

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO DA  
NATUREZA

**Lucas Lima de Oliveira**

**Uso de veículos aéreos não tripulados (VANT's) para monitoramento de condição  
corporal de pequenos cetáceos sul americanos**

Juiz de Fora

2021

**Lucas Lima de Oliveira**

**Uso de veículos aéreos não tripulados (VANT's) para monitoramento de condição corporal de pequenos cetáceos sul americanos**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Natureza pela Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Conservação da Natureza. Área de concentração: Processos ecológicos e Conservação da Natureza.

Orientador: Dr<sup>o</sup> Alexandre Novaes Zerbini.

Coorientador: Dr<sup>o</sup> Artur Andriolo.

Juiz de Fora

2021

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

de Oliveira, Lucas Lima.

Uso de veículos aéreos não tripulados (VANT's) para monitoramento de condição corporal de pequenos cetáceos sul americanos / Lucas Lima de Oliveira. -- 2021.

63 p. : il.

Orientador: Alexandre Novaes Zerbini

Coorientador: Artur Andriolo

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Natureza, 2021.

1. Fotogrametria aérea. 2. VANT. 3. *Pontoporia blainvillei*. 4. *Sotalia guianensis*. 5. Condição corporal. I. Zerbini, Alexandre Novaes, orient. II. Andriolo, Artur, coorient. III. Título.

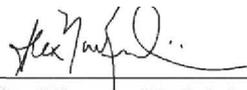
**Lucas Lima de Oliveira**

**Uso de veículos aéreos não tripulados (VANT's) para monitoramento de condição corporal de pequenos cetáceos sul americanos**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Natureza pela Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Conservação da Natureza. Área de concentração: Processos Ecológicos e Conservação da Natureza.

Aprovada em 01 de março de 2021.

**BANCA EXAMINADORA**



---

Dr.(a) Alexandre Novaes Zerbini - Orientador

Universidade Federal de Juiz de Fora



---

Prof.(a) Dr.(a) Marta Jussara Cremer

Universidade da Região de Joinville



---

Prof.(a) Dr.(a) André Luis Marques Marcato

Universidade Federal de Juiz de Fora

Juiz de Fora

2021

Dedico este trabalho a todos os meus familiares que me apoiaram desde o início em todas as minhas decisões e a meu gatinho Simba, descanse em paz.

Juiz de Fora

2021

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar as minhas três mães, Vanesca, Marisa e Maisa, que foram os pilares da minha educação, sempre me apoiando e incentivando a estudar cada dia mais. Ao meu irmão Matheus, que sempre está ao meu lado, me encorajando a enfrentar qualquer dificuldade que passe.

Agradeço também meus orientadores, Alexandre Zerbini e Artur Andriolo, por se mostrarem disponíveis em me receber como aluno, sendo sempre muito solícitos quando foi necessário, confiando em mim para desenvolver todas as tarefas atribuídas durante os últimos dois anos, contribuindo de forma substancial para meu aperfeiçoamento como pesquisador.

A todos os colegas de laboratório, Fran, Giovanne, Thiago, Nathália, Yasmin, Anne, Erika, Raphael, Bruna, Gustavo, Federico e João, pelas conversas e contribuições intelectuais durante os momentos de convivência. Um agradecimento especial ao João, que se tornou um grande amigo dentro e fora do convívio no laboratório, sempre disposto a me ajudar em qualquer situação.

A toda equipe da Universidade da Região de Joinville (Univille), em especial a equipe do Projeto Toninhas. Obrigado Marta, pelas inúmeras contribuições intelectuais, conversas e disponibilidade em me receber durante as etapas de coleta sempre com muito respeito e carinho. Obrigado Renan, Babi, Kássia, Júlio, Gabriel, Naira, Daiana, Maura e Denis, sem vocês esse trabalho não seria possível, suas contribuições durante as coletas foram essenciais para desenvolvimento do projeto, sempre estiveram dispostos a auxiliar em qualquer atividade relacionada às minhas etapas de campo.

Obrigado a todos os colegas que fiz durante o curso, especialmente a Maria, Marcos e Clarêncio, pessoas que tenho um carinho enorme, amigos que sempre poderei contar. Agradeço também à Rebeca e ao Ângelo, amigos de meu convívio pessoal que foram essenciais para o desenvolvimento do projeto, dispondo de tempo para me auxiliar tanto nas atividades de campo como na análise de dados. Agradeço também à Maria Victoria, minha amiga de longa data, por ter me apoiado e incentivado a me candidatar ao processo seletivo de mestrado, sempre acreditando no meu potencial, pessoa na qual tenho um carinho imensurável.

Juiz de Fora

2021

## RESUMO

Condição corporal em mamíferos pode ser interpretada como sua reserva energética, onde, melhor condição corporal está associada a maior sucesso reprodutivo e melhor eficiência em processos de termorregulação. A popularização dos veículos aéreos não tripulados (VANT's ou drones), tornou possível monitorar condição corporal em cetáceos de vida livre, a partir de técnicas de fotogrametria aérea. Neste trabalho, um protocolo de fotogrametria aérea utilizando um drone, foi aplicado para estimar medidas morfométricas e de condição corporal em toninha (*Pontoporia blainvillei*, n = 122) e boto-cinza (*Sotalia guianensis*, n = 41), durante o inverno (julho / 2019) e verão (março / 2020), na Baía da Babitonga-SC. Um objeto de 115 cm, foi utilizado como escala para as medidas em pixel obtidas em diferentes altitudes (15-50 m). O modelo de calibração de escala considerando a altitude e variáveis ambientais (estado do mar e cobertura de nuvens) apresentou o melhor ajuste. Foram extraídas cinco medidas dos animais, comprimento do corpo, larguras na porção anterior a nadadeira peitoral, largura na região da axila, anterior a nadadeira dorsal e posterior a nadadeira dorsal (CC, AP, AX, AD, PD respectivamente). As larguras referentes às porções anteriores (AP, AX e AD) dos animais apresentaram maiores valores no inverno. O índice de condição corporal AD\_CC, mostrou-se eficiente em monitorar variações sazonais na condição corporal das espécies estudadas, apresentando valores 1.1% superiores no inverno. As três categorias propostas para o índice AD\_CC (“Abaixo”, “Média” e “Acima”), mostraram-se eficientes no monitoramento da condição corporal das espécies entre as classes de tamanho. A condição corporal “Média” foi a mais frequente para ambas as espécies estudadas e foi observada em todas as classes de tamanhos, enquanto a condição corporal “Abaixo” apresentou maior frequência no verão, ocorrendo apenas nas classes de tamanho superiores. O protocolo apresentado foi capaz de obter medidas morfométricas e de condição corporal precisas em ambas as espécies, destacando o potencial do uso de técnicas de fotogrametria aérea para monitorar padrões morfométricos e de condição corporal nas espécies de pequenos cetáceos estudados.

**Palavras-chave:** Fotogrametria aérea, VANT, *Pontoporia blainvillei*, *Sotalia guianensis*, Condição corporal.

## ABSTRACT

Body condition in mammals can be interpreted as their energy reserve, where the best body condition is associated with greater reproductive success and better efficiency in thermoregulation processes. The popularization of unmanned aerial vehicles (UAVs or drones), made it possible to monitor the body condition of free-living cetaceans, using aerial photogrammetry techniques. In this work, an aerial photogrammetry protocol using a drone was applied to estimate morphometric and body condition measurements in franciscanas (*Pontoporia blainvillei*, n = 122) and guiana-dolphins (*Sotalia guianensis*, n = 41), during the winter (July / 2019) and summer (March / 2020) in Babitonga Bay-SC. A 115 cm object was used as a scale for measurements in corresponding pixels at different altitudes (15-50 m). The scale calibration model considering the altitude and environmental variables (sea state and cloud cover), presented the best fit. Five measurements of the animals were extracted, body length, widths in the anterior portion of the pectoral fin, width in the axilla region, anterior to the dorsal fin and posterior to the dorsal fin (CC, AP, AX, AD, PD respectively). The widths referring to the anterior portions (AP, AX and AD) of the animals were higher in winter. The body condition index AD\_CC, reported to be efficient in monitoring seasonal variations in the body condition of the species studied, showing 1.1% higher values in winter. The three categories proposed for the AD\_CC index ("Abaixo", "Média" and "Acima"), provide efficient monitoring of the body condition of species between the size classes. The "Média" body condition was the most frequent for both species studied and was observed in all size classes, while the "Abaixo" body condition presented greater frequency in the summer, occurring only in the upper size classes. The presented protocol was able to obtain accurate morphometric and body condition measurements in both species, highlighting the potential of using aerial photogrammetry techniques to monitor morphometric patterns and body condition in the small species of cetaceans studied.

**Keywords:** Aerial photogrammetry, UAV, *Pontoporia blainvillei*, *Sotalia guianensis*, Body condition.

## Lista de Ilustrações

- Figura 1 - Localização da Baía da Babitonga, norte do estado de Santa Catarina - BR..... 20
- Figura 2 – a – Molde de toninha (115 cm) utilizado para o desenvolvimento do modelo de calibração. b – Ilustração do procedimento de coleta de imagens aéreas utilizando o drone. . 23
- Figura 3 - a – *Pontoporia blainvillei*, b – *Sotalia guianensis*. Imagens aéreas obtidas pelo drone a 30 metros de altitude. As linhas amarelas indicam as posições das medidas morfométricas obtidas para cada observação. 1 = Comprimento do Corpo (CC), 2 = Largura anterior à nadadeira peitoral (AP), 3 = Largura axilar (AX), 4 = Largura anterior à nadadeira dorsal (AD) e 5 = Largura posterior à nadadeira dorsal (PD). ..... 25
- Figura 4 – Gráficos de regressão dos modelos propostos para predizer o cGSD. (A) modelo selecionado para predição do cGSD considerando os critérios de comparação ( $R^2$ ,  $\Delta AICc$  e RMSE). ..... 30
- Figura 5 - Média e RMSE das medidas observadas para o comprimento do molde. A linha vermelha representa a medida real (115 cm) do molde utilizado e a linha azul a média das medidas do modelo (115,15). ..... 32
- Figura 6 – Distribuição e frequência absoluta das classes de tamanho obtidas para ambas espécies estudadas, considerando as medidas de comprimento do corpo (CC) observadas em cada estação de coleta. .... 35
- Figura 7 - Resultados da PCA para os índices propostos. A porcentagem de cada componente está apresentada nos eixos x e y. .... 38
- Figura 8 - Dendrograma de agrupamento hierárquico obtido para ambas as espécies. .... 41
- Figura 9 – Média, desvio padrão e frequência das medidas observadas em cada categoria para cada espécie. .... 42
- Figura 10 - Distribuição dos valores obtidos pelo índice AD\_CC entre as classes de tamanho, observado para cada estação para as duas espécies estudadas. .... 43

## Lista de tabelas

Tabela 1 - Coeficientes estatísticos obtidos para o modelo Lm.1, selecionado para prever o cGSD.....	31
Tabela 2 - Tempo de esforço empregado (min), número de observações analisadas ( <i>n</i> ) e temperatura (°C) observadas durante os dias de coleta.....	32
Tabela 3 - Média ( $\bar{x}$ ) e desvio padrão (DP) das medidas (cm) obtidas para cada espécie durante as estações de coleta. <i>p</i> -valor referente ao teste de permutação de Fisher-Pitman. Em negrito, <i>p</i> -valor < 0,05. ....	33
Tabela 4 - Comparação entre os índices propostos para cada espécie. <i>p</i> -valor referente ao teste post hoc da estatística de Friedman. Em negrito, os Índices com <i>p</i> -valor < 0,05.....	36
Tabela 5 - Valores médios $\pm$ desvio padrão (DP) obtidos pelos índices para cada uma das espécies e para cada estação de coleta. <i>p</i> -valor referente ao Teste de permutação de Fisher-Pitman. Em negrito, <i>p</i> -valor < 0.05. ....	36
Tabela 6 - Resultados da PCA obtida para os índices propostos para cada espécie. Em destaque, a componente que apresentou valor superior ao modelo de Broken Stick e a variável que apresentou maior correlação com a matriz padronizada.....	37
Tabela 7 – Frequências absolutas, relativas (%) e amplitude das categorias de condição corporal propostas para o índice AD_CC. <i>p</i> -valor referente ao teste de Kruskal Wallis. ....	39

## Sumário

1. Introdução .....	13
2. Metodologia .....	20
2.1. Área de estudo .....	20
2.2. Coleta de dados .....	21
2.3. Protocolo de Fotogrametria .....	22
2.4. Medidas morfométricas .....	24
2.5. Índices de condição corporal .....	26
2.6. Análises estatísticas .....	27
3. Resultados .....	30
3.1. Protocolo de fotogrametria aérea .....	30
3.2. Medidas morfométricas .....	32
3.3. Índice de condição corporal .....	35
3.1. Análise de Agrupamento Hierárquico (HCA) índice AD_CC .....	38
4. Discussão .....	44
4.1. Protocolo de fotogrametria aérea .....	44
4.2. Análises morfométricas .....	47
4.3. Índices de condição corporal .....	50
5. Conclusões .....	54
6. Referências Bibliográficas .....	55

## 1. Introdução

### *Condição corporal*

Em mamíferos, a condição corporal de um indivíduo pode ser interpretada como sua reserva energética (HANKS, 1981) e fornece informações da história de vida de uma espécie, tanto em nível do organismo como da população (CHRISTIANSEN et al., 2016). Frequentemente uma melhor condição corporal está associado à maior sucesso reprodutivo (GAILLARD et al., 2000), maior potencial de termorregulação e sobrevivência (READ, 1990; LOCKYER, 2007), bem como melhor condição corporal de fêmeas está associado com melhor condição corporal de sua prole (STRUNTZ et al., 2004; CHRISTIANSEN et al., 2016). Em mamíferos marinhos, variações na condição corporal são fortemente associadas à períodos de reprodução e alimentação (LOCKYER, 1987; MILLER et al., 2012), esse comportamento é marcadamente observado em espécies migratórias, como baleia jubarte (*Megaptera novaeanglie*) (CHRISTIANSEN et al., 2016), baleia minke (*Balaenoptera acutorostrata*) (ICHII et al., 1998) e baleia-franca-da-Groelândia (*Balaena mysticetus*) (GEORGE et al., 2015).

O acúmulo de reserva energética não é importante apenas para a manutenção do metabolismo basal individual, mas também é essencial durante períodos reprodutivos e com escassez de alimento (LOCKYER, 1987; ICHII et al., 1998; COSTA, 2008; MILLER et al., 2012). Christiansen et al (2014) observaram que há uma elevada demanda energética por parte das fêmeas de baleia-jubarte durante a gestação em decorrência das altas taxas de crescimento fetal, dessa forma, a redução na condição corporal de fêmeas implicaria na redução das taxas de crescimento do feto. No golfinho-do-porto, *Phocoena phocoena*, um pequeno cetáceo comum em águas costeiras do hemisfério norte (BJØRGE; TOLLEY, 2009), variações na condição corporal, foram associadas principalmente com as diferentes estações do ano. Nas estações mais frias (outono, inverno), os indivíduos apresentaram melhor condição corporal (denotado pela maior espessura da camada de gordura), quando comparado com estações mais quentes (primavera, verão). Acredita-se que essa diferença exista devido a diferenças na disponibilidade de presas e à necessidade de aumentar o potencial de termorregulação durante estações mais frias (READ, 1990; LOCKYER, 2007; KASTELEIN; HELDER-HOEK; JENNINGS, 2018).

Monitorar condição corporal de cetáceos é uma tarefa árdua, dado o fato de passarem a maior parte de suas vidas submersos, dificultando a obtenção de dados em animais de vida livre

(BRADFORD et al., 2012), sendo possível obter tais informações, principalmente, a partir de carcaças de animais mortos (READ, 1990; VÍKINGSSON, 1995; LOCKYER, 2007). Medidas morfométricas são uma forma de inferir a condição corporal em cetáceos, e tais medidas podem ser classificadas em dois grupos, medidas diretas ou indiretas. Medidas diretas são obtidas principalmente a partir da pesagem de animais vivos ou carcaças, pela coleta de biópsias ou medindo a espessura da camada de gordura de animais mortos (LOCKYER, 1976; KERSHAW et al., 2017). A obtenção de medidas diretas pode ser, complexa, custosa e muitas vezes sua aplicação é inviável para algumas espécies (CHENEY et al., 2018). Além disso, esta abordagem pode apresentar algumas dificuldades relacionadas ao tamanho dos animais (COMMITTEE ON MARINE MAMMALS, 1961; LOCKYER, 1976), grau de decomposição de carcaças (READ; MURRAY, 2000) e pelo seu caráter oportunista e imprevisível (BURNETT et al., 2019), que impossibilita a obtenção dessas informações em animais de vida livre e de forma sistemática. Medidas indiretas permitem estimar a condição corporal quando não é possível pesar os animais (BOYD; BOWEN; IVERSON, 2010). Medidas como a circunferências ao longo do corpo, proporção da circunferência ou larguras pelo comprimento do corpo, circunferência e largura cranial, são as principais abordagens indiretas utilizadas para inferir condição corporal em mamíferos marinhos, em especial por permitirem estimar o peso dos animais a partir de relações morfométricas (BURNETT et al., 2019; CASTRILLON; BENGTSON NASH, 2020; LEMOS et al., 2013; LOCKYER, 2007; MILLER et al., 2012).

Estimar condição corporal a partir de medidas indiretas é uma prática comumente adotada em estudos com mamíferos marinhos (COMMITTEE ON MARINE MAMMALS, 1961; LOCKYER, 1986; AMARAL; SILVA; ROSAS, 2010; FEARNBACH et al., 2018; BURNETT et al., 2019). A medida de circunferência é um bom indicador de variações na condição corporal, e tem sido usado como referência em diversos trabalhos. Rice e Wolman (1971) estudando baleia-cinzenta (*Eschrichtius robustus*), demonstraram que medida de circunferência do corpo fornece informações sobre a condição corporal de forma mais precisa que medidas da espessura na camada de gordura. Amaral (2010) utilizou relações morfométricas para prever massa corporal em peixe boi amazônico (*Trichechus inunguis*), e observou que modelos que incluíam a proporção circunferência máxima pelo comprimento do corpo apresentavam melhor ajuste, pela possibilidade de estimar a massa corporal de animais com mesmo tamanho, porém com diferentes medidas de circunferência. Víkingsson (1995), foi capaz de observar diferenças sazonais no peso da baleia-fin (*Balaenoptera physalus*) estimado

Juiz de Fora

a partir de relações entre medidas corporais (comprimento do corpo, circunferência máxima e espessura da camada de gordura). Para a toninha, medidas de peso, circunferência e peso da camada de gordura, foram reportadas como variáveis positivamente correlacionadas, sugerindo que as três medidas podem ser usadas para monitorar condição corporal na espécie (CAON; FIALHO; DANILEWICZ, 2007). Finalmente, Lockyer (2007) observou variações sazonais na condição corporal do golfinho do porto, avaliando as medidas de massa corporal, circunferência e espessura da camada de gordura. Uma dificuldade em adotar a circunferência do corpo para monitorar a condição corporal, está relacionada ao fato de que, na maioria das vezes, tal medida pode ser obtida apenas a partir de animais em cativeiro ou carcaças de animais mortos. Em alguns casos (como animais encalhados em praias), carcaças podem oferecer informações incorretas no caso de animais encontrados em elevado grau de decomposição (BOYD; BOWEN; IVERSON, 2010).

### ***Veículos aéreos não tripulados (VANT's) ou drones***

Na última década, os veículos aéreos não tripulados (VANT's), popularmente chamados de drones, surgiram como uma ferramenta mais acessível, segura e capaz de produzir dados precisos e confiáveis (HODGSON; KELLY; PEEL, 2013; ANGLISS et al., 2018). A possibilidade de acoplar diferentes sensores (e.g., térmicos, altímetros, acústicos, câmeras.), controlar altitude e distâncias de voo, bem como o baixo custo associado, permitem ampla aplicação no monitoramento da vida selvagem (NOWAK; DZIÓB; BOGAWSKI, 2019). Porém, apresentam algumas desvantagens, como sua baixa autonomia de voo, pois percorrem menores distâncias que veículos tripulados; podem apresentar voo instável dependendo das condições ambientais; podem haver restrições legais para uso do equipamento (COLEFAX; BUTCHER; KELAHER, 2018).

Apesar disso, sua aplicação tem se mostrado valiosa no monitoramento de mamíferos marinhos em diversos aspectos. Por exemplo, Boyd (BOYD et al., 2019) apresentou um método para estimar o tamanho de grupos de beluga (*Delphinapterus leucas*) em Cook Inlet, Alasca, utilizando imagens aéreas obtidas por drones. Irschick (2020) desenvolveu um modelo 3D de golfinho do porto, utilizando imagens obtidas por câmeras manuais e imagens aéreas de drones, possibilitando estimar medidas morfométricas e condição corporal, além de possibilitar o

estudo de seu comportamento de natação. O uso de drones também se mostrou eficaz na identificação de focas-cinzentas (*Halichoerus grypus*) emaranhadas em petrechos de pesca, fornecendo uma melhor estimativa na contagem desses acidentes e, portanto, auxiliar com o manejo dessa espécie (MARTINS et al., 2019).

### ***Fotogrametria aérea baseado em imagens de drones***

O uso de drones também contribuiu substancialmente para popularizar a aplicação de técnicas de fotogrametria aérea em estudos com mamíferos marinhos, em especial, os de vida livre. Essa técnica baseia-se na obtenção de medidas reais a partir da análise de imagens, possibilitando a inferência de medidas morfométricas e da condição corporal dos organismos de forma não invasiva, com maior número amostral e possibilitando o monitoramento das espécies a longo prazo (BURNETT et al., 2019). A eficiência da técnica foi observada em diversas espécies de mamíferos marinhos, como a baleia-piloto-de-peitorais-curtas (*Globicephala macrorhynchus*) (NOREN et al., 2019), o elefante-marinho (*Mirounga angustirostris*) (BARCLAY, 2017), a orca (*Orcinus orca*) (DURBAN et al., 2015; FEARNBACH et al., 2020), a baleia-jubarte (*Megaptera novaeanglie*) (CHRISTIANSEN et al., 2016), a baleia-azul (*Balaenoptera musculus*) e a baleia-cinza (*Eschrichtius robustus*) (DURBAN et al., 2016; BURNETT et al., 2019). Os trabalhos adotam medidas de larguras obtidas ao longo do corpo dos animais, no momento em que sobem à superfície para respirar, tal abordagem possibilita estimar a condição corporal a partir da circunferência estimada (CHRISTIANSEN et al., 2019), área de superfície (CHRISTIANSEN et al., 2016) ou pela proporção entre largura e comprimento do corpo (MILLER et al., 2012; NOREN et al., 2019; FEARNBACH et al., 2020). No entanto, até o momento, não há trabalhos utilizando drones para monitorar condição corporal da toninha e do boto-cinza, duas das espécies de pequenos cetáceos mais ameaçadas da costa brasileira (DANILEWICZ et al., 2018; ROSAS et al., 2018).

### ***Toninha (Pontoporia blainvillei)***

A toninha se distribui em águas costeiras desde o Espírito Santo, sudeste do Brasil (18°25'S), até o norte da Patagônia, na Argentina (41°10'S) (CRESPO, 2018), com uma distribuição descontínua na porção norte da sua área de distribuição. Existem hiatos entre a

Juiz de Fora

desembocadura do Rio Piraquê-Açu, Santa Cruz, ES (19°57'S) e Barra de Itabapoana, ES (21°18'S) (hiato norte), e entre Armação dos Búzios, RJ (22°44'S) e Piraquara de Dentro, RJ (22°59'S) (hiato sul) (DO AMARAL et al., 2018). As populações de toninhas são divididas em cinco estoques, definidos de acordo com características genéticas, morfológicas ou ambientais, denominados Áreas de Manejo da Franciscana (ou FMA, *Franciscana Management Area*). A FMA Ia é delimitada pelos municípios de Itaúnas, ES (18°25'S) até Santa Cruz, ES (19°57'S), a FMA Ib entre Barra de Itabapoana, RJ (21°18'S) até Armação de Búzios, RJ (22°44'S), a FMA II entre Piraquara de Dentro, RJ (22°59'S) até Ilha de Santa Catarina, SC (27°35'S), a FMA III do Rio Grande do Sul (29° 20'S) até o Rio da Prata, no lado do Uruguai (35° 00'), e a FMA IV entre o Rio de Prata no lado Argentino (35° 00') e o Golfo de San Martín, na Patagonia Argentina (42° 35' S) (SECCHI; OTT; DANILEWICZ, 2003; CUNHA et al., 2014; DO AMARAL et al., 2018). As FMAs Ia, Ib e II ocorrem integralmente no litoral brasileiro, enquanto a FMA III é compartilhada entre o Brasil e o Uruguai.

A toninha é uma espécie endêmica do Oceano Atlântico Sul e é considerada “Vulnerável” pela lista vermelha de espécies ameaçadas de extinção da União Internacional para a Conservação da Natureza (sigla em inglês IUCN) (ZERBINI et al., 2018). No Brasil, ela é classificada como “Criticamente em Perigo”, categoria mais próxima à extinção, segundo o Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção (DANILEWICZ et al., 2018; ICMBIO, 2018). A toninha é um dos menores golfinhos do mundo. O tamanho médio dos adultos é de aproximadamente 130 centímetros e as fêmeas são normalmente maiores que os machos. O rosto longo e estreito, e a coloração marrom acinzentada tornando-se mais clara nos flancos e na região ventral, constituem as características mais marcantes da espécie. Atualmente as toninhas são os únicos representantes vivos da família Pontoporiidae (PANEBIANCO; NEGRI; CAPPOZZO, 2012; PRADO; SECCHI; KINAS, 2013; CRESPO, 2018).

A principal ameaça à conservação da toninha é a captura acidental (*bycatch*) em petrechos de pesca (CREMER et al., 2013; PRADO; SECCHI; KINAS, 2013; SUCUNZA et al., 2019), que vem ocorrendo ao longo de toda a área de ocorrência da espécie por pelo menos quatro décadas (SECCHI; OTT; DANILEWICZ, 2003; FERREIRA; MUELBERT; SECCHI, 2010). Estima-se que a mortalidade anual da toninha em atividades pesqueiras seja de pelo menos 1200 indivíduos por ano na costa argentina (CRESPO, 2018). No sudeste do Brasil,

estima-se uma perda de cerca de 6.2% da sua população anualmente, taxa considerado insustentável para a sobrevivência da espécie (ZERBINI et al., 2011). Outras ameaças incluem a degradação ambiental de ecossistemas costeiros, a poluição química e sonora e o tráfego de embarcações (DENUNCIO et al., 2011; POLIZZI et al., 2014; PAITACH; SIMÕES-LOPES; CREMER, 2017; PINHEIRO et al., 2019).

### ***Boto-cinza (Sotalia guianensis)***

O boto-cinza apresenta uma ampla distribuição geográfica ao longo da costa atlântica da América Latina. Ela se estende desde Honduras (15°58'N, 79°54'W) na América Central até o sul do Brasil, no Estado de Santa Catarina (27°35'S, 48°35'W) (FLORES; DA SILVA; FETTUCCIA, 2018). A espécie é geralmente encontrada em águas costeiras abrigadas como baías e estuários, por serem regiões que proporcionam alta disponibilidade de presas e proteção contra predadores (SANTOS et al., 2000; CABALLERO et al., 2010; ROSSI-SANTOS; WEDEKIN; MONTEIRO-FILHO, 2010). Apresentam populações residentes em algumas regiões, como é o caso da Baía de Guanabara (LAILSON-BRITO et al., 2010; AZEVEDO et al., 2017), da Baía de Ilha Grande (ESPÉCIE; TARDIN; SIMÃO, 2010) e da Baía Babitonga (CREMER et al., 2011). O boto cinza pode ainda ser encontrando em regiões costeiras como o banco dos Abrolhos (RODRIGUES et al., 2020).

Atualmente, o boto-cinza é classificado como espécie “Quase Ameaçada” segundo a lista vermelha de espécies ameaçadas de extinção da IUCN (SECCHI; SANTOS; REEVES, 2018) e como “Vulnerável” pelo Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção (ROSAS et al., 2018). É um pequeno cetáceo, onde o tamanho médio de adultos é 170 cm. Apresentam coloração acinzentada no dorso, tornando-se mais clara na região ventral, podendo ser rosada em filhotes. O rosto tem tamanho médio, composto por aproximadamente 140 dentes (ROSAS; MONTEIRO-FILHO, 2002a; CREMER et al., 2018). O boto cinza é o representante marinho do gênero *Sotalia*, que é composto por mais uma espécie, o tucuxi (*Sotalia fluviatilis*) que ocorre nos rios da região amazônica (FLORES; DA SILVA; FETTUCCIA, 2018). Análogo ao que ocorre com as toninhas, a captura acidental é uma das principais atividades antrópicas responsável pela morte de botos-cinza ao longo da costa

brasileira (RAMOS; DI BENEDITTO; LIMA, 2000; MEIRELLES et al., 2010; LEMOS et al., 2013).

### ***Baía da Babitonga***

Na Baía da Babitonga, norte do estado de Santa Catarina, a toninha e o boto-cinza vivem em simpatria, permanecendo na baía durante todo o ano (CREMER et al., 2017). Ambas as espécies apresentam alto grau de fidelidade com a região (CREMER; SIMÕES-LOPES, 2008; HARDT et al., 2010; SARTORI, 2013). A abundância local é relativamente baixa, com estimativas de 179 (CV = 0.27) botos-cinza e 55 (CV = 0.22) toninhas (CREMER; SIMÕES-LOPES, 2008; ZERBINI et al., 2011). A maior frequência de neonatos de ambas as espécies é observada durante os meses de verão (CREMER, 2015). Estudos genéticos e de parasitas intestinais sugerem que os cetáceos da baía da Babitonga podem ser considerados como populações isoladas (DIAS et al., 2013; ALVES et al., 2017). Esses aspectos tornam a baía da Babitonga uma região essencial para a conservação das espécies estudadas, sendo necessário a implementação de programas de manejo capazes de lidar com os diversos conflitos que nela atuam (HERBST et al., 2020). As baixas abundâncias combinadas à alta dependência das espécies pela região, bem como a mortalidade por pesca acidental, as tornam vulneráveis a ameaças antrópicas (CREMER et al., 2018), em especial para população de toninhas.

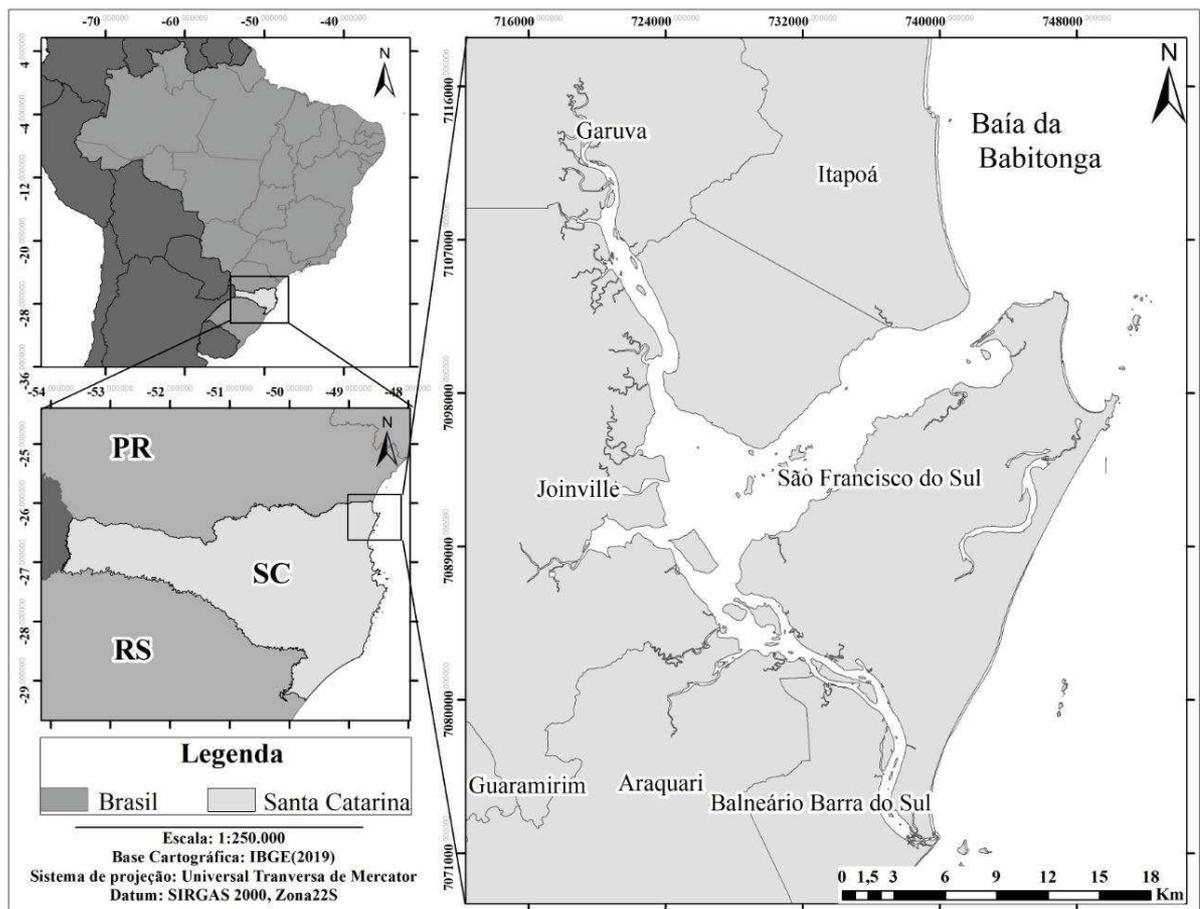
Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver um protocolo de fotogrametria aérea baseado em imagens obtidas por drones, capaz de determinar medidas morfométricas e propor índices condição corporal para duas espécies de pequenos cetáceos, a toninha e o boto-cinza, bem como observar possíveis padrões sazonais nos comprimentos do corpo e na condição corporal em ambas as espécies. Os resultados de estudos como esse, quando feitos de maneira sistemática e em longo prazo, podem ajudar a entender variações temporais na condição corporal dos animais e promover o monitoramento de espécies ameaçadas de extinção.

## 2. Metodologia

### 2.1. Área de estudo

O presente trabalho foi realizado na Baía da Babitonga ( $48^{\circ}38'W$ ,  $26^{\circ}14'S$ ), localizada no sul litoral norte do Estado de Santa Catarina (SC) (figura 1). A baía tem uma superfície de cerca de 160 km<sup>2</sup> onde estão presentes 24 pequenas ilhas. A região leste é conectada com o Oceano Atlântico Sul através de um canal de aproximadamente 1,8 km de largura e aproximadamente 12 km de extensão até o centro da Baía. A profundidade média, na área interna da baía é de 6 m e regimes de micromarés. A paisagem costeira é caracterizada por regiões de mangue, praias rochosas e arenosas e está cercada por seis cidades (VOOS VIEIRA; HORN FILHO, 2017; GERHARDINGER et al., 2018).

Figura 1 - Localização da Baía da Babitonga, norte do estado de Santa Catarina - BR.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2021).

## 2.2. Coleta de dados

As amostragens foram realizadas no inverno de 2019 (21, 24 e 29 de junho) e durante o verão de 2020 (11, 13 e 14 de março).

Um drone DJI Phantom 4 Pro foi utilizado para a aquisição de imagens aéreas. Antes de iniciar as coletas, ainda em terra, os sensores do equipamento (bússola, unidade de medida inercial e gimbal) foram calibrados de acordo com as instruções do aplicativo DJI Go 4, utilizado para controlar o equipamento. Os voos foram realizados a partir de um bote inflável de 6,2 metros de comprimento, percorrendo as áreas de preferência de cada espécie na região. O drone foi iniciado a partir da altura de um auxiliar na proa do bote, equipado com capacete e luvas e com o drone posicionado acima da altura da cabeça. Para obter uma melhor precisão da altitude (Alt) de voo, a altitude a partir da qual o drone é iniciado foi medida em cada saída à campo e foi adicionada à altitude indicada pelo GPS do drone. Essa correção é necessária uma vez que o GPS do drone inicia o registro a partir da altitude na qual o equipamento é iniciado. O drone sobrevoou os animais em altitudes variando entre 25 e 30 metros e a uma distância máxima de 200 metros do barco, durante períodos de 15 a 17 minutos por bateria. Em cada saída foram utilizadas 5 baterias.

Devido ao comportamento discreto das toninhas, o que dificulta sua observação em campo, e visando manter a segurança das coletas, as saídas ocorreram apenas em condições ambientais favoráveis, ou seja, com mar calmo (Beaufort < 2) e ventos com menos de 10 nós.

A condição de mar, considerando a escala Beaufort (Mar), e a cobertura de nuvens (Nuvens), estimada visualmente pela porcentagem de nuvens presentes diretamente acima do bote no momento da amostragem, foram registradas como possíveis fontes de distorções nas estimativas de medidas corporais dos animais documentados. Essas informações foram posteriormente utilizadas nos modelos propostos para prever as medidas morfométricas dos animais.

As imagens foram obtidas através da câmera padrão acoplada ao drone DJI Phantom 4 Pro, modelo 1" CMOS 20MP 4K (FOV 84, 8.8 mm/24 mm, f/2.8 - f/11). Essa câmera possibilita a aquisição de vídeos em resolução 4K (resolução 4096 x 2160 pixels). As imagens foram obtidas em forma de vídeo, com a câmera direcionada para baixo (90° do eixo principal), onde, os vídeos no qual os animais foram observados alongados na superfície (rosto e nadadeira

Juiz de Fora

caudal alongados e porção dorsal do corpo emersa), foram convertidos em frames pelo software Free Video to JPG Converter versão 5.0.92.607 e posteriormente medidos (em pixels) no Software ImageJ versão 1.52a. Para evitar possíveis imprecisões nas medidas associados à distorção das lentes da câmera, foram selecionados frames apenas de animais posicionados no centro da imagem.

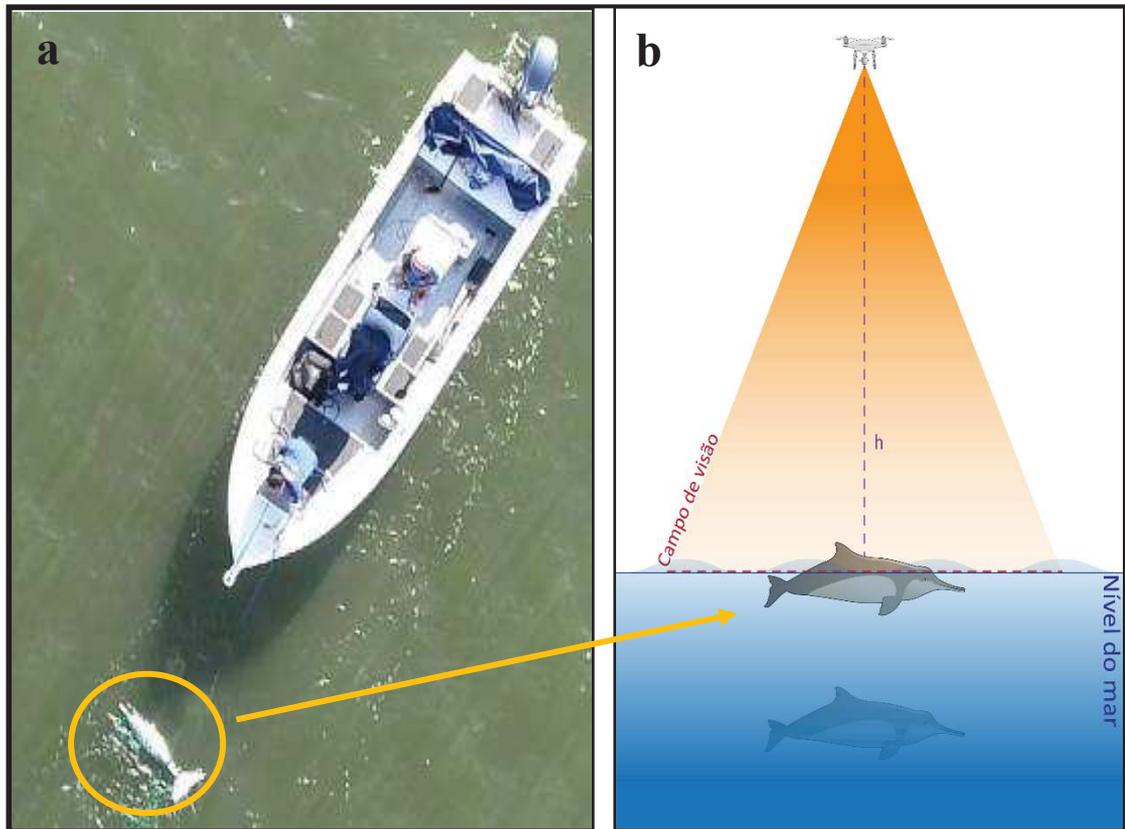
### 2.3. Protocolo de Fotogrametria

O protocolo de fotogrametria aérea para imagens verticais aplicado foi adaptado dos trabalhos de Burnett et al (2019) e Jaquet (2006). Esse método baseia-se na aplicação de correções geométricas, que possibilitam estimar fatores de correção de escala GSD (Ground Sample Distance) a partir de medidas obtidas em um objeto de dimensões conhecidas em diferentes altitudes de voo. O GSD é um fator de correção dependente da altitude, representando em um valor escalar (e.g., milímetros, centímetros, metros) a medida de cada pixel na imagem. Sua aplicação, permite estimar com precisão medidas de objetos em uma imagem digital.

Para obter o fator de correção GSD, um molde de toninha de 115 cm foi posicionado na superfície da água durante as saídas de campo e medido (em pixels) com o uso do drone (figura 2). Esse procedimento, tem como objetivo obter um melhor potencial preditivo das medidas, considerando as condições ambientais no momento das coletas de imagens dos animais. As imagens foram obtidas em forma de vídeo, onde foram obtidos 15 segundos de filmagens em cada altitude (Alt), nas quais, o molde foi medido duas vezes em quatro frames diferentes para cada Alt observada (15 a 50 metros, intervalos de 5 metros). A razão entre o comprimento real do objeto pelo seu comprimento em pixel permite obter o GSD empírico (eGSD) para cada Alt (BURNETT et al., 2019; JAQUET, 2006) segundo a equação (1):

$$eGSD(Alt) = \frac{\text{Comprimento real (cm)}}{\text{Comprimento pixel(Alt)}} \quad (1)$$

Figura 2 – **a** – Molde de toninha (115 cm) utilizado para o desenvolvimento do modelo de calibração. **b** – Ilustração do procedimento de coleta de imagens aéreas utilizando o drone.



Uma vez calculado o eGSD, é possível propor um modelo de calibração através de uma regressão linear simples ou múltipla, que permite obter o GSD corrigido (cGSD) a partir dos valores preditos pelo modelo. A regressão múltipla foi aplicada por permitir identificar se existe mais de uma variável independente, além da Altitude, influenciando na predição dos valores de cGSD. Dessa forma o modelo selecionado foi o que apresentou melhor ajuste. Essa abordagem possibilita a obtenção do fator de correção mais próximo do ideal baseado nas condições de voo no momento da amostragem (BURNETT et. al, 2019). Quatro modelos foram propostos: um modelo saturado (Lm.1, equação 2) e três modelos reduzidos (Lm.2, Lm.3 e Lm.4) (equações 3, 4 e 5, respectivamente), sendo que o modelo mais simples (Lm.4) foi composto apenas pela variável Altitude (Alt):

$$(Lm.1) \quad cGSD = \beta_0 + \beta_1(Alt_i) + \beta_2(V1_i) + \beta_3(V2_i) + \varepsilon_i \quad (2)$$

$$(Lm.2) \quad cGSD = \beta_0 + \beta_1(Alt_i) + \beta_2(V1_i) + \varepsilon_i \quad (3)$$

$$(Lm.3) \quad cGSD = \beta_0 + \beta_1(Alt_i) + \beta_3(V2_i) + \varepsilon_i \quad (4)$$

$$(Lm.4) \quad cGSD = \beta_0 + \beta_1(Alt_i) + \varepsilon_i \quad (5)$$

Onde, Alt representa a altitude observada em centímetros, V1 e V2 representam as variáveis Mar (como variável categórica) e Nuvens, respectivamente, para cada observação  $i$  (medidas do molde).  $\beta$  representa o valor do coeficiente obtido para cada variável pela análise de regressão.

Uma vez que o modelo de calibração foi selecionado, foi possível obter a predição dos valores de cGSD para as estimar as medidas do molde e dos animais, a partir da multiplicação do cGSD calculado pelo comprimento em pixel dos objetos na imagem, vide equação abaixo:

$$\text{Comprimento estimado (cm)} = cGSD * \text{Comprimento em pixel} \quad (6)$$

#### 2.4. Medidas morfométricas

Foram extraídas cinco medidas ao longo do corpo dos animais, conforme exemplificado na Figura 3. Cada indivíduo foi medido em três frames diferentes, obtidos pelas filmagens, nas cinco posições abaixo:

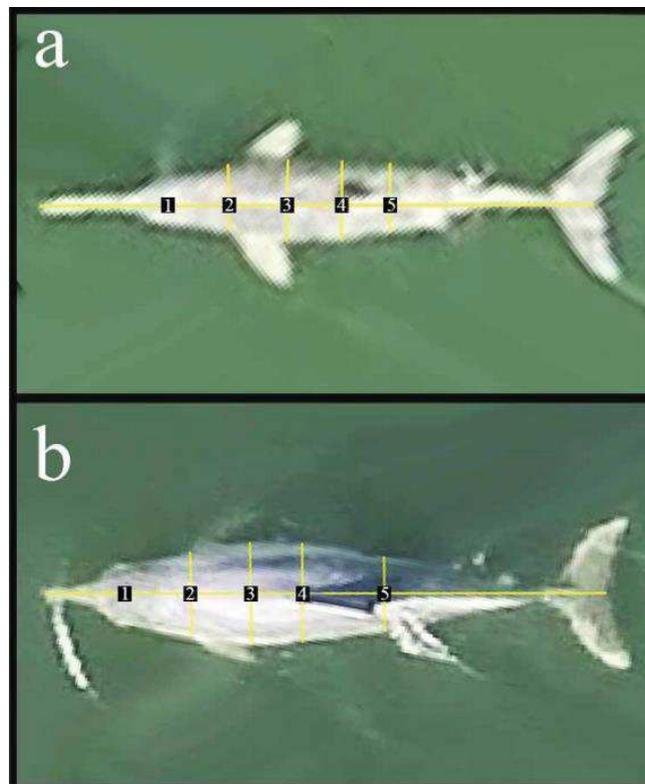
- (1) CC = comprimento do corpo, da ponta do rostró até a fenda caudal
- (2) AP = largura anterior à nadadeira peitoral
- (3) AX = largura na região da axila
- (4) AD = largura anterior à nadadeira dorsal

Juiz de Fora

(5) PD = largura posterior à nadadeira dorsal

As medidas AP, AX e AD são referentes às porções anteriores do corpo, e a largura PD à porção posterior (NOREN et al., 2019). As medidas em pixel foram convertidas em centímetros aplicando o fator de correção cGSD obtido pelo modelo (vide equação 6). As medidas padronizadas para cada posição foram consideradas como a média (cm) das três repetições obtidas em frames diferentes para cada indivíduo. Quando foi possível acompanhar um mesmo indivíduo por pelo menos três momentos consecutivos de subida à superfície em um mesmo vídeo, a medida padronizada foi considerada a média das medidas nos três momentos.

Figura 3 - a – *Pontoporia blainvillei*, b – *Sotalia guianensis*. Imagens aéreas obtidas pelo drone a 30 metros de altitude. As linhas amarelas indicam as posições das medidas morfométricas obtidas para cada observação. 1 = Comprimento do Corpo (CC), 2 = Largura anterior à nadadeira peitoral (AP), 3 = Largura axilar (AX), 4 = Largura anterior à nadadeira dorsal (AD) e 5 = Largura posterior à nadadeira dorsal (PD).



Fonte: Elaborado pelo Autor (2021).

## 2.5. Índices de condição corporal

Para o desenvolvimento dos índices de condição corporal, foram analisadas as proporções entre larguras (AP, AX, AD e PD) pelo comprimento do corpo (CC). Neste trabalho quatro medidas de largura foram coletadas, cada uma delas foi dividida pelo comprimento do corpo do animal, dessa forma, foi possível obter quatro índices (AP\_CC, AX\_CC, AD\_CC e PD\_CC), segundo a equação abaixo. Os quatro índices obtidos foram aplicados e comparados para cada indivíduo.

$$\text{Índice}(x) = \frac{\text{Largura}(x)}{\text{Comprimento do corpo (CC)}} \quad (7)$$

Onde x representa a posição da medida de largura (AP, AX, AD e PD), dividida pelo comprimento do corpo do animal (CC).

Cada índice proposto foi avaliado individualmente para cada espécie, no qual, o índice que apresentou maior variação e foi capaz de observar variações em seus valores entre as estações de coleta, foi considerado como o mais eficiente em observar padrões sazonais na condição corporal em ambas espécies (LOCKYER, 2007; MILLER et al., 2012; NOREN et al., 2019). As variações na condição corporal serão observadas pela diferença nas médias obtidas para cada índice em cada estação de coleta, possibilitando determinar qual(is) período(s) há aumento ou redução na proporção largura/comprimento do corpo das populações estudadas.

Com o intuito de observar a distribuição do índice selecionado para monitorar a condição corporal das espécies, foi proposto uma classificação composta por três categorias, “Média”, “Abaixo” e “Acima”. A categoria “Média”, representa os valores medidos dentro da amplitude média  $\pm$  desvio padrão dos valores obtidos pelo índice. A categoria “Abaixo” representa o grupo de valores abaixo ao observado pela categoria “Média” e a categoria “Acima”, o grupo de valores medidos acima da categoria “Média”. A impossibilidade de obter dados fisiológicos dos animais, impede a determinação de categorias fisiologicamente representativas do estado de condição corporal para espécies, no entanto, a categorização baseada na distribuição dos valores observados para ambas espécies, permite, a primeiro

momento, interpretar a distribuição dos valores obtidos para as populações estudadas entre as estações de coleta.

## 2.6. Análises estatísticas

Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software estatístico R versão 3.5.3. As funções e seus respectivos pacotes estão reportados em *itálico*.

Os modelos foram desenvolvidos utilizando a função *lm* do pacote *stats*. Os testes de Shapiro-Wilk e Levene foram aplicados para verificar normalidade e homogeneidade das variâncias respectivamente. A fim de identificar qual modelo de calibração é o mais robusto para as análises de fotogrametria aérea, o modelo cheio (Lm.1) foi comparado com os modelos reduzidos (Lm.2, Lm.3 e Lm.4) pelo critério de informação de Akaike (AIC), utilizando a função *aictab* pacote *arm*. Dessa forma, é possível identificar se a adição das variáveis (condição de Mar e/ou cobertura de Nuvens) reduziram a perda de informação dos modelos propostos, destacado pelos menores valores de AIC e  $\Delta AICc$ .

A acurácia das predições do cGSD para cada modelo foi obtida utilizando a técnica de Validação Cruzada K-fold repetida (RODRÍGUEZ; PÉREZ; LOZANO, 2010; JUNG; HU, 2015). Essa técnica consiste na divisão dos dados em um grupo de treino, subdividido em  $k$  subgrupos balanceados (90% do conjunto de dados original para cada subgrupo), e um grupo de teste (10% do conjunto de dados original), que será utilizado para validar as predições dos modelos propostos. Esse processo pode ser repetido  $n$  vezes (reamostragem dos dados). Foi adotado  $k = 10$  e  $n = 5$ , pois essas condições permitem obter a estimativa da acurácia dos modelos pelos valores da raiz quadrada do erro médio (*root mean square error*, RMSE) (equação 8) dos modelos a partir de 50 combinações diferentes do conjunto de dados original. As análises foram realizadas utilizando a função *trainControl* pacote *caret*. O modelo de calibração selecionado para as análises de fotogrametria aérea foi o que apresentou melhores resultados nas análises de comparação (AIC,  $\Delta AICc$ ) e acurácia (RMSE) adotadas pelo trabalho.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_i (y_i - \hat{y}_i)^2}{n}} \quad (8)$$

Juiz de Fora

2021

Os termos  $y_i$  e  $\hat{y}_i$  das equações, representam as medidas reais (eGSD calculado a partir da equação 1) o valor predito pelo modelo (cGSD) respectivamente em cada observação  $i$ , e  $n$  é o número de observações utilizadas na predição.

A acurácia das medidas observadas para o molde em cada altitude a partir do cGSD obtido pelo modelo selecionado, foi calculado pelo RMSE seguindo os parâmetros mencionados acima. Essa análise possibilita observar em qual(is) altitude(s) de voo, a aplicação do fator de correção cGSD, apresentou maior acurácia, observado pelos menores valores de RMSE (BARCLAY, 2017).

Diferenças entre os índices de condição corporal propostos foram verificados pelo teste de Friedman. Na impossibilidade de cumprir os pressupostos da normalidade e da homogeneidade das variâncias, o teste de Friedman é uma alternativa não paramétrica à análise de variância para medidas repetidas (ZIMMERMAN; ZUMBO, 1993). O teste foi aplicado ao conjunto de dados obtido durante esse estudo, uma vez que cada tratamento proposto (índice de condição corporal calculado) é aplicado em um mesmo indivíduo. O objetivo é verificar se há diferenças entre as medidas obtidas para cada índice em cada observação, dessa forma, é possível identificar se os índices variam de forma independente para cada medida de largura ao longo do corpo de um mesmo indivíduo.

Uma Análise de Componentes Principais (*Principal Componente Analysis*, PCA) foi aplicada com o intuito de identificar qual índice melhor explica a distribuição das observações de cada espécie entre as estações de coleta (Inverno e Verão). Duas PCA's foram desenvolvidas, uma para toninha e outra para boto-cinza, ambas as PCA's foram compostas pelos valores observados de cada índice proposto (AP\_CC, AX\_CC, AD\_CC e PD\_CC). Os dados foram padronizados aplicando a função *deconstand* do pacote *vegan*, e a PCA foi obtida pela função *princomp* do pacote *stats*. A PCA foi aceita quando a proporção cumulativa nas duas primeiras componentes foi de no mínimo 80%. Os autovalores das componentes foram comparados com os valores obtidos pelo modelo de Broken Stick, no qual, apenas as componentes com autovalores superiores ao do modelo foram interpretadas. A PCA permite reduzir o número de variáveis a serem interpretadas em um conjunto de dados multivariados. Os índices propostos foram baseados em medidas morfométricas, tais medidas tendem a apresentar elevado grau de colinearidade, dessa forma, a PCA é capaz de identificar as variáveis que melhor representam a distribuição sazonal das observações (MILLER et al., 2012). O índice que apresentou maior

Juiz de Fora

correlação com a matriz padronizada, para cada espécie, foi considerado como o que melhor explica a variância dos dados, sendo este o utilizado para monitorar a condição corporal das espécies neste trabalho.

Para categorizar os valores obtidos pelo índice selecionado para avaliar a condição corporal das espécies, uma Análise de Agrupamento Hierárquico (HCA) foi aplicada. Os dados foram padronizados utilizando a função *deconstand* do pacote *vegan*. O distanciamento da matriz foi calculado a partir da distância euclidiana. As observações foram agrupadas utilizando o método da ligação média entre grupos (UPGMA), pela função *hclust* do pacote *stats*, no qual, o dendrograma obtido foi dividido em três grupos (categorias Média, Abaixo e Acima). A análise foi aceita quando a correlação com a matriz cofenética foi superior a 70%. Afim de verificar a independência de cada categoria, diferenças estatísticas entre medidas obtidas para cada categoria em cada uma das espécies, foram verificadas pelo teste de Kruskal-Wallis. A análise tem o intuito de agrupar os indivíduos de acordo com os valores obtidos pelo índice, tornando possível observar a distribuição e a amplitude dos valores observados, bem como verificar se há diferenças estatísticas entre as categorias propostas.

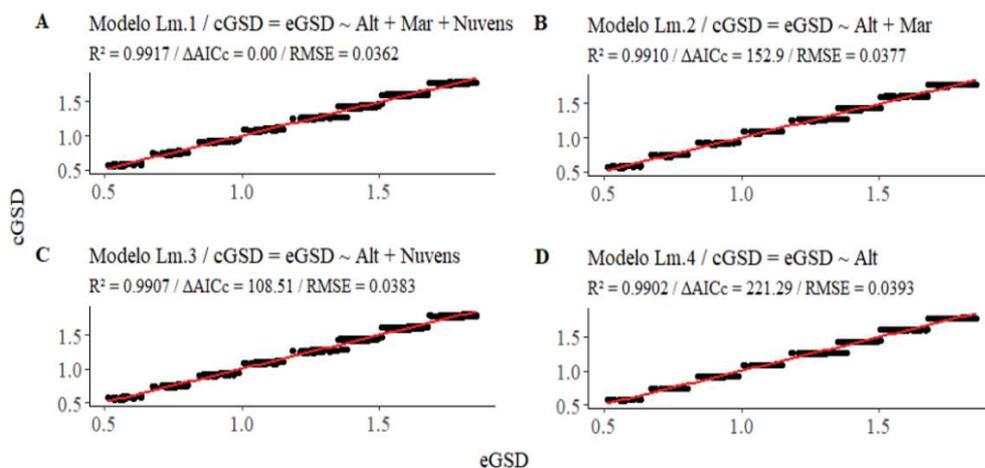
### 3. Resultados

#### 3.1. Protocolo de fotogrametria aérea

As medidas obtidas para o molde resultaram em 1.344 observações, divididas em 8 classes de altura. Foram observadas 4 condições de mar (0 a 3 na escala Beaufort), embora as saídas à campo tenham ocorrido apenas em condição de Mar < 2, foi possível observar condição de Mar 3 devido variações ambientais imprevistas no momento das coletas. A cobertura de nuvens variou de 5% a 100% no momento da aquisição das imagens.

A comparação entre os modelos pelo critério de informação de Akaike indicou que o modelo Lm.1 apresentou melhores resultados, indicando que a adição das variáveis Mar e cobertura de Nuvens, melhoraram o ajuste do modelo de forma significativa. Todos os modelos apresentaram valores RMSE < 0.04, bem como elevado ajuste com os valores preditos ( $r^2 > 0.99$ ) (figura 4). No entanto, como o modelo Lm.1 (RMSE = 0.0362,  $r^2 = 0.9917$ ,  $\Delta AICc = 0.00$ ) apresentou menor valor de  $\Delta AICc$ , sendo este o adotado para prever os valores de cGSD.

Figura 4 – Gráficos de regressão dos modelos propostos para prever o cGSD. (A) modelo selecionado para predição do cGSD considerando os critérios de comparação ( $R^2$ ,  $\Delta AICc$  e RMSE).



Fonte: Elaborado pelo Autor (2021).

As variáveis Alt, Mar 1 e Mar 2 apresentaram forte relação positiva com os valores de cGSD. O intercepto (incluindo a categoria Mar 0), Mar 3 e Nuvens, mostraram-se negativamente relacionados com os valores de cGSD, onde, a variável Nuvens apresentou a maior influência nas predições do modelo (tabela 1).

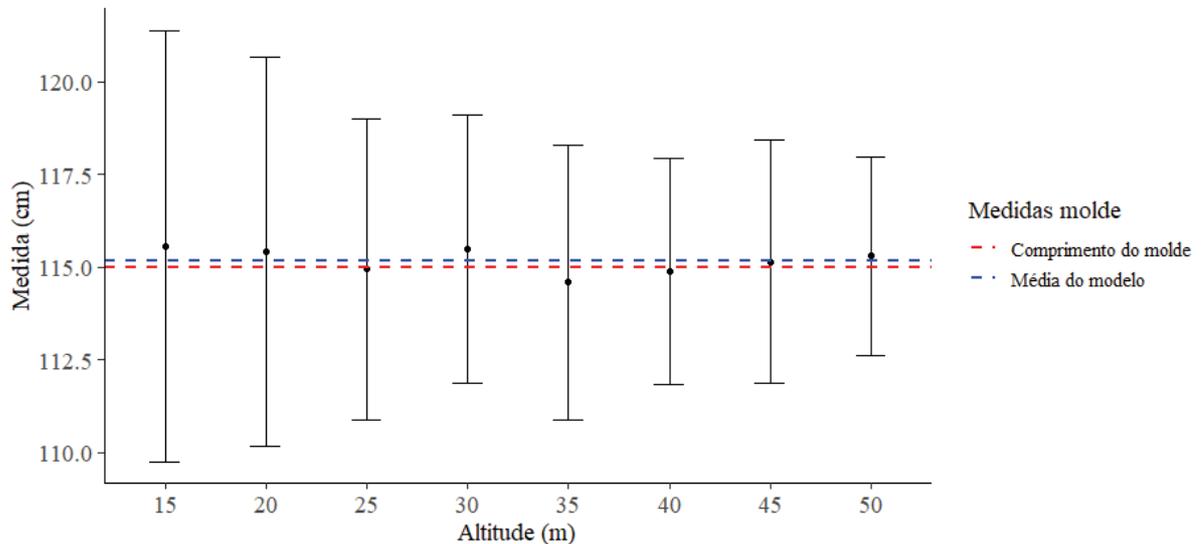
Tabela 1 - Coeficientes estatísticos obtidos para o modelo Lm.1, selecionado para predizer o cGSD.

Variáveis	Coeficiente	Erro padrão	<i>T-valor</i>	<i>p-valor</i>
Intercepto	-0,0100	0,0037	-2,6986	0,0071
Alt (cm)	0,0003	0,0000	397,4174	0,0000
Mar 1	0,0129	0,0026	4,9929	0,0000
Mar 2	0,0228	0,0030	7,7192	0,0000
Mar 3	-0,0128	0,0038	-3,3429	0,0009
Nuvens	-0,0425	0,0033	-12,7877	0,0000

Fonte: Elaborado pelo Autor (2021).

O maior valor de RMSE foi observado na altitude de 15 metros ( $\bar{x} \pm DP$ ,  $115,46 \pm 6,11$ ,  $RMSE = 5,82$ ), enquanto a 50 metros ( $\bar{x} \pm DP$ ,  $115,30 \pm 2,76$ ,  $RMSE = 2,68$ ), o modelo (Lm.1) apresentou o menor valor. As altitudes onde o modelo apresentou maior acurácia foram entre 30 a 50 metros de altitude. A média das medidas obtidas pelo modelo foi 115,15 centímetros, o que representa um viés positivo de 0,13% do comprimento real (115 cm) do molde (figura 5).

Figura 5 - Média e RMSE das medidas de comprimento obtidas para o molde de toninha. A linha vermelha representa a medida real do molde (115 cm) e a linha azul, a média das medidas de comprimento obtidas pelo modelo Lm.1 (115,15).



Fonte: Elaborado pelo Autor (2021).

### 3.2. Medidas morfométricas

Durante o trabalho, 163 imagens aéreas (frames medidos) de toninha e boto-cinza, obtidos a partir de sobrevoos à aproximadamente 30 metros de altitude ( $\bar{x} \pm DP$ ,  $29 \pm 2,6$ ), foram analisadas. As coletas foram distribuídas em seis dias. As frequências absolutas das observações e tempo de esforço aplicado estão descritas na tabela 2.

Tabela 2 - Tempo de esforço empregado (min) e número de observações analisadas ( $n$ ) durante os dias de coleta para cada espécie estudada.

Data	Esforço total (min)	<i>P. blainvillei</i> (min, $n$ )	<i>S. guianensis</i> (min, $n$ )
21/06/2019	185, $n = 1$	130, $n = 1$	0, $n = 0$
24/06/2019	180, $n = 46$	66, $n = 46$	20, $n = 0$
29/06/2019	150, $n = 69$	27, $n = 36$	30, $n = 33$
11/03/2020	158, $n = 26$	38, $n = 26$	0, $n = 0$

Juiz de Fora

2021

Data	Esforço total (min)	<i>P. blainvillei</i> (min, n)	<i>S. guianensis</i> (min, n)
13/03/2020	180, n = 19	17, n = 13	50, n = 6
14/03/2020	240, n = 2	0, n = 0	60, n = 2
<b>Total</b>	<b>1093, n = 163</b>	<b>278, n = 122</b>	<b>160, n = 41</b>

Fonte: Elaborado pelo Autor (2021).

O teste de permutação de Fisher-Pitman, não indicou diferenças significativas nos valores de comprimento do corpo entre as estações para ambas as espécies (toninha,  $p$ -valor = 0,0617) (boto-cinza,  $p$ -valor = 0,6551). Para a toninha, as quatro medidas de largura (AP, AX, AD e PD) apresentaram diferenças significativas entre as estações ( $p$ -valor < 0,01), com os maiores valores observados no inverno. No caso do boto-cinza, apenas na largura correspondente a região posterior a nadadeira dorsal (PD,  $p$ -valor = 0,4887) não foi observado diferenças estatísticas em seus valores, entre as estações de coleta, as demais (AP, AX e AD), apresentaram valores superiores no inverno. A tabela 3 sintetiza os valores médios e desvio padrão observados, bem como os valores de significância do teste de Fisher-Pitman.

Tabela 3 - Média ( $\bar{x}$ ) e desvio padrão (DP) das medidas (cm) obtidas para cada espécie durante as estações de coleta.  $p$ -valor referente ao teste de permutação de Fisher-Pitman. Em negrito,  $p$ -valor < 0,05.

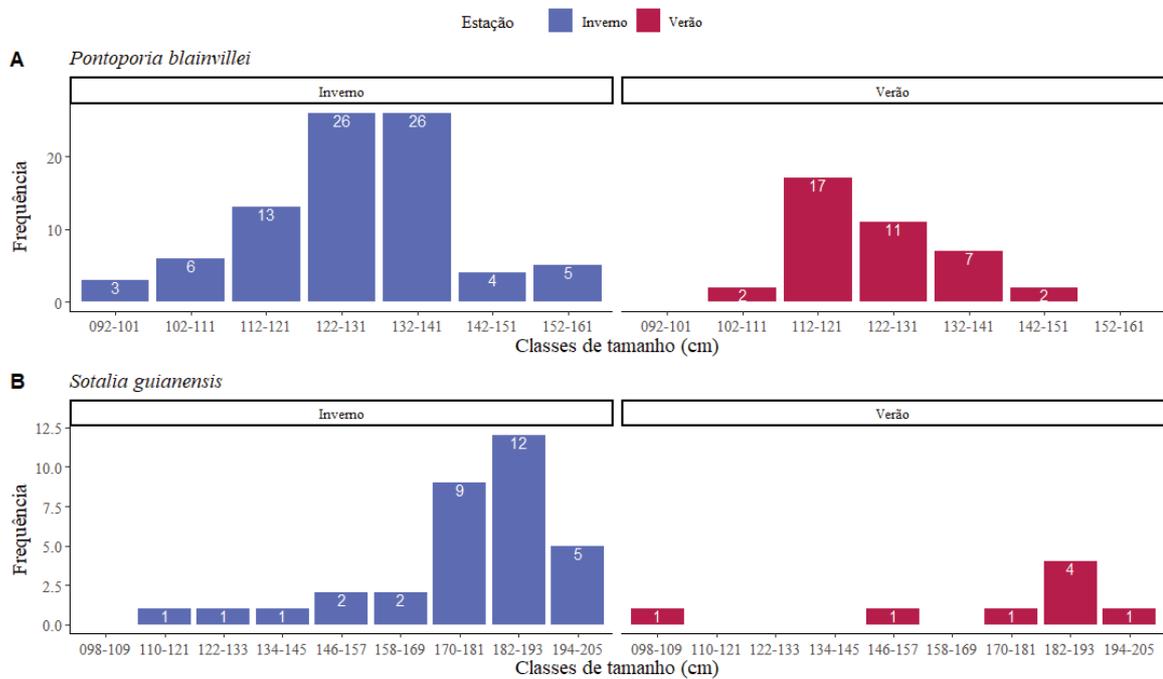
Espécie	Medida	Amplitude (cm)	$\bar{x} \pm DP$ (cm)	$\bar{x} \pm DP$ (cm) Inverno	$\bar{x} \pm DP$ (cm) Verão	$p$ -valor
<i>Pontoporia blainvillei</i>	CC	93,35 – 160,91	127,30 ± 12,30	128,72 ± 13,36	124,28 ± 9,13	0,0617
	AP	11,85 – 21,72	16,51 ± 1,93	17,12 ± 1,85	15,22 ± 1,42	< <b>0,0001</b>
	AX	14,15 – 24,26	18,82 ± 2,29	19,60 ± 2,13	17,17 ± 1,67	< <b>0,0001</b>
	AD	10,51 – 24,46	16,96 ± 2,51	17,76 ± 2,45	15,26 ± 1,67	< <b>0,0001</b>
	PD	8,72 – 19,37	13,40 ± 2,22	13,82 ± 2,27	12,51 ± 1,86	<b>0,0021</b>
<i>Sotalia guianensis</i>	CC	98,88 – 205,37	176,49 ± 23,20	177,33 ± 20,45	173,02 ± 33,86	0,6551
	AP	17,35 – 32,76	26,01 ± 3,48	26,53 ± 3,10	23,85 ± 4,32	<b>0,0487</b>
	AX	19,58 – 35,87	29,28 ± 4,06	30,00 ± 3,69	26,31 ± 4,41	<b>0,0180</b>

<b>Espécie</b>	<b>Medida</b>	<b>Amplitude (cm)</b>	$\bar{x} \pm DP$ (cm)	$\bar{x} \pm DP$ (cm) <b>Inverno</b>	$\bar{x} \pm DP$ (cm) <b>Verão</b>	<b><i>p</i>-valor</b>
	AD	18,53 – 36,16	28,15 ± 3,86	28,85 ± 3,40	25,30 ± 4,54	<b>0,0164</b>
	PD	13,70 – 31,62	21,45 ± 4,10	21,68 ± 3,82	20,55 ± 5,34	0,4887

Fonte: Elaborado pelo Autor (2021).

Para uma melhor visualização da distribuição dos comprimentos do corpo (CC) obtidos para as espécies estudadas, as medidas de CC foram divididas em classes de tamanho. Para toninhas, foram as medidas foram distribuídas em sete classes de tamanho, com intervalos de 10 cm por classe e para os de botos-cinzas foram divididos em 9 classes de tamanho com intervalos de 12 cm (figura 5), essas condições foram as que melhor agruparam o conjunto de dados, sendo possível obter registros em todas as classes propostas. Considerando a distribuição das classes de tamanho, para ambas as espécies estudadas a maior frequência de indivíduos com CC abaixo da média amostral, 127,30 cm e 176,49 cm para toninhas e botos-cinza respectivamente, foram observadas na coleta de Inverno (figura 5). Para população de toninhas, tanto o menor (CC = 93,35 cm) quanto o maior (CC = 160,91 cm) indivíduo amostrado, foram coletados no Inverno. Enquanto para as observações de botos-cinza, o menor (CC = 98,88 cm) e o maior (CC = 205,37 cm) valor de CC foram observados no Verão.

Figura 6 – Distribuição e frequência absoluta das classes de tamanho obtidas para ambas espécies estudadas, considerando as medidas de comprimento do corpo (CC) mensuradas em cada estação de coleta.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2021).

### 3.3. Índice de condição corporal

Os índices AP\_CC - AD\_CC, para toninha ( $p\text{-valor} = 0,1429$ ) e os índices AX\_CC - AD\_CC, para boto-cinza ( $p\text{-valor} = 0,0780$ ), não apresentaram diferenças significativas pelo teste de Friedman, indicando falta de independência entre os índices propostos, sugerindo que ambos os índices, para as respectivas espécies, apresentaram valores de condição corporal análogos. Os demais índices apresentaram  $p\text{-valor} < 0,05$ , como está descrito na tabela 4:

Tabela 4 – Resultados do teste de comparação entre os índices propostos para cada espécie. *p*-valor referente ao teste post hoc da estatística de Friedman, em negrito, os índices que não apresentaram correlação nos valores medidos (*p*-valor < 0,05).

Índice	<i>p</i> -valor	
	<i>Pontoporia blainvillei</i>	<i>Sotalia guianensis</i>
AP_CC - AD_CC	0,1429	<b>0,0026</b>
AX_CC - AD_CC	<b>0,0000</b>	0,0780
AX_CC - AP_CC	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>
PD_CC - AD_CC	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>
PD_CC - AP_CC	<b>0,0000</b>	<b>0,0035</b>
PD_CC - AX_CC	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>

Fonte: Elaborado pelo Autor (2021).

Para a toninha, todos os índices propostos apresentaram diferenças significativas nos valores médios observados entre as estações (*p*-valor < 0,05), com os maiores valores obtidos na estação de inverno. Para o boto-cinza, apenas os índices AX\_CC e AD\_CC (tabela 5), foram capazes de observar diferenças significativas em seus valores entre as estações de coleta, análogo ao observado para população de toninhas, os maiores valores foram obtidos nas coletas de inverno.

Tabela 5 - Valores médios ± desvio padrão (DP) obtidos pelos índices para cada uma das espécies e para cada estação de coleta. *p*-valor referente ao Teste de permutação de Fisher-Pitman. Em negrito, *p*-valor < 0.05.

Espécie	Índices	Média ± DP	Média ± DP Inverno	Média ± DP Verão	<i>p</i> -valor
<i>Pontoporia blainvillei</i>	AP_CC	0,1301 ± 0,0132	0,1335 ± 0,0132	0,1226 ± 0,0100	< <b>0,0001</b>
	AX_CC	0,1482 ± 0,0153	0,1528 ± 0,0141	0,1385 ± 0,0130	< <b>0,0001</b>
	AD_CC	0,1334 ± 0,0163	0,1381 ± 0,0144	0,1233 ± 0,0155	< <b>0,0001</b>

Juiz de Fora

Espécie	Índices	Média ± DP	Média ± DP	Média ± DP	<i>p</i> -valor
			Inverno	Verão	
	PD_CC	0,1054 ± 0,0155	0,1074 ± 0,0150	0,1010 ± 0,0157	<b>0,0310</b>
<i>Sotalia guianensis</i>	AP_CC	0,1480 ± 0,0132	0,1500 ± 0,0104	0,1400 ± 0,0202	0,0519
	AX_CC	0,1665 ± 0,0143	0,1693 ± 0,0095	0,1550 ± 0,0238	<b>0,0094</b>
	AD_CC	0,1603 ± 0,0155	0,1631 ± 0,0115	0,1487 ± 0,0240	<b>0,0168</b>
	PD_CC	0,1219 ± 0,0180	0,1223 ± 0,0164	0,1201 ± 0,0248	0,7637

Fonte: Elaborado pelo Autor (2021).

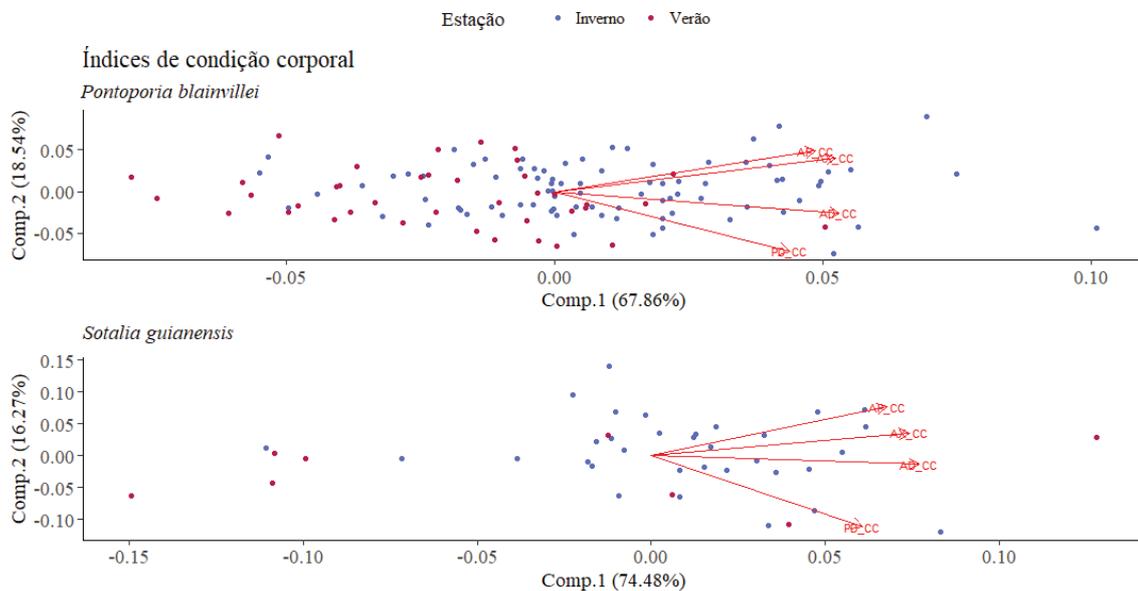
Considerando as análises das PCA's para os índices propostos, em ambas as espécies foi possível interpretar apenas a primeira componente, considerando o critério de Broken Stick. As duas primeiras componentes explicaram mais de 80% da variação em ambas as espécies (figura 7). A análise destacou que o índice AD\_CC, foi o que apresentou maior correlação com a matriz padronizada tanto para toninha (correlação AD\_CC = 0,88) como para boto-cinza (correlação AD\_CC = 0,94). Os resultados da PCA estão na tabela 6.

Tabela 6 - Resultados da PCA obtida para os índices propostos para cada espécie. Em destaque, a componente que apresentou valor superior ao modelo de Broken Stick e a variável que apresentou maior correlação com a matriz padronizada.

Espécie	Parâmetros	Autovalores e valores de Broken Stick			
		Comp.1	Comp.2	Comp.3	Comp.4
<i>Pontoporia blainvillei</i>	Autovalores	<b>0,63</b>	-0,34	-0,21	-0,09
<i>Sotalia guianensis</i>	Autovalores	<b>0,89</b>	-0,43	-0,34	-0,13
		Variáveis			
		AP_CC	AX_CC	AD_CC	PD_CC
<i>Pontoporia blainvillei</i>	Correlação componente 1	0,80	0,87	<b>0,88</b>	0,72
<i>Sotalia guianensis</i>		0,83	0,91	<b>0,94</b>	0,74

Fonte: Elaborado pelo Autor (2021).

Figura 7 - Resultados da PCA para os índices propostos. A porcentagem de cada componente está apresentada nos eixos x e y.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2021).

Considerando as análises propostas acima, o índice AD\_CC mostrou-se o mais eficiente em explicar a variância das medidas obtidas para avaliar a condição corporal em ambas as espécies. Tanto para a toninha, (média  $\pm$  desvio padrão,  $0,1334 \pm 0,0163$ , correlação = 0,88), como para o boto-cinza (média  $\pm$  desvio padrão,  $0,1603 \pm 0,0155$ , correlação = 0,94), o índice AD\_CC foi o que apresentou maior variação entre as estações, bem como foi capaz de detectar diferenças significativas em seus valores médios entre as estações de coleta, tendo sido, para ambas as espécies estudadas, o índice que apresentou maior correlação com a matriz padronizada na análise da PCA. Dessa forma, o índice AD\_CC foi considerado o mais representativo em observar variações sazonais na condição corporal para as duas espécies de pequenos cetáceos estudados.

### 3.1. Análise de Agrupamento Hierárquico (HCA) índice AD\_CC

A HCA foi aplicada apenas para o índice de condição corporal selecionado (AD\_CC) para avaliar a condição corporal das espécies. Os dendrogramas apresentaram correlação com

a matriz cofenética acima de 70%, toninha (correlação = 0,75) e boto-cinza (correlação = 0,80), vide figura 8. As observações foram agrupadas em três categorias, representados pelas cores vermelha (“Abaixo”), verde (“Média”) e azul (“Acima”). O teste de Kruskal Wallis destacou que as três categorias apresentadas se mostraram estatisticamente diferentes, sugerindo que a classificação foi capaz de categorizar de forma consistente os grupos de acordo com os valores observados pelo índice, não havendo sobreposição entre as medidas observadas em cada categoria. A tabela 7 sintetiza a distribuição das medidas em cada categoria para cada espécie, bem como apresenta o valor de *p* para o teste de Kruskal Wallis. A figura 9 apresenta a média, desvio padrão e a frequência absoluta das observações nas categorias entre as estações.

Tabela 7 – Frequências absolutas, relativas (%) e amplitude das categorias de condição corporal propostas para o índice AD\_CC. *p*-valor referente ao teste de Kruskal Wallis.

Valores obtidos pelo Índice AD_CC - Categorias						
Espécie	Condição corporal	Frequência (%)	Frequência Inverno (%)	Frequência Verão (%)	Amplitude	<i>p</i> -valor
<i>Pontoporia blainvillei</i>	Abaixo	26 (21%)	8 (10%)	18 (46%)	0,0866 – 0,1175	< <b>0,0001</b>
	Média	82 (67%)	62 (75%)	20 (51%)	0,1225 – 0,1505	< <b>0,0001</b>
	Acima	14 (12%)	13 (15%)	1 (3%)	0,1542 – 0,1800	< <b>0,0001</b>
<i>Sotalia guianensis</i>	Abaixo	5 (12%)	1 (3%)	4 (50%)	0,1241 – 0,1406	< <b>0,0005</b>
	Média	34 (83%)	31 (94%)	3 (37,5%)	0,1459 – 0,1797	< <b>0,0010</b>
	Acima	2 (5%)	1 (3%)	1 (12,5%)	0,1870 – 0,1950	< <b>0,0389</b>

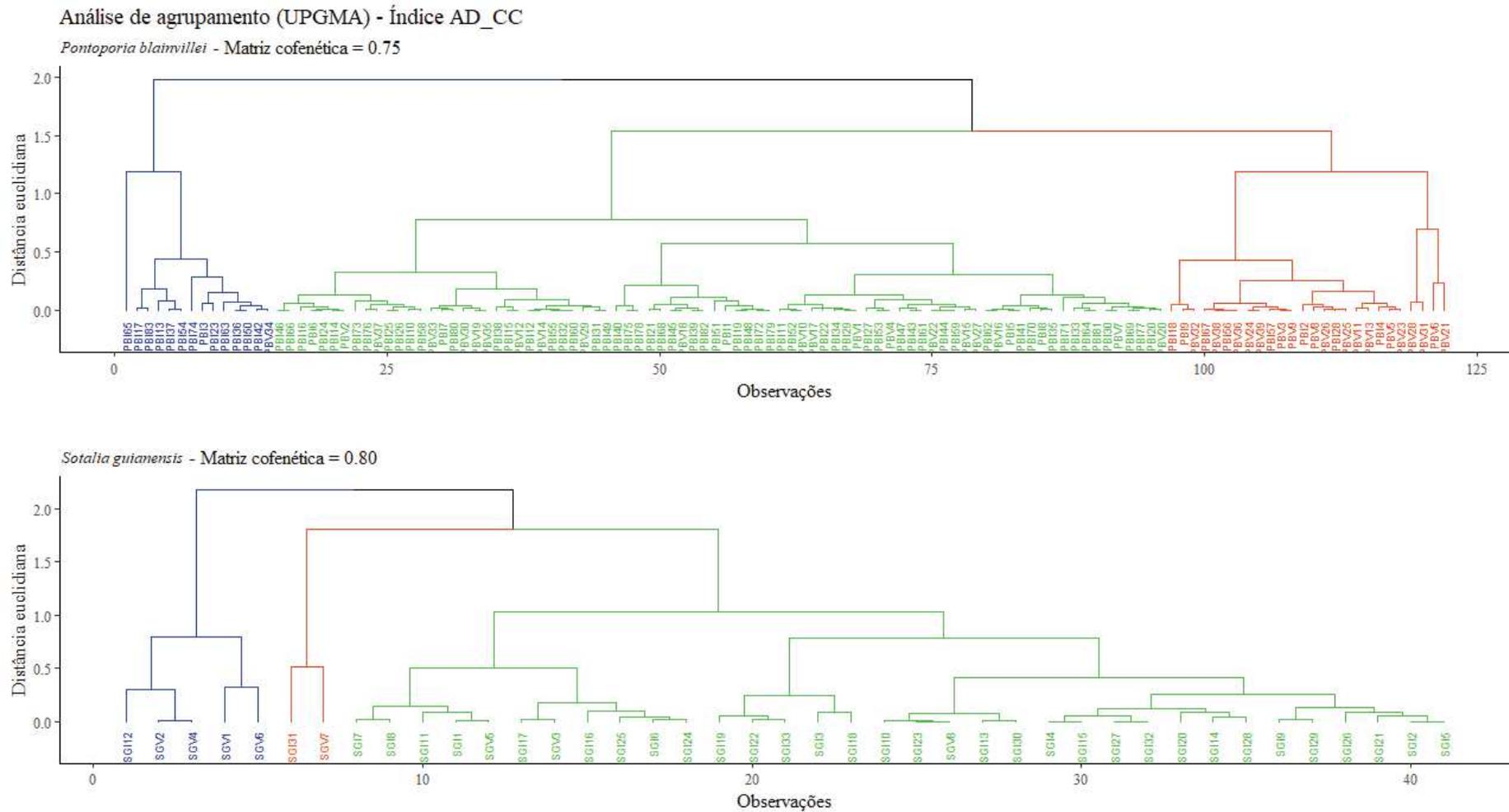
Fonte: Elaborado pelo Autor (2021).

Para as observações de toninhas amostradas no inverno, as categorias de condição corporal “Acima” (amplitude, 0,1542 – 0,1800, *n* = 13) e “Média” (amplitude, 0,1225 – 0,1505, *n* = 62) ocorreram em todas as classes tamanho, enquanto a condição corporal “Abaixo” (amplitude, 0,0866 – 0,1175, *n* = 8) ficou restrita a duas classes (122-131 cm e 132-141 cm). No verão, a condição corporal “Abaixo” (amplitude, 0,0866 – 0,117, *n* = 18), foi observada em quatro classes (112-121 cm, 122-131 cm, 132-141 cm e 142-151 cm), enquanto a condição corporal “Média” (amplitude, 0,1225 – 0,1505, *n* = 20) ocorreu em três (102-111 cm, 112-121

cm e 121-131 cm). Condição corporal “Acima” (amplitude, 0,1542 – 0,1800,  $n = 1$ ), foi observada em apenas uma classe de tamanho (102-111 cm) e foi representada por um único indivíduo, no qual, foi o menor animal (CC = 109 cm) amostrado na estação.

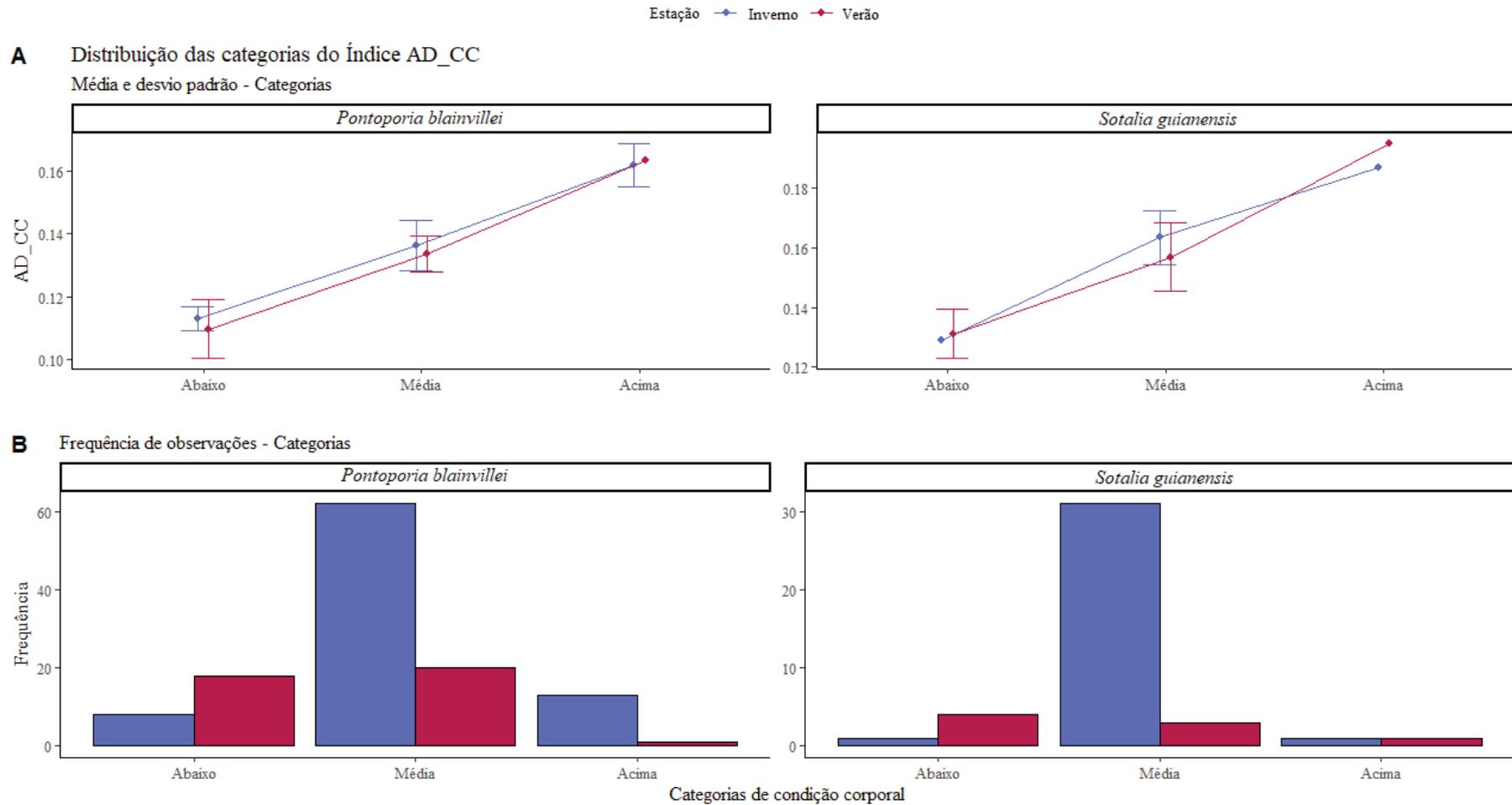
Para botos-cinza observados no inverno, as condições corporais “Abaixo” (amplitude, 0,1241 – 0,1406,  $n = 1$ ) e “Acima” (amplitude, 0,1870 – 0,1950,  $n = 1$ ) foram representadas por apenas um indivíduo, nas classes de tamanho 170-181 cm e 182-193 cm respectivamente. A condição corporal “Média” (amplitude, 0,1459 – 0,1797,  $n = 31$ ) representou a maior parte das observações da estação, ocorrendo em todas as classes de tamanho, com exceção da classe 092-101 cm. No verão, a condição corporal “Abaixo” (amplitude, 0,1241 – 0,1406,  $n = 4$ ) e “Média” (amplitude, 0,1459 – 0,1797,  $n = 3$ ), foram as categorias mais representativas da estação, tendo sido observadas nas classes de tamanho 146-157 cm, 170-181 cm, 182-193 cm e 194-205 cm. Condição corporal “Acima” (amplitude, 0,1870 – 0,1950,  $n = 1$ ) foi observada em apenas uma classe de tamanho (098-109 cm) e composta por apenas um indivíduo (CC = 98.90 cm), no qual, foi o menor indivíduo de boto-cinza amostrado no trabalho. A distribuição dos valores obtidos pelo índice AD\_CC entre as classes de tamanho, para as duas espécies estudadas, está apresentado na figura 10.

Figura 8 - Dendrograma de agrupamento hierárquico obtido para ambas as espécies.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2021).

Figura 9 – Média, desvio padrão e frequência das medidas obtidas em cada categoria para cada espécie.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2021).

Juiz de Fora

2021



## 4. Discussão

### 4.1. Protocolo de fotogrametria aérea

O presente trabalho é o primeiro a propor a aplicação de técnicas de fotogrametria aérea para monitorar a condição corporal de toninha (*Pontoporia blainvillei*) e boto-cinza (*Sotalia guianensis*), duas espécies de pequenos cetáceos consideradas como ameaçadas de extinção no Brasil (MMA, 2014; DO AMARAL et al., 2018; ICMBIO, 2018; ROSAS et al., 2018).

O crescente número de publicações utilizando drones como plataforma de sensoriamento remoto tem mostrado o potencial desta ferramenta em preencher lacunas nos estudos em ecologia e conservação (NOWAK; DZIÓB; BOGAWSKI, 2019). Nos últimos anos, técnicas de fotogrametria aérea baseadas em imagens de drones tem sido uma abordagem amplamente adotada no monitoramento de condição corporal em diversas espécies de mamíferos marinhos (CHRISTIANSEN et al., 2016; FEARNBACH et al., 2018; ALLAN et al., 2019; BURNETT et al., 2019; NOREN et al., 2019). A popularização dos drones deve-se principalmente pela facilidade em controlar o equipamento, por ser uma abordagem não invasiva, bem como pelo custo reduzido do equipamento, mostrando-se mais acessível que o monitoramento aéreo tripulado (ANGLISS et al., 2018; FERGUSON et al., 2018; CASTRILLON; BENGTSON NASH, 2020). Inúmeros modelos estão disponíveis no mercado, que variam quanto a autonomia de voo, tamanho, peso do equipamento, qualidade de câmeras e sensores, entre outros parâmetros, que devem ser selecionados de acordo com a necessidade da pesquisa (COLEFAX; BUTCHER; KELAHER, 2018). Burnett et al (2019) demonstraram que protocolos de fotogrametria aérea, utilizando o modelo de drone DJI Phantom 4 Pro, o mesmo utilizado no presente trabalho, permitem obter resultados precisos na estimativa de condição corporal e comprimento do corpo em mysticetos, em especial por apresentar boa qualidade das câmeras e lentes, o que permite obter imagens com alta resolução, fornecendo melhores condições para as análises de fotogrametria. No entanto, ainda há número reduzido de trabalhos que aplicaram análises de fotogrametria aérea para espécies de pequenos cetáceos, em especial por serem animais com natação mais rápida, apresentam menor tempo de superfície comparado à espécies de grandes cetáceos, bem como, apresentam menor área de superfície, o que dificulta a aplicação de técnicas de fotogrametria aérea para obter medidas morfométricas para as espécies (ACTIS et al., 2018; SUCUNZA et al., 2018; NOREN et al., 2019).

A utilização de um modelo de calibração, considerando um objeto de referência em análises de fotogrametria aérea, foi reportada em outros estudos (JAQUET, 2006; DURBAN et al., 2015; CHRISTIANSEN et al., 2016; BURNETT et al., 2019). Sua aplicação possibilita a obtenção de um fator de correção que melhor se aplica às condições de voo de cada coleta, minimizando possíveis imprecisões na determinação das medidas.

Os resultados obtidos no presente trabalho indicaram que o modelo de calibração Lm.1, composto pelas variáveis Altitude (cm), condição de Mar e cobertura de Nuvens, apresentou o maior ajuste e acurácia na determinação dos valores de cGSD. As variáveis condição de Mar e cobertura de Nuvens também foram reportadas como possíveis fontes de imprecisões em análises de imagens adquiridas por drones (HODGSON et al., 2010; CHRISTIANSEN et al., 2016), principalmente por gerarem distorções na imagem (e.g., ondulações, reflexão da luz solar sob a água), o que dificulta a obtenção de imagens ideais para análises de fotogrametria. A variável condição de Mar é comumente coletada em atividades de monitoramento de mamíferos marinhos, e está associado a capacidade de detecção dos animais em campo, sendo preferível a aquisição das imagens em condições de Mar < 3 (escala Beaufort) (KOSKI et al., 2009; COLEFAX; BUTCHER; KELAHER, 2018). No entanto, para pequenos cetáceos, como é o caso das toninhas, condições de Mar < 2 são ideais para sua visualização em campo (CREMER; SIMÕES-LOPES, 2005), principalmente pelo seu pequeno tamanho e comportamento discreto (CREMER; SIMÕES-LOPES, 2005; CREMER et al., 2017), sendo possível sua observação apenas em condições ambientais favoráveis. No presente trabalho, a variável cobertura de Nuvens apresentou relação negativa com a determinação do cGSD, uma maior cobertura de Nuvens no momento das coletas bloqueia a iluminação do ambiente, o que resulta na obtenção de imagens com menor qualidade, ocluindo os contornos dos animais analisados (HODGSON; PEEL; KELLY, 2017; COLEFAX; BUTCHER; KELAHER, 2018). A média das medidas do molde obtidas pelo modelo apresentou um viés positivo de 0,13% do comprimento real do molde, resultado similar aos reportados em outros trabalhos que aplicaram um protocolo análogo ao apresentado (PERRYMAN; LYNN, 1993; DURBAN et al., 2015, 2016). Considerando os resultados obtidos, a adição das variáveis condição de Mar (representada pela escala Beaufort) e cobertura de Nuvens como variáveis independentes, foi possível determinar com maior acurácia as medidas morfométricas coletadas a partir da análise de imagens obtidas por drones.

Entre 15 e 25 metros de altitude (RMSE = 5,82 e 4,06, respectivamente) as medidas apresentaram maiores valores de RMSE. Os menores valores foram observados em altitudes acima de 30 metros (RMSE = 3,62), no qual a 50 metros (RMSE = 2,68) as estimativas se mostraram mais acuradas. Embora a maior acurácia observada tenha sido a 50 metros de altitude, em altitudes inferiores é possível obter uma maior resolução em pixel dos objetos analisados na imagem, permitindo uma melhor identificação de objetos pequenos (BEMIS et al., 2014; DULAVA; BEAN; RICHMOND, 2015). Esses resultados corroboram com o observado por outros autores como Barclay (2017), observou a maior acurácia do protocolo de fotogrametria a 30 e 35 metros de altitude, o protocolo foi aplicado para estimar condição corporal em elefante marinho do Norte (*Mirounga angustirostris*). Durban (2015), utilizando o comprimento do barco como objeto de referência, medido entre 35-38 metros de altitude, observou um viés negativo inferior a 1% do comprimento do barco, o que possibilitou estimar, com precisão, o comprimento do corpo de orcas (*Orcinus orca*). Neste estudo, para ambas as espécies, a altitude de voo média para aquisição das imagens foi de aproximadamente 30 metros, no qual, não foi observado nenhum comportamento visível associado à presença do drone (e.g, mergulho repentino, *spy-hop*, desvio de trajetória). Voos em altitude de 30 metros são comumente adotados em trabalhos que utilizam drones como ferramenta no monitoramento de mamíferos marinhos, em especial pela possibilidade de obter uma visão mais ampla e provocar menos alterações no comportamento dos animais (HODGSON et al., 2010; ANICETO et al., 2018; BURNETT et al., 2019; FETTERMANN et al., 2019; FIORI et al., 2019). Considerando as maiores acurácias das medidas e visando minimizar alterações comportamentais nos animais estudados, altitudes de voo a partir de 30 metros mostraram-se eficientes em obter medidas morfométricas precisas e devem ser preferencialmente adotadas em trabalhos de fotogrametria aérea utilizando drones no monitoramento de mamíferos marinhos, porém, um balanço entre uma maior resolução e maior acurácia deve ser pensado no momento de definir as altitudes de voo durante as coletas.

Porém, para obtenção de melhores resultados na aplicação de protocolos de fotogrametria aérea, alguns aspectos do comportamento das espécies devem ser considerados. Na baía da Babitonga, por exemplo, o boto-cinza apresenta maior tamanho de grupo e sincronia respiratória comparado com as toninhas, com tempo de superfície curto, de aproximadamente 1,4 segundos para ambas as espécies (ACTIS et al., 2018). Esta sincronia, aliada a maior densidade de indivíduos nos grupos, resulta num maior número de animais emergindo à

Juiz de Fora

superfície ao mesmo tempo, o que dificulta a obtenção de imagens claras dos animais para análise, uma vez que a agitação da água na superfície, gera ruídos na imagem, impossibilitando definição do contorno dos animais (CHRISTIANSEN et al., 2016). Embora o boto-cinza seja a espécie de cetáceo mais abundante na região (CREMER et al., 2011), tais comportamentos de grupo justificam o menor número de observações viáveis para as análises, resultando na análise de apenas 41 imagens de botos-cinzas durante o trabalho.

Para as toninhas, seu pequeno tamanho e comportamento de superfície discreto (CREMER; SIMÕES-LOPES, 2005; PRADO, 2018), foram as principais dificuldades encontradas no momento da coleta, resultando no maior esforço de campo empregado (278 minutos) para obter imagens da espécie, tendo sido possível sua observação apenas em condições de mar calmo (Beaufort < 2), que é considerado a condição de mar ideal para observação da espécie em campo (CREMER; SIMÕES-LOPES, 2005). O tempo de superfície estimado para as toninhas da baía da Babitonga, a partir de observações aéreas, foi de 16,10 segundos (SE = 9,74) (SUCUNZA et al., 2018), o que representa o tempo no qual os indivíduos estão disponíveis visualmente para o observador. No entanto, para análises de fotogrametria aérea, os animais são medidos no momento em que emergem à superfície para respirar, tempo estimado de 1,4 segundos (ACTIS et al., 2018), esse pequeno intervalo de tempo, onde a maior parte do corpo dos animais estão acima da linha da água, permite a obtenção de medidas morfométricas mais precisas, minimizando os efeitos de distorções da imagem pela refração da água (BURNETT et al., 2019; CHRISTIANSEN et al., 2016; DURBAN et al., 2016; FEARNBACH et al., 2018). Essas características dificultam a aplicação de técnicas de fotogrametria aérea em pequenos cetáceos.

#### **4.2. Análises morfométricas**

Embora não tenha sido possível identificar os indivíduos amostrados, a amplitude das medidas de comprimento do corpo (CC), sugerem que as observações representam as populações estudadas, tendo sido possível obter medidas de indivíduos em todas as classes de tamanhos determinadas neste trabalho para ambas as espécies estudadas. Dessa forma, os resultados apresentados podem ser interpretados em nível de população.

Considerando a média das medidas de CC observadas para população de toninhas (média  $\pm$  DP, 127,30  $\pm$  12,30 cm,  $n = 122$ ), sugere que o protocolo foi capaz de obter CC análogo ao observado em carcaças da espécie da FMA II (BARBATO et al., 2012; CREMER et al., 2013; CONVERSANI et al., 2020), área de manejo correspondente às toninhas da Baía da Babitonga. O Projeto de Monitoramento de Praias (PMP) registra ocorrências de encalhes e de captura acidental de animais marinhos em diversos táxons, incluindo espécies de odontocetos. Considerando os registros de toninhas no trecho 5 de execução do monitoramento, que abrange a região da Baía da Babitonga no município de São Francisco do Sul-SC, a média do CC das carcaças de toninhas coletadas foi de 113 cm ( $n = 62$ ), no qual, aproximadamente 48% dos encalhes registrados entre 2019 e 2020 foram de indivíduos com comprimentos entre 100 cm e 119 cm (PMP-BS, 2021a). A maior média amostral para a espécie apresentada no presente trabalho, pode estar relacionado com a ausência de filhotes analisados, uma vez que o menor animal analisado apresentou CC = 93,35 cm. As classes de tamanhos mais frequentes no trabalho foram as constituídas pelos CC de 122-131 cm ( $n = 37$ ) e 132-141 cm ( $n = 33$ ) e representaram aproximadamente 30% e 27%, respectivamente, das observações. Como uma das características principais da espécie, as toninhas apresentam dimorfismo sexual reverso, no qual, fêmeas atingem seu comprimento máximo, maiores que os machos (KASUYA; BROWNELL, 1979; BOTTA; MUELBERT; SECCHI, 2006). Silva et al (2020), reportaram comprimentos de maturidade sexual para as toninhas da FMA II de 128.5 cm (95% CI = 124.5–132.0 cm) e 114 cm (95% CI = 112–116.5 cm) para fêmeas e machos respectivamente, resultado similar ao encontrado por Rosas e Monteiro-Filho (2002b), que reportaram comprimentos de maturidade sexual variando entre 122 e 126 cm e 112 e 116 cm para fêmeas e machos de toninhas respectivamente, na mesma região. Embora não tenha sido possível determinar os sexos dos indivíduos amostrados, considerando o comprimento de maturidade sexual descrito para espécie na FMA II, a população amostrada de toninhas foi representada majoritariamente por indivíduos com CC superior a 122 cm ( $n = 81$ ), comprimento no qual a maturidade sexual é alcançada para ambos os sexos da espécie (ROSAS; MONTEIRO-FILHO, 2002b; SILVA et al., 2020) e correspondeu cerca 66% das observações, dos quais, 50% ( $n = 61$ ) destas foram coletadas no inverno.

A média das medidas de CC observada para o boto-cinza (média  $\pm$  DP, 176,49  $\pm$  23,20 cm,  $n = 41$ ), correspondem aos comprimentos de corpo descritos na literatura para espécie nas regiões Sul e Sudeste do Brasil (ROSAS; MONTEIRO-FILHO, 2002a; DI BENEDITTO; Juiz de Fora

RAMOS, 2004; CREMER; PINHEIRO; SIMÕES-LOPES, 2012). De acordo com os dados disponíveis pelo PMP, a média de CC dos botos-cinzas registrados no trecho 5 foi de 170 cm ( $n = 11$ ) (PMP-BS, 2021b), valor próximo à média amostral obtida no presente estudo. A maturidade sexual da espécie, que é alcançada com comprimentos de corpo entre 170 a 180 cm e 160 a 169 cm, para machos e fêmeas respectivamente (RAMOS; DI BENEDITTO; LIMA, 2000; ROSAS; MONTEIRO-FILHO, 2002a; RAMOS et al., 2010). Considerando as classes de tamanho propostas neste trabalho, as classes mais frequentes foram as correspondentes ao CC 182-193 cm ( $n = 16$ ) seguido da classe 170-181 cm ( $n = 10$ ), representando 39% e 24% das observações respectivamente. Levando em conta que 78% ( $n = 32$ ) das observações para espécie, foram compostas por indivíduos acima de 170 cm de comprimento, pode-se inferir que a população amostral de botos-cinzas amostrado no trabalho, foi composta principalmente por indivíduos sexualmente maduros (ROSAS; MONTEIRO-FILHO, 2002a). O menor indivíduo de boto-cinza amostrado no presente trabalho apresentou CC = 98,88 cm e foi coletado no verão, levando em conta o comprimento de neonatos da espécie ( $102 \pm 5$  cm, RAMOS; DI BENEDITTO; LIMA, 2000;  $92,2 \pm 2,7$  cm, ROSAS; MONTEIRO-FILHO, 2002a) pode-se inferir que esta observação representa um neonato, que nasceu possivelmente a poucos dias antes da coleta, tendo sido o único filhote amostrado durante o trabalho.

Em ambas as espécies, variações nas medidas de largura obtidas ao longo do corpo dos animais, em especial nas porções anteriores do corpo (AP, AX e AD), foram as medidas morfométricas que apresentaram maior variação entre as estações de coleta, no qual, foram observados valores aproximadamente 1% superiores no inverno. Esses resultados podem estar associados às variações sazonais na condição corporal de pequenos cetáceos (CAON; FIALHO; DANILEWICZ, 2007; LOCKYER, 2007; PIERCEY et al., 2013; STRUNTZ et al., 2004), no qual, durante os meses mais frios os indivíduos tendem a aumentar o acúmulo de reserva energética, tanto para evitar perda de calor para o ambiente, como para manter o estoque de energia em períodos com baixa disponibilidade de recursos alimentares, bem como podem estar associados aos períodos reprodutivos das espécies (LOCKYER, 1987; NOREN et al., 2019).

### 4.3. Índices de condição corporal

Índices de condição corporal, assumindo a proporção largura/comprimento do corpo (% CC), tem sido comumente adotada em trabalhos que utilizam técnicas de fotogrametria aérea para monitorar condição corporal em cetáceos. Para a baleia-franca-do-atlântico-norte e baleia-franca-austral (*Eubalaena glacialis* e *E. australis*, respectivamente), medidas de largura na região axilar mostraram-se comparáveis com o diâmetro da circunferência observado em carcaças, tornando possível monitorar a condição corporal a partir da proporção largura/comprimento do corpo em ambas espécies (MILLER et al., 2012). Noren et.al (2019) foram capazes de monitorar a condição corporal de baleias-piloto-de-aleta-curta (*Globicephala macrorhynchus*) utilizando a mesma proporção, no qual observou uma linearidade entre as larguras axilar, anterior e posterior a nadadeira dorsal com suas respectivas circunferências. Em ambos os trabalhos, foram observados correlação positiva entre as medidas de larguras e circunferências do corpo medidos na mesma região, possibilitando propor índices para monitorar a condição corporal de cetáceos considerando a largura como % CC.

Neste trabalho, os índices referentes às porções anteriores dos animais foram capazes de detectar variações sazonais em seus valores, nas duas espécies de pequenos cetáceos estudadas. Os índices AP\_CC e AD\_CC em toninhas e os índices AX\_CC e AD\_CC em boto-cinza mostraram-se correlacionados pelo teste de Friedman, sugerindo que essas proporções variam de forma similar. A forma cilíndrica das espécies possibilita observar variações na condição corporal a partir de diferentes medidas de circunferência ou largura ao longo do corpo (FEARNBACH et al., 2020; MILLER et al., 2012; NOWACEK et al., 2016), nos quais, as porções anteriores do corpo representam as regiões onde há maior acúmulo de reserva energética (CAON; FIALHO; DANILEWICZ, 2007; CHRISTIANSEN et al., 2016; FEARNBACH et al., 2018; LOCKYER, 1976), dessa forma, a correlação entre os índices citados acima podem ser associados à uniformidade da estrutura corporal das espécies.

No entanto, considerando os resultados da PCA, o índice AD\_CC explicou melhor a variância das observações entre as estações de coleta em ambas as espécies, apresentado a maior correlação com a matriz padronizada (correlação toninha = 0,88, correlação boto-cinza = 0,94). Tanto para a toninha como para o boto-cinza, os valores obtidos para o índice AD\_CC no inverno foram aproximadamente 1.1% superior ao observado no verão, resultado similar ao observado por Noren et.al (2019) em baleias-piloto-de-aleta-curta. A região anterior a nadadeira

Juiz de Fora

dorsal foi reportada anteriormente como confiável para monitorar a condição corporal em toninhas por ser a região onde há maior deposição de gordura (CAON; FIALHO; DANILEWICZ, 2007). Em golfinho-comum (*Delphinus delphis*) e golfinho-nariz de garrafa (*Tursiops truncatus*), espécies com estrutura corporal similar ao de botos-cinzas, as medidas de circunferência nas regiões da axila e anterior a nadadeira dorsal, representadas pelos índices AX\_CC e AD\_CC neste trabalho, também foram reportadas como bons monitores da condição corporal para as espécies a partir da proporção circunferência/comprimento do corpo (CHEAL; GALES, 1991; HART; WELLS; SCHWACKE, 2013; JOBLON et al., 2014). Tais resultados sugerem que o índice AD\_CC como % CC, é capaz de observar padrões sazonais na condição corporal das espécies de pequenos cetáceos estudadas.

Durante o inverno, as amostragens de toninhas foram compostas majoritariamente por indivíduos que apresentaram categorias de condição corporal “Média” (75% das observações), todavia, tanto a condição corporal “Média” como “Acima” ocorreram em todas as classes de tamanhos. Apenas oito indivíduos amostrados no inverno apresentaram condição corporal “Abaixo”, dos quais, estiveram restritos à apenas duas classes de tamanhos (122-131 cm e 132-141 cm). As observações de botos-cinza no inverno, assim como as de toninhas, foram compostas em sua maioria por indivíduos com condição corporal “Média” (94% das observações), enquanto as condições corporais “Acima” e “Abaixo” foram representadas por apenas um indivíduo cada. No inverno, uma melhor condição corporal dos indivíduos é esperada. Em odontocetos, o aumento do volume corporal durante o inverno pode estar associado à necessidade da espécie em manter o isolamento térmico, bem como pela necessidade em acumular reserva energética nos meses com escassez de recursos (AGUILAR; BORRELL; PASTOR, 1999; LOCKYER, 2007). Trabalhos como os de Kastelein et al (2018) e Lockyer (2007), estudando o golfinho-do-porto (*Phocoena phocoena*), um pequeno cetáceo do atlântico norte, avaliaram variações sazonais na condição corporal da espécie a partir das medidas de circunferência máxima e espessura na camada de gordura, onde, em ambos os trabalhos, uma melhor condição corporal foi reportada no inverno. Tais autores associaram os resultados às variações sazonais na temperatura da água (variações > 15 °C) e à disponibilidade de recursos alimentares entre os meses de verão e inverno, destacando que para pequenos cetáceos como o golfinho-do-porto, fatores como a perda de calor nos processos de termorregulação e a reprodução, demandam elevado gasto energético para a espécie (LOCKYER, 2007; KASTELEIN; HELDER-HOEK; JENNINGS, 2018). No entanto, no

Juiz de Fora

estuário Baía da Babitonga, área de estudo deste trabalho, as presas de maior importância para as ambas espécies estudadas estão disponíveis ao longo de todo o ano (PAITACH; SIMÕES-LOPES; CREMER, 2017; CREMER et al., 2018). As temperatura médias anuais da água nos meses de inverno e verão na região são 19 °C e 26,6 °C respectivamente (CLIMATE-DATA, 2020), uma variação sazonal menor do que a reportada por estudos em regiões de clima temperado. Considerando que o pico de nascimentos tanto de toninhas como de botos-cinzas na Baía da Babitonga ocorre nos meses de verão e corresponde ao período reprodutivo das espécies (CREMER, 2015), as variações na condição corporal podem estar mais associados às atividades de reprodução.

A reprodução em mamíferos marinhos é uma atividade que exige um elevado gasto energético. O período de gestação de toninhas é de aproximadamente 11 meses, no qual os filhotes amamentam por cerca de 7 meses (DANILEWICZ et al., 2000; ROSAS; MONTEIRO-FILHO, 2002b), enquanto os botos-cinza apresentam uma gestação de aproximadamente 12 meses, e os filhotes amamentam por aproximadamente 9 meses (ROSAS; MONTEIRO-FILHO, 2002a). Fêmeas maduras podem aumentar substancialmente o acúmulo de reserva energética nos meses que precedem a estação reprodutiva (CHITTLEBOROUGH, 1964; GITTLEMAN; THOMPSON, 1988; GÓMEZ-CAMPOS; BORRELL; AGUILAR, 2011; WILLIAMS et al., 2013), no entanto, a maior parte da reserva acumulada é perdida durante o período de amamentação, reduzindo sua condição corporal (LOCKYER, 1987; READ, 1990; CHRISTIANSEN et al., 2013). Em *Globicephala melas*, por exemplo, uma espécie poligâmica e que não apresenta comportamentos migratórios, durante os meses de primavera e verão observa-se uma rápida diminuição na condição corporal de machos devido a intensa atividade de procura por pares durante a estação de acasalamento (LOCKYER, 2007). Tais características também justificam a maior frequência da condição corporal “Abaixo” nas classes e tamanhos superiores que abrangem indivíduos sexualmente maduros, em especial nos meses de verão, nos quais, representaram cerca de 46% e 50% das observações de toninhas e botos-cinza, respectivamente. Em indivíduos maduros, fatores como reprodução e busca ativa por presas demandam um elevado gasto energético, implicando na redução de sua condição corporal. (ICHII et al., 1998; LOCKYER, 2007; MILLER et al., 2012). Por outro lado, vale destacar que nenhum indivíduo nas classes de tamanhos inferiores apresentou condição corporal “Abaixo”. Em cetáceos, melhor condição corporal em indivíduos jovens é esperado, dado o fato de que, nos primeiros meses de vida, sua alimentação é exclusivamente de leite materno, recurso rico

Juiz de Fora

em gordura e proteínas (LOCKYER, 1995; CAON; FIALHO; DANILEWICZ, 2007; CAON et al., 2008), o que pode explicar a ocorrência de um filhote de boto-cinza, coletado no verão, com condição corporal “Acima”, tendo sido a única observação da estação pertencente a esta categoria, bem como, a presença de indivíduos jovens de toninhas classificados com condição corporal “Acima”.

## 5. Conclusões

Considerando o reportado pela literatura, bem como os resultados apresentados neste estudo, o protocolo de fotogrametria aérea apresentado é capaz de fornecer medidas morfométricas precisas para as espécies de pequenos cetáceos estudados. Porém algumas características comportamentais (e.g., tempo de superfície, densidade dos grupos) das espécies devem ser consideradas para uma melhor aplicação do protocolo apresentado. As condições ambientais no momento das coletas podem interferir na qualidade das imagens obtidas pelo drones, em especial para o monitoramento de pequenos cetáceos, sendo preferíveis condições de mar calmo e pouca cobertura de nuvens para a aquisição das imagens. Sobrevoos a altitudes a partir de 30 metros mostraram-se precisas para análises de fotogrametria aérea. As medidas de comprimento do corpo, obtidas pelo protocolo apresentado, estão de acordo com previsto na literatura para as espécies que ocorrem na região, destacando a eficiência do protocolo em obter medidas morfométricas dos pequenos cetáceos estudados. As larguras nas porções anteriores do corpo dos animais variaram de forma significativa entre as estações. O índice AD\_CC proposto para toninha e boto-cinza, mostrou-se eficiente em monitorar a condição corporal das espécies, onde os maiores valores do índice foram obtidos no inverno para ambas as espécies. As categorias de condição corporal propostas, auxiliaram na compreensão da distribuição dos valores obtidos pelo índice AD\_CC nas diferentes classes de tamanho apresentadas, destacando a condição corporal “Média” como a mais frequentes tanto para toninhas como para botos-cinzas. A condição corporal “Acima” foi predominante no inverno, enquanto no verão, foi observado um aumento da frequência da condição corporal “Abaixo”, tal comportamento pode estar associado às elevadas demandas energéticas derivadas das atividades de reprodução. No entanto, a impossibilidade de individualizar as amostras e determinar os sexos, não permite apresentar conclusões acerca da demanda energética das espécies a nível de classes reprodutivas, trabalho futuros, aliando protocolos com protocolos de foto-identificação, poderão ajudar a elucidar esta lacuna, permitindo monitorar a longo prazo a condição corporal das espécies a nível de indivíduo.

## 6. Referências Bibliográficas

- ACTIS, P. S. et al. Breathing synchrony in franciscana (*Pontoporia blainvillei*) and Guiana dolphins (*Sotalia guianensis*) in Southern Brazil. **Marine Mammal Science**, v. 34, n. 3, p. 777–789, 2018.
- AGUILAR, A.; BORRELL, A.; PASTOR, T. Biological factors affecting variability of persistent pollutant levels in cetaceans. **Journal of Cetacean Research and Management Special Issue**, v. 1, n. Special Issue 1, p. 83–116, 1999.
- ALLAN, B. M. et al. A Rapid UAV Method for Assessing Body Condition in Fur Seals. **Drones**, v. 3, n. 1, p. 24, 2019.
- ALVES, A. K. DE M. et al. Intestinal helminths of franciscana (*Pontoporia blainvillei*) and Guiana dolphins (*Sotalia guianensis*) from the north coast of Santa Catarina state, Brazil. **Oecologia Australis**, v. 21, n. 1 Special Issue, p. 83–87, 2017.
- AMARAL, R. S.; SILVA, V. M. F. DA; ROSAS, F. C. W. Body weight/length relationship and mass estimation using morphometric measurements in Amazonian manatees *Trichechus inunguis* (Mammalia: Sirenia). **Marine Biodiversity Records**, v. 3, n. 2011, 2010.
- ANGLISS, R. P. et al. Comparing manned to unmanned aerial surveys for cetacean monitoring in the Arctic: methods and operational results. **Journal of Unmanned Vehicle Systems**, v. 6, n. 3, p. 109–127, 2018.
- ANICETO, A. S. et al. Monitoring marine mammals using unmanned aerial vehicles: Quantifying detection certainty. **Ecosphere**, v. 9, n. 3, 2018.
- AZEVEDO, A. F. et al. The first confirmed decline of a delphinid population from Brazilian waters: 2000–2015 abundance of *Sotalia guianensis* in Guanabara Bay, South-eastern Brazil. **Ecological Indicators**, v. 79, p. 1–10, 2017.
- BARBATO, B. H. A. et al. Geographical variation in franciscana (*Pontoporia blainvillei*) external morphology. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 92, n. 8, p. 1645–1656, 2012.
- BARCLAY, T. Assessing the Accuracy of Photogrammetry via an Unmanned Aircraft System ( UAS ) on Northern Elephant. p. 1–19, 2017.
- BEMIS, S. P. et al. Ground-based and UAV-Based photogrammetry: A multi-scale, high-resolution mapping tool for structural geology and paleoseismology. **Journal of Structural Geology**, v. 69, n. PA, p. 163–178, 2014.
- BJØRGE, A.; TOLLEY, K. A. Harbor Porpoise: *Phocoena phocoena*. **Encyclopedia of Marine Mammals**, v. 8235, p. 530–533, 2009.
- BOTTA, S.; MUELBERT, M. M. C.; SECCHI, E. R. Morphometric relationships of franciscana dolphin, *Pontoporia blainvillei* (Cetacea), off Rio Grande do Sul coast, southern Brazil. **Latin American Journal of Aquatic Mammals**, v. 5, n. 2, p. 117–123, 2006.

- BOYD, C. et al. Bayesian estimation of group sizes for a coastal cetacean using aerial survey data. **Marine Mammal Science**, v. 9999, n. 4, p. 1–25, 2019.
- BOYD, I. L.; BOWEN, W. D.; IVERSON, S. J. **Marine Mammal Ecology and Conservation**. New York: Oxford University Press Inc., New York, 2010. v. 110
- BRADFORD, A. L. et al. Leaner leviathans: body condition variation in a critically endangered whale population. **Journal of Mammalogy**, v. 93, n. 1, p. 251–266, 2012.
- BURNETT, J. D. et al. Estimating morphometric attributes of baleen whales with photogrammetry from small UASs: A case study with blue and gray whales. **Marine Mammal Science**, v. 35, n. 1, p. 108–139, 2019.
- CABALLERO, S. et al. Mitochondrial DNA diversity, differentiation and phylogeography of the South American riverine and coastal dolphins *Sotalia fluviatilis* and *Sotalia guianensis*. **Latin American Journal of Aquatic Mammals**, v. 8, n. 1–2, p. 69–79, 31 Dec. 2010.
- CAON, G. et al. Milk composition of franciscana dolphin (*Pontoporia blainvillei*) from Rio Grande do Sul, southern Brazil. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 88, n. 6, p. 1099–1101, 2008.
- CAON, G.; FIALHO, C. B.; DANILEWICZ, D. Body Fat Condition in Franciscanas (*Pontoporia blainvillei*) in Rio Grande do Sul, Southern Brazil. **Journal of Mammalogy**, v. 88, n. 5, p. 1335–1341, 2007.
- CASTRILLON, J.; BENGTON NASH, S. Evaluating cetacean body condition; a review of traditional approaches and new developments. **Ecology and Evolution**, v. 10, n. 12, p. 6144–6162, 2020.
- CHEAL, A. J.; GALES, N. J. Body mass and food intake in captive, breeding bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*. **Zoo Biology**, v. 10, n. 6, p. 451–456, 1991.
- CHENEY, B. et al. Laser photogrammetry reveals variation in growth and early survival in free-ranging bottlenose dolphins. **Animal Conservation**, v. 21, n. 3, p. 252–261, 2018.
- CHITTLEBOROUGH, R. G. Dynamics of two populations of the humpback whale. *Megaptera no vaeangliae* (borowski). **Marine and Freshwater Research**, v. 16, n. 1, p. 33–128, 1964.
- CHRISTIANSEN, F. et al. Minke whales maximise energy storage on their feeding grounds. **Journal of Experimental Biology**, v. 216, n. 3, p. 427–436, 2013.
- CHRISTIANSEN, F. et al. Female body condition affects foetal growth in a capital breeding mysticete. **Functional Ecology**, v. 28, n. 3, p. 579–588, 2014.
- CHRISTIANSEN, F. et al. Non-invasive unmanned aerial vehicle provides estimates of the energetic cost of reproduction in humpback whales. **Ecosphere**, v. 7, n. October, p. 1–7, 2016.

- CHRISTIANSEN, F. et al. Estimating body mass of free-living whales using aerial photogrammetry and 3D volumetrics. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 10, n. 12, p. 2034–2044, 2019.
- CLIMATE-DATA. **Clima: São Francisco do Sul**. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/santa-catarina/sao-francisco-do-sul-28141/>>. Acesso em: 1 apr. 2021.
- COLEFAX, A. P.; BUTCHER, P. A.; KELAHER, B. P. The potential for unmanned aerial vehicles (UAVs) to conduct marine fauna surveys in place of manned aircraft. **ICES Journal of Marine Science**, v. 75, n. 1, p. 1–8, 2018.
- COMMITTEE ON MARINE MAMMALS, A. S. OF M. Standardized methods for measuring and recording data on the smaller cetaceans. **Journal of Mammalogy**, v. 42, n. 4, p. 471–476, 1961.
- CONVERSANI, V. R. M. et al. Age and growth of franciscana, *Pontoporia blainvillei*, and Guiana, *Sotalia guianensis*, dolphins from southeastern Brazil. **Marine Mammal Science**, n. May 2019, p. 1–15, 2020.
- COSTA, D. P. Energetics. In: PERRIN, W. F.; WÜRSIG, B.; THEWISSEN, J. G. M. (Eds.). . **Encyclopedia of Marine Mammals**. [s.l: s.n.]. p. 383–391.
- CREMER, M. J. et al. Distribution and status of the Guiana dolphin *Sotalia guianensis* (Cetacea, Delphinidae) population in Babitonga Bay, Southern Brazil. **Zoological Studies**, v. 50, n. 3, p. 327–337, 2011.
- CREMER, M. J. et al. Franciscana strandings on the north coast of Santa Catarina State and insights into birth period. **Biotemas**, v. 26, n. 4, p. 133–139, 2013.
- CREMER, M. J. **Os mamíferos marinhos da Baía da Babitonga**. 1. ed. Joinville: [s.n.].
- CREMER, M. J. et al. Social sounds produced by franciscana dolphins, *Pontoporia blainvillei* (Cetartiodactyla, Pontoporiidae). **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 141, n. 3, p. 2047–2054, 2017.
- CREMER, M. J. et al. **Advances in Marine Vertebrate Research in Latin America**. [s.l: s.n.]. v. 22
- CREMER, M. J.; PINHEIRO, P. C.; SIMÕES-LOPES, P. C. Prey consumed by Guiana dolphin *Sotalia guianensis* (Cetacea, Delphinidae) and franciscana dolphin *Pontoporia blainvillei* (Cetacea, Pontoporiidae) in an estuarine environment in southern Brazil. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 102, n. 2, p. 131–137, 2012.
- CREMER, M. J.; SIMÕES-LOPES, P. C. The occurrence of *Pontoporia blainvillei* (Gervais & d'Orbigny) (Cetacea, Pontoporiidae) in an estuarine area in southern Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 22, n. 3, p. 717–723, 2005.
- CREMER, M. J.; SIMÕES-LOPES, P. C. Distribution, abundance and density estimates of

franciscanas, *Pontoporia blainvillei* (Cetacea: Pontoporiidae), in Babitonga bay, southern Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 25, n. 3, p. 397–402, 2008.

CRESPO, E. A. Franciscana Dolphin. **Encyclopedia of Marine Mammals**, p. 388–392, 2018.

CUNHA, H. A. et al. Population structure of the endangered Franciscana dolphin (*Pontoporia blainvillei*): Reassessing management units. **PLoS ONE**, v. 9, n. 1, p. 1–8, 2014.

DANILEWICZ, D. et al. *Pontoporia blainvillei* (Gervais & d’Orbigny, 1844). **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume II - Mamíferos.**, v. 2, n. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade., p. 143–148, 2018.

DANILEWICZ, D. S. et al. Analysis of the age at sexual maturity and reproductive rates of franciscana (*Pontoporia blainvillei*) from Rio Grande do Sul, southern Brazil. v. 13, p. 89–98, 2000.

DENUNCIO, P. et al. Plastic ingestion in Franciscana dolphins, *Pontoporia blainvillei* (Gervais and d’Orbigny, 1844), from Argentina. **Marine Pollution Bulletin**, v. 62, n. 8, p. 1836–1841, 2011.

DI BENEDITTO, A. P. M.; RAMOS, R. M. A. Biology of the marine tucuxi dolphin (*Sotalia fluviatilis*) in south-eastern Brazil. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 84, n. 6, p. 1245–1250, 2004.

DIAS, C. P. et al. **Baixa diversidade mitocondrial sugere filopatria das toninhas *Pontoporia blainvillei* (Gervais & d’Orbigny 1844) da Baía da Babitonga**, SCAbstracts of the II Encontro de Mastozólogos do Rio de Janeiro, Parque Nacional da Serra dos Órgãos, Teresópolis, 2013.

DO 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**, v. 508, n. August, p. 1–12, 2018.

DULAVA, S.; BEAN, W. T.; RICHMOND, O. M. W. Environmental Reviews and Case Studies: Applications of Unmanned Aircraft Systems (UAS) for Waterbird Surveys. **Environmental Practice**, v. 17, n. 3, p. 201–210, 2015.

DURBAN, J. W. et al. Photogrammetry of killer whales using a small hexacopter launched at sea. **Journal of Unmanned Vehicle Systems**, v. 3, n. 3, p. 131–135, 2015.

DURBAN, J. W. et al. Photogrammetry of blue whales with an unmanned hexacopter. **Marine Mammal Science**, v. 32, n. 4, p. 1510–1515, 2016.

ESPÉCIE, M. D. A.; TARDIN, R. H. O.; SIMÃO, S. M. Degrees of residence of Guiana dolphins (*Sotalia guianensis*) in Ilha Grande Bay, south-eastern Brazil: a preliminary assessment. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 90, n. 8, p. 1633–1639, 21 Dec. 2010.

- FEARNBACH, H. et al. Using aerial photogrammetry to detect changes in body condition of endangered southern resident killer whales. **Endangered Species Research**, v. 35, p. 175–180, 2018.
- FEARNBACH, H. et al. Evaluating the power of photogrammetry for monitoring killer whale body condition. **Marine Mammal Science**, v. 36, n. 1, p. 359–364, 2020.
- FERGUSON, M. C. et al. Performance of manned and unmanned aerial surveys to collect visual data and imagery for estimating arctic cetacean density and associated uncertainty. **Journal of Unmanned Vehicle Systems**, v. 6, n. 3, p. 128–154, 2018.
- FERREIRA, E. C.; MUELBERT, M. M. C.; SECCHI, E. R. DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DAS CAPTURAS ACIDENTAIS DE TONINHAS (*Pontoporia blainvillei*) EM REDES DE EMALHE E DOS ENCALHES AO LONGO DA COSTA SUL DO RIO GRANDE SUL, BRASIL. **Atlântica**, v. 32, n. 2, p. 183–197, 2010.
- FETTERMANN, T. et al. Behaviour reactions of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) to multirotor Unmanned Aerial Vehicles (UAVs). **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 1–9, 2019.
- FIORI, L. et al. Insights into the use of an unmanned aerial vehicle (UAV) to investigate the behavior of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in Vava'u, Kingdom of Tonga. **Marine Mammal Science**, v. 36, n. 1, p. 209–223, 2019.
- FLORES, P. A. C.; DA SILVA, V. M. F.; FETTUCCIA, D. DE C. Tucuxi and Guiana Dolphins. In: **Encyclopedia of Marine Mammals**. [s.l.] Elsevier, 2018. p. 1024–1027.
- GAILLARD, J. M. et al. Body mass and individual fitness in female ungulates: Bigger is not always better. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 267, n. 1442, p. 471–477, 2000.
- GEORGE, J. C. et al. Bowhead whale body condition and links to summer sea ice and upwelling in the Beaufort Sea. **Progress in Oceanography**, v. 136, p. 250–262, 2015.
- GERHARDINGER, L. C. et al. Governabilidade estrutural do subsistema natural do Ecossistema Babitonga ( Santa Catarina : Brasil ). 2018.
- GITTLEMAN, J. L.; THOMPSON, S. D. Energy allocation in mammalian reproduction. **Integrative and Comparative Biology**, v. 28, n. 3, p. 863–875, 1988.
- GÓMEZ-CAMPOS, E.; BORRELL, A.; AGUILAR, A. Assessment of nutritional condition indices across reproductive states in the striped dolphin (*Stenella coeruleoalba*). **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 405, n. 1–2, p. 18–24, 2011.
- HANKS, J. **Characterization of population condition**. C. W. Fowl ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1981.
- HARDT, F. A. S. et al. Residence patterns of the Guiana dolphin *Sotalia guianensis* in Babitonga bay, south coast of Brazil. **Latin American Journal of Aquatic Mammals**, v. 8, n. 1–2, 2010.

HART, L. B.; WELLS, R. S.; SCHWACKE, L. H. Reference ranges for body condition in wild bottlenose dolphins *Tursiops truncatus*. **Aquatic Biology**, v. 18, n. 1, p. 63–68, 2013.

HERBST, D. F. et al. Integrated and deliberative multidimensional assessment of a subtropical coastal-marine ecosystem (Babitonga bay, Brazil). **Ocean and Coastal Management**, v. 196, n. June, p. 105279, 2020.

HODGSON, A. J. et al. Using unmanned aerial vehicles for surveys of marine mammals in Australia: test of concept. **Report to Australian Marine Mammal Centre**, n. November 2014, 2010.

HODGSON, A.; KELLY, N.; PEEL, D. Unmanned aerial vehicles (UAVs) for surveying Marine Fauna: A dugong case study. **PLoS ONE**, v. 8, n. 11, p. 1–15, 2013.

HODGSON, A.; PEEL, D.; KELLY, N. Unmanned aerial vehicles for surveying marine fauna: Assessing detection probability. **Ecological Applications**, v. 27, n. 4, p. 1253–1267, 2017.

ICHII, T. et al. Interannual changes in body fat condition index of minke whales in the Antarctic. **Marine Ecology Progress Series**, v. 175, p. 1–12, 1998.

ICMBIO. **Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção**. [s.l.: s.n.].

IRSCHICK, D. J. et al. Creation of accurate 3D models of harbor porpoises ( *Phocoena phocoena* ) using 3D photogrammetry. n. October, p. 1–10, 2020.

JAQUET, N. A simple photogrammetric technique to measure sperm whales at sea. **Marine Mammal Science**, v. 22, n. 4, p. 862–879, 2006.

JOBLON, M. J. et al. Common Dolphins ( *Delphinus delphis* ). v. 7, n. 2, 2014.

JUNG, Y.; HU, J. A K-fold averaging cross-validation procedure. **Journal of Nonparametric Statistics**, v. 27, n. 2, p. 167–179, 2015.

KASTELEIN, R. A.; HELDER-HOEK, L.; JENNINGS, N. Seasonal changes in food consumption, respiration rate, and body condition of a male harbor porpoise (*Phocoena phocoena*). **Aquatic Mammals**, v. 44, n. 1, p. 76–91, 2018.

KASUYA, T.; BROWNELL, R. L. J. Age determination, reproduction, and growth of the Franciscana Dolphin *Pontoporia Blainvillei*. **Scientific Reports of the Whales Research Institute Tokyo**, v. 31, n. 31, p. 45–67, 1979.

KERSHAW, J. L. et al. Evaluating morphometric and metabolic markers of body condition in a small cetacean, the harbor porpoise ( *Phocoena phocoena* ). **Ecology and Evolution**, v. 7, n. 10, p. 3494–3506, May 2017.

KOSKI, W. R. et al. Evaluation of an unmanned airborne system for monitoring marine mammals. **Aquatic Mammals**, v. 35, n. 3, p. 347–357, 2009.

- LAILSON-BRITO, J. et al. High organochlorine accumulation in blubber of Guiana dolphin, *Sotalia guianensis*, from Brazilian coast and its use to establish geographical differences among populations. **Environmental Pollution**, v. 158, n. 5, p. 1800–1808, 2010.
- LEMOS, L. S. et al. Small cetaceans found stranded or accidentally captured in southeastern Brazil: Bioindicators of essential and non-essential trace elements in the environment. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 97, p. 166–175, 2013.
- LOCKYER, C. Body weights of some species of large whales. **ICES Journal of Marine Science**, v. 36, n. 3, p. 259–273, 1976.
- LOCKYER, C. *Balaenoptera physalus*. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 12, n. July, p. 489–495, 1986.
- LOCKYER, C. Evaluation of the role of fat reserves in relation to the ecology of North Atlantic fin and sei whales. In: **Approaches to Marine Mammal Energetics**. A. C. Huntley, D. P. Costa, G. A. J. Worthy and M. A. Castellini (eds.). **Society for Marine Mammalogy - Special Publication No. 1**, n. January 1987, p. 183–203, 1987.
- LOCKYER, C. Aspects of the morphology, body fat condition and biology of the harbour porpoise, *Phocoena phocoena*, in British waters. **Biology of the phocoenids**, n. September 1994, p. 199–209, 1995.
- LOCKYER, C. All creatures great and smaller: A study in cetacean life history energetics. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 87, n. 4, p. 1035–1045, 2007.
- MARTINS, M. C. I. et al. **Unoccupied aerial system assessment of entanglement in Northwest Atlantic gray seals (*Halichoerus grypus*)** **Marine Mammal Science**, 2019.
- MEIRELLES, A. C. O. et al. Records of Guiana dolphin, *Sotalia guianensis*, in the State of Ceará, Northeastern Brazil. **Latin American Journal of Aquatic Mammals**, v. 8, n. 1–2, p. 97–102, 2010.
- MILLER, C. A. et al. Body shape changes associated with reproductive status, nutritive condition and growth in right whales *Eubalaena glacialis* and *E. australis*. **Marine Ecology Progress Series**, v. 459, n. Iwc 2001, p. 135–156, 2012.
- MMA. PORTARIA No - 444, DE 17 DE DEZEMBRO DE 2014. In: **Diário Oficial da União**. [s.l: s.n.]. p. 121–126.
- NOREN, S. R. et al. Validation of the photogrammetric method to assess body condition of an odontocete, the short-finned pilot whale *Globicephala macrorhynchus*. **Marine Ecology Progress Series**, v. 620, p. 185–200, 2019.
- NOWAK, M. M.; DZIÓB, K.; BOGAWSKI, P. Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) in environmental biology: A review. **European Journal of Ecology**, v. 4, n. 2, p. 56–74, 2019.
- PAITACH, R. L.; SIMÕES-LOPES, P. C.; CREMER, M. J. Influencia de las mareas y las

- estaciones en el uso de hábitat de delfines en un estuario del sur de Brasil. **Scientia Marina**, v. 81, n. 1, p. 49–56, 2017.
- PANEBIANCO, M. V.; NEGRI, M. F.; CAPPOZZO, H. L. Reproductive aspects of male franciscana dolphins (*Pontoporia blainvillei*) off Argentina. **Animal Reproduction Science**, v. 131, n. 1–2, p. 41–48, 2012.
- PERRYMAN, W. L.; LYNN, M. S. Identification of geographic forms of common dolphin (*Delphinus delphis*) from aerial photogrammetry. **Marine Mammal Science**, v. 9, n. 2, p. 119–137, 1993.
- PINHEIRO, F. C. F. et al. Opportunistic Development and Environmental Disaster Threat Franciscana Dolphins in the Southeast of Brazil. **Tropical Conservation Science**, v. 12, 2019.
- PMP-BS, P. DE M. DE P.-B. DE S. **Biometrias (*Pontoporia blainvillei*)**. Disponível em: <<https://simba.petrobras.com.br/simba/web/sistema/pmp/8/biometric/>>. Acesso em: 28 mar. 2021a.
- PMP-BS, P. DE M. DE P.-B. DE S. **Biometrias (*Sotalia guianensis*)**. Disponível em: <<https://simba.petrobras.com.br/simba/web/sistema/pmp/8/biometric/>>. Acesso em: 29 mar. 2021b.
- 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, 2014.
- PRADO, J. H. F. DO. **BIOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA TONINHA (*Pontoporia blainvillei*)**. 2018.
- PRADO, J. H. F.; SECCHI, E. R.; KINAS, P. G. Mark-recapture of the endangered franciscana dolphin (*Pontoporia blainvillei*) killed in gillnet fisheries to estimate past bycatch from time series of stranded carcasses in southern Brazil. **Ecological Indicators**, v. 32, p. 35–41, 2013.
- RAMOS, R. M. A. et al. Morphology of the Guiana dolphin (*Sotalia guianensis*) off southeastern Brazil: growth and geographic variation. **Latin American Journal of Aquatic Mammals**, v. 8, n. 1–2, p. 137–149, 2010.
- RAMOS, R. M. A.; DI BENEDETTO, A. P. M.; LIMA, N. R. W. Growth parameters of *Pontoporia blainvillei* and *Sotalia fluviatilis* (Cetacea) in northern Rio de Janeiro, Brazil. **Aquatic Mammals**, p. 65–75, 2000.
- READ, A. J. Estimation of body condition in harbour porpoises. **Canadian Journal of Zoology**, v. 68, n. Reist 1985, p. 1962–1966, 1990.
- READ, A. J.; MURRAY, K. T. Gross evidence of human-induced mortality in small cetaceans. **NOAA Technical Memorandum NMFS**, n. NMFS-OPR-15, p. 21, 2000.
- RICE, D. W.; WOLMAN, A. A. Life history and ecology of the gray whales. **The American**

**Society of Mammalogists**, n. 3, p. 160, 1971.

RODRIGUES, V. L. A. et al. Diet and foraging opportunism of the Guiana dolphin (*Sotalia guianensis*) in the Abrolhos Bank, Brazil. **Marine Mammal Science**, v. 36, n. 2, p. 436–450, 2020.

RODRÍGUEZ, J. D.; PÉREZ, A.; LOZANO, J. A. Sensitivity Analysis of k-Fold Cross Validation in Prediction Error Estimation. **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**, v. 32, n. 3, p. 569–575, 2010.

ROSAS, F. C. W. et al. *Sotalia guianensis* (van Bénédén, 1864). **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume II - Mamíferos.**, v. 2, n. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, p. 127–133, 2018.

ROSAS, F. C. W.; MONTEIRO-FILHO, E. L. A. Reproduction of the estuarine dolphin (*Sotalia guianensis*) on the coast of Paraná, southern Brazil. **Journal of Mammalogy**, v. 83, n. 2, p. 507–515, 2002a.

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, p. 231–245, 2002b.

ROSSI-SANTOS, M. R.; WEDEKIN, L. L.; MONTEIRO-FILHO, E. L. A. Habitat use of the Guiana dolphin, *Sotalia guianensis* (Cetacea, Delphinidae), in the Caravelas River Estuary, eastern Brazil. **Latin American Journal of Aquatic Mammals**, v. 8, n. 1–2, p. 111–116, 31 Dec. 2010.

SANTOS, M. et al. Behavioral observations of the marine tucuxi dolphin (*Sotalia fluviatilis*) in São Paulo estuarine waters, Southeastern Brazil. **Aquatic Mammals**, v. 26, p. 260–267, 2000.

SARTORI, C. M. Fotoidentificação, Abundância E Área De Vida De Toninhas, *Pontoporia Blainvillei*, Na Baía Da Babitonga, Santa Catarina, Brasil. v. 53, n. 9, p. 1689–1699, 2013.

SECCHI, E. R.; OTT, P. H.; DANILEWICZ, D. Effects of fishing bycatch and the conservation status of the franciscana dolphin, *Pontoporia blainvillei*. **Marine Mammals: Fisheries, Tourism and Management Issues**, n. Hoelzel 1992, p. 162–179, 2003.

SECCHI, E.; SANTOS, M. C. O.; REEVES, R. *Sotalia guianensis*, Guiana dolphin. **The IUCN Red List of Threatened Species**, v. 8235, p. e.T181359A50386256, 2018.

SILVA, D. F. et al. Reproductive parameters of franciscana dolphins (*Pontoporia blainvillei*) of Southeastern Brazil. **Marine Mammal Science**, v. 36, n. June 2019, p. 1–18, 2020.

STRUNTZ, D. J. et al. Blubber Development in Bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*). **Journal of Morphology**, v. 259, n. 1, p. 7–20, 2004.

SUCUNZA, F. et al. Refining estimates of availability bias to improve assessments of the conservation status of an endangered dolphin. **PLoS ONE**, v. 13, n. 3, p. 1–16, 2018.

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.

VÍKINGSSON, G. A. Body condition of fin whales during summer off Iceland. **Developments in Marine Biology**, v. 4, n. C, p. 361–369, 1995.

VOOS VIEIRA, C.; HORN FILHO, N. O. Paisagem marinha da baía da Babitonga, nordeste do estado de Santa Catarina (Marine landscape of the Babitonga bay, northeast of Santa Catarina state). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 5, p. 1677, 22 Nov. 2017.

WILLIAMS, R. et al. Evidence for density-dependent changes in body condition and pregnancy rate of North Atlantic fin whales over four decades of varying environmental conditions. **ICES Journal of Marine Science**, v. 70, n. 6, p. 1273–1280, 1 Sep. 2013.

ZERBINI, A. N. et al. Assessing bias in abundance estimates from aerial surveys to improve conservation of threatened franciscana dolphins : preliminary results from a survey conducted in southern Brazil. **IWC Scientific Committee, Tromsø, Norway**, n. August 2015, p. 13, 2011.

ZERBINI, A. N. et al. *Pontoporia blainvillei* (errata version published in 2018). **The IUCN Red List of Threatened Species 2017**, v. 8235, 2018.

ZIMMERMAN, D. W.; ZUMBO, B. D. Relative power of the wilcoxon test, the friedman test, and repeated-measures ANOVA on ranks. **Journal of Experimental Education**, v. 62, n. 1, p. 75–86, 1993.