



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**



**INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS
CÂMPUS DO LITORAL PAULISTA**

ANA LAURA TERUMI WATANABE

**DESCRIÇÃO DO CICLO DE VIDA DA TONINHA (*Pontoporia blainvillei*) DA
SUBPOPULAÇÃO FMA-IIb: Uma perspectiva de Análise de Viabilidade Populacional**

**São Vicente - SP
2025**



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”



INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS
CÂMPUS DO LITORAL PAULISTA

ANA LAURA TERUMI WATANABE

DESCRIÇÃO DO CICLO DE VIDA DA SUBPOPULAÇÃO FMA-IIb DE *Pontoporia blainvillei*: Uma perspectiva de Análise de Viabilidade Populacional

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto de Biociências da UNESP – Campus do Litoral Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título bacharel em Ciências Biológicas, com habilitação em Biologia Marinha.

Orientador: Fabio Stucchi Vannucchi

Coorientadora: Carolina Pacheco Bertozzi

São Vicente - SP
2025

W324d

Watanabe, Ana Laura Terumi

Descrição do ciclo de vida da subpopulação FMA-IIb de *Pontoporia blainvillei* : Uma perspectiva de Análise de Viabilidade Populacional / Ana Laura Terumi Watanabe. -- São Vicente, 2025

44 f. : tabs., fotos

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, São Vicente

Orientador: Fabio Stucchi Vannucchi

Coorientadora: Carolina Pacheco Bertozzi

1. Biologia de conservação. 2. Ecologia Modelos matemáticos. 3. Toninha. I. Título.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP, pelo financiamento da minha bolsa de iniciação científica (Processo: 2024/17281-7), o que contribuiu para minha permanência na faculdade. Sou imensamente grata ao meu orientador Fabio, que me recebeu no laboratório de braços abertos e me incentivou e acreditou no meu trabalho. Ao Laboratório de Modelagem Matemática de Processos Biológicos pelo suporte, principalmente ao Lucas, por toda ajuda e companheirismo ao longo de todos esses anos, em sala de aula, escrevendo projeto, na monitoria e durante toda a execução do presente trabalho. Agradeço também à Profa. Dra. Carolina Pacheco Bertozzi (IBCLP/UNESP), pela orientação e colaboração durante o trabalho, em especial na verificação e interpretação dos dados.

Gostaria de agradecer à minha família, mãe, pai, Miyuki, Maru e Tom, pelo incentivo e suporte, principalmente emocional, durante todos os 4 anos de graduação. Ao meu namorado, Arthur, que foi meu porto seguro durante essa fase da minha vida, sempre me apoiando e acreditando em mim, mesmo quando eu não conseguia acreditar em mim mesma. E por fim, agradeço todas as minhas amigas, as que carrego comigo desde antes, como, principalmente, as que eu tive o prazer de conhecer nessa trajetória da graduação. Em especial à Roberta, Lia, Sofia, Fernanda, Luana, Giovanna e Kássia, nossa amizade vai além de um grupo de trabalho de faculdade, sou grata por ter encontrado uma conexão tão forte desde o primeiro ano. E também à Laura, Heloisa, Lívia, Luiza, Lais e Gabriela, que são e foram lar para mim, agradeço por encontrar uma família mesmo longe de casa.

RESUMO

A toninha (*Pontoporia blainvillei*) é um pequeno cetáceo endêmico da América do Sul, que ocorre desde o Sudeste do Brasil até a Argentina. É uma espécie muito afetada pela atividade humana, sobretudo pela pesca de emalhe, principal responsável pela mortalidade do animal atualmente. Além disso, as toninhas são distribuídas em 11 subpopulações geograficamente independentes, o que requer um manejo personalizado para cada uma. Devido a todos esses fatores, no Brasil, *P. blainvillei* é classificada como criticamente ameaçada de extinção (CR). Diante disso, a compreensão das características de vida que moldam a dinâmica populacional em conjunto a estudos probabilísticos voltados ao conhecimento da vulnerabilidade das espécies, possibilitam a interpretação da demografia de espécies ameaçadas. Assim, a descrição da história de vida somado à Análise de Viabilidade Populacional (AVP) se tornam grandes aliadas à conservação da espécie. O objetivo geral deste trabalho foi descrever o ciclo de vida de *Pontoporia blainvillei*, com vistas à avaliação de viabilidade populacional da espécie para a subpopulação FMA-IIb. Para realização do estudo, foi feita uma revisão bibliográfica sobre a espécie. Nesta fase, livros e artigos científicos publicados sobre a biologia e a conservação de toninhas foram consultados. Em seguida, os dados da história de vida coletados foram utilizados no Vortex (versão 10.10.0), um *software* que realiza simulações estocásticas das dinâmicas da população. A criação do cenário base nesse estudo, considerou uma mortalidade natural, sem efeitos antrópicos envolvidos. Apesar disso, obteve-se uma taxa de crescimento instantânea de -0,0951, com 4% de chance de se extinguir em 70 anos. Há altas chances dos parâmetros de taxas de mortalidade e proporção de fêmeas adultas reprodutivas estarem enviesados. Os testes de sensibilidade demonstraram uma resposta positiva do crescimento populacional quando ocorre o aumento simultâneo dos parâmetros. É de extrema importância que mais estudos sejam conduzidos sobre esses parâmetros da subpopulação FMA-IIb. Os valores de *r*-estocástico extrapolados seguindo o valor de referência de crescimento populacional saudável (0,02), podem ser utilizados como base para futuras Análises de Viabilidade Populacional.

Palavras-chave: Toninha; Conservação de animais marinhos; História de vida; Modelo computacional Vortex.

ABSTRACT

The franciscana (*Pontoporia blainvillei*) is a small cetacean endemic to South America, found from southeastern Brazil to Argentina. It is a species highly affected by human activity, primarily by gillnet fishing, which is currently the main cause of mortality for this animal. Furthermore, franciscanas are distributed into 11 geographically independent subpopulations, requiring customized management for each one. Due to all these factors, in Brazil, *P. blainvillei* is classified as critically endangered (CR). Consequently, understanding the life history traits that shape population dynamics, combined with probabilistic studies aimed at assessing species vulnerability, enables the interpretation of the demography of threatened species. Thus, the description of life history, coupled with Population Viability Analysis (PVA), becomes a major ally in species conservation. The main objective of this work was to describe the life cycle of *Pontoporia blainvillei*, with a focus on assessing the population viability of the species for the FMA-IIb subpopulation. To conduct the study, a literature review on the species was performed. During this phase, books and scientific articles published on the biology and conservation of franciscanas were consulted. Subsequently, the collected life history data were used in Vortex (version 10.10.0), a software that performs stochastic simulations of population dynamics. The creation of the baseline scenario in this study considered natural mortality, without anthropogenic effects involved. Despite this, an intrinsic growth rate of -0.0951 was obtained, with a 4% chance of extinction within 70 years. It is highly likely that the parameters for mortality rates and the proportion of breeding adult females are biased. Sensitivity tests demonstrated a positive response in population growth when these parameters are simultaneously increased. It is extremely important that further studies be conducted on these parameters for the FMA-IIb subpopulation. The extrapolated stochastic r-values, based on the reference value for healthy population growth (0.02), can be used as a basis for future Population Viability Analyses.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
2. MATERIAL E MÉTODO.....	12
2.1. Área de estudo.....	12
2.2. Levantamento bibliográfico.....	13
2.3. Simulações numéricas.....	14
2.3.1. Cenário base e análise de sensibilidade.....	15
3. RESULTADO E DISCUSSÃO.....	16
3.1. Elaboração do cenário base.....	16
3.2. Simulações numéricas.....	22
3.2.1. Cenário base.....	22
3.2.2. Análise de sensibilidade.....	24
4. CONCLUSÃO.....	32
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33
APÊNDICE I.....	37
APÊNDICE II.....	38
APÊNDICE III.....	39

1. INTRODUÇÃO

A toninha (*Pontoporia blainvillei*), também conhecida como franciscana, é a única espécie representante de uma Família da Subordem Odontoceti, a Família Pontoporiidae, e está ameaçada (PRADO, 2021; GUTSTEIN, 2006). É o menor cetáceo mais ameaçado do mundo, sendo o golfinho que mais sofre perigo de extinção do Atlântico Sul (SUCUNZA *et al.*, 2019), e o único representante dessa região na Lista Vermelha da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN). De acordo com a legislação brasileira, é um animal considerado Criticamente Ameaçado (CR; BRASIL, 2022), porém, globalmente, é classificado como Vulnerável (VU) de acordo com a Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da IUCN pelo critério A3d, pela projeção de decréscimo populacional em mais de 30% em três tempos geracionais (critério A3), por conta dos níveis atuais ou potenciais de exploração (pesca acidental, critério “d”) (ZERBINI *et al.*, 2017).

A espécie tem comportamento tímido, os indivíduos habitam a superfície mas evitam embarcações e saltos, e, para a respiração, deixam à mostra apenas o espiráculo (PRADO, 2021). Sua preferência por locais turvos, sua coloração marrom-acinzentada na parte dorsal e nos flancos, seu comprimento pequeno, variando entre 128 cm a 170 cm em adultos, e seu comportamento, fazem com que a mensuração desses animais seja dificultada (PRADO, 2021). Os registros de abundância são feitos por monitoramento aéreo realizado por aeronaves tripuladas ou não (drones) e dados de encalhe e captura acidental encontrados nas praias (PRADO, 2021; RAMOS, 2002; SUCUNZA *et al.*, 2019).

É uma espécie endêmica do oceano Atlântico Sul, na costa leste da América do Sul, encontrada no Brasil, Uruguai e Argentina (ROCHA-CAMPOS; DANILEWICZ; SICILIANO, 2010; SUCUNZA *et al.*, 2019). Sua extensão de ocorrência vai desde Itaúnas, no estado do Espírito Santo, Brasil, até Rio Negro, no Golfo San Matías, Argentina (MIRANDA *et al.*, 2019; AMARAL *et al.*, 2018; SILVA *et al.*, 2020). Extensos anos de pesquisa e coleta de dados, indicam que a ocorrência de *P. blainvillei* não é contínua ao longo da costa, com ausência de registros em duas áreas: a primeira, entre a desembocadura do Rio Piraquê, na praia de Santa Cruz, no Espírito Santo, e a Barra do Itabapoana, no Rio de Janeiro; e a segunda entre Armação dos Búzios e Piraquara de Dentro, Rio de Janeiro (Figura 1) (MIRANDA, 2019; AMARAL, 2018; SUCUNZA *et al.*, 2019).



Figura 1. Mapa de ocorrência de *Pontoporia blainvillei*.

Fonte: IUCN SSC Cetacean Specialist Group 2017. *Pontoporia blainvillei*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2024-1

A espécie tem preferência por regiões costeiras de até 30 metros de distância da costa (SUCUNZA *et al.*, 2019; SILVA *et al.*, 2020), de águas turvas e rasas de até 50 metros de profundidade. Apesar disso, é mais encontrada na faixa dos 30 metros, podendo ser avistada também em estuários, como na Baía da Babitonga, no estado de Santa Catarina, e no Rio da Prata, Uruguai, os únicos ambientes estuarinos em que ocorre a espécie (PRADO, 2021; ROCHA-CAMPOS; DANILEWICZ; SICILIANO, 2010).

Devido à proximidade que se encontram da costa, as toninhas são muito impactadas diretamente pelas ações antrópicas (CONVERSANI *et al.*, 2021), algo que dificulta ainda mais a sua conservação (CUNHA *et al.*, 2014). Desde a década de 1940, capturas acidentais de toninhas por redes de emalhe vêm sendo registradas (SUCUNZA *et al.*, 2019). Com o aumento da atividade pesqueira e da indústria nos últimos anos, o número de acidentes relacionados à pesca em larga escala aumentou drasticamente, sendo a maior ameaça à conservação da espécie e maior fonte de mortalidade (ROCHA-CAMPOS; DANILEWICZ; SICILIANO, 2010). Como consequência, a toninha é o cetáceo com maior registro de capturas por redes de pesca no mundo (Figura 2) (AMARAL *et al.*, 2018; CUNHA *et al.*, 2014). Esse aumento da mortalidade por causas não naturais é ainda mais preocupante quando é levado em consideração o tempo de gestação, amamentação e intervalo de nascimentos da toninha. Ao longo de sua existência, as fêmeas podem dar à luz a apenas cinco a dez filhotes, aproximadamente um indivíduo a cada dois anos (PRADO, 2021). A baixa taxa de natalidade, somada ao aumento da taxa de mortalidade, torna evidente a preocupação quanto à conservação e ao crescimento populacional da espécie (PRADO, 2021). Além disso, a perda, diminuição e modificação de habitat é uma preocupação que deve ser levada em consideração futuramente, principalmente os efeitos quanto ao despejo inadequado de resíduos e poluição

sonora, causada por grandes embarcações (MIRANDA, 2019; AMARAL *et al.*, 2018; CUNHA *et al.*, 2014).



Figura 2. Conjunto de fotos mostrando o impacto da maior ameaça à conservação de toninhas, as redes de emalhe. Na esquerda, uma toninha presa à rede de emalhe em frente à cidade de Rio Grande, Rio Grande do Sul. Na direita, animal encontrado morto e machucado pela rede, na Praia da Enseada-SP em 2022.

Fonte: Pedro F. Fruct, 2012; Projeto Gremar, 2022.

Além dos problemas das consequências das ações antrópicas enfrentadas, deve-se enfatizar que as toninhas são distribuídas em subpopulações geograficamente independentes, ou seja, não há migração de indivíduos entre as subpopulações e, conseqüentemente, não existe troca genética entre elas, ocasionando uma diferenciação (CUNHA *et al.*, 2014). Portanto, pode-se afirmar que são subpopulações distintas, chamadas de Unidades Evolutivamente Significativas (ESU), um conceito estabelecido por Moritz (1994). As análises genéticas são de extrema importância para determinação de ESUs e, em 2003 (SECCHI; DANILEWICZ; OTT), após compilação e avaliação de dados, foram definidas duas Unidades: o Norte, englobando a faixa do Espírito Santo até o norte do Rio de Janeiro, e o Sul, do sul do Rio de Janeiro até a Argentina (CUNHA *et al.*, 2014). Por mais que sejam da mesma espécie, os indivíduos presentes na parte Norte, possuem um ancestral comum e são geneticamente diferentes dos exemplares do Sul (CUNHA *et al.*, 2014).

Dentro das Unidades estabelecidas, há subpopulações consolidadas que não realizam a troca gênica. Em 2003 (SECCHI; DANILEWICZ; OTT) houve um delineamento das subpopulações das toninhas ao longo da sua extensão de ocorrência, visando um propósito de conservação, chamadas de *Franciscana Management Areas* (FMAs), definidas em quatro distribuições: FMA-I, FMA-II, FMA-III e FMA-IV. Em 2022, um workshop de revisão foi

feito para discutir sobre os novos avanços quanto à pesquisa e relatórios relevantes sobre as divisões das FMAs. Neste workshop levantaram e propuseram a divisão em 11 subpopulações de *P. blainvillei* (Figura 3) (IWC, 2023; PRADO, 2023; CUNHA *et al.*, 2014). Portanto, é preciso um cuidado extremo, sendo necessário um plano de ação e de conservação único e específico para cada subpopulação, para isso, pesquisas para cada unidade tornam-se indispensáveis.

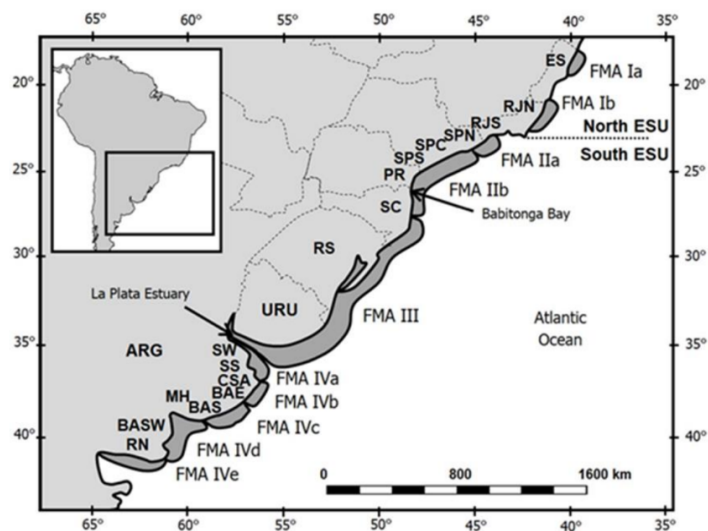


Figura 3. Mapa da extensão de ocorrência da toninha, dividido pelas FMAs propostas.

Fonte: IWC, 2023.

A história de vida de cada organismo diz respeito aos eventos principais relacionados a seu crescimento, desenvolvimento, reprodução e sobrevivência, incluindo idade e tamanho na maturidade sexual, quantidade e regulação da reprodução, além de taxas de sobrevivência e de mortalidade (CAIN; BOWMAN; HACKER, 2018). Ao descrever características da história de vida de uma espécie, suas restrições, flexibilidades e variações, é possível revelar o resultado de vários processos evolutivos e ecológicos (DANILEWICZ *et al.*, 2022). É de extrema importância para a conservação compreender as características de vida que moldam a dinâmica populacional e a variação na demografia de espécies ameaçadas, principalmente em se tratando de espécies com divergência genética, se faz ainda mais urgente por conta da sensibilidade de cada subpopulação, sabendo que a história de vida se difere para cada uma. Em um espectro mais amplo, a partir de seu estudo, é possível avaliar a resposta da espécie alvo a estressores, prever as consequências dos impactos antrópicos e orientar os processos de

tomada de decisão (DANILEWICZ *et al.*, 2022). Considerando a particularidade da história de vida de cada subpopulação, sua descrição e incorporação a modelos matemáticos populacionais são de extrema importância e aliadas à conservação.

Análises de Viabilidade Populacional (AVP) são estudos probabilísticos voltados ao conhecimento da vulnerabilidade das espécies, visando a avaliação do seu estado atual e de possíveis estratégias de manejo, sendo, desta forma, importantes ferramentas para a conservação (LACY, 2019). São utilizadas na Ecologia e na Biologia da Conservação para identificar e auxiliar na melhor escolha de ações para os animais em ameaça, mostrando diversos cenários de gerenciamentos em função das mudanças no ciclo de vida (BEISSINGER; WESTPHAL, 1998). Além disso, é possível prever eventos de declínio, incorporando as incertezas próprias do sistema e do conhecimento sobre a espécie, verificando os parâmetros sensíveis que surtem grandes efeitos na população (LACY, 2019). É uma forma de ajudar na avaliação das ameaças quanto à conservação das espécies e uma grande aliada para definição do status de conservação seguindo os critérios estabelecidos pela IUCN (VARGAS, 2017; DESBIEZ, 2020).

Assim, considerando a importância da descrição da história de vida de *P. blainvillei* para modelagem populacional da espécie, como também a necessidade de formação de recursos humanos para análises quantitativas com vistas à conservação, neste Trabalho de Conclusão de Curso foi realizado a descrição do ciclo de vida da toninha, para que se utilize desse dado para futuras Análises de Viabilidades Populacionais da espécie. O foco deste trabalho ficará restrito à subpopulação FMA-IIb que ocorre no Estado de São Paulo.

O objetivo geral deste trabalho é descrever o ciclo de vida de *Pontoporia blainvillei*, com vistas à avaliação de viabilidade populacional da espécie para a subpopulação FMA-IIb. Assim, os objetivos específicos são: 1) Formular um modelo populacional experimental sobre *Pontoporia blainvillei*; 2) Realizar análises de sensibilidade no modelo experimental.

2. MATERIAL E MÉTODO

2.1. Área de estudo

A FMA-II está localizada na região costeira do litoral brasileiro, abrangendo o sul do estado do Rio de Janeiro, o estado de São Paulo e Paraná e o norte de Santa Catarina (SUCUNZA *et al.*, 2019). Ela é dividida em duas subpopulações: FMA-IIa, correspondendo à

área do sul do Rio de Janeiro até o norte de São Paulo; e o foco deste TCC, FMA-IIb, que se estende desde o norte do Estado de São Paulo, São Sebastião, até aproximadamente o centro de Santa Catarina, Floripa (Figura 3), compreendendo uma área de cerca de 18 mil km² (CUNHA *et al.*, 2014; SUCUNZA *et al.*, 2019).

2.2. Levantamento bibliográfico

O estudo foi realizado com base na revisão bibliográfica de livros e artigos científicos publicados sobre a biologia e a conservação de toninhas. Foram utilizadas bases de dados digitais que a Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) disponibiliza, como o *Web of Science* e a plataforma *Athena* e no Repositório Institucional da mesma, assim como em revistas e plataformas digitais de ferramentas de pesquisa científica, como *Research Gate*, *Elsevier* e *PubMed*. Foi verificado também o site oficial da “União Internacional para a Conservação da Natureza” (IUCN), para fins de consulta sobre a conservação da espécie.

Os parâmetros de vida buscados foram: o sistema de acasalamento, estudos sobre a reprodução como a idade de início de reprodução, número máximo de gestações por ano, número de filhotes que nascem por gestação, idade máxima reprodutiva, cuidado parental, assim como percentual de fêmeas adultas reproduzindo, sucesso reprodutivo, taxas de mortalidade e abundância. Visando isso, para a busca nas plataformas citadas, foram utilizados os nomes populares (“toninha” e “franciscana”) e científico (*Pontoporia blainvillei*) nos mecanismos de pesquisa, incluindo palavras-chave (“distribuição”, “abundância”, “reprodução” e “mortalidade”) para filtrar melhores resultados. Após o resultado, os artigos foram analisados um a um para verificar se havia relação com o estudo e seu objetivo. O levantamento de dados priorizou estimativas, parâmetros de vida de estudos voltados para indivíduos da subpopulação FMA-IIb e, alternativamente, de estimativas provenientes de outras áreas de ocorrência da espécie. Portanto, os artigos levantados como prioridade, tiveram suas pesquisas realizadas com foco na costa do Estado de São Paulo, Paraná e Santa Catarina, englobando a subpopulação alvo do trabalho.

2.3. Simulações numéricas

Para realização da estimativa de AVP da população, foi utilizado o Vortex (versão 10.10.0), um *software* que realiza simulações estocásticas das dinâmicas da população na natureza. O *software* faz isso determinando a ocorrência de eventos probabilísticos, como reprodução, tamanho da ninhada, determinação de sexo e morte, por meio de um gerador de números pseudo-aleatórios. Para cada evento de vida, se o valor aleatório amostrado de uma distribuição especificada for inferior à probabilidade especificada pelo usuário, o evento é considerado ocorrido, simulando assim um processo binomial. A estocasticidade demográfica é, portanto, uma consequência da incerteza sobre a ocorrência de cada evento demográfico para um dado animal (LACY; MILLER; TRAYLOR-HOLZER, 2021). A incorporação da estocasticidade ao modelo se mostra de extrema importância para compreensão do comportamento das dinâmicas populacionais na natureza.

Essas simulações numéricas geram séries temporais para a quantidade de indivíduos, probabilidade de extinção, diversidade genética, entre outras. A dinâmica populacional pode ser então avaliada em termos das taxas de crescimento populacionais, que serão amplamente discutidas no presente trabalho. A taxa de crescimento instantânea (r) é determinada a partir das características biológicas dos indivíduos da população e do seu habitat e reflete a taxa de crescimento per capita da população. Já a taxa de crescimento anual, representada pela letra grega lambda (λ), é expressa como razão do tamanho populacional em intervalos de tempo (geralmente ano a ano) (RIBEIRO; PAGOTTO, 2011). Apesar de formas diferentes, as duas estão relacionadas e representam o mesmo crescimento do modelo (MORAES; FARIAS; JESUS, 2024),

$$\lambda = e^r \text{ ou } \ln \lambda = r$$

Deve-se enfatizar que, para cada conjunto de parâmetros, o Vortex calcula as taxas de crescimento de duas formas: de maneira determinística, por meio dos autovalores da matriz de Leslie associada; e de forma estocástica, simulando os processos e contabilizando os aumentos e diminuições a cada iteração. Para o estudo das respostas do modelo utilizamos os as taxas de crescimento calculadas de maneira estocástica, por levarem em conta os efeitos de flutuação (LACY; MILLER; TRAYLOR-HOLZER, 2021).

Além disso, é possível prever como as ações antrópicas e naturais influenciam na dinâmica populacional. Aplicado nas análises de viabilidade populacional, ele simula as

possibilidades de cenários que a população pode enfrentar, podendo alterar parâmetros a fim de observar o comportamento da população a cada ano por tempo determinado pelo pesquisador. Os cenários são amplos, sendo capaz de mensurar a melhor estratégia para conservação da espécie (CONSERVATION PLANNING SPECIALIST GROUP (CPSG), 2023).

2.3.1. Cenário base e análise de sensibilidade

A criação do modelo base tem como objetivo compreender o comportamento da população, caso o cenário atual não se altere e sem considerar as consequências das ações antrópicas. Utiliza características do ciclo de vida base da espécie, como reprodução, taxa de mortalidade, fertilidade e a genética, para verificar aumento ou declínio da população.

Para cada cenário, foram feitas 1000 simulações, com projeção de 70 anos. Para essa estimativa, foi levado em consideração a duração de 5 tempos geracionais da espécie (13 anos), totalizando 65 anos, projeção mínima considerada. A ordem dos eventos do ciclo de vida foi definida como padrão. Para o estudo da toninha, foi considerado um modelo baseado em indivíduos. Neste, o programa cria uma representação de cada animal da população em sua memória e acompanha o destino ao longo de cada ano de sua vida, mantendo o controle sobre o sexo, a idade e a filiação de cada animal. Os eventos demográficos (nascimento, determinação de sexo, acasalamento, dispersão e morte) são modelados determinando, para cada animal em cada ano da simulação, se algum desses eventos ocorre (LACY; MILLER; TRAYLOR-HOLZER, 2021). O Manual do usuário do Vortex sugere a incorporação desse modelo em populações pequenas, devido à maior sensibilidade à eventos estocásticos, sendo assim, mais coerente para análise e a população do presente estudo se enquadra à essa situação (LACY; MILLER; TRAYLOR-HOLZER, 2021). Foi incluída também a depressão por endogamia, o campo ficou definido conforme padrão do *software*. A capacidade de suporte foi definida conforme a população inicial considerada: foi utilizado o dobro do seu valor.

Por fim, foram realizadas análises de sensibilidade testando os parâmetros do modelo com confiabilidade menor. E, no sentido de avaliar a possibilidade de se utilizar simulações mais rápidas, comparamos os resultados de simulações baseadas em indivíduos e em populações. Foi aplicado um teste T para comparar os valores obtidos de r-estocástico a um nível de significância (α) de 5%.

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

3.1. Elaboração do cenário base

As toninhas são distribuídas em subpopulações geograficamente independentes, ou seja, é uma espécie que não se dispersa (CUNHA *et al.*, 2014). Portanto, a subpopulação FMA-IIb foi modelada isoladamente, sem troca de indivíduos com subpopulações vizinhas.

Quanto ao sistema reprodutivo (Tabela 1), as toninhas formam casais monogâmicos durante as épocas reprodutivas, logo, uma monogamia de pareamento curto, ou seja, de curta duração, foi a melhor descrição em relação ao sistema de acasalamento da espécie (DANILEWICZ *et al.*, 2004). A idade típica de início da reprodução foi um dado coletado seguindo o estudo de Silva *et al.* (2020), que apresenta o início do desenvolvimento gonadal das fêmeas como sendo entre 2,4 (mais ou menos 2 anos e 5 meses) e 2,7 (mais ou menos 2 anos e 8 meses) anos. Visto que o período de reprodução da subpopulação FMA-IIb é entre outubro e fevereiro e o ápice de nascimentos é entre outubro e novembro (DANILEWICZ *et al.*, 2022; SECCHI, 2006), caso o filhote nasça em outubro, em dois anos ele não estaria apto para a reprodução (Figura 4). Já que o *software* aceita apenas valores inteiros para esse campo e a reprodução das toninhas na subpopulação FMA-IIb é sazonal, foi considerado o valor de três anos para a idade típica de início de reprodução para as fêmeas.

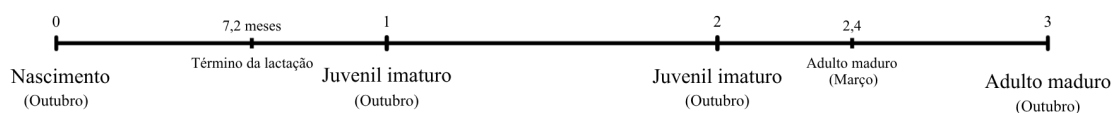


Figura 4. Linha temporal esquematizando do nascimento à maturação sexual de um filhote fêmea de *P. blainvillei*.

Para machos, o artigo aponta que o início do desenvolvimento gonadal é entre 2 e 2,4 anos. Apesar desse intervalo, o valor considerado foi de dois anos, pois iniciam a vida sexual mais previamente se comparado às fêmeas (SILVA *et al.*, 2020). A idade máxima atingida da espécie é de 21 anos para fêmeas e 20 anos para machos (SECCHI, 2010; SILVA *et al.*, 2020). O valor de 21 anos foi assumido como idade máxima reprodutiva para as fêmeas, visto que a

espécie não possui senescência reprodutiva (SECCHI, 2010). Em consequência disso, foi definido o mesmo valor para idade máxima reprodutiva das fêmeas e idade máxima atingida. Já a idade máxima reprodutiva dos machos foi considerada 20 anos, pois, no estudo de Silva *et al.* (2020), registraram um macho sexualmente ativo (no exemplar, observou-se todos os estágios de espermatogênese) aos 20 anos. A espécie apresenta uma única gestação anual (SECCHI, 2010; ROSAS; MONTEIRO-FILHO, 2002), desta, resulta no nascimento de um único filhote (SECCHI, 2010). Estudos indicam que a proporção sexual entre os filhotes é de 50% (DANILEWICZ *et al.*, 2022). A toninha é uma espécie que realiza o cuidado parental, ou seja, os filhotes dependem do progenitor, sendo o período de lactação da subpopulação FMA-IIb de 7,4 meses (SILVA *et al.*, 2020; cf. Fig. 5). Foi considerado o período de um ano de cuidado parental, visto que o *software* aceita apenas valores inteiros para esse campo.

Tabela 1. Valores de entrada sobre o sistema reprodutivo da toninha, no modelo.

Sistema reprodutivo			
Parâmetro	Informação	Referência	Confiabilidade
Sistema de acasalamento	Monogâmico	DANILEWICZ <i>et al.</i> , 2004	Alta
Sistema: Pareamento longo ou curto?	Pareamento curto	DANILEWICZ <i>et al.</i> , 2004	Alta
Idade típica de início de reprodução - Fêmeas	3	SILVA <i>et al.</i> , 2020	Alta
Idade típica de início de reprodução - Machos	2	SILVA <i>et al.</i> , 2020	Alta
Máxima idade reprodutiva - Fêmeas	21	SECCHI, 2010	Alta
Máxima idade reprodutiva - Machos	20	SILVA <i>et al.</i> , 2020	Alta
Idade máxima atingida	21	SECCHI, 2010	Alta
Número máximo de gestações por ano	1	SECCHI, 2010	Alta

Número máximo de filhotes por gestação	1	SECCHI, 2010	Alta
Razão sexual de filhotes	50%	DANILEWICZ <i>et al.</i> , 2022	Alta
Filhotes dependentes da mãe	Sim, durante 1 ano	SILVA <i>et al.</i> , 2020	Alta

A porcentagem de fêmeas reproduzindo a cada ano considerada foi de 36%, resultado do estudo de Silva *et al.* (2020), e o desvio padrão de 11% do estudo foi considerado como a variação percentual. Como as fêmeas não possuem senescência reprodutiva (SECCHI, 2010), a alteração da produtividade das fêmeas conforme a idade não foi considerada.

Foi assumida uma taxa percentual de 99% de chance de ocorrer uma gestação de sucesso por ano por fêmea reproduzindo, visto que é o valor máximo atingido pela espécie, como visto anteriormente (SECCHI, 2010). Essa taxa considerada, se dá pela estimativa de 1% de possibilidade da ocorrência de um aborto (POLIZZI *et al.*, 2014) ou neonato nascer com má-formação, tomando como base registros em encalhes ao longo da costa do estado de São Paulo (BERTOZZI, C. P. [comunicação pessoal]. 5 set. 2025). Para contemplá-los, neste campo, adicionou-se o valor de 1% de chance de não ocorrer a gestação. Foi considerado, numa distribuição da gestação, o valor de 100% de chance de nascer um filhote, sabendo que o número máximo de filhotes que nascem numa única gestação é um (SECCHI, 2010). Os parâmetros reprodutivos estão sistematizados nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 2. Valores de entrada sobre taxas reprodutivas da toninha, no modelo.

Taxas reprodutivas			
Parâmetro	Informação	Referência	Confiabilidade
Percentual de fêmeas reproduzindo a cada ano	36%	SILVA <i>et al.</i> , 2020	Média
Variação no percentual de fêmeas reprodutivas	11%	SILVA <i>et al.</i> , 2020	Média

A produtividade das fêmeas muda com a idade?	Não	SECCHI, 2010	Alta
Sucesso reprodutivo	99%	SECCHI, 2010 ROSAS; MONTEIRO-FILHO, 2002	
Percentual de número de filhotes possíveis			
1	100%	SECCHI, 2010	Alta

As taxas de mortalidade foram adotadas, apenas para um estudo inicial da viabilidade da subpopulação sob análise, de acordo com os valores da taxa de sobrevivência calculada na tese de doutorado de Eduardo Secchi, de 2006. O autor utilizou dados de encalhe incorporados ao modelo Siler e tabelas de vida para obtenção das taxas de sobrevivência. O modelo Siler considera três principais riscos para a sobrevivência - de início, constantes e de senescência -, utilizando cinco parâmetros principais: intensidade da mortalidade infantil; declínio da mortalidade infantil; mortalidade constante; intensidade da mortalidade na senescência; e aumento da mortalidade na senescência. Uma outra metodologia que Secchi utilizou, foi da comparação com tabelas de vida de outras espécies, com histórias de vida similares, permitindo cálculo da taxa de sobrevivência da espécie alvo. Em sua tese, Secchi aponta que as taxas dos primeiros anos de vida e principalmente dos neonatos, obtidas com o modelo Siler, poderiam estar superestimadas devido ao alto valor obtido (90%). Em contrapartida, o cálculo utilizando as tabelas de vida de outras espécies mostrou-se coerente quanto à sobrevivência dos neonatos (33%).

Assim, neste trabalho foram consideradas as taxas de sobrevivência obtidas do modelo Siler, com correção da sobrevivência dos neonatos baseada na tabela de vida de outras espécies. Essa decisão deu-se devido à maior abrangência da variação das taxas que o modelo Siler consegue proporcionar (valores para cada faixa etária) (Tabela 3). No manual do *software* Vortex, é aconselhado a detalhar os dados da melhor forma possível, principalmente as taxas, caso houvesse dados na literatura (LACY; MILLER; TRAYLOR-HOLZER, 2021). Para conversão da taxa de sobrevivência (S) para taxa de mortalidade (M), utilizou-se da fórmula: $M = 1 - S$.

Tabela 3. Valores de taxa de mortalidade considerados para o modelo, utilizando dados de taxa de sobrevivência calculadas da tese de doutorado de Eduardo Secchi, a partir do modelo.

Taxas de mortalidade		
Idade	Sobrevivência (%)	Mortalidade (%)
0 - 1	67	33
1 - 2	90	10
2 - 3	91	9
3 - 4	91	9
4 - 5	91	9
5 - 6	91	9
6 - 7	90	10
7 - 8	88	12
8 - 9	86	14
9 - 10	84	16
10 - 11	80	20
11 - 12	75	25
12 - 13	69	31
13 - 14	62	38
14 - 15	54	46
15 - 16	45	55
16 - 17	35	65
17 - 18	25	75
18 - 19	16	84
19 - 20	9	91
20 - 21	4	96

Enfatiza-se novamente que a escolha do uso dos dados neste trabalho se dá pela falta de informações sobre as taxas de mortalidade da subpopulação FMA-IIb na literatura. Em sua

tese, Secchi utilizou dados de encalhe e de captura accidental de pesca, da região Sul do Brasil, área de ocorrência da subpopulação FMA-III. Sua extensão abrange desde o centro de Santa Catarina até o sul do Uruguai (CUNHA *et al.*, 2014). Apesar da proximidade entre as subpopulações e o fato de apresentarem as mesmas ameaças, há um maior registro de encalhe e captura accidental do animal na região sul do país. As estimativas ultrapassam de mil indivíduos por ano, enquanto que na subpopulação FMA-IIb, o número de capturas médio é de 543 indivíduos capturados anualmente (SECCHI; MONTEIRO; CLAUDINO, 2022). Além disso, o estilo de pesca presente na área de ocorrência da FMA-III é caracterizado por uma pesca de larga escala e industrial, já no sudeste é marcada por pesca artesanal (SECCHI; MONTEIRO; CLAUDINO, 2022). Levando esses pontos em consideração, infere-se que as taxas de mortalidade calculadas por Secchi não representam a dinâmica da subpopulação FMA-IIb. A mensuração deste parâmetro pode ser um dos mais desafiadores, devido à complexa coleta de dados e extrapolação. Portanto, os dados utilizados podem estar superestimados para o parâmetro.

Também foi adicionada uma possibilidade de 1,1535% de chance de catástrofe por ano ao modelo. As catástrofes são modeladas no Vortex como eventos aleatórios que ocorrem com probabilidades especificadas. Uma catástrofe ocorre se um número aleatório gerado entre zero e um for menor que a probabilidade de ocorrência. Após um evento catastrófico, as chances de sobrevivência e reprodução bem-sucedida para aquele ano simulado são multiplicadas por fatores de severidade (LACY; MILLER; TRAYLOR-HOLZER, 2021). Segundo Reed *et al.* (2003), catástrofes severas, as quais ocorre a redução da população em 50% ou mais, ocorrem numa frequência aproximada de 14% a cada tempo geracional (13 anos, no caso das toninhas) e, portanto

$$1 - (1 - 0,14)^{1/13} = 1,1535\%$$

representaria a probabilidade de ocorrência. A severidade associada foi de 50% de sobrevivência quando da ocorrência da catástrofe modelada.

No Workshop organizado pela Comissão Baleeira Internacional (*International Whaling Commission* - IWC) de nome *Conservation and Management Plans for South American Cetaceans*, ocorrido em Santos, Brasil, do dia 30 de junho a 5 de julho de 2025, Federico Sucunza Perez apresentou a nova estimativa de abundância da subpopulação FMA-II de 23.820 indivíduos. Devido a área de ocorrência da FMA-IIa ser pequena, ocorre no sul do estado do Rio de Janeiro e até Ubatuba (Figura 3) (CUNHA *et al.*, 2014), o dado da

abundância da área total foi considerado como sendo a população inicial para as simulações analisadas neste trabalho. O valor da capacidade de suporte pré-estabelecido, foi o dobro do número inicial da população, portanto, 50.000 foi o valor considerado.

3.2. Simulações numéricas

3.2.1. Cenário base

A partir das informações coletadas sobre o ciclo de vida das toninhas da FMA-IIb, foram feitas simulações numéricas baseadas em indivíduos para um estudo prévio da Análise de Viabilidade Populacional, considerando que a mortalidade do modelo não corresponde com a subpopulação alvo deste estudo. Esse cenário foi denominado de Cenário Base, representando uma projeção natural, no qual, a mortalidade acidental por pesca não foi considerada.

A figura 5 demonstra que, apesar do cenário considerar a mortalidade natural, em 70 anos há uma elevada chance da subpopulação FMA-IIb se extinguir completamente, sendo um modelo que não se sustenta a longo prazo. O r -determinístico, ou seja, valor de crescimento médio da população esperado, foi de -0,0647 e o r -estocástico, que considera eventos estocásticos ambientais, foi de -0,0951. De forma geral, considerar a estocasticidade ambiental nos cenários gera uma taxa de crescimento populacional mais pessimista, afinal, a variabilidade é uma parte intrínseca nos sistemas biológicos, sendo um parâmetro muito importante para a dinâmica populacional.

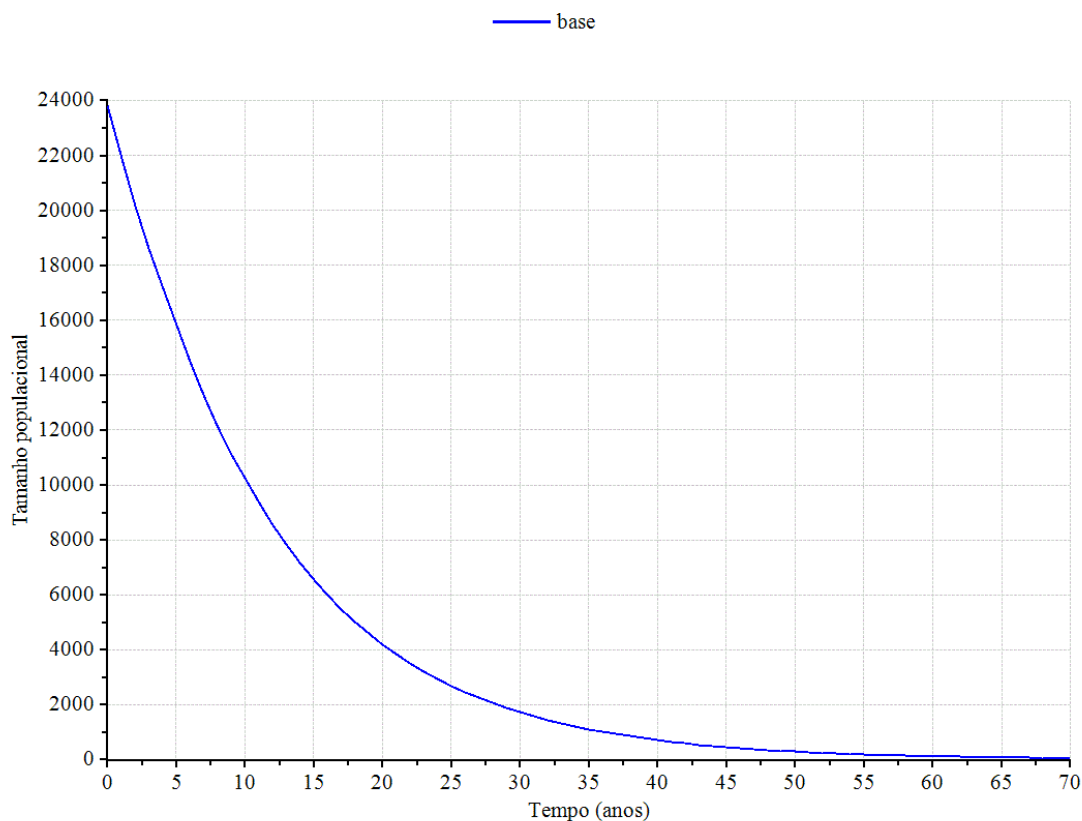


Figura 5. Projeção do cenário base, relaciona o número de indivíduos ao longo de 70 anos. Foi utilizado dados do ciclo de vida.

Uma taxa de crescimento exponencial negativa de $-0,0951$ representa um decréscimo populacional de aproximadamente 9,07% ao ano. Em sua tese de doutorado, Eduardo Secchi obteve o valor de 0,006 para r -determinístico e $-0,008$ para r -estocástico, desconsiderando a mortalidade pela pesca, para a subpopulação FMA-II. Apesar de apontar também um decréscimo populacional, como nas simulações deste trabalho, os valores dos dois r -estocásticos possuem uma diferença de quase 9%. Isso pode ser explicado devido aos dados de entrada utilizados em sua tese. Na época, muitos dos dados considerados foram resultado de extrapolações feitas a partir das outras subpopulações de *P. blainvillei*. Logo, parâmetros como o percentual de fêmeas adultas reproduzindo, idade de início da maturação sexual e taxas de mortalidade específicas da FMA-IIb precisavam ser mais estudados. Após quase 20 anos desde a publicação de sua tese, as pesquisas sobre os parâmetros reprodutivos da espécie avançaram, de maneira a contribuir muito para compreensão do ciclo de vida da

subpopulação em questão. O estudo de Silva *et al.* (2020) demonstra que o início da maturação é entre dois e três anos, enquanto o modelo de Secchi considera 5,38 anos.

Para além disso, é importante ressaltar que a metodologia utilizada para modelagem em sua tese se difere do presente trabalho. Secchi aplicou uma matriz de *Leslie*, a qual modela a população a partir da estruturação por idade, combinando fecundidade e taxas de sobrevivência. Já o Vortex faz o uso de dados mais amplos, como dados biológicos (sistema reprodutivo, taxas reprodutivas, taxas de mortalidade, abundância, capacidade de suporte), dados genéticos (inbreeding) e ambientais incorporados nos parâmetros, além da possibilidade de incorporar manejos, destacando-se pela plasticidade, sendo sua principal característica. Portanto, a diferença entre os resultados pode decorrer dos métodos distintos utilizados em cada estudo. O valor menor obtido utilizando o Vortex pode indicar uma sensibilidade em parâmetros não contemplados na análise com a matriz de *Leslie*, como a genética ou taxa de mortalidade separada por idade.

Seguindo os critérios de classificação de espécies ameaçadas da IUCN, a subpopulação FMA-IIb se aproxima aos critérios da classificação Vulnerável (VU), de acordo com o critério E (probabilidade de extinção na natureza de pelo menos 10% dentro de 100 anos) (IUCN, 2012). No cenário base, de projeção de 70 anos, a probabilidade de extinção é de 4,3%, um valor alto levando em consideração a não incorporação dos efeitos antrópicos. Em seu doutorado, Eduardo Secchi considerou uma taxa de crescimento média de 2%, com um valor máximo de 4% (valor teórico considerado aceitável para pequenos cetáceos). Neste trabalho, seguindo o trabalho de Secchi, uma taxa de crescimento de 2% foi utilizada como valor base saudável para avaliação do crescimento populacional. Sendo assim, o modelo base pode não estar seguindo essa taxa de crescimento devido aos parâmetros de menor confiabilidade presentes no modelo: as taxas de mortalidade e taxas de fêmeas reproduzindo ao ano (confiabilidade baixa e média, respectivamente). Estes podem estar afetando o comportamento da curva do tamanho populacional e a taxa de crescimento populacional. Para efeitos de compreensão do modelo, análises de sensibilidade foram feitas extrapolando valores maiores destes parâmetros, separadamente.

3.2.2. Análise de sensibilidade

Em relação às taxas de mortalidade, a partir dos valores de sobrevivência propostos por Secchi, foi determinado o aumento crescente de 1% dos valores iniciais para cada cenário

(ver em Apêndice I), sendo criados nove cenários ao total, denominados S1%, S2%, S3%, S4%, S5%, S6%, S7%, S8% e S9%. Depois, as taxas de mortalidade (M), o valor foi obtido a partir da conversão da taxa de sobrevivência (S), utilizando da fórmula: $M = 1 - S$, para cada valor calculado anteriormente, correspondendo às taxas de cada cenário (Tabela 4).

Tabela 4. Valores das taxas de mortalidade considerados para cada cenário: S1%, S2%, S3%, S4%, S5%, S6%, S7%, S8% e S9%, baseada no aumento das taxas de sobrevivência calculadas anteriormente.

Taxas de Mortalidade correspondente										
Idade	Base (%)	S1%	S2%	S3%	S4%	S5%	S6%	S7%	S8%	S9%
0 - 1	33	32,33	31,66	30,99	30,32	29,65	28,98	28,31	27,64	26,97
1 - 2	10	9,10	8,20	7,30	6,40	5,50	4,6	3,7	2,8	1,9
2 - 3	9	8,09	7,18	6,27	5,36	4,45	3,54	2,63	1,72	0,81
3 - 4	9	8,09	7,18	6,27	5,36	4,45	3,54	2,63	1,72	0,81
4 - 5	9	8,09	7,18	6,27	5,36	4,45	3,54	2,63	1,72	0,81
5 - 6	9	8,09	7,18	6,27	5,36	4,45	3,54	2,63	1,72	0,81
6 - 7	10	9,10	8,20	7,30	6,40	5,50	4,6	3,7	2,8	1,9
7 - 8	12	11,12	10,24	9,36	8,48	7,60	6,72	5,84	4,96	4,08
8 - 9	14	13,14	12,28	11,42	10,56	9,70	8,84	7,98	7,12	6,26
9 - 10	16	15,16	14,32	13,48	12,64	11,80	10,96	10,12	9,28	8,44
10 - 11	20	19,20	18,40	17,60	16,80	16,00	15,2	14,4	13,6	12,8
11 - 12	25	24,25	23,50	22,75	22,00	21,25	20,5	19,75	19	18,25
12 - 13	31	30,31	29,62	28,93	28,24	27,55	26,86	26,17	25,48	24,79
13 - 14	38	37,38	36,76	36,14	35,52	34,90	34,28	33,66	33,04	32,42
14 - 15	46	45,46	44,92	44,38	43,84	43,30	42,76	42,22	41,68	41,14
15 - 16	55	54,55	54,10	53,65	53,20	52,75	52,3	51,85	51,4	50,95
16 - 17	65	64,65	64,30	63,95	63,60	63,25	62,9	62,55	62,2	61,85
17 - 18	75	74,75	74,50	74,25	74,00	73,75	73,5	73,25	73	72,75
18 - 19	84	83,84	83,68	83,52	83,36	83,20	83,04	82,88	82,72	82,56

19 - 20	91	90,91	90,82	90,73	90,64	90,55	90,46	90,37	90,28	90,19
20 - 21	96	95,96	95,92	95,88	95,84	95,80	95,76	95,72	95,68	95,64

As simulações seguiram o padrão de iterações pré-estabelecido deste trabalho (1000 simulações, cada uma durando 70 anos). A partir dos resultados, obteve-se o gráfico abaixo (Figura 6), no qual é possível observar que apenas a partir do aumento da sobrevivência em 8% o tamanho populacional tende a se estabilizar. Apesar dessa observação, o r -estocástico do cenário S8% possui valor de -0,0054 (Tabela 5), com decrescimento anual de -0,54%. Outro cenário com vista positiva é o S9%, porém a taxa de crescimento instantânea da população é de 0,0049, representando um crescimento anual de 0,49%, valor ainda muito abaixo do esperado para cetáceos.

Em sua tese de doutorado, Eduardo Secchi discute que a baixa taxa de crescimento da subpopulação FMA-II (r -estocástico = -0,008) está diretamente relacionada à baixa fecundidade da população (considerou valor de 25%). Isso poderia indicar uma compensação nas taxas de mortalidade. A taxa de crescimento populacional de algumas populações com baixas taxas reprodutivas e reprodução tardia, pode permanecer positiva devido às menores taxas de mortalidade. No entanto, a partir das simulações realizadas, é possível observar que apesar do aumento das taxas de sobrevivência, o crescimento populacional esperado não é constatado, sugerindo que não é suficiente para compensar a baixa fecundidade observada. Isso sugere que a FMA-II é muito sensível às taxas de reprodução, de modo que alterações apenas nas taxas de mortalidade não são capazes de reverter sua tendência de declínio.

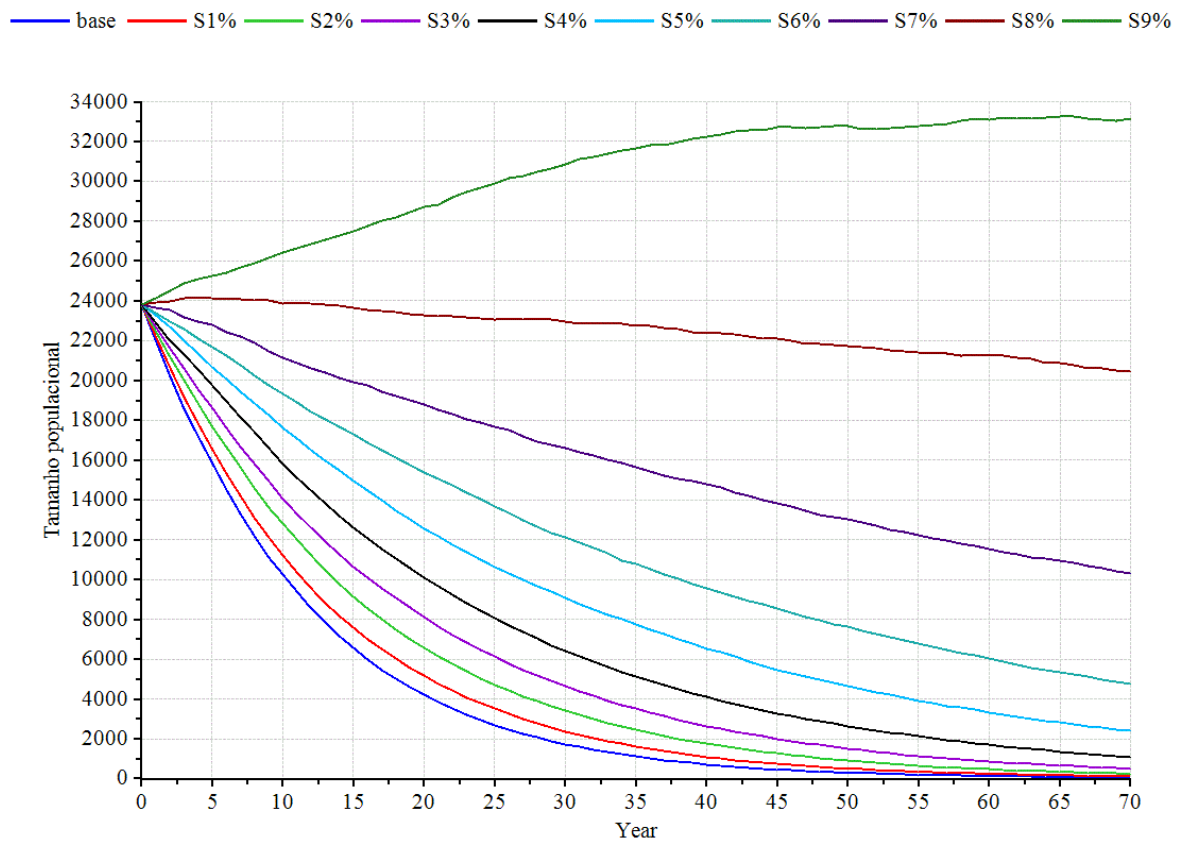


Figura 6. Projeção do tamanho populacional médio considerando o aumento percentual da sobrevivência. Seguindo os valores descritos na Tabela 4.

Tabela 5. Valores de taxa de crescimento exponencial determinístico, estocástico e taxa de crescimento anual para cada cenário, aumentando a sobrevivência a partir do modelo base. det-r = taxa de crescimento exponencial determinístico; stoch-r = taxa de crescimento exponencial estocástico; λ = taxa de crescimento anual.

Cenário	det-r	stoch-r	λ
Base	-0,0647	-0,0951	-9,07%
S1%	-0,0547	-0,0824	-7,91%
S2%	-0,0449	-0,0706	-6,82%
S3%	-0,0351	-0,0598	-5,80%
S4%	-0,0255	-0,0482	-4,71%
S5%	-0,0159	-0,0371	-3,64%

S6%	-0,0064	-0,0267	-2,63%
S7%	0,0030	-0,0160	-1,59%
S8%	0,0123	-0,0054	-0,54%
S9%	0,0215	0,0049	0,49%

Já em relação à taxa de fêmeas adultas reproduzindo anualmente, a partir do valor obtido por Silva *et al.* (2020) de 36%, foi determinado o aumento crescente de 5% para cada cenário até alcançar o valor de 66%, totalizando a criação de seis cenários nomeados R41, R46, R51, R56, R61, R66 respectivamente (Tabela 6).

Tabela 6. Valores das taxas de fêmeas reproduzindo a cada ano considerados para cada cenário R41, R46, R51, R56, R61, R66, baseada no aumento da taxa obtida por Silva *et al.* (2020).

Cenário	Base	R41	R46	R51	R56	R61	R66
Valor percentual de fêmeas reproduzindo a cada ano	36%	41%	46%	51%	56%	61%	66%

A partir dos resultados das simulações, obteve-se o gráfico abaixo (Figura 7). Nele, é possível observar que apenas a partir do aumento do percentual de fêmeas adultas reproduzindo ao ano em 66%, o tamanho populacional tende a se estabilizar. Apesar disso, assim como o cenário S8%, o r estocástico do cenário R66 possui valor negativo (-0,0067) (Tabela 7), representando um decréscimo anual de 0,67%, um valor abaixo do esperado também.

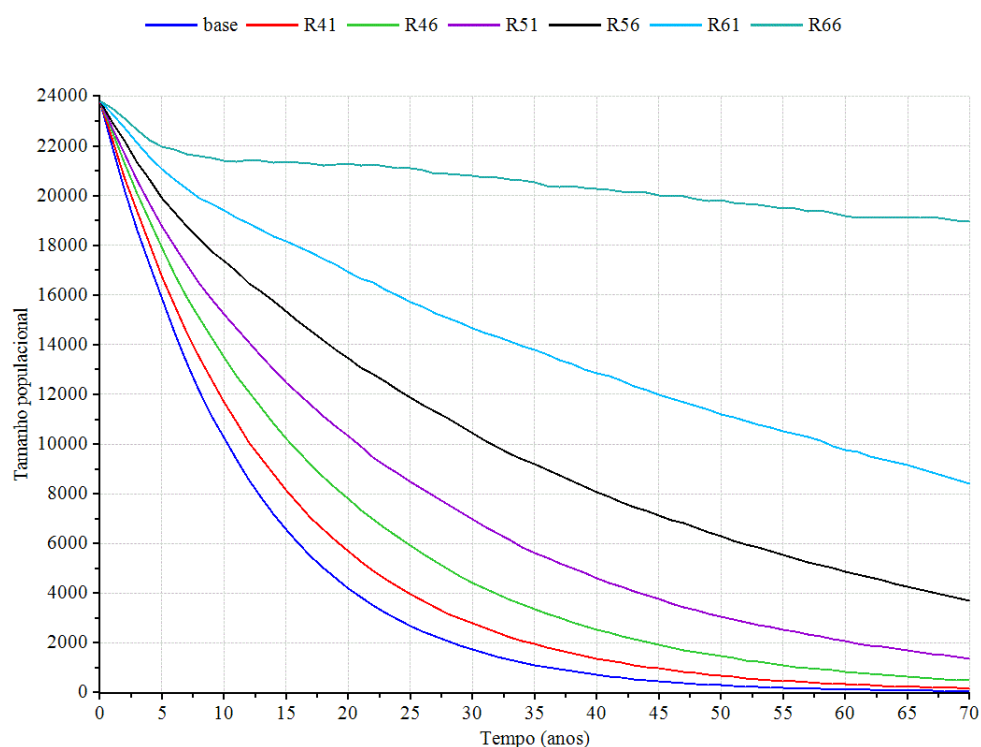


Figura 7. Projeção do tamanho populacional médio considerando o aumento percentual da taxa anual de fêmeas reproduzindo. Seguindo os valores descritos na Tabela 6.

Tabela 7. Valores de taxa de crescimento exponencial determinístico, estocástico e taxa de crescimento anual para cada cenário, aumentando a taxa anual de reprodução das fêmeas, a partir do modelo base. det-r = taxa de crescimento exponencial determinístico; stoch-r = taxa de crescimento exponencial estocástico; λ = taxa de crescimento anual.

Cenário	det-r	stoch-r	λ
Base	-0,0647	-0,0951	-9,07%
R41	-0,0471	-0,0762	-7,34%
R46	-0,0311	-0,0600	-5,82%
R51	-0,0165	-0,0449	-4,39%
R56	-0,0030	-0,0302	-2,97%
R61	0,0096	-0,0184	-1,82%
R66	0,0215	-0,0067	-0,67%

As projeções mais extremas e otimistas (S9% e R66) ainda assim mostraram um baixo valor de crescimento populacional estocástico (0,0049 e -0,0067, respectivamente), apesar do

crescimento determinístico de cada cenário se mostrar um valor adequado, de 0,0215 para ambos os cenários. No cenário R66, no qual o valor do r-estocástico se mostrou menor em comparação ao S9%, é possível presumir que esse cenário seja mais sensível à estocasticidade. De forma geral, o resultado mostra que os eventos estocásticos são de grande importância para o modelo, como Secchi já havia descrito. Em outros cenários, é possível observar esse fenômeno, onde o valor de r-determinístico foi positivo, como S7% (det-r = 0,0030), S8% (det-r = 0,0123) e R61 (det-r = 0,0096), porém o valor de r-estocástico não (-0,0160, -0,0054 e -0,0184, respectivamente).

Observa-se que as projeções extremas possuem uma probabilidade reduzida de representar a realidade da subpopulação FMA-IIb e aquém disso, não condizem com um crescimento populacional esperado. Porém, seria possível observar um cenário em que ocorresse o aumento da sobrevivência e o aumento do percentual de fêmeas reproduzindo ao ano, simultaneamente. Para testar essa premissa, testes de sensibilidade foram feitos.

Os cenários foram criados a partir do cenário base, os cenários do aumento da sobrevivência (S1%, S2%, S3%, S4%, S5%, S6%, S7%, S8% e S9%) e os cenários de taxas de fêmeas reproduzindo anualmente. Neste último, o valor máximo da taxa foi mantido em 66%, porém com um intervalo de 3% entre as cópias, totalizando dez cenários (R38, R42, R45, R48, R51, R54, R57, R60, R63, R66). Com base nestes cenários, foram combinados e elaborados 110 cenários ao total (ver em Apêndice II). As simulações destes foram feitas considerando-os como modelo baseado em população, e, em seguida, aplicou-se uma correção de -2% aos valores de r-estocástico obtidos (para mais detalhes, ver em Apêndice III).

Aos valores de r-estocástico, resultados das simulações de todos os cenários, foram incorporados à correção de -0,002 (Tabela 8). Observa-se que apesar da consideração da correção, os valores de r-estocástico de todos os cenários simulados anteriormente (Base, S1%, S2%, S3%, S4%, S5%, S6%, S7%, S8%, S9% e R66) diferem um pouco dos valores já obtidos, quando considerado o modelo baseado em indivíduos. Por exemplo, o cenário Base trabalhado como modelo baseado em indivíduos possui r-estocástico de valor -0,0951, já no modelo baseado em populações o número variou para -0,087.

Apesar disso, observa-se um gradiente claro de aumento do r-estocástico, visualmente representado pela transição das células em vermelho (valores negativos, indicando declínio populacional) para amarelo (valores próximos de zero, mostrando uma tendência à

estabilidade) e verde (valores positivos, indicando crescimento). Evidencia-se assim, que o modelo é sensível aos parâmetros analisados. Os dados demonstram que cenários com baixa taxa de mortalidade e baixa taxa de proporção de fêmeas reprodutivas resultam consistentemente em r negativo (linha do cenário R36 e coluna de S0%). Nas linhas dos cenários R39, R42 e R45, é possível observar que mesmo com aumentos moderados na proporção de fêmeas, os valores de r permanecem negativos, e só a partir de valores mais altos da taxa de sobrevivência (como em S7% e S8%) que o r -estocástico se apresenta positivo. Além disso, nota-se que à medida que ambos os parâmetros aumentam simultaneamente, o r se torna positivo, como observado na linha do cenário R51 e coluna do S4% em diante. Em cenários mais otimistas, como R63 e R66 combinados com S8% e S9%, a população apresenta seu maior potencial de crescimento (0,0676 a 0,0845).

Tabela 8. Valores de r -estocástico de todos os 110 cenários com a correção (-0,02) já incorporada. Células em vermelho, representam valores menores, indicando declínio populacional, em amarelo são valores próximos de zero, demonstrando uma tendência à estabilidade e em verde, são valores mais altos (positivos), indicando crescimento populacional.

Cenário	S0%	S1%	S2%	S3%	S4%	S5%	S6%	S7%	S8%	S9%
R36	-0,087	-0,077	-0,0685	-0,0573	-0,0477	-0,0383	-0,0285	-0,02	-0,0097	-0,0013
R39	-0,0775	-0,0666	-0,0575	-0,0475	-0,0377	-0,0276	-0,0185	-0,0087	0,0005	0,0101
R42	-0,066	-0,057	-0,0467	-0,0367	-0,027	-0,0175	-0,0082	0,0013	0,0106	0,0196
R45	-0,0579	-0,0468	-0,0369	-0,0277	-0,018	-0,0085	0,001	0,011	0,0202	0,029
R48	-0,0475	-0,0378	-0,0281	-0,019	-0,009	0,0009	0,0101	0,0196	0,0285	0,0383
R51	-0,0396	-0,0298	-0,0201	-0,0102	0	0,0091	0,0188	0,0281	0,0375	0,0458
R54	-0,0315	-0,0215	-0,0117	-0,0019	0,0084	0,0175	0,027	0,0355	0,0455	0,0548
R57	-0,0238	-0,0145	-0,0038	0,0061	0,0156	0,0252	0,0348	0,0435	0,053	0,0627
R60	-0,016	-0,0057	0,0035	0,0134	0,023	0,0322	0,0417	0,0517	0,0609	0,0695
R63	-0,0088	0,0013	0,0109	0,0214	0,0299	0,0398	0,0495	0,0587	0,0676	0,0769
R66	-0,002	0,0083	0,0177	0,0272	0,0375	0,0469	0,0565	0,0661	0,0749	0,0845

Para melhor visualização dos dados, foi feito um gráfico de contorno (Figura 8), associando os valores de r -estocástico aos cenários. Assim, foi possível extrapolar valores de r para além dos cenários de proporção de fêmeas reprodutivas já criados. Considerando o valor de um crescimento ideal natural de 0,02, a curva representada pela cor laranja, sinalizada pela seta, caracteriza os valores ideais de cada parâmetro. Sendo assim, para futuras pesquisas

relacionadas à análise demográfica da subpopulação FMA-IIb, valores da taxa de mortalidade e proporção de fêmeas reprodutivas, indicadas nesta faixa, devem ser considerados.

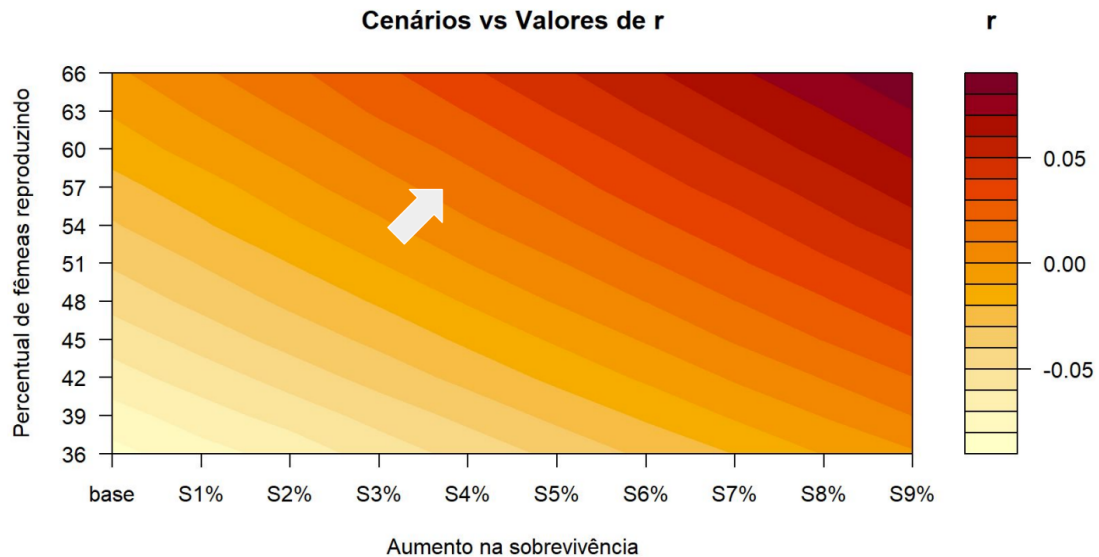


Figura 8. Relação entre o aumento da da sobrevivência e o percentual de fêmeas reproduzindo em função da taxa intrínseca de crescimento. Cores em tons mais escuros representam valores de r mais altos.

4. CONCLUSÃO

O levantamento bibliográfico para a descrição do ciclo de vida demonstrou uma lacuna/incerteza em parâmetros de vida importantes, como a taxa de mortalidade e proporção de fêmeas adultas reprodutivas na população. Estes, geralmente, possuem alta sensibilidade na dinâmica populacional, porém com uma grande dificuldade de coleta de dados. Futuros estudos mais aprofundados sobre esses parâmetros focados na subpopulação FMA-IIb são de suma importância. A não confiabilidade nos valores utilizados dessas taxas podem explicar a taxa de crescimento populacional bem menor que o esperado do cenário base, que desconsidera efeitos antrópicos. As análises de sensibilidade realizadas demonstraram que há um efeito dos parâmetros anteriormente citados na taxa de crescimento populacional, quando incorporados simultaneamente. Os resultados do trabalho podem ser utilizados como base para futuras Análises de Viabilidade Populacional da subpopulação FMA-IIb de *Pontoporia blainvillei*.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, K. B. *et al.* Reassessment of the franciscana *Pontoporia blainvillei* (Gervais & d'Orbigny, 1844) distribution and niche characteristics in Brazil. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, [s. l.], v. 508, p. 1-12, Novembro 2018. DOI 10.1016/j.jembe.2018.07.010 .

BEISSINGER, S. R.; WESTPHAL, M. I. On the Use of Demographic Models of Population Viability in Endangered Species Management, **The Journal of Wildlife Management**, v. 62, n. 3, p. 821-841, 1998. ISSN 0022-541X. Publisher: [Wiley, Wildlife Society].

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Plano de Ação Nacional para a Conservação da Toninha**. Brasília: MMA, 2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Portaria nº 148, de 7 de junho de 2022. **Diário Oficial da União**: 108(1), p. 74, Brasília, DF, 8 jun. 2022.

CAIN, M. L.; BOWMAN, W. D.; HACKER, S. D. **Ecologia**. 3. ed. Porto Alegre: ArtMed, 2018. *E-book*. p.161. ISBN 9788582714690

CONSERVATION PLANNING SPECIALIST GROUP (CPSG). **Vortex**. [S. l.], 2023.

CONVERSANI, V. R. M. *et al.* Age and growth of franciscana, *Pontoporia blainvillei*, and Guiana, *Sotalia guianensis*, dolphins from southeastern Brazil. **Marine Mammal Science**, v. 37, n. 2, p. 702-716, 2021.

CUNHA, H. A. *et al.* Population Structure of the Endangered Franciscana Dolphin (*Pontoporia blainvillei*): Reassessing Management Units. **PLOS ONE**, [s. l.], v. 9, Janeiro 2014.

DANILEWICZ, D. *et al.* Reproductive biology of male franciscana (*Pontoporia blainvillei* Mammalia: Cetacea) from Rio Grande do Sul, southern Brazil. **Fishery Bulletin** [s. l.], v. 102, p. 581–592. 2004.

DANILEWICZ, D. *et al.* The life history of franciscana dolphins. In: SIMÕES-LOPES, P. C.; CREMER, M. J. **The Franciscana Dolphin: In the edge of survival**. London: Academic Press, 2022. p. 85-110.

DESBIEZ, A. L. J.; BERTASSONI, A.; TRAYLOR-HOLZER, K. Population viability analysis as a tool for giant anteater conservation. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 18, n. 2, p. 124–131, abr. 2020.

DÍAZ, S. et al. Set ambitious goals for biodiversity and sustainability. **Science**, v. 370, p. 411–413, 2020.

DOMINGUES, I. R.; SANTOS, M. C. de O. **Toninha: um pequeno cetáceo ameaçado de extinção**. Universidade de São Paulo. Instituto Oceanográfico, 2022. DOI: <https://doi.org/10.11606/9786599585456>

FRANKHAM, R. Evaluation of proposed genetic goals and targets for the convention on biological diversity. **Conservation Genetics**, v. 23, p. 865–870, 2022.

GUTSTEIN, C. S.. **Brachydelphis (Pontoporiidae, Odontoceti, Cetacea) do Neógeno do Pacífico Sul Oriental**. 2006. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. Coorientador: Mario Alberto Cozzuol.

IUCN. **IUCN red list categories and criteria**: version 3.1. 2. ed. Gland, Switzerland and Cambridge, UK: IUCN, 2012.

IWC. **Report of the workshop to finalize the review of the franciscana**. Paper SC/69a/Rep/01. 2023. 35pp. [Available from the International Whaling Commission].

LACY, R. C. Lessons from 30 years of population viability analysis of wildlife populations. **Zoo Biology**, v. 38, n. 1, p. 67-77, 2019. ISSN 1098-2361.

LACY, R. C.; MILLER, P. S.; TRAYLOR-HOLZER, K. **Vortex 10: User's Manual**. IUCN SSC Conservation Planning Specialist Group and Chicago Zoological Society, Apple Valley, Minnesota, USA. 30 mar. 2021.

LACY, R. C.; POLLAK, J. P. **Vortex: A stochastic simulation of the extinction process**. Version 10.6.0. Chicago: Zoological Society, 2023.

MIRANDA, A. V. de *et al.* **Guia Ilustrado de Identificação de cetáceos e sirênios do Brasil ICMBio/CMA**. Brasília, DF: ICMBio/ CMA, 2019. 70 p.

MORAES, A. L. de; FARIAS, C. A.; JESUS, S. C. de. **Cálculo para ciências ambientais**. São Carlos: CEDA-UFSCAR, 2024. 105 p.

MORITZ, C. Defining “Evolutionarily Significant Units” for conservation. **Trends Ecol. Evol.**, v. 9, p. 373–375. 1994.

POLIZZI, P. S. *et al.* Metallothioneins pattern during ontogeny of coastal dolphin, *Pontoporia blainvillei*, from Argentina. **Marine Pollution Bulletin**, v. 80, n. 1-2, p. 275–281, mar. 2014.

PRADO, J. H. F. do. Biologia e conservação da toninha (*Pontoporia blainvillei*). In: INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO E BIODIVERSIDADE (Brasília). **Área de Proteção Ambiental da Baleia Franca**: Anexo I, parte 9. Brasília: ICMBIO, 2021.

RAMOS, R. M. *et al.* Morphology of the franciscana (*Pontoporia blainvillei*) off southeastern Brazil: sexual dimorphism, growth and geographic variation. **Latin American Journal of Aquatic Mammals**, v. 1, n. 1, 31 jul. 2002.

RIBEIRO, A. de S.; PAGOTTO, M. Crescimento e regulação populacional. IN: **Ecologia de populações**. São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe, CESAD, 2011. p.35 a 49.

ROCHA-CAMPOS, C. C.; DANILEWICZ, D. S; SICILIANO, S. **Plano de ação nacional para a conservação do pequeno cetáceo Toninha: Pontoporia blainvillei**. Brasília : Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, ICMBIO, 2010. 76 p. (Série Espécies Ameaçadas, Nº 10)

ROSAS, F. C. W.; MONTEIRO-FILHO, E. L. A. Reproductive parameters of *Pontoporia blainvillei* (Cetacea, Pontoporiidae), on the coast of São Paulo and Paraná States, Brazil. **Mammalia**, v. 66, n. 2, 2002.

SECCHI, E. R. Life history and ecology of franciscana, *pontoporia blainvillei* (cetacea, pontoporiidae). In: RUIZ-GARCÍA, M.; SHOSTELL, J. (Eds.). **Biology, Evolution and Conservation of River Dolphins**. New York, USA: Nova Science Publishers, Inc., 2010.

SECCHI, E. R. **Modelling the Population Dynamics and Viability Analysis of Franciscana (*Pontoporia blainvillei*) and Hector's Dolphins (*Cephalorhynchus hectori*) under the Effects of Bycatch in Fisheries, Parameter Uncertainty and Stochasticity**. 2006. Thesis (Doctor of Philosophy) University of Otago, Dunedin - New Zealand, 2006.

SECCHI, E. R.; DANILEWICZ, D.; OTT, P. H. Applying the phylogeographic concept to identify franciscana dolphin stocks: Implications to meet management objectives. **Journal of Cetacean Research and Management**, v. 5, p. 61–68. 2003.

SECCHI, E. R.; MONTEIRO, D.; CLAUDINO, R. Is the franciscana bycatch in gillnet fisheries sustainable?. In: SIMÕES-LOPES, P. C.; CREMER, M. J. **The Franciscana Dolphin: In the edge of survival**. London: Academic Press, 2022. p. 201-233.

SILVA, D. F. *et al.* Reproductive parameters of franciscana dolphins (*PONTOPORIA BLAINVILLEI*) of Southeastern Brazil. **Marine Mammal Science**, v. 36, n. 4, p. 1291–1308, 2020.

SILVA, L. F. *et al.* Impactos das ações antrópicas aos Biomas do Brasil. **Meio Ambiente (Brasil)**, v.4, n.1, p.21-44. 2020.

SUCUNZA, F. *et al.* Distribution, habitat use, and abundance of the endangered franciscana in southeastern and southern Brazil. **Marine Mammal Science**, v. 36, n. 2, p. 421–435, 2019.

VARGAS, F. H. *et al.* Modelling the effect of El Niño on the persistence of small populations: The Galápagos penguin as a case study. **Biological Conservation** , [s. l.], v. 137, p. 138-148, fev. 2007. DOI 10.1016/j.biocon.2007.02.005.

ZERBINI, A. N. *et al.* *Pontoporia blainvillei* (errata version published in 2018). **The IUCN Red List of Threatened Species 2017**: e.T17978A123792204.

APÊNDICE I

Aumento dos valores da taxa de sobrevivência, utilizando dados de taxa de sobrevivência calculadas da tese de doutorado de Eduardo Secchi (2006). Utilizados para análise de sensibilidade.

Acréscimo nas taxas de Sobrevivência										
Idade	Base (%)	S1%	S2%	S3%	S4%	S5%	S6%	S7%	S8%	S9%
0 - 1	67	67,67	68,34	69,01	69,68	70,35	71,02	71,69	72,36	73,03
1 - 2	90	90,90	91,80	92,70	93,60	94,50	95,4	96,3	97,2	98,1
2 - 3	91	91,91	92,82	93,73	94,64	95,55	96,46	97,37	98,28	99,19
3 - 4	91	91,91	92,82	93,73	94,64	95,55	96,46	97,37	98,28	99,19
4 - 5	91	91,91	92,82	93,73	94,64	95,55	96,46	97,37	98,28	99,19
5 - 6	91	91,91	92,82	93,73	94,64	95,55	96,46	97,37	98,28	99,19
6 - 7	90	90,90	91,80	92,70	93,60	94,50	95,4	96,3	97,2	98,1
7 - 8	88	88,88	89,76	90,64	91,52	92,40	93,28	94,16	95,04	95,92
8 - 9	86	86,86	87,72	88,58	89,44	90,30	91,16	92,02	92,88	93,74
9 - 10	84	84,84	85,68	86,52	87,36	88,20	89,04	89,88	90,72	91,56
10 - 11	80	80,80	81,60	82,40	83,20	84,00	84,8	85,6	86,4	87,2
11 - 12	75	75,75	76,50	77,25	78,00	78,75	79,5	80,25	81	81,75
12 - 13	69	69,69	70,38	71,07	71,76	72,45	73,14	73,83	74,52	75,21
13 - 14	62	62,62	63,24	63,86	64,48	65,10	65,72	66,34	66,96	67,58
14 - 15	54	54,54	55,08	55,62	56,16	56,70	57,24	57,78	58,32	58,86
15 - 16	45	45,45	45,90	46,35	46,80	47,25	47,7	48,15	48,6	49,05
16 - 17	35	35,35	35,70	36,05	36,40	36,75	37,1	37,45	37,8	38,15
17 - 18	25	25,25	25,50	25,75	26,00	26,25	26,5	26,75	27	27,25
18 - 19	16	16,16	16,32	16,48	16,64	16,80	16,96	17,12	17,28	17,44
19 - 20	9	9,09	9,18	9,27	9,36	9,45	9,54	9,63	9,72	9,81
20 - 21	4	4,04	4,08	4,12	4,16	4,20	4,24	4,28	4,32	4,36

APÊNDICE II

Cenários criados combinando o aumento da sobrevivência e aumento da taxa de fêmeas reproduzindo anualmente.

Cenário	S0%	S1%	S2%	S3%	S4%	S5%	S6%	S7%	S8%	S9%
R36	Base	S1%	S2%	S3%	S4%	S5%	S6%	S7%	S8%	S9%
R39	Base+R39	S1%+R39	S2%+R39	S3%+R39	S4%+R39	S5%+R39	S6%+R39	S7%+R39	S8%+R39	S9%+R39
R42	Base+R42	S1%+R42	S2%+R42	S3%+R42	S4%+R42	S5%+R42	S6%+R42	S7%+R42	S8%+R42	S9%+R42
R45	Base+R45	S1%+R45	S2%+R45	S3%+R45	S4%+R45	S5%+R45	S6%+R45	S7%+R45	S8%+R45	S9%+R45
R48	Base+R48	S1%+R48	S2%+R48	S3%+R48	S4%+R48	S5%+R48	S6%+R48	S7%+R48	S8%+R48	S9%+R48
R51	Base+R51	S1%+R51	S2%+R51	S3%+R51	S4%+R51	S5%+R51	S6%+R51	S7%+R51	S8%+R51	S9%+R51
R54	Base+R54	S1%+R54	S2%+R54	S3%+R54	S4%+R54	S5%+R54	S6%+R54	S7%+R54	S8%+R54	S9%+R54
R57	Base+R57	S1%+R57	S2%+R57	S3%+R57	S4%+R57	S5%+R57	S6%+R57	S7%+R57	S8%+R57	S9%+R57
R60	Base+R60	S1%+R60	S2%+R60	S3%+R60	S4%+R60	S5%+R60	S6%+R60	S7%+R60	S8%+R60	S9%+R60
R63	Base+R63	S1%+R63	S2%+R63	S3%+R63	S4%+R63	S5%+R63	S6%+R63	S7%+R63	S8%+R63	S9%+R63
R66	Base+R66	S1%+R66	S2%+R66	S3%+R66	S4%+R66	S5%+R66	S6%+R66	S7%+R66	S8%+R66	S9%+R66

APÊNDICE III

A análise de sensibilidade do modelo envolveu a criação de 110 cenários ao total (Apêndice I). O computador utilizado para as simulações não suportou realizar a projeção dos cenários que, como antes pré-estabelecido, foram considerados como modelos baseados em indivíduos. Uma alternativa cogitada, foi alterar a característica do modelo e simular estes cenários como modelos baseados em população. Nele, todas as opções genéticas e modelagem são desativadas, assim como a variação individual (estocasticidade demográfica) e são executados muito mais rapidamente do que os modelos baseados em indivíduos (LACY; MILLER; TRAYLOR-HOLZER, 2021).

Para verificação da possibilidade da utilização desse modelo, foram feitos testes comparando o modelo baseado em indivíduos e modelo baseado em populações. Desta forma, para cada um dos quatro cenários extremos (base, base+R66, S9% e S9%+R66) criou-se dois cenários alternativos: um com modelo baseado em indivíduos e outro com modelo baseado em populações. Para cada cenário, foram feitas 1000 simulações, com projeção de 45 anos, respeitando a duração de três tempos geracionais da espécie (39 anos), considerando a capacidade de suporte de 2000 indivíduos e o número inicial de indivíduos de 1600. Parte-se da hipótese de que populações mais abundantes são menos afetadas pela estocasticidade demográfica; assim, um modelo baseado em populações torna-se uma representação adequada da dinâmica populacional.

A partir das simulações geradas e dos valores de r -estocástico obtidos, é possível observar que há uma diferença da dinâmica populacional entre os cenários de modelo baseado em indivíduos e o de modelo baseado em populações (Figura A e Tabela A). É possível observar que os valores de r -estocástico obtidos do modelo baseado em populações de todos os cenários, se aproximam do valor do r -determinístico respectivo, em comparação ao modelo baseado em indivíduos. Isso sugere uma importância significativa da estocasticidade demográfica (variação individual) na dinâmica populacional da espécie.

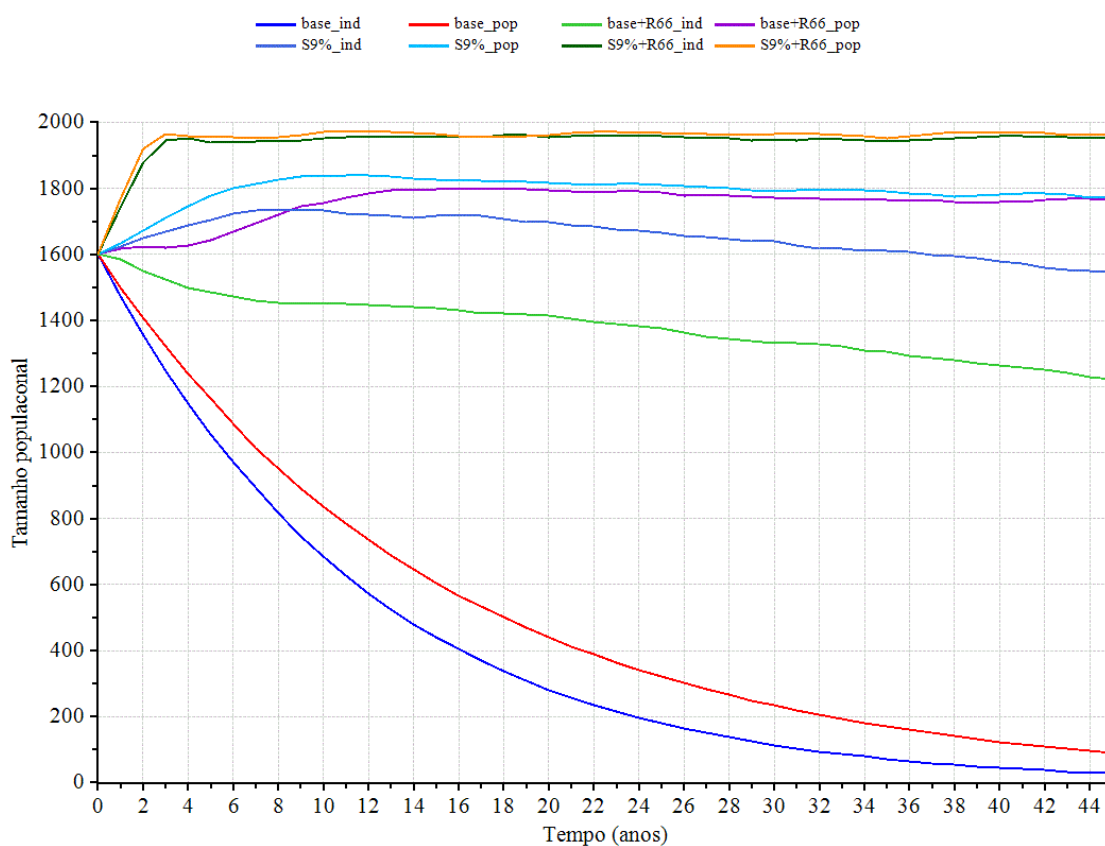


Figura A. Projeção populacional dos oito cenários: modelo baseado em indivíduos (base, base+R66, S9% e S9%+R66) e modelo baseado em populações, com tamanho populacional inicial de 1600 indivíduos.

Tabela A. Valores de taxa de crescimento exponencial determinístico, estocástico e desvio padrão dos oito cenários com tamanho populacional inicial de 1600 indivíduos

Cenário	det-r	stoch-r	SD(r)
base_ind	-0,0647	-0,0977	0,1103
base_pop	-0,0647	-0,0677	0,0890
base+R66_ind	0,0215	-0,0080	0,0913
base+R66_pop	0,0215	0,0175	0,0833
S9%_ind	0,0215	0,0042	0,0897
S9%_pop	0,0215	0,0190	0,0826
S9%+R66_ind	0,1076	0,0911	0,0916
S9%+R66_pop	0,1076	0,1038	0,0797

No entanto, o desvio padrão de todos os cenários encontra-se muito alto, o que poderia significar uma diferença não significativa entre eles (Figura B). Para confirmar, os dados foram submetidos ao teste T, um teste que compara as médias de acordo com o total de simulações realizadas. Todos os cenários tiveram um resultado de $p < 0,05$ (Tabela B), ou seja, a diferença observada anteriormente, possui significância estatística. Portanto, não é recomendável a simulação dos cenários em modelo baseado em populações.

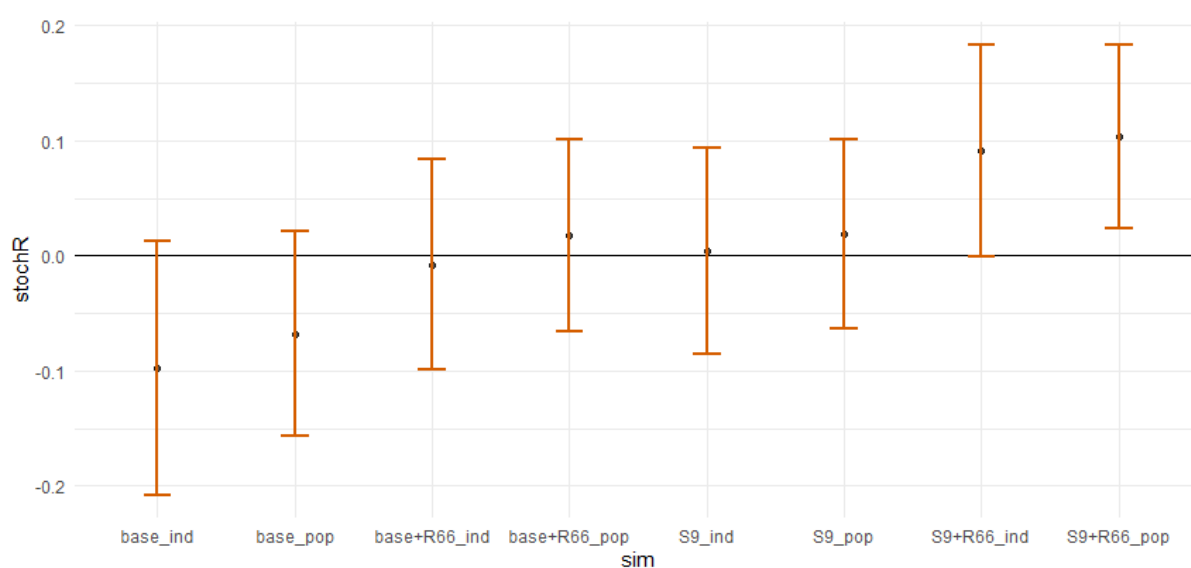


Figura B. Valores de r-estocástico (média) dos oito cenários com o desvio padrão incorporado em cada um.

Tabela B. Resultado teste T, comparando os resultados dos dois modelos (baseado em indivíduos e população) em cada cenário.

Cenário	Valor de p	Significância estatística
Base	0	Sim
Base e Reprodução a 66%	0	Sim
Sobrevivência com 9% de aumento	0,0001	Sim
Sobrevivência com 9% de	0,0009	Sim

aumento e Reprodução a 66%

Apesar dessa recomendação, essa é a única maneira possível de realizar as projeções numéricas devido à limitação do computador. Portanto, o mesmo teste foi feito com o cenário intermediário S5%+R51, a fim de verificar o valor de diferença entre os dois modelos quando a abundância é mais alta (até 25.600 indivíduos). Poder-se-ia, então, extrapolar um valor de correção para os cenários criados.

Como esperado, os valores de r-estocástico dos modelos baseados em populações se aproximam mais do r-determinístico ($\text{det-r} = 0,0323$) (Tabela C). Além disso, também é possível observar que quanto maior a abundância (a partir de 3.200 indivíduos), os valores de r-estocástico do modelo baseado em indivíduos se estabilizam (0,0107; 0,0105; 0,0116; 0,0110). Considerando as diferenças nos valores de r-estocástico entre os modelos em cada cenário (Tabela D), obteve-se uma diferença média de 0,0184. Assim, nas análises futuras utilizando o modelo baseado em populações, será aplicada uma correção subtraindo 0,02 do valor estimado da taxa de crescimento (r-estocástico).

Tabela C. Valores de taxa de crescimento exponencial determinístico, estocástico e desvio padrão dos 18 cenários de S5%+R51 com tamanho populacional inicial crescente, do 100 a 25600.

Número inicial	Modelo baseado	det-r	stoch-r	SD(r)
100	Indivíduo	0,0323	0,0008	0,1009
	População	0,0323	0,0285	0,0843
200	Indivíduo	0,0323	0,0054	0,0977
	População	0,0323	0,0280	0,0851
400	Indivíduo	0,0323	0,0085	0,0909
	População	0,0323	0,0288	0,0825
800	Indivíduo	0,0323	0,0092	0,0912
	População	0,0323	0,0279	0,0855
1600	Indivíduo	0,0323	0,0102	0,0910
	População	0,0323	0,0283	0,0832
3200	Indivíduo	0,0323	0,0107	0,0888
	População	0,0323	0,0291	0,0806

6400	Indivíduo	0,0323	0,0105	0,0909
	População	0,0323	0,0286	0,0835
12800	Indivíduo	0,0323	0,0116	0,0877
	População	0,0323	0,0284	0,0837
25600	Indivíduo	0,0323	0,0110	0,0875
	População	0,0323	0,0279	0,0847

Tabela D. Valores da diferença do r-estocástico entre os modelos de cada cenário com tamanho populacional inicial (100, 200, 400, 800, 1600, 3200, 6400, 12800, 25600)

Cenário	100	200	400	800	1600	3200	6400	12800	25600
stoch-r	0,0277	0,0226	0,0203	0,0187	0,0181	0,0184	0,0181	0,0168	0,0169

PARECER FINAL DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Discente: ANA LAURA TERUMI WATANABE

Título: "DESCRIÇÃO DO CICLO DE VIDA DA SUBPOPULAÇÃO FMA-IIb DE *Pontoporia blainvillei*: Uma perspectiva de Análise de Viabilidade Populacional"

Orientador: Prof. Dr. Fabio Stucchi Vannucchi

Curso/Habilitação: Bacharelado em Ciências Biológicas/Biologia Marinha

COMISSÃO EXAMINADORA	CONCEITO
Prof. Dr. Fabio Stucchi Vannucchi	Aprovada
Dr. Federico Sucunza Perez	Aprovada

PARECER:

Trabalho aprovado devido à sua relevância para a área de estudo e para a conservação da espécie foca, bem como pela clareza na escrita e pela boa fluidez textual.

CONCEITO FINAL:

A Comissão Examinadora abaixo assinada conclui que a discente **Ana Laura Terumi Watanabe** obteve o seguinte conceito:

☒ APROVADO

☐ REPROVADO

São Vicente, 09 de dezembro de 2025.

Fabio A. Vannucchi

Prof. Dr. Fabio Stucchi Vannucchi

f/ Federico A. Vannucchi

Dr. Federico Sucunza Perez