



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
INSTITUTO DE OCEANOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO DE OCEANOLOGIA



ANÁLISE DO PERFIL DE MERGULHO DE TARTARUGAS-CABEÇUDAS (*CARETTA CARETTA*) NO ATLÂNTICO SUL OCIDENTAL UTILIZANDO TELEMETRIA POR SATÉLITE

JESSICA LEIRIA SCHATTSCHEIDER

Orientador: MSc. Tiago Borges Ribeiro Gandra

2016



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
INSTITUTO DE OCEANOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO DE OCEANOLOGIA



ANÁLISE DO PERFIL DE MERGULHO DE TARTARUGAS-CABEÇUDAS (*CARETTA CARETTA*) NO ATLÂNTICO SUL OCIDENTAL UTILIZANDO TELEMETRIA POR SATÉLITE

JESSICA LEIRIA SCHATTSCHEIDER

Monografia apresentada ao Curso de
Graduação de Oceanologia da Universidade
Federal do Rio Grande, como requisito para
a obtenção do grau de Oceanóloga.

Orientador: MSc. Tiago Borges Ribeiro Gandra

RIO GRANDE
Junho de 2016

	<p style="text-align: center;"> SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE - FURG INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA CURSO DE OCEANOLOGIA </p> <p> Av. Itália Km 8 – Campus Carreiros – Rio Grande – RS – CEP 96201-900 Fone/Fax: (53) 32336703 E-mail: ccoceano@furg.br URL: http://www.oceano.furg.br </p>	
--	---	--

ATA ESPECIAL Nº 03/2016

Ao décimo sétimo dia do mês de junho de dois mil e dezesseis, às 14h00 h, no auditório Dr. João Rocha, reuniu-se a Banca Examinadora de defesa da monografia de graduação do Curso de Oceanologia da acadêmica **JESSICA LEIRIA SCHATTSCHNEIDER**, matrícula **50280**, a qual tem como título **"ANÁLISE DO PERFIL DE MERGULHO DE TARTARUGA-CABEÇUDA (CARETTA CARETTA) NO ATLÂNTICO SUL OCIDENTAL UTILIZANDO TELEMETRIA POR SATÉLITE"**, composta pelo MSc. Tiago Borges Ribeiro Gandra, orientador, Dr. Eduardo Resende Secchi, Dr^a. Máira Carneiro Proietti e pelo Dr. Maurício Garcia de Camargo. Dando início à reunião, o Coordenador do Curso de Oceanologia Dr. Paulo Henrique Rezende Calil, passou a palavra à acadêmica, a qual fez a exposição do seu trabalho. A seguir, foi aberta a sessão de arguição, sob a coordenação de seu orientador. A acadêmica respondeu as perguntas formuladas pela Banca Examinadora a qual, encerrados os debates, reuniu-se e considerou a aluna aprovada, atribuindo-lhe a nota final 9,0. Nada mais havendo a tratar, lavrou-se a presente ata que, após lida e achada conforme, foi assinada pelos membros da Banca Examinadora, pela acadêmica e pelo Coordenador do Curso de Oceanologia.

Rio Grande, 17 de junho de 2016.

Acad. Jessica Leiria Schattschneider

MSc. Tiago Borges Ribeiro Gandra (orientador) (9,0)

Dr. Eduardo Resende Secchi (9,0)

Dr^a. Máira Carneiro Proietti (9,0)

Dr. Maurício Garcia de Camargo (9,0)

Dr. Paulo Henrique Rezende Calil (Coordenador)

Agradecimentos

À minha família por todos os ensinamentos, preocupações e carinho.

Ao meu pai que sempre me ensinou com exemplos a ser alguém esforçado e motivado a atingir as metas que traçamos na vida. Por ter cuidado de mim e me colocado sempre como primeiro plano na sua vida. Obrigada pai por ter me ensinado com todo o carinho a ser um ser humano honrável.

À minha mãe que é a mãe mais apaixonada do mundo e mais amada, por sempre acreditar em mim e me dar os melhores conselhos. Só tenho razões pra agradecer todos os dias esse presente que é ser tua filha, obrigada por me fazer sentir especial e a estimular sempre os meus sonhos e a minha felicidade. Obrigada por ser tão amável e por ter feito junto com o pai o lar mais compreensivo e unido de todos!

Ao NEMA que esteve sempre de portas abertas para mim e para todos que se interessam em ajudar e a aprender sobre essa terra tão especial que é o cassino. Pude me envolver com alguns projetos onde aprendi muito como profissional e como pessoa com o grupo tão sério e tão acolhedor que compõe esta família.

À Dani por ser sempre tão acessível em passar a sua imensidão de conhecimentos sobre tartarugas e sobre tudo que envolve estes animais. Pela oportunidade e confiança em apresentar um trabalho tão interessante quanto o que desenvolvemos para um grande público, foi realmente muito importante para mim e um grande estímulo para a minha vida profissional. Obrigada por ser tão competente e conseguir administrar tantas coisas, é um grande exemplo para mim!

Ao Tiago que venho trabalhando por taaanto tempo, que me ensinou praticamente tudo até agora. Por ser um orientador nota 1000, sempre preocupado em sentar junto e me estimular a ter um pensamento crítico e objetivo em tudo. Obrigada pelas forças, jantas, dias e noites de trabalho, dicas de música, conselhos e por você e a Li terem me aceito como filha, hehe. Enfim, muito obrigada pela cumplicidade e amizade.

À banca que apesar de ser de muito peso me deixando um ~~muito~~ pouquinho nervosa me alegra muito em receber as considerações de profissionais tão respeitados e renomados. Tive o prazer de conviver um pouco com todos e só tenho a agradecer pelo exemplo de profissionalismo que vocês passaram para mim e para uma grande parte de novos oceanólogos.

À galera da oceano que é a galera mais doida e gente boa de todas, por estar sempre em festa e celebrando tudo já que a vida é pra comemorar todo o dia mesmo! O pessoal do 011 que mora no coração e que é parceria pra qualquer indiada (agora não mais porque tá tudo mundo ficando velho e chato kkk). Obrigada pela amizade e pelas histórias.

À Iara que é sereia do mar e linda e também irmã! Por ser tão fiel e companheira em todos os segundos da nossa amizade, por ter me ensinado tanta coisa diferente e ter me feito pensar por ângulos que eu nunca teria pensado. Obrigada por ser igual quando precisa ser e diferente quando tudo já ficou chato. Obrigada por todas as risadas, por todas as histórias, viagens, bebedeiras, gatos e principalmente por me apreciar e estar do meu lado nas situações mais complicadas, tu é demais!

Enfim, a todos que participaram desta minha jornada até o momento no mundo oceanográfico com alguns eventos de calmaria e outros de tormenta mas cheia de conchas raras no caminho.

SUMÁRIO

1 Introdução.....	8
1.1 Tartarugas Marinhas.....	8
1.1.1 Alimentação e Fases de Vida.....	8
1.1.2 Tartaruga-Cabeçuda no Rio Grande do Sul.....	9
1.2 Biotelemetria e o deslocamento de tartarugas marinhas.....	10
1.3 Tartarugas marinhas e feições oceanográficas.....	12
2 Área de Estudo.....	14
3 Objetivos.....	16
3.1 Objetivo Geral.....	16
3.2 Objetivos Específicos.....	16
4 Materiais e Métodos.....	17
4.1 Materiais.....	17
4.1.1 Instalação dos transmissores e aquisição de dados de telemetria.....	17
4.1.2 Dados de Temperatura Superficial do Mar (TSM).....	17
4.2 Métodos.....	18
4.2.1 Configuração dos teletransmissores.....	18
4.2.2 Decodificação dos dados.....	19
4.2.3 Delimitação de frentes térmicas.....	19
4.2.4 Banco de Dados.....	19
4.2.5 Análises estatísticas.....	20
5 Resultados.....	22
5.1 Uso de Habitat.....	22
5.2 Análise da Variância dos Mergulhos.....	23
5.3 Profundidade de Mergulho (DDE).....	24
5.3.1 Profundidade de Mergulho em cada Setor.....	25
5.3.2 Profundidade de Mergulho nas Estações do Ano.....	26
5.3.3 Profundidade de mergulho em relação à distância de Frente e Temperatura Superficial.....	27
5.4 Tempo em cada Profundidade (TAD).....	29
5.4.1 Tempo em cada profundidade em relação ao Setor.....	30
5.4.2 Tempo em cada profundidade em relação às Estações do ano.....	31
5.4.3 Tempo em cada profundidade em relação à Distância de Frentes.....	32
5.5 Duração de Mergulho(DDU).....	33
5.5.1 Duração de mergulhos nos Setores.....	34
5.5.2 Duração de mergulhos em cada Estação do ano.....	35
5.5.3 Duração de mergulho em relação à Distância de Frente e Temperatura Superficial.....	36
6 Discussão.....	38
7 Considerações finais.....	42
8 Referências.....	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Área de estudo delimitada pelo caminho percorrido por nove indivíduos de tartaruga-cabeçuda monitorados entre dez/2014 e dez/2015.....	14
Figura 2: Persistência de frente térmica ao longo de dois anos de análise. Fonte: Gandra et al. 2015.....	15
Figura 3: Tempo gasto por cada indivíduo nos diferentes setores.....	23
Figura 4: Densidade das classes de profundidade registradas durante os mergulhos de cada indivíduo.....	24
Figura 5: Densidade das classes de profundidade atingidas nos mergulhos em cada setor batimétrico.....	25
Figura 6: Densidade das classes de profundidade atingida nos mergulhos em cada estação.....	26
Figura 7: Densidade das classes de profundidade registradas durante os mergulhos em cada quantil de distância de frente.....	27
Figura 8: Gráfico de dispersão entre a máxima profundidade atingida em cada histograma e a TSM (a) e distância de frente associada (b), aplicando a regressão não-linear LOWESS.....	28
Figura 9: Densidade de mergulhos ponderada pelo tempo em cada profundidade para cada indivíduo.....	29
Figura 10: Densidade das classes de TAD atingidas nos mergulhos em cada setor batimétrico.....	30
Figura 11: Densidade das classes de TAD atingidas nos mergulhos em cada estação.....	31
Figura 12: Densidade das classes de TAD atingidas nos mergulhos em cada quantil de distância de frente.....	32
Figura 13: Densidade das classe de duração dos mergulhos por indivíduo.....	33
Figura 14: Densidade das classes de duração dos mergulhos em cada setor batimétrico.....	34
Figura 15: Densidade das classes de duração dos mergulhos em cada estação.....	35
Figura 16: Densidade das classes de duração dos mergulhos em cada quantil de distância de frente.....	36
Figura 17: Regressão linear da média da duração máxima atingida por cada classe de TSM (a) e por classe de distância de frente (b). As linhas azuis indicam a regressão não linear LOWESS.....	37

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Configuração das classes de cada parâmetro do teletransmissor.....	19
Tabela 2: Limites superiores de cada quartil por parâmetro.....	21
Tabela 3: Visão geral dos animais monitorados e dos dados retornados dos teletransmissores.....	22

RESUMO

A telemetria vem sendo utilizada em animais marinhos auxiliando na investigação do seu deslocamento e, mais recentemente, do seu comportamento vertical, através de sensores incorporados a estes equipamentos. Este trabalho objetivou analisar a duração e profundidade dos mergulhos de tartarugas-cabeçudas (*Caretta caretta*) no Atlântico Sul Ocidental (ASO) através de telemetria, assim como a variação destes parâmetros frente aos setores oceânicos, estações e distância da frente térmica mais próxima. A investigação quanto à estratégia de forrageamento destes animais também foi realizada. A obtenção dos dados de telemetria se deu de forma remota pelo sistema ARGOS durante o ano de 2015 através de transmissores acoplados a nove indivíduos de tartaruga-cabeçuda capturados pela pescaria de arrasto de parelha no Rio Grande do Sul. A partir da implementação de um banco de dados informações sobre o perfil dos mergulhos foram integradas à variáveis espaço-temporais. Foi observado um comportamento variado entre os animais testados, com uma preferência por habitats costeiros, porém devido ao pequeno número de amostras não foi possível testar a consistência deste resultado. Já em relação aos mergulhos, as análises estatísticas mostraram que houve diferença significativa no comportamento de mergulho nas diferentes classes testadas de setor, estação e distância de frente (ANOVA $< 2^{-16}$). Em geral houve uma maior ocorrência de mergulhos rasos (entre 0 e 10 metros). Na plataforma continental o número de mergulhos mais profundos (entre 10 e 20 metros) foi maior do que no talude e planície oceânica, provavelmente devido à dieta bentônica adotada por estes animais na plataforma. Além disto, a duração dos mergulhos e o tempo gasto em profundidades maiores que 10 metros foi maior quando na plataforma continental. Os mergulhos rasos e pouco duradouros são mais frequentes nas regiões oceânicas, onde de acordo com a literatura, as presas pelágicas e epipelágicas se tornam as principais constituintes da dieta de tartarugas-cabeçudas. O perfil de profundidade não apresentou um padrão de sazonalidade e nem variou em relação à distância de frente e temperatura superficial do mar. Entretanto, o tempo submerso parece aumentar quando os animais estiveram associados a baixas temperaturas e próximos a frentes térmicas. Estas informações fornecem fundamentação para a criação de estratégias de conservação embasadas no padrão de movimentação destes animais, como linhas de fundo mais profundas na pesca de espinhel ou planos que limitem os esforços pesqueiros a determinados meses e locais, intensificando assim os esforços na diminuição da captura incidental de tartarugas marinhas.

Palavra-chave: rastreamento satelital, perfil de mergulho, uso de habitat, temperatura superficial do mar, Sistema de Informações Geo-referenciadas

1 Introdução

1.1 *Tartarugas Marinhas*

Tartarugas marinhas são répteis que passam a maior parte de sua vida imersos em águas oceânicas ou estuarinas, necessitando emergir somente para realizar trocas gasosas e, no caso das fêmeas, desovar. A anatomia destes animais difere-se quando comparada com outras espécies de tartarugas aquáticas e terrestres, o que define o modo de vida e suas interações com o ambiente (Abecassis *et al.*, 2013; Howell *et al.*, 2010; Kobayashi *et al.*, 2014). A variabilidade do comportamento das diferentes espécies de tartarugas é reconhecida há décadas porém, existe uma série de questões pouco esclarecidas (Wyneken *et al.*, 2013), como, por exemplo, o perfil de mergulho ao longo de diferentes áreas de alimentação utilizadas por juvenis e subadultos (González Carman *et al.*, 2016)

1.1.1 *Alimentação e Fases de Vida*

Hábitos alimentares diferem em tartarugas marinhas de acordo com a espécie e fase de vida já que estes animais frequentam diferentes habitats ao longo de cada estágio (Abecassis *et al.*, 2013; Howell *et al.*, 2010; Kobayashi *et al.*, 2014). Após o nascimento, a maioria das espécies de tartarugas marinhas, entre elas a tartaruga-cabeçuda (*Caretta caretta*), nadam para águas profundas atingindo os grandes sistemas de giros oceânicos, característica da fase pelágica destes animais (Plotkin *et al.*, 2003)

Após a eclosão dos ovos, indivíduos recém-nascidos de tartaruga-cabeçuda correm ao mar e atravessam a zona nerítica e passam seus primeiros anos utilizando somente o ambiente oceânico até a fase de juvenis quando recrutam para águas neríticas, permanecendo neste ambiente até a maturidade (Mansfield *et al.*, 2013). Este recrutamento se dá de acordo com o ambiente no qual estão inseridos, sendo que, no Oceano Atlântico, foi observado que esta mudança de habitat ocorre em indivíduos possuindo comprimento curvilíneo de carapaça (CCC) entre 42 a 64 cm (Bjorndal *et al.*, 2000).

A plasticidade quanto ao habitat utilizado por estes animais após o recrutamento vem sendo crescentemente discutida (Hatase *et al.*, 2010; Mansfield *et al.*, 2013). Trabalhos recentes registraram através de telemetria animais adultos e grandes juvenis ocupando águas oceânicas (González Carman *et al.*, 2016; Mansfield *et al.*, 2009). Compreende-se que o recrutamento para áreas costeiras ocorre devido à necessidade de aumentar as taxas de crescimento em juvenis (Bolten, 2003; Wyneken *et al.*, 2013) já que há uma maior disponibilidade de presas de alto valor nutricional nestas áreas, o crescimento e a maturação sexual ocorre de forma mais acelerada do que no oceano aberto. Porém, as forças que definem a estratégia destes animais em permanecer em áreas costeiras, retornar para águas oceânicas, ou ainda, adotar uma estratégia mista, ainda são pouco claras. Atualmente, existem duas teorias para este fato (Mansfield *et al.*, 2013): (1) as tartarugas são simplesmente carreadas para o ambiente oceânico através das correntes, o que não justifica os longos períodos que passam nestes habitats e (2) estes animais buscam maximizar as taxas de crescimento, utilizando áreas ricas em produtividade primária como vórtices e frentes, como estratégia para contornar o declínio na oferta de presas costeiras.

A tartaruga-cabeçuda é uma espécie omnívora oportunista, selecionando diferentes tipos de

alimentação em diferentes estágios de vida (Lutz *et al.*, 2003). Durante os primeiros anos de vida na fase oceânica, indivíduos desta espécie são basicamente carnívoros (Bjorndal *et al.*, 1997) se alimentando puramente de presas pelágicas/epipelágicas diversas, diferentemente da dieta mista associada ao estágio nerítico (Jones *et al.*, 2013). Em zonas costeiras, os juvenis passam a utilizar o seu maxilar potente e especializado para ingerir preferencialmente invertebrados como bivalves, gastrópodes e decápodes associados a costões rochosos e fundos arenosos (Marquez, 1990). Contudo, o recrutamento nerítico não resulta necessariamente em uma mudança na dieta, podendo haver em períodos onde novos recrutas continuam consumindo presas pelágicas enquanto gradualmente incluem presas bentônicas em sua dieta (Bolten, 2003).

Plotkin *et al.* (2014) observaram que animais adultos são capazes de cavar o fundo com suas nadadeiras dianteiras e alimentar-se dos organismos expostos. Por serem generalistas, a sua dieta pode variar também de acordo com a distribuição geográfica das populações desta espécie. Bugoni *et al.* (2003) realizaram um estudo do trato digestivo de 16 indivíduos adultos e subadultos de tartaruga-cabeçuda encalhados no Rio Grande do Sul e concluíram que os principais organismos consumidos por estes animais são crustáceos, moluscos e peixes.

1.1.2 *Tartaruga-Cabeçuda no Rio Grande do Sul*

A região marinha do Sul do Brasil possui uma rica variedade ecossistêmica que é regida principalmente pela interação entre o encontro das águas frias da Corrente das Malvinas com as águas quentes vindas do norte através da Corrente do Brasil, suspendendo águas ricas em nutrientes de camadas mais inferiores para a superfície (ressurgência) e impulsionando o desenvolvimento da vida marinha (Brandini, 1990). Devido a isso, a atividade pesqueira no litoral gaúcho é bem desenvolvida, o que acaba por impactar não somente os estoques populacionais das espécies-alvo da pesca mas também os estoques de animais capturados incidentalmente, como as tartarugas marinhas (Monteiro, 2004).

A pesca de arrasto, emalhe e espinhel de fundo e de meia água são as artes de maior interação com tartarugas marinhas ao redor do mundo, sendo que a pesca de arrasto de camarão é apontada como a mais impactante em termos de captura incidental de algumas espécies de tartarugas (González Carman *et al.*, 2016). No litoral do Rio Grande de Sul estas mesmas artes de pesca são associadas às altas taxas de encalhes, principalmente nos meses de outubro a março, quando o esforço na pescaria de arrasto se intensifica (Monteiro, 2004).

O extremo sul do Brasil é uma importante área de desenvolvimento de tartarugas-cabeçudas (*Caretta caretta*) apontada pela alta ocorrência de encalhes (Monteiro, 2004) e de captura incidental em pescarias neríticas e oceânicas no extremo sul do Brasil (Sales *et al.*, 2008). Em um estudo realizado com tartarugas-cabeçudas na região, concluiu-se, através de sinais de danos na carapaça, que 13,6% das tartarugas analisadas chegaram a óbito devido a interação com a pesca local (Bugoni *et al.*, 2001).

Estudos e projetos na Região Sul do Brasil visando a diminuição da captura incidental destes animais vem crescendo durante os anos. O Projeto Tartarugas no Mar é um dos mais novos implementados na região e, entre outros esforços, utiliza a telemetria como um instrumento na compreensão da distribuição e comportamento destes animais. Os transmissores satelitais instalados indicam a localização dos animais e alguns “tags” estão equipados com sensores capazes de retornar dados de temperatura, profundidade e duração dos mergulhos.

1.2 Biotelemetria e o deslocamento de tartarugas marinhas

Biotelemetria pode ser definido como o método que permite o acesso ou controle de parâmetros biológicos à distância, através de equipamentos eletrônicos acoplados em animais (Amlaner & Macdonald, 2013). No estudo comportamental de tartarugas marinhas essa técnica vem sendo usada desde a década de 1980, e experimentou um rápido crescimento nos últimos anos (Godley *et al.*, 2008).

Tartarugas marinhas são animais caracterizados por serem solitários, apresentarem alta taxa de predação nos seus primeiros anos e estarem submersos a maior parte de sua vida. O comportamento migratório é outra variante que define estes animais e intriga a sociedade acadêmica. Sabe-se que milhares de quilômetros podem ser percorridos pelas tartarugas entre a sua área de nascimento e de alimentação (Lutz *et al.*, 2003), ocupando diversos habitats e nichos ecológicos marinhos (Plotkin & Spotila, 2002).

Esses são apenas alguns fatores que dificultam o estudo comportamental destes animais e de como fatores ambientais estão relacionados com as suas movimentações. Porém, com o desenvolvimento de equipamentos capazes de transmitir a localização e o comportamento de mergulho do animal, as lacunas de conhecimento a respeito destas longas viagens vêm sendo preenchidas, já que esta tecnologia permite o acompanhamento de tartarugas por períodos prolongados e seus dados são transmitidos por satélites que cobrem toda a superfície terrestre, sendo dispensável a recaptura física do animal.

O sistema Argos é desenvolvido por três grandes instituições, NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration, USA), NASA (National Aeronautics and Space Administration, USA) e CNES (the French Space Agency), com o objetivo de retornar informações ambientais através de sinais de satélite (ARGOS, 2016). O sistema possui uma ampla aplicabilidade que vai desde observações integradas da terra até programas de ajuda humanitária. Com a possibilidade de troca remota de informações entre o ambiente (ou animal) e o pesquisador, feições e aspectos ambientais antes pouco compreendidos devido à limitação de acompanhamento *in situ* vem sendo solucionados.

Na oceanografia o sistema ARGOS é muito utilizado, uma vez que coletas de dados e o monitoramento da vida em ambiente oceânico envolve altos custos operacionais e financeiros. A compreensão de comportamentos animais como estratégias de forrageio, de reprodução, alimentação e como eles se adaptam a mudança do ambiente que os cerca são alguns dos focos do estudo de pesquisadores que utilizam este tipo de monitoramento remoto (Plotkin *et al.*, 2003). Esta ferramenta vem ajudando cientistas a descrever áreas visitadas por tartarugas de diferentes espécies, assim como a velocidade, a rota e a distância atingida durante as migrações (Santos *et al.*, 2011).

Além da localização dos animais, sensores integrados aos teletransmissores são capazes de retornar dados de profundidade, temperatura interna do animal, temperatura da água, e duração de cada mergulho, entre outras variáveis. Com estes dados é possível analisar a movimentação vertical em relação às variáveis ambientais, assim como caracterizar as áreas com os fatores oceanográficos preferenciais, construindo assim uma visão tridimensional dos movimentos realizados na coluna d'água.

Estas informações são ferramentas relevantes na conservação das tartarugas marinhas, já

que, com a melhor compreensão dos movimentos verticais, é possível elaborar leis mais coerentes quanto a áreas e profundidades a serem evitadas por atividades pesqueiras, assim como mecanismos de redução de captura, reduzindo a morte por captura incidental destes animais (Marcovaldi *et al.*, 2006). Porém, alguns fatores acabam limitando o uso desta tecnologia, como o custo elevado dos equipamentos e da transmissão de dados, a vida útil da bateria, e a alta taxa de perda do *tag* por diversos fatores, como a morte do animal, descolamento do transmissor, captura por pescadores e problemas na instalação do teletransmissor.

Apesar de estudos sobre os movimentos verticais de tartarugas marinhas estarem sendo realizados em todo o globo, a maior parte dos trabalhos está localizada no Oceano Pacífico Norte. Howell *et al.* (2010) caracterizaram o perfil de mergulho de juvenis de tartaruga-cabeçuda no Oceano Pacífico Norte quanto à profundidade e duração dos mergulhos, combinando estes parâmetros e definindo categorias de mergulhos. Polovina *et al.* (2002) monitoraram dois indivíduos de tartaruga-cabeçuda e dois de tartaruga-oliva (*Lepidochelys olivacea*) por quatro meses com o objetivo de investigar as profundidades atingidas por estes animais e testando a hipótese de que anzóis mais profundos na pescaria de espinhel capturariam menos tartarugas. Concluíram que linhas mais profundas capturariam substancialmente menos tartarugas-cabeçudas e diminuiriam também a captura de tartarugas-oliva, mesmo com esta espécie apresentando maiores profundidades de mergulho. Além do mais, o monitoramento de barcos de pesca na região que não utilizaram linhas rasas entre abril e dezembro de 2001 capturaram apenas duas tartarugas-oliva e nenhuma captura incidental de tartarugas-cabeçudas evidenciando o resultado positivo desta estratégia. Já no ano de 2013 um modelo foi publicado reunindo estudos de grande impacto entorno dos movimentos verticais e horizontais da tartaruga-cabeçuda visando propor estratégias concisas para a diminuição da captura incidental no Oceano Pacífico Norte (Abecassis *et al.*, 2013).

No Oceano Atlântico Norte um trabalho investigou a variação de mergulhos de tartaruga-cabeçuda em relação às frentes térmicas utilizando a recaptura de teletransmissores em áreas de desova nas Ilhas Canárias onde as análises indicaram que estes animais possuem uma preferência por áreas de alta produtividade (frentes térmicas) e mergulhos mais rasos durante o dia quando próximos a frentes térmicas (Scales *et al.*, 2015). No Atlântico Sul-Occidental foram realizados estudos na ilha de Ascensão, área de desova das tartarugas-verde (*Chelonia mydas*), com o objetivo de analisar o comportamento de mergulho durante o intervalo entre desovas subsequentes (10-12 dias) (Hays *et al.*, 2000). Neste estudo todas as tartarugas realizaram mergulhos até uma determinada faixa (geralmente entre 18 e 20 metros) onde ficaram associadas por um longo período, provavelmente descansando junto ao fundo marinho, retornaram a superfície rapidamente e posteriormente voltam a mergulhar para a mesma profundidade. (Hays *et al.*, 2000). Marcovaldi *et al.* (2010) acompanharam através de transmissores o deslocamento internidal e as áreas utilizadas para alimentação após o período reprodutivo de tartarugas-cabeçudas ao longo do litoral da Bahia, principal área de desova desta espécie no Brasil. Em 2013 foi publicado o primeiro trabalho apresentando dados de mergulho de juvenis de tartaruga-cabeçuda na região do Atlântico Sul Occidental através de instrumentos de telemetria, que caracterizou as áreas de maior uso e registrou mergulhos de até 300 metros (Barceló *et al.* 2013).

Estudos de telemetria de fêmeas adultas em período de desova permitem a recaptura do

equipamento, já que a tartaruga retorna a praia para repetidas desovas, o que possibilita o acesso de todo o perfil registrado pelo transmissor. Assim, Minamikawa *et al.* (1997) caracterizaram os diferentes tipos de mergulho realizados por tartarugas-cabeçudas: (1) mergulhos atingindo o assoalho oceânico e permanecendo associados a ele por um período considerável. (2) mergulhos rápidos, sem permanência na profundidade máxima atingida, (3) após atingir a profundidade máxima de mergulho a ascensão é gradual e (4) semelhante ao terceiro porém, no retorno para a superfície estacionam a uma certa profundidade e posteriormente retornam a superfície. Houghton *et al.* (2002) utilizaram a mesma metodologia e observaram seis diferentes tipos, adicionando aos quatro descritos acima mais uma pequena variação no comportamento do primeiro, onde o animal não fica todo o tempo exclusivamente associado ao fundo no seu tempo submerso e um sexto tipo extremamente raso e de pequena duração, adotados para a recuperação de mergulhos profundos.

1.3 Tartarugas marinhas e feições oceanográficas

Mais do que acompanhar o padrão comportamental das tartarugas marinhas isoladamente, pesquisadores vem usando dados de telemetria relacionados com os movimentos oceânicos de larga escala com o objetivo de criar uma visão mais sistêmica do ambiente e dos fatores oceanográficos que influenciam o comportamento destes animais. Dados oceanográficos obtidos por satélites são capazes de capturar feições de larga e média escala como correntes, frentes e vórtices; já dados obtidos pela biotelemetria mostram como os animais navegam através e ao redor destas feições (Polovina, 2014; Bjørndal *et al.*, 2000)

Cientistas vem estudando a importância de nichos termais para as tartarugas, em especial para a tartaruga-de-couro e cabeçuda (McMahon & Hays, 2006). Embora possa variar entre diferentes regiões (Howell *et al.*, 2008; Polovina *et al.*, 2000), em geral, a isoterma de 15 °C é a temperatura superficial apontada como limite termal na distribuição da tartaruga-cabeçuda (McMahon & Hays, 2006). Embora algumas tartarugas monitoradas no Atlântico Sul Ocidental tenham experimentado águas mais frias (mínima de 10,2 °C), em 98% do tempo estes indivíduos permaneceram até o limite termal sugerido (Barceló *et al.*, 2013).

Além de determinadas faixas de temperaturas, outras feições oceânicas são apontadas como associadas ao deslocamento de tartarugas marinhas, como frentes oceânicas e vórtices (Howell *et al.*, 2010; Polovina *et al.*, 2000; Scales *et al.*, 2015). As tartarugas marinhas estão associadas às áreas de correntes oceânicas tanto para facilitar a movimentação, advectando-as e auxiliando nas movimentações por grandes distâncias (Luschi *et al.*, 2003), quanto para aproveitarem a disponibilidade de alimento. As áreas frontais entre diferentes correntes possuem um intenso gradiente horizontal nos parâmetros bio-físicos como clorofila, oxigênio e temperatura, caracterizando estas zonas como áreas de maior produtividade e portanto maior oferta de alimento (Hatase *et al.*, 2010; Mansfield *et al.*, 2013)

Frentes oceânicas são caracterizadas por possuírem uma rápida mudança espacial na estrutura termohalina e na estabilidade hidrostática (Zanella *et al.*, 1998). O encontro de diferentes massas d'água propicia um ambiente rico em nutrientes (causados pela ressurgência), agindo como base da cadeia trófica e desenvolvendo um *hotspot* de biodiversidade (Bakun, 2006). Uma gama de vertebrados marinhos são associados a estas feições de meso-escala, usando-as como habitats de migração para alimentação devido ao seu alto nível de densidade e variedade de organismos biológicos (Scales *et al.*, 2014). Processos físicos variados podem formar diversas frentes, incluindo

frentes estuarinas, frentes de maré, frentes de quebra de plataforma, frentes de ressurgência e frentes de correntes de contorno leste e oeste (Oliveira *et al.*, 2011). A cada frente está associada uma determinada manifestação química, física e biológica. Geralmente, uma frente formada por uma determinada propriedade pode ser detectada por meio de outra propriedade, por exemplo, frentes de temperatura são quase sempre associadas à frentes de salinidades (frentes termohalinas) (Oliveira *et al.*, 2011). Simultâneas manifestações física, química e biológica da mesma frente são usualmente superpostas, embora um intervalo espacial relativamente pequeno pode ser observado entre as localizações da mesma frente em diferentes propriedades (Miller, 2004).

Feições de meso escala como frentes oceânicas de Temperatura Superficial do Mar (TSM), apesar de ser passível de serem delimitadas *in situ*, sofrem uma limitação quanto a resolução temporal quando utilizado este método de para sua caracterização. Além disto, o alto custo dos cruzeiros oceanográficos, disponibilidade e capacitação para o manuseio de equipamentos, são fatores que acabam dificultando a delimitação destas feições *in situ*. Algumas técnicas de detecção automática de frentes oceânicas utilizando dados de sensores remotos vêm sendo desenvolvidas. A temperatura superficial do mar pode ser obtida por dois diferentes métodos de sensoriamento remoto: infravermelho termal ou radiometria de ondas passivas. Entre as vantagens do primeiro método pode-se citar a boa resolução e exatidão dos dados, diferentemente do segundo método que retorna dados com baixa exatidão e resolução. Já o segundo método destaca-se por não sofrer interferência de nuvens, que são um obstáculo para a obtenção de dados nos métodos do infravermelho termal (Maurer, 2002).

Existem iniciativas para minimizar estes problemas de coleta de dados através de sensores remotos, agregando métodos de interpolação e dados coletados *in situ*, como o *Operational Sea Surface Temperature and Sea Ice Analysis* (OSTIA) desenvolvido pelo Serviço Nacional de Meteorologia do Reino Unido (Met Office – UK's National Weather Service) (Donlon *et al.*, 2012). Gandra *et al.* (2015) testaram a utilização de imagens OSTIA com dados de telemetria de tartarugas marinhas e concluíram que este produto é satisfatório para a delimitação de frentes térmicas.

2 Área de Estudo

A área de estudo deste trabalho foi definida através do percurso realizado pelos indivíduos monitorados no período estipulado. A área se estende aproximadamente entre os limites longitudinais de 52° a 37° W (desde a costa do Rio Grande do sul até 1700 km da costa) e latitudinais de 30° a 43° S (entre Santa Catarina e o extremo norte da Argentina) (Figura 1). Esta área está dentro do Oceano Atlântico Sul Ocidental (ASO), compreendida entre as águas costeiras do Brasil, Uruguai e Argentina até o limite da cordilheira mesoceânica (Frazier, 1984).

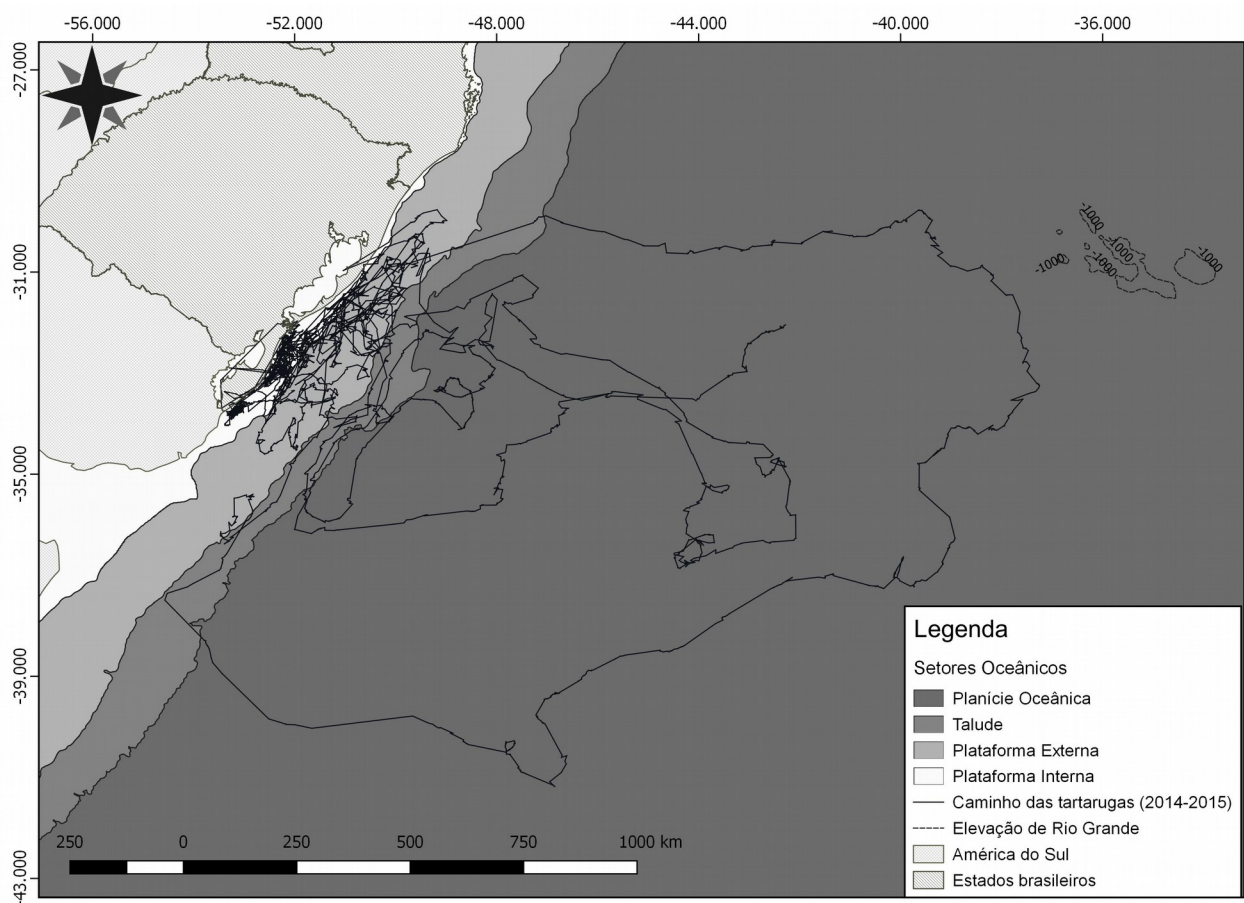


Figura 1: Área de estudo delimitada pelo caminho percorrido por nove indivíduos de tartaruga-cabeçuda monitorados entre dez/2014 e dez/2015.

A plataforma continental sul do Brasil apresenta uma grande importância como fonte econômica através da intensa atividade pesqueira da região, além do seu valor cultural e cênico desenvolvendo o turismo local. Em termos oceanográficos é um ambiente caracterizado por águas ricas em nutrientes (Martins & Carneiro, 2012).

Por estar presente em uma margem passiva, a plataforma continental do Brasil é tectonicamente calma, larga, e com uma declividade suave até o início do talude (aproximadamente 200 metros). Pode ser dividida em plataforma continental interna, indo desde a linha de costa até a profundidade de 50 m, e plataforma continental externa, localizada desde os 50 m até a zona de quebra (Silveira *et al.*, 2000), a aproximadamente 200 m de profundidade.

As zonas frontais podem ser ocasionadas e definidas por uma variedade de processos oceânicos. Existem três tipos de frentes na zona costeira: frentes de ressurgência, frentes de quebra de plataforma e frentes rasas (Tomczak, 1998). Na região sul do Brasil até águas próximas ao litoral uruguaio a frente de quebra de plataforma é a mais observada. Estas feições se caracterizam por ser o limite de águas costeiras e oceânicas de diferentes propriedades hidrográficas, onde a água costeira pode ser significativamente mais salgada ou mais doce, mais quente ou mais fria que a água adjacente do oceano aberto, constituindo assim uma diferente massa de água (Tomczak, 1998). Neste caso, a água do oceano não adentra a costa, e sim, move-se geostroficamente ao longo do encontro destas diferentes massas d'água, definindo assim, o limite entre águas costeiras e oceânicas (Tomczak, 1998). A Figura 2 mostra a persistência da frente térmica (número de dias em que ocorreram) na área de estudo, onde é observada uma maior persistência desta feição próximo a quebra de plataforma e na porção mais ao sul do Rio Grande do Sul.

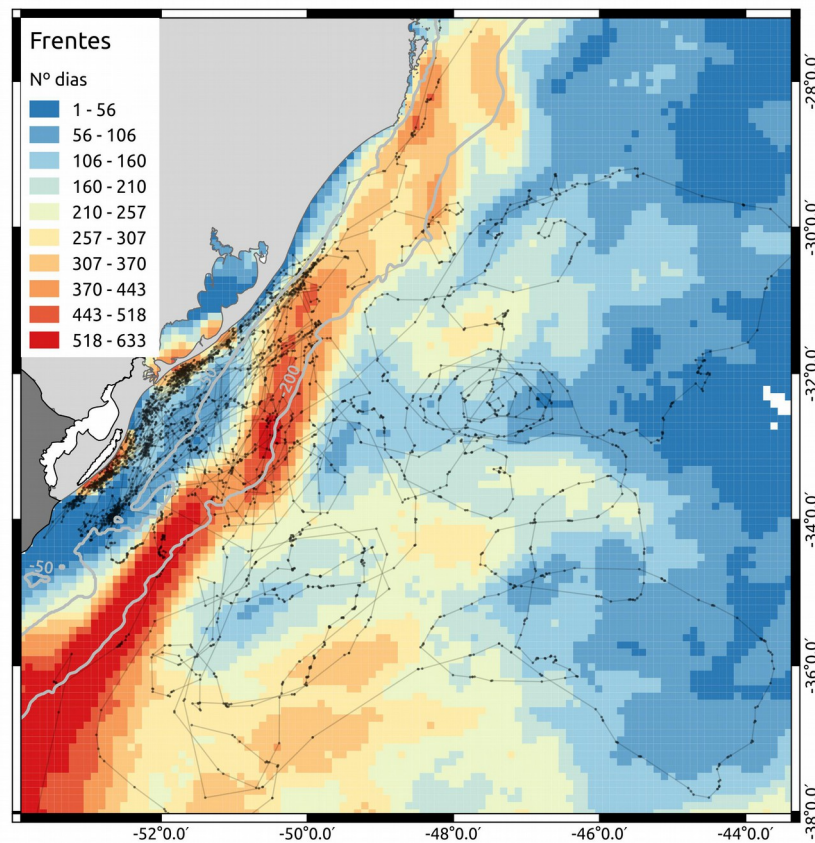


Figura 2: Persistência de frente térmica ao longo de dois anos de análise.
Fonte: Gandra *et al.* 2015

3 Objetivos

3.1 *Objetivo Geral*

Analisar o perfil de mergulho de indivíduos de tartaruga-cabeçuda (*Caretta caretta*) na zona utilizada pelos animais monitorados ao longo do Oceano Atlântico Sul no período de um ano.

3.2 Objetivos Específicos

- Avaliar os mergulhos em termos de profundidade e duração;
- Investigar a variação dos mergulhos em relação a setores oceanográficos, sazonalidade, temperatura superficial e distância de frentes térmicas;
- Inferir quanto ao uso de habitat dos diferentes indivíduos monitorados;

4 Materiais e Métodos

4.1 Materiais

Para a elaboração deste trabalho foram utilizadas duas fontes de dados: telemetria de tartarugas e dados de TSM. Os dados de TSM foram obtidos através da plataforma OSTIA, enquanto os de telemetria foram obtidos do monitoramento realizado pelo projeto Tartarugas no Mar, que instalou teletransmissores em nove indivíduos de tartaruga-cabeçuda.

Estes dados foram armazenados no *Data Center* do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFRS – Câmpus Rio Grande), em um banco de dados desenvolvido no Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) PostgreSQL 9.3. A decodificação dos dados foi feita através do DAP Processor, software desenvolvido pela *Wildlife Computers*. A visualização e representação cartográfica foram elaboradas no QGIS 14.1 e as análises estatísticas no R 3.4.

4.1.1 Instalação dos transmissores e aquisição de dados de telemetria

As nove tartarugas monitoradas neste trabalho foram capturadas incidentalmente na pescaria de arrasto. Este trabalho utilizou dados de monitoramento de um ano (Dez/2014-Dez/2015). Dentre as tartarugas monitoradas quatro eram adultas, sendo três fêmeas e um macho, e as demais eram indivíduos juvenis sem maturação sexual e, portanto, sem a definição do sexo. Além da evidência morfológica de maturação sexual, o estágio de vida do animal foi determinado a partir do dado morfométrico, onde foram considerados adultos indivíduos com tamanho igual ou superior a 83 cm de comprimento curvilíneo de carapaça (CCC), como adotado por (Bolten, (2003). Os teletransmissores (*tags*) SPLASH 10 utilizados neste trabalho foram fabricados pela *Wildlife Computers*, e permitem, além da investigação horizontal, entender o comportamento vertical através de histogramas de profundidade, temperatura e duração de mergulho. Além disso, todos os transmissores possuem sensor *wet-dry*, que indica quando o equipamento está em superfície para transmitir seus dados aos satélites ligados à plataforma ARGOS (Wildlife Computers, 2014).

Os dados foram transmitidos através do sistema ARGOS, que fornece latitude, longitude, data, horário e precisão das localizações em classes de localização (LC). As classes de localização estão associadas a todas as coordenadas registradas durante a migração do animal, onde: LC 3 representa acurácia menor que 150 m; LC 2 entre 150 e 350 m; LC 1 entre 350 e 1000 m; LC 0 para acurácia maior que 1000 m; e A, B e Z sem cálculo de acurácia (ARGOS, 2016). Além das posições, todos os *tags* possuem sensores de temperatura e pressão (profundidade).

4.1.2 Dados de Temperatura Superficial do Mar (TSM)

Dados de Temperatura Superficial do Mar (TSM) no formato NetCDF foram obtidas previamente através da plataforma *Operational Sea Surface Temperature and Sea Ice Analysis* (OSTIA). Este sistema fornece dados diários de Temperatura Superficial do Mar (TSM) e cobertura de gelo para toda a extensão da Terra com uma resolução espacial de aproximadamente 5 km, através de dados orbitais de micro-ondas e infravermelho, bem como dados in situ, agregados através de uma interpolação ótima multi-escalar (Donlon *et al.*, 2012).

4.2 Métodos

4.2.1 Configuração dos teletransmissores

Devido às características dos animais monitorados, a chance de recuperação de transmissores é muito baixa. Portanto, foram analisados os dados transmitidos por satélite, que são condensados em intervalos de tempo (histogramas) e classes de valores (*bins*) já que a transmissão integral de todos os dados de mergulho registrados pelos gravadores de tempo e profundidade para os sistemas de armazenamento através de sensores remotos é impossível (Hays *et al.*, 2004).

Em relação ao perfil de mergulho, foram analisadas três variáveis: profundidade máxima do mergulho (*Dive Depth* – DDE), duração do mergulho (*Dive Duration* - DDU) e tempo em cada faixa de profundidade (Time-at-Depth - TAD). A variável TAD informa o percentual de tempo de mergulho em cada classe de profundidade (bin) no intervalo de 6 horas, sendo um mergulho considerado o período que o animal esteve submerso entre duas respirações consecutivas. Já a DDE e DDU informam a quantidade de mergulhos que atingiram cada classe de profundidade e duração total do mergulho, respectivamente.

O número de transmissões e a divisão das classes é flexível já que pode ser definido pelo pesquisador antes de acoplar o equipamento no animal. O tempo de duração das baterias depende da configuração dos transmissores. Todos os transmissores foram configurados para retornar histogramas de seis em seis horas e alguns (*tags*: 140028, 140031, 140032, 140035 e 140036) foram programados para funcionar em dias alternados, para aumentar a duração da bateria.

Foram feitas duas configurações diferentes para as divisões de classes das informações de mergulho, sendo que a primeira configuração permaneceu como a padrão do aparelho (*tags*: 140027; 140029; 140034 e 140037), e a segunda (*tags*: 140028, 140031, 140032, 140035 e 140036) foi definida de acordo com as profundidades mais utilizadas por estes animais, uma vez que não é habitual desta espécie realizar mergulhos muito profundos que 200 metros. Devido a este fato, a segunda configuração buscou um maior detalhamento nos primeiros metros da coluna d'água (até aproximadamente 50 metros) que é a faixa de profundidade mais utilizada por tartarugas-cabeçudas (Mansfield *et al.*, 2013). A configuração dos limites superiores de classe definida em cada *tag* está descrito na Tabela 1.

Tabela 1: Configuração das classes de cada parâmetro do teletransmissor.

Tipo de Dado	Configuração 1 (tags 140027, 140029, 140034 e 140037)	Configuração 2 (tags 140028, 140031, 140032, 140035 e 140036)
DDE (metros)	10; 20; 50; 100; 150; 200; 300; 400; 500; 600; 700; >700	5; 10; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 100; 150; >150
TAD (metros)	0; 2; 10; 20; 50; 100; 150; 200; 300; 400; 500; 600; 700; >700	0; 2; 5; 10; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 100; 150; >150
DDU (minutos)	1; 2; 3; 4; 5; 10; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; >60	

4.2.2 Decodificação dos dados

A decodificação dos dados foi realizada no programa *DAP PROCESSOR* desenvolvido e disponibilizado gratuitamente pela *Wildlife Computers*. O programa divide a tabela com os dados brutos em 10 novas tabelas no formato .CSV contendo informações distintas sobre o período registrado.

4.2.3 Delimitação de frentes térmicas

Frentes térmicas foram delimitadas através de rotinas desenvolvidas no PostgreSQL utilizando dados de temperatura já presentes no Banco de Dados do projeto. Foram consideradas frentes térmicas as áreas contendo um gradiente de temperatura maior do que um determinado limiar. Alguns trabalhos realizados no Atlântico Sul utilizaram o limiar de $0,02^{\circ}\text{C}/\text{km}$ como indicativo de frentes (Zanella *et al.*, 1998), porém este valor pode variar dependendo da resolução espacial da imagem analisada. Uma análise exploratória dos dados mostrou que este limiar não foi adequado para a região, gerando áreas muito grandes determinadas como frentes. Gandra *et al.* (2015) realizaram testes modificando o limiar de gradiente nos produtos OSTIA e chegaram a resultados satisfatórios utilizando o limiar de $0,015^{\circ}\text{C}/\text{km}$ para a região do Atlântico Sul Ocidental (ASO), que foi adotado para a delimitação de frentes neste trabalho. Após a classificação das imagens de gradiente de temperatura, foi realizada uma filtragem de convolução passa-baixa (filtro de moda) para eliminar pixels isolados, considerados como ruídos.

4.2.4 Banco de Dados

O banco de dados foi desenvolvido no SGBD PostgreSQL onde os dados decodificados foram inseridos e manipulados em forma de tabelas. Nesta tabela ficaram dispostas todas ocorrências de histograma retornadas durante o período monitorado, porém nem todos os histogramas possuíam coordenadas geográficas. Portanto, foi realizada uma junção entre a tabela de histogramas e a tabela de posições transmitidas, através da data e hora (*timestamp*) registrados em cada uma, permitindo agregar aos dados de mergulho às informações oceanográficas (TSM, distância de frente), espaciais (setor oceânico) e temporais. Como a data e horário do histograma não é exatamente igual ao das posições, foi a menor diferença entre a data/hora dos dados de histogramas e dos dados de posições.

Os dados foram agrupados em relação à estação do ano e setor de profundidade. Para a classificação em setores de profundidade, considerou-se: (1) Plataforma Interna, em profundidades menores que 30 m; (2) Plataforma Externa, em profundidades entre 30 e 200 m; (3) Talude, em profundidades entre 200 e 2000 m e (4) Planície Oceânica, em profundidades

maiores que 2000 m. Para a definição da estação dos anos, considerou-se: (1) Verão como os meses de janeiro a março; (2) Outono, de abril a junho; (3) Inverno, de julho a setembro e (4) Primavera, de outubro a dezembro.

Para testar a estratégia de forrageamento adotada por animal foi aplicada a metodologia proposta por Barceló *et al.* (2013), que considera uma estratégia nerítica ou costeira aqueles animais que passaram 75% do tempo ou mais em regiões costeiras ou oceânicas, respectivamente. Animais que não passaram mais que 75% do tempo em um dos ambientes foram considerados como mistos. Para isso foi calculada a soma do tempo de permanência (em horas) em cada setor para cada indivíduo.

4.2.5 *Análises estatísticas*

Os gráficos e análises estatísticas foram desenvolvidos no software R. Foram elaborados gráficos de densidade (Kernel) por parâmetro em relação a estação e ao setor batimétrico no qual os movimentos foram realizados. Estes gráficos mostram a densidade de registros em cada classe, ponderada pela quantidade de mergulhos realizada nesta classe ao longo dos histogramas.

A estimativa de densidade de Kernel pertence a uma classe de estimadores não-paramétricos, portanto, a estrutura deste estimador é flexível, o que contorna a desvantagem dos histogramas em considerar uma largura simétrica entre classes (Hwang & Lippman, 1994), e pondera o seu resultado em relação a concentração de registros (nuvem de pontos)..

Para testar a variabilidade de comportamento de mergulho em cada classe analisada foi utilizada uma Análise de Variância (ANOVA) de dois fatores, que permite comparar a média de três ou mais populações (neste trabalho comparamos quatro classes em todas as análises) e a interação de dois fatores influenciando um dado de interesse (neste caso a profundidade/duração e setor oceânico/estação/distância de frente influenciando a frequência de mergulhos) (Triola, 2005). O nível de significância estatístico para todas as análises foi de $\alpha = 0.05$.

As distâncias de frentes foram agrupadas em 4 classes, de forma a se assemelhar aos demais parâmetros analisados. Para isso, foi investigada a variabilidade deste parâmetro através de quartis. Quartis são as separatrizes que dividem o conjunto em 4 partes iguais, onde o primeiro quartil é o valor do conjunto que onde 25% dos valores são menores que ele, o segundo quartil 50% são menores e 50% maiores valores, no terceiro quartil 75% dos valores são menores que ele e o quarto onde 100% dos valores são menores que o valor deste quartil (Triola, 2005). Os limites cada classe de quartil de distância para cada parâmetro analisado está representado na Tabela 2.

Tabela 2: Limites superiores de cada quartil por parâmetro

Parâmetro	Prim. Quartil (25%) (Km)	Seg. Quartil (50%) (Km)	Terc. Quartil (75%) (Km)	Quarto Quartil (100%) (Km)
DDE	0,466	17,054	50,673	350
TAD	0,282	17,258	49,226	350
DDU	0,568	14,315	42,111	350

Como o espectro de distância de frente foi muito amplo (entre 0 e 350 km) a análise foi limitada até a faixa de 80 km como adotada por Scales *et al.*, (2015), considerando que além desta distância os movimentos não estão relacionados a estas feições. Para a investigação da correlação entre a distância de frente e a duração e profundidade máxima atingida, fez-se uso da regressão não linear LOWESS, que é um método suavizador onde são considerados todos os pontos do gráfico de dispersão (Christopoulos, 2003) onde o desvio padrão é associado ao longo da curva.

5 Resultados

5.1 *Uso de Habitat*

Os nove transmissores retornaram uma quantidade de dados variável, de acordo com o período de transmissão, configuração e sucesso de transmissão. A Tabela 3 apresenta as características dos animais monitorados e a quantidade de histogramas retornados em cada parâmetro. O transmissor 140032 teve o menor período de transmissão (52 dias) e o 140037 o maior período (325 dias). Não houve grande diferença entre o número de histogramas transmitido para cada parâmetro para cada transmissor.

Tabela 3: Visão geral dos animais monitorados e dos dados retornados dos teletransmissores

Id	Data Inicial	Data Final	Total (Dias)	Estágio de vida	CCC	Sexo	DDE	TAD	DDU	Forrag.
140027	2014-12-24	2015-03-31	97	Juvenil	79	Ind.	122	99	119	Nerítico
140028	2015-03-19	2015-12-10	266	Juvenil	58	Ind.	320	320	385	Nerítico
140029	2015-02-13	2015-10-21	250	Adulta	92	Fêmea	482	488	460	Nerítico
140031	2015-04-10	2015-09-25	168	Adulta	86	Fêmea	337	269	346	Oceânico
140032	2015-03-20	2015-05-10	51	Adulta	84	Fêmea	86	72	102	Mista(60 % ne.)
140034	2015-01-28	2015-10-11	256	Adulta	96	Macho	836	614	817	Oceânico
140035	2015-03-17	2015-06-01	76	Juvenil	75	Ind.	83	68	93	Nerítico
140036	2015-03-19	2015-12-22	278	Juvenil	58	Ind.	190	215	207	Nerítico
140037	2015-02-06	2015-12-28	325	Juvenil	68,5	Ind.	595	391	565	Mista(60 % oc.)

O espectro de temperatura superficial do mar (TSM) associado aos mergulhos foi bem amplo, variando entre a temperatura mínima de 13,77 °C e máxima de 26,27 °C com média de 19,26 °C.

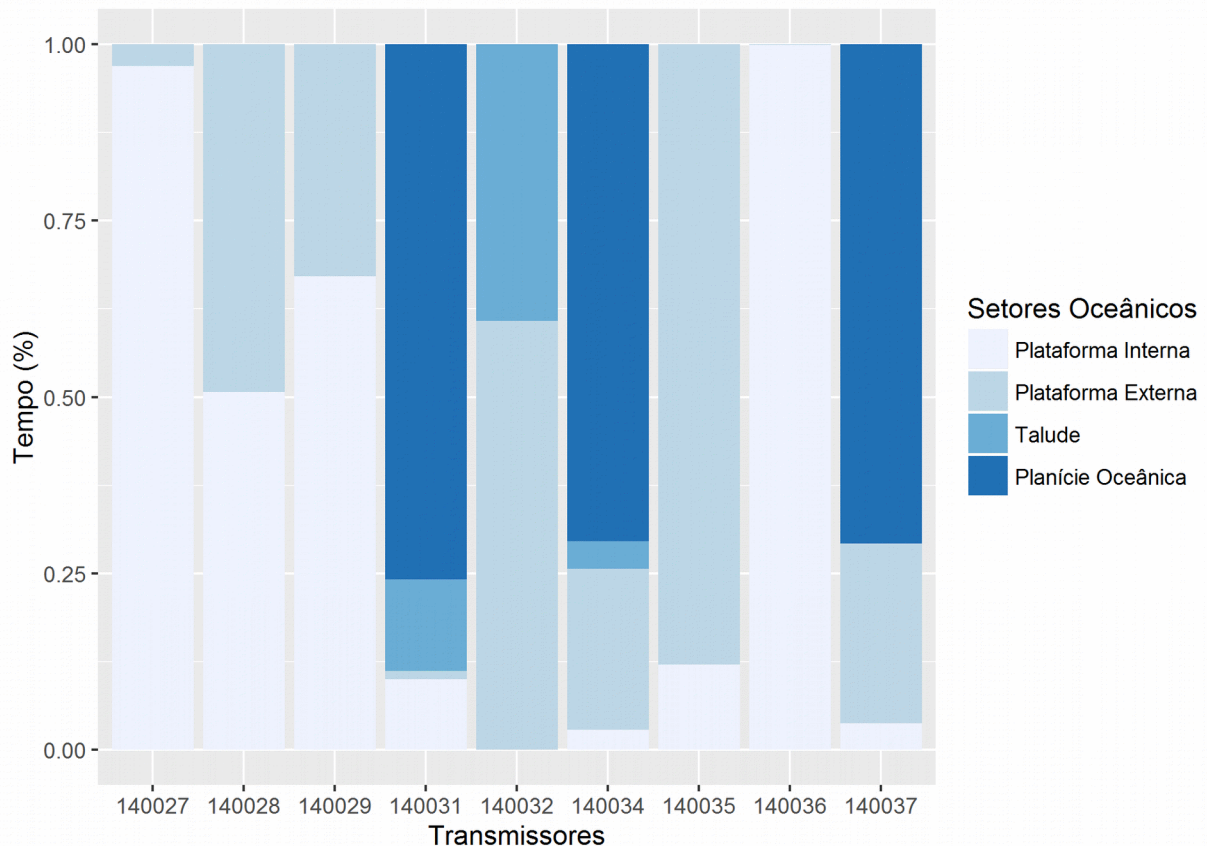


Figura 3: Tempo gasto por cada indivíduo nos diferentes setores.

O uso de habitat foi distinto entre os indivíduos (Figura 3). Considerando o talude como parte do ambiente oceânico e a classificação proposta por Barceló *et al.*, (2013), apenas duas (140031 e 140034) das nove tartarugas monitoradas apresentaram hábitos oceânicos e cinco (140027, 140028, 140029, 140035 e 140036) apresentaram uma estratégia nerítica.

5.2 Análise da Variância dos Mergulhos

Para testar estatisticamente a variabilidade dos parâmetros analisados nas suas distintas classes de setor/estação/distância de frente, a análise de variância (ANOVA de dois fatores) foi utilizada para testar esta hipótese e consequentemente obter análises mais concisas do que somente as observadas visualmente através dos gráficos. O resultado mostrou que há uma forte variabilidade nesta interação em todas as classes espaciais e sazonais ($p\text{ value} < 2^{-16}$). Isto mostra que há diferença significativa no comportamento de mergulho em diferentes classes de setor/estação/distância então analisar os mergulhos nestas diferentes classes é uma abordagem coerente de acordo com o resultado apresentado aqui.

5.3 Profundidade de Mergulho (DDE)

O perfil de profundidade de mergulho atingido individualmente foi bem variado nas nove tartarugas analisadas (Figura 4). O padrão individual geral mostra uma maior densidade de mergulhos atingindo a profundidade máxima de 20 metros.

Porém, alguns indivíduos tiveram maior ocorrência mergulhos profundos do que outros, evidenciando a diversidade do padrão de comportamento desta espécie. Mergulhos próximos a marca de 100 e 150 metros foram mais representativos nos indivíduos 140027, 140028, 140032, 140035 e 140037, que passaram a maior parte do tempo na plataforma continental.

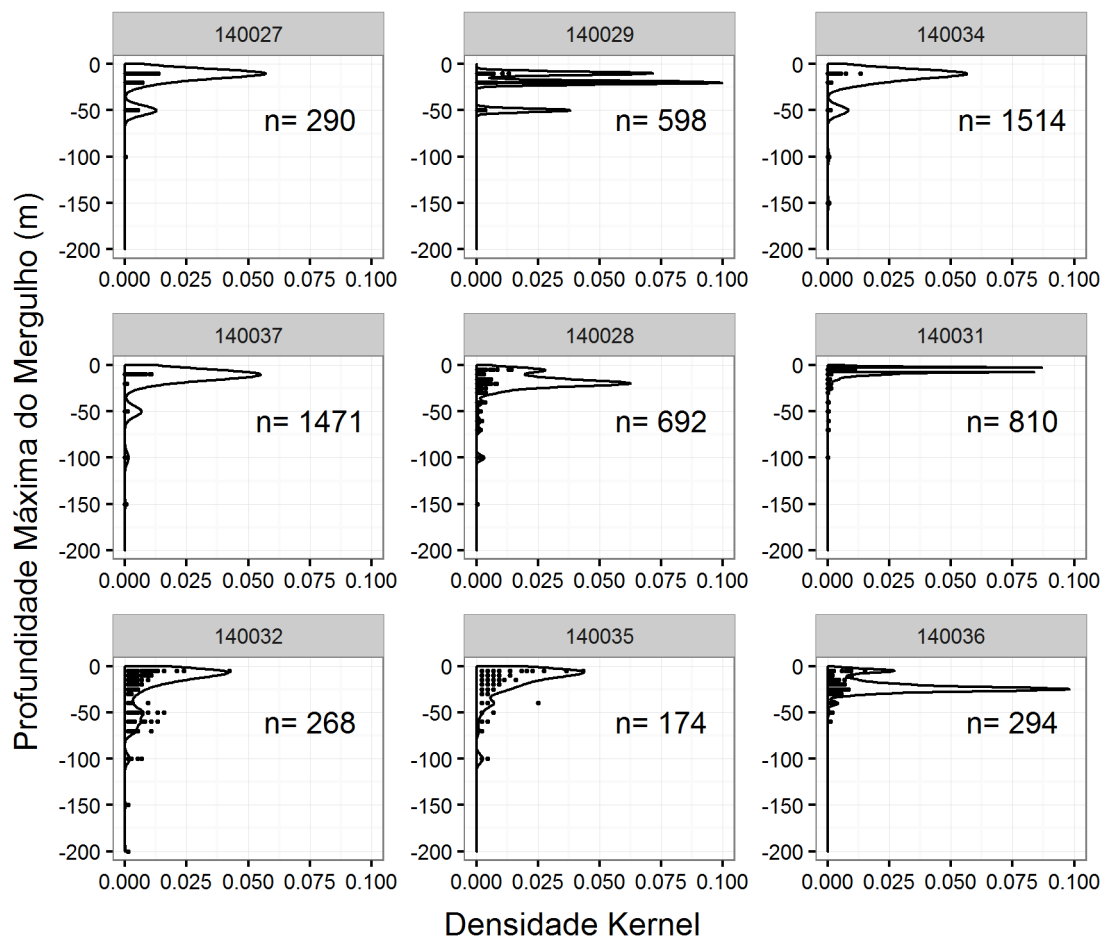


Figura 4: Densidade das classes de profundidade registradas durante os mergulhos de cada indivíduo.

5.3.1 *Profundidade de Mergulho em cada Setor*

O padrão de profundidade máxima atingida foi diferente em cada setor oceânico Figura 5, com maior densidade de mergulhos rasos (entre 0 e 10 metros) nos setores oceânico e talude, enquanto mergulhos mais profundos foram registrados ao longo da plataforma continental externa.

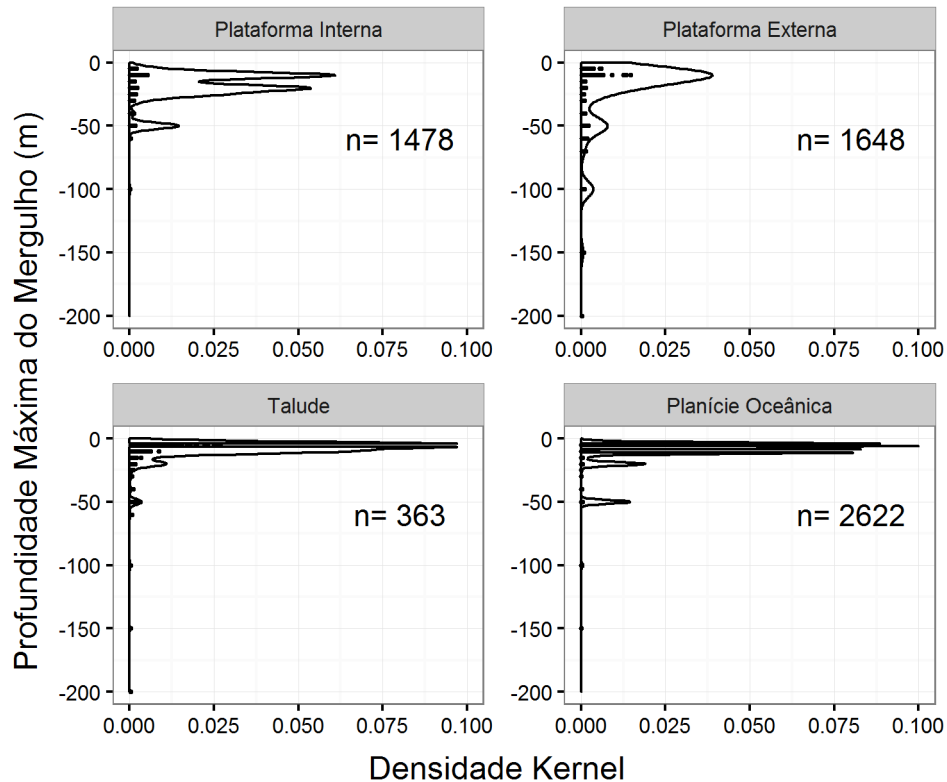


Figura 5: Densidade das classes de profundidade atingidas nos mergulhos em cada setor batimétrico.

5.3.2 Profundidade de Mergulho nas Estações do Ano

A densidade de mergulhos por classe de profundidade também variou conforme a estação do ano o qual os mergulhos foram realizados (Figura 6). Os resultados não mostram uma variação no padrão em relação a diferentes estações.

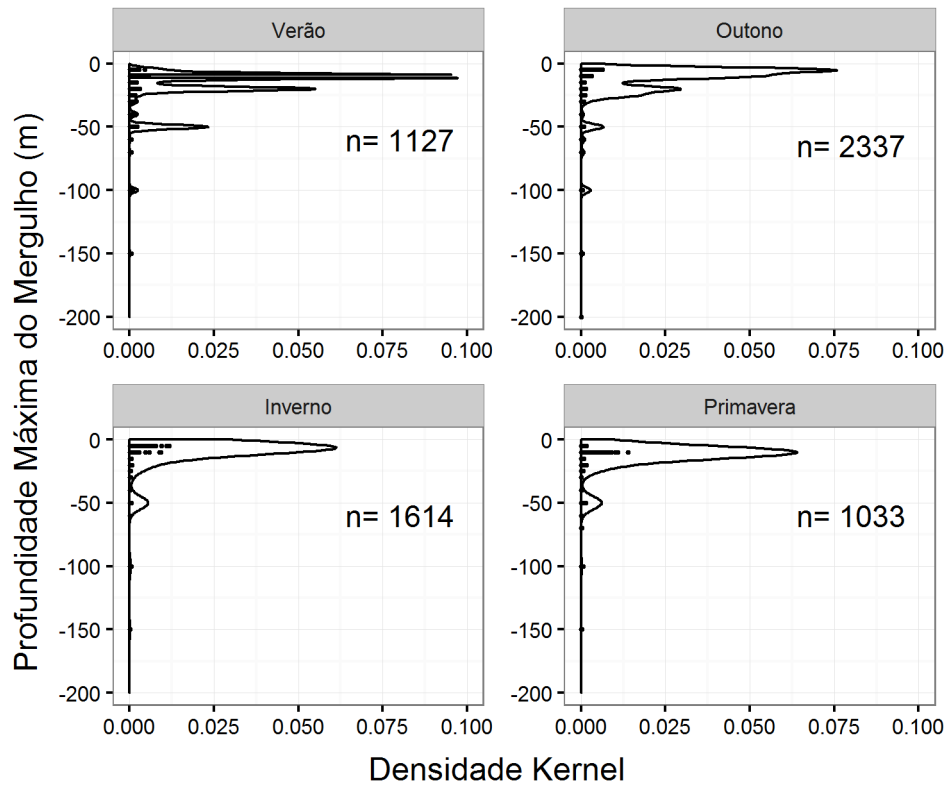


Figura 6: Densidade das classes de profundidade atingida nos mergulhos em cada estação.

5.3.3 Profundidade de mergulho em relação à distância de Frente e Temperatura Superficial

A Figura 7 apresenta o padrão de densidade de mergulhos por profundidade em cada classe de distância de frentes, onde neste resultado também não foi observado uma variação no padrão de mergulho em resposta a distância de frente de onde o mergulho foi realizado.

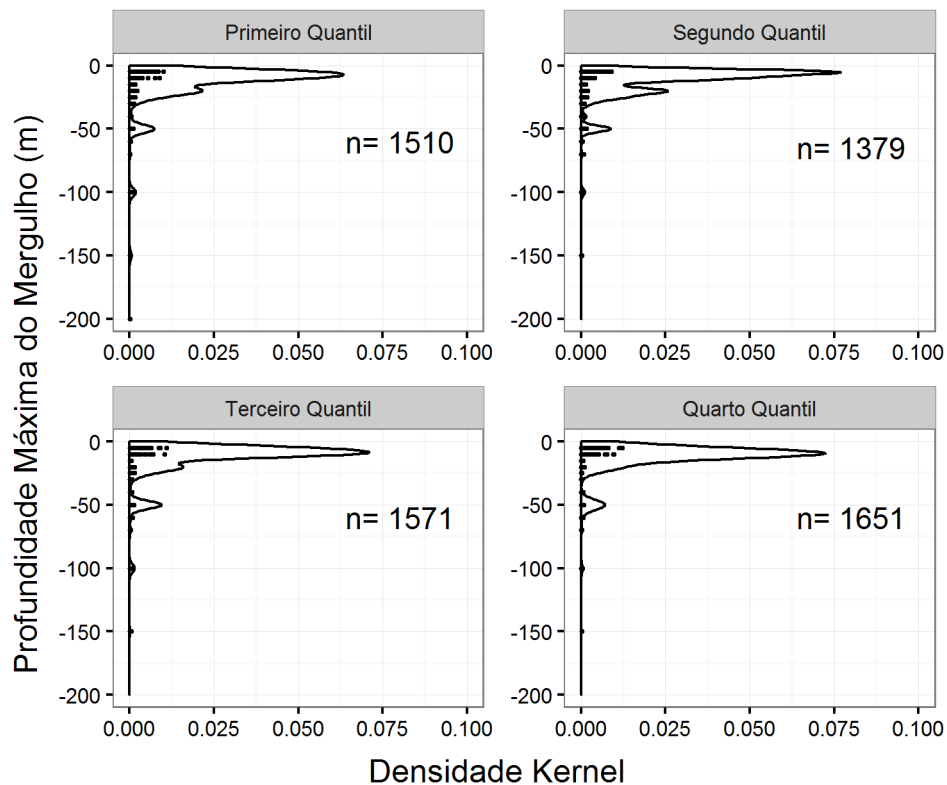


Figura 7: Densidade das classes de profundidade registradas durante os mergulhos em cada quantil de distância de frente.

A Figura 8 mostra a distribuição das profundidades máximas atingidas em cada histograma em relação à distância de frente associada (acima) e em relação à temperatura superficial do mar. A regressão de LOWESS aplicada ao gráfico de dispersão mostra a que não há uma tendência de aumento ou diminuição da profundidade máxima de mergulho em relação a estas duas variáveis.

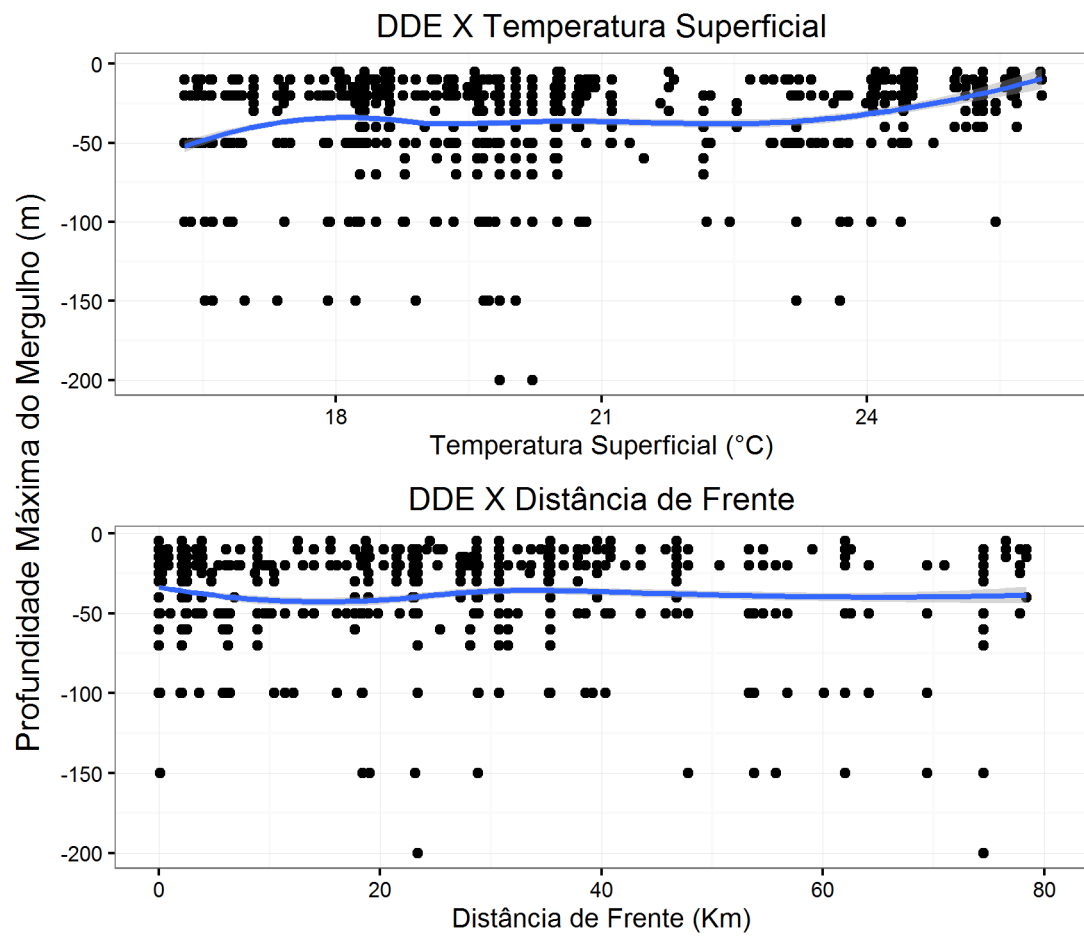


Figura 8: Gráfico de dispersão entre a máxima profundidade atingida em cada histograma e a TSM (a) e distância de frente associada (b), aplicando a regressão não-linear LOWESS.

5.4 Tempo em cada Profundidade (TAD)

A porcentagem do tempo gasto em cada classe de profundidade foi variável para cada indivíduo, assim como a duração do mergulho, apresentada anteriormente. Todos os indivíduos passaram a maior parte do tempo em mergulhos de até 10 metros, porém alguns (140037,140028,140032,140035) registraram longos períodos gastos em mergulhos de até 100 metros (Figura 9).

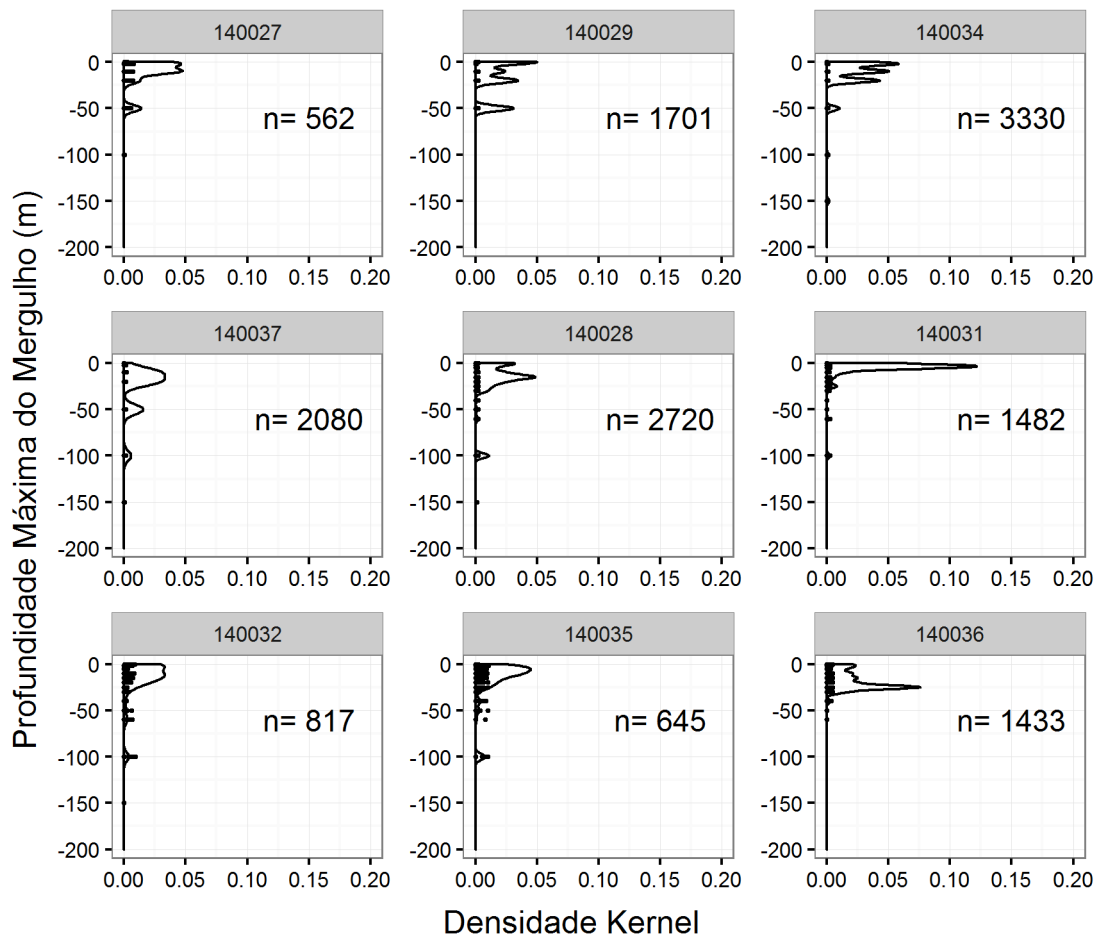


Figura 9: Densidade de mergulhos ponderada pelo tempo em cada profundidade para cada indivíduo.

5.4.1 *Tempo em cada profundidade em relação ao Setor*

A Figura 10 mostra a distribuição da frequência do tempo gasto em cada classe de profundidade ao longo dos setores oceânicos. No talude e na planície oceânica, os animais estiveram na maior parte do seu tempo mergulhando até 20 metros, com uma classe bem marcada entre 30 e 50 metros de profundidade. Na plataforma externa, foram registrados longos períodos de mergulhos de 100 a 150 metros de profundidade.

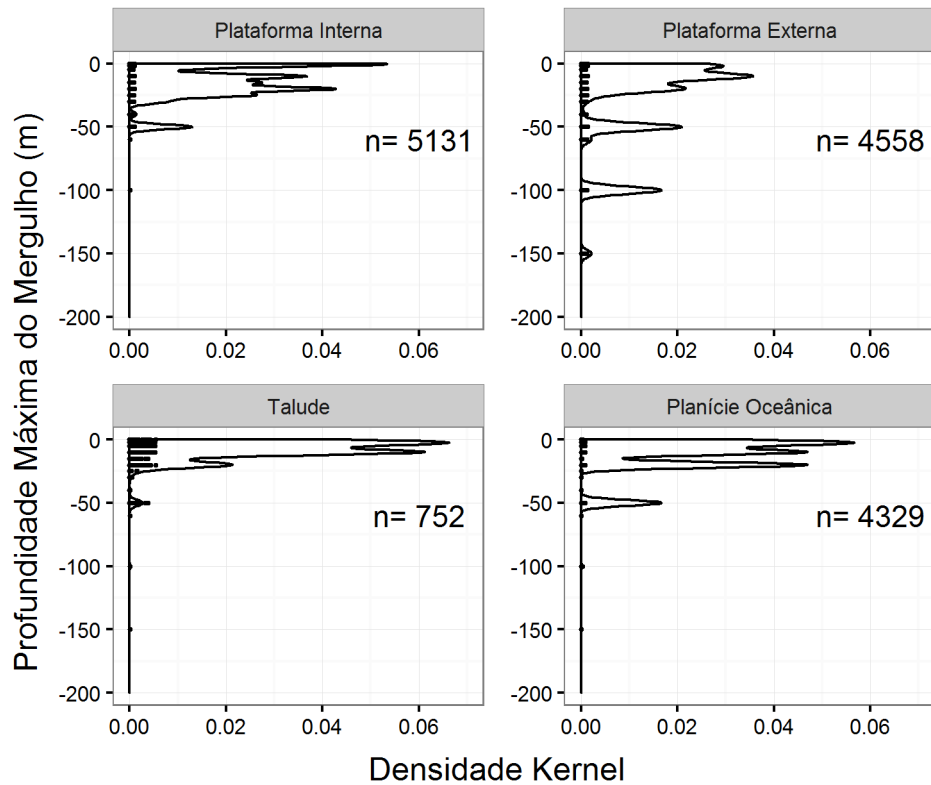


Figura 10: Densidade das classes de TAD atingidas nos mergulhos em cada setor batimétrico.

5.4.2 Tempo em cada profundidade em relação às Estações do ano

A variação do tempo gasto nas diferentes profundidades ao longo das estações do ano está representado na Figura 11. Assim como analisado no parâmetro DDE, apesar de haver diferença no comportamento de mergulho entre estações, os padrões de TAD são semelhantes nas diferentes estações do ano.

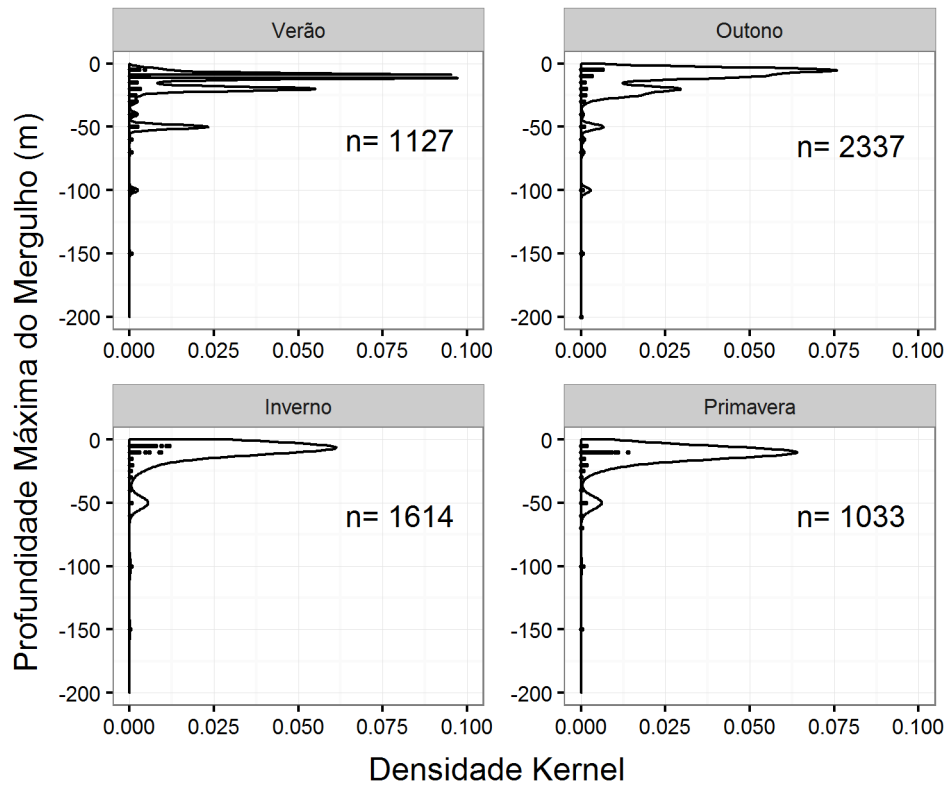


Figura 11: Densidade das classes de TAD atingidas nos mergulhos em cada estação.

5.4.3 *Tempo em cada profundidade em relação à Distância de Frentes*

O resultado quanto à frequência da duração dos mergulhos nas classes de profundidade relacionada com a distância de frente está representado na Figura 12. Assim como observado para o parâmetro DDE os gráficos não mostram diferenças significativas de TAD em relação à distância de frentes.

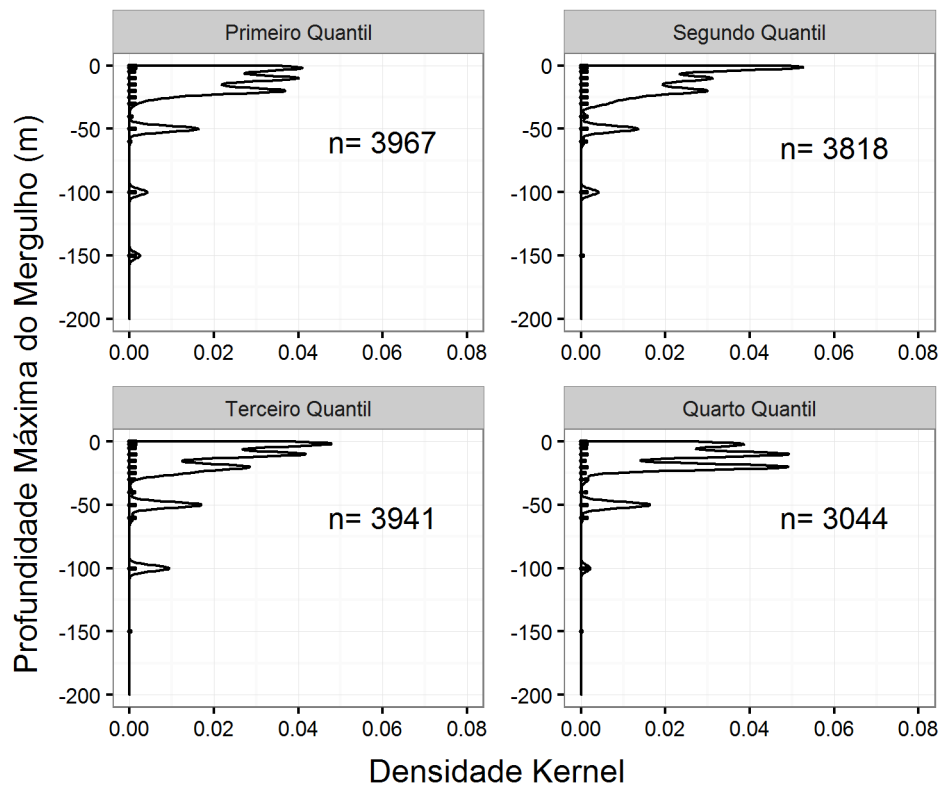


Figura 12: Densidade das classes de TAD atingidas nos mergulhos em cada quantil de distância de frente.

5.5 Duração de Mergulho(DDU)

O padrão da duração dos mergulhos foi distinto para cada animal. Alguns com um número significativo de mergulhos longos, maiores do que 50 minutos (140035, 140028, 140029 e 140034). Por outro lado, outros indivíduos tiveram predominância de mergulhos de curta duração (140027, 140037 e 140031). A tartaruga 140032 não apresentou picos de duração de mergulho, apresentando uma distribuição homogênea de duração de mergulhos.

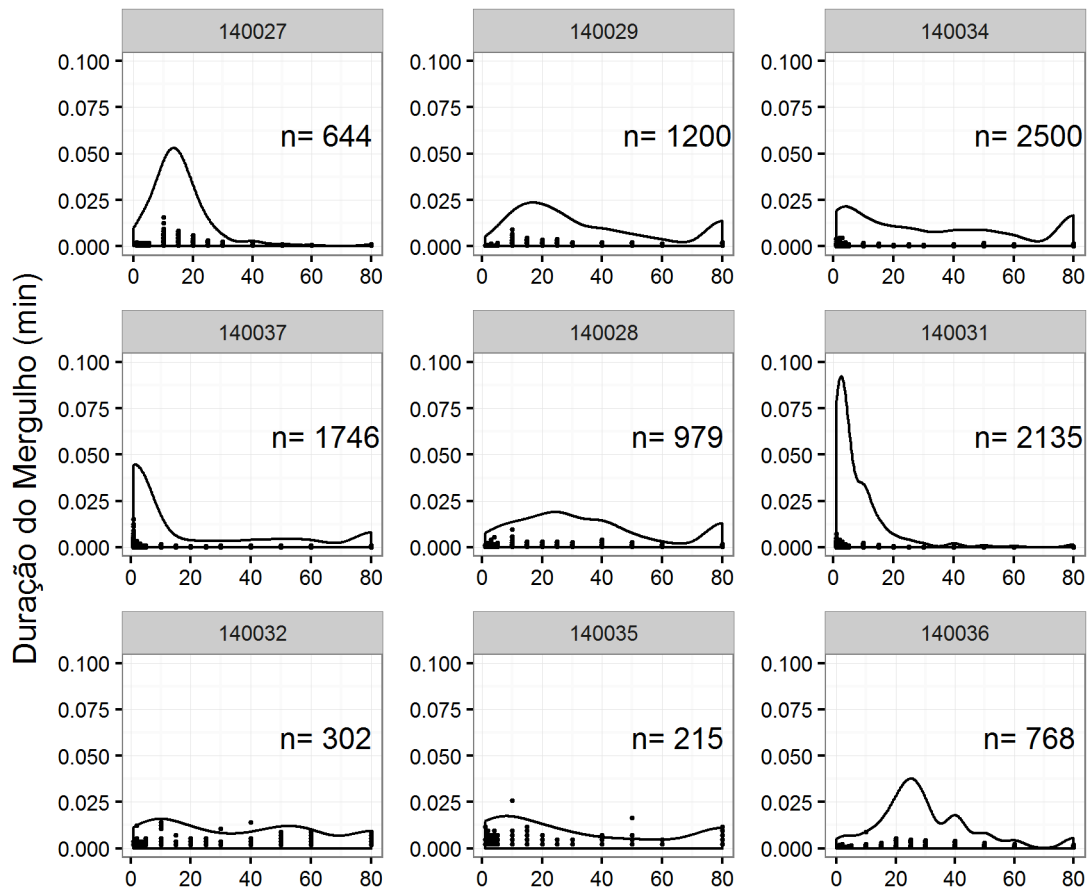


Figura 13: Densidade das classe de duração dos mergulhos por indivíduo.

5.5.1 Duração de mergulhos nos Setores

A duração dos mergulhos foi bem variada em cada setor (Figura 14), mas em um geral houve uma maior frequência de mergulhos pouco duradouros (de 0 a 25 minutos), principalmente na planície oceânica. O único setor que não apresentou este padrão de duração de mergulho foi a plataforma externa, onde foram registrados um grande número de mergulhos mais longos que 60 minutos.

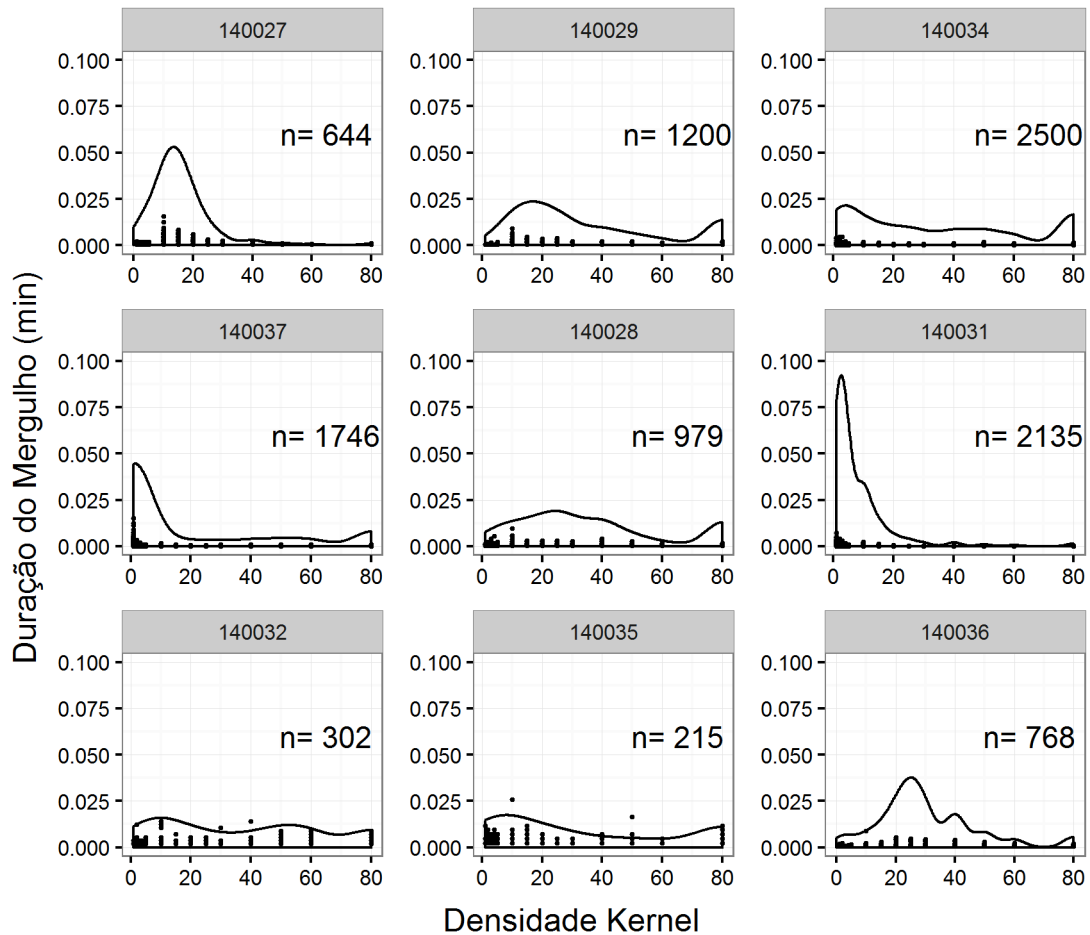


Figura 14: Densidade das classes de duração dos mergulhos em cada setor batimétrico.

5.5.2 Duração de mergulhos em cada Estação do ano

A diferença entre a duração dos mergulhos em cada estação está representado na Figura 15. A figura mostra que houve padrões distintos de duração de mergulho em cada estação do ano. Durante a primavera, há um pico bem marcado de mergulhos de curta duração (<5 minutos), com poucos mergulhos mais longos que 60 minutos. Mergulhos mais longos (> 60 minutos) foram mais significativos nos meses de outono e inverno. Nos meses de verão o pico mais proeminente se encontra em durações entre 10 e 20 minutos.

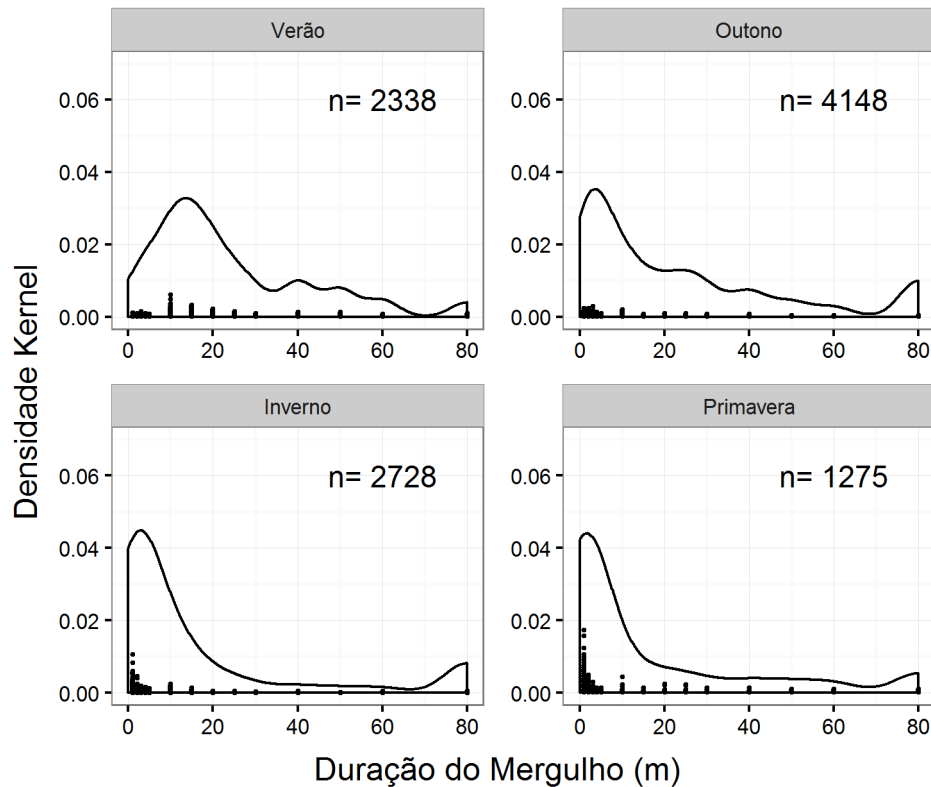


Figura 15: Densidade das classes de duração dos mergulhos em cada estação.

5.5.3 *Duração de mergulho em relação à Distância de Frente e Temperatura Superficial*

A duração dos mergulhos em relação à distância de frente está representada na Figura 16, que mostra a distribuição de densidades se tornando mais concentrada em mergulhos curtos à medida que se aumenta a distância de frentes.

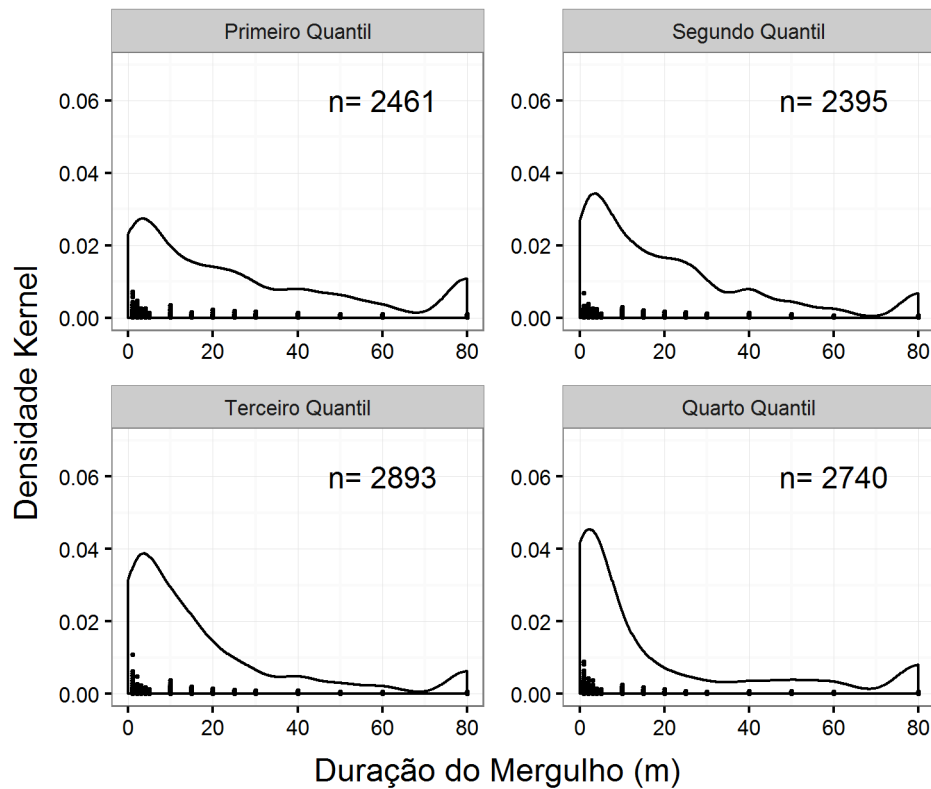


Figura 16: Densidade das classes de duração dos mergulhos em cada quantil de distância de frente.

O diagrama de dispersão da duração dos mergulhos em relação à distância de frentes Figura 17(b) mostra maior duração de mergulhos em menores distâncias de frentes, que vai diminuindo até uma distância de aproximadamente 20 km da frente, quando a curva parece se estabilizar. A duração de mergulho em relação à TSM Figura 17(a) mostra uma queda na duração dos mergulhos com o aumento da TSM na faixa entre 17 °C e 20 °C, quando a curva se estabiliza.

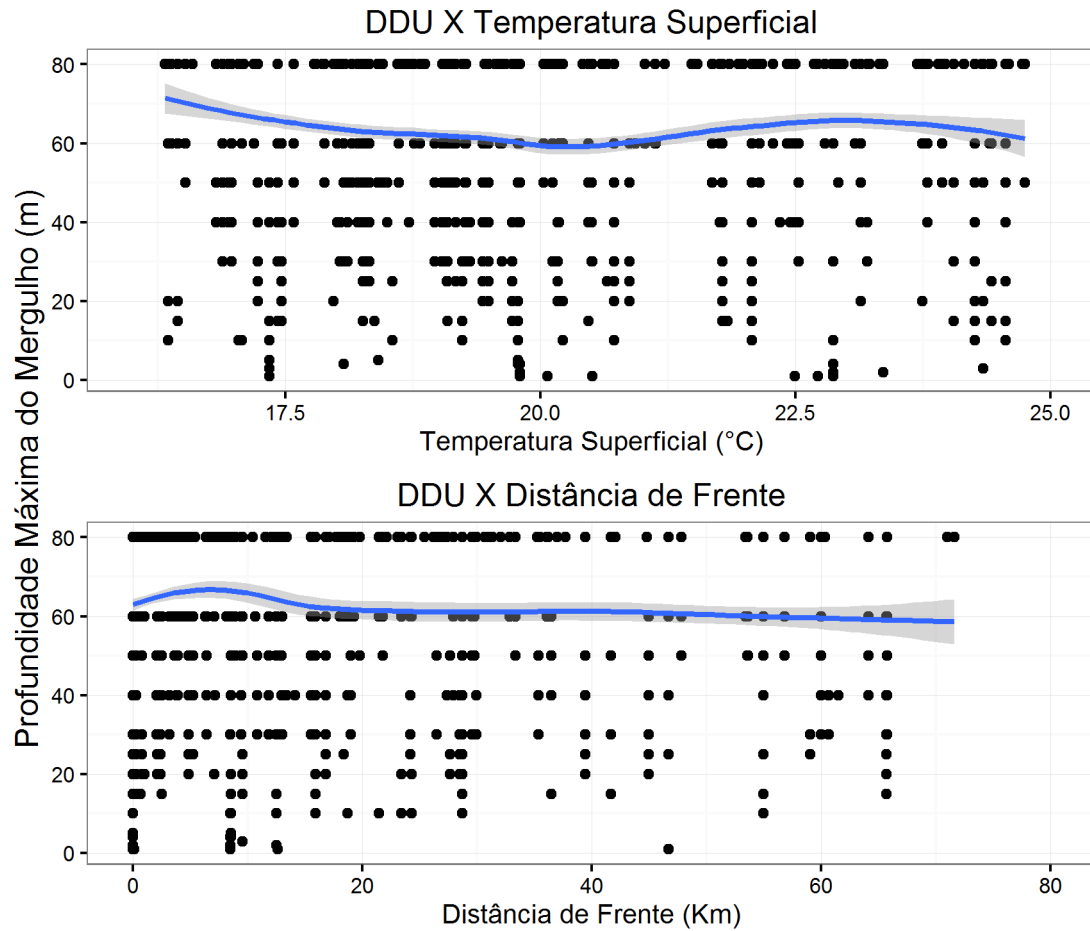


Figura 17: Regressão linear da média da duração máxima atingida por cada classe de TSM (a) e por classe de distância de frente (b). As linhas azuis indicam a regressão não linear LOWESS.

6 Discussão

A maioria dos mergulhos monitorados neste trabalho (97%) ocorreu em temperaturas superiores a 15 °C, semelhante a outros estudos com tartarugas-cabeçudas (Barceló *et al.*, 2013; Howell *et al.*, 2010), corroborando com a hipótese de que a isoterma de 15 °C é um limite termal para estes animais. Barceló *et al.* (2013) observaram 27 tartarugas-cabeçudas no Atlântico Sul Ocidental uma faixa mais ampla de TSM, com mínimas de 10,2 e máximas de 28,4 °C, com média de 20 °C, semelhante ao observado neste trabalho. Já Howell *et al.* (2010) registraram um menor espectro de temperatura superficial associada aos mergulhos das 17 tartarugas monitoradas entre 2003 e 2005, com mínima de 15°C e máxima de 23,6°. Ao longo de diferentes locais do Mar Mediterrâneo Hochscheid *et al.* (2007) buscaram testar a hipótese de hibernação durante o inverno, quando registraram mergulhos de tartaruga-cabeçuda entre 11,8 °C e 23 °C. Apesar de não descartarem a possibilidade de dormência, estes autores concluíram que as tartarugas procuram se deslocar para águas mais quentes ao experimentarem TSM baixas (10 °C).

Quanto ao uso de habitat, o resultado apresentado não condiz com o observado em tartarugas monitoradas por Barceló *et al.* (2013), que definiram como de hábito nerítico apenas duas das 27 tartarugas monitoradas. A diferença de estratégia entre os animais monitorados neste estudo pode estar associada com o tamanho dos animais, uma vez que este fato é apontado como um fator considerável na escolha da estratégia (Hatase *et al.*, 2010). Barceló *et al.* (2013) acompanharam indivíduos menores, com comprimento curvilíneo da carapaça (CCC) variando entre 49 e 83 cm (média = 61,9 cm). O CCC dos indivíduos monitorados neste trabalho variaram de 58 a 96 cm, com média de 77,4 cm.

González Carman *et al.* (2016) testaram a fidelidade ao estuário do Rio da Prata de seis juvenis de tartaruga-cabeçuda capturados na pesca de arrasto e observaram um maior número de indivíduos associados às zonas costeiras ($n=5$). No Atlântico Norte, Mansfield *et al.* (2009) também monitoraram a variação de habitat e a influência do estuário de Chesapeake na escolha em 27 subadultos costeiros de tartaruga-cabeçuda e concluíram que, apesar da maioria dos animais ter utilizado áreas costeiras ($n=17$), um número considerável de indivíduos teve preferência pelo ambiente oceânico ($n=6$). Este fato evidencia a plasticidade no uso dos habitats em juvenis já recrutados para o ambiente nerítico e sugere uma reavaliação nos modelos mais tradicionais a respeito do histórico de vida de tartarugas-cabeçudas (Mansfield *et al.*, 2009). No mesmo trabalho, os autores testaram através de uma ANOVA a relação entre o CCC e a estratégia de forrageio adotada porém, o teste não resultou em diferença significativa entre o tamanho de juvenis oceânicos e neríticos. Alguns artigos sugerem a hipótese de que fêmeas maiores preferem uma estratégia nerítica, enquanto animais menores estão associados a ambientes oceânicos (Hatase *et al.*, 2002; Hawkes *et al.*, 2006). Observamos que indivíduos grandes utilizaram o ambiente oceânico, entretanto, o pequeno número de indivíduos monitorados não permite resultados conclusivos sobre a relação entre CCC e a preferência de habitats.

A adoção de duas diferentes configurações dos parâmetros de DDE e TAD foi um limitante para o trabalho já que este fato acabou influenciando as comparações. Este fato fez necessária a utilização de artifícios no desenvolvimento das rotinas de análise para que a comparação fosse

possível porém, acabou aumentando o peso de determinadas faixas de profundidade.

A análise da duração, profundidade máxima e tempo em profundidade atingida nos mergulhos retornada por indivíduo mostraram padrões diferentes em cada animal monitorado. Apesar da visível preferência por mergulhos rasos (de até 10 metros) por todas tartarugas a profundidade máxima registrada individualmente variou entre 50 e 200 metros. Barceló *et al.* (2013) observaram mergulhos atingindo profundidades entre 200 e 300 metros tanto na plataforma externa quanto na planície abissal, resultado superior ao encontrado neste trabalho.

Comparando a frequência de mergulhos realizados em cada setor foi observado um comportamento diferenciado na plataforma interna, com a maioria dos mergulhos (50%) sendo realizados entre 10 e 20 metros, ou seja, próximo ao fundo. Já nos demais setores a maioria dos mergulhos esteve compreendida entre 0 e 10 metros.

Na plataforma externa houve uma maior frequência (60%) de mergulhos mais rasos (0-10 metros) porém, o número de mergulhos atingindo 50 metros e 100 metros é significativo. Investigando a frequência de mergulhos foi observado que mergulhos profundos (entre 50 e 200 metros) ocorreram em sua maior parte na plataforma externa (76% das vezes) correspondendo a aproximadamente 4% do total de mergulhos registrados (243 mergulhos do total de 6111 registros).

Sete das nove tartarugas monitoradas transmissores registraram mergulhos próximos profundos (entre 100 e 200 metros) quando localizadas na plataforma externa. O tempo de mergulho em cada faixa de profundidade (TAD) também mostrou, que quando localizados na plataforma interna e externa, os animais permaneceram longos períodos associados ao fundo. Barceló *et al.* (2013) reportaram o mesmo comportamento nas águas costeiras no Uruguai e Rio Grande do Sul, em somente um dos cinco animais monitorados. Estudos de conteúdo do trato digestivo de tartarugas-cabeçudas encalhadas no litoral do Rio Grande do Sul indicam a preferência por presas bentônicas (Bugoni *et al.*, 2003). Foi observada maior frequência de mergulhos ultrapassando os 50 minutos quando realizados até a quebra de plataforma (200 metros), o que pode indicar que, na plataforma, longos mergulhos são realizados para a alimentação junto ao fundo. Na plataforma externa, 25% dos mergulhos foram maiores que 60 minutos, enquanto que nos demais setores os mergulhos ultrapassando esta marca corresponderam a menos de 10% dos registros.

Apesar de não ser possível identificar os tipos de mergulho realizados através da compilação dos parâmetros em histogramas, é possível realizar algumas inferências relacionando os resultados encontrados nos diferentes parâmetros em relação aos setores oceânicos. O padrão observado na plataforma com mergulhos longos no fundo parece representar indícios de uma preferência por mergulhos do tipo 1 nestes locais, que se caracterizam por serem de alta duração onde na maior parte do tempo o animal fica associado ao fundo, como observado também por Houghton *et al.* (2002). Através de câmeras acopladas a carapaça de tartarugas-cabeçudas Thomson *et al.* (2011) constataram que parte dos mergulhos associados ao fundo foram para descanso e para a captura das presas bentônicas. Este comportamento não foi tão presente nas análises dos demais tipos de mergulho descritos por Thomson *et al.* (2011). Os resultados aqui apresentados sustentam a hipótese de associação destes animais com o fundo marinho local em resposta ao hábito alimentar em ambientes costeiros, onde se alimentam preferencialmente de organismos bentônicos, justificando assim o esforço energético de

mergulhos mais profundos e duradouros.

Já na Planície Oceânica e no talude há uma maior densidade de mergulhos realizados até 10 metros, que representa 80% do total de mergulhos realizados neste setor. Os resultados de TAD mostraram que os animais ficam pouco tempo associados às profundidades máximas atingidas nos mergulhos realizados em ambiente oceânico, com exceção dos mergulhos que estiveram compreendidos entre 20 e 50 metros. Neste caso, foi observado um pico de maior tempo gasto nestas profundidades, o que mostra que há provavelmente dois tipos de mergulho ocorrendo nestas regiões. No ambiente oceânico, houve a predominância de mergulhos curtos (entre 0 e 20 minutos), fato que se distinguiu dos demais setores, que apresentaram uma distribuição mais homogênea.

Estes mergulhos rasos e pouco duradouros realizados no ambiente oceânico parecem se assemelhar com o perfil geral do tipo 2, rápido e pouco profundos, associados a recuperação ou captura de presas pelágicas. Porém a ocorrência significativa de mergulhos entre 30 e 50 metros e alguns períodos submersos por períodos maiores que 60 minutos pode ser um indício de que mergulhos do tipo 3 e 4 também ocorrem no ambiente oceânico. Este padrão do comportamento de mergulho em regiões oceânicas também pode ser uma resposta ao hábito alimentar dos animais que ocupam esta região, já que fazem um maior uso de presas pelágicas e epipelágicas, dispensando assim mergulhos mais profundos para a captura de presas bentônicas.

Enquanto a variação dos parâmetros de mergulho relacionado aos setores oceânicos pareceu ser uma resposta dos diferentes hábitos alimentares adotados nestes ambientes, a variação destes parâmetros quanto a estação, apesar de não ser tão evidente para todas as análises, pareceu ser uma resposta das adaptações fisiológicas à temperatura do meio. Apesar de aproximadamente 65% dos mergulhos realizados entre 100 e 200 metros terem ocorrido durante as estações mais frias (outono e inverno) não foi observada variação significativa no padrão de mergulho quanto a profundidade atingida ou tempo gasto em profundidade em relação às estações do ano, assim como reportado por Barceló *et al.* (2013). (Sakamoto *et al.*, 1990) encontraram uma tendência no aumento da profundidade e duração do mergulho de tartarugas com a diminuição da temperatura. Entretanto, neste trabalho não foi encontrada correlação entre a profundidade máxima de mergulhos e a temperatura superficial do mar.

Apesar de não ter sido investigado a variação na movimentação horizontal do grupo de indivíduos aqui monitorados, alguns resultados preliminares destas análises realizadas pelo projeto Tartarugas no Mar e os resultados apresentado por Barceló *et al.* (2013) discutiram este fato e apontaram uma alta variabilidade na movimentação horizontal destes animais, com deslocamento ao norte durante o inverno impulsionados pela busca por TSM mais altas. Isto pode ser um dos motivos pelo qual não houve uma adaptação no padrão de mergulho destes animais em estações mais frias, com mergulhos atingindo altas profundidades devido a diminuição das taxas metabólicas, e sim possivelmente a adoção de uma estratégia de migração para áreas com temperaturas mais elevadas (Hochscheid *et al.*, 2007).

Comparando a frequência de mergulhos longos (ultrapassando 60 minutos) em relação às estações, o inverno e o outono apresentaram a maior frequência (15%) de mergulhos deste tipo, enquanto o verão registrou a menor frequência (5%) de mergulhos ultrapassando uma hora. Esta análise retornou resultados semelhantes porém menos expressivos do que o

observado em um estudo realizado durante o inverno no Mar Mediterrâneo (bacia praticamente fechada com temperatura superficial do mar média de 12 a 15°C no inverno), onde Hochscheid *et al.* (2007) acompanharam os mergulhos de 10 tartarugas-cabeçudas, e observaram que os animais permaneceram em média 108 minutos submersos, além de se manterem aproximadamente 90% do tempo em mergulhos de 3h ou mais.

Esta variabilidade na duração de mergulho em diferentes locais pode ser explicada como uma resposta à temperatura (Lutz & Bentley, 1985). Contudo, estes animais podem utilizar diferentes estratégias durante as estações mais frias, como permanecer em um estado de dormência ou mover-se para regiões mais quentes, o que influencia a resposta do comportamento de mergulho (Hochscheid *et al.*, 2007). A duração dos mergulhos de tartarugas marinhas é afetada por diferentes fatores como massa corpórea, taxa metabólica e temperatura (Kooyman, 2012). A diminuição da temperatura da água diminui a taxa metabólica destes animais, permitindo assim maiores períodos de apneia (Lutz *et al.*, 2003)(Lutz *et al.*, 2003). Um estudo realizado com 10 juvenis de tartaruga-cabeçuda em tanques mostrou que as variações de temperatura da água resultaram em uma forte tendência a mergulhos mais duradouros em temperaturas mais baixas (Bentivegna *et al.*, 2003). Respostas semelhantes foram observadas nas tartarugas monitoradas neste trabalho, evidenciando as variações na movimentação vertical destes animais em relação à temperatura da água.

Muitos trabalhos relatam comportamento distinto no mergulho de tartarugas-marinhas quando associadas a frentes (Howell *et al.*, 2008; Polovina *et al.*, 2000; Scales *et al.*, 2015). Scales *et al.* (2015) testaram esta variação de comportamento e sugeriram que há uma leve tendência de mergulhos mais rasos quando estes animais se encontram associados a frentes térmicas. Apesar de uma sensível diferença entre as densidades representadas em cada classe de distância de frente, parece não haver uma variação entre os padrões assim como o resultado apresentado pela regressão LOWESS.

Já na análise da duração dos mergulhos em relação à distância de frentes, percebe-se que as curvas de densidade são mais suaves nas classes de menor distância de frente. A resposta da duração dos mergulhos realizados no quarto quartil mostraram um pico de densidade em mergulhos de baixa duração. Isto pode ser uma evidência de que quando próximos a frentes realizam mergulhos mais duradouros já que provavelmente aproveitam a disponibilidade de presas associada a estas feições.

7 Considerações finais

Nove transmissores acoplados a tartarugas-cabeçudas entre a fase juvenil e adulta monitoradas ao longo do ano de 2015 foram utilizadas na investigação do perfil de mergulho no ASO. Os dados de mergulho compilados em histogramas (6h) e classes de profundidade e mergulho obtidos através da Plataforma ARGOS mostraram-se satisfatórios na caracterização geral do perfil de mergulho, apesar de apresentar um pacote complexo sendo necessário uma série de manipulações para que fosse possível atingir o objetivo proposto. Foram utilizados apenas softwares livres para a análise dos dados, facilitando a replicação do mesmo em pesquisas futuras.

Uma breve investigação quanto ao uso de habitat das tartarugas monitoradas foi necessária já que diferentes estratégias podem estar associadas a diferentes comportamentos (principalmente alimentar) o que influencia no perfil de mergulhos. Foi observado que a estratégia de forrageamento variou entre os animais, tendo a maioria registrado uma preferência pela estratégia nerítica, uma vez que foram capturadas neste ambiente, e provavelmente já tinham adotado a estratégia de forrageamento bentônica, ou estavam em fase de transição entre os ambientes oceânicos.

O comportamento de mergulho foi distinto entre os indivíduos, com mergulhos atingindo faixas máximas entre 150 e 200 metros. Porém, em 75% dos registros, foram observados mergulhos rasos, entre 0 e 10 metros, passando metade do tempo submersos entre 3 e 20 metros de profundidade. A duração dos mergulhos foi bem variada, com aproximadamente 60% dos mergulhos sendo realizados entre 0 e 10 minutos.

Foi observada uma diferença no comportamento de mergulho em relação à estação do ano, distância de frentes, temperatura superficial do mar e setor marinho utilizado, explicitando assim, a grande variabilidade no comportamento destes animais em resposta a estes fatores

Entre as variáveis analisadas, a variação na profundidade e duração dos mergulhos pareceu sofrer maior influência pelo ambiente oceânico o qual o animal estava inserido, do que pelos demais fatores. A profundidade e duração de mergulhos é um indicador do hábito alimentar destes animais, que teoricamente predam mais animais bentônicos quando experimentam ambientes costeiros (realizando portanto mergulhos mais profundos e duradouros), enquanto em águas oceânicas a sua dieta é baseada em animais planctônicos (realizando mergulhos menos profundos e duradouros). Isto apresenta-se como uma evidência da associação destes animais com o fundo marinho utilizado como um importante nicho alimentar pelas tartarugas desta espécie.

Apesar de uma maior ocorrência de mergulhos profundos (entre 100 e 200 metros) nas estações mais frias não foi identificada uma relação expressiva na variação do padrão de profundidade em relação a estação, porém a Temperatura Superficial do Mar (TSM) e a distância de frente, mostraram-se relacionadas à duração dos mergulhos, com mergulhos mais duradouros quando em temperaturas mais baixas e próximos a frentes.

Por fim, é necessária a continuação do monitoramento por maiores períodos e com um maior número de indivíduos para uma melhor caracterização dos mergulhos de tartarugas-cabeçudas no ASO. Através de um pacote de dados mais extenso e completo, será possível obter um

melhor entendimento sobre o comportamento de mergulhos da espécie. Para trabalhos futuros, é indicada a análise em conjunto dos parâmetros, e não somente a sua caracterização individual, classificando assim os dados em classes de mergulho como proposto por Howell *et al.* (2010) e Minamikawa *et al.* (1997).

Com um melhor entendimento das estratégias de mergulho da tartaruga-cabeçuda, políticas mais efetivas poderão ser implementadas, como a definição de períodos e locais de restrição de pesca, bem como a mudança em estratégias de pesca. Por exemplo, a baixa ocorrência de mergulhos profundos no talude e bacia oceânica indica que a mudança na arte de pesca de espinhel, com a utilização de anzóis mais profundos através do aumento da distância entre bóias ou aumento das linhas secundárias, poderá diminuir as taxas de captura incidental nesta arte de pesca.

8 Referências

- Abecassis, M.; Senina, I.; Lehodey, P.; Gaspar, P.; Parker, D.; Balazs, G.; Polovina, J. 2013. . A Model of Loggerhead Sea Turtle (*Caretta caretta*) Habitat and Movement in the Oceanic North Pacific. **PLoS ONE**, 8:1–18, 2013.
- Amlaner, C. J.; Macdonald, D. W. 2013. . **A handbook on biotelemetry and radio tracking: proceedings of an International Conference on Telemetry and Radio Tracking in Biology and Medicine**. Oxford Elsevier, 2013.
- ARGOS, S. 2016. . **How argos works**. Disponível em: <<http://www.argos-system.org/web/en/337-how-argos-works.php>>. Acesso em: 2 abr. 2016.
- Bakun, A 2006. . Fronts and eddies as key structures in the habitat of marine fish larvae: opportunity, adaptive response and competitive advantage. **Scientia Marina**, 70S2:105–122, 2006.
- Barceló, C.; Domingo, A.; Miller, P.; Ortega, L.; Giffoni, B.; Sales, G.; McNaughton, L.; Marcovaldi, M.; Heppell, S. S.; Swimmer, Y. 2013. . High-use areas, seasonal movements and dive patterns of juvenile loggerhead sea turtles in the Southwestern Atlantic Ocean. **Marine Ecology Progress Series**, 479:235–250, 2013.
- Bentivegna, F.; Hochscheid, S.; Minucci, C. 2003. . Seasonal variability in voluntary dive duration of the Mediterranean loggerhead turtle , *Caretta caretta* *. **Scientia Marina**, 67:371–375, 2003.
- Bjorndal, K. A.; Lutz, P. L.; Musick, J. A. 1997. . Foraging Ecology and Nutrition of Sea Turtle. In: **Biology of Sea Turtle**. I ed. Florida [s.n.]. p. 199–231.
- Bolten, A. B. 2003. . Life history patterns of sea turtles: consequences of an oceanic juvenile stage. **Habitat**, 11:243–257, 2003.
- Brandini, F. 1990. . Hydrography and characteristics of the phytoplankton in shelf and oceanic waters off southeastern Brazil during winter (July/August 1982) and summer (February/March 1984). **Hydrobiologia**, 196:111–148, 1990.
- Bugoni, L.; Krause, L.; Petry, M. V 2001. . Marine debris and human impacts on sea turtles in southern Brazil. **Marine pollution bulletin**, 42:1330–1334, 2001.
- Bugoni, L.; Krause, L.; Petry, M. 2003. . Diet of sea turtles in southern Brazil. **Chelonian Conservation and Biology**, 4:685–688, 2003.
- Christopoulos, H. M. A. 2003. . **Fitting Models to Biological Data using Linear and Nonlinear Regression**.
- Donlon, C. J.; Martin, M.; Stark, J.; Roberts-Jones, J.; Fiedler, E.; Wimmer, W. 2012. . The Operational Sea Surface Temperature and Sea Ice Analysis (OSTIA) system. **Remote Sensing of Environment**, 116:140–158, 2012.
- Gandra, T. B. R.; Gobel, C. F.; Monteiro, D. S.; Sérgio Curi Estima; Secchi, E. R.; Swimmer, Y.; Marcovaldi, M. Â. 2015. . **Análise de imagens de temperatura superficial do mar (TSM) para detecção de frentes oceânicas e correlação com movimentos de tartarugas-cabeçuda**

(Caretta caretta) no sul do Brasil. Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR. **Anais...** João Pessoa, PB: MCT/INPE, 2015

Godley, B. J.; Blumenthal, J. M.; Broderick, A. C.; Coyne, M. S.; Godfrey, M. H.; Hawkes, L. A.; Witt, M. J. 2008. . Satellite tracking of sea turtles: Where have we been and where do we go next? **Endangered Species Research**, 4:3–22, 2008.

González Carman, V.; Bruno, I.; Maxwell, S.; Álvarez, K.; Albareda, D.; Acha, E. M.; Campagna, C. 2016. . Habitat use , site fidelity and conservation opportunities for juvenile loggerhead sea turtles in the Río de la Plata , Argentina. **Marine Biology**, 163:1–13, 2016.

Hatase, H.; Omuta, K.; Tsukamoto, K. 2010. . Oceanic residents, neritic migrants: a possible mechanism underlying foraging dichotomy in adult female loggerhead turtles (*Caretta caretta*). **Marine Biology**, 157:1337–1342, 2010.

Hatase, H.; Takai, N.; Kinne, O. 2002. . Inter-Research Marine Ecology Progress Series Size-related differences in feeding habitat use of adult female loggerhead turtles *Caretta caretta* around Japan determined by stable isotope analyses and satellite telemetry Foundation. **Mar. Ecol. Prog. Ser.**, 233:20–21, 2002.

Hawkes, L. A.; Broderick, A. C.; Coyne, M. S.; Godfrey, M. H.; Lopez-Jurado, L. F.; Lopez-Suarez, P.; Merino, S. E.; Varo-Cruz, N.; Godley, B. J. 2006. . Phenotypically Linked Dichotomy in Sea Turtle Foraging Requires Multiple Conservation Approaches. **Current Biology**, 16:990–995, 2006.

Hochscheid, S.; Bentivegna, F.; Bradai, M. N.; Hays, G. 2007. . Overwintering behavior in sea turtles: dormancy is optional. **Marine Ecology Progress Series**, 340:287–298, 2007.

Houghton, J. D. R.; Broderick, A. C.; Godley, B. J.; Metcalfe, J. D.; Hays, G. C. 2002. . Diving behaviour during the internesting interval for loggerhead turtles *Caretta caretta* nesting in Cyprus. **Marine Ecology Progress Series**, 227:63–70, 2002.

Howell, E. A.; Dutton, P. H.; Polovina, J. J.; Bailey, H.; Parker, D. M.; Balazs, G. H. 2010. . Oceanographic influences on the dive behavior of juvenile loggerhead turtles (*Caretta caretta*) in the North Pacific Ocean. **Marine Biology**, 157:1011–1026, 2010.

Howell, E. A.; Kobayashi, D. R.; Parker, D. M.; Balazs, G. H.; Polovina, J. J. 2008. . TurtleWatch: A tool to aid in the bycatch reduction of loggerhead turtles *Caretta caretta* in the Hawaii-based pelagic longline fishery. **Endangered Species Research**, 5:267–278, 2008.

Hwang, S. R. J. N. L.; Lippman, A. 1994. . Nonparametric multivariate density estimation: a comparative study. **IEEE Trans. on Signal Processing**, 42:2795–2810, 1994.

Jones, J. T.; Seminoff, J. A.; Jeanette, W.; Lohmann, K. J.; Musick, J. A. 2013. . Feeding Biology - Advances from Field-Based Observations, Physiological Studies, and Molecular Techniques. In: **Biology of Sea Turtle**. III ed. Florida [s.n.].

Kobayashi, D. R.; Farman, R.; Polovina, J. J.; Parker, D. M.; Rice, M.; Balazs, G. H. 2014. . “Going with the flow” or not: Evidence of positive rheotaxis in oceanic juvenile loggerhead turtles (*Caretta caretta*) in the South Pacific Ocean using satellite tags and ocean circulation data. **PLoS ONE**, 9:1–14, 2014.

- Kooyman, G. L. 2012. . **Diverse divers: physiology and behavior**. [s.l.] Springer Science & Business Media., 2012.
- Luschi, P.; Hays, G. C.; Papi, F. 2003. . A review of long-distance movements by marine turtles , and the possible role of ocean currents. **Oikos**, 103:293–302, 2003.
- Lutz, P. L.; Bentley, T. B. 1985. . Respiratory Physiology of Diving in the Sea Turtle. **Copeia**, 1985:671–679, 1985.
- Lutz, P. L.; Musick, J. A.; Jeanette, W. 2003. . **Biology of Sea Turtle**. Florida CRC press, 2003. v. II
- Mansfield, K. L.; Putman, N. F.; Wyneken, J.; Musick, J. A.; Lohmann, K. J. 2013. . Oceanic Habits and Habitats. In: **Biology of Sea Turtle**. III ed. Florida [s.n.]. p. 189–211.
- Mansfield, K. L.; Vincent, W.; Keinath, J. A.; Musick, J. A. 2009. . Satellite tracking reveals a dichotomy in migration strategies among juvenile loggerhead turtles in the Northwest Atlantic. 156:2555–2570, 2009.
- Marcovaldi, M. A.; Lopez, G. G.; Soares, L. S.; Lima, E. M.; Thomé, J. C.; Almeida, A. P. 2010. . **Movimentos migratórios da tartaruga-cabeçuda, caretta caretta , monitorados através de telemetria por satélite**. III Congresso Brasileiro de Oceanografia. **Anais...**2010
- Marcovaldi, M. A.; Sales, G. S.; Thomé, J. C. A.; Dias Da Silva, A. C. C.; Gallo, B. M. G.; Lima, E. H. S. M.; Lima, E. P.; Bellini, C. 2006. . Sea turtle and fishery interactions in Brazil: identifying and mitigating potential conflicts. **Marine Turtle Newsletter**, 112:4–8, 2006.
- Marquez, R. 1990. . **Sea turtles of the world, an annotated and illustrated catalogue of sea turtles known to date**. **FAO Species Catalog**. v. 11
- Martins, J. R. S.; Carneiro, C. D. R. 2012. . Plataforma Continental Jurídica, recursos do pré-sal e ensino de Geociências. **Terrae**, 9:61–109, 2012.
- McMahon, C. R.; Hays, G. C. 2006. . Thermal niche, large-scale movements and implications of climate change for a critically endangered marine vertebrate. **Global Change Biology**, 12:1330–1338, 2006.
- Miller, P. 2004. . Multi-spectral front maps for automatic detection of ocean colour features from SeaWiFS. **International Journal of Remote Sensing**, 25:1437–1442, 2004.
- Minamikawa, S.; Naito, T.; Uchida, I. 1997. . Buoyancy Control in Diving Behavior of the Loggerhead Turtle, *Caretta caretta*. **Ethology**, 15:109–118, 1997.
- Monteiro, D. S. 2004. . **Encalhes e Interação de Tartarugas Marinhas com a Pesca no Litoral do Rio Grande do Sul**. [s.l.] Universidade Federal de Rio Grande - FURG, 2004.
- NOAA 2014. . **Loggerhead Turtle (Caretta caretta)**. Disponível em: <<http://www.nmfs.noaa.gov/pr/species/turtles/loggerhead.htm>>. Acesso em: 1 jan. 2016.
- Oliveira, E. N.; Calado, L.; Domingues, R.; Watanabe, W. 2011. . **Frentes Oceânicas: Plataforma Continental Sudeste Brasileira**. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR. **Anais...**Curitiba: 2011
- Plotkin, P.; Lutz, P. L.; Musick, J. A.; Wyneken, J. 2003. . Adult Migrations and Habitat Use. In:

Biology of Sea Turtle. Florida [s.n.]. p. 225.

Plotkin, P. T.; Spotila, J. R. 2002. . Post-nesting migrations of loggerhead turtles *Caretta caretta* from Georgia, USA: conservation implications for a genetically distinct subpopulation. **Oryx**, 36:396–399, 2002.

Polovina, J. J.; Howell, E.; Parker, D. M.; Balazs, G. H. 2002. . **Dive-depth distribution of loggerhead (*Carretta carretta*) and olive ridley (*Lepidochelys olivacea*) turtles in the central North Pacific: Might deep longline sets catch fewer turtles?** : 5. Honolulu: 2002

Polovina, J. J.; Kobayashi, D. R.; Parker, D. M.; Seki, M. P.; Balazs, G. H. 2000. . Turtles on the edge: Movement of loggerhead turtles (*Caretta caretta*) along oceanic fronts, spanning longline fishing grounds in the central North Pacific, 1997-1998. **Fisheries Oceanography**, 9:71–82, 2000.

Sakamoto, W.; Itaru, U.; Naito, Y.; Kureha, K.; Tujimura, M.; Sato, K. 1990. . Deep Diving Behavior of the Loggerhead Turtle near the Frontal Zone. **Nippon Suisan Gakkaishi**, 56:1435–1443, 1990.

Santos, A. S.; Soares, L. S.; Marcovaldi, M. A.; Monteiro, D. S.; Giffoni, B.; Almeida, A. P. 2011. . Avaliação do Estado de Conservação da Tartaruga Marinha *Caretta caretta* Linnaeus, 1758 no Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, 1:3–11, 2011.

Scales, K. L.; Miller, P. I.; Hawkes, L. A.; Ingram, S. N.; Sims, D. W.; Votier, S. C. 2014. . On the front line: Frontal zones as priority at-sea conservation areas for mobile marine vertebrates. **Journal of Applied Ecology**, 51:1575–1583, 2014.

Scales, K.; Miller, P.; Varo-Cruz, N.; Hodgson, D.; Hawkes, L.; Godley, B. 2015. . Oceanic loggerhead turtles *Caretta caretta* associate with thermal fronts: evidence from the Canary Current Large Marine Ecosystem. **Marine Ecology Progress Series**, 519:195–207, 2015.

Silveira, I. C. A. DA; Schmidt, A. C. K.; Campos, E. J. D.; Godoi, S. S. DE; Ikeda, Y. 2000. . A corrente do Brasil ao largo da costa leste brasileira. **Brazilian Journal of Oceanography**, 48:171–183, 2000.

Thomson, J. A.; Heithaus, M. R.; Dill, L. M. 2011. . Informing the interpretation of dive profiles using animal-borne video: A marine turtle case study. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 410:12–20, 2011.

Tomczak, M. 1998. . **Shelf and Coastal Oceanography**.

Triola, M. 2005. . **Introdução à estatística**. 9. ed. Rio de Janeiro [s.n.].

Wetherall, J. A 1991. . **Biology , Oceanography , and Fisheries of the North Pacific Transition Zone and Subarctic Frontal Zone Fisheries (Bethesda)**

Wildlife Computers 2014. . **Diving Behavior**. Disponível em:
<<http://wildlifecomputers.com/data-products/diving-behavior/>>. Acesso em: 2 abr. 2016.

Wyneken, J.; Lohmann, K. J.; Musick, J. A. 2013. . **Biology of Sea Turtle**. III ed. Florida CRC press, 2013.

Zanella, J. F. I. F.; Gonçalves, G. A.; Möller, O. O. 1998. . **Análise da variação espaço-**

temporal das frentes térmicas de quebra de plataforma e feições associadas no Oceano Atlântico Sul-Occidental entre 25°S e 37°S. IX Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto.

Anais... 1998 Disponível em:

<http://marte.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/1999/02.09.08.39/doc/5_136o.pdf.>