



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
ESCOLA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E BIOLÓGICAS
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

GABRIEL MIHAHIRA FRANÇA DE SÁ

**Influência das variações climáticas no comportamento da
baleia-franca-austral *Eubalaena australis* (Desmoulins, 1822)
– Uma Revisão Bibliográfica**

Goiânia
2021

GABRIEL MIHAHIRA FRANÇA DE SÁ

**Influência das variações climáticas no comportamento da
baleia-franca-austral *Eubalaena australis* (Desmoulins, 1822)
– Uma Revisão Bibliográfica**

Monografia apresentada à Escola de Ciências Médicas e da Vida da Pontifícia Universidade Católica de Goiás como requisito parcial à obtenção do Título de Bacharel em Ciências Biológicas

Orientador: Rodrigo Mariano da Silva, Msc.
Co-orientadora: Gabriela Mendonça Soares Godinho, Esp.

**Goiânia
2021**

AGRADECIMENTOS

Palavras não expressam de fato, o tamanho da minha gratidão que sinto pelos meus pais, Sinara Helena França de Sá e Edson Felix de Sá, que me apoiaram em todas as minhas decisões, em todos os meus sucessos e em todos os meus fracassos. Então queria agradecer-los por todo o incentivo e por todo o alicerce que montaram para eu seguir firme em minha trajetória. O sorriso e a ternura de vocês sempre estarão estampados em mim. Agradeço também ao meu querido irmão, Victor Mihahira de Sá, por quem tenho muito orgulho devido ao seu talento e pela confiança que sinto por ele.

Aos meus avós Célia Mitsue Miyahira França, Nelson França e Adélia Santana de Sá por serem extremamente acolhedores, incentivadores e sempre admiraram com brilhos nos olhos tudo o que eu pude ensiná-los sobre os animais e plantas, em especial as baleias.

Agradeço ao Alex Miranda, Gessileny Rosa, Jakeline Soares, José Ulisses, Kalliman Paiva, Larissa Carvalho, Luciana Amorim, Mateus Cruz, Michelle Bueno, Nicole Fighera e Thayná Lima. Foi graças a todos vocês que o início da minha trajetória foi tão vibrante e inesquecível, e me moldaram para tudo o que estava por vir. Tudo seria muito diferente se não fossem por vocês.

À Atlético Mortífera, todos os atletas e diretores, com quem me diverti muito, dei muitas risadas, dancei bastante e com quem cuidei de muita gente. Disseram que seria fácil ser vice-presidente, mas com Isadora Moraes, Elíssia Calassa, Diego Ribeiro, Ygor Magalhães, Hilton Júnior e Gabrielly Rodrigues ficou ainda mais tranquilo e prazeroso, apesar de eu perder em todas as partidas em que disputei nos Jogos Universitário da PUC Goiás (JUPUC), mas sempre agradecido por todas as diversões que vocês me proporcionaram.

Aos meus amigos Samara Socorro, Larissa Carvalho, Lucas Henrique, Calebe Campos, Hérida Samaya, Cimara Sales, Jallys Costa, Sabrina Sara, Victor Cortázio e Rafael Carneiro, além de todos os funcionários e professores do Replicon, que me ensinaram que fazer ciência é trabalhoso, mas tem os seus momentos de encanto.

Ao Instituto Baleia Franca (IBF), em especial à Gabriela Godinho e à Milene Novais, que me permitiram realizar o sonho de ver pela primeira vez o animal que eu mais admiro desde criança, e que eu sempre almejei trabalhar, além de me oferecer toda a base para a realização deste trabalho. E por ter o prazer de ter trabalhado com pessoas tão maravilhosas e competentes: Moreno Pereira, Leticia Bolonha, Pedro Augusto, Thaís Rodriguez, Cibelle Henriques, Felipe Neff, Matheus de Souza e David Gamarski. À todos vocês, toda a minha gratidão e lhes desejo todo o sucesso do mundo.

Ao Instituto Araguaia (IA), lugar onde eu tive uma das melhores experiências da minha vida, e trabalhar com ariranhas e botos me despertou uma paixão enorme por esses animais. À Silvana, George e Benaya, por me ensinarem tanto e me fazer evoluir

profissionalmente, e à Célia, Waldy e Mário, por me ensinarem sobre a simplicidade e os verdadeiros valores da vida.

À Rafaella Roque, Luísa Costa, Rúbia Ventura, Jannyne Nailê, Mariana Tonaco e Sabrina Lima, por serem excelentes amigas, que vem me suportando por tanto tempo e com quem posso contar para várias atividades.

À Gabryella Mesquita e Ygor Ribeiro, por serem amigos incríveis, e os quais nós compartilhamos esses perrengues de final de ano e que gente tem se ajudado tanto e com quem compartilhei neste último ano tantas experiências marcantes e que quero que se repita cada mais vezes, com muitas viagens e com toda a galera.

Quero agradecer à tantos outros amigos, que infelizmente não terei como citá-los porque são várias pessoas e o espaço para preencher aqui neste documento é curto. Mas todos foram extremamente necessários na minha formação, no meu caráter e no meu crescimento como ser humano. Amo carinhosamente cada um que cruzou o meu caminho e o tornou ainda mais divertido e possível de alcançar cada meta.

E finalmente, quero agradecer ao meu orientador, professor e amigo Rodrigo Mariano da Silva, por ter me ajudado em todo o projeto e na realização deste trabalho. Muito obrigado principalmente pela paciência e por ter aceitado me orientar, nesta que é uma realização de um sonho e que é muito importante para a minha trajetória. Sempre será uma inspiração para mim para me tornar cada vez mais um profissional melhor e um biólogo cada vez mais engajado.

RESUMO

Os ecossistemas terrestres e marinhos tem mudado constantemente devido à alterações climáticas. Ciclos de *El Niño* e *La Niña* intensificam cada vez mais essas mudanças que são refletidas no comportamento de vários animais desde à base até o topo da cadeia alimentar, como no caso do krill (*Euphausia superba*) e a baleia-franca-austral (*Eubalaena australis*). O objetivo deste trabalho foi investigar a influência de anomalias climáticas no comportamento de baleia-franca-austral. A busca pelos artigos utilizados neste trabalho foi feita na base de dados *Scopus*, pesquisando por “*Eubalaena australis*” e “*climate change*”, além da busca por outros títulos dentro dos próprios artigos obtidos. A população de baleia-franca-austral e krill tem declinado expressivamente ao longo dos últimos anos ao passo que a temperatura de superfície do mar tem aumentado. Variações do *El Niño* que ocorrem no Oceano Pacífico são refletidas nas baleias-franca-austral após um período de 6 a 8 anos. Estudos apontam que o desfecho reprodutivo das baleias-franca-austral está correlacionado com a densidade do krill e este, por sua vez, está correlacionado com variações da temperatura da superfície do mar. As baleias-franca-asutral são bons bioindicadores pela sensibilidade com variações climáticas, tanto para adaptação de forrageamento, quanto para alta taxa de mortalidade.

Palavras-chave: *El Niño*. Krill. Adaptação. Bioindicador

ABSTRACT

Terrestrial and marine ecosystems have been constantly changing due to climate change. *El Niño* and *La Niña* cycles increasingly intensify these changes, reflecting in the behavior of various animals from the bottom to the top of the food chain, ex.: krill (*Euphausia superba*) and southern right whale (*Eubalaena australis*). The objective of this study was to investigate the influence of climatic anomalies on the southern right whale's behavior. The search for the articles used in this study was made in the Scopus database, searching for “*Eubalaena australis*” and “climate change”, in addition to searching for other titles within the obtained articles. Southern right whale and krill populations have declined significantly over the past few years while the sea surface temperature has increased. *El Niño* variations that occur in the Pacific Ocean are reflected in southern right whales after a 6 to 8 years lag. Studies indicate that the reproductive outcome of southern right whales is correlated with krill density and, in turn, is correlated with variations in sea surface temperature. Southern right whales are good bioindicators for their sensitivity to climatic variations, both for foraging adaptation and for high mortality rate.

Keywords: *El Niño*. Krill. Adaptation. Bioindicator

LISTA DE FIGURAS

1 Figura 1. Esquema representativo da A) Caracterização de <i>La Niña</i> e B) Caracterização de <i>El Niño</i> . Fonte: LOEB <i>et al.</i> , 2009).....	8
2 Figura 2. Baleia-franca-austral (<i>Eubalaena australis</i>)	10
3 Figura 3. Classificação de diferentes cetáceos conforme os borrifos. Borrifo em da baleia franca “V” em destaque	10
4 Figura 4. Krill antártico (<i>Euphausia superba</i>)	12
5 Figura 5. Mudança na distribuição e abundância de <i>Eubalaena australis</i> . A. Distribuição histórica e contemporânea durante o inverno e B. Declínio na abundância e recuperação subsequente (linha preta é a méd, linhas tracejadas mostram mínimo e máximo 95% CI). Avistamentos de grandes populações que são vistas durante o inverno: Argentina (ARG), Brasil (BRA), África do Sul (SAF), sudoeste da Austrália (SWA), centro-sul da Austrália (SCA) e Nova Zelândia sub-Antártica (NZSA) e regiões onde os avistamentos são tipicamente de menores números de indivíduos por ano. (Extraído de HARCOURT <i>et al.</i> , 2019)	16
6 Figura 6. População estimada de <i>Eubalaena australis</i> para a área do Atlântico/Índico (esquerda) e área do Pacífico (direita) à partir de meados de 1900 até 2100. A linha preta trata-se do modelo que liga distribuição com o gelo marinho; a linha vermelha liga população aos condutores climáticos e a linha azul exclui as variáveis de condutores climáticos. (Extraído de TULLOCH <i>et al.</i> , 2018).....	19
7 Figura 7. Número distendido de filhotes de baleia-franca-austral e a densidade do krill (g/m ²) ao redor das variações das Géorgias do Sul de 1997 a 2013. O gráfico apresenta a correlação direta número de filhotes nascidos no Brasil e a densidade do krill	20
8 Figura 8. Relação entre a média de densidade de krill (g/m ²) e a SST de agosto. Modificou-se a linha de regressão quadrática (Densidade do krill = $\frac{1}{4} 94,38 - 30,01SST - 85,91SST^2$, $r^2 = 0,42$, $p < 0,05$) com intervalos de 95% de confiança (linhas tracejadas)	21

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	8
2 OBJETIVOS.....	13
2.1 Objetivo Geral.....	13
2.2 Objetivos Específicos.....	13
3 MÉTODOS.....	14
4 DESENVOLVIMENTO.....	15
5 CONCLUSÕES FINAIS.....	22
REFERÊNCIAS.....	23

1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas têm afetado cada vez mais os ecossistemas ao redor de todo o planeta, interferindo no aumento de temperatura, na alteração de pH dos mares e na circulação das correntes de ar. Essas variações estão conectadas ao *El Niño Oscilação Sul* (ENOS), e assim como *La Niña*, é uma fração de fenômenos atmosféricos e oceânicos que ocorrem no Oceano Pacífico Equatorial (Figura 1). Em relação à média histórica, quando há o aumento na temperatura do oceano Pacífico Equatorial, trata-se do *El Niño*, e quando há diminuição na temperatura média, trata-se da *La Niña*, mudanças estas que interferem em várias circunstâncias como precipitação de chuvas anomalias climáticas (CPTEC-INPE, 2021).

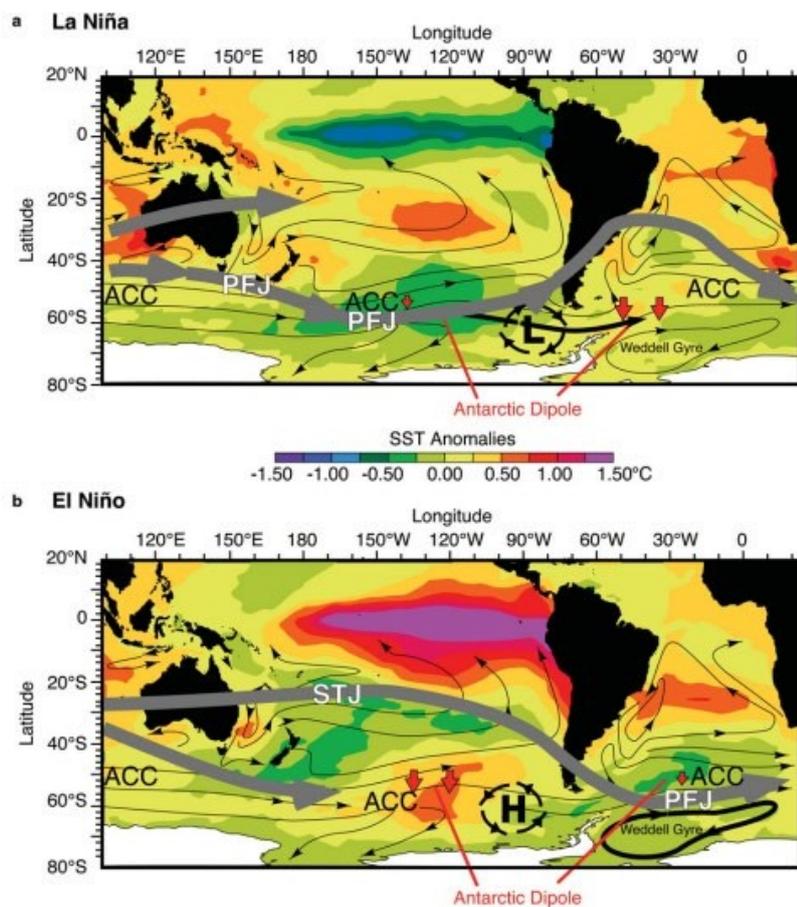


Figura 1. Esquema representativo da A) Caracterização de *La Niña* e B) Caracterização de *El Niño*. Fonte: LOEB *et al.*, 2009)

A melhor maneira de observar tais mudanças é analisando a Temperatura de Superfície do Mar (TSM). As alterações que o *El Niño* provoca é perceptível por exemplo, na diferença de pressão nas costas Leste e Oeste do Pacífico, que de fato determina a Oscilação Sul (TRENBERTH, 1997). O ENOS permite então, avaliar as condições de fase quente (*El Niño*) e fase fria (*La Niña*) das variações oceânicas, e as variações atmosféricas que são avaliados por outro dois índices: o *Oceanic Niño Index* (ONI) e o *Southern Oscillation Index* (SOI) (SEYBOTH, 2013).

A influência do ENOS tem forte impacto em pássaros migratórios, pastagens, propagação de doenças e em atividades de pesca (LAMANNA *et al.*, 2012; FLANAGAN & ADKINSON, 2011; DA SILVA *et al.*, 2021; ERISMAN *et al.*, 2021). E Não é diferente para algumas regiões polares do planeta, que tem sido muito mais atingido pelos efeitos das alterações climáticas do que outras (MEREDITH & KING, 2005), afetando também a migração de outras espécies, como as baleias-cinzentas (*Eschrichtius robustus*) (MOORE *et al.*, 2007) que permaneceram em áreas no Ártico durante o período de inverno.

Na Antártica, as populações de pinguins-de-adélia (*Pygoscelis adeliae*), pinguins-imperadores (*Aptenodytes forsteri*) e focas-de-weddell (*Leptonychotes weddellii*), que se alimentam de krill (*Euphausia superba*) - crustáceo da família dos eufasídeos -, tem se mostrado sensíveis às mudanças climáticas (WING *et al.*, 2021). Não é diferente com a população de baleia-franca-austral (*Eubalaena australis*) que vem sofrendo um declínio na natalidade na última década (VERMEULEN *et al.*, 2018).

A *Eubalaena australis* (Figura 2), conhecida popularmente como baleia-franca-austral, que vem do inglês “*right whale*”, a baleia certa para ser caçada, é pertencente à subordem Cetacea e infraordem Mysticeti (cetáceos que não possuem dentes). Tais animais podem chegar à 17 m de comprimento, sendo a fêmea maior do que o macho, contudo pescadores da região de Garopaba e Imbituba afirmam terem capturados animais que passavam dos 18 metros, podendo pesar de 45-60 toneladas. Possui corpo arredondado e coloração preta, ausência de nadadeira dorsal, nadadeiras peitorais em formato trapezoidal, curvatura acentuada da boca, calosidades no topo e na lateral da cabeça e mancha branca na região ventral, posterior à nadadeira peitoral. Outra característica marcante da espécie é o borrifo em formato de “V” (Figura 3) (INSTITUTO AUSTRALIS; LODI & BOROBIA, 2013; ICMBIO/CMA, 2019).



Figura 2. Baleia-franca-austral (*Eubalaena australis*) (www.klimanaturali.org)

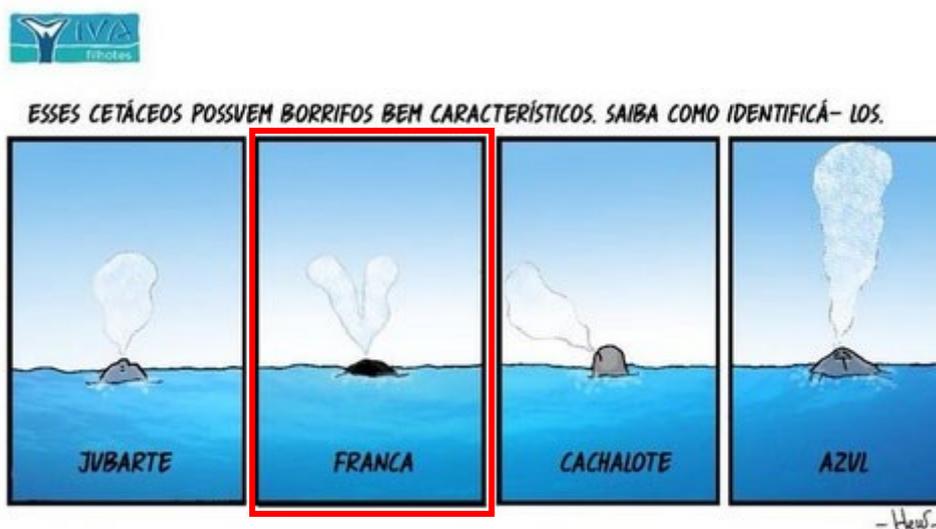


Figura 3. Classificação de diferentes cetáceos conforme os borrifos. Borrifo em da baleia franca “V” em destaque. Instituto Verde Azul (<http://www.viva.bio.br> / https://web.facebook.com/VIVAVerdeAzul/posts/os-diferentes-tipos-de-borrifosbaleia-jubarte-baleia-franca-cachalote-e-baleia-a/1066328943523713/?_rdc=1&_rdr)

Esta espécie realiza uma interação de ectoparasitismo com ciamídeos (*Cyamus sp.*), crustáceos que vivem nas calosidades das baleias-francas, acobertando-as e dando aspectos diferentes relativo à coloração (ROWNTREE, 1996). Tal diferença é considerada muito importante para a fotoidentificação dos espécimes e alguns estudos apontam até mesmo como um método de identificação entre indivíduos. (WHITEHEAD & PAYNE, 1981)

Originalmente, esta espécie habita a região das Ilhas Geórgias do Sul, Ilhas Sanduíches do Sul, proximidades da Antártica à 65° S e principalmente em latitudes 40-50° S (VAN DEN BERG *et al.*, 2020; BANNISTER *et al.*, 1999; NIJS & ROWNTREE, 2017) onde se alimentam de krill (principal dieta) e copépodos durante

todo o período de verão e durante a temporada de inverno. Cada população utiliza rotas migratórias para as regiões da Península de Valdés, na Argentina e para a região Sul nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, no Brasil; África do Sul e Namíbia, Peru e Chile, Austrália e Nova Zelândia (BEST *et al.*, 1993; ROUX *et al.*, 2015; NMFS, 2015; PATENAUDE *et al.*, 1998). Nessas regiões as baleias-franca-austral contam com um ambiente propício para acasalamento e nascimento de filhotes, onde os criam pelos primeiros três meses de vida. (MOORE *et al.*, 1999; ROWNTREE *et al.*, 2020). São vistos principalmente em setembro e outubro, o pico, porém a temporada reprodutiva é de junho até final de novembro. São animais de características costeiras (GROCH, 2005; PAYNE, 1986), optando por regiões principalmente que chegam a 5 metros de profundidade (CHARLTON *et al.*, 2019; PEREIRA, 2020; PAYNE, 1986).

No Brasil, as *E. australis* são encontradas na região de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, desde a cidade de Florianópolis-SC, até a cidade de Torres-RS, havendo uma maior ocorrência nas cidades de Garopaba e Imbituba, em Santa Catarina. Há grande quantidade de espécimes de francas nessa região, o que pode ser explicado pelos relevos e morros, com formação de baías e interferem no aumento ou diminuição dos ventos e na ondulação das águas na região e também por apresentar águas mais rasas, apresentando mais segurança para fêmeas que cuidam de seus filhotes, além de características do fundo marinho com substrato arenoso, baixa profundidade próximo a costa e possui lago que desemboca na região (ELWEN & BEST; BRAGA, 2014).

O krill (Figura 4) é a espécie mais abundante na Antártica, além de ser o herbívoro dominante do Hemisfério Sul (HAMNER *et al.*, 1983) e muito importante para toda a rede de alimentos na região da Antártica, por ser a base alimentar para vários animais como as focas, os pinguins e os cetáceos (REID & ARNOULD, 1996; FORCADA & TRATHAN, 2005; SMITH, 2001;), justamente pela sua abundante biomassa (ATKINSON, 2009). O ecossistema das Geórgias do Sul é favorável e extremamente produtivo para o krill devido ao florescimento do fitoplâncton, dando base para toda a rede alimentar (ATKINSON *et al.*, 2001). No entanto, as ilhas Geórgias do Sul estão localizadas próximo aos limites de temperatura suportáveis para a espécie, e a oscilação da temperatura média na região (0-5,5°C), e acima destes valores, seria insustentável para o metabolismo do krill à longo prazo. (WHITEHOUSE *et al.*, 2008; FLORES *et al.*, 2012; TARLING, 2020)



Figura 4. Krill antártico (*Euphausia superba*) (Foto de Jan Andries van Franeker, extraído de FLORES *et al.*, 2012)

O krill está firmemente ligado à extensão e a duração do gelo marinho, assim como ao longo dos anos veio diminuindo os índices do gelo marinho, o declínio também ocorreu na densidade populacional do krill (LOEB, 1997).

Ainda são poucos os estudos que relacionam o krill ao comportamento da baleia-franca, referente à reprodução e sucesso de natalidade, mas sabe-se que são animais extremamente dependentes da alimentação do krill, devido ao desenvolvimento, à maturidade sexual e nas fêmeas, pela ovulação, pela lactação e pelo período que antecede à gestação que também é crucial, justamente pelo deslocamento e a necessidade de uma espessa camada de gordura (MILLER et al 2011).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral:

O objetivo deste trabalho é investigar a influência de anomalias climáticas no comportamento de baleia-franca (*Eubalaena australis*).

2.2 Objetivos Específicos

- Analisar a influência de variáveis ambientais no comportamento da baleia-franca
 - Levantar a influência das taxas reprodutivas de krill na ecologia da baleia-franca
-

3 MÉTODO(S)

As pesquisas foram feitas na base de dados *Scopus (Elsevier)* a partir das palavras-chave “*Eubalaena australis*” e “climate change” contidos em títulos, palavras-chave e resumos dos autores com a intenção de obter todos os trabalhos que relacionasse esses dois termos. Não houve filtragem somente de artigos, portanto foram obtidos todos os trabalhos possíveis que abordam simultaneamente os dois termos acima, devido à baixa quantidade de trabalhos.

Para todo o desenvolvimento deste trabalho, outros artigos, revisões, papers e afins foram retirados a partir de citações feitas dentro desses trabalhos primários ou contidos dentro dos trabalhos citados pelos autores. Não houve triagem das áreas de conhecimento justamente para não diminuir ainda mais o baixo número de trabalhos obtidos.

4 DESENVOLVIMENTO

Historicamente a caça sempre foi um problema para diversas espécies de baleias. A baleia-franca-austral (*Eubalaena australis*) era a espécie mais visada pela sua espessa camada de gordura e pelo conhecimento prévio que os primeiros baleeiros tinham sobre a *Eubalaena glacialis*, espécie muito semelhante e muito consumida na Espanha. Com o aumento da caça baleeira e a preferência pela espécie robusta, não demorou muito para que houvesse o colapso da espécie no início do século XIX, o que reduziu drasticamente a população e induziu mudanças no comportamento em geral das baleias-franca-austral (EDMUNDSON & HART, 2014).

Durante a década de 80, a moratória imposta pela *International Whaling Commission* (IWC) cessou a pesca baleeira, possibilitando lentamente a recuperação das populações (TULLOCH *et al.*, 2018). Ao longo de todo o Hemisfério Sul, a população de baleia-franca-austral cresceu muito em várias regiões como no Brasil, na Austrália, na Nova Zelândia e principalmente na Argentina (BANNISTER *et al.*, 2001; BRANDÃO *et al.*, 2013; COOKE *et al.*, 2015; GROCH *et al.*, 2015; JACKSON *et al.*, 2016.) Estudos conduzidos durante a década de 80 até anos recentes com fotoidentificação mostraram resultados importantes para a conservação da espécie, a começar pela reprodução da espécie, que é incontestável a presença destes próximos à costa em várias regiões do Hemisfério Sul apenas para o acasalamento ou para ter o filhote (Figura 5) (WHITEHEAD *et al.*, 1984; BANNISTER *et al.*, 2001; BRANDÃO *et al.*, 2013; COOKE *et al.*, 2015;) Desta forma, destaca-se a importância de estudos de longo prazo para fotoidentificação para avaliar a periodicidade de reprodução e alimentação destes animais (LEAPER *et al.*, 2006).

Apesar do aumento no número de indivíduos, houve também ao longo do início deste século um aumento na mortalidade dos espécimes e que está aumentando cada vez mais ao longo dos anos nas regiões da Península de Valdés e na África do Sul e Namíbia (MARON *et al.*, 2015; BRANDÃO *et al.*, 2018; VERMEULEN *et al.*, 2018).

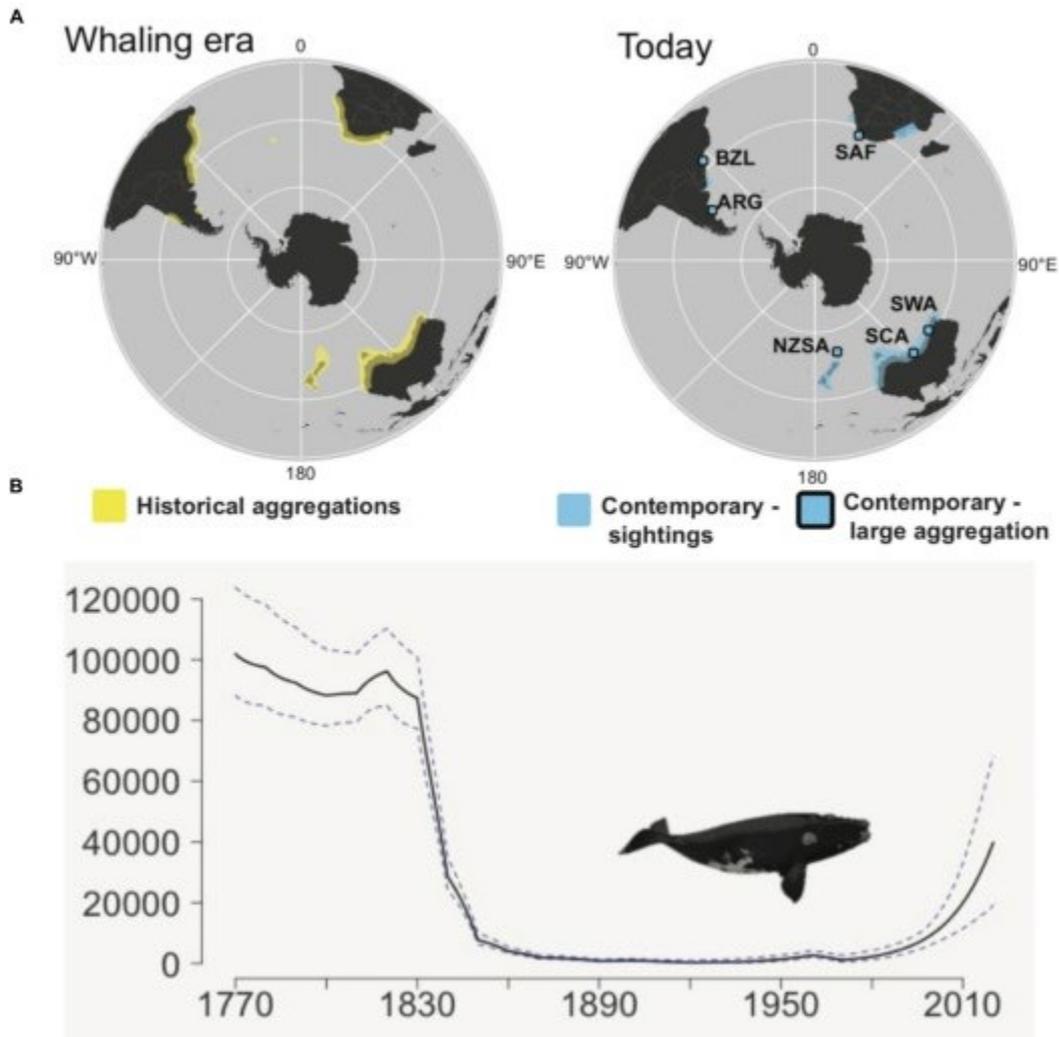


Figura 5. Mudança na distribuição e abundância de *Eubalaena australis*. **A.** Distribuição histórica e contemporânea durante o inverno e **B.** Declínio na abundância e recuperação subsequente (linha preta é a méd, linhas tracejadas mostram mínimo e máximo 95% CI). Avistamentos de grandes populações que são vistas durante o inverno: Argentina (ARG), Brasil (BRA), África do Sul (SAF), sudoeste da Austrália (SWA), centro-sul da Austrália (SCA) e Nova Zelândia sub-Antártica (NZSA) e regiões onde os avistamentos são tipicamente de menores números de indivíduos por ano. (Extraído de HARCOURT *et al.*, 2019)

A fêmea permanece em jejum durante o período de lactação e durante a volta para a área de alimentação (Geórgias do Sul). Permanece por volta de um ano com o filhote até que ele siga sozinho. Sabe-se que a fêmea permanece em repouso reprodutivo durante 3 anos até que finalmente volta para a mesma área e acasale novamente (COOKE *et al.*, 2018). No entanto, o número de filhotes encalhados e natimortos aumentou consideravelmente. Filhotes mortos altera completamente na dinâmica da fêmea adulta, que ao invés do intervalo de 3 anos, mudaria este para 2, 4 ou 5 anos de intervalo, caracterizando períodos de falhas, modificando toda a dinâmica de crescimento da população, e interfere em toda a dieta da fêmea pela alta demanda de energia e o animal não reconhece a alimentação suficiente para se manter, migrar e se reproduzir (KNOWLTON *et al.*, 1994; MARON *et al.*, 2015)

Outra mudança registrada na região da África do Sul está na dinâmica de imigração, as baleias-franca-austral estão mudando suas rotas de alimentação. Através de análises de isótopos de carbono retirados da pele dos indivíduos, Van Den Berg *et al.* (2020) pôde estimar mudanças de comportamentos à longo prazo nas áreas de alimentação. Os autores observaram a mudança de área de alimentação desde 1995 até 2019, e encontraram diferentes isótopos que indicam mudança de alimentação, seja apenas na localização, mas também abrangendo outras espécies, como os copépodos.

Ao contrário dos problemas antigos com relação à caça, atualmente as variações climáticas vêm interferindo no crescimento das populações não só dos cetáceos, mas de toda biodiversidade marinha. (CROXALL *et al.*, 2002, SEYBOTH *et al.*, 2016). Tanto os produtores (fitoplâncton) quanto os consumidores primários (krill e copépodos) são os que mais sofrem com os impactos das variações climáticas e acaba devastando os outros consumidores da cadeia alimentar (MEREDITH *et al.*, 2008; TULLOCH *et al.*, 2019; VAN DEN BERG *et al.*, 2020). O aumento da TSM em regiões mais ao norte da Antártica também diminuiu a clorofila e conseqüentemente, uma abrupta diminuição na população de krills e copépodos, uma vez que estes dependem da baixa temperatura da SST e no aumento do gelo marinho para haver uma alta taxa de reprodução. (SEYBOTH *et al.*, 2016; VAN DEN BERG *et al.*, 2021)

É uma situação muito problemática atrelar o declínio da população de krill apenas com redução do gelo marinho e variações climáticas atuais e desconsiderar todo histórico de exploração de pesca com estes crustáceos (CROXALL *et al.*, 2002), mas é importante ressaltar que a associação destes dois fatores estaria enfatizando a diminuição da população dos eufasídeos (TRATHAN & REID, 2009). A pesca em larga escala do krill e de interesse comercial começou bem no início da década de 1960, com cerca de 4 toneladas, e anos 1980, a captura total já se somavam aproximadamente 477.184 toneladas, com quedas em 1984 (128.218 toneladas) e 1994 (83.962 toneladas) (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 2021). O krill era amplamente explorado por países como União Soviética (fatores políticos e econômicos interferiram na pesca), Alemanha, Japão, Ucrânia e Polônia (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 2021).

O krill é dependente da florescência de verão do fitoplâncton e de sua abundância no inverno para que aumente cada vez mais o estoque dessa população (QUETIN & ROSS, 2003). As populações de krill vêm apresentando um declínio ao longo do tempo, ao passo que vêm aumentando a densidade de clorofila em decorrência também do aumento de temperatura da SST (TULLOCH *et al.*, 2021). Outro fator preponderante que impacta e afeta diretamente

crescimento populacional de krill e no aumento de sua população são os ciclos do ENOS. (KWOK & COMISO, 2001; QUETIN & ROSS, 2003; ROSS *et al.*, 2008).

A variação do índice de recrutamento, reprodutivo e de abundância apresentam valores correlacionados positivamente com o ENOS, com a volatilidade na população muito intensa principalmente em períodos em que o ENOS teve intensidade considerada “forte”(LOEB *et al.*, 2009; LOEB & SANTORA, 2015; QUETIN & ROSS 2003), e nas Geórgias do Sul, o tempo de resposta da disponibilidade de krill em relação ao EL Niño TSM varia de 6 meses a 2 anos, dependendo da intensidade da variação (MEREDITH *et al.*, 2008). De qualquer forma, as populações de eufasídeos apresentam alta volatilidade mesmo com mínimas intensidades do ENOS (exceto *Euphasia triacantha*), mas que já mudam minimamente a dinâmica de extensão do gelo marinho e aumento da TSM (SIEGEL, 2000; LOEB & SANTORA, 2015). Segundo Quetin & Ross (2003), o índice de recrutamento do krill possui uma forte ligação com a extensão e a cobertura do gelo marinho. Estes quando apresentam valores próximos à normalidade, como uma alta porcentagem de cobertura e extensão, além do período de duração do gelo durante o inverno (no caso, o mês de agosto, que possui 90% do seu período coberto por uma extensão de gelo), demonstram estabilização e um hábitat mais propício ao krill.

Toda essa variação na população do krill impacta diretamente no sucesso reprodutivo da baleia-franca-austral e na dinâmica de forrageamento (LEAPER *et al.*, 2006; SEYBOTH *et al.*, 2016; TULLOCH *et al.*, 2019). Esses efeitos podem ser observados na população da baleia-franca-austral no período chamado de *lag*, que é o período de resposta a uma anomalia em determinado local. Leaper *et al.* (2006) encontraram em seus estudos um *lag* de 6 anos desde a variação do El Niño TSM na região do Pacífico até o sucesso de nascimento dos filhotes na Península de Valdés, na Argentina, isto é 4,5 anos que é o período para o transporte oceânico e mais 1,5 anos para o período de natalidade e lactação. Porém, Seyboth (2013) encontrou um *lag* de 8 anos partindo dos mesmos princípios. A diferença entre os autores foi que os primeiros não consideraram o período de anomalias da TSM na disponibilidade de krill na região das Geórgias do Sul, mas em contrapartida, o período (anos) utilizado foi bem maior (30 e 16, respectivamente). E com um maior banco de dados, maior é essa eficiência nos resultados, quando se trata de correlação cruzada (LEGENDRE & LEGENDRE, 1998).

Com a tendência do cenário atual e projeções para o futuro, as populações de baleia-franca-austral tendem a apresentar queda nas populações até 2100 (Figura 6), além de outras espécies de mysticetos residentes no Hemisfério Sul (TULLOCH *et al.*, 2018). O cenário é de extenso declínio na população de baleia-fin (*Balaenoptera physalus*) e baleia-azul (*Balaenoptera musculus*) nos oceanos Atlântico e Índico, que estão listados na IUCN como vulnerável (VU) e criticamente ameaçado (CR), respectivamente (TULLOCH *et al.*, 2018; COOKE, 2018). As baleias-franca-austral possuem uma vantagem pela área de alimentação, reprodução e lactação serem locais diferentes, porém com tantas mudanças na área de alimentação, esse benefício ficabem limitado (VAN DEN BERG *et al.*, 2020).

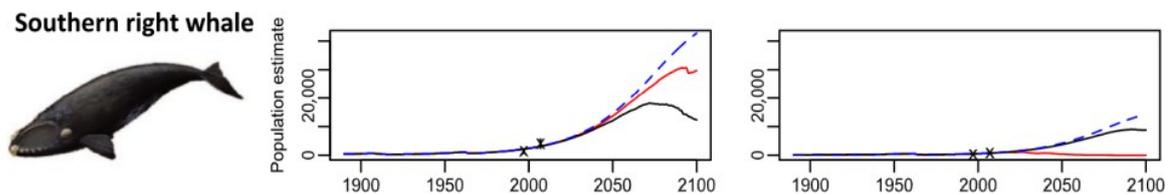


Figura 6. População estimada de *Eubalaena australis* para a área do Atlântico/Índico (esquerda) e área do Pacífico (direita) à partir de meados de 1900 até 2100. A linha preta trata-se do modelo que liga distribuição com o gelo marinho; a linha vermelha liga população aos condutores climáticos e a linha azul exclui as variáveis de condutores climáticos. (Extraído de TULLOCH *et al.*, 2018)

Segundo Van Den Berg *et al.* (2020), a população que frequenta a região da África do Sul tem se deslocado para outras áreas para se alimentar, justamente pelas mudanças climáticas que tem interferido na disponibilidade de krill e copépodos, sendo necessário expandir áreas de alimentação. As populações da Argentina e Brasil, aparentemente têm mudado suas estratégias de forrageamento devido à diminuição na abundância do krill, levando a interpretar que o sucesso dessa mudança foi regredido, uma vez que aumentou a taxa de mortalidade em filhotes na última década (LEAPER *et al.* 2006, SEYBOTH *et al.*, 2016; VAN DEN BERG; 2020).

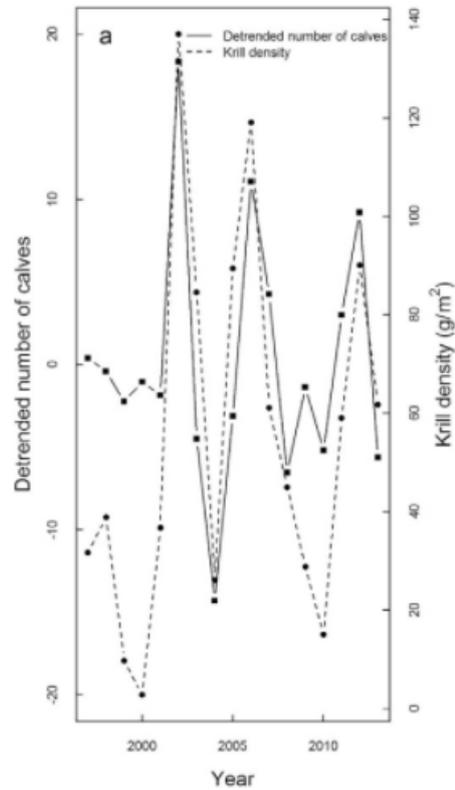


Figura 7. Número distendido de filhotes de baleia-franca-austral e a densidade do krill (g/m^2) ao redor das variações das Géorgias do Sul de 1997 a 2013. O gráfico apresenta a correlação direta número de filhotes nascidos no Brasil e a densidade do krill (Extraído de SEYBOTH *et al.*, 2016)

A densidade do krill está fortemente ligado ao número de nascimento de filhotes de baleia-franca-austral (SEYBOTH *et al.*, 2016) que demonstra uma forte correlação de acordo com a variação da densidade do krill, conforme ilustrado na Figura 7. A densidade de krill, por sua vez, demonstra estar diretamente correlacionado com a variação de temperatura da TSM (Figura 8) (FIELDING *et al.*, 2014).

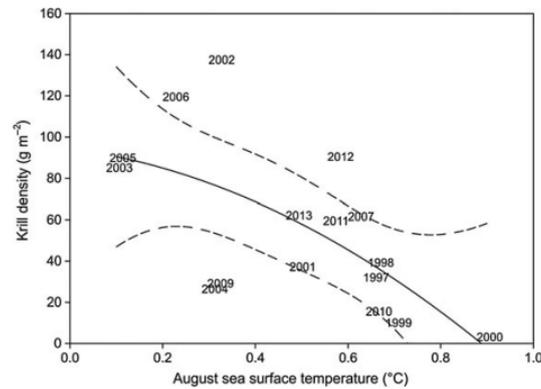


Figura 8. Relação entre a média de densidade de krill (g/m^2) e a TSM de agosto. Modificou-se a linha de regressão quadrática ($\text{Densidade do krill} = \frac{1}{4} 94,38 - 30,01\text{SST} - 85,91\text{SST}^2$, $r^2 = 0,42$, $p < 0,05$) com intervalos de 95% de confiança (linhas tracejadas) (Extraído de FIELDING *et al.*, 2014)

As mudanças climáticas que estão ocorrendo a longo prazo, podem ser irreversíveis, causando grande impacto no ecossistema marinho, inclusive ameaçando diretamente a recuperação da população das baleias-franca-austral, além das outras espécies da região (TULLOCH *et al.*, 2018). Com a flutuação da abundância e índice de recrutamento do krill, a baleia-franca-austral terá a obrigatoriedade de explorar outras áreas para forrageamento, disputando alimentos intraespecífica e interespecificamente, e essas estratégias de adaptações em um ambiente que está modificando rapidamente podem não ser suficientes para garantir o êxito (VAN DEN BERG *et al.*, 2020)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estudos indicaram que o declínio na abundância de krill está fortemente correlacionado com anomalias na TSM, devido a influências do ENOS. Porém há um *lag* de 6 a 8 anos desde a anomalia no Pacífico até ser observado na taxa de natalidade das baleias-franca-austral. O comportamento da baleia-franca-austral, por sua vez, é totalmente influenciado pela abundância do krill, desde à alimentação até a taxa de natalidade, passando por todo o comportamento migratório que fica comprometido devido à alimentação inadequada e na taxa de natalidade e mortalidade que pode sofrer alguma modificação no período normal do intervalo de reprodução da fêmea.

Ficou claro a necessidade de acompanhamento da população de krill, uma vez que é a base alimentar para várias espécies no continente antártico e a principal fonte alimentícia para as populações de baleia-franca-austral. Estudos relacionados ao ENOS e à TSM são muito importantes para avaliarmos o impacto da atividade antrópica e como isso interfere na dinâmica das variações climáticas e no impacto da abundância de fitoplâncton e o declínio na abundância do krill, além da extensão do gelo marinho que muda a dinâmica do ecossistema Atlântico-Antártico. Deste modo as mudanças climáticas impactam diretamente no comportamento das baleias-franca-austral e na taxa reprodutiva da espécie. A pouca quantidade de estudos sobre o assunto impede que haja uma clareza sobre o *lag*, entre a anomalia climática e o impacto direto nos cetáceos

Pode-se verificar que a baleia-franca-austral é uma espécie muito atingida por variações climáticas, portanto é um excelente indicador de mudanças no ambiente e ecossistema, tanto pela mudança de áreas de forrageamento, quanto pela alta taxa de mortalidade que pode estar atrelado à estresse nutricional, afetando nos intervalos de reprodução. A população de baleia-franca-austral sofreu forte declínio devido à caça, portanto este quesito também deve ser considerado em conjunto à influência das anomalias climáticas para compreender e levantar novos estudos e estratégias para a conservação da espécie.

REFERÊNCIAS

ATKINSON, A. et al. **South Georgia, Antarctica: a productive, cold water, pelagic ecosystem.** Marine Ecology Progress Series, v. 216, p. 279-308, 2001.

ATKINSON, A., SIEGEL, V., PAKHOMOV, E. A., JESSOPP, M. J. & Loeb, V. **A re-appraisal of the total biomass and annual production of Antarctic krill.** *Deep-Sea Res. Pt. I* 56, 727–740 (2009).

BANNISTER, John et al. **Status of southern right whales (*Eubalaena australis*) off Australia.** J. Cetacean Res. Manage., p. 103-110, 2001.

BEST, Peter B. et al. **Long-range movements of South Atlantic right whales *Eubalaena australis*.** Marine Mammal Science, v. 9, n. 3, p. 227-234, 1993.

BRAGA, E. P. R.T. **Distribuição espaço-temporal da baleia-franca-austral– *Eubalaena australis* (Desmoulins 1822) –no sul do Brasil.** Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande. 2014

BRANDÃO, Anabela et al. **Application of a photo-identification based assessment model to southern right whales in South African waters, now including data up to 2012.** 2013.

CHARLTON, Claire et al. **Southern right whale (*Eubalaena australis*), seasonal abundance and distribution at Head of Bight, South Australia.** Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, v. 29, n. 4, p. 576-588, 2019.

CONDIÇÕES ATUAIS DO ENOS: NEUTRO. DISPONÍVEL EM: [HTTP://ENOS.CPTEC.INPE.BR/](http://enos.cptec.inpe.br/). ACESSO POR ÚLTIMO EM 07/10/2021

COOKE, Justin; ROWNTREE, Vicky; SIRONI, Mariano. **Southwest Atlantic rightwhales: interim updated population assessment from photo-id collected at Península Valdéz, Argentina.** Paper SC/66a/BRG/23 presented to the IWC Scientific Committee, 2015.

COOKE, J.G. 2018. ***Balaenoptera musculus ssp. intermedia*.** The IUCN Red List of Threatened Species 2018: e.T41713A50226962

COOKE, J.G. 2018. ***Balaenoptera musculus ssp. intermedia*.** The IUCN Red List of Threatened Species 2018: e.T41713A50226962

CROXALL, J. P.; TRATHAN, P. N.; MURPHY, E. J. **Environmental change and Antarctic seabird populations.** Science, v. 297, n. 5586, p. 1510-1514, 2002.

DA SILVA, Arineia Soares et al. **Impact of El Niño on the dynamics of American cutaneous leishmaniasis in a municipality in the western Amazon.** Acta Tropica, v. 222, p. 106032, 2021.

DE MORAIS, Igor Oliveira Braga et al. **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*, v. 47, n. 1, p. 11-23, 2017.

EDMUNDSON, Eddie; HART, Ian B. **A história da caça de baleias no Brasil: Depeixe real a iguaria japonesa.** Disal Editora, 2014.¹

ELWEN, Simon H.; BEST, Peter B. **Environmental factors influencing the distribution of southern right whales (*Eubalaena australis*) on the south coast of South Africa II: Within bay distribution.** *Marine Mammal Science*, v. 20, n. 3, p. 583-601, 2004.

FLANAGAN, Lawrence B.; ADKINSON, Angela C. **Interacting controls on productivity in a northern Great Plains grassland and implications for response to ENSO events.** *Global Change Biology*, v. 17, n. 11, p. 3293-3311, 2011.

FLORES, Hauke et al. **Impact of climate change on Antarctic krill.** *Marine Ecology Progress Series*, v. 458, p. 1-19, 2012.

FORCADA, Jaume; TRATHAN, Philip N. **Penguin responses to climate change in the Southern Ocean.** *Global Change Biology*, v. 15, n. 7, p. 1618-1630, 2009.

GROCH, K. R. et al. **Recent rapid increases in the right whale (*Eubalaena australis*) population off southern Brazil.** *Latin American journal of aquatic mammals*, p. 41-47, 2005.

GROCH, Karina Rejane. **Biologia populacional e ecologia comportamental da baleia franca, *Eubalaena australis* (Desmoulins, 1822), Cetacea, Mysticeti, nolitotal sul do Brasil.** 2005.

HAMNER, William M. et al. **Behavior of Antarctic krill, *Euphausia superba*: chemoreception, feeding, schooling, and molting.** *Science*, v. 220, n. 4595, p. 433-435, 1983.

JACKSON, Jennifer A. et al. **An integrated approach to historical population assessment of the great whales: case of the New Zealand southern right whale.** *Royal Society open science*, v. 3, n. 3, p. 150669, 2016.

KNOWLTON, A. R., KRAUS, S. D., & KENNEY, R. D. (1994). **Reproduction in North Atlantic right whales (*Eubalaena glacialis*).** *Canadian Journal of Zoology*, 72(7), 1297-1305.

KWOK, R.; COMISO, J. C. **Southern Ocean climate and sea ice anomalies associated with the Southern Oscillation.** *Journal of Climate*, v. 15, n. 5, p. 487-501, 2002.

LAMANNA, Joseph A. et al. **El Niño—Southern Oscillation influences annual survival of a migratory songbird at a regional scale.** *The Auk*, v. 129, n. 4, p. 734-743, 2012.

- LEAPER, Russell et al. **Global climate drives southern right whale (*Eubalaena australis*) population dynamics**. *Biology Letters*, v. 2, n. 2, p. 289-292, 2006.
- LEGENDRE, P., LEGENDRE, L. **Numerical ecology**. Second English edition. Amsterdam: Elsevier, 1998.
- LODI, L., & BOROBIA, M. **Baleias, botos e golfinhos do Brasil: guia de identificação**. Technical Books Editora. 2013
- LOEB, Valerie et al. **Effects of sea-ice extent and krill or salp dominance on the Antarctic food web**. *Nature*, v. 387, n. 6636, p. 897-900, 1997.
- LOEB, Valerie J. et al. **ENSO and variability of the Antarctic Peninsula pelagic marine ecosystem**. *Antarctic Science*, v. 21, n. 2, p. 135-148, 2009.
- LOEB, Valerie J.; SANTORA, Jarrod A. **Climate variability and spatiotemporal dynamics of five Southern Ocean krill species**. *Progress in Oceanography*, v. 134, p. 93-122, 2015.
- MARÓN, C. F. et al. **Estimating population consequences of increased calf mortality in the southern right whales off Argentina**. Paper# SC/66a/BRG/1 submitted to the IWC Scientific Committee (unpublished). 2015.
- MEREDITH, Michael P. et al. **On the interannual variability of ocean temperatures around South Georgia, Southern Ocean: Forcing by El Niño/Southern Oscillation and the southern annular mode**. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, v. 55, n. 18-19, p. 2007-2022, 2008.
- MEREDITH, Michael P.; KING, John C. **Rapid climate change in the ocean west of the Antarctic Peninsula during the second half of the 20th century**. *Geophysical Research Letters*, v. 32, n. 19, 2005.
- MILLER, Carolyn A. et al. **Blubber thickness in right whales *Eubalaena glacialis* and *Eubalaena australis* related with reproduction, life history status and prey abundance**. *Marine Ecology Progress Series*, v. 438, p. 267-283, 2011.
- MOORE, Sue E. et al. **Gray whale occurrence and forage southeast of Kodiak, Island, Alaska**. *Marine Mammal Science*, v. 23, n. 2, p. 419-428, 2007.
- MOORE, M. J. et al. **Relative abundance of large whales around South Georgia (1979–1998)** 1. *Marine Mammal Science*, v. 15, n. 4, p. 1287-1302, 1999.
- NMFS. **Southern right whale (*Eubalaena australis*) 5-year review: summary and evaluation**. Office of Protected Resources Silver Spring, MD, 2015
- PATENAUDE, Nathalie J.; BAKER, C. Scott; GALES, Nicholas J. **Observations of southern right whales on New Zealand's subantarctic wintering grounds**. *Marine Mammal Science*, v. 14, n. 2, p. 350-355, 1998.
-

PAYNE, Roger. **Long term behavioral studies of the southern right whale (*Eubalaena australis*)**. Report of the International Whaling Commission, v. 10, p.161-167, 1986.

PEREIRA, Moreno. **Ocorrência, uso de habitat e estrutura de grupo da baleia-franca-austral, *eubalaena australis*, em Torres, Rio Grande do Sul**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Santa Cruz. 2020

QUETIN, L. B. & ROSS, R. M. **Episodic recruitment in Antarctic krill *Euphausia superba* in the Palmer LTER study region**. Mar. Ecol. Prog. Ser. 259, 185–200(2003)

REID, Keith; ARNOULD, John PY. **The diet of Antarctic fur seals *Arctocephalus gazella* during the breeding season at South Georgia**. Polar Biology, v. 16, n. 2, p.105-114, 1996.

ROSS, Robin M. et al. **Palmer LTER: Patterns of distribution of five dominant zooplankton species in the epipelagic zone west of the Antarctic Peninsula, 1993–2004**. Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography, v. 55, n.18-19, p. 2086-2105, 2008.

ROUX, Jean-Paul; BRABY, Rod J.; BEST, Peter B. **Does disappearance mean extirpation? The case of right whales off Namibia**. Marine Mammal Science, v.31, n. 3, p. 1132-1152, 2015.

ROWNTREE, Victoria J. **Feeding, distribution, and reproductive behavior of cyamids (Crustacea: Amphipoda) living on humpback and right whales**. Canadian Journal of Zoology, v. 74, n. 1, p. 103-109, 1996.

ROWNTREE, Victoria et al. **Sighting histories of 124 southern right whales recorded off both southern Brazil and Península Valdés, Argentina, between 1971 and 2017**. 2020

SEYBOTH, Elisa et al. **Habitat use by southern right whales, *Eubalaena australis* (Desmoulins, 1822), in their main northernmost calving area in the western South Atlantic**. Marine Mammal Science, v. 31, n. 4, p. 1521-1537, 2015.

SEYBOTH, Elisa. **Padrão da ocupação da baleia-franca-austral (*Eubalaena australis*) em enseadas do litoral catarinense e influência das anomalias climáticas em sua taxa de natalidade**. Dissertação de Mestrado. 2013

SIEGEL, Volker. **Krill (*Euphausiacea*) demography and variability in abundance and distribution**. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, v. 57, n. S3, p. 151-167, 2000.

SMITH, Carl. **A warming Southern Ocean may compromise Antarctic blue whale foetus growth**. Journal of Vertebrate Biology, v. 70, n. 2, p. 20114.1, 2021.

TARLING, Geraint A. **Routine metabolism of Antarctic krill (*Euphausia superba*) in South Georgia waters: absence of metabolic compensation at its range edge.** *Marine Biology*, v. 167, n. 8, p. 1-15, 2020.

TOMAZELLI, L. J. **Contribuição ao estudo dos sistemas deposicionais holocênicos do nordeste da província costeira do Rio Grande do Sul, com ênfase no sistema eólico.** Doctorate Dissertation) Curso de Pós-Graduação em Geociências/Universidade Federal do Rio Grande do Sul [Graduate Degree in Geosciences, Federal University of Rio Grande do Sul], 1990

TRATHAN, P. N. et al. **Physical forcing in the southwest Atlantic: ecosystem control.** 2006.

TRENBERTH, Kevin E. **The definition of el nino.** *Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 78, n. 12, p. 2771-2778, 1997.

TULLOCH, Vivitskaia JD et al. **Future recovery of baleen whales is imperiled by climate change.** *Global change biology*, v. 25, n. 4, p. 1263-1281, 2019.

VAN DEN BERG, Gideon L. et al. **Decadal shift in foraging strategy of a migratory southern ocean predator.** *Global Change Biology*, v. 27, n. 5, p. 1052-1067, 2021.

VERMEULEN, Els et al. **Report on the mammal research institute whale unit southern right whale survey-2017.** IWC Scientific Committee Report, SC/67B/SH, 2018.

WHITEHEAD, H., AND R. PAYNE. **New techniques for assessing populations of right whales without killing them.** *Mammals in the Seas*. FAO Fisheries Series, (5) 3:189-209. 1981

WHITEHEAD, H.; PAYNE, ROGER; PAYNE, MICHAEL. **Population estimate for the right whales off Peninsula Valdes, Argentina, 1971-1976.** *Rep. int. Whal. Commn*, p. 169-71, 1986.

WHITEHOUSE, M. J. et al. **Rapid warming of the ocean around South Georgia, Southern Ocean, during the 20th century: forcings, characteristics and implications for lower trophic levels.** *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, v. 55, n. 10, p. 1218-1228, 2008.

WING, Stephen R. et al. **Penguins and seals transport limiting nutrients between offshore pelagic and coastal regions of Antarctica under changing sea ice.** *Ecosystems*, v. 24, n. 5, p. 1203-1221, 2021.

RESOLUÇÃO n°038/2020 – CEPE

ANEXO I

APÊNDICE ao TCC

Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

O estudante **Gabriel Mihahira França de Sá**

Curso de Ciências Biológicas - **Bacharelado**, matrícula **2016.1.0050.0291-2**, telefone: **(62) 99954-1640**, e-mail: **gabrielmihahira@gmail.com**, na qualidade de titular dos direitos autorais, em consonância com a Lei n° 9.610/98 (Lei dos Direitos do autor), autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: **Influência das variações climáticas no comportamento da baleia-franca-austral *Eubalaena australis* (Desmoulins, 1822) – Uma Revisão Bibliográfica**, gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5 (cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial de computadores, no formato especificado (Texto (PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som (WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 15 de dezembro de 2021.

Assinatura do autor: 

Nome completo do autor: **Gabriel Mihahira França de Sá**

Assinatura do professor-orientador: 

Nome completo do professor-orientador: **Rodrigo Mariano da Silva, Msc**