distribution in relation to prey abundance and oceanographic processes in shelf waters of the Western Antarctic Peninsula. *Marine Ecology Progress Series*, 317: 297–310.

Gaines CA, Hare MP, Beck SE, Rosenbaum HC (2005) Nuclear markers confirm taxonomic status and relationships among highly endangered and closely related right whale species. *Proceedings of the Royal Society: B*, 272: 533 – 542.

García R (2000) Cinco años de avistaje sistemático de ballena franca austral (*Eubalaena australis*) en Uruguay: de la investigación a la conservación. In: Reunión de Trabajo de Especialistas en Mamíferos Acuáticos de América del Sur, 9° Congreso de la Sociedad Latinoamericana de Especialistas en Mamíferos Acuáticos, Buenos Aires (Argentina), 52.

García R, De Álava D, Lázaro M, Leguisamo J. (1996) Primeros Registros continuados de ballena franca austral *Eubalaena australis* en Uruguay: mas que una ruta de paso? In: Reunión de Trabajo de Especialistas en Mamíferos

Acuáticos de América del Sur, 7º Congreso de la Sociedad Latinoamericana de Especialistas en Mamíferos Acuáticos, Viña Del Mar (Chile), 78.

García R, Sabah U (1998) Ballena franca austral (*Eubalaena australis*) em Uruguay: más que una ruta de paso. Es preciso combinar la investigación y el ecoturismo para su conservación? In: Reunião de Trabalho de Especialistas em Mamíferos Aquáticos da América do Sul, 8º Congresso de la Sociedad Latinoamericana de Especialistas en Mamíferos Acuáticos, Olinda (Brasil), 91.

Greig AB, Secchi ER, Zerbini NA, Dalla-Rosa L (2001) Stranding events of southern right whales, *Eubalaena australis*, in southern Brazil. Journal of Cetacean Research and Management, (Special Issue 2): 157-160.

Groch KR (2000) Ocupação preferencial de áreas de concentração pela baleia franca austral, *Eubalaena australis* (Desmoulins, 1822), CETACEA, MYSTICETI, no litoral sul do Brasil. MSc thesis, Porto Alegre, Brasil: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Groch KR (2001) Cases of harassment by kelp gulls (*Larus dominicanus*) on right whales (*Eubalaena australis*) of Southern Brazil. Biotemas, 14(1): 147-156.

Groch KR (2005) Biología populacional e ecología comportamental da baleia franca austral, *Eubalaena australis* (Desmoulins, 1822), CETACEA, MYSTICETI, no litoral sul do Brasil. PhD thesis, Porto Alegre, Brasil: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Groch KR (2018). Conservation Advances for the Southern Right Whales in Brazil. In: Rossi-Santos M, Finkl CW (Eds). Advances in Marine Vertebrate Research in Latin America, Springer, New York, 441-475.

Groch KR, Flores PAC (2013) O Catálogo Brasileiro de Foto-identificação da Baleia Franca Austral. In: 4º Congresso Brasileiro de Biologia Marinha (CBBM), Florianópolis (Brasil).

Groch, KR, Flores PAC, Kolesnikovas, CKM, Pretto, DJ (2013) Atividades antrópicas e baleias francas: colisão com embarcação de grande porte e sobrevivência no Brasil. In: 4º Congresso Brasileiro de Biologia Marinha (CBBM), Florianópolis (Brasil).

Groch KR, Palazzo Jr JT, Flores PA, Adler FR, Fabian ME (2005) Recent rapid increases in right whale (*Eubalaena australis*) population off southern Brazil. Latin American Journal of Aquatic Mammals, 4(1): 41-47.

Hamilton PK, Marx MK, Kraus SD (1995) Weaning in North Atlantic right whales. Marine Mammal Science, 11(3): 386-390.

Hamilton PK, Mayo CA (1990) Population characteristics of right whales (*Eubalaena glacialis*) observed in Cape Cod Massachusetts bays, 1978-1986. International Whaling Commission, (Special Issue 12): 203-208.

Hamilton PK, Knowlton AR, Marx M, Kraus SD (1998) Age structure and longevity in North Atlantic right whales *Eubalaena glacialis* and their relation to reproduction. Marine Ecology Progress Series, 171: 285-292.

Hetzel B, Lodi L (1993). Baleias, botos e golfinhos: guia de identificação para o Brasil. Nova Fronteira, Rio de Janeiro, 279 p.

Hiby L, Lovell P (2001) Trials of a computerized aid for matching right whales callosity patterns. Journal of Cetacean Research and Management 2(Special Issue):291-295.

Hoffmeyer MS, Linder, MS, Carribero, A, Fulco VK, Menéndez MC, Severini MDF, Diodato SL, Berasategui AA, Biancalana F, Berrier E (2010) Planktonic food and foraging of *Eubalaena australis*, on Peninsula Valdés (Argentina) nursery ground. Revista de Biología Marina y Oceanografía, 45(1): 131-139.

ICMBio: Área de Proteção Ambiental da Baleia Franca.  
<http://www.icmbio.gov.br/apabaleiafranca/>.

ICMBio (2018) Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção volume ii – mamíferos. MMA, Brasília, 1420p. [http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/biodiversidade/fauna-brasileira/livro-vermelho/volumell/vol\\_II\\_parte1.pdf](http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/biodiversidade/fauna-brasileira/livro-vermelho/volumell/vol_II_parte1.pdf)

International Wildlife Coalition (1999). Plano de ação para a conservação da baleia franca, *Eubalaena australis*, em Santa Catarina, Brasil. International Wildlife Coalition (IWC) /Brazi, Florianópolis, 59 p.

IWC (2001). Report of the working group on nomenclature. Journal of Cetacean Research and. Management, 3 (Supplement): 363-367.

IWC (2012) Report of the workshop on the assessment of southern right whales. International Whaling Commission, SC/64/Rep5.

Jackson JA, Carroll EL, Smith TD, Zerbini NA, Patenaude NJ, Baker CS (2016) An integrated approach to historical population assessment of the great whales: case of the New Zealand southern right whale. Royal Society Open Science 3. <https://royalsocietypublishing.org/doi/full/10.1098/rsos.150669>.

Jorge G, Riet-Sapriza F, Costa P. (2010) Status and behaviour of southern right whales (*Eubalaena australis*) in the Uruguayan Atlantic coast. International Whaling Commission, SC/S11/RW8.

Keller CA, Garrison L, Baumstark R, Ward-Geiger LI, Hines E (2012) Application of habitat model of the North Atlantic right whale in the southeastern United States. Endangered Species Research, 18:73-87.

Kendall WL, Nichols JD, Hines JE (1997). Estimating temporary emigration using capture-recapture data with Pollock's robust design. Ecology, 78: 563–578.

Kenney RD (2009) Right Whales *Eubalaena glacialis*, *E. japonica* and *E. australis*. In: Perryn WF, Wursing B, Thewissen JGM. (Eds). Encyclopedia of Marine Mammals. Academic Press, San Francisco, 962-972.

Klimley AP (1994) The predatory behavior of the white shark. *American Scientist*, 82(2): 122-133.

Klinowska, M (1991). Dolphins, porpoises and whales of the world. The IUCN Red Data Book. IUCN, Cambridge, 429 p.

Kraus SD, Hatch JJ (2001) Mating strategies in the North Atlantic right whale. *Journal of Cetacean Research and Management*, 2(Special Issue): 237-244.

Laist, DW, Knowlton AR, Mead JG, Collet AS, Podesta M (2001). Collisions between ships and whales. *Marine Mammal Science*, 17(1):35-75.

Leeper R, Cooke J, Trathan P, Reid K, Rowntree VJ, Payne R (2006) Global climate drives southern right whale (*Eubalaena australis*) population dynamics. *Biology Letters*, 2: 289–292.

Lobo AJ (2016) Modelagem de nicho ecológico e distribuição potencial do boto-cinza, *Sotalia guianensis* (Van Beneden, 1864). MSc thesis, Ilheus, Brasil: Universidade Estadual de Santa Cruz.

Lockyer C (1981). Growth and energy budgets of large baleen whales from the southern hemisphere. *Fisheries Series*, 5: 379-487.

Lodi LF, Bergallo HG (1984) Presença da Baleia-Franca (*Eubalaena australis*) no litoral brasileiro. *Boletim FBCN*, 19: 157-163.

Lodi L, Siciliano S, Bellini C (1996). Ocorrência e conservação de baleias-francas-do-sul, *Eubalaena australis*, no litoral do Brasil. *Papeis Avulsos de Zoologia*, 39(17): 307-328.

Loseto LL, Richard P, Stern GA, Orr J, Ferguson SH (2006) Sexual segregation of Beaufort beluga whales during the open-water season. *Canadian Journal of Zoology*, 84: 1743–1751.

Martins LR, Corrêa ICS (1996) Morphology and sedimentology of the southwest Atlantic coast zone and continental shelf from Cabo Frio (Brazil) to Península Valdés (Argentina). UFRGS-IG-CECO, Porto Alegre, 20.

Mehta AV, Allen JM, Constantine, R, Garrigue C, Jann B, Jenner C, Marx MK, Matkin CO, Mattila DK, Minton G, Mizroch AS, Olavarria C, Robbins J, Russell KG, Seton RE, Steiger GH, Vikingsson GA, Wade PR, Witteveen BH, Clapham PJ. Baleen whales are not important as prey for killer whales *Orcinus orca* in high latitude regions. *Marine Ecology Progress Series*, 34: 297–307.

Mesquita CC (2014) Comportamento de pares de fêmea-filhote de baleias-franca-austral, *Eubalaena australis* (Desmoulins, 1822) no litoral centro-sul de Santa Catarina. MSc thesis, Rio de Janeiro, Brasil: Universidade Estadual do Rio de Janeiro.

Morais IOB, Danilewicz D, Zerbini NA, Bortolotto GA (2017) From the Southern right whale hunting decline to the humpback whaling expansion: a review of whale catches records in the tropical western South Atlantic Ocean. *Mammal Review*, 47: 11-23.

Moreno IB, Ott PH, Correia FP, Danilewicz DS (1996) Avistagens de cetáceos na costa brasileira (1992-1996). In: Reunión de Trabajo de Especialistas en Mamíferos Acuáticos de América del Sur, 7º Congreso de la Sociedad Latinoamericana de Especialistas en Mamíferos Acuáticos, Viña Del Mar (Chile), 75.

Moses E, Finn JT (1997) Using Geographic Information Systems to predict North Atlantic right whale (*Eubalaena glacialis*) habitat. *Journal of Northwest Atlantic Fishing Science*, 22: 37-46.

National Research Council (2005) Marine Mammal Populations and Ocean Noise: Determining when noise causes significant effects. The National Academies Press, Washington, 126p.

Oliveira LR, Ott PH, Flores PAC (2009) First molecular estimate of sex-ratio of southern right whale calves, *Eubalaena australis*, for Brazilian Waters. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 89(5): 1003-1007.

Ott PH (2002). Diversidade genética e estrutura populacional e duas espécies de cetáceos do Atlântico Sul Ocidental: *Pontoporia blainvillei* e *Eubalaena australis*. PhD thesis, Porto Alegre, Brasil: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

Ott PH, Sucunza F, Wickert J, Danilewicz D, Tavares M (2017) Evidences of attack of a killer whale on a calf Southern right whale in Southern Brazil. Mastozoologia Neotropical, 24(1):235-240.

Palazzo JT, Carter LA (1983) A caça de baleias no Brasil. Agapan, Porto Alegre, 25p.

Palazzo Jr. JT, Flores PAC (1998) Right whales *Eubalaena australis* in southern Brazil: a summary of current knowledge and research needs. Report International Whaling Commission, SC/M98/RW14.

Palazzo JT, Groch KR and Silveira HÁ. 2007. Projeto Baleia Franca: 25 anos de pesquisa e conservação, 1982-2007. IWC Brasil: Imbituba. 170p.

Pantenaude NJ, Backer CS (2001) Population status and habitat use of Southern right whales in the subAntarctic Auckland Islands of New Zealand. Journal of Cetacean Research and Management, 2(Special Issue): 111–116.

Payne R (1986) Long term behavioral studies of the southern right whale (*Eubalaena australis*). International Whaling Commission, (Special Issue 10): 161-168.



Payne R, Brazier O, Dorsey EM, Perkins JS, Rowntree VJ, Titus A (1983) External features in southern right whales (*Eubalaena australis*) and their use in identifying individuals. In: Payne R. (Ed). Communication and behavior of whales. Westview Press, Boulder, 371-445.

Payne R, Dorsey EM (1983) Sexual dimorphism and aggressive use of callosities in right whales (*Eubalaena australis*). In: Payne R. (Ed). Communication and behavior of whales. Westview Press, Boulder 295-328.

Payne R, Rowntree VJ, Perkins JS (1990) Population size, trends and reproductive parameters of right whales (*Eubalaena australis*) off Peninsula Valdes, Argentina. International Whaling Commission (Special Issue 12): 271-278.

Pereira MD, Schettini CAF, Omashi CY (2009) Caracterização de feições oceanográficas na plataforma de Santa Catarina através de imagens orbitais. *Revsta Brasileira de Geofísica*, 27(1):81-93.

Philips SJ, Dudík M (2008) Modeling of species distribution with MAXENT: new extensions and comprehensive evaluation. *Ecography* 31: 161-175.

Philips SJ, Dudík M, Elith J, Graha CH, Lehmann A, Leathwick J, Ferrier S (2009) Sample selection bias and presence-only distribution models: implications for background and pseudo-absence data. *Ecological Applications* 19: 181-197

Philips, SJ, Dudík M and Schapire RE (2004) A maximum entropy approach to specie distribution modelling. *Proceedings of the Twenty-First International Conference on Machine Learning*: 655-662p.

Pinedo MC (1984) Ocorrência de *Eubalaena australis* no litoral do Rio Grande do Sul com ocorrência de cópula. In: Primera Reunión de Trabajo de Especialistas em Mamíferos Acuáticos de América del Sul: 34.

Piola AR, Moller Jr OO, Guerrero R, Campos EJD (2008) Variability of the subtropical shelf front off eastern South America: Winter 2003 and summer 2004. *Continental Shelf Research*, 28(13):1639-1648.

Pollock KH (1982) A capture–recapture design robust to unequal probability of capture. *Journal of Wildlife Management* 46:757–760.

Pontalti M, Danielski M (2011) Registro de enredamento de baleias-franca, *Eubalaena australis* (Cetacea, Mysticeti), na temporada reprodutiva 2010, em Santa Catarina, Brasil. *Biotemas*, 24(2): 109-112.

Pradel R (1996) Utilization of capture, mark, recapture for the study of recruitment and population growth rate. *Biometrics*, 52: 703-709.

Rayment W, Dawson S, Webster T (2015) Breeding status affects fine-scale habitat selection of southern right whales on their wintering grounds. *Journal of Biogeography*, 42: 463–474.

Redfern JV, Ferguson MC, Becker EA, Hyrenbach KD, Good C, Barlow J, Kaschner K, Baumgartner MF, Forney KA, Balance LT, Fauchald P, Halpin P, Hamazaki T, Pershing AJ, Qian SS, Read A, Reilly SB, Torres L, Werner F (2006) Techniques for cetacean–habitat modeling. *Marine Ecology Progress Series*, 310:271–295.

Renault-Braga EP (2014) Distribuição espaço-temporal da baleia-franca-austral – *Eubalaena australis* (Desmoulins, 1822) – no sul do Brasil. MSc thesis, Rio Grande, Brasil: Universidade Federal do Rio Grande.

Renault-Braga EP, Groch KR, Flores PAC, Secchi ER, Dalla-Rosa L (2018) Area usage estimation and spatiotemporal variability in distribution patterns of southern right whales, *Eubalaena australis*, of southern Brazil. *Marine Ecology*: 10.1111/maec.12506.

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/maec.12506>.

Rice DW (1998) *Marine Mammals of the World: Systematics and Distribution*. Allen Press - The Society for Marine Mammalogy, Lawrence, Kansas.

Richards R (1998) Southern right whales: original global stocks. In: International Whaling Commission Cape Town (África do Sul), Março 1998, SC/M98/RW 37.

Rolland RM, Parks SE, Hunt KE, Castellote M, Corkeron PJ, Nowacek DP, Wasser SK and Kraus SD (2012) Evidence that ship noise increases stress in right whales. *Royal Society Proceedings Biology Science*, 279: 2363–2368.

Rosembaum HC, Brownell Jr RL, Brown MW, Schaeff C, Portway V, White BN, Malik S, Pastene LA, Patenaude NJ, Baker SC, Goto M, Best PB, Clapham PJ, Hamilton P, Moore M, Payne R, Rowntree V, Tynan CT, Bannister JL, Desalle R (2000). World-wide genetic differentiation of *Eubalaena*: questioning the number of right whale species. *Molecular Ecology* 9: 1793-1802.

Rossi-Santos M, Wedekin LL, Souza-Lima RS (2003) Distribution and habitat use of small cetaceans of Abrolhos Bank, eastern Brazil. *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, 5(1): 23-28.

Rowntree V, Darling J, Silber G, Ferrari M (1980) Rare sighting of a right whale (*Eubalaena glacialis*) in Hawaii. *Canadian Journal of Zoology*, 58(2): 309-312.

Rowntree VJ, Payne RS, Schell DM (2001) Changing patterns of habitat use by southern right whales (*Eubalaena australis*) on their nursery ground at Península Valdés, Argentina, and their long-range movements. *Journal of Cetacean Research and Management*, (Special Issue), 2: 133-143.

Rowntree V, Valenzuela LO, Franco Fraguas P, Seger J (2008) Foraging behaviour of southern right whales (*Eubalaena australis*) inferred from variation of carbon stable isotope ratios in their baleen. In: International Whaling Commission Scientific Committee, Santiago (Chile), SC/60/BRG23.

Ruckstuhl KE, Neuhaus P (2005) Sexual Segregation in Vertebrates: Ecology of the Two Sexes. Cambridge University Press, Cambridge, 488 pp.

Santora JA, Reiss CS (2011) Geospatial variability of krill and top predators within an Antarctic submarine canyon system. *Marine Biology*, 158: 2527–2540.

Santos COM, Siciliano S, Souza SPDE, Piozzorno JL (2001). Occurrence of southern right whale along southeastern Brazil. *Journal of Cetacean Research and Management*, (Special Issue 2): 153-156

Schaeff CM, Best PB, Rowntree VJ, Payne R, Jarvis C, Portway VA (1999) Dorsal skin color pattern among southern right whales (*Eubalaena australis*): genetic basis and evolutionary significance. *Journal of Heredity*, 90(4): 464-471.

Secchi ER, Vaske Jr T (1998) Killer whale (*Orcinus orca*) sightings and depredation on tuna and swordfish longline catches in southern Brazil. *Aquatic Mammals*, 24, 117–122.

Seyboth E, Groch KR, Dalla Rosa L, Secchi ER (2016) Southern Right Whale (*Eubalaena australis*) Reproductive Success is Influenced by Krill (*Euphausia superba*) Density and Climate. *Scientific Reports*. <https://www.nature.com/articles/srep28205>.

Seyboth E, Groch KR, Secchi ER, Dalla Rosa L (2015) Habitat use by southern right whales, *Eubalaena australis* (Desmoulins, 1822), in their main northern most calving area in the western South Atlantic. *Marine Mammal Science*, 31: 1521–1537. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/mms.12241>.

Silva IB (2013) Distribuição espaço-temporal de *Eubalaena australis* em três praias no seu sitio reprodutivo no sul do Brasil. MSc thesis, Florianópolis, Brasil: Universidade Federal de Santa Catarina.

Silveira ICA, Schmidt ACK, Campos EJD, Godoy SS, Ikeda YA (2000) A corrente do Brasil ao largo da Costa Leste Brasileira. *Revista Brasileira de Oceanografia*. 48(2): 171-183.

Simões-Lopes PC, Palazzo Jr JT, Both MC, Ximenez A (1992) Identificação, movimentos e aspectos biológicos da baleia franca austral (*Eubalaena australis*) na costa sul do Brasil. In: 3° Reunión de Trabajo de Expertos en Mamíferos Acuáticos de América del Sur, Montevideo (Uruguai).

Simões-Lopes PC, Ximenez A (1993). Annotated list of the cetaceans of Santa Catarina coastal waters, Southern Brazil. *Biotemas*, 6(1): 67-92.

Sironi M (2004) Behaviour and social development of juveniles southern right whale (*Eubalaena australis*) and interespecific interaction at Península Valdés, Argentina. PhD thesis. Madison, Estados Unidos: University of Wisconsin.

Sironi M, López JC, Bubas R, Carribero A, Garcia C. (2008) Predation by killer whales (*Orcinus orca*) on southern right whales (*Eubalaena australis*) off Patagonia, Argentina: effects on behavior and habitat choice. International Whaling Commission: SC/60/BRG29.

Sousa-Lima RS, Clark CW (2008) Modeling the effect of boat traffic on the fluctuation of humpback whale singing activity in the Abrolhos National Marine Park, Brazil. *Canadian Acoustics* 36:174–181

Southall BL, Bowles AE, Ellison WT, Finneran JJ (2007) Marine mammal noise-exposure criteria: initial scientific recommendations. *Aquatic Mammals*, 33: 411-522.

Suyero N, Crespo EA, Arias M and Coscarella MA (2018) Density-dependent changes in the distribution of Southern Right Whales (*Eubalaena australis*) in the breeding ground Peninsula Valdés. *PeerJ*. <https://doi.org/10.7717/peerj.5957>.

Thomas L, Burnham KP, Buckland ST (2004) Temporal inferences from distance sampling surveys. In: Buckland, ST, Anderson DR, Burnham KP, Laake JL, Borchers DL, Thomas L (Eds) *Advanced Distance Sampling*. Oxford University Press, Oxford: 71-107.

Thomas PO (1986) Methodology for behavioral studies of cetaceans: right whale mother-infant behaviour. *International Whaling Commission*, 8 (Special Issue): 113-119.

Thomas PO (1987) Social behavior, habitat use and interspecific interactions of Southern right whales (*Eubalaena australis*) mother-calf pairs. PhD thesis. Santa Cruz, Estados Unidos: University of California.

Thomas PO, Taber S (1984) Mother-infant interaction and behavioral development in southern right whales, *Eubalaena australis*. *Behavior*, 88: 42-60.

Townsend CH (1935) The distribution of certain whales as shown by logbook records of American whaleships New York Zoological Society, New York, 50pp.

Trathan PN, Murph EJ (2003) Sea surface temperature anomalies near South Georgia: Relationships with the Pacific El Niño region. *Journal of Geophysical Research*, 107, 8075. <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2000JC000299>.

Valenzuela LO, Rowntree VJ, Sironi M, Seger J (2018). Stable isotopes ( $\delta^{15}\text{N}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{34}\text{S}$ ) in skin reveal diverse food sources used by Southern right whale *Eubalaena australis*. *Marine Ecology Progress Series*, 603: 243-255. <https://www.int-res.com/abstracts/meps/v603/p243-255/>.

Valenzuela LO, Sironi M, Rowntree VJ, Seger J (2009) Isotopic and genetic evidence for culturally inherited site fidelity to feeding grounds in southern right whales (*Eubalaena australis*). *Molecular Ecology*, 18: 782–791.

Vanderlaan ASM, Taggart CT (2007) Vessel collisions with whales: the probability of lethal injury based on vessel speed. *Marine Mammal Science* 23:144-156.

Vight M, Borrell A, Crespo EA, Oliveira LR, Simões-Lopes PC, Flores PAC, Garcia NA, Aguilar A (2014). Stable isotopes indicate population structuring in the Southwest Atlantic populations of Right Whales (*Eubalaena australis*). *Plos One*, 9(3): 1 – 8.

Wade PR, Kennedy A, LeDuc R, Barlow J, Carretta J, Shelden K, Perryman W, Pitman R, Robertson K, Rone B, Salinas JC, Zerbini A, Brownell Jr RL and Clapham PJ (2011) The world's smallest whale population? *Biology Letters*, 7: 83-85.

Wartzok D, Ketten DR (1999) Marine mammal sensory systems. In: Reynolds II JE, Rommel AS (Eds.) *Biology of marine mammals*. Smithsonian Institution Press, Washington, 117-175.

Watkins, WA, Schevill (1976). Right Whale Feeding and Baleen Rattle. *Journal of Mammalogy*, 57(1): 58–66.

Whitehead H, Payne R (1981). New techniques for measuring whales from the air. Report to the US Marine Mammal Commission, MMC-76/22. 36pp.

Williams BK, Nichols JD, Conroy MJ (2002) *Analysis and management of animal populations*. Academic Press: San Diego, 817p.

Wood SN (2006) *Generalized Additive Models: An Introduction with R*. CRC Press, Nova York, 410 p.

Wood SN (2017) Package mgcv 1.8-22. <https://cran.r-project.org/web/packages/mgcv/mgcv.pdf>.

Zerbini A, Andriolo A, Heide-Jørgensen MP, Pizzorno J, Geyer Y, VanBlaricom, G, DeMaster D, Simões-Lopes P, Moreira S, Bethlem C (2006). Satellite-monitored movements of humpback whales *Megaptera novaeangliae* in the Southwest Atlantic Ocean. Marine Ecology Progress Series. 313. 295-304.

Zerbini AN, Clapham PJ, Wade PR (2010) Assessing plausible rates of population growth in humpbackwhales from life-history data. Marine Biology, 157:1225-1236.

Zerbini NA, Fernandez A, Andriolo, A, Clapham OJ, Crespo E, Ginzalez R, Harris G, Mendez M, Rosenbaum H, Sironi M, Sucunza F, Uhart M (2017) Satellite tracking of Southern right whales (*Eubalaena australis*) from Golfo San Matías, Rio Negro Province, Argentina. International Whaling Commission. SC/67B/CMP/17.

Zurr AF, Ieno EN, Elphick CS (2010) A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. Methods in Ecology and Evolution, 1: 3-14.

Zuur AF, Ieno EN, Waljer N, Saveliev AA, Smith GM (2009) Mixed effects models and extensions in ecology with R. Springer, New York, 572p