

**UNIVERSIDADE DA REGIÃO DE JOINVILLE - UNIVILLE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE E MEIO AMBIENTE**

**TIAGO RAMOS DE ANDRADE ARAÚJO**

**NICHO TRÓFICO E USO DE HABITAT DE *Pontoporia blainvillei* ENTRE AS  
ÁREAS DE MANEJO (FMAs) II E III, SUL DO BRASIL**

**Joinville/SC**

**2019**

**TIAGO RAMOS DE ANDRADE ARAÚJO**

**NICHO TRÓFICO E USO DE HABITAT DE *Pontoporia blainvillei* DAS ÁREAS  
DE MANEJO (FMAS) II E III NO SUL DO BRASIL**

Dissertação de mestrado  
apresentada como requisito  
parcial para obtenção do título de  
Mestre em Saúde e Meio  
Ambiente, na Universidade da  
Região de Joinville-UNIVILLE.

Orientadora: Professora Dr<sup>a</sup>.  
Marta Jussara Cremer.

Co-orientador: Professor Dr.  
Luiz Antônio Martinelli.

**São Francisco do Sul/SC**

**2019**

Catálogo na publicação pela Biblioteca Universitária da Univille

A663n Araújo, Tiago Ramos de Andrade  
Nicho trófico e uso de habitat de *Pontoporia blainvillei* entre as áreas de manejo (FMAs) II e III, Sul do Brasil./ Tiago Ramos de Andrade Araújo; orientadora Dra. Marta Jussara Cremer, coorientador Luiz Antônio Martinelli. – Joinville: UNIVILLE, 2019.

50 f.; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Saúde e Meio Ambiente – Universidade da Região de Joinville)

1. Toninha. 2. Nicho (Ecologia). 3. Ecossistema. 4. Brasil, Sul. I. Cremer, Marta Jussara (orient.). II. Martinelli, Luiz Antonio (coorient.). III. Título.

CDD 599.50981

Elaborada por Christiane de Viveiros Cardozo – CRB-14/778

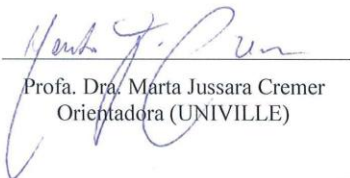
## Termo de Aprovação

### “Nicho Trófico e Uso de Habitat de *Pontoporia blainvillei* entre as Áreas de Manejo (FMAs) II e III, Sul do Brasil”

por

Tiago Ramos de Andrade Araújo

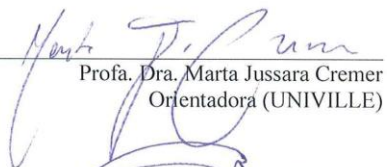
Dissertação julgada para a obtenção do título de Mestre em Saúde e Meio Ambiente, área de concentração Saúde e Meio Ambiente e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente.


  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Marta Jussara Cremer  
Orientadora (UNIVILLE)


  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Luiz Antonio Martinelli  
Coorientador (USP)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Paulo Henrique Condeixa de França  
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente

#### Banca Examinadora:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Marta Jussara Cremer  
Orientadora (UNIVILLE)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Silvina Botta  
(FURG)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Sidnei da Silva Dornelles  
(UNIVILLE)

Joinville, 05 de julho de 2019

“ Se o conhecimento pode criar problemas, não é através da ignorância que podemos solucioná-los. ”

Isaac Asimov

## **AGRADECIMENTOS**

A minha família, Jandira Ramos de Andrade e Igor Andrade Lima por todo apoio e amor inestimável.

A minha orientadora, Dr<sup>a</sup> Marta Cremer, por todo ensinamento e paciência (muitaaaa paciência!) ao longo destes anos de parceria e orientação.

Ao Dr. Luiz Antônio Martinelli “Zebu”, e toda a equipe do CENA-USP de Piracicaba por todos os conselhos, dicas, apoio na confecção desse trabalho.

Ao programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente da UNIVILLE e a bolsa PIBPG/UNIVILLE por acreditar e apostar na minha formação como Mestre.

Agradecimento especial a todas as equipes do PMP-BS que contribuíram com a coleta das amostras. Os dados utilizados fazem parte do Projeto de Monitoramento de Praias da Bacia de Santos, que é uma atividade desenvolvida para o atendimento de condicionante do licenciamento ambiental federal das atividades da Petrobras de produção e escoamento de petróleo e gás natural no Polo Pré-Sal da Bacia de Santos, conduzido pelo Ibama.

Ao Renan Lopes Paitach, por toda ajuda com o “R” e por todos os conselhos, revisões e dicas para melhorar e refinar esse trabalho.

Naira Albuquerque, obrigado mesmo pelo suporte emocional nessa fase, por acreditar quando eu não acreditava e pelas revisões metodológicas e criteriosas no texto. Obrigado mesmo Ruiva.

Jana Leite e Suelen Cunha, por todo o suporte, ajuda e por sempre estarem dispostas e disponíveis. Desculpa incomodar tanto meninas!

A todos que de alguma forma ajudaram, torceram e contribuíram com este trabalho.

**OBRIGADO!**

## SUMÁRIO

I. INTRODUÇÃO GERAL .....	08
II. INTRODUÇÃO .....	11
III. MATERIAL E MÉTODOS.....	113
IV. RESULTADOS.....	18
V. DISCUSSÃO .....	194

## INTRODUÇÃO GERAL

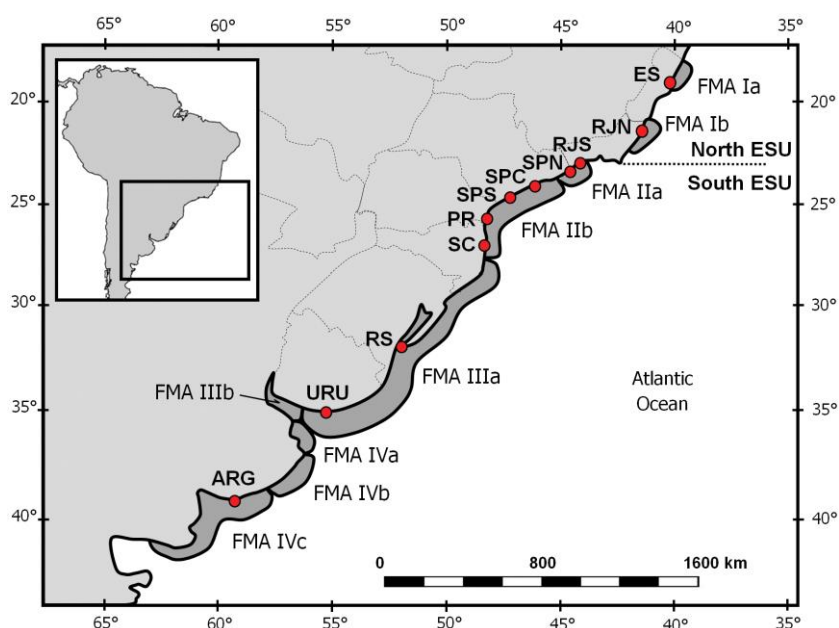
Os cetáceos são predadores que ocupam elevado nível trófico na cadeia alimentar e controlando a abundância das espécies que utilizam como alimento, desempenhando assim importante papel no fluxo de energia dos ecossistemas (Bowen e Siniff, 1999; Nelson et al., 2004). Esse controle contribui na estruturação das comunidades, afetando um grande número de espécies (Sergio et al., 2008). Conhecer os padrões de uso de habitat de uma espécie ameaçada, como a toninha (*Pontoporia blainvillei*), é fundamental para identificar habitats estratégicos para a conservação da espécie. De maneira geral, a toninha ocorre em regiões estuarinas e costeiras até 50 m de profundidade, embora seja mais encontrada em águas mais rasas, com até 30 metros (Pinedo et al., 1989; Crespo et al., 1998; Di Benedetto e Ramos, 2001).

Por ser uma espécie de hábitos costeiros, a toninha sofre com os impactos causados por atividades antropogênicas, principalmente a pesca (Bordino et al., 2002, 2013; Di Benedetto, 2003). A mortalidade decorrente da captura acidental em redes de emalhe ao longo de toda sua distribuição é apontada como o maior desafio à sua conservação (Secchi et al., 2003; Cappozzo et al., 2007). A captura acidental atinge principalmente indivíduos imaturos; quase 70% dos golfinhos encontrados mortos na costa sul da província de Buenos Aires, Argentina, e no litoral do Rio Grande do Sul não excederam quatro anos de idade (Botta et al., 2010; Negri et al., 2014). No Rio Grande do Sul, a captura acidental também é bastante elevada, chegando a várias centenas de indivíduos por ano (Secchi et al., 1997; 2003; Danilewicz, 2009). A espécie está classificada como “VU” (vulnerável) no livro vermelho da União Mundial para a Conservação da natureza desde 2008 (Zerbini et al., 2017). No Brasil, a espécie está listada como “criticamente em perigo” (MMA, 2014) na Lista Oficial das Espécies da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção, o último nível de ameaça antes da extinção na natureza.

O conhecimento de como uma espécie encontra-se estruturada sob o ponto de vista populacional é importante para a definição de unidades de manejo em planos de conservação. Considerando-se aspectos genéticos e bioecológicos, as populações de toninhas foram inicialmente agrupadas em quatro Áreas de Manejo (em inglês, “Franciscana Management Areas” – FMAs). A FMA I inclui o litoral do Espírito Santo e do Rio de Janeiro; a FMA II inclui o litoral dos Estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina; a FMA III, inclui o litoral do Rio Grande do Sul e do Uruguai; e a FMA IV



inclui toda costa Argentina (Secchi et al., 2001). Cunha et al. (2014) ampliaram as análises genéticas e propuseram uma subdivisão das FMAs, recomendando ainda uma reavaliação dos limites entre as FMAs (Figura 1).



**Figura 1.** Áreas de manejo da toninha (FMAs). ES = Espírito Santo; RJN = Norte do Rio de Janeiro; RJS = Sul do Rio de Janeiro; SPN = Norte de São Paulo; SPS = Sul de São Paulo; PR = Paraná; SC = Santa Catarina; RS = Rio Grande do Sul; URU = Uruguai; ARG = Argentina (compilado de Cunha et al., 2014).

Por essa espécie ser encontrada desde ambientes estuarinos até o mar aberto, diferenças na composição da dieta se devem provavelmente ao uso do habitat de cada população. Rodriguez et al. (2002) observaram diferenças na composição da dieta na costa da Argentina, constatando a ocorrência de diferenças qualitativas e quantitativas na dieta da espécie entre os habitats marinho e estuarino. Mendez et al. (2008) sugerem que fatores ecológicos poderiam ser mais importantes do que a distância geográfica para determinar a estrutura das populações.

Um importante método para se estudar a ecologia alimentar de cetáceos é a análise do conteúdo estomacal de estruturas resistentes à digestão dos animais encontrados mortos na praia, sendo essa uma das metodologias mais tradicionais devido a possibilidade da obtenção de um grande número de informações com um baixo custo associado (Fitch e Brownell, 1971). Diversos são os estudos já disponíveis sobre a dieta da toninha, tendo sido identificadas variadas presas ao longo de sua distribuição, com

predominância de teleósteos, cefalópodes e crustáceos (Di Benedetto e Ramos, 2001; Rodríguez et al., 2002; Rodriguez et al., 2002; Di Benedetto, 2003; Cremer et al., 2012; Denuncio et al., 2013; Paso Viola et al., 2014).

A utilização de isótopos estáveis de carbono e nitrogênio como método de investigação da ecologia alimentar de espécies animais teve início com os trabalhos de DeNiro e Epstein (1978, 1981) e nas últimas décadas sua utilização tem-se mostrado bastante eficiente, principalmente na análise da dieta e das relações tróficas entre espécies (Gannes et al., 1997; Vanderklift e Ponsard, 2003; West et al., 2006; Crawford et al., 2008; Layman et al., 2012). Esta ferramenta permite delinear o fluxo de nutrientes ao longo das teias tróficas (Urton e Hobson, 2005; Codron et al., 2007), uma vez que as razões isotópicas desses dois isótopos dos tecidos dos organismos refletem a razão isotópica dos recursos alimentares que fazem parte da sua dieta, descontando-se qualquer discriminação isotópica existente entre tecido e dieta (Minagawa e Wada, 1984; Ambrose e DeNiro, 1986; Crawford et al., 2008). A razão isotópica do carbono ( $^{13}\text{C}:^{12}\text{C}$ ) no ambiente marinho, por exemplo, varia entre a zonas costeiras e o mar aberto, e entre zonas pelágicas e bentônicas, devido à diferenças em produtividade entre essas regiões (Peterson e Fry, 1987; Boutton, 1991; Newsome et al., 2010). Baseando-se nessas diferenças é possível investigar o uso de distintos habitats por espécies marinhas (Newsome et al., 2010). Por outro lado, a razão isotópica do nitrogênio ( $^{15}\text{N}:^{14}\text{N}$ ) é um eficiente indicador da posição ocupada na cadeia trófica por um determinado animal, uma vez que há uma perda preferencial de  $^{14}\text{N}$  ao longo da cadeia trófica através de excretas como urina e fezes; conseqüentemente, a razão  $^{15}\text{N}:^{14}\text{N}$  aumenta ao longo da cadeia trófica (Minagawa e Wada, 1984).

Esse trabalho foi elaborado na forma de artigo e está formatado para ser submetido na revista *Biotropica - The Journal of the Association for Tropical Biology and Conservation*.

## **Nicho trófico e uso de habitat de *Pontoporia blainvillei* entre as áreas de manejo (FMAs) II e III, Sul do Brasil**

### **Resumo**

É necessário compreender os fatores que afetam a ecologia alimentar e o uso de habitat das espécies para orientar estratégias de manejo e conservação. A análise isotópica do tecido permite obter essas informações. Este estudo analisou variações nas relações isotópicas de carbono e nitrogênio no músculo de *Pontoporia blainvillei* (Gervais e d'Orbigny, 1844) das Áreas de Manejo Franciscana (FMAs), a fim de investigar a existência de segregação no uso de recursos e habitat entre as FMA II e III, e por sexo, estágio de desenvolvimento (filhote, juvenil, adulto) e estação do ano. As razões isotópicas de carbono e nitrogênio foram determinadas em amostras de tecido muscular recolhidas de 234 carcaças de *P. blainvillei* encontradas entre as latitudes 26°07'S e 28°28'S, sul do Brasil, no período de agosto de 2015 a março de 2018. O método AIC (*Akaike Information Criteria*) foi utilizado para selecionar o modelo mais parcimonioso através de Modelos Lineares Generalizados com distribuição Gaussiana. A razão isotópica do carbono entre as FMAs II e III foi distinta, enquanto que para o nitrogênio foram detectadas diferenças entre os estágios de desenvolvimento. Os resultados indicam que o uso do habitat da espécie varia entre as áreas de manejo, com os animais permanecendo mais próximos da costa nas FMA II, e as variações do nível trófico dependem principalmente de alterações ontogenéticas.

Palavras-chave: Franciscana Management Areas (FMAs); Isótopos estáveis; *Pontoporia blainvillei*; Santa Catarina;

## Abstract

Understanding the factors that affect food ecology and habitat use of species is necessary to guide management and conservation strategies. Isotopic tissue analysis allows obtaining such information. This study analyzed variations in the isotopic ratios of carbon and nitrogen in the muscle of *Pontoporia blainvillei* (Gervais and d'Orbigny, 1844) from Franciscana Management Areas (FMAs), in order to investigate the existence of segregation in the use of resources and habitat between FMAs II and III, and by sex, stage of development (calf, juvenile, adult) and season. The isotopic ratios of carbon and nitrogen were determined in muscle tissue samples taken from 234 carcasses of *P. blainvillei* found between latitudes 26° 07'S and 28° 28'S, southern Brazil, in the period from August 2015 to March 2018. The Akaike Information Criteria method were used to select the most parsimonious model through Generalized Linear Models with Gaussian distribution. The isotopic ratio of carbon between FMAs II and III was different, whereas for nitrogen differences were associated with the stages of development. The results indicate that the species' habitat use varies between management areas, with animals remaining closer to the coast in FMA II, and the trophic level variations depend mainly on ontogenic changes.

Key words: Franciscana Management Areas (FMAs); Stable isotopes; *Pontoporia blainvillei*; Santa Catarina;

## INTRODUÇÃO

A toninha, *Pontoporia blainvillei* (Gervais e d'Orbigny, 1844), é um pequeno golfinho endêmico do Atlântico Sul Ocidental, ocorrendo desde o litoral do Espírito Santo (18°25'S), no Brasil, até o golfo de San Matías (42°10'S), na Argentina (Siciliano, 1994; Crespo et al., 1998). De hábitos costeiros, mais frequentes em regiões com profundidades de até 35 metros de profundidade (Crespo et al., 1998; Danilewicz, 2009), a toninha sofre impactos devido principalmente a captura acidental por redes de pesca (Bordino et al., 2002, 2013; Di Benedetto, 2003; Secchi et al., 2003). O baixo potencial de crescimento populacional (Kasuya & Brownell, 1979; Secchi et al., 2003), a distribuição restrita e a

alta taxa de mortalidade, causada principalmente pela captura acidental em redes de pesca, tornam essa espécie especialmente suscetível à depleção. A espécie está classificada como “VU” (vulnerável) no livro vermelho da União Mundial para a Conservação - IUCN (Zerbini et al., 2017) e como “criticamente em perigo” no Brasil (MMA, 2014).

Compreender a estrutura das populações de toninhas é um aspecto importante a ser considerado nas decisões de manejo e conservação da espécie. Secchi et al. (2003) baseando-se em várias informações, inclusive dados genéticos propuseram quatro áreas de manejo para a espécie (FMA - “Franciscana Management Areas”). As FMAs foram incorporadas ao planejamento gerencial e no delineamento de subsequentes esforços da pesquisa. Desde então, novos dados foram incorporados fortalecendo este zoneamento (Lazaro et al., 2004; Mendez et al., 2008; Costa-Urrutia et al., 2012). Cunha et al. (2014) propuseram uma subdivisão das FMAs, com a subdivisão da FMA I em duas (FMA Ia no norte do Espírito Santo e FMA Ib no norte do Rio de Janeiro); a subdivisão da FMA II também em duas (FMA IIa do sul do Rio de Janeiro – norte de São Paulo) e FMA IIb (centro de São Paulo – centro de Santa Catarina), FMA IIIa (centro de Santa Catarina – Uruguai) e FMA IIIb (Rio da Prata), e FMA IVa, IVb e IVc (Argentina). Amaral et al. (2018), a partir de uma análise de nicho, refinaram a divisão defendida por Cunha et al. (2014) e propuseram que a separação entre a FMA IIb e a FMA IIIa seria no centro da Ilha de Florianópolis (27°35’S), em Santa Catarina.

Entre as abordagens que podem contribuir para o refinamento dos limites entre as FMAs estão principalmente os estudos relacionados à genética, morfologia e o uso de habitat. Neste sentido, as razões isotópicas do carbono ( $^{13}\text{C}:^{12}\text{C}$ ) e nitrogênio ( $^{15}\text{N}:^{14}\text{N}$ ), comumente expressas como  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$ , respectivamente, refletem as características do ecossistema onde vivem os animais e, desta forma, podem ser utilizadas para diferenciar o uso de habitat por diferentes subpopulações (e. g., Borrell et al. 2006; Barros et al., 2010; Botta et al. 2012), atuando também como um método complementar nos estudos sobre a ecologia alimentar (Herman et al., 2005; Krahn et al., 2007). Esta abordagem vem sendo amplamente utilizada em estudos com pequenos cetáceos (e. g., Knoff et al., 2008; Barros et al., 2010). Troina et al. (2016) investigaram a existência de segregação de recursos de toninhas, *P. blainvillei*, assim como a ocorrência de mudanças ontogenéticas nos hábitos alimentares analisando os isótopos estáveis de carbono e nitrogênio e se verificou a dependência de fêmeas e machos pelo mesmo recurso alimentar, além de uma

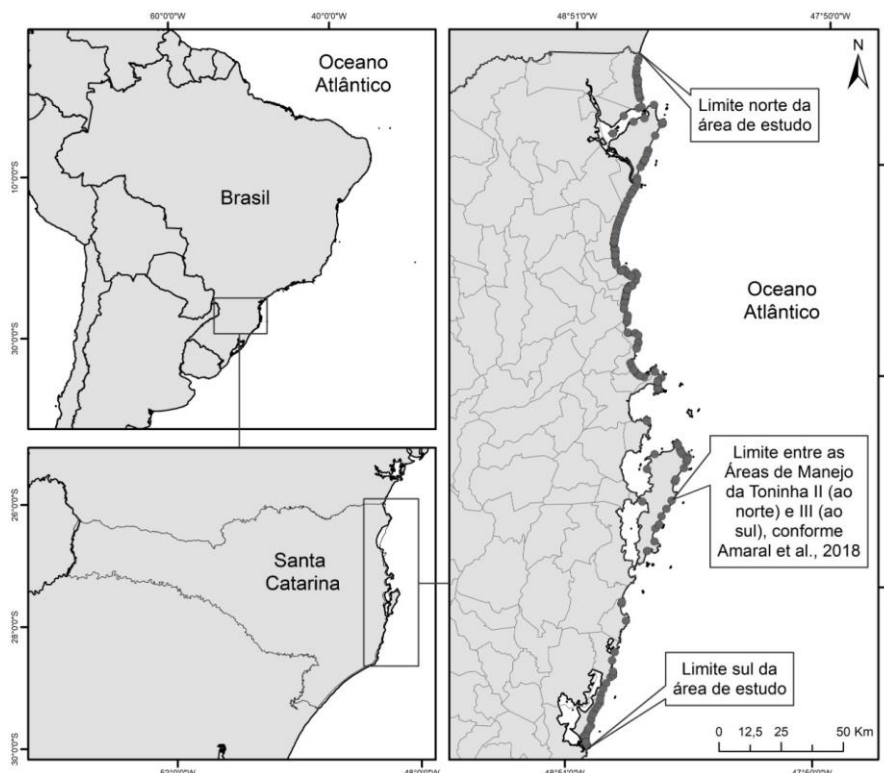
pequena variação nos valores isotópicos de carbono, o que pode sugerir alguma pequena variação interindividual nas preferências alimentares ao longo das idades para a espécie. Di Benedetto et al. (2016) concluíram que *P. blainvillei* e *Sotalia guianensis* têm nichos isotópicos similares, porém com diferenças pronunciadas entre juvenis e adultos, tanto em nível intraespecífico como interespecífico. Esses dados isotópicos foram comparados com estudos anteriores sobre hábitos alimentares para avaliar a possível sobreposição alimentar entre essas espécies e se concluiu que essas espécies têm nichos isotópicos semelhantes, mas diferenças pronunciadas entre indivíduos juvenis e adultos, podendo indicar uma partilha intraespecífica de recursos alimentares e áreas de alimentação.

O presente estudo teve como objetivo avaliar a existência ou não de segregação de recursos por sexo e estágio de desenvolvimento de toninhas no litoral de Santa Catarina, assim como variações sazonais na dieta e uso de habitat, buscando também compreender se existem variações destes parâmetros entre as FMAs II e III.

## MATERIAL E MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDO

Os indivíduos analisados neste estudo foram coletados ao longo de 180 km da costa catarinense (26°07'S a 28°28'S). A região é banhada inteiramente pelas águas do Atlântico Sul, onde predomina a Corrente do Brasil (CB), de origem tropical, com sentido sul, e a Corrente das Malvinas (CM), com sentido norte, de origem subantártica (Legeckis e Gordon, 1982; Olson et al., 1998). A CB carrega águas quentes e oligotróficas em direção às altas latitudes, acompanhando a linha de quebra da plataforma continental. No litoral norte Catarinense ocorre esse encontro da CB com a CM, criando uma região com fortes gradientes térmicos, conhecida como Convergência Subtropical. Andrade (1996) postula que a frente de quebra da plataforma continental Sudeste (delimitada ao sul pelo Cabo de Santa Marta, em Santa Catarina) é formada pela diferença existente entre as águas da plataforma e do talude continental, na região do Atlântico Sul Ocidental, onde também ocorre o fenômeno de ressurgência costeira, principalmente na primavera e no verão (Figura 2).



**Figura 2.** Localização da área de estudo na costa catarinense, sul do Brasil. Os pontos cinza no mapa à direita indicam os pontos de encalhe dos indivíduos de *Pontoporia blainvillei* analisados neste estudo.

## COLETA DE AMOSTRAS

As amostras analisadas neste estudo foram coletadas a partir de carcaças encontradas na praia durante o monitoramento diário da faixa de areia no período de agosto de 2015 a março de 2018, totalizando 32 meses. As carcaças foram levadas ao laboratório para necropsia, realizada sempre que possível no mesmo dia; quando isso não foi possível, a carcaça foi primeiramente congelada a  $-20^{\circ}\text{C}$  e depois descongelada para análise. Durante a necropsia foram coletadas amostras de músculo (de 0,5 a 1,5 mg), feita a sexagem por observação direta da região ventral ou das gônadas e registrado o comprimento total. As informações disponíveis para cada indivíduo variaram em função do estado de decomposição da carcaça, pois algumas medidas biométricas, além da integridade das gônadas, muitas vezes estavam comprometidas em razão do estado do indivíduo encontrado.

Para a definição da FMA de origem dos indivíduos (II ou III) foi utilizada como referência a latitude proposta por Amaral et al. (2018) ( $27^{\circ}35'S$ ). Desta forma, indivíduos ao norte desta latitude foram considerados parte da FMA II e ao sul foram considerados

parte da FMA III. Contudo, considerando que o trabalho de Amaral et al. (2018) se baseou numa análise de nicho, o que traz certa imprecisão na definição de uma latitude específica que separe os estoques, para a comparação das razões isotópicas entre as FMAs foram excluídos da análise todos os indivíduos encontrados na ilha de Florianópolis (entre 27°10'S e 27°50'S), onde ocorre a principal área de transição entre as FMAs.

A maturidade sexual foi definida prioritariamente a partir de informações obtidas pela análise microscópica (machos) ou macroscópica (fêmeas) das gônadas coletadas durante a necropsia e analisadas em laboratório segundo Perrin e Donovan (1984) e Hohn e Hammond (1984) (dados obtidos a partir do SIMBA, <https://segurogis.petrobras.com.br/simba/web/>). A partir desta análise, os animais foram classificados em duas categorias: imaturo ou maduro. Quando as gônadas não estavam disponíveis para análise, devido ao seu avançado estado de decomposição, a maturidade sexual foi inferida considerando as informações de comprimento total, seguindo a literatura. Para os animais da FMA II foram considerados os valores de comprimento total estimados por Rosas e Monteiro-Filho (2002): machos maiores ou com comprimento total igual a 116 cm foram considerados maduros; machos menores ou com comprimento total igual a 112 cm foram considerados imaturos. Fêmeas maiores ou com comprimento total igual a 126 cm foram consideradas maduras e aquelas menores, ou igual, a 122 cm, foram consideradas imaturas. Para animais de FMA III foram considerados os valores estimados por Danilewicz (2003) para fêmeas: animais maiores, ou com comprimento total igual a 132 cm foram considerados sexualmente maduros. Para os machos foram considerados os valores estimados por Danilewicz et al. (2004): animais maiores ou com comprimento total igual a 125 cm foram considerados maduros e indivíduos menores, ou igual a 116 cm, foram considerados imaturos. Indivíduos com comprimentos intermediários (machos com comprimento total entre 112 e 116 cm na FMA II; fêmeas entre 122 e 126 cm na FMA II; machos com 116 e 125 cm na FMA III; fêmeas com 125 a 132 cm na FMA III) não foram considerados nas análises envolvendo maturidade, sexo e estágio de desenvolvimento, assim como aqueles para os que não foi possível identificar o sexo. A ausência desta informação foi decorrente do avançado estado de decomposição de muitas carcaças, assim como também devido a ação de espécies necrófagas.

O estágio de desenvolvimento dos indivíduos foi definido considerando três categorias: filhote, juvenil e adulto. Foram considerados filhotes os indivíduos com pelo menos 71 cm de comprimento total e menores que 91 cm (considerando o comprimento total estimado para o período do desmame segundo Denuncio et al., 2013); como juvenis



foram considerados os animais a partir de 91 cm de comprimento até o comprimento total estimado para a maturidade sexual, conforme indicado acima, ou definidos como imaturos através da análise das gônadas. Como adultos foram considerados aqueles animais sexualmente maduros, definido através da análise das gônadas ou por inferência a partir do comprimento total, conforme indicado acima. Animais menores que 71 cm não foram considerados neste estudo.

Para as análises sazonais os meses de janeiro, fevereiro e março foram considerados como verão; abril, maio e junho como outono; julho, agosto e setembro como inverno; e outubro, novembro e dezembro como primavera. Considerando que a razão isotópica do músculo representa a dieta dos organismos nos últimos meses (Manetta et al., 2003), para a análise de variação sazonal de nicho trófico e de habitat o valor isotópico mensurado foi considerado representativo da estação de ano predominante nos três meses anteriores ao dia da coleta da carcaça (Vander Zanden et al., 2015).

## ANÁLISE ISOTÓPICA

Para as análises isotópicas foram utilizadas as razões isotópicas do carbono, pois este traçador biológico pode ser utilizado para determinar as fontes da matéria orgânica; e do nitrogênio, que pode elucidar o nível trófico dos indivíduos. As amostras de músculo foram armazenadas em tubo de microcentrífuga (Eppendorf) e secas a 60°C em estufa de secagem marca Quimis durante 72 h; depois foram moídas no cadinho de porcelana até formar um pó homogêneo. Uma amostra de cada indivíduo, com peso entre 0,8 e 1 mg, foi separada e pesada em cápsula de estanho (3 mm × 5 mm). As medições isotópicas foram determinadas por um espectrômetro de massas Delta Plus acoplado com um analisador elementar (Modelo Carlo Erba 1110, Milão, Itália).

A razão isotópica (R) de cada elemento ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  e  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ) foi expressa em relação ao desvio ( $\delta$ ) em relação à um determinado padrão através da seguinte equação:

$$\delta^{13}\text{C}\text{‰ ou } \delta^{15}\text{N}\text{‰} = \left( \frac{R_{\text{amostra}} - R_{\text{padrão}}}{R_{\text{padrão}}} \right) * 1000$$

Os padrões utilizados foram o PDB (*Peedee Belemnite limestone*) para carbono e ar atmosférico para nitrogênio. A precisão das medições da razão isotópica foi de  $\pm 0,3$  ‰ e  $\pm 0,4$  ‰ para  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$ , respectivamente. Todas as análises isotópicas foram

realizadas no Centro de Energia Nuclear na Agricultura - CENA, Universidade de São Paulo, Brasil.

## INTERFERÊNCIA LIPÍDICA NA ANÁLISE DE ISÓTOPOS

Os lipídios têm, em geral, valor de  $\delta^{13}\text{C}$  menor que as proteínas, o que pode acarretar numa interpretação errônea dos isótopos de carbono nos tecidos musculares (Newsome et al., 2010a; Caut et al., 2011). Neste estudo, após a análise das razões C: N de tecido muscular, 25% das amostras analisadas tinham a razão C: N maior do que 3,5, sugerindo alto teor lipídico (Post et al., 2007; Newsome et al., 2010a).

Existem várias equações ou abordagens desenvolvidas para corrigir o alto teor lipídico nas amostras de músculo (Fry et al., 2003; Sweeting et al., 2006; Post et al., 2007; Abrantes et al., 2012). No entanto, a correção matemática desenvolvida por Post et al. (2007) é a mais simples porque depende exclusivamente das razões C: N dos tecidos, tendo sido efetiva quando testada em salmonídeos ricos em lipídeos (Abrantes et al., 2012). Portanto, neste estudo decidiu-se usar a correção matemática abaixo, proposta por Post et al. (2007), aplicada aos valores de  $\delta^{13}\text{C}$ :

$$\delta^{13}\text{C}(\text{normalizado}) = \delta^{13}\text{C}(\text{bruto}) - 3:32 + 0:99 * \text{C:N.}$$

## ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para as análises estatísticas foram construídos Modelos Lineares Generalizados (*Generalized Linear Models* – GLM) com distribuição Gaussiana (Sheather, 2009), pois possibilitam compreender a relação e influência das diferentes variáveis, sendo assim, identificar quais fatores poderiam estar influenciando nos valores isotópicos. Os modelos foram construídos separadamente para nitrogênio e carbono, tendo como variáveis dependentes os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  e  $\delta^{13}\text{C}$  corrigidos. Como variáveis explanatórias foram consideradas todas as possíveis combinações das seguintes variáveis: FMA, sexo, estágio de desenvolvimento e estação, todas elas incluídas nos modelos de forma categórica. Foram considerados para essa modelagem apenas os indivíduos com todas as variáveis identificadas. O modelo mais parcimonioso, ou seja, aquele que conciliou um bom ajuste da variável resposta com o mínimo de variáveis explicativas, foi escolhido de acordo com

o critério de informação de Akaike (AIC), sendo selecionado aquele com o menor valor do AIC (Burnham e Anderson, 2002). Análises gráficas foram realizadas para uma melhor compreensão dos efeitos das variáveis nos modelos selecionados.

Considerando que a separação das FMAs possivelmente ocorra de forma gradual ao longo da latitude previamente estabelecida, foi utilizado o teste não-paramétrico de Mann-Whitney para comparar os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  dos indivíduos adultos entre os extremos da área amostral: entre 25°58'S e 26°10'S ao norte e entre 28°20'S e 28°36'S ao sul, lembrando que foram desconsiderados os indivíduos encontrados na ilha de Florianópolis (entre 27°10'S e 27°50'S), onde ocorre a transição entre as FMAs. Por último, a sobreposição de nicho isotópico foi avaliada utilizando elipses bayesianas com os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$ , onde se estima essa sobreposição a partir da localização das mesmas no espaço bidimensional.

Para todos os testes foi considerado o nível de significância de 95%. As análises estatísticas foram realizadas com o software R – versão 3.5.2 (R Development Core Team, 2018).

## RESULTADOS

Entre agosto de 2015 e março de 2018 foram coletadas 234 carcaças de *Pontoporia blainvillei*, sendo 54 fêmeas (23,1%), 70 machos (29,9%) e 110 de sexo não identificado (NI) (47%). O comprimento total das toninhas variou de 71 a 163 cm (média  $\pm$  DP = 119,6  $\pm$  21,22 cm). Quanto ao estágio de desenvolvimento, foram registrados 20 filhotes (8,54%), 74 juvenis (32,05) e 92 adultos (38,05%) (Tabela 1).

**Tabela 1.** Valores médios de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  ( $\pm$  DP) do músculo de toninhas, *Pontoporia blainvillei*, em Santa Catarina, sul do Brasil. N = número de indivíduos, CT = comprimento total em centímetros; mín = mínimo; máx. = máximo; DP = desvio padrão; FMA = *Franciscana Management Area*.

Categoria	N	CT (cm)		Média $\pm$ DP	$\delta^{13}\text{C} \pm \text{DP}$	$\delta^{15}\text{N} \pm \text{DP}$
		Mín. – Máx.				
Todos	234	71 – 163		119,6 $\pm$ 21,2	-16,2 $\pm$ 0,7	15,1 $\pm$ 0,8
Sexo	Fêmea	54	71 – 160	119,4 $\pm$ 20,8	-16,1 $\pm$ 0,7	15,0 $\pm$ 0,9
	Macho	70	73 – 150	118,2 $\pm$ 19,1	-16,1 $\pm$ 0,7	15,0 $\pm$ 0,7
Filhote	20	71 - 89,2		77,6 $\pm$ 4,7	-16,01 $\pm$ 0,3	16,1 $\pm$ 1,2

Estágio de desenvolvimento	Juvenil	74	91,5 – 129	114,7 ± 10,2	-16,4 ± 0,6	15,0 ± 0,7
	Adulto	92	109 – 163	130 ± 12,9	-16 ± 0,9	14,8 ± 0,6

Dentre os indivíduos coletados, 180 foram encontrados na FMA II e 28 indivíduos na FMA III. Vinte e seis indivíduos foram encontrados na Ilha de Florianópolis e retirados posteriormente na análise comparativa entre FMAs. O maior número de amostras foi coletado de indivíduos encalhados na primavera, com 151 indivíduos (64,5%), e o menor foi no verão, com 15 indivíduos (6,4%).

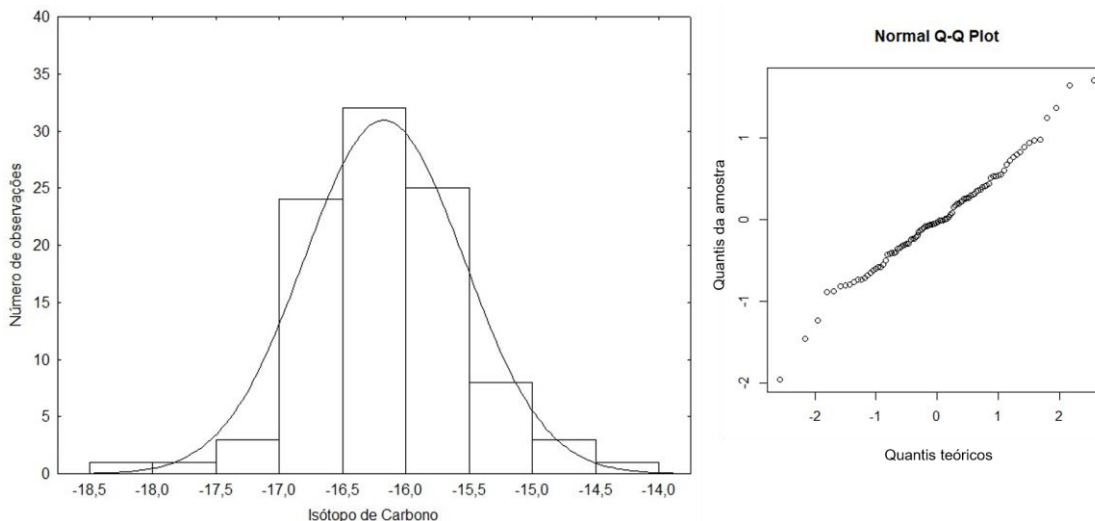
Noventa e oito indivíduos possuíam todas as informações disponíveis (sexo, estágio de desenvolvimento e estação de ano) e, portanto, foram considerados na modelagem. De acordo com os modelos selecionados, a variável que mais influenciou a variação isotópica de  $\delta^{13}\text{C}$  foi a FMA (Tabela 2), enquanto que para o  $\delta^{15}\text{N}$  a principal variável explicativa foi o estágio de desenvolvimento (Tabela 4). As tabelas 3 e 5 apresentam o resultado dos modelos selecionados para descrever a variação de C e N, respectivamente.

**Tabela 2.** Seleção de modelos para  $\delta^{13}\text{C}$  analisando os fatores (covariáveis). AIC (*Akaike Information Criteria*). LogLik indica a verossimilhança do modelo. Df indica o número total de parâmetros estimados. O menor valor de AIC indica o modelo selecionado.

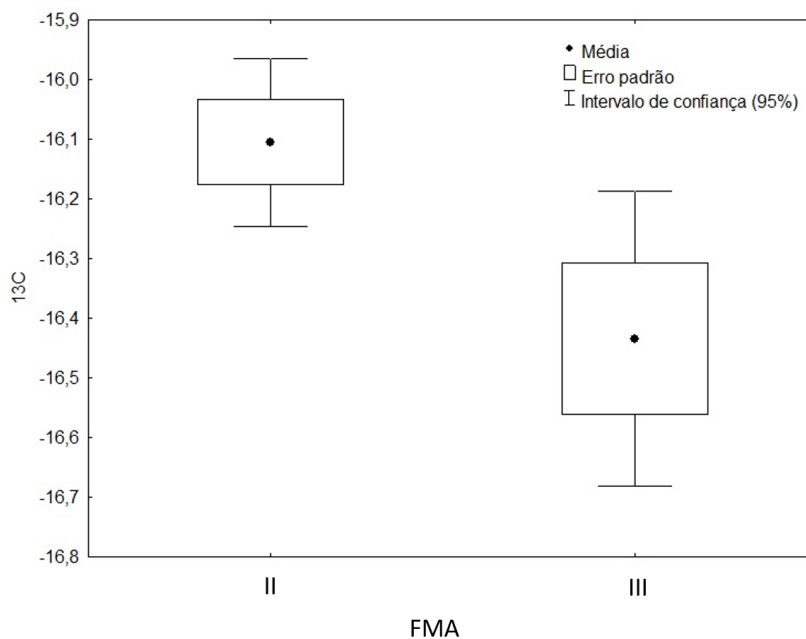
$\delta^{13}\text{C}$				
Modelo	AIC	Delta AIC	logLik	df
<b>FMA</b>	<b>188,6626</b>	<b>0,00</b>	<b>-91,33128</b>	<b>3</b>
FMA + Estágio de desenvolvimento	189,7998	1,1372	-89,89991	5
FMA + Sexo	190,6618	1,9992	-91,33092	4
Estágio de desenvolvimento	191,4358	2,7732	-91,71791	4
FMA + Estágio de desenvolvimento + Sexo	191,7428	3,0802	-89,87140	6
FMA + Estação	192,1966	3,5340	-90,09831	6
Sexo	193,0684	4,4058	-93,53419	3
Estágio de desenvolvimento + Sexo	193,4277	4,7651	-91,71384	5
FMA + Estação + Sexo	194,1890	5,5264	-90,09450	7
FMA + Estágio de desenvolvimento + Estação	194,4068	5,7442	-89,20338	8
Estação	195,3977	6,7351	-92,69884	5
FMA + Estágio de desenvolvimento + Sexo + Estação	196,3341	7,6715	-89,16706	9
Estágio de desenvolvimento + Estação	196,5738	7,9112	-91,28692	7
Sexo + Estação	197,3549	8,6923	-92,67744	6
Sexo + Estágio de desenvolvimento + Estação	198,5664	9,9038	-91,28319	8

**Tabela 3.** Resultado do modelo escolhido pelo método AIC para a variável dependente ( $\delta^{13}\text{C}$ ), relacionando com as variáveis independentes.

$\delta^{13}\text{C}$				
Fatores	Coefficientes estimados	Erro padrão	Valor de t	Valor de p
Intercept	-16,1047	0,0703	-22,910	<0,001
FMA	-0,3295	0,1556	-2,117	0,0368



**Figura 3.** Histograma e ajuste do modelo linear generalizado (GLM) selecionado descrevendo a relação do isótopo de carbono com as variáveis bioecológicas das toninhas.



**Figura 4.** Diferenças isotópicas de  $\delta^{13}\text{C}$  para *Pontoporia blainvillei* entre as FMAs (“Franciscana Management Areas”) II e III considerando o intervalo de confiança de 95%.

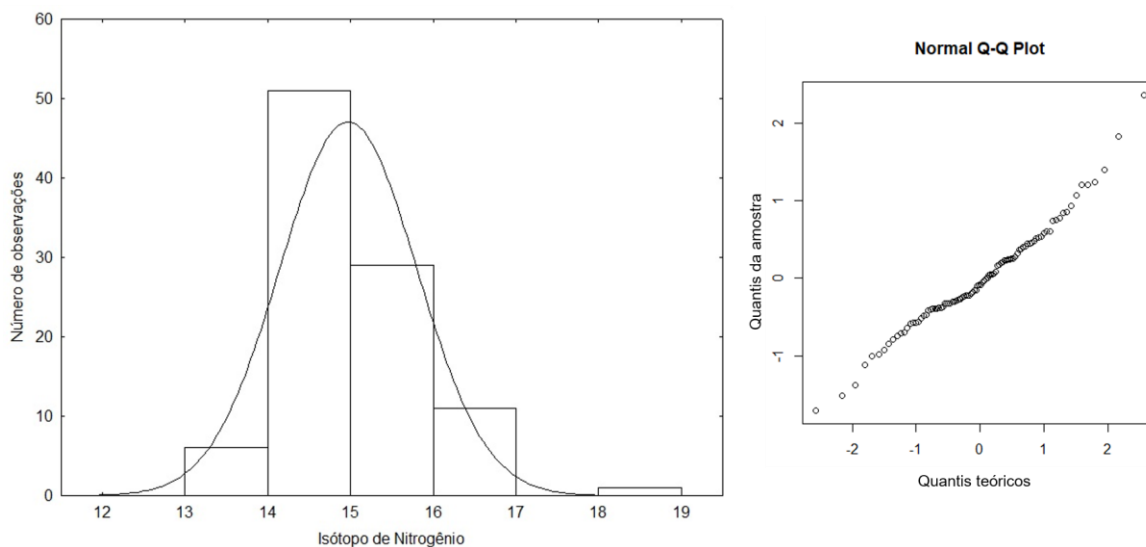
De acordo com a análise gráfica acima podemos observar que, em média, os indivíduos da FMA II apresentam maior valor isotópico de  $\delta^{13}\text{C}$  do que os indivíduos da FMA III (Figura 3).

**Tabela 4.** Seleção de modelos para  $\delta^{15}\text{N}$  analisando os fatores (covariáveis). AIC (*Akaike Information Criteria*). LogLik indica a verossimilhança do modelo. Df indica o número total de parâmetros estimados. O menor valor de AIC indica o modelo selecionado.

$\delta^{15}\text{N}$				
Modelo	AIC	Delta AIC	logLik	df
<b>Estágio de desenvolvimento</b>	<b>206,3460</b>	<b>0,00</b>	<b>-99,17301</b>	<b>4</b>
FMA + Estágio de desenvolvimento	207,5327	1,1867	-98,76633	5
Estágio de desenvolvimento + Sexo	208,2619	1,9159	-991,3095	5
FMA + Estágio de desenvolvimento + Sexo	209,4828	3,1368	-98,74141	6
Estágio de desenvolvimento + Estação	210,6669	4,3209	-98,33346	7
FMA + Estágio de desenvolvimento + Estação	212,0496	5,7036	-98,02478	8
Sexo + Estágio de desenvolvimento + Estação	212,5330	6,1870	-98,26650	8
FMA + Estágio de desenvolvimento + Sexo + Estação	213,9599	7,6139	-97,97995	9
FMA	243,9816	37,6356	-118,9908	3
FMA + Sexo	245,4378	39,0918	-118,7189	4
Sexo	245,8283	39,4823	-119,9142	3
FMA + Estação	247,8154	41,4694	-117,9077	6
Estação	248,6784	42,3324	-119,3392	5
FMA + Estação + Sexo	249,2704	42,9244	-117,6352	7

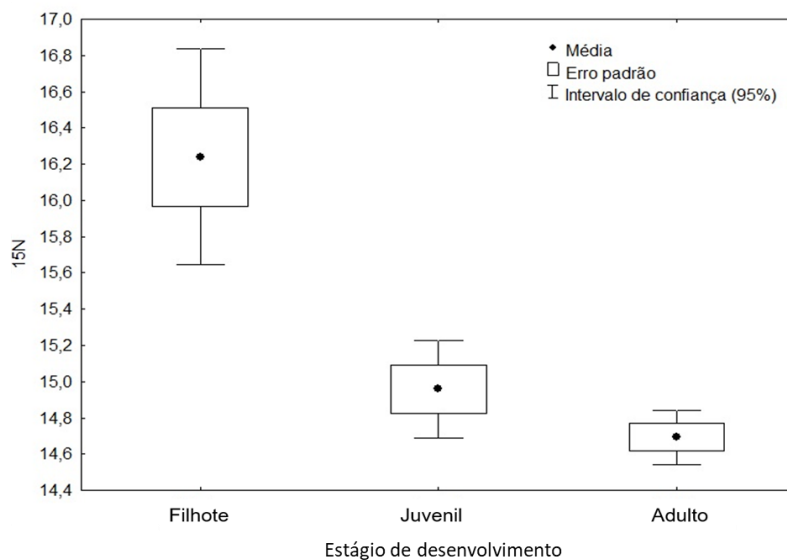
**Tabela 5.** Resultado do modelo escolhido pelo método AIC para a variável dependente ( $\delta^{15}\text{N}$ ), relacionando com as variáveis independentes.

$\delta^{15}\text{N}$				
Fatores	Coefficientes estimados	Erro padrão	Valor de t	Valor de p
Intercept	14,69250	0,09287	158,207	< <b>0,001</b>
Filhote	1,54748	0,21614	7,160	< <b>0,001</b>
Juvenil	0,26551	0,14992	1,771	0,0798



**Figura 5.** Histograma e ajuste do modelo linear generalizado (GLM) selecionado descrevendo a relação de nitrogênio com as variáveis bioecológicas das toninhas.

Os indivíduos filhotes possuem valores isotópicos de  $\delta^{15}\text{N}$  superiores aos juvenis e adultos, que por sua vez não diferem entre si (Figura 5).

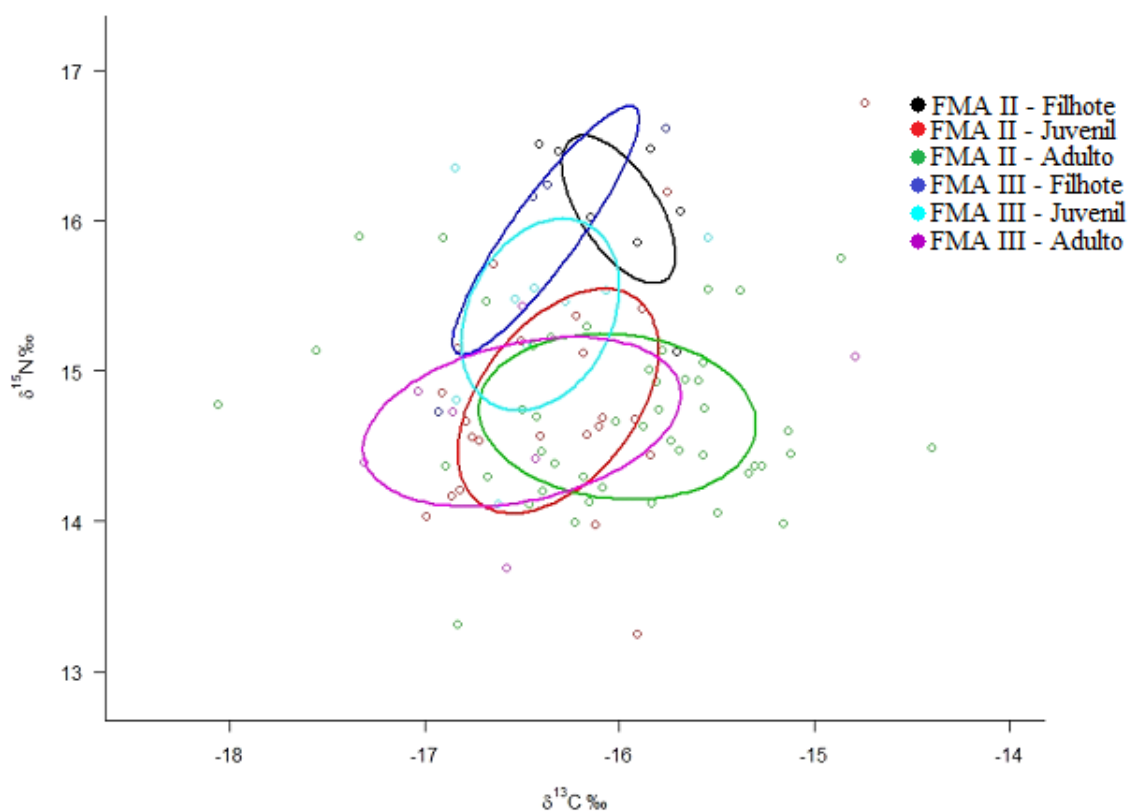


**Figura 6.** Diferenças isotópicas de  $\delta^{15}\text{N}$  para *Pontoporia blainvillei* entre estágios de desenvolvimento (Filhote, Juvenil, Adulto) considerando o intervalo de confiança de 95%.

Considerando apenas os indivíduos adultos registrados nos extremos da área de estudo, foi identificada uma diferença nos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  ( $U = 202$ ,  $p\text{-value} = 0,04627$ )

(FMA II =  $-16 \pm -0,5$ ) (FMA III =  $-16,4 \pm -0,7$ ). Para o  $\delta^{15}\text{N}$  não foi observada uma diferença significativa ( $U = 107$ ,  $p\text{-value} = 0,2109$ ).

Através das elipses bayesianas dos isótopos estáveis estudados para os fatores considerados significativos através do GLM (FMAs e estágio de desenvolvimento), pode-se observar que há uma sobreposição entre os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  associada a transição entre as FMAs II e III e entre juvenis e adultos (Figura 4). No entanto, não se observou uma sobreposição entre os filhotes de ambas FMAs.



**Figura 7.** Elipses bayesianas de isótopos estáveis na produção de R (SIBER) para as categorias significativas (FMAs e Estágio de desenvolvimento). A área de elipse representa cada estágio de desenvolvimento dentro de cada FMA (II e III).

## DISCUSSÃO

A distribuição e uso do habitat de cetáceos é limitada pelos mais variados fatores (por exemplo, produtividade, temperatura, profundidade e salinidade) e essa restrição se aplica tanto à distribuição de suas presas quanto a de seus predadores (Baumgartner et al., 2001; Redfern et al., 2006; Palacios et al., 2013). A distribuição da toninha não ultrapassa normalmente 50 km de distância da costa e 30 metros de profundidade máxima (Pinedo



et al., 1989; Di Benedetto e Ramos, 2001, Danilewicz et al., 2009). No entanto, há poucas informações sobre a ocorrência de variações na utilização deste habitat costeiro, decorrentes de diferença no tamanho, idade, sexo ou condição reprodutiva dos indivíduos. Danilewicz et al. (2009) analisaram o uso de habitat de toninhas acidentalmente capturadas na pesca de emalhe do litoral do Rio Grande do Sul considerando a profundidade no local da captura, sexo, idade e comprimento. Os resultados indicaram que indivíduos de ambos os sexos, com idade e comprimento variável ocorrem na mesma faixa de profundidade.

Os valores médios encontrados neste estudo, tanto de carbono quanto nitrogênio, são semelhantes aos registrados para o litoral norte de Santa Catarina, incluindo a Baía Babitonga ( $\delta^{13}\text{C} = -15,3 \pm 1,02$ ) ( $\delta^{15}\text{N} = 15,5 \pm 0,80$ ) (Hardt et al. 2013). Nesta região foi constatada uma influência estuarina e costeira nos valores isotópicos, principalmente em isótopos de carbono. Os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  são aplicadas para distinguir diferentes fontes: cadeias tróficas costeiras são geralmente mais enriquecidas em  $\delta^{13}\text{C}$  em comparação com cadeias pelágicas (DeNiro e Epstein 1978; Hobson, 1999; Lesage et al. 2001). Considerando os valores registrados para as toninhas ao longo de todo o litoral de Santa Catarina, concluiu-se que elas estão inseridas essencialmente em uma cadeia alimentar costeira e bêntica.

Um importante fator abiótico a ser considerado na análise do uso de habitat da toninha é a temperatura. As águas de ambas as regiões estudadas experimentam flutuações de temperatura consideráveis, decorrentes da influência sazonal das correntes do Brasil e das Malvinas, com águas da plataforma subantártica, que determina a concentração de nutrientes e a produtividade biológica da região (Ciotti et al., 1995). A fixação e reciclagem de nitrogênio por cianobactérias, por exemplo, são importantes em regiões oligotróficas (Checkley Jr & Miller, 1989; Sigman et al., 2009; Landrum et al., 2011). Apesar dessa influência sazonal, em decorrência da mudança nas espécies e distribuição de presas em diferentes sazonalidades, neste estudo não se verificou variações isotópicas significativas, tanto para carbono, quanto para nitrogênio, nas diferentes estações do ano. Troina et al. (2016) também não encontraram diferenças sazonais significativas nos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$ . Estudos complementares, incluindo valores de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  das presas e sua sazonalidade, são recomendados a fim de melhor avaliar a ocorrência de uma variação sazonal na composição isotópica das espécies utilizadas pela toninha. Em ecossistemas de ressurgência, os valores isotópicos nas teias

alimentares de base variam de acordo com as mudanças cíclicas dos nutrientes disponíveis e das fontes de carbono que podem influenciar nos valores isotópicos nos níveis tróficos superiores (O'Reilly et al., 2002). Segundo Pierre et al. (1991), no caso do carbono, a ressurgência de águas profundas empobrecidas em  $\delta^{13}\text{C}$  eventualmente altera os valores basais de  $\delta^{13}\text{C}$ , influenciando nos valores isotópicos das teias alimentares.

A presença e interação das massas de água e frentes oceanográficas ricas em nutrientes, como a Convergência Subtropical, que ocorrem na área de estudo, estimulam a atividade biológica, permitindo assim um aumento na produção primária, oferecendo habitats de alimentação e/ou reprodução para peixes, lulas e aves. Esses habitats atuam como áreas de retenção para larvas de espécies bentônicas e promovem a colonização de invertebrados bentônicos (Acha et al., 2004); Noernberg et al., 2007). Estudos demonstram a relevância ecológica das zonas de estuário e costeiras no aporte de nutrientes ao ambiente marinho (Fournier, et al., 1979; Paiva e Motta, 2000; Rodrigues-Ribeiro, 2006). Rodrigues-Ribeiro (2006) observaram uma elevada produtividade primária, principalmente no verão, no litoral de Santa Catarina, demonstrando a importância do aporte continental na produção, especialmente na região centro-norte do estado.

Os valores isotópicos encontrados na área de estudo sofrem forte influência dos fatores citados acima, principalmente na região norte onde se encontra um dos principais estuários e manguezais da região, a Baía Babitonga (Cremer, 2006; Mazzer e Gonçalves, 2011). Ambientes estuarinos, através de processos de drenagem continental, frentes oceanográficas e consequente aporte de nutrientes, são responsáveis por um gatilho no ambiente costeiro-marinho, que resulta no maior patamar de produção primária de superfície e fundo, do litoral de Santa Catarina e, por conseguinte, aos valores elevados, principalmente para carbono, encontrados neste estudo (Fournier, et al., 1979; Paiva e Motta, 2000; Rodrigues-Ribeiro, 2006; Noernberg et al., 2007).

O modelo que melhor explicou a variação em  $\delta^{13}\text{C}$  inclui o efeito da FMA, confirmado pelas diferenças significativas encontradas para  $\delta^{13}\text{C}$  quando comparado entre as diferentes áreas. Essa diferença indica os padrões esperados para a espécie na FMA II, onde seus indivíduos se encontram mais próximos à região costeira do que os indivíduos encontrados na FMA III. Em diversos estudos são identificadas diferenças isotópicas entre as toninhas de áreas distintas e que essas diferenças nas assinaturas de  $\delta^{13}\text{C}$  refletem diferenças no uso do habitat (Di Benedetto et al., 2013; Hardt et al., 2013; Paso Viola et

al., 2017). Di Benedetto et al. (2011) também observaram valores semelhantes de  $\delta^{13}\text{C}$  aos encontrados neste estudo no estado do Rio de Janeiro. Teias alimentares em regiões costeiras tem valores mais altos de  $\delta^{13}\text{C}$  em comparação com ambientes oceânicos, o que revela uma tendência longitudinal na composição isotópica em ambientes marinhos (France, 1995; Burton e Koch, 1999; Takai et al., 2000; Clementz e Koch, 2001; Lesage et al., 2001; Barros et al., 2010; Pinela et al., 2010; Riccialdelli et al., 2010). No sudeste do Brasil, os valores isotópicos também foram semelhantes aos registrados para Santa Catarina ( $\delta^{13}\text{C} = -15,85 \pm 0,21$ ) ( $\delta^{15}\text{N} = 13,5 \pm 0,42$ ) (Di Benedetto et al., 2016). Toninhas da FMA II estão associadas a áreas próximas da costa devido principalmente ao fato que, em grande parte principalmente na porção norte, a largura da plataforma é mais estreita e com águas mais rasas se comparada com a extensão da plataforma continental na FMA III. Essa tendência de proximidade da região costeira varia entre as diferentes áreas e está relacionada com as características de cada habitat para cada população de toninhas (Araújo et al., 2007). Na FMA III, no litoral do Rio Grande do Sul, toninhas foram observadas em áreas com até 35 metros de profundidade (Danilewicz et al., 2009). Como dito anteriormente, a profundidade da água e a distância da costa também podem ser considerados fatores limitantes de sua distribuição (Secchi et al., 2001). Assim, em locais onde a plataforma continental é mais ampla, as espécies teriam um habitat mais extenso e, possivelmente, com mais acesso a recursos alimentares. Podemos sugerir, a partir dos resultados apresentados, que as populações das FMAs II e III possuem a mesma tendência longitudinal nos valores de  $\delta^{13}\text{C}$ . Porém, quando analisamos o limite norte da FMA III, verificamos um intenso estreitamento da plataforma, com a isóbata de 30 metros muito próxima da costa, além de uma diminuição no número de carcaças de toninhas encontradas nessa área. Essa redução no número de indivíduos pode ser consequência de uma redução do habitat da espécie devido a esse estreitamento da plataforma continental, e esta mudança ambiental poderia, por sua vez, intensificar as interações bióticas, como a competição por alimentos e predação com outras espécies marinhas. Amaral et al. (2018) sugeriram que essa condição, além da influência de fatores abióticos, poderia desempenhar um importante papel para explicar a ausência de toninha em diversas áreas. Embora uma profundidade reduzida seja um parâmetro essencial no habitat da toninha, o afastamento da isóbata de 30 metros não necessariamente resulta num aumento no número de indivíduos se outras condições abióticas não forem adequadas.

Diferenças isotópicas de  $\delta^{15}\text{N}$  em animais mais jovens, quando comparado aos

adultos, já são conhecidas para diversas espécies de mamíferos marinhos (Hobson et al., 2004; Riccialdelli et al., 2015; Troina et al., 2016). No caso das toninhas foi observada a mesma tendência, com os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  mais elevados nos filhotes. A diferença entre os estágios de desenvolvimento reflete os diferentes níveis tróficos em que cada classe se encontra. Hobson et al. (2004), Riccialdelli et al. (2015) e Troina et al. (2016) relatam valores de  $\delta^{15}\text{N}$  elevados em animais mais jovens, associados com a influência do teor lipídico do leite consumido pelos indivíduos em amamentação. No entanto, é possível que fatores como a incorporação de alimentos sólidos em uma idade muito precoce e a constituição lipídica do leite possam estar contribuindo para uma diminuição nas diferenças isotópicas entre filhotes desse estudo quando comparados aos juvenis e adultos analisados (Newsome et al., 2009, 2010a). Após o desmame, os juvenis aumentam o consumo de alimentos sólidos, alcançando gradualmente a composição isotópica dos adultos. Um padrão semelhante foi encontrado nas toninhas no sul do Brasil (Troina et al., 2016) a partir da análise das camadas de crescimento do dente, assim como para outras espécies de cetáceos, como as baleias-francas (*Eubalaena australis*) (Valenzuela et al., 2010), as orcas (*Orcinus orca*) (Newsome et al., 2009), os golfinhos-de-Commerson (*Cephalorhynchus commersonii*) (Riccialdelli et al., 2013) e a falsa-orca (*Pseudorca crassidens*) (Riccialdelli et al., 2015). Bisi et al. (2013) encontraram a mesma tendência ao analisar 10 espécies de cetáceos no estado do Rio de Janeiro.

Outros fatores podem influenciar nessas diferenças, como a tendência para uma determinada espécie de presa. Taxa de encontro e facilidade de captura são algumas variáveis que podem interferir na dieta (Santos et al., 2013). Adultos provavelmente têm melhores táticas de forrageamento devido a maior experiência e sua maior mobilidade do que juvenis, o que lhes permite explorar um conjunto de presas mais diversificado (Clarke, 1996; Santos, 2009; 2013). Apesar disso, o nicho isotópico dos juvenis apresentou certo grau de sobreposição com o de adultos. Isso indica uma partilha intraespecífica de recursos e áreas de alimentação, típicas de espécies de cetáceos que vivem em grupo (Tardin et al., 2011). Quanto a diferença entre sexos, Basso (2005) concluiu que toninhas de ambos os sexos se alimentam da mesma espécie de presa, e as principais diferenças observadas foram relacionados ao tamanho e quantidade de presas consumidas por juvenis e adultos. Isso corrobora com resultados encontrados nesse estudo, onde os modelos lineares generalizados (GLM) não identificaram relação significativa entre machos e fêmeas, tanto para  $\delta^{13}\text{C}$  como para  $\delta^{15}\text{N}$ , que poderia ser

explicado pela existência de partilha de recursos relacionados ao sexo de toninhas na área analisada. Estudos realizados em Buenos Aires, Argentina e no Rio Grande do Sul também analisaram a variação isotópica de carbono e nitrogênio em toninhas e não encontraram diferença significativa entre os sexos para essa espécie (Troina et al., 2016; Paso Viola, 2017).

A partir dos resultados alcançados nesse trabalho percebe-se a necessidade de aprofundamento da aplicabilidade do método utilizado e de novos estudos para maior entendimento do uso de habitats de *Pontoporia blainvillei*, principalmente dos limites sugeridos entre FMA II e III. Estudos complementares devem aprofundar a discussão proposta quanto as áreas estudadas, bem como a possível relevância de outras interações bióticas. Embora os resultados devam ser interpretados com cautela por incluir apenas uma porção das FMAs analisadas, os valores isotópicos de toninhas entre as FMAs II e III trazem indicativos importantes sobre a segregação de recursos por sexo e estágio de desenvolvimento de toninhas e contribuem na definição dos limites das FMAs, embora esta ferramenta não tenha a precisão necessária para definir limites mais específicos. Além disso, a combinação do método utilizado neste estudo com métodos tradicionais, como a análise do conteúdo estomacal, métodos de análises bioquímica, análise e observação direta e telemetria, são uma estratégia poderosa para investigar e aprofundar o entendimento das relações tróficas e uso de habitat dessa espécie. Finalmente, pesquisadores e gestores devem integrar a modelagem empírica e abordagens complementares para essas áreas e para a preservação do ecossistema marinho como um todo para aumentar o sucesso dos esforços de conservação (Guichard et al., 2004; Hagstrom e Levin, 2017).

## **AGRADECIMENTOS**

O autor gostaria de agradecer ao programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente da UNIVILLE e a bolsa PICPG/UNIVILLE, assim como o apoio logístico e financeiro da UNIVILLE para a realização desta pesquisa. Agradecimento especial a todas as equipes do PMP-BS que contribuíram com a coleta das amostras. Os dados utilizados fazem parte do Projeto de Monitoramento de Praias da Bacia de Santos, que é uma atividade desenvolvida para o atendimento de condicionante do licenciamento ambiental federal das atividades da Petrobras de produção e escoamento de petróleo e gás natural no Polo Pré-Sal da Bacia de Santos, conduzido pelo Ibama.

E por último, agradeço ao Projeto Toninhas/UNIVILLE por sua contribuição na confecção desse trabalho.

## REFERÊNCIAS

ABRANTES, K. G., SEMMENS, J. M., LYLE, J. M., NICHOLS, P.D. 2012. Normalisation models for accounting for fat content in stable isotope measurements in salmonid muscle tissue. *Marine Biology*, 159 (1): 57-64.

ACHA E. M., MIANZAN, H. W., GUERRERO, R. A., FAVERO, M. BAVA, J. 2004. Marine fronts at the continental shelves of austral South America: Physical and ecological processes. *Journal of Marine Systems*, 44 (1-2): 83-105.

AMARAL, K. B., DANILEWICZ, D., ZERBINI, A., DI BENEDITTO, A. P., ANDRIOLO, A., ALVARES, D. J., SECCHI, E., FERREIRA, E., SUCUNZA, F., BORGES-MARTINS, M., SANTOS, M. C. O., CREMER, M., DENUNCIO, P., OTT, P. H., MORENO, I. B. 2018. Reassessment of the franciscana *Pontoporia blainvillei* (Gervais & d'Orbigny, 1844) distribution and niche characteristics in Brazil. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 508: 1-12.

AMBROSE, S. H., DENIRO, M. J. 1986. The isotopic ecology of East African mammals. *Oecologia*, 69 (3): 395-406.

ANDRADE H. A. 1996. Distribuição, abundância relativa e migração do *Katsuwonus pelamis* (Scombridae) em relação a temperatura superficial do mar e a dinâmica oceanográfica na costa Sudeste-Sul do Brasil. Rio Grande. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica). Universidade do Rio Grande, RS. 148 pp.

ARAÚJO, J. P., ARAÚJO, M. E., SOUTO, A., PARENTE, C. L., GEISE, L. 2007. The influence of seasonality, tide and time of activities on the behavior of *Sotalia guianensis* (van Bénédén) (Cetacea, Delphinidae) in Pernambuco, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 24 (4): 1122-1130.

BARROS, G. V., MARTINELLI, L. A., NOVAIS, T. M. O., OMETTO, J. P. H. B., ZUPPI, G. M. 2010. Stable isotopes of bulk organic matter to trace carbon and nitrogen dynamics in estuarine ecosystem in Babitonga Bay (Santa Catarina, Brazil). *Science of the Total Environment*, 408 (10): 2226-2232.

BARROS, N. B., OSTROM, P. H., STRICKER, C. A., WELLS, R. S. 2010. Stable isotopes differentiate bottlenose dolphins off west-central Florida. *Marine Mammal Science*, 26 (2): 324-336.

BASSOI, M. 2005. Feeding ecology of franciscana dolphin, *Pontoporia blainvillei* (Cetacea: Pontoporiidae), and oceanographic processes on the Southern Brazilian coast. University of Southampton, Faculty of Engineering Science and Mathematics, School of Ocean and Earth Science, Doctoral Thesis, 208 pp.

BAUMGARTNER, M. F., MULLIN, K. D., MAY, L. N., LEMING, T. D. 2001. Cetacean habitats in the northern Gulf of Mexico. *Fishery Bulletin*, 99 (2): 219-239.

BISI, T. L., DORNELES, P. R., LAILSON-BRITO, J., LEPOINT, G., AZEVEDO, A.D.F. 2013. Trophic Relationships and Habitat Preferences of Delphinids from the Southeastern Brazilian Coast Determined by Carbon and Nitrogen Stable Isotope Composition. PLoS ONE, 8 (12): e82205.

BORRELL, A., AGUILAR, A., TORNERO, V., SEQUEIRA, M., FERNANDEZ, G., ALIS, S. 2006. Organochlorine compounds and stable isotopes indicate bottlenose dolphin subpopulation structure around the Iberian Peninsula. Environment International, 32:516-523.

BORDINO, P., KRAUS, S., ALBAREDA, D., FAZIO, A., PALMERIO, A., MENDEZ, M., BOTTA, S. 2002. Reducing incidental mortality of Franciscana dolphin *Pontoporia blainvillei* with acoustic warning devices attached to fishing nets. Marine Mammal Science, 18 (4): 833-842.

BORDINO, P., MACKAY, A., WERNER, T., NORTHRIDGE, S., READ, A. 2013. Franciscana bycatch is not reduced by acoustically reflective or physically stiffened gillnets. Endangered Species Research, 21: 1-12.

BOUTTON, T. W. 1991. Stable carbon isotope ratios of natural materials: II. Atmospheric, terrestrial, marine, and freshwater environments. In: Coleman DC, Fry B, editors. Carbon isotope techniques. New York: Academic Press, 173-185 pp.

BOTTA, S., SECCHI, E. R., MUELBERT, M., DANILEWICZ, D., NEGRI, M. F. 2010. Age and growth of franciscana *Pontoporia blainvillei* (Cetacea:



Pontoporiidae) incidentally caught off southern Brazil and northern Argentina. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 90 (8): 1493-500.

BOTTA, S., HOHN, A., MACKO, S. A., SECCHI, E. R. 2012. Isotopic variation in delphinids from the subtropical western South Atlantic. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 92 (8): 1689-1698.

BOWEN, W. D., SINIFF, D. B. 1999. Distribution, population biology, and feeding ecology of marine mammals. In-Biology of marine mammals, ed. J. E. Reynolds III & S. A. Rommel. Smithsonian Institution Press, Washington, pp. 423-484.

BURNHAM, K. P., ANDERSON, D. R. 2002. Model selection and Multimodel inference: A practical Information-Theoretic Approach. Springer-Verlag New York, 496 pp.

BURTON, R. K., KOCH, P. L. 1999. Isotopic tracking of foraging and longdistance migration in northeastern Pacific pinnipeds. Oecologia, 119 (4): 578-585.

CAPPOZZO, H. L., NEGRI, M. F., PÉREZ, F. H., ALBAREDA, D., MONZÓN, F., CORCUERA, J. F. 2007. Incidental mortality of franciscana dolphin (*Pontoporia blainvillei*) in Argentina. Latin American Journal of Aquatic Mammals, 6 (2): 127-137.

CAUT, S., LARAN, S., GARCIA-HARTMANN, E., DAS, K. 2011. Stable isotopes of captive cetaceans (killer whales and bottlenose dolphins). *Journal of Experimental Biology*, 214 (4): 538-545.

CHECKLEY JR, D. M., MILLER, C. A. 1989. Nitrogen isotope fractionation by oceanic zooplankton. *Deep Sea Research part A. Oceanographic Research Papers*, 36 (10): 1449-1456.

CIOTTI, A. M., ODEBRECHT, C., FILLMANN, G., MOLLER JR, O. 1995. Freshwater outflow and subtropical convergence influence on phytoplankton biomass on the southern Brazilian continental shelf. *Continental Shelf Research*, 15 (14): 1737–1756.

CLARKE, M. R. 1996. Cephalopods as prey. III. Cetaceans. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 351 (1343): 1053-1065.

CLEMENTZ, M. T., KOCH, P. L. 2001. Differentiating aquatic mammal habitat and foraging ecology with stable isotopes in tooth enamel. *Oecologia*, 129 (3): 461-472.

CODRON, D., CODRON, J., LEE-THORP, J., SPONHEIMER, M., DE RUITER, D., BRINK, J. 2007. Stable isotope characterization of mammalian predator–prey relationships in a South African savanna. *European Journal of Wildlife Research*, 53 (3): 161-170.

COSTA-URRUTIA, P., ABUD, C., SECCHI, E. R., LESSA, E. P. 2012. Population genetic structure and social Kin associations of Franciscana dolphin, *Pontoporia blainvillei*. The Journal of heredity, 103 (1): 92-102.

CRAWFORD, K., MCDONALD, R. A., BEARHOP, S. 2008. Applications of stable isotope techniques to the ecology of mammals. Mammal Review, 38 (1): 87-107.

CREMER, M.J. 2006. O Estuário da Baía da Babitonga. p. 15-19. In: M.J. Cremer; P.R.D. Morales & T.M.N. Oliveira, Diagnóstico Ambiental da Baía da Babitonga. Editora UNIVILLE.

CREMER, M. J., PINHEIRO, P. C., SIMÕES-LOPES, P. C. 2012. Prey consumed by Guiana dolphin *Sotalia guianensis* (Cetacea, Delphinidae) and Franciscana dolphin *Pontoporia blainvillei* (Cetacea, Pontoporiidae) in an estuarine environment in southern Brazil. Iheringia (Série Zoologia), 102 (2): 131-137.

CRESPO, E. A., HARRIS, G., GONZÁLEZ, R. 1998. Group size and distributional range of the Franciscana *Pontoporia blainvillei*. Marine Mammal Science, 14 (4): 845-849.

CUNHA, H. A., MEDEIROS, B. V., BARBOSA, L. A., CREMER, M. J., MARIGO, J. 2014. Population Structure of the Endangered Franciscana Dolphin (*Pontoporia blainvillei*): Reassessing Management Units. PLoS ONE, 9 (1): e85633.

DANILEWICZ, D. 2003. Reproduction of female franciscana (*Pontoporia blainvillei*) in Rio Grande do Sul, southern Brazil. Latin American Journal of Aquatic Mammals, 2 (2): 67-78.

DANILEWICZ, D., CLAVER, J. A., PÉREZ CARRERA, A. L., SECCHI, E. R., FONTOURA, N. F. 2004. Reproductive biology of male franciscanas (*Pontoporia blainvillei*) (Mammalia: Cetacea) from Rio Grande do Sul, southern Brazil. Fishery Bulletin, 102 (4): 581-592.

DANILEWICZ, D., SECCHI, E. R., OTT, P. H., MORENO, I. B., BASSOI, M., BORGES-MARTINS, M. 2009. Habitat use patterns of franciscana dolphins (*Pontoporia blainvillei*) off southern Brazil in relation to water depth. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 89 (5): 943-949.

DENIRO, M. J., EPSTEIN, S. 1978. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. Geochimica et Cosmochimica Acta, 42 (5): 495-506.

DENIRO, M. J., EPSTEIN, S. 1981. Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals. Geochimica et Cosmochimica Acta, 45 (3): 341-351.

DENUNCIO, P., BASTIDA, R., DANILEWICZ, D., MORON, S., RODRIGUEZ-HEREDIA, S., RODRIGUEZ, D. H. 2013. Calf Chronology of the Franciscana Dolphin (*Pontoporia blainvillei*): Birth, Onset of Feeding, and Duration of Lactation in Coastal Waters of Argentina. Aquatic Mammals, 39 (1): 73-80.

DI BENEDITTO, A. P. M., RAMOS, R. M. A. 2001. Biology and conservation of the Franciscana (*Pontoporia blainvillei*) in the north of Rio de Janeiro State, Brazil. *The Journal of Cetacean Research and Management*, Cambridge, 3 (2): 185-192.

DI BENEDITTO, A. P. M. 2003. Interactions between gillnet fisheries and small cetacean sin northern Rio de Janeiro Brazil (2001–2002). *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, 2 (2): 79-8.

DI BENEDITTO, A. P. M., SOUZA, C. M. M., KEHRIG, H. A. & REZENDE, C. E. 2011. Use of multiple tools to assess the feeding preference of coastal dolphins. *Marine Biology*, 158 (10):2209-2217.

DI BENEDITTO, A. P. M., REZENDE, C. E., CAMARGO, P. B., KEHRIG, H. A. 2013. Trophic niche comparison between two predators in northern Rio de Janeiro State, Brazil: a stable isotopes approach. *Biota Neotropica*, 13 (3): 29-33.

FITCH, J. E., BROWNELL, R. L. 1971. Food habits of the franciscana, *Pontoporia blainvillei* (Cetacea, Platanistidae). *Bulletin of Marine Science*, 21 (2): 626-636.

FOURNIER, R. O., VAN, D. M., WILSON, J. S., HARGREAVES, N. B. 1979. Influence of the shelf-break front off Nova Scotia on phytoplankton standing stock in winter. *Canada: Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 36 (10): 1228-1237.

FRANCE, R. L. 1995. Carbon-13 enrichment in benthic compared to planktonic algae: foodweb implications. *Marine Ecology Progress Series*, 124: 307-312.

FRY, B., BALTZ, D. M., BENFIELD, M. C., FLEEGER, J. W., GACE, A., HAAS, H. L., QUIÑONES-RIVERA, Z. J. 2003. Stable isotope indicators of movement and residency for brown shrimp (*Farfantepenaeus aztecus*) in coastal Louisiana marshscapes. *Estuaries*, 26: 82-97.

GANNES, Z. L., O'BRIEN, D. M., DEL RIO, C. M. 1997. Stable Isotopes in Animal Ecology: Assumptions, Caveats, and a Call for More. Laboratory Experiments. *Ecology*, 78 (4): 1271-1276.

GUICHARD, F., LEVIN, S. A., HASTINGS, A., SIEGEL, D. 2004. Toward a dynamic metacommunity approach to marine reserve theory. *Bioscience*, 54 (11): 1003-1011.

HAGSTROM, G. I.; LEVIN, S. A. 2017. Marine ecosystems as complex adaptive systems: Emergent patterns, Critical transitions, and public goods. *Ecosystems*, 20 (3): 458-476.

HARDT, F., CREMER, M. J., TONELLO, A. J., BELLANTE, A., BUFFA, G., BUSCAINO, G., MAZZOLA, S., BARRETO, A. S., MARTINELLI, L. A., ZUPPI, G. M. 2013. Use of carbon and nitrogen stable isotopes to study the feeding ecology of small coastal cetacean populations in southern Brazil. *Biota Neotropica*, 13 (4): 90-98.

HERMAN, D. P., BURROWS, D. G., WADE, P. R., DURBAN, J. W., MATKIN, C. O., LEDUC, R. G., BARRETT-LENNARD, L. G., KRAHN, M. M. 2005. Feeding ecology of eastern North Pacific killer whales *Orcinus orca* from fatty acid, stable isotope, and organochlorine analyses of blubber biopsies. *Marine Ecology Progress Series*, 302: 275-291.

HOBSON, K. A. 1999. Tracing origins and migration of wildlife using stable isotopes: a review. *Oecologia*, 120 (3): 314-326.

HOBSON, K. A., SINCLAIR, E. H., YORK, A. E., THOMASON, J. R., MERRICK, R. E. 2004. Retrospective isotopic analyses of steller sea lion tooth annuli and seabird feathers: A cross-taxa approach to investigating regime and dietary shifts in the Gulf of Alaska. *Marine Mammal Science*, 20 (3): 621-638.

HOHN, A., HAMMOND, P. S. 1984. Early postnatal growth of the spotted dolphin, *Stenella attenuata*, in the offshore Eastern Tropical Pacific. *Fishery Bulletin*, 83 (4): 553-566.

KASUYA, T., BROWNELL, R. L. 1979. Age determination, reproduction and growth of franciscana dolphin, *Pontoporia blainvillei*. *Scientific Reports of the Whales Research Institute*, 31: 45-67.

KELLY, J. F. 2000. Stable isotopes of nitrogen and carbon in the study of avian and mammalian trophic ecology. *Canadian Journal of Zoology*, 78 (1): 1-27.

KNOFF, A., HOHN, A., MACKO, S. 2008. Ontogenetic diet changes in bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) reflected through stable isotopes. *Marine Mammal Science*, 24 (1): 128-137.

KRAHN, M. M., HERMAN, D. P., MATKIN, C. O., DURBAN, J. W., BARRETT-LENARD, L., BURROWS, D. G., DAHLHEIM, M. E., BLACK, N., LEDUC, R. G., WADE, P. R. 2007. Use of chemical tracers in accessing the diet and foraging regions of eastern North Pacific killer whales. *Marine Environmental Research*, 63 (2): 91-114.

LANDRUM, J. P., ALTABET, M. A., MONTOYA, J. P. 2011. Basin-scale distributions of stable nitrogen isotopes in the subtropical North Atlantic Ocean: contribution of diazotroph nitrogen to particulate organic matter and mesozooplankton. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 58 (5): 615-625.

LAYMAN, C. A., ARAÚJO, M. S., BOUCEK, R., HAMMERSCHLAG-PEYER, C. M., HARRISON, E., JUD, Z. R., MATICH, P., ROSENBLATT, A. E., VAUDO, J. J., YEAGER, L. A., POST, D. M., BEARHOP, S. 2012. Applying stable isotopes to examine food web structure: an overview of analytical tools. *Biological Reviews*, 87 (3): 545-562.



LAZARO, M., LESSA, E. P., HAMILTON, H. 2004. Geographic genetic structure in the franciscana dolphin (*Pontoporia blainvillei*). *Marine Mammal Science*, 20 (2): 201-214.

LEGECKIS, R., GORDON, A. 1982. Satellite observations of the Brazil and Falkland currents – 1975 to 1976 and 1978. *Deep-Sea Research*, 29 (3): 375-401.

LESAGE, V., HAMMILL, M. O., KOVACS, K. M. 2001. Marine mammals and the community structure of the Estuary and Gulf of St Lawrence, Canada: Evidence from stable isotope analysis. *Marine Ecology-progress Series*, 210: 203-221.

MANETTA, G., BENEDITO, E. 2003. Aplicação da técnica de isótopos estáveis na estimativa da taxa de turnover em estudos ecológicos: uma síntese. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 25 (1): 121-129.

MAZZER, A., GONÇALVES, M. 2011. Aspectos geomorfológicos da baía da babilonga, Santa Catarina, Brasil: Caracterização morfométrica. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 12 (3): 115-120.

MENDEZ, M., ROSENBAUM, H. C., BORDINO, P. 2008. Conservation genetics of the franciscana dolphin in Northern Argentina: population structure, by-catch impacts, and management implications. *Conservation Genetics*, 9 (2): 419-435.

MENDEZ, M., ROSENBAUM, H. C., SUBRAMANIAM, A., YACKULIC, C., BORDINO, P. 2010. Isolation by environmental distance in mobile marine species:

molecular ecology of franciscana dolphins at their southern range. *Molecular Ecology*, 19 (11): 2212-2228.

MINAWAGA M., WADA, E. 1984. Stepwise enrichment of  $^{15}\text{N}$  along food chains: further evidence and the relation between  $\delta^{15}\text{N}$  and animal age. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 48 (5): 1135-1140.

MMA, 2014. Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção – Mamíferos, Aves, Répteis, Anfíbios e Invertebrados Terrestres. Portaria MMA no. 444, de 17 de dezembro de 2014. Brazil.

[http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/2014/p\\_mma\\_444\\_2014\\_lista\\_esp%C3%A9cies\\_ame%C3%A7adas\\_extin%C3%A7%C3%A3o.pdf](http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/2014/p_mma_444_2014_lista_esp%C3%A9cies_ame%C3%A7adas_extin%C3%A7%C3%A3o.pdf), Accessed date: 15 May 2018.

NEGRI, M. F., PANEBIANCO, M. V., DENUNCIO, P., PASO VIOLA, M. N., RODRÍGUEZ, D., CAPPOZZO, H. L. 2014. Biological parameters of franciscana dolphins, *Pontoporia blainvillei*, bycaught in artisanal fisheries off southern Buenos Aires, Argentina. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 96 (4): 821-829.

NELSON, E. H., MATTHEWS, C. E., RESENHEIM, E. J. A. 2004. Predators reduce prey population growth by inducing changes in prey behavior. *Ecology*, 85 (7): 1853-1858.

NEWSOME, S. D., ETNIER, M. A., MONSON, D. H., FOGEL, M. L. 2009. Retrospective characterization of ontogenetic shifts in killer whale diets via d13C and d15N analysis of teeth. *Marine Ecology Progress Series*, 374: 229-242.

NEWSOME, S. D., CLEMENTZ, M. T., KOCH, P. L. 2010a. Using stable isotope biogeochemistry to study marine mammal ecology. *Marine Mammal Science*, 26 (3): 509-572.

NEWSOME, S. D., BENTALL, G. B., TINKER, M. T., OFTEDAL, O. T., RALLS, K., ESTES, J. A., FOGEL, L. M. 2010b. Variation in d13C and d15N diet-vibrissae trophic discrimination factors in a wild population of California sea otters. *Ecological Applications*, 20 (6): 1744-1752.

NOERNBERG, M. A., KAMPEL, M., BRANDINI, F. P. 2007. Estudo da variabilidade temporal da concentração de clorofila estimada por satélite na plataforma continental catarinense: latitude 26°46'S. Florianópolis/SC: Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 4635-4642.

OLSON, D. B., PODESTÁ, G., EVANS, R. H., BROWN, O. B. 1998. Temporal variations in the separation of Brazil and Malvinas Currents. *Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers*, 35 (12): 1971-1990.

O'REILLY, C. M., HECKY, R. E., COHEN, A. S., PLISNIER, P. D. 2002. Interpreting stable isotopes in food webs: Recognizing the role of time averaging at different trophic levels. *Limnology and Oceanography*, 47 (1): 306-309.

PAIVA, M. P., MOTTA, P. C. S. 2000. Schools of Brazilian-sardine, *Sardinella brasiliensis* (Steindachner), in coastal waters of Rio de Janeiro State (Brazil). *Revista Brasileira de Zoologia*, 17 (2): 339-346.

PALACIOS, D., BAUMGARTNER, M., LAIDRE, K., GREGR, E. 2013. Beyond correlation: integrating environmentally and behaviourally mediated processes in models of marine mammal distributions. *Endangered Species Research*, 22 (3): 191-203.

PASO VIOLA, M. N., DENUNCIO, P., NEGRI, M. F., RODRÍGUEZ, D., BASTIDA, R., CAPPOZZO, H. L. 2014. Diet Composition of franciscana dolphin, *Pontoporia blainvillei*, from southern Buenos Aires, Argentina and its interaction with fisheries. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 49 (2): 393-400.

PASO VIOLA, M., RICCIALDELLI, L., NEGRI, M., PANEBIANCO, V., PANARELLO, H., CAPPOZZO, H. L. 2017. Intra-specific isotope variations of franciscana dolphin *Pontoporia blainvillei* regarding biological parameters and distinct environments. *Mammalian Biology - Zeitschrift für Säugetierkunde*, 85: 47-54.

PEREIRA, M. D., SCHETTINI, C. A. F., OMACHI C. Y. 2009. Caracterização de

feições oceanográficas na plataforma de Santa Catarina através de imagens orbitais.

Revista Brasileira de Geofísica, 27 (1): 81-93.

PERRIN, W. F., DONOVAN, G. P. 1984. Report of the Workshop on Reproduction in Whales, Dolphins and Porpoises. La Jolla. December 1981. Reports of the International Whaling Commission, 6: 1-24.

PETERSON, B. J., FRY, B. 1987. Stable isotopes in ecosystem studies. Annual Review of Ecology and Systematics, 18: 293-320.

PIERCE, G., ROBIN BOYLE, P. 1991. A review of methods of diet analysis in piscivorous marine mammals. Oceanography and marine biology, 29: 409-486.

PINEDO, M. C., PRADERI, R., BROWNELL JR., R. L. 1989. Review of the biology and status of the franciscana, *Pontoporia blainvillei*. In: W. F. PERRIN, BROWNELL JR., R. L., ZHOU, K, LIU, J (Eds.). Biology and Conservation of the River Dolphins. IUCN/Species Survival Commission: 46-51.

PINELA, A. M., BORRELL, A., CARDONA, L., AGUILAR, A. 2010. Stable isotope analysis reveals habitat partitioning among marine mammals off the NW African coast and unique trophic niches for two globally threatened species. Marine Ecology Progress Series, 416: 295-306.

POST, D. M., LAYMAN, C. A., ARRINGTON, D. A., TAKIMOTO, G., QUATTROCHI, J., MONTAÑA, C. G. 2007. Getting to the fat of the matter:

models, methods and assumptions for dealing with lipids in stable isotope analyses. *Oecologia*, 152 (2): 179-189.

REDFERN, J. V., FERGUSON, M. C., BECKER, E. A., HYRENBACH, K. D., GOOD, C. P., BARLOW, J., KASCHNER, K., BAUMGARTNER, M., FORNEY, K., BALANCE, L., FAUHLAND, P., HALPIN, P., HAMAZAKI, T., PERSHING, A. J., QIAN, S. S., READ, A., REILLY, S. B., TORRES, L., WERNER, F. 2006. Techniques for cetacean–habitat modeling. *Marine Ecology Progress Series*, 310: 271-295.

RICCIALDELLI, L., NEWSOME, S. D., FOGEL, M. L., GOODALL, R. N. P. 2010. Isotopic assessment of prey and habitat preferences of a cetacean community in the southwestern South Atlantic Ocean. *Marine Ecology Progress Series*, 418: 235-248.

RICCIALDELLI, L., NEWSOME, S. D., DELLABIANCA, N. A., BASTIDA, R., FOGEL, M. L., GOODALL, R. N. P. 2013. Ontogenetic diet shift in Commerson’s dolphin (*Cephalorhynchus commersonii commersonii*) off Tierra del Fuego. *Polar Biology*, 36 (5): 617-627.

RICCIALDELLI, L., GOODALL, N. 2015. Intra-specific trophic variation in false killer whales (*Pseudorca crassidens*) from the southwestern South Atlantic Ocean through stable isotopes analysis. *Mammalian Biology*, 80 (1): 298-302.

RODRIGUES-RIBEIRO, M. 2006. Identificação e reprodução de espécies

marinhas como alternativa de isca-viva, para a captura do bonito listrado, no litoral catarinense e viabilidade de manutenção em tanques-rede: I – Prospecção de ovos e larvas da sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*). Relatório LOB/CTTMar/UNIVALI, 44p.

RODRIGUEZ, D., RIVERO, L., BASTIDA, R. 2002. Feeding ecology of franciscana in marine and estuarine Waters of Argentina. Latin American Journal of Aquatic Mammals, 1 (1): 77-94.

ROSAS, F. C. W., MONTEIRO-FILHO, E. L. A. 2002. Reproductive parameters of *Pontoporia blainvillei* (Cetacea, Pontoporiidae), on the coast of São Paulo and Paraná states, Brazil. Mammalia, 66 (2): 231-245.

SANTOS, M. C. O., OSHIMA, J. E. F., SILVA, E. 2009. Sightings of franciscana dolphins (*Pontoporia blainvillei*): the discovery of a population in the Paranaguá Estuarine Complex. Brazilian Journal of Oceanography, 57 (1): 57-63.

SANTOS, M. B., GERMAN, I., CORREIA, D., READ, F. L., CEDEIRA, J. M., CALDAS, M., LOPEZ, A., VELASCO, F., PIERCE, G. J. 2013. Long-term variation in common dolphin diet in relation to prey abundance. Marine Ecology Progress Series, 481:249-268.

SECCHI, E. R., ZERBINI, A. N., BASSOI, M., DALLA ROSA, L., MOLLER, L. M., ROCHA-CAMPOS, C. C. 1997. Mortality of franciscanas, *Pontoporia blainvillei*, in coastal gillnets in southern Brazil: 1994-1995. Reports of the

International Whaling Commission, 47: 653-658.

SECCHI, E. R., OTT, P. H., CRESPO, E. A., KINAS, P. G., PEDRAZA, S. N., BORDINO, P. 2001. A first estimate of franciscana (*Pontoporia blainvillei*) abundance off southern Brazil. *Journal of Cetacean Research and Management*, 3 (1): 95-100.

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

SERGIO, F., CARO, T., BROWN, D. 2008. Top Predators as Conservation Tools: Ecological Rationale, Assumptions, and Efficacy. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 39: 1-19.

SHEATHER, S. 2009. A modern approach to regression with R. New York: Springer, 2009. 392 p.

SIGMAN, D. M., KARSH, K. L., CASCIOTTI, K. L. 2009. Ocean process tracers: nitrogen isotopes in the ocean. In: Steele, J. H., Turekian, K. K., Thorpe, S. A. (eds). *Encyclopedia of Ocean Sciences*, 2: 4138-4153.

SICILIANO, S. 1994. Review of small cetaceans and fishery interactions in coastal waters of Brazil. *Report of the International Whaling Commission*, 15: 241-250.



SILVEIRA, I. C. A., SCHMIDT, A. C. K., CAMPOS, E. J. D., GODOI, S. S., YIKEDA, Y. 2000. A Corrente do Brasil ao Largo da Costa Leste Brasileira. *Revista Brasileira de Oceanografia*, 48 (2): 171-183.

SWEETING, C. J., POLUNIN, N. V. C., JENNINGS, S. 2006. Effects of chemical lipid extraction and arithmetic lipid correction on stable isotope ratios of fish tissues. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 20 (4): 595-601.

TARDIN, R. H. O., ESPEDE, M. A., NERY, M. F., D'AZEREDO F. T., SIMÃO, S. M. 2011. Coordinated feeding tactics of the Guiana dolphin, *Sotalia guianensis* (Cetacea: Delphinidae), in Ilha Grande Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Zoologia* 28 (3): 291-296.

TAKAI N., ONAKA S., IKEDA Y., YATSU A., KIDOKORO H., SAKAMOTO, W. 2000. Geographical variations in carbon and nitrogen stable isotope ratios in squid. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 80 (4): 675-684.

TROINA, G., BOTTA, S., SECCHI, E., DEHAIRS, F. 2016. Ontogenetic and sexual characterization of the feeding habits of franciscanas, *Pontoporia blainvillei*, based on tooth dentin carbon and nitrogen stable isotopes. *Marine Mammal Science*, 32 (3): 1115-1137.

URTON, J. M. E., HOBSON, K. A. 2005. Intrapopulation variation in gray wolf

isotope ( $^{15}\text{N}$  and  $^{13}\text{C}$ ) profiles: Implications for the ecology of individuals. *Oecologia*, 145 (2): 317-326.

VALENZUELA, L. O., SIRONI, M., ROWNTREE, V. J. 2010. Interannual variation in the stable isotope differences between mothers and their calves in southern right whales (*Eubalaena australis*). *Aquatic Mammals*, 36 (2): 138–147.

VANDERKLIFT, M. A., PONSARD S. 2003. Sources of variation in consumer-diet  $\delta^{15}\text{N}$  enrichment: a meta-analysis. *Oecologia*, 136 (2): 169-182.

VANDER ZANDEN, M. J., CLAYTON, M. K., MOODY, E. K., SOLOMON, C. T., WEIDEL, B. C. 2015. Stable isotope turnover and Half-Life in animal tissues: A Literature Synthesis. *PLOS ONE*, 10 (1): 1-16.

WALKER, J. L., POTTER, C. W., MACKO, S. A. 1999. The diets of modern and historic bottlenose dolphin populations reflected through stable isotopes. *Marine Mammal Science*, 15 (2): 335-350.

WEST, J. B., BOWEN, G. J., CERLING, T. E., EHLERINGER, J. R. 2006. Stable isotopes as one of nature's ecological recorders. *Trends in Ecology & Evolution*, 21 (7): 408-414.

ZERBINI, A. N., SECCHI, E., CRESPO, E., DANILEWICZ, D., REEVES, R., 2017. *Pontoporia blainvillei*. The IUCN Red List of Threatened Species 2017:

e.T17978A123792204. <http://www.iucnredlist.org/details/17978/0/>, Accessed date: 15 May 2018.

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Valores médios de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  ( $\pm$  DP) do músculo de toninhas, *Pontoporia blainvillei*, em Santa Catarina, sul do Brasil. N = número de indivíduos, CT = comprimento total em centímetros; mín = mínimo; máx. = máximo; DP = desvio-padrão; FMA = Franciscana Management Area.....19
- Tabela 2.** Seleção de modelos para nitrogênio analisando os fatores (covariáveis). AIC (*Akaike Information Criteria*). LogLik indica a verossimilhança do modelo. Df indica o número total de parâmetros estimados. O menor valor de AIC indica o modelo selecionado.....20
- Tabela 3.** Resultado do modelo escolhido pelo método AIC para a variável dependente ( $\delta^{13}\text{C}$ ), relacionando com as variáveis independentes.....21
- Tabela 4.** Seleção de modelos para nitrogênio analisando os fatores (covariáveis). AIC (*Akaike Information Criteria*). LogLik indica a verossimilhança do modelo. Df indica o número total de parâmetros estimados. O menor valor de AIC indica o modelo selecionado.....22
- Tabela 5.** Resultado do modelo escolhido pelo método AIC para a variável dependente ( $\delta^{15}\text{N}$ ), relacionando com as variáveis independentes.....23

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Áreas de manejo da toninha (FMAs). ES = Espírito Santo; RJN = Norte do Rio de Janeiro; RJS = Sul do Rio de Janeiro; SPN = Norte de São Paulo; SPS = Sul de São Paulo; PR = Paraná; SC = Santa Catarina; RS = Rio Grande do Sul; URU = Uruguai; ARG = Argentina (compilado de Cunha et al., 2014).....09
- Figura 2.** Localização da área de estudo na costa catarinense, sul do Brasil. Os pontos cinza no mapa à direita indicam os pontos de encalhe dos indivíduos de *Pontoporia blainvillei* analisados neste estudo.....15
- Figura 3.** Histograma e ajuste do modelo linear generalizado (GLM) selecionado descrevendo a relação do isótopo de carbono com as variáveis bioecológicas das toninhas.....21
- Figura 4.** Diferenças isotópicas de  $\delta^{13}\text{C}$  para *Pontoporia blainvillei* entre as FMAs (“Franciscana Management Areas”) II e III considerando o intervalo de confiança de 95%.....22
- Figura 5.** Histograma e ajuste do modelo linear generalizado (GLM) selecionado descrevendo a relação de nitrogênio com as variáveis bioecológicas das toninhas .....23
- Figura 6.** Diferenças isotópicas de  $\delta^{15}\text{N}$  para *Pontoporia blainvillei* entre estágios de desenvolvimento (Filhote, Juvenil, Adulto) considerando o intervalo de confiança de 95%.....25
- Figura 7.** Elipses bayesianas de isótopos estáveis na produção de R (SIBER) para as categorias significativas (FMAs e Estágio de desenvolvimento). A área de elipse representa cada estágio de desenvolvimento dentro de cada FMA (II e III).....26

## AUTORIZAÇÃO

Nome do autor: Tiago Ramos de Andrade Araújo

RG: 5.959.706

Título da Dissertação: NICHOS TRÓFICOS E USO DE HABITAT DE *Pontoporia blainvillei* ENTRE AS ÁREAS DE MANEJO (FMAs) II E III, SUL DO BRASIL

Autorizo a Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE, através da Biblioteca Universitária, disponibilizar cópias da dissertação de minha autoria.

Joinville, 29 de abril de 2020.

  
Assinatura do aluno