

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE ANIMAL

Bruna Kist Brusius

**ENCALHES DE TETRÁPODES MARINHOS E SUA RELAÇÃO COM
VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS E OCEANOGRÁFICAS**

Santa Maria, RS
2019

Bruna Kist Brusius

**ENCALHES DE TETRÁPODES MARINHOS E SUA RELAÇÃO COM VARIÁVEIS
METEOROLÓGICAS E OCEANOGRÁFICAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Animal, da Universidade Federal de Santa Maria, como requisito para obtenção do título de **Mestre em Biodiversidade Animal**.

Orientador: Dr. Ronald Buss de Souza
Coorientador: Dr. Edison Barbieri

Santa Maria, RS
2019

Brusius, Bruna Kist
Encalhes de tetrápodes marinhos e sua relação com
variáveis meteorológicas e oceanográficas / Bruna Kist
Brusius.- 2019.
98 p.; 30 cm

Orientador: Ronald Buss de Souza
Coorientador: Edison Barbieri
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de
Pós-Graduação em Biodiversidade Animal, RS, 2019

1. Encalhes 2. Tetrápodes marinhos 3. Bacia de Santos
4. Variáveis meteorológicas 5. Variáveis oceanográficas
I. Buss de Souza, Ronald II. Barbieri, Edison III. Título.

Bruna Kist Brusius

**ENCALHES DE TETRÁPODES MARINHOS E SUA RELAÇÃO COM VARIÁVEIS
METEOROLÓGICAS E OCEANOGRÁFICAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Animal, da Universidade Federal de Santa Maria, como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Biodiversidade Animal**.

Aprovada em 13 de fevereiro de 2019:

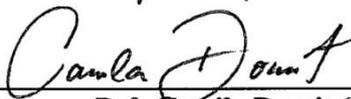


Dr. Ronald Buss de Souza (INPE)

(Presidente/Orientador)



Dr. Nilton Carlos Cáceres (UFSM)



Dr.ª. Camila Domit (UFPR)

Santa Maria, RS
2019

AGRADECIMENTOS

Hoje fazem exatamente 714 dias que entrei no mestrado. Esses dois anos foram muito intensos. Adquiri um conhecimento teórico-prático inestimável, vivi experiências que jamais acreditei que pudesse viver, conheci pessoas fantásticas nessa jornada, aprendi sobre assuntos que nem sabia que gostava e acabei apaixonada por eles. E no 714º dia, só consigo agradecer.

Obrigada aos meus guias e todos os espíritos de luz que me acompanham. Obrigada à Umbanda por me fazer ver um mundo além do que se pode tocar, por me fazer ver o mundo com os olhos da humildade, do amor e da caridade. Obrigada à minha família que mesmo distante se manteve perto e por ser a minha única certeza na vida. Obrigada ao meu orientador, Ronald, que permitiu essa caminhada ser possível, que abriu as portas do seu laboratório e me proporcionou vivenciar tantas experiências incríveis. Ao meu coorientador que esteve sempre à disposição para tirar minhas dúvidas. Obrigada aos meus colegas do LAMOS, mas especialmente aqueles que conviveram diariamente comigo: Joel, Fernando, Rose e Maissa por dividirem mates e conversas e por tornarem a vida menos pesada e mais engraçada de viver. Obrigada às minhas amigas: Basinha, Cris, Li, Lu Bassotto, Lu Bayer e Vi, por essa amizade de tanto tempo que suporta a distância e que incentiva; obrigada por crescerem comigo, em todos os sentidos dessa palavra. Obrigada aos meus eternos colegas da Bio: Kadu, Gigi, Cris, Bruna, Lívia, Lari, Tata, Ana Laura e Julie por sermos tão diferentes e por isso nos manter unidos; pelo respeito e apoio de sempre. Obrigada à Thayusky por ser presente, é difícil colocar em palavras toda minha gratidão; obrigada pela nossa sintonia e por me fazer entender o real sentido de amizade; obrigada por me deixar ser eu mesma sempre. Obrigada à minha psicóloga, Juliane, por fazer da sala 7 um lugar confortável onde eu pudesse expressar toda a confusão e os conflitos dentro de mim e por me fazer enxergar que eu não sou só isso. Obrigada ao CEUNSA por ser meu lugar de paz, ser o lugar onde eu conseguia retomar o fôlego. Obrigada ao Vinícius por toda ajuda e paciência durante o primeiro ano. Obrigada aos meus colegas do PPGBA por dividirmos as mesmas preocupações e por comemarmos isso com muita cerveja. Obrigada ao Diego que chegou no momento mais conturbado do processo e onde tudo era confusão e ansiedade, me fez encontrar o amor. Ao secretário e ao coordenador do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Animal da UFSM pela constante ajuda. À CAPES e à FAPERGS pelo apoio e incentivo financeiro. E por fim, à biodiversidade que, para além de ser meu objeto de pesquisa, é o mundo mágico que me encanta e me mantém motivada sempre. Ninguém faz nada sozinho. Que sorte a minha de ter tanta gente incrível comigo! Eu amo cada um de vocês!

“There is a pleasure in the pathless woods,
There is a rapture on the lonely shore,
There is society, where none intrudes,
By the deep Sea, and music in its roar:
I love not Man the less, but Nature more,
From these our interviews, in which I steal
From all I may be, or have been before,
To mingle with the Universe, and feel
What I can ne'er express, yet cannot all
conceal.”

(Lord Byron)

RESUMO

ENCALHES DE TETRÁPODES MARINHOS E SUA RELAÇÃO COM VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS E OCEANOGRÁFICAS

AUTORA: Bruna Kist Brusius
ORIENTADOR: Dr. Ronald Buss de Souza
COORIENTADOR: Dr. Edison Barbieri

Encalhe é o termo utilizado para se referir a um animal marinho encontrado em terra que não possui a capacidade de retornar ao mar. Animais marinhos encalhados são frequentemente observados em praias de todo o Brasil e as razões para esse fato são diversas, variando desde a interação antrópica e pesqueira, doenças, poluição marinha até a ocorrência de tempestades, que geram ventos intensos e maiores alturas de ondas. Esses fenômenos podem afetar a sobrevivência das espécies, levando-as à exaustão, afetando seu deslocamento e a busca por alimento. O presente estudo ofereceu uma melhor compreensão dos efeitos das variáveis meteorológicas e oceanográficas nos encalhes de tetrápodes marinhos encontrados na Ilha Comprida, litoral sul do Estado de São Paulo, entre os anos de 1998 e 2016. Foram utilizados dados de encalhes de animais marinhos, computados através do monitoramento semanal da praia e divididos em seis grupos de acordo com a similaridade taxonômica e/ou padrão migratório: mamíferos marinhos, tartarugas marinhas, aves residentes, aves visitantes do Norte, aves visitantes do Sul e *Spheniscus magellanicus* (pinguim-de-Magalhães). As variáveis meteorológicas e oceanográficas foram: altura significativa de ondas (ASO), pressão atmosférica (PNM), intensidade do vento (IV), direção do vento (DV) e temperatura da superfície do mar (TSM). A metodologia consistiu em uma análise preliminar de correlação entre os encalhes e as variáveis, seguida de uma regressão múltipla utilizando modelos lineares generalizados (GLM) com distribuição binomial. Ainda, para os maiores eventos de encalhes, mapas de campo sinóticos de PNM, IV, DV e também mapas oceânicos de ASO foram analisados separadamente. Os resultados encontrados mostram que os encalhes apresentaram uma relação com a presença das espécies na região, tanto devido ao seu período migratório quanto a época de forrageio e abundância de alimento. As aves visitantes do Sul e o pinguim-de-Magalhães foram os grupos que apresentaram maiores números de encalhes. Através da análise de GLM, observou-se que os diferentes grupos foram influenciados de diferentes formas pelas variáveis utilizadas, mas as variáveis que possuíam ciclos anuais mais definidos, como a PNM e TSM, apresentaram uma relação mais significativa com os grupos. Os grandes eventos de encalhes, segundo a análise dos campos sinóticos e mapas oceânicos, apresentaram relação com a presença de sistemas de alta pressão transientes, que produzem ventos na direção da praia e também com a passagem de frentes frias no local de estudo. Os resultados obtidos agregam novos conhecimentos sobre os fatores que podem levar ao encalhe de animais marinhos no litoral Sul do Estado de São Paulo, principalmente a fatores não antropogênicos.

Palavras-chave: Encalhes. Tetrápodes marinhos. Bacia de Santos. Variáveis meteorológicas. Variáveis oceanográficas.

ABSTRACT

STRANDING OF MARINE TETRAPODS AND ITS RELATIONSHIP BETWEEN METEOROLOGICAL AND OCEANOGRAPHIC VARIABLES

AUTHOR: Bruna Kist Brusius
ADVISOR: Dr. Ronald Buss de Souza
CO-ADVISOR: Dr. Edison Barbieri

Stranding is the term used to refer to an animal that is found on land and does not have the ability to return to the sea. Stranded animals are frequently seen on the beaches around Brazil and the reasons that leads to this are multiples, varying from anthropic and fishery influences, diseases and marine pollution to storms occurrences that generate intense winds and higher wave heights. This phenomes can affect the species survivor, leading them to exhaustion, affecting its movements and food search. The present study aims a better comprehension of the effects of meteorological and oceanographic variables on the marine tetrapod stranded found on Ilha Comprida, southern coast of São Paulo State between 1998 and 2016. Data from dead marine animals stranded were obtained from weekly surveys of the Ilha Comprida beaches and divided on six groups: marine mammals, sea turtles, resident seabirds, seabirds visitors from the North, seabirds visitors from the South and *Spheniscus magellanicus* (Magellanic penguins). The meteorological and oceanographic variables were: significant wave height (SWH), mean sea level pressure (MSLP), wind intensity (WI), wind direction (WD) and sea surface temperature (SST). The methodology consisted on preliminary analysis of correlation between the stranded data and the variables, followed by multiple regressions using generalized linear models (GLM) with a binomial distribution. Besides that, for the major stranded events, synoptic maps of MSLP, WI, WD and oceanic maps of SWH were analyzed apart. The results found on the present study demonstrated a relation between the species presence on the region, both by its migratory period or by the foraging time and the food abundance. The seabird visitors from the South and the Magellanic penguin were the groups that presented the highest numbers of stranded animals. According to the GLM analyzes were observed that different groups were influenced by different variables, but the variables that presented an annual cycle well defined, as MSLP and SST showed a more significant relation with the strandings. The highest events of strandings, according to the synoptic and oceanic maps, showed relation with transient high-pressure systems, which produce wind on the direction of the beach and also with cold front passages on the study area. The results obtained here adding new knowledge over the elements that can lead to marine animal strandings on the southern of the São Paulo State, mainly the non-anthropogenic factors.

Key words: Stranding. Marine tetrapods. Santos Bay. Meteorological variables. Oceanographic variables.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Circulação atmosférica	18
Figura 2 – Direção média dos ventos superficiais	19
Figura 3 – Regiões favoráveis à formação de ciclones	20
Figura 4 – Localização da área de estudo	25
Figura 5 – Animais encontrados durante o censo	26
Figura 6 – Matriz de correlação entre as variáveis abióticas	37
Figura 7 – Séries de tempo das variáveis meteorológicas e oceanográficas entre 1998 e 2016	39
Figura 8 – Distribuição mensal e anual dos encalhes de todos os indivíduos durante o período de estudo	41
Figura 9 – Distribuição mensal e anual dos encalhes de mamíferos marinhos durante o período de estudo	43
Figura 10 – Distribuição mensal e anual dos encalhes de tartarugas marinhas durante o período de estudo	44
Figura 11 – Distribuição mensal e anual dos encalhes de aves residentes durante o período de estudo	45
Figura 12 – Distribuição mensal e anual dos encalhes de aves visitantes do Norte durante o período de estudo	47
Figura 13 – Distribuição mensal e anual dos encalhes de aves visitantes do Sul durante o período de estudo	48
Figura 14 – Distribuição mensal e anual dos encalhes de <i>Spheniscus magellanicus</i> durante o período de estudo	49
Figura 15 – Distribuição temporal dos encalhes de mamíferos marinhos	54
Figura 16 – Pressão atmosférica ao nível médio do mar (hPa) e vento médio a 10 m (m/s) para mamíferos marinhos	56
Figura 17 – Condição oceânica de altura significativa de ondas (m) para mamíferos marinhos	57
Figura 18 – Pressão atmosférica ao nível médio do mar (hPa) e vento médio a 10 m (m/s) para mamíferos marinhos	59
Figura 19 – Condição oceânica de altura significativa de ondas (m) para mamíferos marinhos	60
Figura 20 – Distribuição temporal dos encalhes de tartarugas marinhas	61
Figura 21 – Pressão atmosférica ao nível médio do mar (hPa) e vento médio a 10 m (m/s) para tartarugas marinhas	62
Figura 22 – Condição oceânica de altura significativa de ondas (m) para tartarugas marinhas	63
Figura 23 – Pressão atmosférica ao nível médio do mar (hPa) e vento médio a 10 m (m/s) para tartarugas marinhas	65
Figura 24 – Condição oceânica de altura significativa de ondas (m) para tartarugas marinhas	66
Figura 25 – Distribuição temporal dos encalhes de aves residentes	67

Figura 26 – Pressão atmosférica ao nível médio do mar (hPa) e vento médio a 10 m (m/s) para aves residentes	68
Figura 27 – Condição oceânica de altura significativa de ondas (m) para aves residentes	69
Figura 28 – Pressão atmosférica ao nível médio do mar (hPa) e vento médio a 10 m (m/s) para aves residentes	71
Figura 29 – Condição oceânica de altura significativa de ondas (m) para aves residentes	72
Figura 30 – Distribuição temporal dos encalhes de aves visitantes do Sul	73
Figura 31 – Pressão atmosférica ao nível médio do mar (hPa) e vento médio a 10 m (m/s) para aves visitantes do Norte	74
Figura 32 – Condição oceânica de altura significativa de ondas (m) para aves visitantes do Norte	75
Figura 33 – Pressão atmosférica ao nível médio do mar (hPa) e vento médio a 10 m (m/s) para aves visitantes do Norte	77
Figura 34 – Condição oceânica de altura significativa de ondas (m) para aves visitantes do Norte	78
Figura 35 – Distribuição temporal dos encalhes de aves visitantes do Sul	79
Figura 36 – Pressão atmosférica ao nível médio do mar (hPa) e vento médio a 10 m (m/s) para aves visitantes do Sul	80
Figura 37 – Condição oceânica de altura significativa de ondas (m) para aves visitantes do Sul	81
Figura 38 – Pressão atmosférica ao nível médio do mar (hPa) e vento médio a 10 m (m/s) para aves visitantes do Sul	83
Figura 39 – Condição oceânica de altura significativa de ondas (m) para aves visitantes do Sul	84
Figura 40 – Distribuição temporal dos encalhes de <i>Spheniscus magellanicus</i> (pinguim-de-Magalhães)	85
Figura 41 – Pressão atmosférica ao nível médio do mar (hPa) e vento médio a 10 m (m/s) para <i>Spheniscus magellanicus</i>	86
Figura 42 – Condição oceânica de altura significativa de ondas (m) para <i>Spheniscus magellanicus</i>	87
Figura 43 – Pressão atmosférica ao nível médio do mar (hPa) e vento médio a 10 m (m/s) para <i>Spheniscus magellanicus</i>	89
Figura 44 – Condição oceânica de altura significativa de ondas (m) para <i>Spheniscus magellanicus</i>	90

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Grupo e espécies registradas durante o período de estudo	27
Tabela 2 – Análise dos valores médios, máximos, mínimos e a amplitude das variáveis meteorológicas e oceanográficas	38
Tabela 3 – Resumo da estatística dos modelos aditivos escolhidos	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASAS	ALTA SUBTROPICAL DO ATLÂNTICO SUL
ASO	ALTURA SIGNIFICATIVA DE ONDAS
AVN	AVES VISITANTES DO NORTE
AVR	AVES RESIDENTES
AVS	AVES VISITANTES DO SUL
CBRO	COMITÊ BRASILEIRO DE REGISTROS ORNITOLÓGICOS
CEO	COMITÊ DE ESTUDOS ORNITOLÓGICOS
CPTEC	CENTRO DE PREVISÃO DO TEMPO E ESTUDO CLIMÁTICOS
DV	DIREÇÃO DO VENTO
ICMBIO	INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE
INPE	INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS
IUCN	<i>INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE</i>
IV	INTENSIDADE DO VENTO
MM	MAMÍFEROS MARINHOS
MMA	MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
MMAB	<i>MARINE MODELING AND ANALYSIS BRANCH</i>
NCEP	<i>NATIONAL CENTERS FOR ENVIRONMENTAL PREDICTION</i>
NOAA	<i>NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION</i>
PNM	PRESSÃO ATMOSFÉRICA AO NÍVEL MÉDIO DO MAR
SM	<i>SPHENISCUS MAGELLANICUS</i>
TM	TARTARUGAS MARINHAS
TSM	TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR
WW3	<i>WAVE WATCH III</i>
ZCAS	ZONA DE CONVERGÊNCIA DO ATLÂNTICO SUL

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.2 VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS E OCEANOGRÁFICAS E OS SISTEMAS ATMOSFÉRICOS SINÓTICOS ATUANTES SOBRE O OCEANO ATLÂNTICO SUDOESTE	16
2 OBJETIVOS	23
2.1 OBJETIVO GERAL	23
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
3 MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1 ÁREA DE ESTUDO	24
3.2 DADOS BIOLÓGICOS	26
3.2.1 Censos	26
3.2.2 Tetrápodes Marinhos.....	27
3.2.2.1 <i>Mamíferos marinhos</i>	29
3.2.2.2 <i>Tartarugas marinhas</i>	29
3.2.2.3 <i>Aves Marinhas</i>	31
3.2.2.3.1 Aves residentes	31
3.2.2.3.2 Aves visitantes do norte.....	32
3.2.2.3.3 Aves visitantes do sul	32
3.3 VARIÁVEIS METEROLÓGICAS E OCEANOGRÁFICAS	33
3.3.1 Altura Significativa de Ondas	33
3.3.2 Pressão Atmosférica, Ventos e TSM.....	34
3.3.3 Leitura e Análise dos Dados	34
3.4 MÉTODOS DE ANÁLISE E PROCESSAMENTO DOS DADOS	35
3.4.1 Filtragem das Séries de Tempo das Variáveis Meteorológicas e Oceanográficas 	35
3.4.2 Mapas de Campos Meteorológicos Sinóticos	35
3.4.3 Análises Estatísticas	36
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.1 SÉRIES DE TEMPO DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS E OCEANOGRÁFICAS	38
4.2 ENCALHES DE ANIMAIS	41
4.2.1 Mamíferos marinhos	42
4.2.2 Tartarugas marinhas	43
4.2.3 Aves residentes.....	45

4.2.4 Aves visitantes do norte	46
4.2.5 Aves visitantes do sul.....	48
4.2.6 <i>Spheniscus magellanicus</i> (pinguim-de-Magalhães)	49
4.3 EFEITO DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS E OCEANOGRÁFICAS NOS ENCALHES.....	50
4.4 ANÁLISES DAS CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS SINÓTICAS E OCEANOGRÁFICAS DOS PERÍODOS ANTECEDENTES AOS MAIORES ENCALHES.....	54
4.4.1 Mamíferos marinhos	54
4.4.2 Tartarugas marinhas	61
4.4.3 Aves residentes.....	67
4.4.4 Aves visitantes do norte	73
4.4.5 Aves visitantes do sul.....	79
4.4.6 <i>Spheniscus magellanicus</i> (pinguim-de-Magalhães)	85
6 CONCLUSÃO.....	91
7 REFERÊNCIAS	92

1 INTRODUÇÃO

O termo encalhe é utilizado para descrever um animal marinho que está em terra (ou gelo) perdido ou que não possui condições de voltar ao mar ou de continuar sobrevoando o mesmo, devido a doenças ou incapacidade física (GERACI & LOUNSBURY, 1993). O resultado da presença de carcaças nos litorais depende de três condições principais: ocorrência das espécies, mortalidade dos indivíduos e a capacidade de deriva dos corpos.

A abundância das espécies é um fator que possui influência direta no número de encalhes, uma vez que animais residentes, com ocorrência regular durante o ano, terão maiores chances de serem encontrados nas praias. Da mesma forma que espécies migrantes e de ocorrência sazonal podem apresentar ciclos de encalhes e aumento em determinadas épocas do ano de acordo com seu período e rotas migratórias (GERACI & LONSBURY, 1993).

Além da abundância, a mortalidade ou o enfraquecimento dos indivíduos também pode elevar as chances de os animais encalharem, e essas condições podem estar relacionadas a diversos fatores, como doenças e parasitas que contaminam os animais, a presença de plástico e poluição marinha, o encontro da fauna com barcos e redes de pesca e o derramamento de óleo nos oceanos (GERACI & LOUNSBURY, 1993; PERRIN & GERACI, 2009). Além disso, a ocorrência de tempestades e eventos extremos pode afetar a sobrevivência de espécies marinhas devido à exaustão, estresse térmico e lesões físicas (TAVARES, DE MOURA & SICILIANO, 2016; MELO, 2017). Porém, em muitos casos não é possível se obter uma resposta conclusiva da causa direta da morte em virtude de que esses fatores geralmente não ocorrem separadamente.

A capacidade que as carcaças de animais marinhos têm de chegar à praia também envolve algumas condições, sendo primeiramente necessário que não ocorra o afundamento desses corpos e que eles não sejam devorados por predadores. A partir disso, fatores abióticos podem agir através de eventos e fenômenos meteorológicos e oceanográficos, como a ação dos ventos, altura e direção das ondas e correntes marinhas (PERRIN & GERACI, 2009; TAVARES, DE MOURA & SICILIANO, 2016; MELO, 2017). Dessa forma, é necessário levar em consideração que o número de animais encalhados encontrados em praias podem não refletir com veracidade o número de mortes que ocorrem no mar (PERRIN & GERACI, 2009). Os encalhes de tartarugas marinhas, por exemplo, geralmente não excedem 10-20% da mortalidade total, ainda que esta ocorra em águas rasas (KOCH et al., 2013). Em relação a cetáceos, indivíduos que morrem próximo à costa tem maiores chances de chegarem à praia, pois caso a morte ocorra em locais mais profundos, o animal tende a afundar devido à pressão hidrostática

que é produzida pelos gases liberados na decomposição e portanto, presume-se que mamíferos oceânicos têm seus níveis de mortalidade subestimados. (VIANNA, 2013). Já aves marinhas quando morrem no mar e ficam à deriva, são influenciadas por correntes superficiais e ventos locais chegando, assim, até as praias (PARRISH et al., 2007).

Ainda que os encalhes não representem fielmente o número de mortes no oceano, o censo desses episódios é extremamente útil para o estudo dos animais envolvidos. Um exemplo é que grande parte do que se sabe sobre a ecologia e biologia de muitas espécies de cetáceos, como o gênero *Mesoplodon*, foi deduzido através da contagem de encalhes, uma vez que a pesquisa a bordo de navios e aviões pode se tornar cara e inacessível (PERRIN & GERACI, 2009). Ainda, monitorar encalhes pode ser uma ferramenta extremamente útil para a conservação, pois tem a capacidade de revelar aspectos importantes sobre a ecologia e o comportamento das espécies, principalmente de populações vulneráveis. Esses censos contínuos são essenciais para a criação de áreas prioritárias de conservação e preservação de fauna, inclusive, o monitoramento dos predadores de topo uma das principais preocupações para a conservação biológica (PELTIER et al., 2012).

Seguindo essa linha, cada evento de encalhe deve ser considerado uma oportunidade única de aprender algo que não se pode ser aprendido de outra maneira. Observações ao longo dos anos trouxeram informações importantes sobre anatomia, taxa de crescimento, história de vida, período de gestação e estação reprodutiva, genética, ecologia alimentar e longevidade de muitas espécies, sendo ainda importante como indicador de população (PERRIN & GERACI, 2009). Ainda, pode-se melhor compreender sobre algumas doenças parasitárias que acometem esses animais, mortes causadas por vírus e a relação de contaminantes oceânicos como óleo e plástico na sobrevivência de diversas espécies (HAMEL et al., 2009).

Um estudo na Argentina demonstrou haver uma associação entre o encalhe do marisco-branco (*Mesodesma mactroides*) e *storm surges* (tempestades severas). MAYNARD & CHIASSON (1988) concluíram que o transporte das conchas para a costa ocorreu devido a tempestades, caracterizadas através da direção do vento e nível do mar, e não à dinâmica oceanográfica do litoral. A abundância (ou superabundância) de populações no momento de uma tempestade e a coincidência dessa com uma maré alta na primavera foram as possíveis razões para o encalhe de mariscos em uma cidade na costa da Flórida (GRANT, 1985).

Em relação a vertebrados, há indicações de que variáveis como temperatura da superfície do mar (TSM), clorofila-a, intensidade e direção do vento, direção de onda, correntes superficiais, efeitos de anos intensos de *El Niño* e *La Niña* e condições meteorológicas extremas possuem relação com encalhes de diferentes grupos de vertebrados marinhos (SCHWARTZ, 2000;

MOURA et al., 2016; TAVARES, DE MOURA & SICILIANO, 2016; MELO, 2017). Em contrapartida, um estudo realizado com cachalotes (*Physeter macrocephalus*) ao longo da costa do Mar do Norte não apresentou relação entre os encalhes dessa espécie com a concentração de clorofila, a TSM, as correntes marinhas superficiais e a altura de ondas, bem como não houve uma associação entre os encalhes e tempestades, definidas principalmente pela intensidade do vento (NIELEN, 2018).

Eventos de tempestade severos e persistentes podem sozinhos levar os indivíduos ao encalhe devido à desorientação e gastos adicionais de energia (EVANS et al., 2005). Para o Brasil, BUGONI, SANDER & COSTA (2007) encontraram cerca de 350 indivíduos da espécie *Pterodroma incerta* (grazina-de-barriga-branca) em locais a mais de 420 km da costa sul brasileira e 1.100 m acima do nível do mar, após a passagem do furacão Catarina em março de 2004. Uma relação entre encalhes de duas espécies de cetáceos do gênero *Kogia* e variáveis ambientais (intensidade e direção do vento, clorofila-a, TSM e profundidade do oceano) foi relatada para a costa do Brasil, sendo a intensidade do vento a variável que melhor explicou os encalhes (MOURA et al., 2016). Três espécies de aves marinhas residentes no sudeste do Brasil apresentaram uma sensibilidade a condições meteorológicas extremas, como tempestades tropicais, que foram definidas através da altura e período de ondas e da descarga fluvial (TAVARES, DE MOURA & SICILIANO, 2016). O trabalho de MELO (2017) apresentou resultados relevantes para os encalhes de duas espécies de tartarugas marinhas no litoral do Paraná, onde a direção de onda, a velocidade e direção do vento e a intensificação de correntes superficiais apresentaram influências sobre o número de carcaças encontradas.

A compreensão sobre as variáveis meteorológicas e oceanográficas que induzem a formação e o deslocamento de sistemas atmosféricos e oceânicos atuantes no Atlântico Sudoeste e suas relações com os encalhes é necessária para um melhor entendimento desses eventos.

1.2 VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS E OCEANOGRÁFICAS E OS SISTEMAS ATMOSFÉRICOS SINÓTICOS ATUANTES SOBRE O OCEANO ATLÂNTICO SUDOESTE

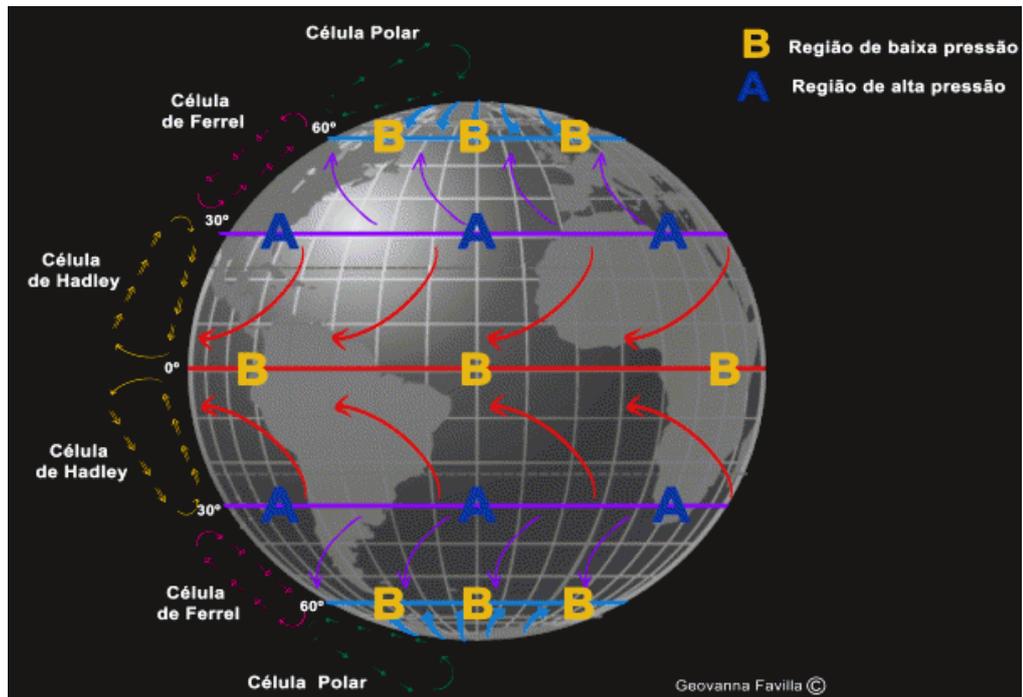
A energia irradiada pelo Sol é distribuída de forma desigual na superfície da Terra e a circulação atmosférica e oceânica ajudam a redistribuir esse calor pelo globo. A diferença de temperatura entre o Equador e os polos resulta em gradientes de pressão que movimentam o ar e, ao longo dos paralelos, formam-se faixas alternadas de pressão. Associadas a isso, existem

três células convectivas em ambos os hemisférios: a célula de Hadley (célula tropical), a célula de Ferrel (célula de latitudes médias) e a célula polar, mostradas na figura 1. Em função da rotação da Terra, as massas de ar são defletidas para a esquerda no Hemisfério Sul e para a direita no Hemisfério Norte (efeito de Coriolis) (GARRISON, 2010).

Variáveis meteorológicas e oceanográficas influenciam diretamente a formação e o deslocamento dos sistemas atmosféricos sinóticos atuantes sobre o Oceano Atlântico Sudoeste. A interação que ocorre entre atmosfera e oceano se dá através de muitos processos, sendo o vento a principal força que afeta a circulação oceânica superficial e essa, por sua vez, afeta as camadas mais profundas. Além disso, o transporte da energia produzida em latitudes baixas é particionado 40% pelos oceanos e 60% pela atmosfera, o que demonstra a importância dos processos oceânicos e atmosféricos, bem como a interação entre eles (HOFFMANN, NÚÑEZ & PICCOLO, 1997).

A TSM é uma importante variável e suas variações sazonais são um dos fatores determinantes do tipo de flora e fauna marinhas características de uma região. Diferentes grupos taxonômicos requerem diferentes condições de temperatura e salinidade, dessa forma a TSM pode fornecer indícios dos organismos mais abundantes e frequentes em um local durante o ano ou em algum período específico, bem como seus possíveis predadores e presas (WAINER & TASCHETTO, 2006). A redução na quantidade de presas leva seus predadores a deficiências energéticas, conseqüente mortalidade e ocorrência de carcaças nas praias, enquanto que o aumento da quantidade de presas leva a uma maior abundância de predadores, e quanto mais animais estão presentes em uma região, maior a probabilidade de encalhes (GRANT, 1985; GARCÍA-BORBOROGLU et al., 2010; TAVARES, DE MOURA & SICILIANO, 2016). Flutuações temporais na TSM já foram utilizadas, por exemplo, para elucidar tendências de encalhes da tartaruga cabeçuda na costa nordeste dos Estados Unidos da América (SCHWARTZ, 2000).

Figura 1 – Circulação atmosférica

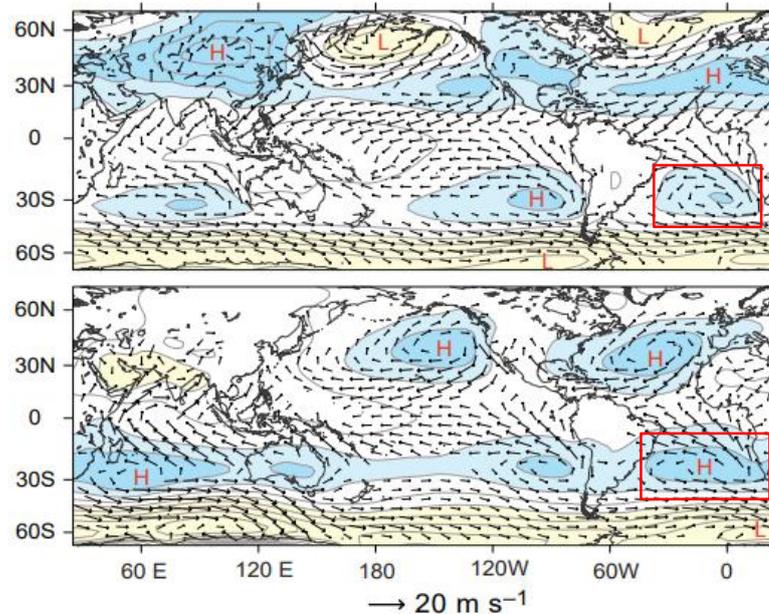


Fonte: Laboratório de Meteorologia de Mesoescala. Departamento de Ciências Atmosféricas – IAG/USP.

Como já dito, o vento é uma importante variável no sistema de interação oceano-atmosfera. No Oceano Atlântico Sudoeste e durante o verão, ele possui uma direção predominante de leste-nordeste entre as latitudes 15°S e 35°S. No inverno essa direção é observada apenas entre 20°S e 25°S, sendo que ao sul de 25°S a direção predominante é oeste-sudeste. A posição da Alta (ou anticiclone) Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e sua variabilidade sazonal são fatores que afetam diretamente a intensidade e direção dos ventos (WAINER & TASCHETTO, 2006). A ASAS é um centro de alta pressão semipermanente localizado no Oceano Atlântico Sul que compreende amplas áreas de ar subsidente seco e quente. Ela está associada à circulação da célula de Hadley, localizada próximo à latitude de 30° Sul. Durante o inverno, o centro de alta pressão tende a se aproximar da costa brasileira e situa-se próximo da região Sudeste. Essa aproximação contribui para ventos mais intensos e pode inibir a formação e a influência de outros sistemas sobre o local. No verão, a ASAS encontra-se mais afastada da costa brasileira e sua circulação contribui para o transporte de umidade para o interior do continente (HASTENRATH & HELLER 1977; MACHEL,

KAPALA & FLOHN, 1998; DEGOLA, 2013). A figura 2 mostra a localização média dos centros de alta pressão do globo no verão e no inverno, com destaque para a ASAS.

Figura 2 – Direção média dos ventos superficiais



Fonte: WALLACE & HOBBS, 2006.

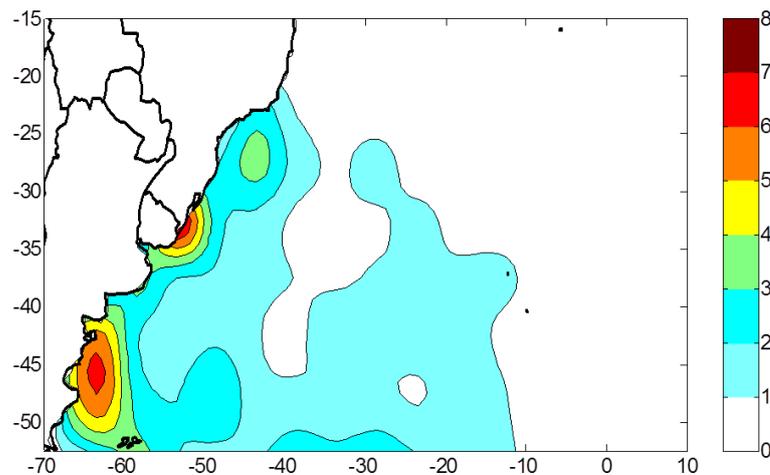
Nota: A imagem do topo corresponde ao período de verão e a imagem de baixo corresponde ao inverno. Na caixa em vermelho, a Alta Subtropical do Atlântico Sul.

Além disso, a pressão atmosférica e o vento podem influenciar o Sudeste da América do Sul e Oceano Atlântico Sudoeste adjacente que ficam sujeitos à passagem de outros sistemas, como as frentes frias e os ciclones extratropicais que, devido ao seu deslocamento, podem influenciar o regime de ventos locais.

Os ciclones extratropicais são sistemas móveis de baixa pressão transientes com circulação no sentido horário no Hemisfério Sul. Eles ocorrem com maior frequência durante o inverno e estão geralmente associados a sistemas atmosféricos frontais com acentuado gradiente de temperatura do ar. Os ciclones extratropicais exercem influência no tempo e nos locais onde atuam, podendo gerar ventos e chuvas intensas e outras condições de instabilidade. Essas condições podem propiciar a ocorrência de ressacas e ondas acima do normal que causam impactos nas zonas costeiras (DA ROCHA, ARAVÉQUIA & RIBEIRO, 2016; SANT'ANNA, 2018).

Dois principais regiões ciclogênicas foram identificadas na América do Sul: a primeira sobre o Golfo de São Matias, na Argentina e a segunda, na Bacia do rio da Prata, ao largo do Uruguai (GAN & RAO, 1991; HOSKINS & HODGES, 2005; REBOITA & AMBRIZZI, 2006). Entretanto, também há a presença frequente desses sistemas na costa Sul e Sudeste do Brasil, principalmente no verão, como mostrado na figura 3.

Figura 3 – Regiões favoráveis à formação de ciclones.



Fonte: REBOITA et al., 2012.

Nota: A escala de cores se refere à densidade ciclogênica anual (10^{-4} km^{-2}).

No Brasil durante os meses mais frios, principalmente entre maio e setembro, há uma maior ocorrência de chegada de frentes frias. Esses sistemas são caracterizados como o encontro de duas massas de ar com diferentes características (temperatura do ar, pressão e umidade), onde o ar frio dos polos segue em direção a latitudes mais baixas. Durante o inverno as frentes são acompanhadas de massas de ar de latitudes altas que podem causar geadas no Sul e Sudeste do Brasil. Nessas regiões os ventos que tem direção nordeste devido à influência da ASAS sofrem um giro para sudeste com a chegada da frente e se deslocam de sudoeste para nordeste sobre o continente e Oceano Atlântico adjacente. No verão, as frentes se posicionam ao longo da costa (DA SILVA & SILVA DIAS, 2002; CAVALCANTI et al., 2009; CALAZANS, 2011).

A virada na direção do vento de quadrante norte para sul, na região do estado de São Paulo, durante a passagem de frentes frias foi observada por MORAIS, CASTRO & TUNDISI (2010). Além disso, ANDRADE & CAVALCANTI (2004) apresentam a posição de um cavado associado aos centros ciclônicos como uma referência para a passagem de frentes.

A direção e intensidade dos ventos, bem como as correntes marinhas, podem influenciar o processo de deriva de carcaças, tendo a capacidade tanto de levar os animais em direção ao oceano ou facilitar a chegada dos mesmos nas praias (EPPERLY, 1996; MELO, 2017). Ainda, indivíduos debilitados também se tornam mais suscetíveis a esses fatores, que podem levar a redução de suas habilidades de forrageio, o que afeta diretamente a capacidade de sobrevivência (MOURA et al., 2016; TAVARES, DE MOURA & SICILIANO, 2016).

Além dos sistemas apresentados acima, os fenômenos de *El Niño* e *La Niña* também podem causar influência no tempo e clima de todo o planeta, gerando mudanças na atmosfera próxima à superfície do oceano (MINUZZI et al., 2007).

O *El Niño* é caracterizado pelo aquecimento anormal das águas superficiais do Oceano Pacífico Equatorial, que gera o enfraquecimento dos ventos alísios (de leste para oeste) na região equatorial, mudanças no transporte de umidade e variações na distribuição de chuvas em regiões tropicais e de médias e altas latitudes. Já o *La Niña*, é reconhecido pelo resfriamento das águas do Oceano Pacífico Equatorial, gerando ventos alísios mais intensos e o aumento da ressurgência costeira, podendo também afetar a quantidade de chuvas. No Sudeste do Brasil, o efeito desses fenômenos não apresenta tanta relevância para o tempo da região quanto apresenta para o Sul do Brasil (MINUZZI et al., 2007; CPTEC, 2019). A quantidade de chuvas, a intensidade dos ventos, a ressurgência costeira e o transporte de umidade tem a capacidade de influenciar a sobrevivência de espécies marinhas devido a deficiências energéticas. Períodos de chuva intensa ou de seca podem levar a um esgotamento de alimento e consequente debilidade e mortalidade de espécies marinhas (JAKSIC, 2001, MELO, 2017).

1.2.1 Ondas

Segundo DA SILVA (2013), o clima de ondas no Brasil depende principalmente de cinco sistemas de escala sinótica: o anticiclone polar migratório, a ASAS, os ciclones extratropicais, os sistemas frontais e a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).

Sob a influência do vento, as águas superficiais no Hemisfério Sul se movem à esquerda da direção do vento, gerando um transporte conhecido como transporte de Ekman, que corresponde a um vetor a 90° da direção do vento na camada superior dos oceanos. Segundo KOBAYAMA et al. (2006), no Sul e Sudeste do Brasil o vento que causa o empilhamento de água na costa é de quadrante sul, portanto o transporte de água nessa região teria direção para oeste.

As frentes frias e ciclones extratropicais podem gerar ventos intensos que favorecem a agitação marítima e a propagação de ondas até a região costeira, causando alturas maiores que o normal (KOBAYAMA et al., 2006; PARISE, CALLIARI & KRUSCHE, 2009). Segundo a Marinha do Brasil, autoridade marítima brasileira, o termo ressaca se refere a ondas com altura acima de 2,5 m. próximas à costa (MARINHA DO BRASIL, 2018, pg. 22). Nas regiões Sul e Sudeste do Brasil esse fenômeno está relacionado ao impacto causado por ciclones extratropicais e frentes frias, principalmente durante as estações de outono e inverno (PARISE, CALLIARI & KRUSCHE, 2009).

As ressacas estão associadas às variações dos regimes atmosféricos e possuem grande variabilidade espacial e temporal, tendo o vento maior intensidade e com maior duração durante a ocorrência desses fenômenos. O vento tem o poder de influenciar a ressaca quanto maior for a pista pela qual ele esteja atuando e mais rasa e larga seja a plataforma continental (PUGH, 1987). As ondas superficiais geradas pelo vento são a principal e mais constante forma de transporte de energia no mar (CANDELLA, 1997).

Sabe-se que a ressaca exerce impactos importantes nas praias como a erosão e inundações (PAULA et al., 2015), mas a maneira como ela pode influenciar os encalhes ainda não é totalmente compreendida. As maiores alturas de ondas podem facilitar a chegada das carcaças às praias, causar lesões físicas e debilitar os indivíduos, bem como levar a redução do nível de oxigênio abaixo da superfície do mar e diminuir a salinidade da água, levando a um aumento no nível do mar (TAVARES, DE MOURA & SICILIANO, 2016; YUNUS, SRIANTO & LEGOWO, 2017). Esses eventos podem causar a migração de presas para próximo da costa, levando seus predadores a segui-las e então, a maior possibilidade de encalhe (GERACI & LOUNSBURY, 1993; YUNUS, SRIANTO & LEGOWO, 2017). Além disso, a direção das ondas também pode estar relacionada à deriva litorânea, o que influencia a chegada de animais mortos ou enfraquecidos na região costeira (MELO, 2017). Porém, como no Sul e Sudeste do Brasil as ressacas estão associadas, principalmente, às frentes frias e aos ciclones extratropicais, a separação dos efeitos da ressaca e dos efeitos de ventos e chuvas intensos e outras condições de instabilidade propiciadas por esses dois sistemas atuantes se torna difícil. Em realidade é mais provável que haja uma soma de diferentes variáveis atuando nos encalhes.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo desse trabalho é verificar a relação entre as variáveis meteorológicas e oceanográficas e o encalhe de animais marinhos na localidade da Ilha Comprida, litoral sul do Estado de São Paulo, entre os anos de 1998 a 2016.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Descrever a frequência do número de encalhes para as espécies estudadas e os períodos de maior intensidade de encalhes na região entre os anos de 1998 e 2016;
- Descrever a variabilidade temporal da altura significativa de ondas, pressão ao nível médio do mar, intensidade e direção do vento e temperatura da superfície do mar ao longo de Ilha Comprida durante os 19 anos de estudo;
- Determinar a relação entre as variáveis meteorológicas e oceanográficas e os encalhes das espécies estudadas para o período e o local de estudo;
- Descrever os sistemas meteorológicos atuantes e as condições oceanográficas nos dias antecedentes aos eventos de maiores encalhes visando relacioná-los a esses eventos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A Ilha Comprida é uma ilha de barreira com direção NE-SO no sul do estado de São Paulo (figura 4), localizada entre as coordenadas 25°03'13" S e 47°52'55" W ao sul e 24°40'42" S e 47°25'23" W ao norte, possuindo aproximadamente 70 km de extensão, 3 km de largura média e baixa declividade (0,67°). Ela está separada do continente por uma estreita laguna chamada de Mar Pequeno que circunda o município (BARBIERI & PINNA, 2007).

Todo o município está incluído na Área de Proteção Ambiental Estadual da Ilha Comprida (APA-Ilha Comprida) que junto com Iguape e Cananeia formam o Complexo Estuarino Lagunar de Cananeia, Iguape e Paranaguá. Essa área é reconhecida pela União Internacional para Conservação da Natureza (IUCN) como um dos ambientes de maior importância para a produtividade marinha do Atlântico Sul, sendo um criadouro natural para diversas espécies (DIEGUES et al., 1992). A vegetação local corresponde a um complexo ecossistema composto de dunas, mangues, restingas, brejos, praias e matas da planície atlântica (BARBIERI & PINNA, 2007).

Os recursos pesqueiros são a base econômica da região e há uma grande diversificação das artes de pesca praticadas pelas comunidades locais. A pesca artesanal ou em pequena escala corresponde a maior parte das práticas locais (MENDONÇA, 2007).

As marés astronômicas possuem uma altura de aproximadamente 1,50 m e seu nível é fortemente influenciado pelos ventos, que possuem grande variação diária. As ondas na arrebentação têm uma altura de aproximadamente 0,8 m. A temperatura média é de 22° C e, por se tratar de uma região litorânea, a umidade relativa do ar é alta e gira em torno de 88% e a pluviosidade superior a 2.000 mm, bem distribuída ao longo do ano. Os maiores índices pluviométricos ocorrem entre dezembro e abril devido à influência da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) (BARBIERI & PINNA, 2007; NASCIMENTO JUNIOR, 2006; BARBIERI & OLIVERIA, 2015).

Além disso, Ilha Comprida faz parte da Bacia de Santos, uma bacia sedimentar que se estende, na plataforma continental brasileira, desde o litoral sul do estado do Rio de Janeiro até o norte do estado de Santa Catarina. Apesar de na Bacia de Santos serem encontrados diversos portos, grande ocupação humana e elevada degradação urbana, essa área ainda se configura como um importante local da ocorrência de espécies de vertebrados marinhos (PETROBRÁS, 2016). Na Ilha Comprida são encontradas tartarugas marinhas, que utilizam o local como área

de alimentação (BONDIOLI, 2009), algumas espécies de cetáceos como *Pontoporia blainvillei* (DESVAUX, 2013), golfinho incluído na lista de espécies ameaçadas de extinção no Brasil e uma grande variedade de aves marinhas (BARBIERI & PAES, 2008). Essas regiões insulares também são importantes para as espécies migratórias, que utilizam o local durante suas rotas, tanto como sítios reprodutivos quanto como locais de parada, principalmente para aves marinhas (PETROBRÁS, 2016).

Figura 4 – Localização da área de estudo.



Fonte: (autor).

3.2 DADOS BIOLÓGICOS

3.2.1 Censos

O monitoramento da praia de Ilha Comprida vem sendo feito desde o ano de 1998 pelos integrantes do Laboratório de Ecotoxicologia do Instituto da Pesca, coordenado pelo Dr. Edison Barbieri, quem forneceu os dados. O presente estudo compilou dados de censos realizados entre os anos de 1998 e 2016.

O monitoramento era realizado semanalmente iniciando sempre da parte sul da ilha em direção norte, pela manhã. Os 70 km de extensão de Ilha Comprida eram percorridos com um veículo automotor a uma velocidade média de 40 km/h.

Os animais eram identificados na praia quando possível, caso contrário eram encaminhados para o laboratório. Apenas indivíduos encontrados mortos foram utilizados nesse estudo, uma vez que um animal pode sair do oceano ao perceber que não conseguirá sobreviver no ambiente e essa ação representa um último esforço na sua recuperação. A maioria dos pinípedes que encalham vivos, por exemplo, estão doentes ou desnutridos (PERRIN & GERACI, 2009).

Figura 5 – Animais encontrados durante o censo.



Fonte: Imagens cedidas pelo Dr. Edison Barbieri.

Nota: A imagem à esquerda corresponde a espécie *Chelonia mydas* (tartaruga-verde) e a imagem à direita, a espécie *Arctocephalus australis* (lobo marinho sul-americano).

Os animais encalhados podem ser rapidamente removidos da praia devido à variação de marés, de animais carniceiros como urubus ou pelo processo de limpeza de praia conduzida nos municípios e aproximadamente 30% das carcaças encontradas no litoral podem ser removidas em apenas um único dia (PAGE, CARTTER & FORD, 1990). Devido a isso, nesse trabalho foram utilizados dados meteorológicos e oceanográficos de até cinco dias anteriores ao registro de encalhe para as análises realizadas aqui.

3.2.2 Tetrápodes Marinhos

Durante o período de estudo, entre os anos de 1998 e 2016, muitas das espécies de tetrápodes marinhos (mamíferos, répteis e aves) encontradas apresentaram baixos números de encalhe. Dessa maneira, para não ser necessária a exclusão de dados, os animais foram agregados em grupos de acordo com sua similaridade taxonômica e/ou padrão migratório. A análise da relação entre os encalhe e as variáveis meteorológicas e oceanográficas foi realizada apenas para aquelas que obtiveram os maiores números de encalhes em cada um dos grupos. A lista completa está apresentada a seguir (tabela 1).

Tabela 1 – Grupos e espécies registradas durante o período de estudo.

Nome Científico	Nome Popular	Nº Total de Encalhes	Categoria de Ameaça
Mamíferos			
<i>Balaenoptera edeni</i>	Baleia de Bryde	1	-
<i>Balaenoptera acutorostrata</i>	Baleia-minke-anã	1	-
<i>Eubalaena australis</i>	Baleia-franca-do-sul	2	EM
<i>Arctocephalus australis</i>	Lobo marinho sul-americano	4	-
<i>Pontoporia blainvillei</i>	Toninha; franciscana	42	EM
<i>Lontra longicaudis</i>	Lontra; lontra neotropical	2	-
<i>Sotalia guianensis</i>	Boto-cinza	10	VU
Tartarugas			
<i>Caretta caretta</i>	Tartaruga-cabeçuda	33	EM
<i>Chelonia mydas</i>	Tartaruga-verde	43	VU
<i>Dermochelys coriacea</i>	Tartaruga-de-couro	17	CR
Aves			
Vagante*			
<i>Procellaria cinerea</i>	Pardela-cinza	1	-
Residente**			
<i>Ardea alba</i>	Garça-branca	1	-
<i>Fregata magnificens</i>	Tesourão	10	-
<i>Larus dominicanus</i>	Gaiivotão	24	-
<i>Nannopterum brasilianus</i>	Biguá	2	-

<i>Rynchops niger</i>	Talha-mar	1	-
<i>Sterna hirundinacea</i>	Trinta-réis-de-bico-vermelho	7	VU
<i>Sula leucogaster</i>	Atobá-pardo	27	-
<i>Thalasseus acufavidus eurygnatha</i>	Trinta-réis-de-bando	6	VU
<i>Thalasseus maximus</i>	Trinta-réis-real	8	EM
Visitante do Norte**			
<i>Puffinus puffinus</i>	Bobo-pequeno	17	-
<i>Stercorarius longicaudus</i>	Mandrião-de-cauda-comprida	1	-
<i>Stercorarius parasiticus</i>	Mandrião-parasítico	2	-
<i>Stercorarius pomarinus</i>	Mandrião-pomarinu	4	-
<i>Sterna hirundo</i>	Trinta-reis-boreal	5	-
Visitante do Sul**			
<i>Daption capense</i>	Pomba-do-cabo	19	-
<i>Diomedea epomophora</i>	Albatroz-real	1	VU
<i>Diomedea exulans</i>	Albatroz-errante	7	CR
<i>Diomedea sanfordi</i>	Albatroz-real-do-norte	1	EN
<i>Fulmarus glacialisoides</i>	Pardelão-prateado	1	-
<i>Macronectes giganteus</i>	Petrel-gigante	18	-
<i>Macronectes halli</i>	Petrel-gigante-do-norte	2	-
<i>Oceanites oceanicus</i>	Alma-de-mestre	2	-
<i>Pachyptila belcheri</i>	Faigão-de-bico-fino	7	-
<i>Phoebetria palpebrata</i>	Albatroz-de-manto-claro	1	-
<i>Procellaria aequinoctialis</i>	Pardela-preta	1	VU
<i>Procellaria conspicillata</i>	Pardela-de-óculos	13	VU
<i>Pterodroma incerta</i>	Grazina-de-barriga-branca	22	EN
<i>Puffinus gravis</i>	Bobo-grande-de-sobre-branco	49	-
<i>Puffinus griseus</i>	Bobo-escuro	33	-
<i>Stercorarius antarcticus</i>	Mandrião-antártico	8	-
<i>Stercorarius chilensis</i>	Mandrião-chileno	32	-
<i>Stercorarius maccormicki</i>	Mandrião-do-sul	4	-
<i>Thalassarche chlororhynchos</i>	Albatroz-de-nariz-amarelo	74	EN
<i>Thalassarche melanophris</i>	Abatroz-de-sobrancelha	72	-
<i>Spheniscus magellanicus</i>	Pinguim-de-Magalhães	1905	-

Fonte: (autor).

Nota: VU = vulnerável; EN = em perigo; CR = criticamente em perigo. * Status de ocorrência para o Brasil (CBRO, 2014). ** Status de ocorrência para o estado de São Paulo (FIGUEIREDO, 2002).

Para as análises realizadas nesse estudo a espécie *P. cinerea* foi agrupada junto com aves residentes por possuir apenas um indivíduo encalhado durante todo o período do estudo. A espécie *S. magellanicus* foi separada do grupo de aves visitantes do Sul, pois além de ter sido registrado um número muito maior de encalhes do que em outras espécies, esta é a única ave nadadora presente neste estudo.

3.2.2.1 Mamíferos marinhos

Os mamíferos marinhos evoluíram independentemente de ancestrais terrestres e se adaptaram à vida marinha, conservando características de mamíferos como a endotermia, a amamentação de filhotes, a presença de pelos em ao menos um período da vida e a respiração de ar atmosférico. Eles compartilham entre si algumas características de adaptação à vida no mar como, por exemplo, o corpo hidrodinâmico e apêndices modificados à natação, adaptações osmóticas como a excreção de uma urina concentrada e bastante salina e um sistema respiratório capaz de reter grande quantidade de oxigênio permitindo mergulhos mais profundos. Estão atualmente incluídos em três ordens: Cetartiodactyla, Carnivora e Sirenia (PEREIRA & SOARES-GOMES, 2009; GARRISON, 2010).

Pontoporia blainvillei pertence à família Iniidae e ao gênero *Pontoporiae* que habita águas costeiras da Argentina, Uruguai e do sul do Brasil até o Espírito Santo, porém de forma não contínua, havendo lacunas entre essas regiões. No estado de São Paulo, possuem uma população residente e são geralmente encontrados em pequenos grupos de 2-3 indivíduos. Apesar de serem considerados não migrantes, foram relatados movimentos sazonais da costa para o oceano e deslocamentos de 70 – 90 km ao longo da costa da Argentina (BRESSAN, KIERULFF & SUGIEDA, 2009; WELLS, BORDINO & DOUGLAS, 2013; VIVO et al., 2011). Está ameaçado de extinção e sua principal ameaça é a captura incidental em redes de pesca.

Sotalia guianensis é um cetáceo da família Delphinidae e pertence ao gênero *Sotalia*. No Brasil, sua distribuição ocorre desde o litoral do Pará até norte de Santa Catarina e há uma população residente no estado de São Paulo. Essa espécie possui hábitos costeiros e sua distribuição parece ser influenciada pela presença de água doce no litoral, vinda de rios que desaguam no mar, pois frequentemente ocorrem em ambientes estuarinos (ROCHA-CAMPOS, CÂMARA & PRETTO, 2011; PAGLIA, 2012; DESVAUX, 2013).

3.2.2.2 Tartarugas marinhas

As tartarugas marinhas apresentam algumas especializações para a vida no mar, como membros dianteiros modificados em forma de nadadeiras para natação e propulsão e membros traseiros que funcionam como leme. Possuem ainda glândulas de sal localizadas na cabeça para excreção do excesso devido a sua alimentação (PEREIRA & SOARES-GOMES, 2009).

Esse grupo é conhecido por percorrer grandes distâncias entre áreas de alimentação e reprodução, voltando para realizar a postura de ovos na mesma praia em que nasceram. Vivem normalmente em águas tropicais, porém algumas espécies já foram registradas em regiões temperadas (PEREIRA & SOARES-GOMES, 2009).

Das sete espécies existentes no mundo, cinco delas ocorrem no Brasil. Elas pertencem à ordem Testudines e estão distribuídas em duas famílias: Dermochelyidae e Cheloniidae. Todas as espécies ocorrentes no Brasil se encontram em algum grau de ameaça de extinção, tanto na lista da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN, sigla em inglês), quanto na lista do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, do Ministério do Meio Ambiente (ICMBio – MMA).

Caretta caretta está incluída na família Cheloniidae e no gênero *Caretta*. Essa espécie possui distribuição circunglobal, possuindo registros no Brasil desde o Pará até o Rio Grande do Sul. Sua época de reprodução no litoral brasileiro estende-se do final de agosto ao final de fevereiro, obtendo um pico entre outubro e dezembro, e suas principais áreas de desova são o norte da Bahia, Espírito Santo, norte do Rio de Janeiro e Sergipe. Após esse período, os animais se deslocam para o Nordeste ou Sul do país, em direção às suas respectivas áreas de alimentação e descanso (DOS SANTOS et al., 2011).

Chelonia mydas pertence à família Cheloniidae e ao gênero *Chelonia*. É a espécie que apresenta os hábitos mais costeiros dentre todas as tartarugas marinhas, incluindo estuários de rios e lagos. Suas desovas ocorrem preferencialmente em ilhas oceânicas, mas no Brasil já foram localizadas também no litoral norte da Bahia. Após a época reprodutiva, esses animais começam suas migrações até áreas de alimentação (DE PÁDUA ALMEIDA, 2011a). O Complexo Estuarino Lagunar de Cananeia/Iguape é uma conhecida área de alimentação de juvenis da espécie que ocorrem em abundância o ano todo na região (BONDIOLI, 2009).

Dermochelys coriacea é a única espécie remanescente da família Dermochelyidae e do gênero *Dermochelys*. É uma espécie cosmopolita e vive prioritariamente em áreas oceânicas. No Brasil sua única área de desova regular conhecida é o litoral norte do Espírito Santo e sua época reprodutiva ocorre entre outubro e fevereiro. A espécie realiza grandes deslocamentos transoceânicos entre suas áreas de reprodução e alimentação (DE PÁDUA ALMEIDA et al., 2011b).

3.2.2.3 Aves marinhas

Aves marinhas, bem como répteis e mamíferos marinhos, evoluíram de ancestrais terrestres adaptados à vida no mar, possuindo características como as glândulas de sal, uma plumagem impermeável, patas com membranas interdigitais e em algumas espécies até mesmo asas modificadas em nadadeiras. Essas adaptações variam em cada um dos grupos e estão relacionadas, geralmente, com a forma de obtenção de alimento (PEREIRA & SOARES-GOMES, 2009).

O grande grupo de aves marinhas corresponde a aproximadamente 3% de todas as espécies de aves conhecidas. Elas passam entre 50% e 90% da sua vida no oceano, sobrevoando, pousando sobre a superfície ou mesmo nadando ativamente e seu tempo em terra serve apenas para reprodução, postura de ovos e troca de penas. Algumas espécies marinhas também são abundantes em ambientes de água doce como estuários (GARRISON, 2010).

Como a maioria das aves, também podem realizar movimentações sazonais em resposta à disponibilidade de alimento e de local para a nidificação de filhotes, com algumas espécies realizando longas migrações transcontinentais. Devido às longas jornadas que podem realizar, existem classificações quanto ao seu status de ocorrência para um local, que são: vagantes (ocorrência esporádica e irregular com poucos registros); residentes (encontradas ao longo de todo o ano na costa, ilhas ou mar territorial); migratórias/visitantes (ocorrência regular em alguma estação ou período específico do ano) (CALAZANS, 2009).

A classificação para o estado de São Paulo foi retirada do Centro de Estudos Ornitológicos (CEO) (www.ceo.org.br). O CEO “é uma organização não governamental, sem fins lucrativos, com objetivos de congregar pessoas interessadas na observação de aves, ornitologia e temas correlatos, desenvolver estudos ornitológicos, contribuir para a conservação da natureza em geral e das aves em particular e para a educação ambiental da população” (CEO, 2018), que existe desde o ano de 1984.

3.2.2.3.1 Aves residentes

Fregata magnificens, pertencente à família Fregatidae e gênero *Fregata*, possui ampla distribuição geográfica, ocorrendo na costa leste da América do Sul, América Central, México, África, e da costa oeste da América do Sul, da Colômbia ao Peru. Essa espécie faz seus ninhos em ilhas costeiras próximas à Ilha Comprida e tem sua ocorrência distribuída ao longo de todo o ano na região (BARBIERI & PAES, 2008).

Larus dominicanus, incluída na família Laridae e gênero *Larus*, habita o litoral e ilhas costeiras do Oceano Pacífico e Atlântico Sul, sendo encontrada no Brasil do Rio Grande do Sul até o Espírito Santo. Sua reprodução ocorre no inverno em ilhas costeiras da região tropical sul do Brasil. As populações austrais dessa espécie nidificam na primavera na costa do Uruguai e Argentina. Apesar de apresentarem registros durante o ano todo na região de Ilha Comprida, as flutuações sazonais na abundância estão relacionadas com seu período reprodutivo, uma vez que há um aumento do número de indivíduos nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro. Esse aumento é atribuído à interação da espécie com a pesca do camarão, pois *L. dominicanus* utiliza os descartes da pesca como fonte de alimento BARBIERI (2008).

Sula leucogaster pertence à família Sulidae e gênero *Sula*. É característica de mares tropicais e subtropicais, fazendo seus ninhos em ilhas costeiras brasileiras, inclusive na região do presente estudo, realizando pequenas migrações entre suas áreas de alimentação e reprodução (BARBIERI & OLIVEIRA, 2015, BARBIERI & PAES, 2008). Segundo CAMPOS et al (2004), os meses com maior nidificação na costa do estado de São Paulo de fragatas e atobás, incluindo *S. leucogaster* ocorre entre maio e outubro, ainda que as espécies estejam presentes durante todo o ano.

3.2.2.3.2 Aves visitantes do norte

Puffinus puffinus, incluído na família Procellariidae e gênero *Puffinus*, é uma espécie migratória transequatorial que se reproduz no Atlântico Norte entre maio e setembro. Após essa época reprodutiva migra para o Atlântico Sul, podendo ser encontrado no litoral brasileiro nos meses de setembro a fevereiro (FINK et al., 2018).

3.2.2.3.3 Aves visitantes do sul

Puffinus gravis e *Puffinus griseus* são espécies incluídas na ordem família Procellariidae e gênero *Puffinus* e as duas são muito comuns no litoral brasileiro. Após seus períodos reprodutivos em ilhas do Atlântico Sul (Ilhas Malvinas, Ilhas Tristão da Cunha e Ilha Gough) migram em direção ao Atlântico Norte entre os meses de abril e maio (NEVES; BUGONI & ROSSI-WONGTSCHOWSKI, 2006).

Stercorarius chilensis pertence à ordem Charadriiformes, subordem Lari, família Stercorariidae e gênero *Stercorarius*. Essa espécie nidifica na costa sul do Chile e Argentina e

é apontada como sendo um visitante de inverno no Brasil (NEVES, BUGONI & ROSSI-WONGTSCHOWSKI, 2006).

As espécies *Thalassarche chlororhynchos* e *Thalassarche melanophris* pertencem à família Diomedidae e gênero *Thalassarche*. *T. chlororhynchos* é uma espécie de albatroz que nidifica nas ilhas do grupo Tristão da Cunha e Ilha Gough, no Atlântico Sul, e tem preferência por águas mais quentes que outras espécies de albatrozes. O número de indivíduos no Brasil aumenta consideravelmente durante o inverno, quando as aves deixam seus sítios de reprodução em busca de alimento. A espécie *T. melanophris* distribui-se mais ao sul que *T. chlororhynchos*, comumente ao redor da Antártica e também migra para a costa brasileira durante o inverno (BRESSAN, KIERULFF & SUGIEDA, 2009).

Spheniscus magellanicus, pertencente à família Spheniscidae e gênero *Spheniscus*, tem suas colônias reprodutivas localizadas ao sul da Argentina e do Chile e Ilhas Malvinas e é o pinguim mais abundante no Brasil. Durante o inverno, deixa seus locais de reprodução e migra em direção ao norte da Argentina, Uruguai e também Sul e Sudeste do Brasil, podendo chegar eventualmente até o litoral do Nordeste (MARIANI, 2016).

3.3 VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS E OCEANOGRÁFICAS

Visando estudar a relação com os encalhes, as seguintes variáveis meteorológicas e oceanográficas foram analisadas no presente estudo: (1) altura significativa de onda, (2) pressão atmosférica ao nível do mar, (3) intensidade do vento a 10 m, (4) direção do vento a 10 m, e (5) temperatura da superfície do mar (TSM).

3.3.1 Altura Significativa de Ondas

Os dados de altura significativa de ondas (ASO) foram obtidos através do modelo de ondas oceânicas de terceira geração *Wave Watch III* (WW3), desenvolvido pela *Marine Modeling and Analysis Branch* (MMAB) do NCEP/NOAA que estão disponíveis online no sítio <<http://polar.ncep.noaa.gov/waves/viewer.shtml>>. Esse modelo é utilizado pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE). O sítio de dados fornece além dos dados de ASO, o período e a direção das ondas num intervalo de 3 horas, entre outras variáveis. Para o presente estudo foram feitas médias diárias da ASO, sendo que cada dia representou a média de oito observações.

Entre os anos de 1998 e 2005, o modelo fornece informações com uma resolução $1^\circ \times 1,25^\circ$ de latitude/longitude e, nos anos a seguir, a resolução é de $0,5^\circ \times 0,5^\circ$ de latitude/longitude. Devido a essa diferença, a retirada dos dados ocorreu no ponto mais próximo possível da praia em que a resolução mais baixa permitia, sendo esse ponto próximo a 25°S e $47,5^\circ\text{O}$.

3.3.2 Pressão Atmosférica, Ventos e TSM

Os dados referentes à média diária de quatro observações de pressão atmosférica ao nível do mar (PNM), componente zonal e meridional do vento a 10 m e TSM foram obtidos através das reanálises do ERA-Interim.

O ERA-Interim é um modelo global de reanálise desenvolvido pelo *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF). Esse modelo envolve a assimilação de dados através de medidas *in situ*, a bordo de aviões, navios, em estações terrestres, marítimas e por meio de satélites. Os produtos gerados possuem dados diários desde 1979 de uma grande variedade de variáveis meteorológicas e oceanográficas e estão disponíveis online através do sítio <http://apps.ecmwf.int/datasets/data/interim-full-daily/levtype=sfc>. A resolução utilizada nesse trabalho é de $0,5^\circ \times 0,5^\circ$ latitude/longitude e os dados foram obtidos para o mesmo ponto da variável anterior, altura significativa de ondas, 25°S e $47,5^\circ\text{O}$.

3.3.3 Leitura e Análise dos Dados

As componentes zonal e meridional do vento medidas a 10 m da superfície do mar, foram utilizadas para calcular intensidade e a direção do vento. Dessa forma, essas variáveis foram transformadas através das seguintes equações:

$$V = \sqrt{(u^2 + v^2)} \quad (1)$$

$$WD = 57.3 \times \tan^{-1}(u, v) + 180 \quad (2)$$

Sendo \tan^{-1} = tangente inversa; u = componente zonal do vento; v = componente meridional do vento.

As unidades utilizadas para cada uma das variáveis foram: ASO em metros, PNM em hPa, componentes do vento em m/s e TSM em °C. E após os cálculos acima descritos, a direção do vento foi utilizada em graus (0-360) e a intensidade do vento continuou sendo m/s.

A leitura e análise de todos os dados meteorológicos e oceanográficos é realizada utilizando o software *Grid Analysis and Display System* (GrADS).

Os dados biológicos foram organizados em conjunto com os dados meteorológicos e oceanográficos em uma planilha Excel[®]. O programa Matlab[®] foi utilizado para a confecção de gráficos.

3.4 MÉTODOS DE ANÁLISE E PROCESSAMENTO DOS DADOS

3.4.1 Filtragem das Séries de Tempo das Variáveis Meteorológicas e Oceanográficas

Algumas variáveis apresentaram uma grande oscilação diária, tornando a análise do seu comportamento na série temporal total muito limitado. Devido a isso, os dados passaram por uma filtragem para ser possível suavizar os ruídos de oscilações muito altas, sendo a filtragem utilizada do tipo média móvel a cada 10 observações. Esse tipo de filtro permite uma melhor visualização do ciclo comportamental das variáveis que apresentaram ruídos muito acentuados, enquanto que aquelas com ciclos mais definidos mantiveram suas características.

3.4.2 Mapas de Campos Meteorológicos Sinóticos

Para a análise dos sistemas atmosféricos atuantes em determinados períodos de tempo ao longo do período desse estudo, foram construídos mapas de campos sinóticos de reanálises atmosféricas para os cinco dias anteriores aos maiores encalhes. As variáveis utilizadas foram pressão ao nível médio do mar (PNM), que se configura importante para a análise dos sistemas e a intensidade e direção do vento a 10 m, que podem ser fatores relevantes influenciando o depósito de carcaças nas praias como já relatado por PERRIN & GERACI (2009) e TAVARES, DE MOURA & SICILIANO (2016).

Considera-se escala sinótica os eventos meteorológicos que estão associados a processos atmosféricos de larga escala e possuem duração de 1 a 10 dias, sendo possível identificar através das cartas sinóticas os centros de altas e baixas pressões, os sistemas frontais e ciclones extratropicais (BLUESTEIN, 1992; CALAZANS, 2011). Apesar de a análise ter sido

realizada para os dias que apresentavam os maiores números de encalhes, os resultados apresentados na seção seguinte serão referentes apenas a dois eventos de encalhe para cada grupo por conta da limitação de espaço nesse documento.

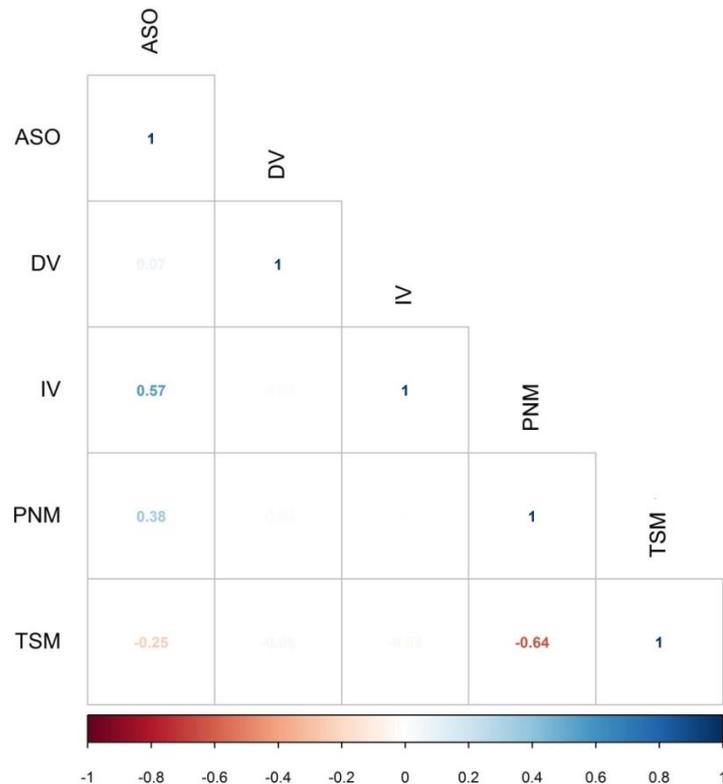
3.4.3 Análises Estatísticas

As análises estatísticas realizadas no presente estudo buscaram identificar relações entre o número de encalhes e as variáveis meteorológicas e oceanográficas através da metodologia utilizada por MOURA et al. (2016) e TAVARES, DE MOURA & SICILIANO (2016) e adaptada para o estudo.

As variáveis meteorológicas e oceanográficas utilizadas aqui foram inseridas em uma matriz de correlação a fim de verificar a presença de colinearidade entre elas. A colinearidade representa a existência de correlação e quando altos valores de correlação entre variáveis preditoras são observados, há a possibilidade de as análises estatísticas não serem confiáveis (ZURR, IENO & ELPHICK, 2010). Dessa forma, seguindo a metodologia de CÁCERES et al. (2016), foram selecionadas variáveis com valores de correlação menores que 0,7. Como não houve correlação significativa entre nenhum par de variáveis, foi possível a utilização de todas nas análises (figura 6).

Após a aplicação do teste de colinearidade, uma análise preliminar de dados foi realizada através de um diagrama de dispersão entre o número de encalhes e as variáveis meteorológicas e oceanográficas, a fim de verificar uma possível correlação linear direta entre eles. Diagramas de dispersão são úteis na visualização de relações entre variáveis, assim como na identificação de observações que não seguem um padrão geral. As linhas de regressão linear que são adicionadas aos diagramas demonstram a interação entre a variável preditora e a variável resposta, que pode ser positiva, negativa ou nula, embora apenas uma análise de regressão possa realmente confirmar essa relação (ZURR, IENO & ELPHICK, 2010). Para isso foi testado a normalidade dos dados através do teste de Shapiro-Wilk ($p > 0,05$) e, devido ao fato de os dados apresentarem um caráter não paramétrico, optou-se por realizar uma correlação de Spearman. Para a espécie *S. magellanicus* foram retirados dois pontos referentes aos valores extremos de encalhes ($n=150$ e $n=160$), pois esses valores eram muito diferentes da média da série e poderiam acarretar em um valor de correlação não confiável.

Figura 6 – Matriz de correlação entre as variáveis meteorológicas e oceanográficas.



Fonte: (autor).

Com o intuito de explorar os dados de forma mais robusta, foi realizada uma análise de regressão múltipla utilizando Modelos Lineares Generalizados (GLM, sigla em inglês) com distribuição binomial. Esse método foi utilizado nos trabalhos de MOURA et al. (2016) e TAVARES, DE MOURA & SICILIANO (2016), ainda que o último tenha empregado uma variação do método GLM. Da mesma forma que nesses trabalhos, a distribuição binomial se adequou melhor aos dados devido ao fato de que os eventos de encalhe produziram uma grande quantidade de zeros na variável resposta.

Para a seleção do melhor modelo aditivo, foi utilizado um critério de seleção do tipo *stepwise*, que consiste em adicionar e remover variáveis preditoras automaticamente nos modelos a fim de identificar qual combinação possui maior significância. Para analisar qual a combinação das variáveis preditoras no GLM melhor explicaria o número de encalhes foi escolhido o Critério de Informação de Akaike (AIC, sigla em inglês). Esse método fornece uma medida de qualidade de um modelo estatístico ao equilibrar a qualidade do ajuste com a

complexidade do modelo (MOURA et al., 2016), onde o modelo considerado mais plausível é aquele com o menor valor de AIC.

Considerando-se que cerca de 30% das carcaças encontradas nas praias podem ser removidas em apenas um único dia (PAGE, CARTTER & FORD, 1990), foi realizado uma média de cinco dias para as variáveis meteorológicas e oceanográficas utilizadas no presente estudo. As análises foram realizadas no software Matlab® e R (versão 3.4.1) e consideradas significativas as regressões que obtiveram um valor de $p < 0,05$.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 SÉRIES DE TEMPO DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS E OCEANOGRÁFICAS

A pressão ao nível médio do mar (PNM) e temperatura da superfície do mar (TSM) apresentaram padrões anuais definidos, onde seus valores máximos e mínimos encontraram-se associados a um determinado período do ano. Os maiores valores de pressão, como esperado, ocorreram nos meses mais frios do ano e os menores nos meses mais quentes (figura 7b). O oposto ocorre com a TSM que conforme esperado, teve seus maiores valores em meses de verão e os menores nos meses de inverno (figura 7e).

Tabela 2 – Análise dos valores médios, máximos, mínimos e amplitude das variáveis meteorológicas e oceanográficas.

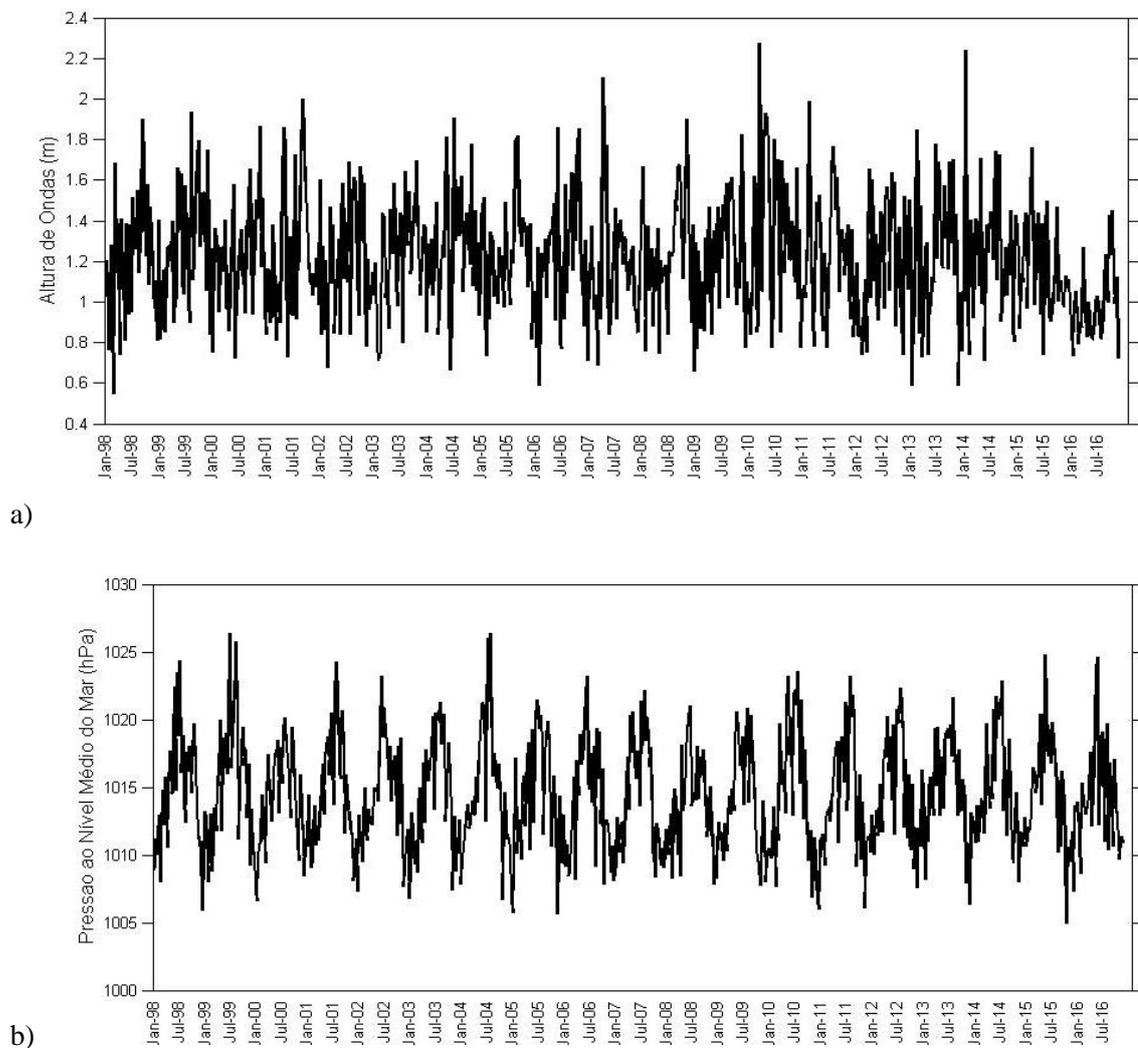
Variável	Valor médio	Valor mínimo	Valor máximo	Amplitude
ASO (m)	1,2	0,5	2,3	1,8
PNM (hPa)	1014	1005	1026	21
IV (m/s)	4,3	1,3	7,6	6,3
DV (°)	130,4	49,3	299,3	250
TSM (°C)	22,6	15,9	28,1	12,2

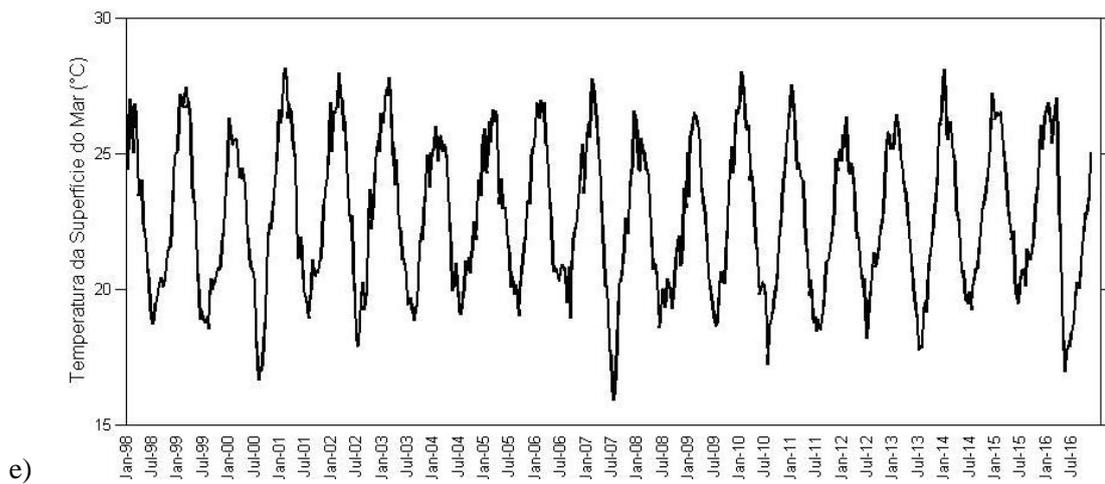
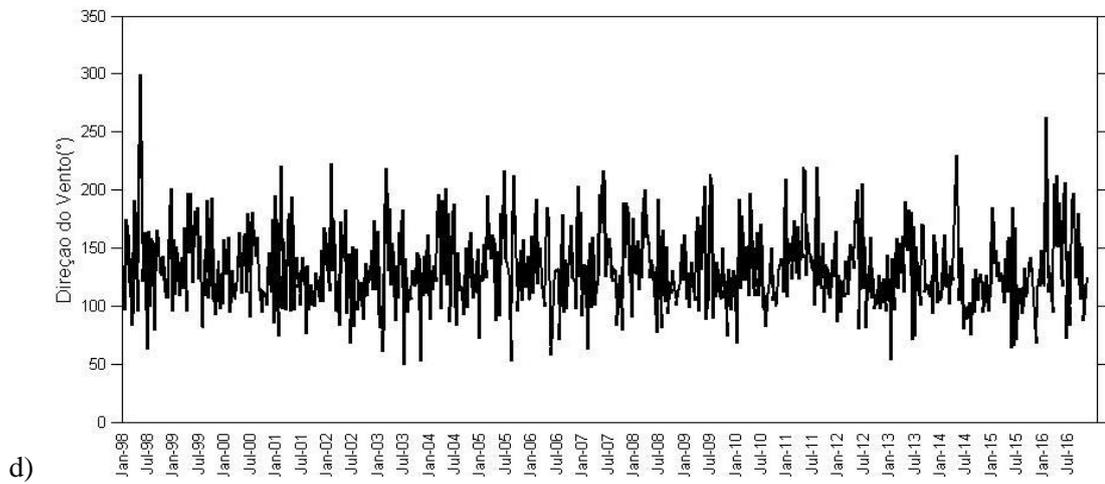
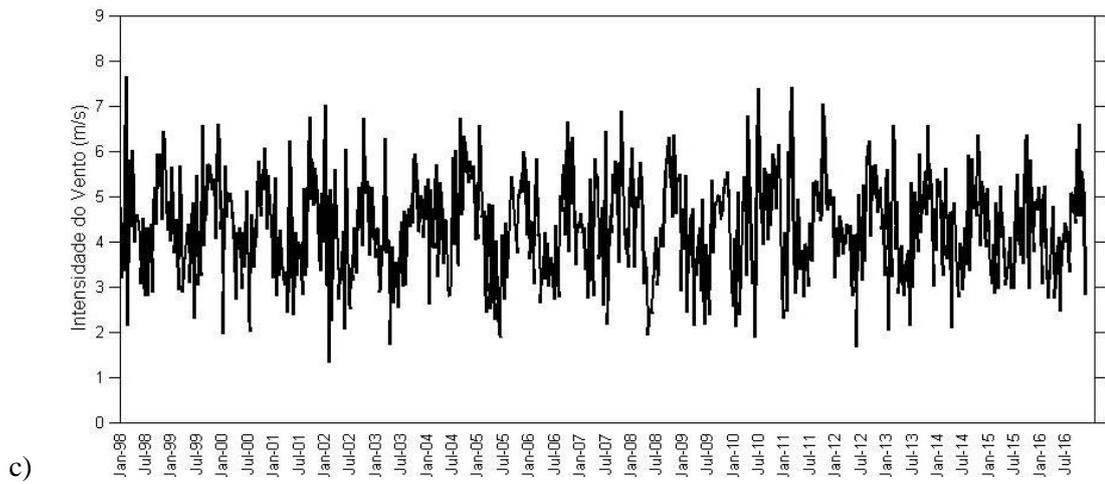
Fonte: (autor).

Nota: ASO = altura significativa de ondas; PNM = pressão ao nível médio do mar; IV = intensidade do vento/ DV = direção do vento; TSM = temperatura da superfície do mar.

A altura significativa de ondas, intensidade e direção do vento são variáveis que apresentaram o maior número de oscilações intra-anuais. Apesar da intensidade do vento apresentar uma leve tendência anual para os meses de inverno, provavelmente associada à ASAS e a seu deslocamento no Oceano Atlântico Sudoeste, não se pode evidenciar um padrão anual definido (figura 7b). Um comportamento similar foi percebido para altura de ondas e direção do vento, que possuem oscilações temporais em altas frequências (figuras 7a e 7d). A tabela 2 apresenta os valores médios, máximos, mínimos e a amplitude das variáveis meteorológicas e oceanográficas utilizadas no presente estudo.

Figura 7 – Séries de tempo das variáveis meteorológicas e oceanográficas entre 1998 e 2016.



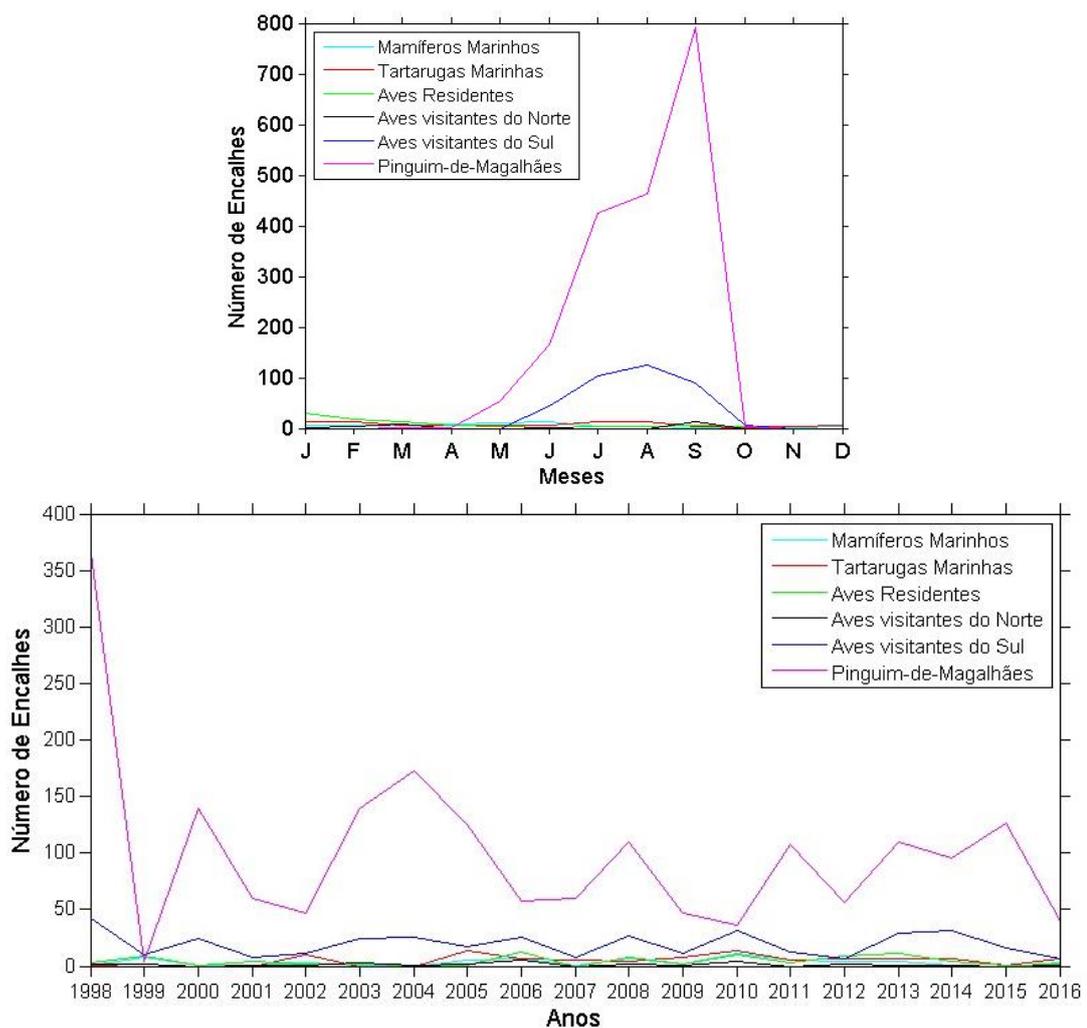


Fonte: (autor).

4.2 ENCALHES DE ANIMAIS

Ao longo dos anos de 1998 e 2016 as amostragens realizadas no local somaram um total de 2542 indivíduos encontrados encalhados nas praias do município de Ilha Comprida. 46 espécies foram identificadas, pertencendo a dezenove famílias e oito ordens de tetrápodes marinhos já listados na tabela 1 deste trabalho. A figura 8 apresenta uma sazonalidade entre os meses de junho e setembro, correspondente a época onde as aves migrantes do Sul, incluindo o pinguim-de-Magalhães chegam à costa do Brasil. Como esses foram os grupos com maiores indivíduos encalhados, a distribuição apresentada sofre uma influência dos mesmos, da mesma forma que os picos relacionados aos anos de maiores encalhes.

Figura 8 – Distribuição mensal e anual dos encalhes de todos os indivíduos durante o período de estudo.



Fonte: (autor).

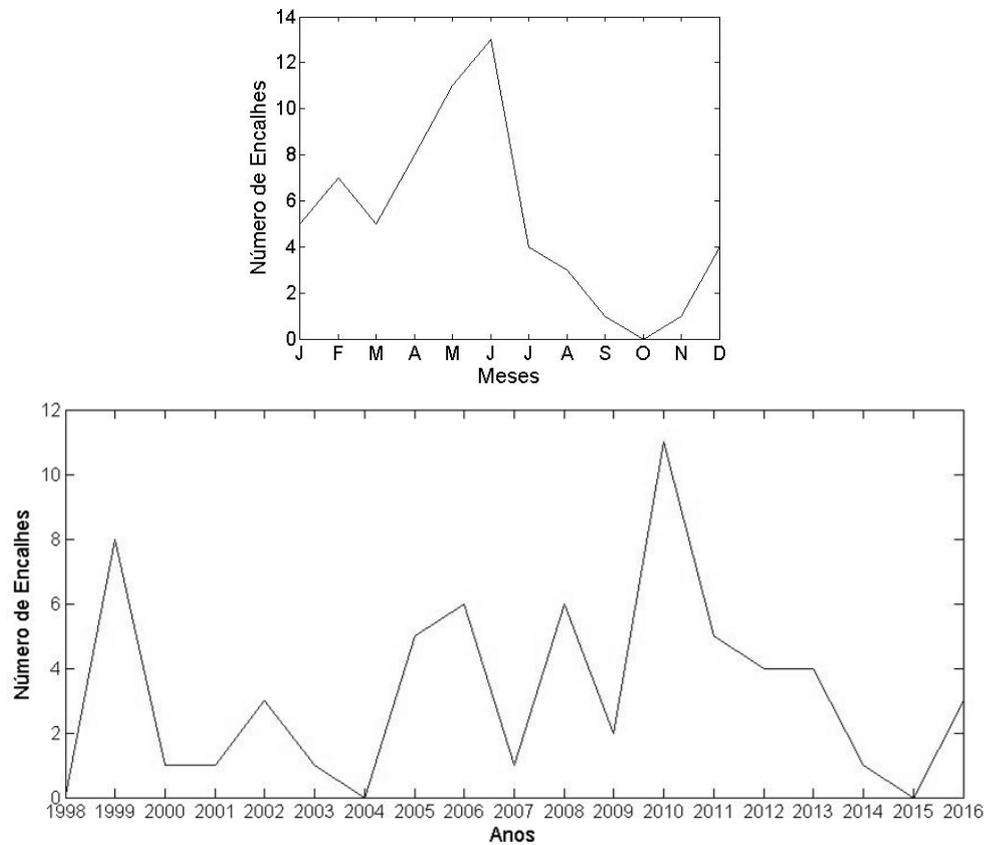
4.2.1 Mamíferos marinhos

Para o grupo dos mamíferos marinhos obteve-se um total de 62 indivíduos encalhados nas praias de Ilha Comprida entre 1998 e 2016. As sete espécies registradas pertenciam a cinco famílias (Balaenidae, Balaenopteridae, Delphinidae, Iniidae, Mustelidae, Otariidae e Pontoporiidae) e a duas ordens (Cetartiodactyla e Carnivora).

A frequência dos encalhes de *P. blainvillei* e *S. guianensis* no complexo estuarino-lagunar de Cananeia aumenta nos períodos onde a pesca de emalhe tem maior atuação (abril, maio, setembro e outubro) (DESVAUX, 2013), porém no presente estudo observou-se um maior número de encalhes nos meses de abril, maio e junho (figura 9). Essas duas espécies, que possuem hábitos costeiros também foram as que tiveram os maiores encalhes desse grupo e sua proximidade com a costa faz com que a vulnerabilidade aumente, tornando-as mais suscetíveis a impactos antrópicos (VIANNA, 2013). Algumas das causas já mencionadas em outros trabalhos são a pesca incidental, patologias e choque com embarcações (VIANNA, 2013).

Na região Sul do Brasil os efeitos de *El Niño* e *La Niña* podem influenciar a reprodução de peixes estuarinos, devido a diferença de salinidade em períodos de chuva intensa (*El Niño*) e de seca (*La Niña*) ou a dificuldade de entrada no estuário devido à vazão causada pelas chuvas (VIANNA, 2013). Dessa maneira, mamíferos marinhos, principalmente costeiros, podem ser influenciados. Os períodos de *El Niño*, devido a chuvas intensas, podem estar relacionados ao menor número de presas e a maior disputa delas por pescadores e uma redução no alimento, bem como capturas incidentais, podem influenciar os encalhes (VIANNA, 2013). Os anos de 1999 e 2010 foram anos onde o fenômeno de *La Niña* ocorreu após um ano de *El Niño* (1998 e 2009). Apesar disso, uma redução dos encalhes também pôde ser observado em anos de influência desses sistemas (como 2007), não havendo como relacionar diretamente os eventos de encalhe com esses fenômenos. Ainda, a pesca é conhecida atualmente como a causa principal de mortalidade de *P. blainvillei* e *S. guianensis* (DESVAUX, 2013).

Figura 9 – Distribuição mensal e anual dos encalhes de mamíferos marinhos durante o período de estudo.



Fonte: (autor).

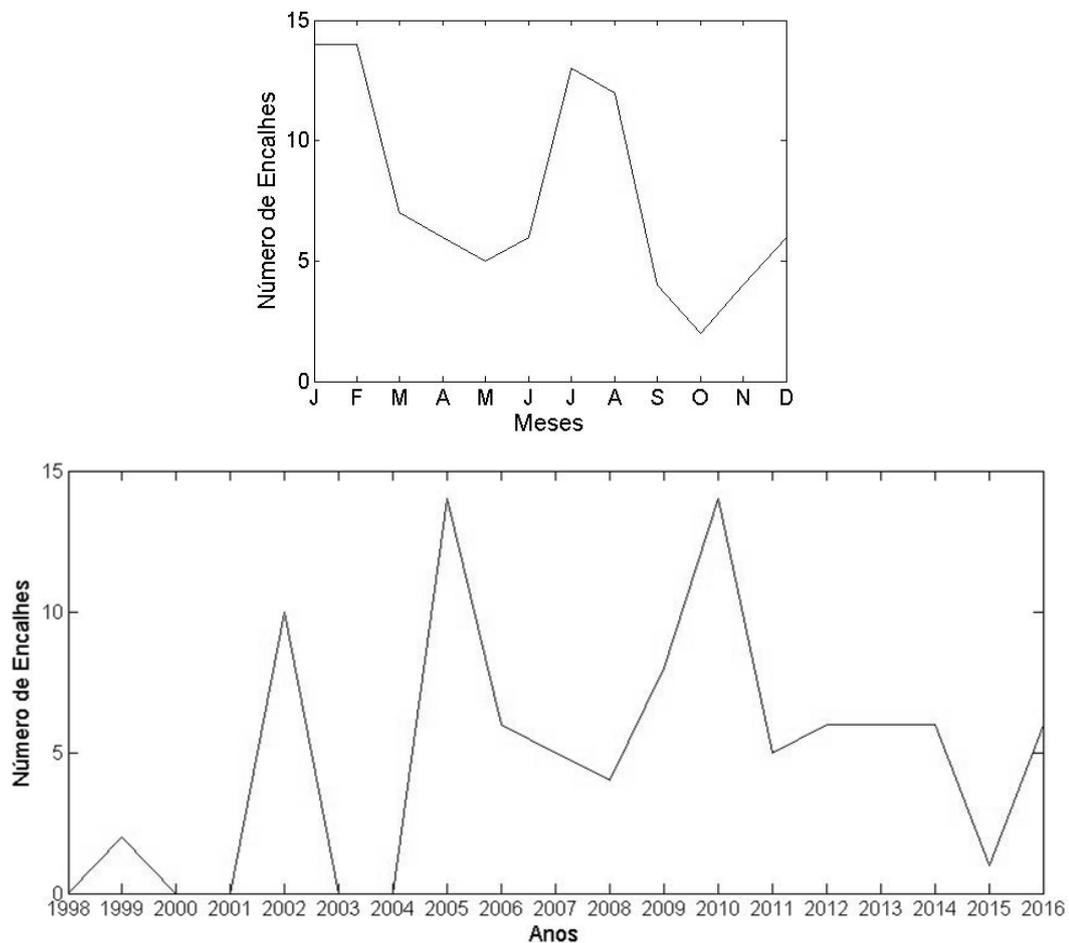
4.2.2 Tartarugas marinhas

O grupo das tartarugas marinhas apresentou 93 indivíduos encalhados no litoral de Ilha Comprida entre 1998 e 2016. As três espécies identificadas pertenciam a duas famílias (Cheloniidae e Dermochelyidae) e a ordem Testudines.

Os meses de maiores encalhes corresponderam a janeiro, fevereiro, julho e agosto (figura 10), que representam os extremos de temperaturas (verão e inverno). As tartarugas marinhas são mais sensíveis às condições ambientais, tanto por questões fisiológicas quanto comportamentais, uma vez que são animais migrantes. A região do Complexo Estuarino Lagunar de Iguape/Cananeia é uma área de alimentação da espécie *C. mydas* (BONDIOLI, 2009) e é ocupada por juvenis dessa espécie durante o ano todo, sendo que para as outras espécies presentes no estudo, essa área é considerada rota migratória entre suas áreas de reprodução e áreas de alimentação. Os meses de junho e julho já foram apontados como tendo

as maiores taxas de captura incidental de tartarugas-verdes em Cananea, relacionado ao maior esforço de pesca da tainha (BONDIOLI et al., 2005; BONDIOLI, 2008). O presente estudo encontrou os meses de julho e agosto com picos de encalhe, corroborando com BONDIOLI et al. (2005). MONTEIRO et al. (2016) apresentaram encalhes mais significativos nos meses de primavera e verão para três espécies de tartarugas marinhas no litoral do Rio Grande do Sul, associando os mesmo a pesca e a uma possível floração de águas vivas, o que é uma possível explicação para o outro pico encontrado no presente estudo.

Figura 10 – Distribuição mensal e anual dos encalhes de tartarugas marinhas durante o período de estudo.



Fonte: (autor).

Estudos relatam que os maiores encalhes de tartarugas marinhas ocorrem em anos de *La Niña* ou ainda que a variação interanual de encalhes pode ser influenciada pelo sucesso de

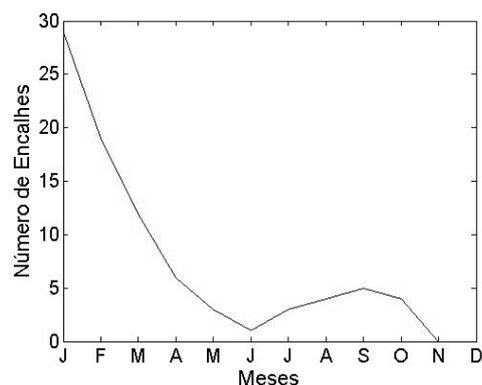
eclosão e sobrevivência dos filhotes (MONTEIRO et al., 2016). O presente estudo encontrou picos de encalhes em anos tanto de *El Niño* (2002) quanto *La Niña* (2010), não sendo possível apresentar uma relação direta entre eles. Dessa forma, acredita-se que outros elementos estejam associados a essa variabilidade.

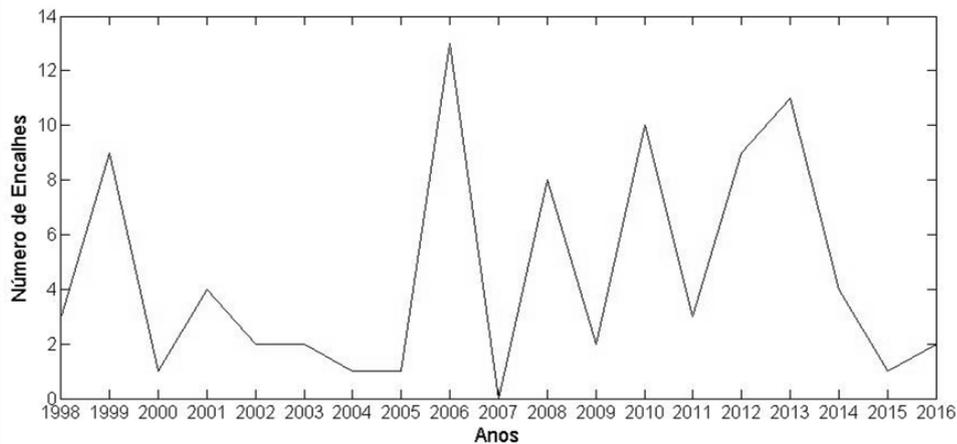
4.2.3 Aves residentes

Durante os anos de 1998 e 2016 foram encontrados 86 indivíduos de aves residentes encalhados nas praias de Ilha Comprida. As dez espécies registradas pertenciam a oito famílias (Procellariidae, Ardeidae, Fregatidae, Phalacrocoracidae, Sulidae, Laridae, Rynchopidae e Sternidae) e a quatro ordens (Procellariiforme, Pelecaniforme, Suliforme e Charadriiforme - subordem Lari).

Aves marinhas como atobás e fragatas da costa de São Paulo têm seu pico de nidificação entre os meses de maio e outubro, sendo que durante o verão utilizam área para alimentação (CAMPOS et al., 2013). O forrageio e a interação pesqueira podem estar relacionados ao aumento no número de encalhes observados nos meses de janeiro e fevereiro, onde ocorre o descarte do camarão (BARBIERI, 2008).

Figura 11 – Distribuição mensal e anual dos encalhes de aves residentes durante o período de estudo.





Fonte: (autor).

Os picos de encalhes anuais ocorreram tanto em anos de *El Niño* (2006), como de *La Niña* (1999). Em um estudo realizado ao longo da costa da Califórnia entre 1980 e 1986, o maior número de carcaças de aves marinhas encontradas ocorreu durante anos de *El Niño* extremo (DURAN et al., 2004), porém no presente estudo não se pode observar uma relação direta entre esses fenômenos e os encalhes de aves residentes. Pelo fato de essas aves nidificarem próximo à Ilha Comprida, é possível que as flutuações interanuais estejam relacionadas a condições locais, como por exemplo, a pesca. Na região de estudo entre 1998 e 2002, a pesca obteve seu pico no ano de 1999 (MENDONÇA, 2004), coincidindo com um dos maiores encalhes encontrados neste estudo. Ainda, aves migrantes podem sofrer mais as consequências de tempestades que aves residentes, pois aquelas enfrentam uma limitação energética devido à sua rota migratória (NEWTON, 2007). Esse fato pode ser também aplicado a eventos de *El Niño*, ainda mais devido ao fato de que a região Sudeste não sofre tanto as consequências desses fenômenos quanto outras regiões do Brasil.

4.2.4 Aves visitantes do norte

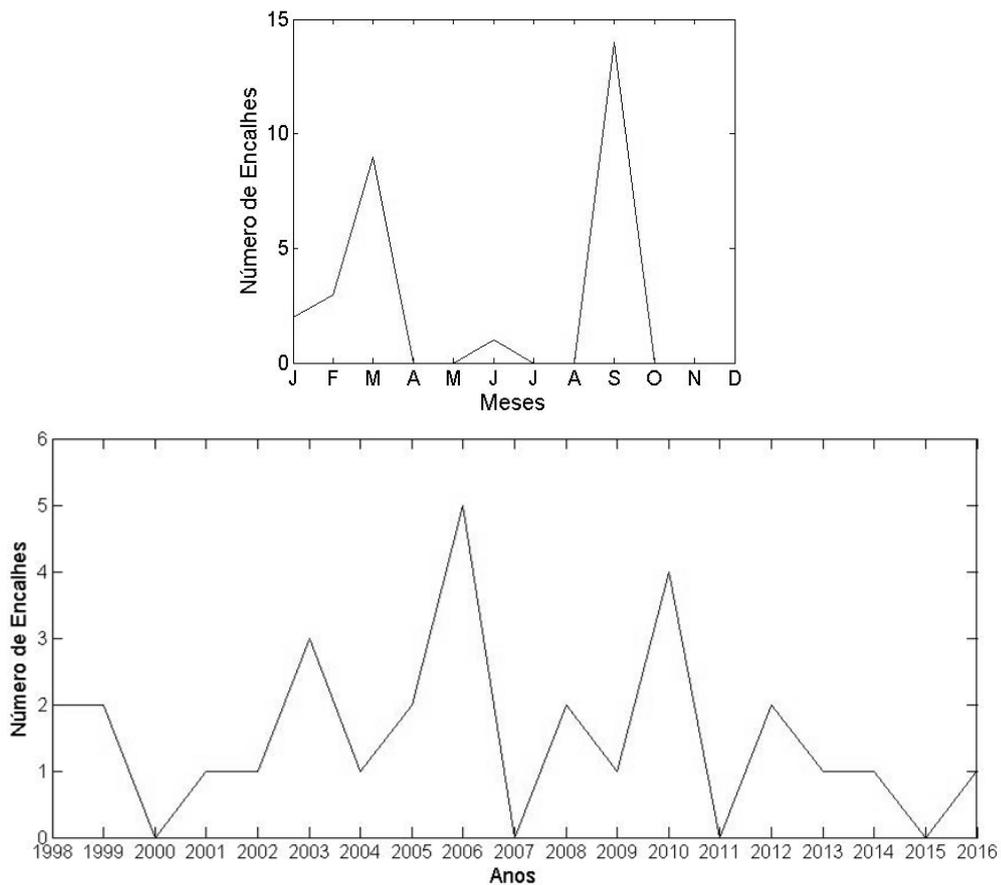
Para o grupo definido como aves visitantes do Norte foram encontrados encalhados 29 indivíduos no litoral de Ilha Comprida durante todo o período desse estudo. As cinco espécies identificadas pertenciam a três famílias (Procellariidae, Stercorariidae e Sternidae) e a duas ordens (Procellariiforme e Charadriiforme – subordem Lari).

A época de chegada e partida, respectivamente, das espécies provindas do Hemisfério Norte em suas colônias de inverno são os meses de setembro e março (MARIANI, 2016), corroborando com os picos encontrados nesse estudo (figura 12). Essas aves tomam uma rota

pela costa leste do Atlântico em suas migrações para o Hemisfério Sul (SOUZA et al., 2016) e Ilha Comprida é conhecida por ser uma das poucas ilhas de barreira no Brasil se apresentando como um habitat adequado para aves migrantes e um importante local de parada para aquelas que passam seus invernos no Hemisfério Sul (BARBIERI & PAES, 2008).

Apesar de haverem anos com picos de encalhes, a diferença desses para os anos onde o número de carcaças encontradas era menor é muito pequena, sendo de no máximo cinco indivíduos. Esse grupo também foi o que apresentou o menor número de encalhes em Ilha Comprida, comparado aos demais, e dessa forma, acredita-se que os picos observados nos anos de 2006 e 2010 não tenham relação direta com efeitos anuais.

Figura 12 – Distribuição mensal e anual dos encalhes de aves visitantes do Norte durante o período de estudo.



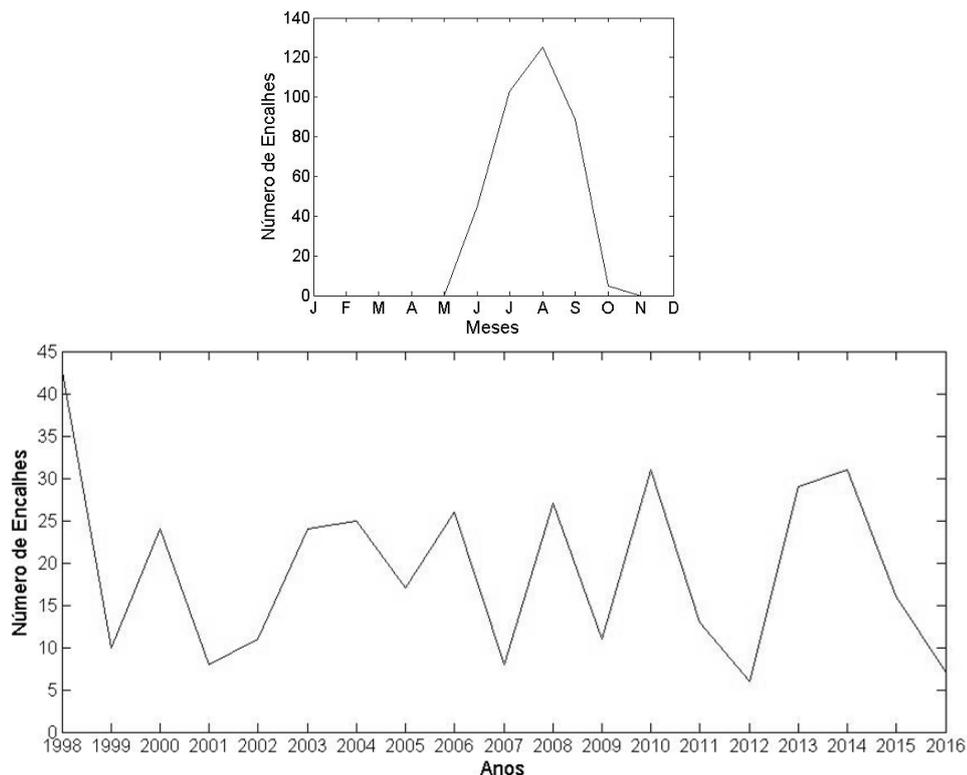
Fonte: (autor).

4.2.5 Aves visitantes do sul

Para o grupo de aves visitantes do Sul, 367 carcaças foram encontradas entre os anos de 1998 e 2016 nas praias do município de Ilha Comprida. As 20 espécies identificadas pertenciam a quatro famílias (Procellariidae, Hydrobatidae, Diomedidae e Stercorariidae) e a duas ordens (Procellariiforme, Charadriiforme - subordem Lari).

A figura 13 apresenta uma marcante periodicidade dos encalhes, relacionada a dispersão pós-reprodutiva das aves desse grupo, que combina com o período de penetração das águas frias da Corrente das Malvinas sobre a plataforma continental brasileira. (BARBIERI & OLIVEIRA, 2015).

Figura 13 – Distribuição mensal e anual dos encalhes de aves visitantes do Sul durante o período de estudo.



Fonte: (autor).

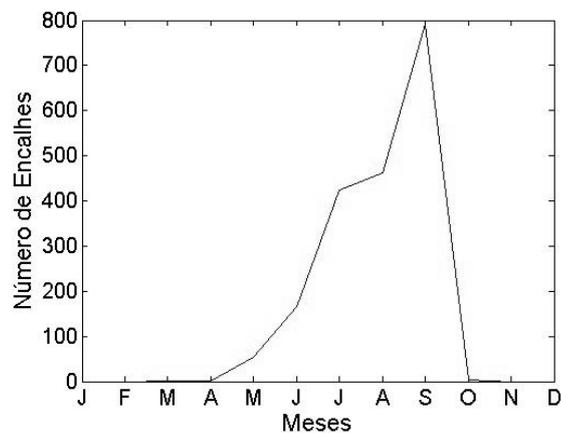
Os efeitos do *El Niño* em aves marinhas podem estar relacionados com a redução da produtividade primária na teia alimentar e também com os efeitos que as chuvas e a vazão dos rios têm em locais de nidificação (JAKSIC, 2004). O maior ano de encalhes de aves marinhas

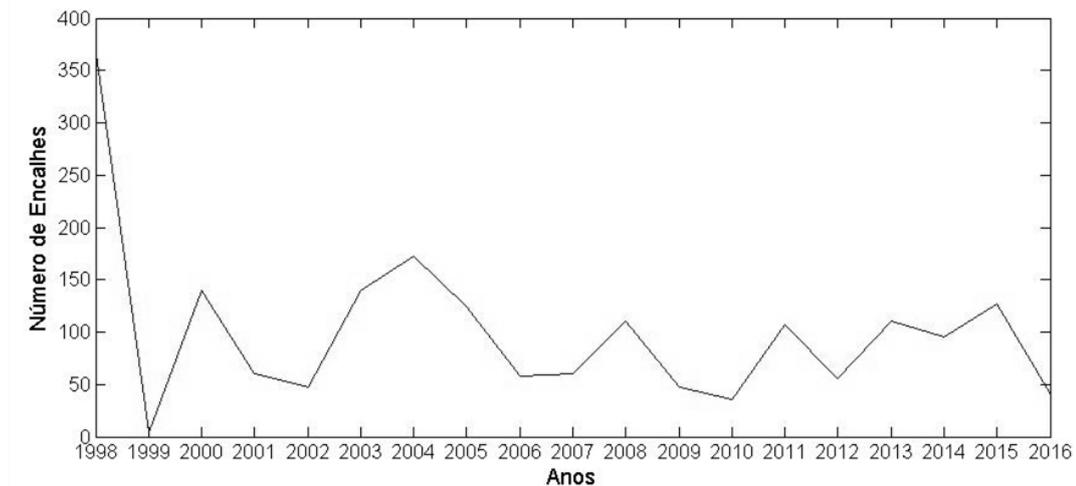
migrantes do Sul foi o ano de 1998, coincidindo com um dos mais intensos *El Niño* do século, que pode ter acarretado uma diminuição da produção primária, levando os animais a uma redução de seu alimento e a consequente exaustão. Porém, da mesma forma que para os outros grupos, não é possível relacionar diretamente os efeitos do fenômeno com os encalhes, uma vez que houveram picos tanto em anos de *El Niño* (2006 e 2015) quanto *La Niña* (2000 e 2008).

4.2.6 *Spheniscus magellanicus* (pinguim-de-Magalhães)

S. magellanicus obteve um total de 1905 indivíduos encalhados. Essa espécie pertence à família Spheniscidae e a ordem Sphenisciforme. Os picos de sazonalidade observados na figura 14 entre os meses de junho e setembro estão relacionados a época de migração desses animais, que chegam ao Brasil durante o inverno acompanhando a corrente das Malvinas (BARBIERI & OLIVEIRA, 2015).

Figura 14 – Distribuição mensal e anual dos encalhes de *Spheniscus magellanicus* durante o período de estudo.





Fonte: (autor).

Da mesma forma que para as aves visitantes do Sul, os pinguins-de-Magalhães também apresentaram seu maior número de encalhes no ano de 1998, podendo esse resultado estar relacionado aos efeitos do *El Niño* e a abundância de presas (JAKSIC, 2001). Associações entre os anos subsequentes ao *El Niño* e a maior abundância de aves marinhas foram encontradas e atribuídas ao fato de que anos chuvosos causam um aumento da produção primária e secundária, levando a uma maior disponibilidade de alimento (JAKSIC & LAZO, 1999). Porém, é preciso levar em consideração que a maior abundância de espécies em uma região pode também causar maiores encalhes (TAVARES, DE MOURA & SICILIANO, 2016). Além disso, foram observados picos para anos de *La Niña* (2000 e 2011), não sendo possível, dessa forma, obter uma relação direta entre os fenômenos.

4.3 EFEITO DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS E OCEANOGRÁFICAS NOS ENCALHES

As variáveis meteorológicas e oceanográficas utilizadas nesse estudo apresentaram efeitos diferentes para os grupos estudados. A tabela 3 apresenta o resumo dos métodos aditivos selecionados através do menor valor de AIC. O melhor modelo se refere a associação das variáveis que em conjunto melhor explicam o número de carcaças encontradas.

Tabela 3 – Resumo da estatística dos modelos aditivos escolhidos.

Grupo	AIC	Parâmetro	Estimativa ± EP	Valor de <i>p</i>
Total				
	565,5	Intercepto	-3,23 ± 0,93	<0,001 ***
		IV	-0,15 ± 0,09	0,11
		TSM	-0,15 ± 0,04	<0,001 ***
Mamíferos				
	287,7	Intercepto	-143,40 ± 56,01	0,01 *
		ASO	-1,23 ± 0,60	0,04 *
		PNM	0,13 ± 0,05	0,01 *
		DV	0,01 ± 0,004	0,03 *
		TSM	0,15 ± 0,01	0,04 *
Tartarugas				
	341,2	Intercepto	-0,95 ± 0,57	0,10
		IV	-0,24 ± 0,14	0,07
Aves Residentes				
	166,4	Intercepto	-5,81 ± 1,55	0,0001 ***
		TSM	0,14 ± 0,06	0,03 *
Aves visitantes do Norte				
	234,3	Intercepto	-3,09	<0,001 ***
Aves visitantes do Sul				
	305,4	Intercepto	-84,36 ± 40,35	0,04 *
		PNM	0,09 ± 0,04	0,02 *
		TSM	-0,59 ± 0,09	<0,001 ***
<i>Spheniscus magellanicus</i>				
	324,7	Intercepto	-8,31 ± 1,43	<0,001 ***
		IV	-0,22 ± 0,13	0,09
		TSM	-0,42 ± 0,07	<0,001 ***

Fonte: (autor).

Nota: Os índices do Critério de Informação de Akaike (AIC) juntamente com os parâmetros do melhor modelo selecionado, a estimativa ± erro padrão e valor de *p* para os grupos estudados. O intercepto representa o local onde a reta de regressão encontra o eixo *y* e a estimativa, a inclinação dessa reta.

Os asteriscos representam valores estatisticamente significativos. ‘****’ $p < 0,001$; ‘***’ $p = 0,001 - 0,01$; ‘*’ $p = 0,01 - 0,05$.

Os encalhes do grupo total (que inclui todas as espécies juntas) e dos pinguins-de-Magalhães estiveram associados com menores intensidades de vento (IV) e temperaturas do mar (TSM). Uma vez que a espécie *S. magellanicus* foi a que apresentou os maiores números de indivíduos encalhados, o grupo total possui uma dependência direta com os pinguins.

Para o grupo de mamíferos marinhos, a combinação de altura de ondas (ASO), pressão ano nível do mar (PNM), direção do vento (DV) e TSM apresentou uma associação com o

número de indivíduos encalhados no local de estudo. Segundo as análises dos modelos de regressões lineares, essa associação foi negativa para ASO e positiva para PNM, TSM e DV. Algumas espécies podem encalhar em praias por perseguirem suas presas na direção da costa e uma vez muito próximas da faixa litorânea, não conseguem retornar ao mar (GERACI & LOUNSBURY, 1993) e as baixas alturas de ondas observadas para os encalhes de mamíferos marinhos pode estar em concordância com esse fato. Ainda, a relação positiva entre encalhes e altas pressões pode estar relacionada ao fato de que esse sistema provoca ventos no sentido anti-horário no Hemisfério Sul, levando os animais a maior facilidade de chegarem na praia (CAVALCANTI et al., 2009; DEGOLA, 2013). Um estudo com duas espécies de baleias no litoral do Brasil demonstrou existir uma forte correlação entre encalhes e velocidade do vento, tendo esse um importante efeito em carcaças à deriva e em animais debilitados, e exercendo possivelmente um efeito pós-morte (MOURA et al., 2016), porém no presente estudo não foi possível perceber a influência de ventos intensos. A associação dessas variáveis explica o número de carcaças encontradas de forma que baixas alturas de ondas juntamente com altas pressões que produzem ventos na direção à praia são necessárias para levar os indivíduos até a costa.

Os encalhes de tartarugas marinhas foram explicados pelo modelo que continha apenas a variável de intensidade do vento (IV), porém esta não apresentou um valor significativo ($p=0,07$). Dessa forma, conclui-se que as variáveis meteorológicas e oceanográficas analisadas no presente estudo para a Ilha Comprida, entre os anos de 1998 e 2016, não tiveram relação com os encalhes de tartarugas marinhas, ainda que a intensidade do vento possa estar influenciando os mesmos, de forma discreta. Baixas intensidades do vento e correntes superficiais podem facilitar o transporte de carcaças de tartarugas marinhas de menores comprimentos curvilíneos devido ao tamanho reduzido do indivíduo (MELO, 2017), resultado que corrobora com a relação negativa entre encalhes e intensidade do vento encontrada no presente estudo. Ainda, correntes marinhas podem transportar carcaças de tartarugas para longe da praia durante o inverno (EPPERLY et al., 1996). Dessa forma, possivelmente, correntes marinhas ou outras variáveis não analisadas tenham uma maior influência nos encalhes de tartarugas marinhas do que aquelas utilizadas no presente estudo.

As aves residentes apresentaram relação apenas com a variável de TSM. Observou-se uma relação entre altas temperaturas do oceano com a maior ocorrência de encalhes de aves residentes em Ilha Comprida, que corrobora com o resultado encontrado por TAVARES, DE MOURA & SICILIANO (2016) para as espécies *Sula leucogaster*, *Larus dominicanus* e *Thalasseus acutiflavus* na costa brasileira. A relação observada no presente estudo pode ser

entendida, principalmente, como uma marca à ocorrência dos encalhes que aconteceram predominantemente em meses mais quentes (janeiro-março). Nesses meses as aves encontram-se mais abundante na região, devido ao descarte da pesca do camarão, um dos itens da sua dieta (BARBIERI, 2008). Somado a isso, teias alimentares de efeito ascendente (*bottom-up food web*) também parecem afetar os encalhes de aves marinhas, e no Brasil elas são possivelmente impulsionadas por águas mais quentes (TAVARES, MOURA & SICILIANO, 2016).

De acordo com as variáveis utilizadas nesse estudo, as aves migrantes do Norte não apresentaram um modelo que melhor explicasse o número de indivíduos encalhados. Uma razão para isso é o fato de que o grupo apresentou o menor número de indivíduos encalhados dentre todos (n=29). O tamanho amostral pode ter uma influência direta no resultado da análise e pequenos conjuntos de dados podem não apresentar uma relação estatística, ainda que essa possa existir (ZURR, IENO & ELPHICK, 2010).

As variáveis de PNM e TSM, em conjunto, apresentaram relação com o número de encalhes de aves visitantes do Sul. Segundo as análises realizadas, PNM possui uma relação positiva enquanto que TSM, uma relação negativa. Em áreas de tempestades, aves marinhas demonstram uma redução na obtenção de alimento e um maior gasto energético que pode levar a desnutrição e a morte desses indivíduos (PARRISH et al., 2007; NEWTON et al., 2009). Tanto o impacto de tempestades quanto a redução de alimento podem ser mais rigorosos para aves migratórias do que para residentes, uma vez que estas enfrentam restrições energéticas durante suas migrações. (NEWTON et al., 2009). As aves migrantes do Sul tiveram seu período de encalhe ocorrendo entre junho e setembro impreterivelmente, época que corresponde aos menores valores de TSM na região devido a penetração das águas frias da corrente das Malvinas, durante os meses de inverno. Enquanto que as maiores pressões observadas são devido ao fato de que a ASAS está mais próxima da região.

Os pinguins-de-Magalhães (*S. magellanicus*) estiveram associados negativamente tanto com a IV quanto com TSM, porém a IV não apresentou um efeito significativo ($p=0,095$). A plataforma continental brasileira é um local de invernada da espécie, que se desloca de acordo com a abundância de *Engraulis anchoita*, peixe que compõe sua dieta e ocorre no Brasil durante o inverno (GARCÍA-BORBOROGLU et al., 2010). Dessa forma, os maiores números de pinguim-de-Magalhães apresentados no presente estudo estão associados a sua rota migratória, realizada pela plataforma continental, que ocorre em conjunto com a penetração da Corrente das Malvinas até latitudes mais altas (24°) (BARBIERI & OLIVERIA, 2015). Ainda, a grande maioria dos pinguins-de-Magalhães que chegam ao Brasil são jovens e excedentes

populacionais e sua mortalidade nos litorais tem caráter sazonal e natural e sem grandes interferências de eventos locais (SICK, 1997).

Além disso, os grupos de aves visitantes do Sul e os pinguins-de-Magalhães apresentam rotas similares, que se sobrepõem a regiões ciclogênicas (REBOITA et al., 2012) e a rota petrolífera brasileira (SICK, 1997), o que possivelmente leva os indivíduos a chegarem mais debilitados e enfraquecidos (TAVARES, DE MOURA E SICILIANO, 2016) à região de estudo.

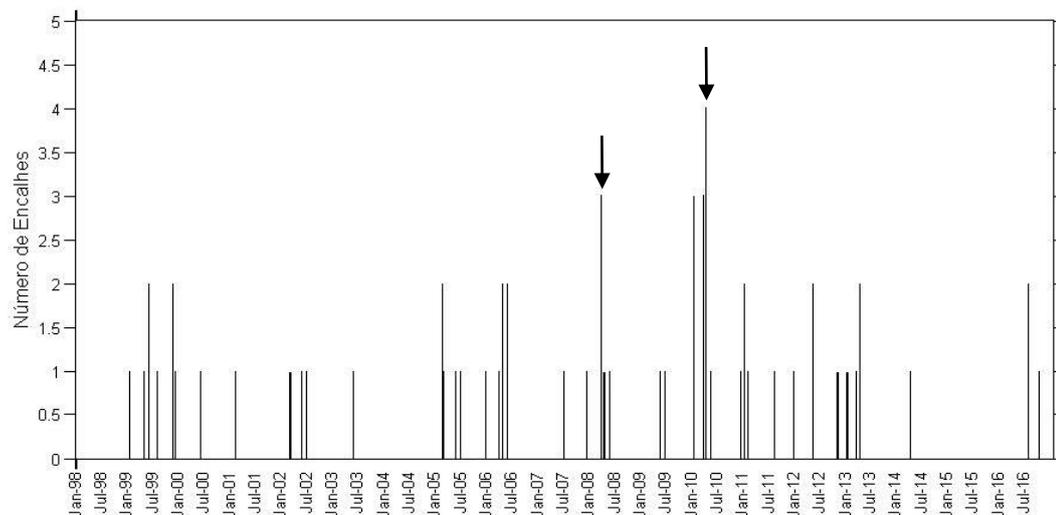
4.4 ANÁLISES DAS CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS SINÓTICAS E OCEANOGRÁFICAS DOS PERÍODOS ANTECEDENTES AOS MAIORES ENCALHES

Os mapas de campos sinóticos apresentados nesse estudo são referentes as condições atmosféricas e oceanográficas atuantes nos cinco dias anteriores aos maiores números de encalhes para cada um dos grupos.

4.4.1 Mamíferos marinhos

A figura 15 apresenta a distribuição temporal dos encalhes de mamíferos marinhos na Ilha Comprida, entre 1998 e 2016.

Figura 15 – Distribuição temporal dos encalhes de mamíferos marinhos.



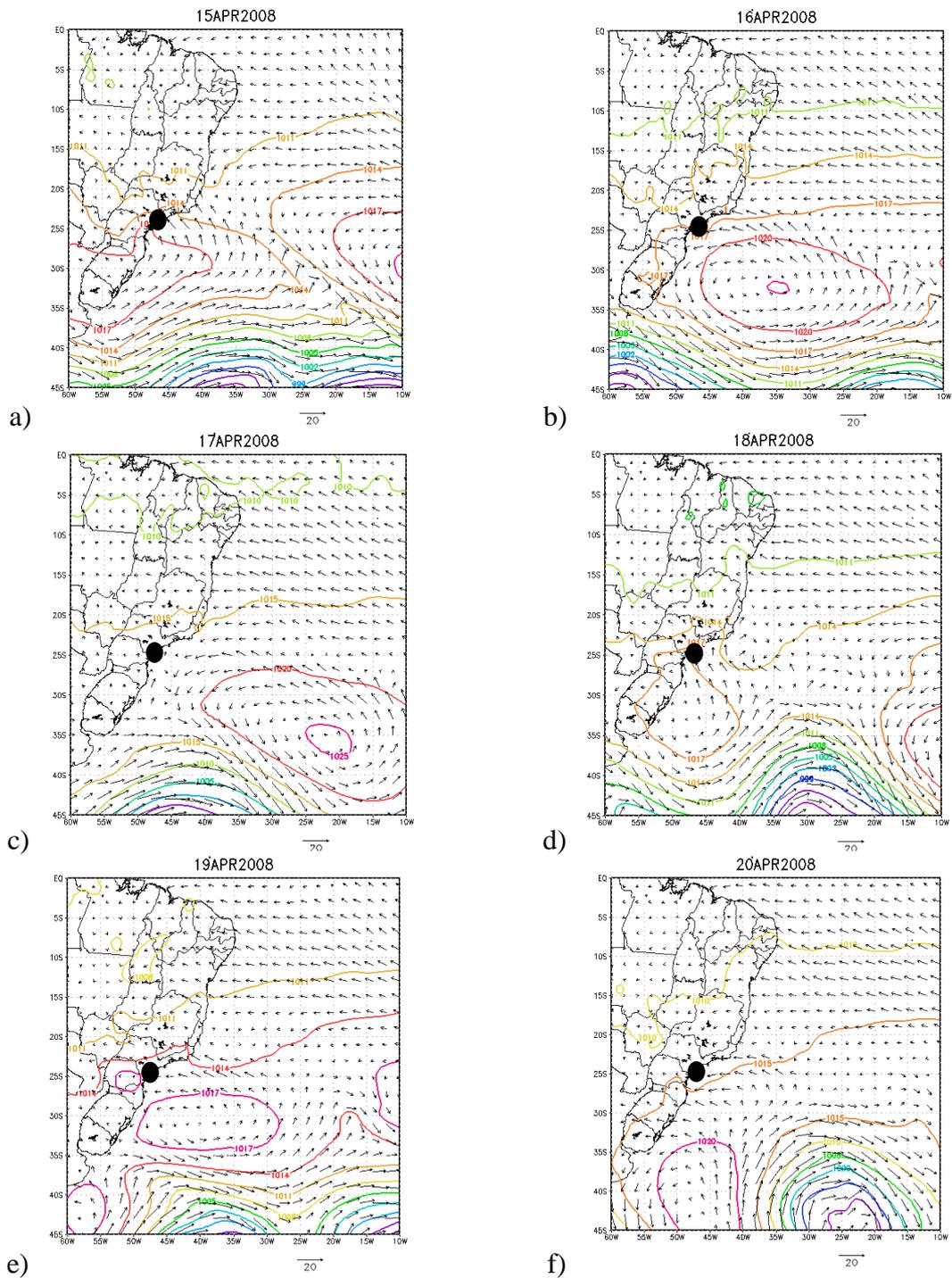
Fonte: (autor).

Nota: as setas indicam os casos que serão analisados sinoticamente.

A figura 16 apresenta as condições atmosféricas dos dias anteriores ao segundo maior encalhe de mamíferos marinhos, que ocorreu dia 20 de abril de 2008. A análise dos campos de pressão ao nível do mar e de vento a 10 metros de altura demonstra a influência de sistemas transientes de alta pressão atuando durante todo o período. Esses sistemas produziram ventos de direção sudeste e leste durante seu deslocamento sobre a região de Ilha Comprida.

Na figura 17 exibe-se a evolução temporal da altura de ondas. As ondas, próximo à região de estudo, durante o período analisados grande oscilação, variando de 2,0 a 3,0 m. A altura de ondas esteve associada a regiões de baixa pressão, ainda que essas não estivessem próximas à Ilha Comprida.

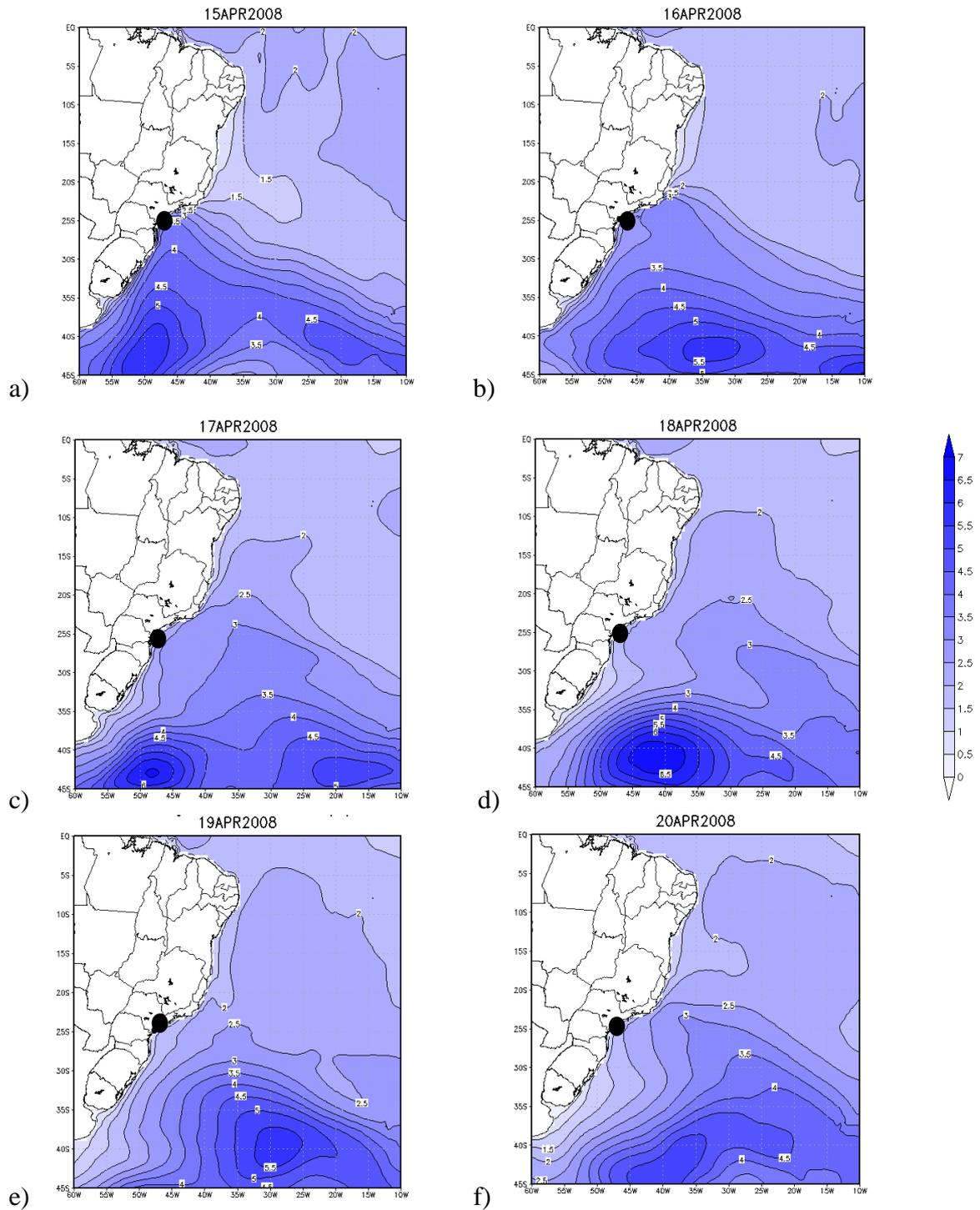
Figura 16 – Pressão atmosférica ao nível médio do mar (hPa) e vento médio a 10 m (m/s) para mamíferos marinhos.



Fonte: (autor).

Nota: as linhas coloridas representam a pressão atmosférica, onde as maiores pressões possuem cores mais quentes no mapa. As setas representam a intensidade e direção do vento. O círculo preto preenchido corresponde a localização de Ilha Comprida.

Figura 17 – Condição oceânica de altura significativa de ondas (m) para mamíferos marinhos.



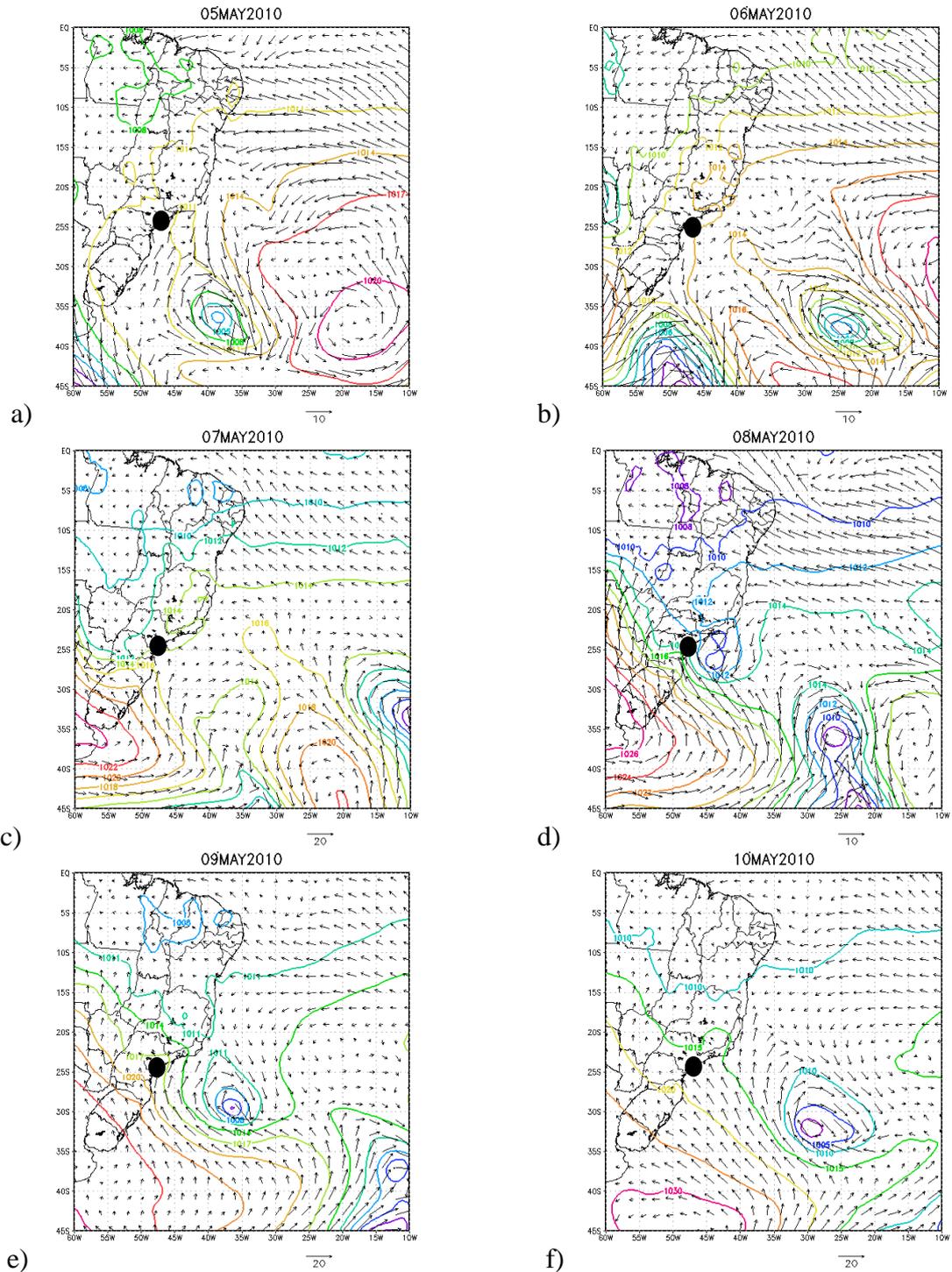
Fonte: (autor).

Nota: O círculo preto preenchido corresponde a localização de Ilha Comprida.

Na figura 18, apresentam-se as condições atmosféricas atuantes cinco dias antes ao maior encalhes de mamíferos marinhos, ocorrido dia 10 de maio de 2010, através da análise dos campos de pressão ao nível do mar e de vento a 10 metros de altura. A região de Ilha Comprida está sob influência de um sistema de baixa pressão durante o período analisado. Percebe-se a passagem de uma frente na região de estudo no dia 08 de maio de 2010 causa ventos de direção sudeste em direção à Ilha Comprida.

A figura 19 apresenta a evolução temporal da altura de ondas. Os maiores valores podem ser observados nos dias 07, 08 e 09 de maio de 2010, sendo que pode ser verificada uma grande oscilação de valores, desde 2,5 até 4,0 m. Percebe-se, ainda, que esses valores estiveram associados a centros de baixa pressão.

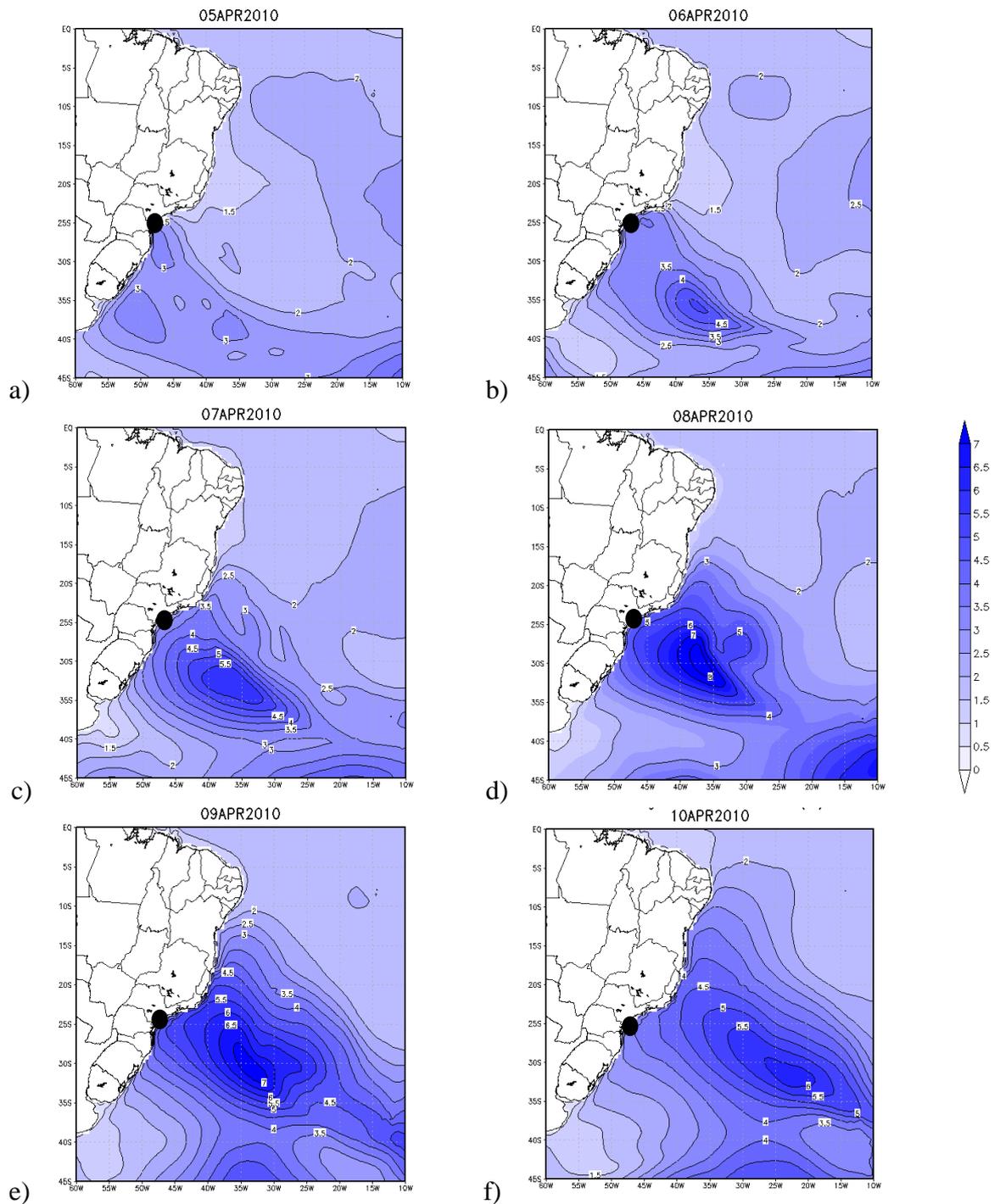
Figura 18 – Pressão atmosférica ao nível médio do mar (hPa) e vento médio a 10 m (m/s) para mamíferos marinhos.



Fonte: (autor).

Nota: as linhas coloridas representam a pressão atmosférica, onde as maiores pressões possuem cores mais quentes no mapa. As setas representam a intensidade e direção do vento. O círculo preto corresponde a localização de Ilha Comprida.

Figura 19 – Condição oceânica de altura significativa de ondas (m) para mamíferos marinhos.



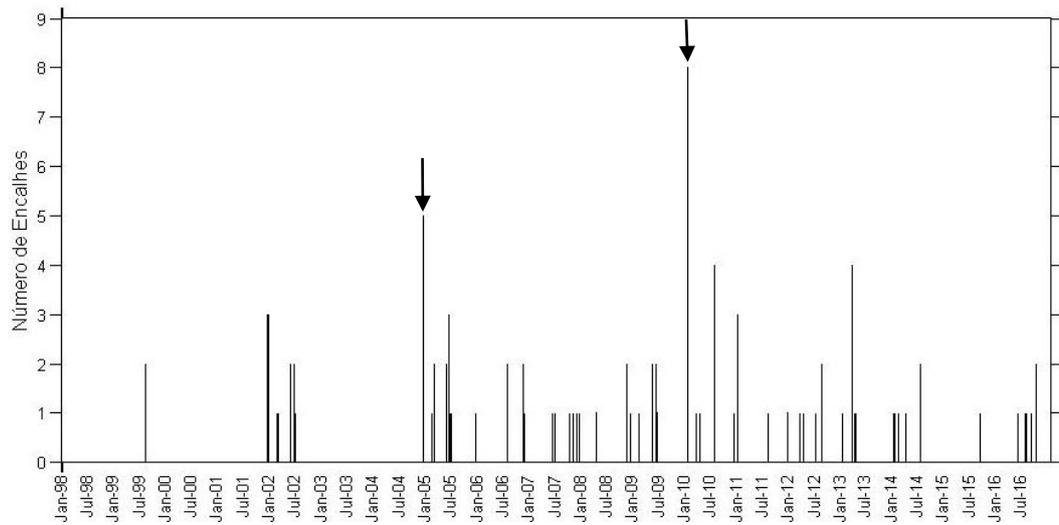
Fonte: (autor).

Nota: O círculo preto preenchido corresponde a localização de Ilha Comprida.

4.4.2 Tartarugas marinhas

A figura 20 apresenta a distribuição temporal dos encalhes de tartarugas marinhas na Ilha Comprida, entre 1998 e 2016.

Figura 20 – Distribuição temporal dos encalhes de tartarugas marinhas.



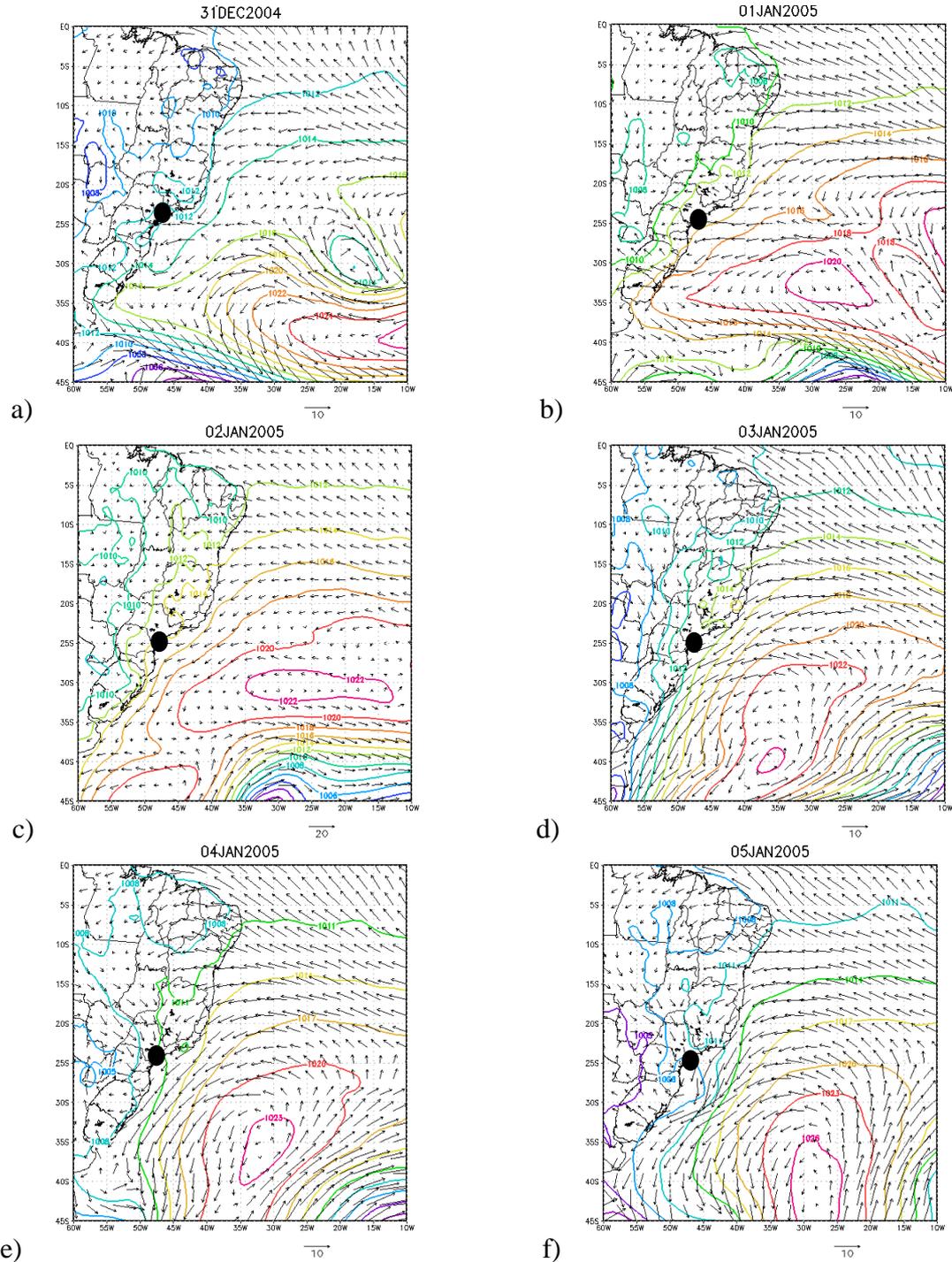
Fonte: (autor).

Nota: as setas indicam os casos que serão analisados sinoticamente.

Na figura 21, estão representados os dias antecedentes ao segundo maior encalhes de tartarugas marinhas, que ocorreu dia 05 de janeiro de 2005. Através da análise dos campos de pressão ao nível do mar e de vento a 10 metros de altura, observa-se que a região de Ilha Comprida está sendo influenciada por sistemas transientes de alta pressão que provocam ventos de leste e nordeste, predominantemente, durante seu deslocamento.

A figura 22 apresenta a evolução temporal da altura de ondas. Essa variável não apresentou grandes oscilações entre os dias analisados, variando entre 1,0 e 1,5 m.

Figura 21 – Pressão atmosférica ao nível médio do mar (hPa) e vento médio a 10 m (m/s) para tartarugas marinhas.

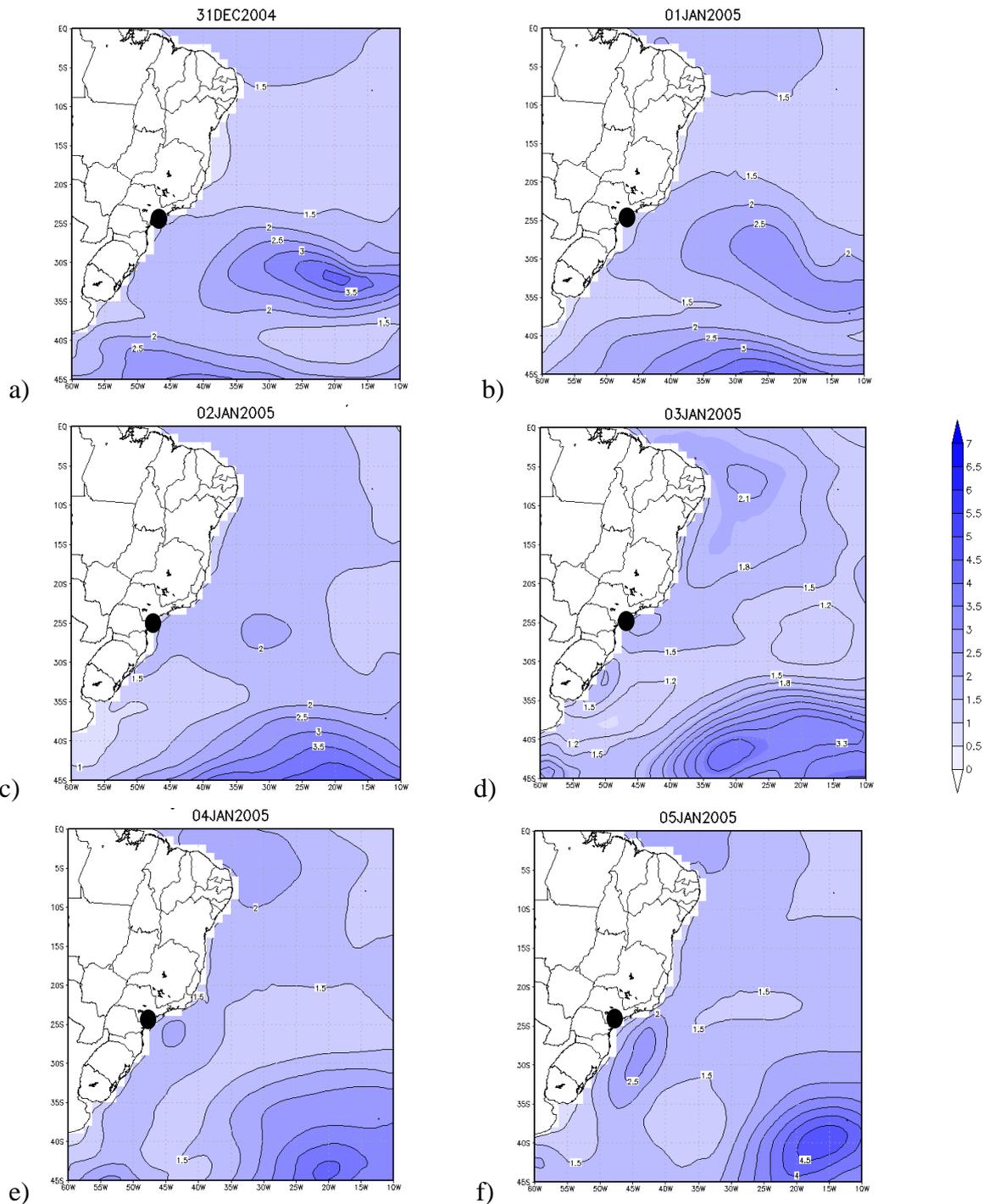


Fonte: (autor).

Nota: as linhas coloridas representam a pressão atmosférica, onde as maiores pressões possuem cores mais quentes no mapa. As setas representam a intensidade e direção do vento. O círculo preto corresponde a localização de Ilha Comprida.

As condições oceânicas de altura de ondas para os mesmos dias dos mapas sinóticos acima, estão apresentadas na figura tal. A análise da altura significativa de ondas não apresentou valores extremos de altura de ondas na região de estudo.

Figura 22 – Condição oceânica de altura significativa de ondas (m) para tartarugas marinhas.



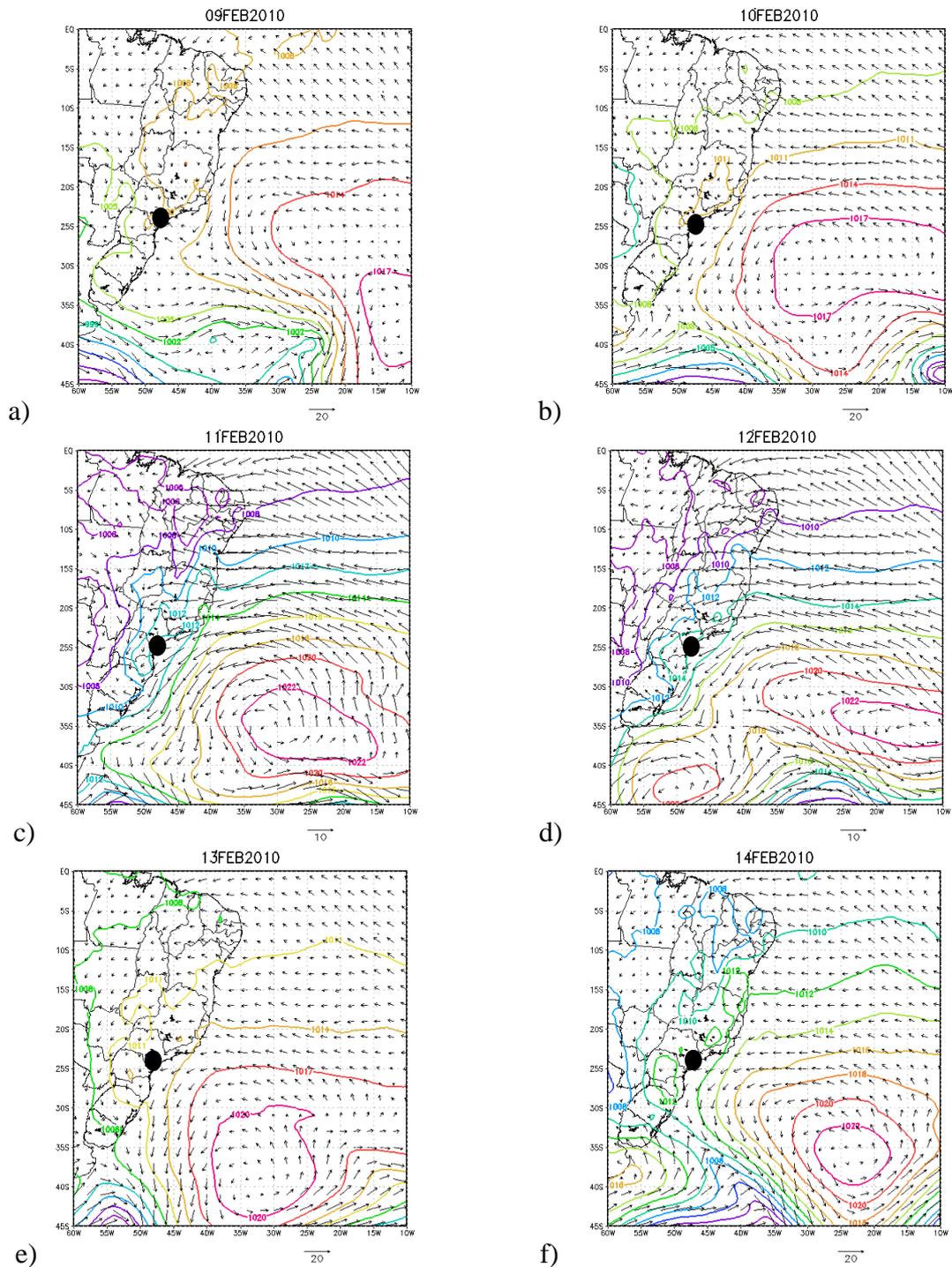
Fonte: (autor).

Nota: O círculo preto preenchido corresponde a localização de Ilha Comprida.

Na figura 23, os dias que antecederam o maior encalhe de tartarugas marinhas que ocorreu dia 14 de fevereiro de 2010, está representado através de campos sinóticos de temperatura da superfície do mar e vento a 10 metros da superfície. Da mesma forma que o caso anterior, esse também apresentou sistemas de alta pressão transientes influenciando a região de Ilha Comprida. Os ventos provocados pelo deslocamento desses sistemas foram, predominantemente, de nordeste e leste durante os dias analisados.

A condição de altura de ondas e sua evolução temporal está apresentada na figura 24. Os valores de altura de ondas para a região de estudo durante os dias analisados estiveram sempre em torno de 1,5 m.

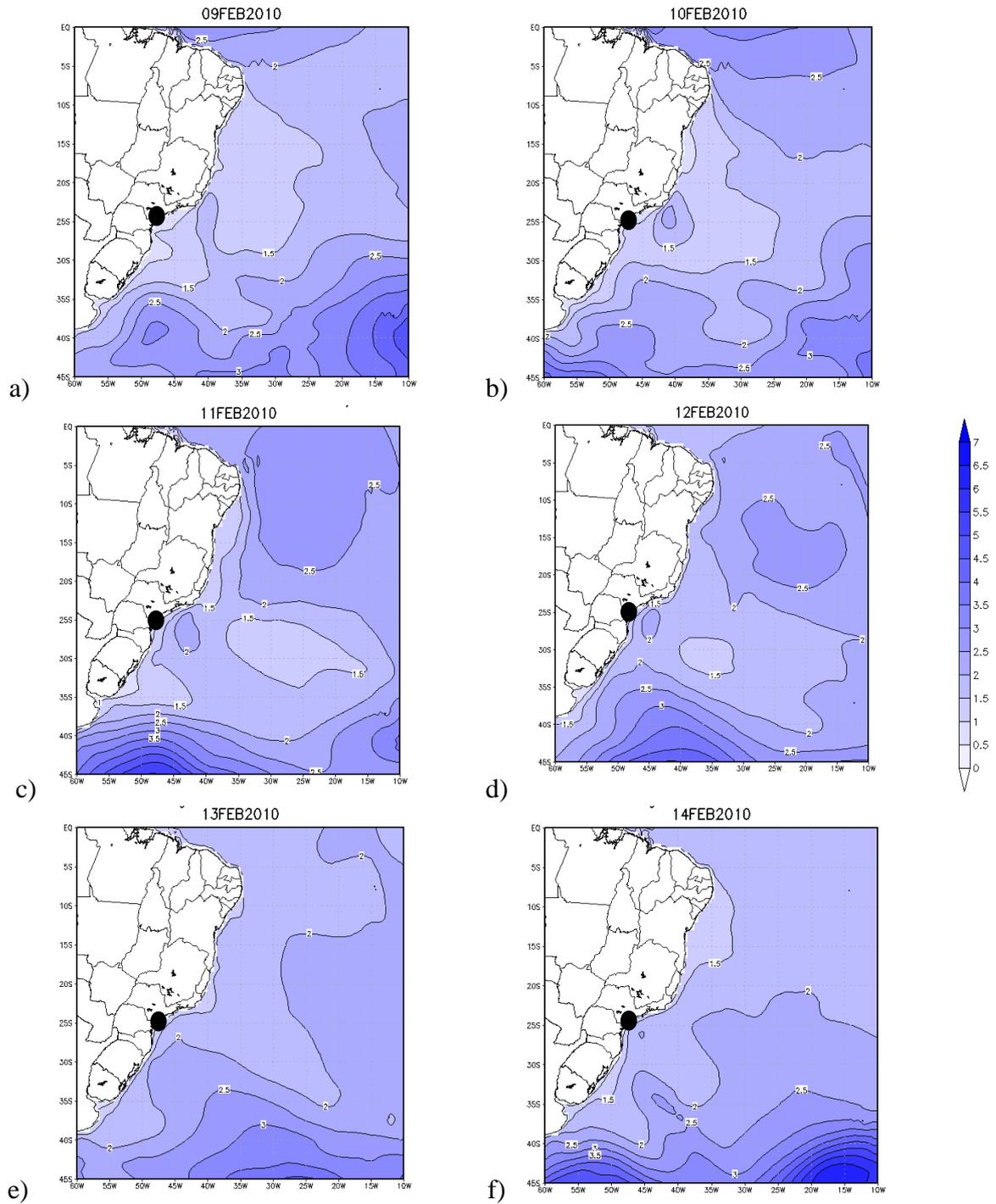
Figura 23 – Pressão atmosférica ao nível médio do mar (hPa) e vento médio a 10 m (m/s) para tartarugas marinhas.



Fonte: (autor).

Nota: as linhas coloridas representam a pressão atmosférica, onde as maiores pressões possuem cores mais quentes no mapa. As setas representam a intensidade e direção do vento. O círculo preto corresponde a localização de Ilha Comprida.

Figura 24 – Condição oceânica de altura significativa de ondas (m) para tartarugas marinhas.



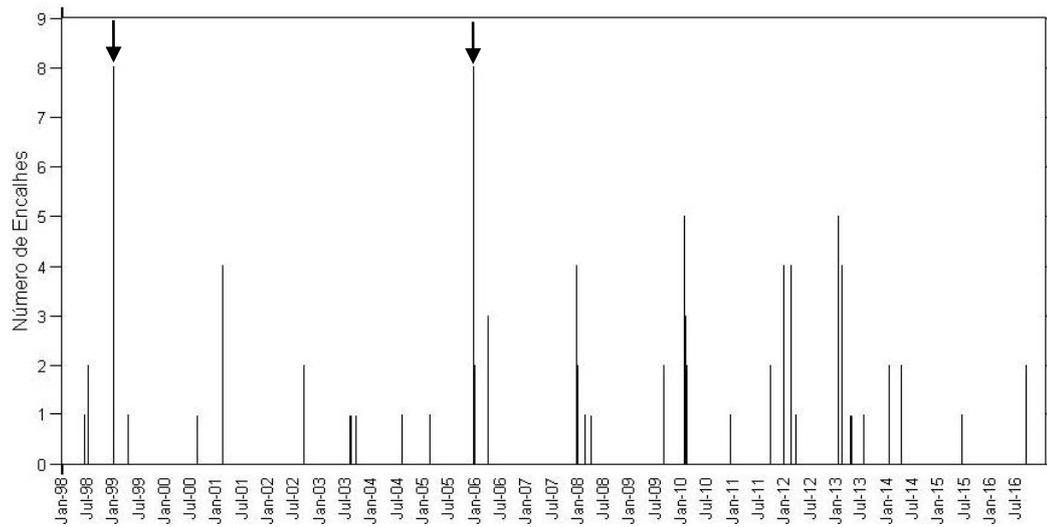
Fonte: (autor).

Nota: O círculo preto preenchido corresponde a localização de Ilha Comprida.

4.4.3 Aves residentes

A figura 25 apresenta a distribuição temporal dos encalhes de aves residentes na Ilha Comprida, entre 1998 e 2016.

Figura 25 – Distribuição temporal dos encalhes de aves residentes.



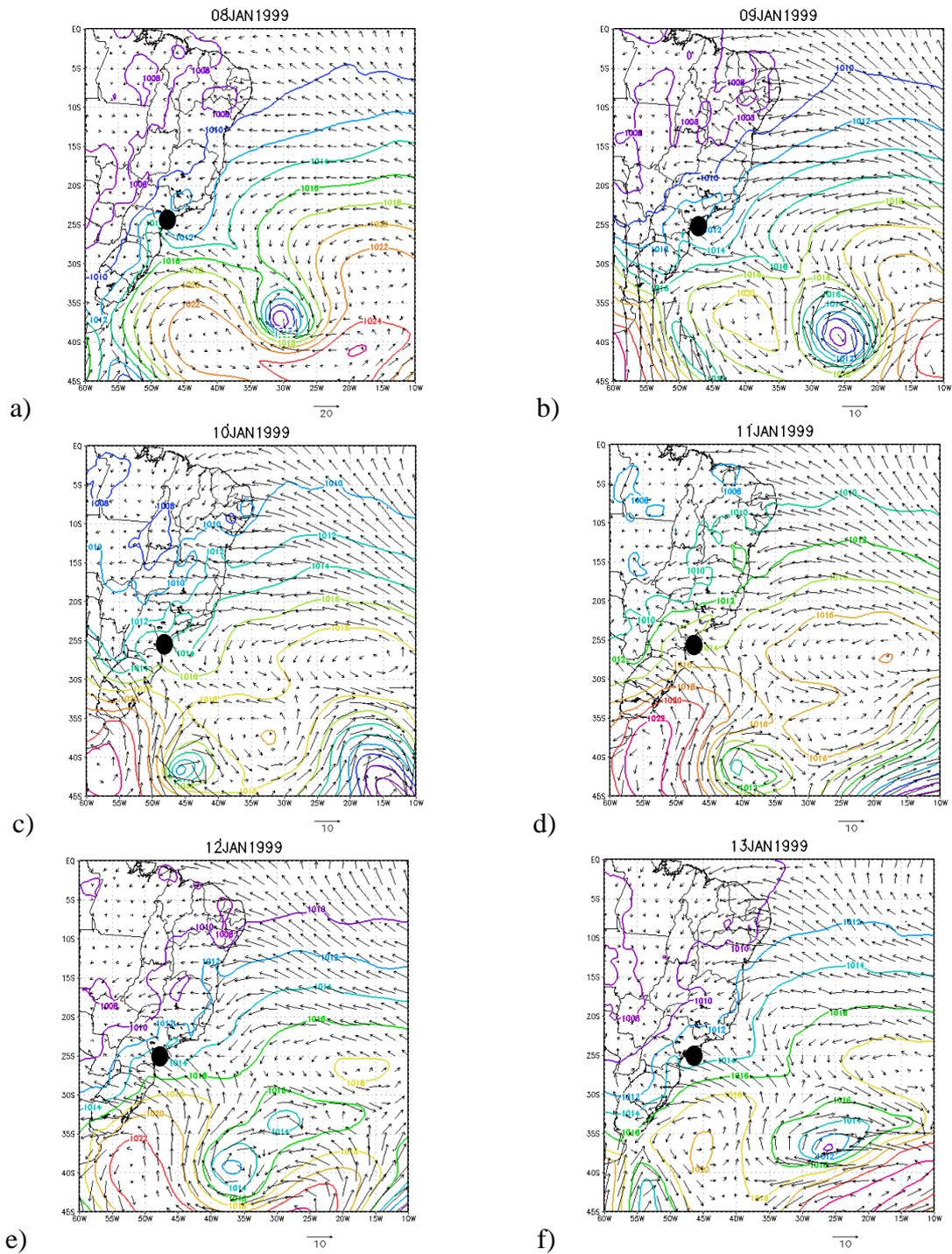
Fonte: (autor).

Nota: as setas indicam os casos que serão analisados sinoticamente.

A figura 26 mostra as condições atmosféricas dos dias anteriores a um dos maiores encalhes de aves marinhas residentes que ocorreu dia 13 de janeiro de 1999. A análise dos campos de pressão ao nível do mar e de vento a 10 metros de altura demonstram a influência da passagem de uma frente fria associada a um ciclone sobre o oceano. A passagem da frente sobre a ilha é caracterizada no dia 10 de janeiro de 1999 onde o a atuação do vento é preferencialmente da direção sudeste, e intensifica-se com a entrada de um sistema anticiclônico.

Na figura 27 exibe-se a evolução temporal da condição de altura de ondas. É observado uma grande variação dos valores para a região de estudo, sendo que as maiores alturas são obtidas nos dias 08 e 09 de janeiro de 1999. Esses valores podem estar associados à passagem de uma frente fria no dia 10. A oscilação da altura de ondas durante o período analisado variou de 1,5 a 2,1 m.

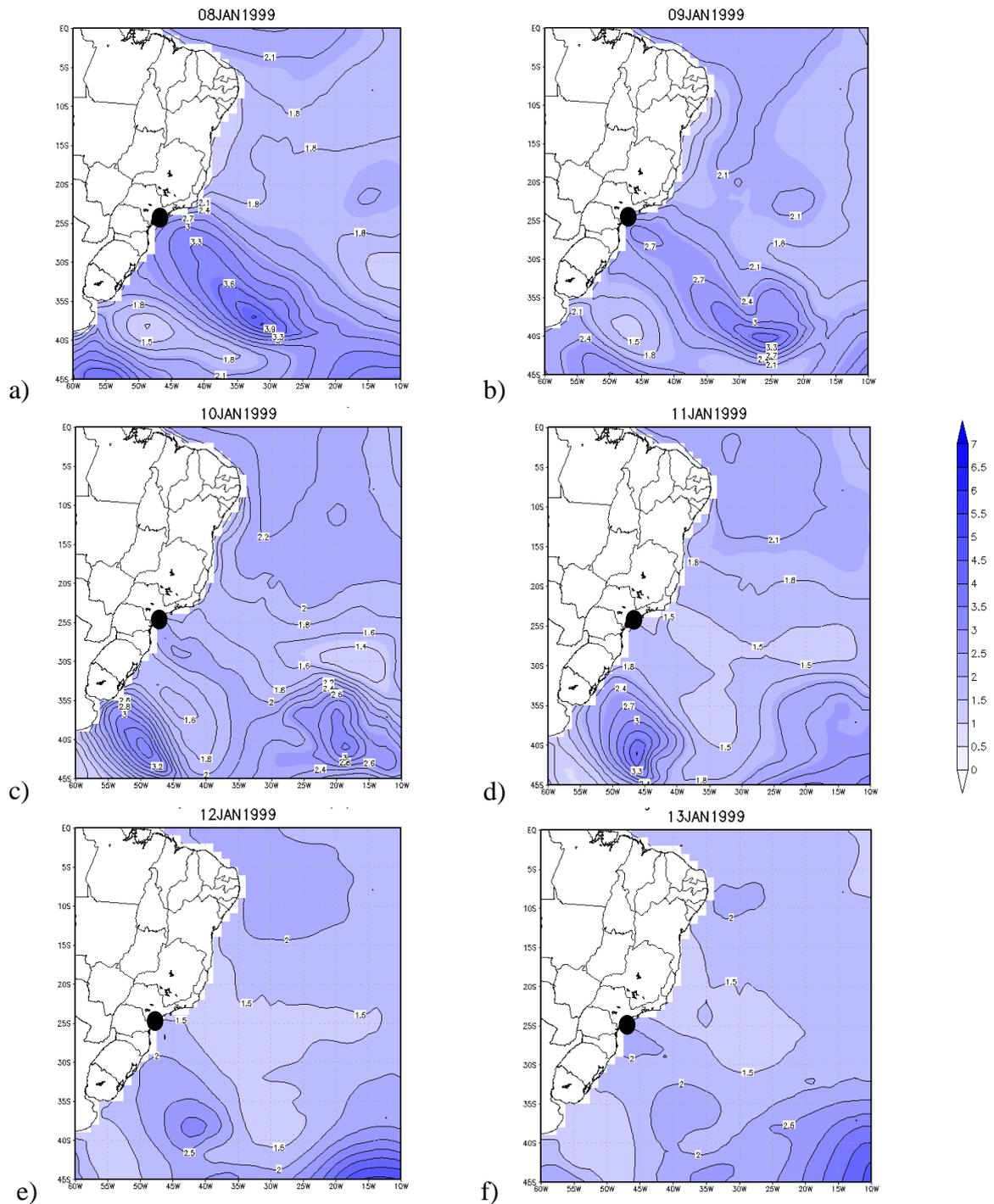
Figura 26 – Pressão atmosférica ao nível médio do mar (hPa) e vento médio a 10 m (m/s) para aves residentes.



Fonte: (autor).

Nota: as linhas coloridas representam a pressão atmosférica, onde as maiores pressões possuem cores mais quentes no mapa. As setas representam a intensidade e direção do vento. O círculo preto corresponde a localização de Ilha Comprida.

Figura 27 – Condição oceânica de altura significativa de ondas (m) para aves residentes.



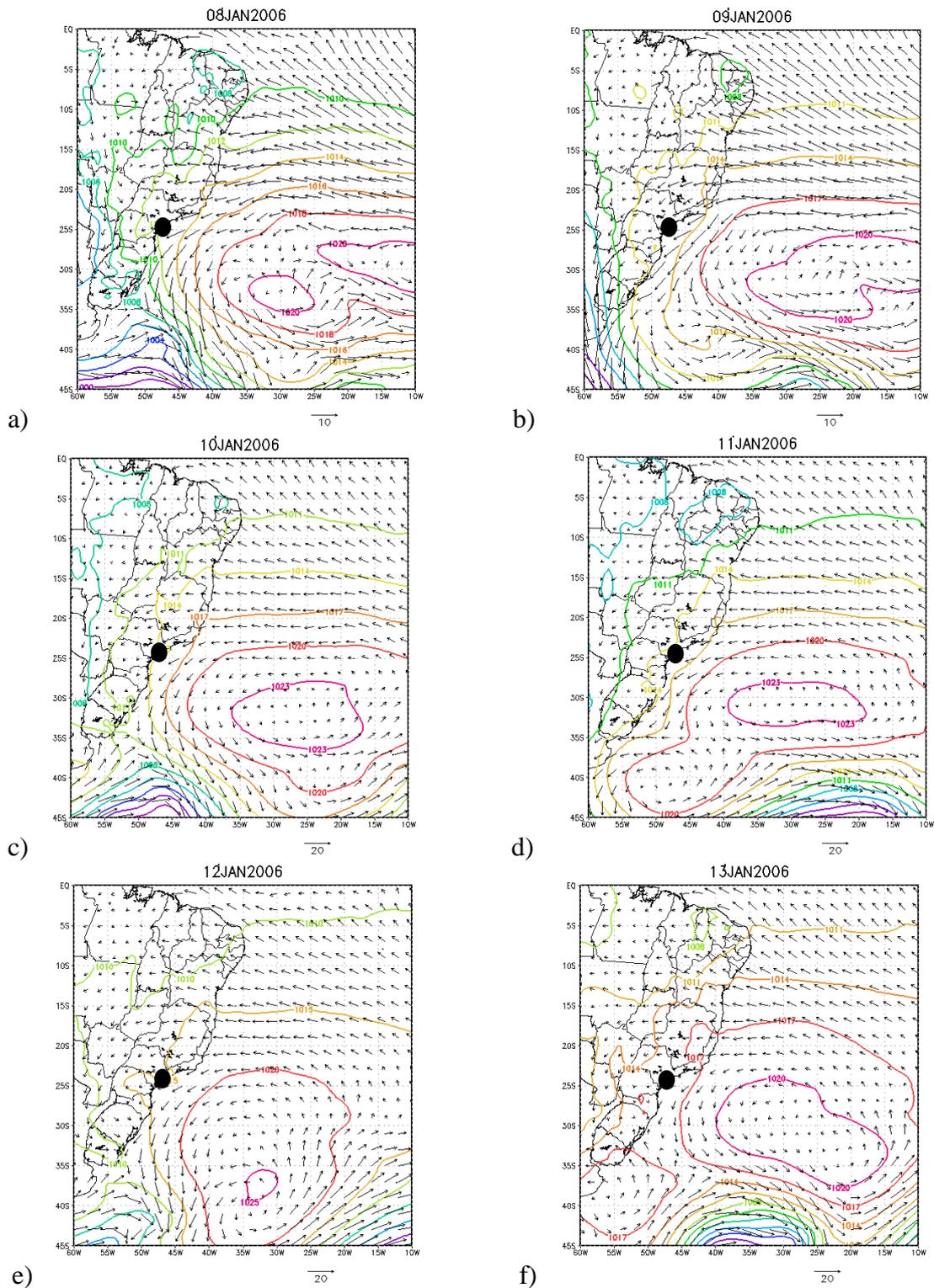
Fonte: (autor).

Nota: O círculo preto preenchido corresponde a localização de Ilha Comprida.

Na figura 28, os dias que antecederam o maior encalhe de aves residentes, que ocorreu dia 13 de janeiro de 2006, está representado através de campos sinóticos de temperatura da superfície do mar e vento a 10 metros da superfície. A região de Ilha Comprida está sob atuação de um sistema de alta pressão transiente deslocando-se de noroeste-sudeste (NE-SE) sobre a região. O vento teve direção, predominantemente, nordeste.

A evolução temporal da altura de ondas é apresentada na figura 29. O valor de altura de ondas para os dias analisados, na região de estudo, apresentou valores oscilando entre 1,2 e 1,8 m.

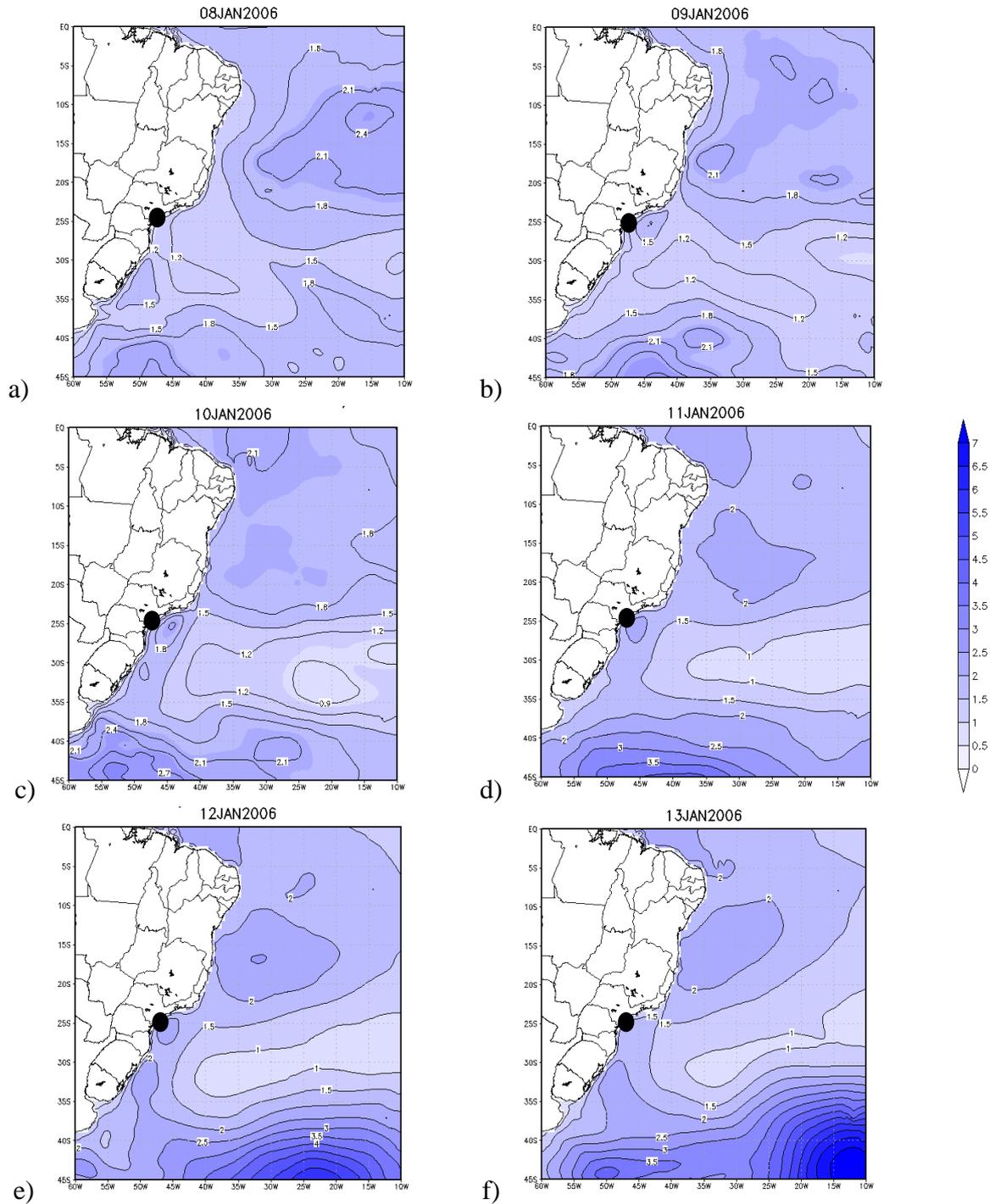
Figura 28 – Pressão atmosférica ao nível médio do mar (hPa) e vento médio a 10 m (m/s) para aves residentes.



Fonte: (autor).

Nota: as linhas coloridas representam a pressão atmosférica, onde as maiores pressões possuem cores mais quentes no mapa. As setas representam a intensidade e direção do vento. O círculo preto corresponde a localização de Ilha Comprida.

Figura 29 – Condição oceânica de altura significativa de ondas (m) para aves residentes.



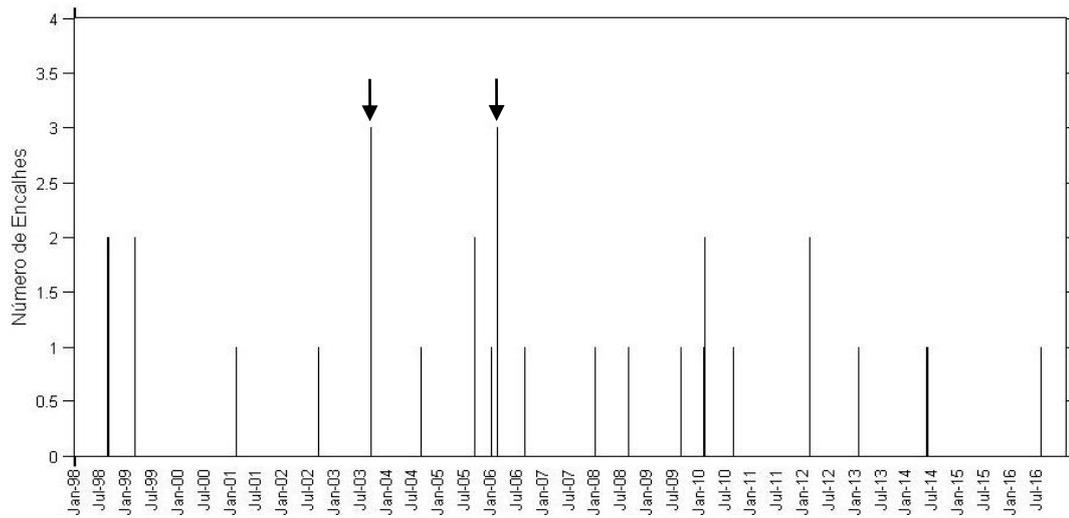
Fonte: (autor).

Nota: O círculo preto preenchido corresponde a localização de Ilha Comprida.

4.4.4 Aves visitantes do norte

A figura 30 apresenta a distribuição temporal dos encalhes de aves visitantes do Norte na Ilha Comprida, entre 1998 e 2016.

Figura 30 – Distribuição temporal dos encalhes de aves visitantes do Sul.



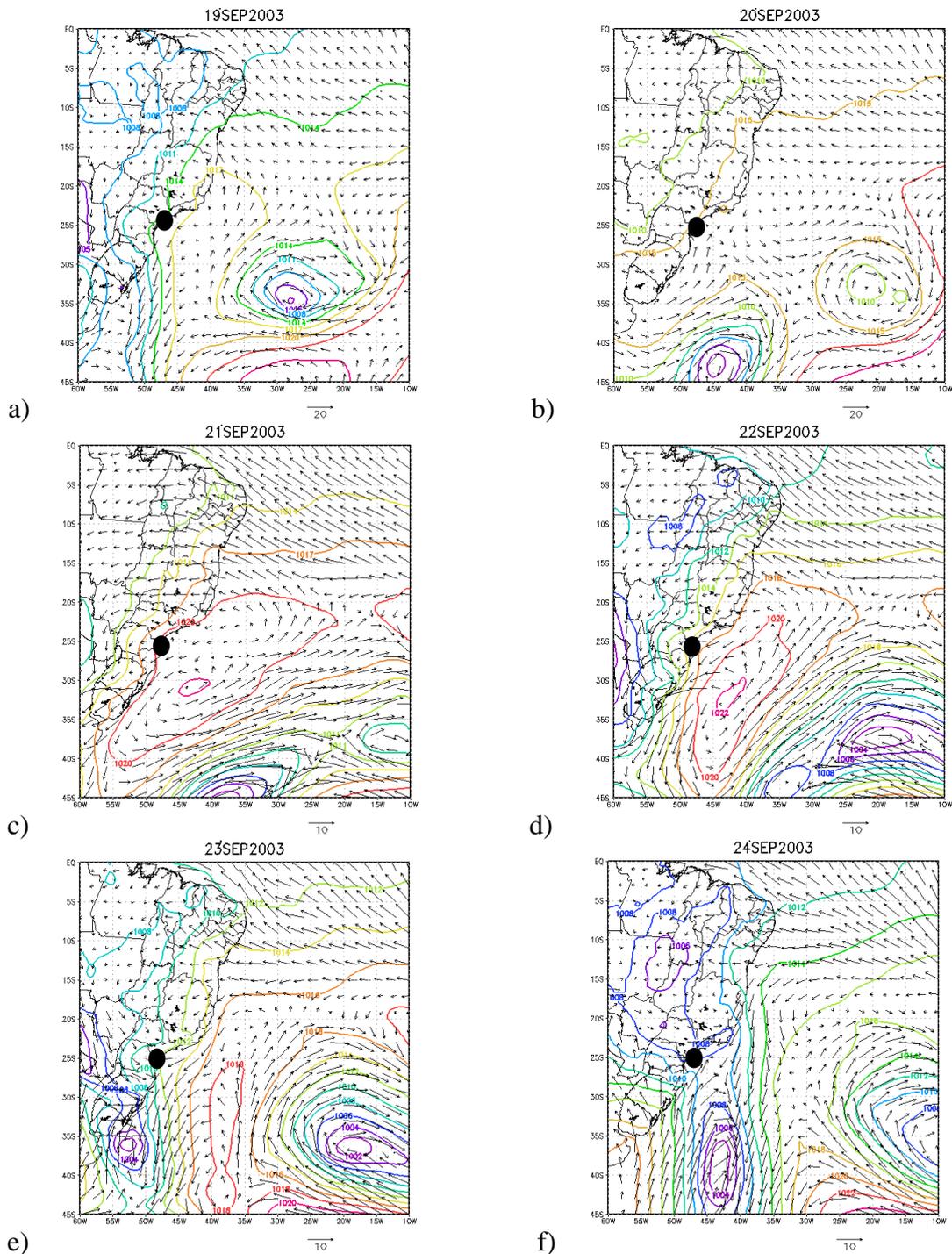
Fonte: (autor).

Nota: as setas indicam os casos que serão analisados sinoticamente.

A figura 31 refere-se aos dias antecedentes de um dos episódios de maior encalhe de aves visitantes do Norte, do dia 24 de setembro de 2003. A figura 16a e 16b caracterizam-se pela presença de vento fraco atuando na região que logo passa a sofrer a influência da entrada e passagem de um anticiclone transiente deslocando-se de nordeste-sudeste e então, a intensidade do vento passa a intensificar-se no dia 22, ainda sob influência do anticiclone. Do dia 23 até o dia 24, a região passa a ser influenciada pela passagem de uma frente, e ocorre a mudança da direção dos ventos de nordeste para sul.

A figura 32 exibe-se a evolução temporal da altura de ondas. Percebe-se que, apesar da altura de ondas ser influenciada pelos centros de baixa pressão nas regiões oceânicas, o local de estudo apresentou valores próximos a 1,5 m. Os dias referentes aos maiores valores correspondem a 19 e 20 de setembro de 2003.

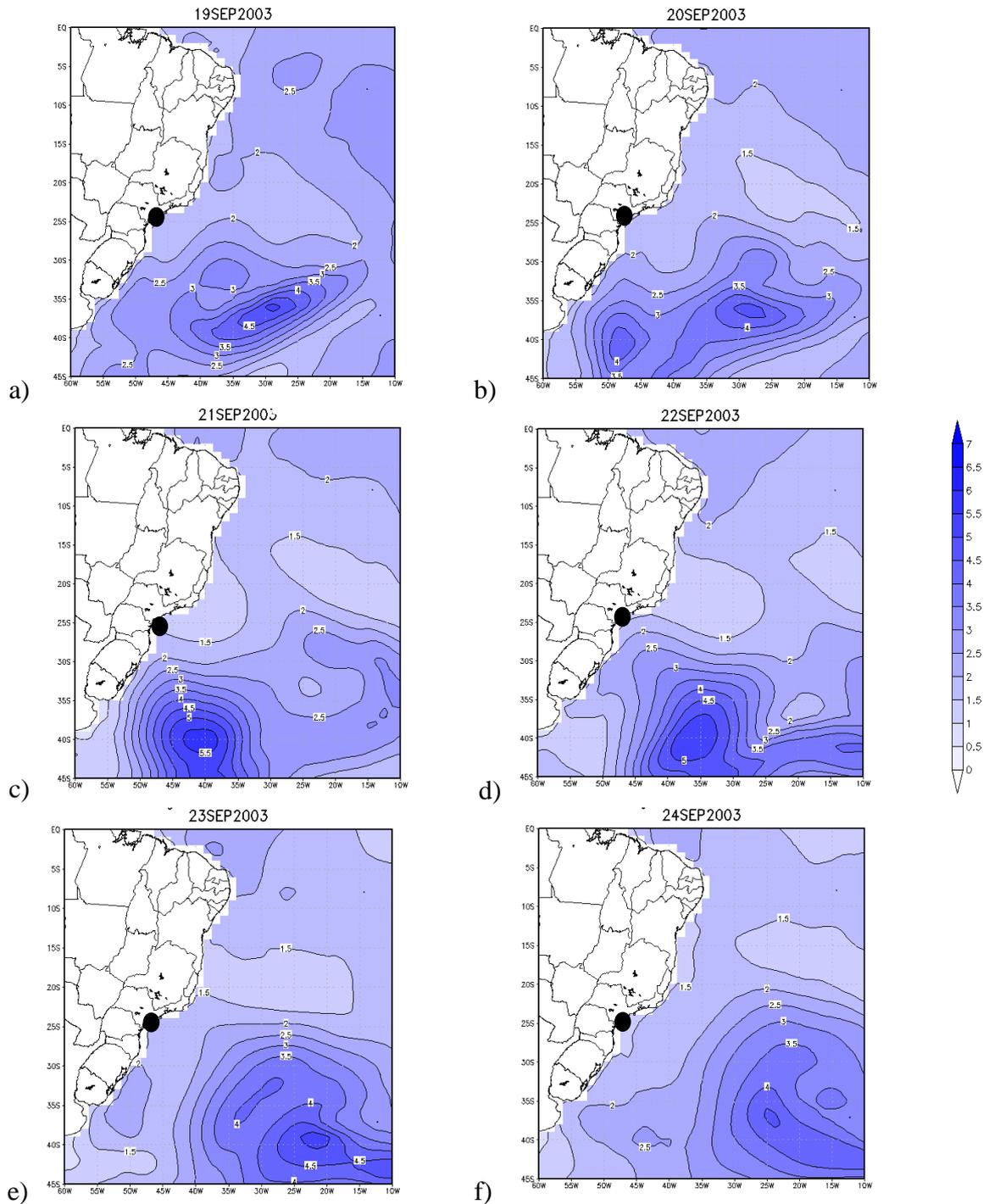
Figura 31 – Pressão atmosférica ao nível médio do mar (hPa) e vento médio a 10 m (m/s) para aves visitantes do Norte.



Fonte: (autor).

Nota: as linhas coloridas representam a pressão atmosférica, onde as maiores pressões possuem cores mais quentes no mapa. As setas representam a intensidade e direção do vento. O círculo preto corresponde a localização de Ilha Comprida.

Figura 32 – Condição oceânica de altura significativa de ondas (m) para aves visitantes do Norte.



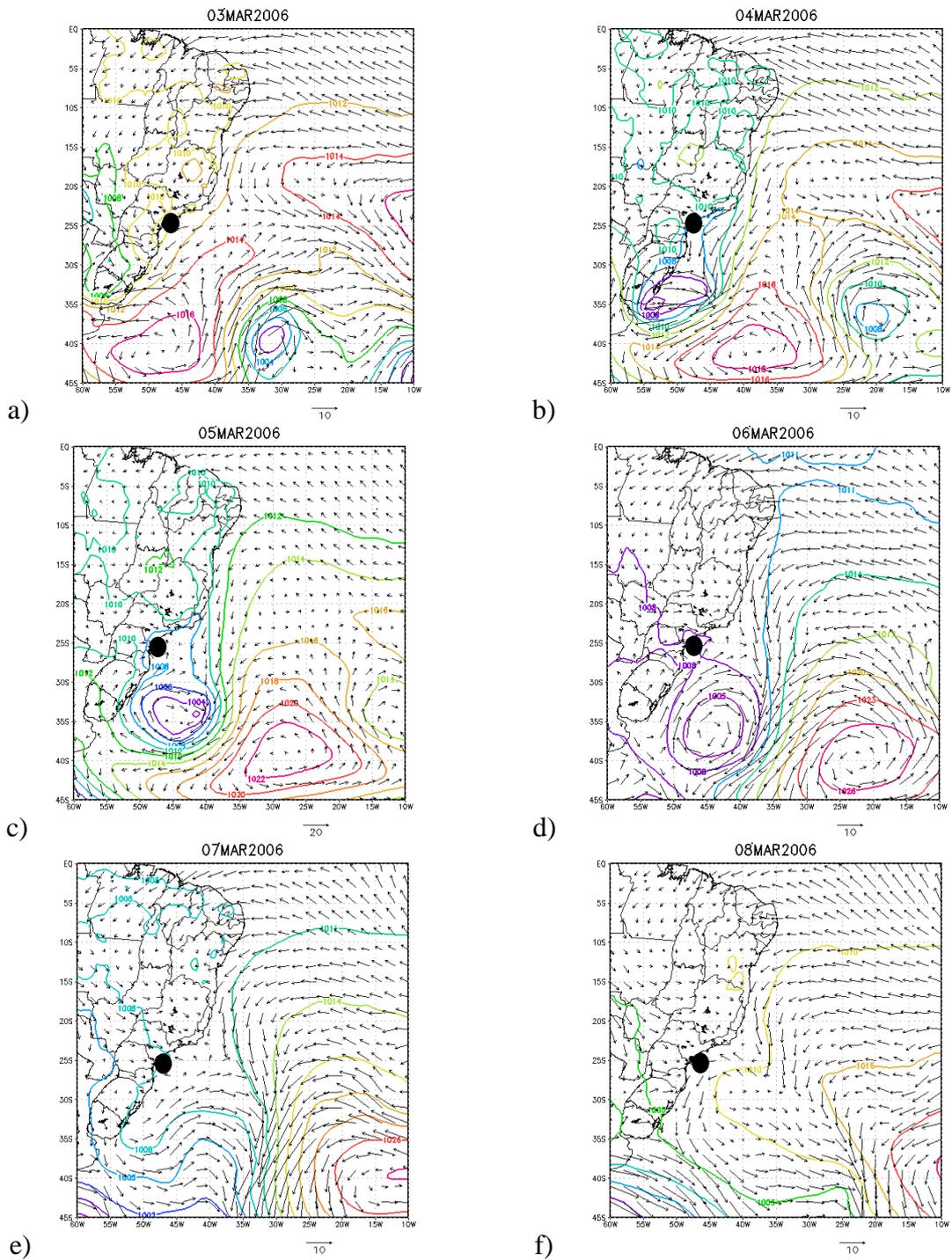
Fonte: (autor).

Nota: O círculo preto preenchido corresponde a localização de Ilha Comprida.

Na figura 33, os dias que antecederam o maior encalhe de aves visitantes do Norte, ocorrido dia 08 de março de 2006, está representado através de campos sinóticos de temperatura da superfície do mar e vento a 10 metros da superfície. A região de Ilha Comprida estava sob influência de ventos de direção nordeste nos dias 03 e 04 de março. Após, a passagem de um sistema ciclônico de baixa pressão passa a atuar na região na direção sudoeste e sudeste.

A condição de altura de ondas e sua evolução temporal está apresentada na figura 34. Os valores de altura de ondas estiveram entre 1,0 e 1,5 m, para a região de estudo durante os dias analisados.

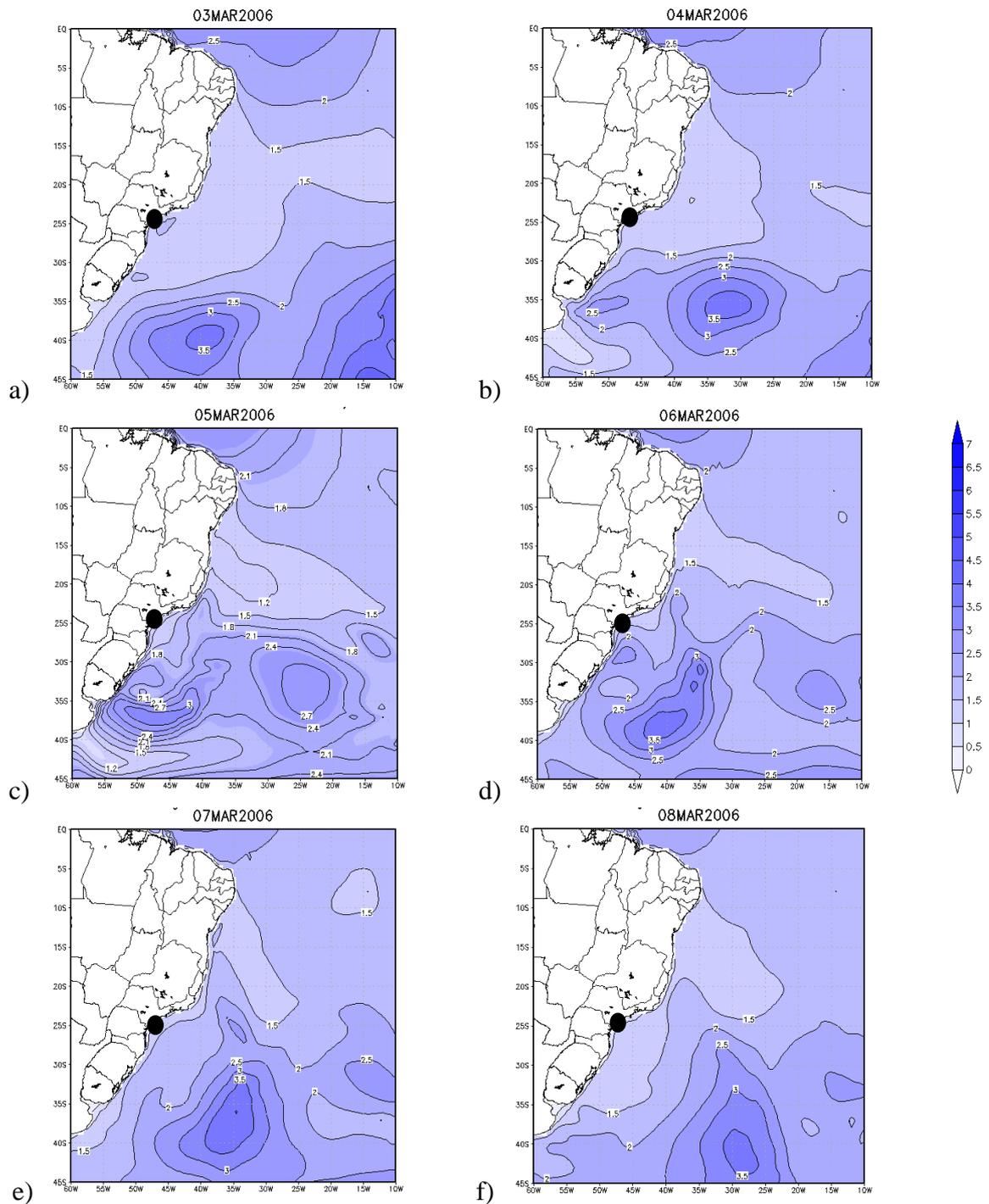
Figura 33 – Pressão atmosférica ao nível médio do mar (hPa) e vento médio a 10 m (m/s) para aves visitantes do Norte.



Fonte: (autor).

Nota: as linhas coloridas representam a pressão atmosférica, onde as maiores pressões possuem cores mais quentes no mapa. As setas representam a intensidade e direção do vento. O círculo preto corresponde a localização de Ilha Comprida.

Figura 34 – Condição oceânica de altura significativa de ondas (m) para aves visitantes do Norte.



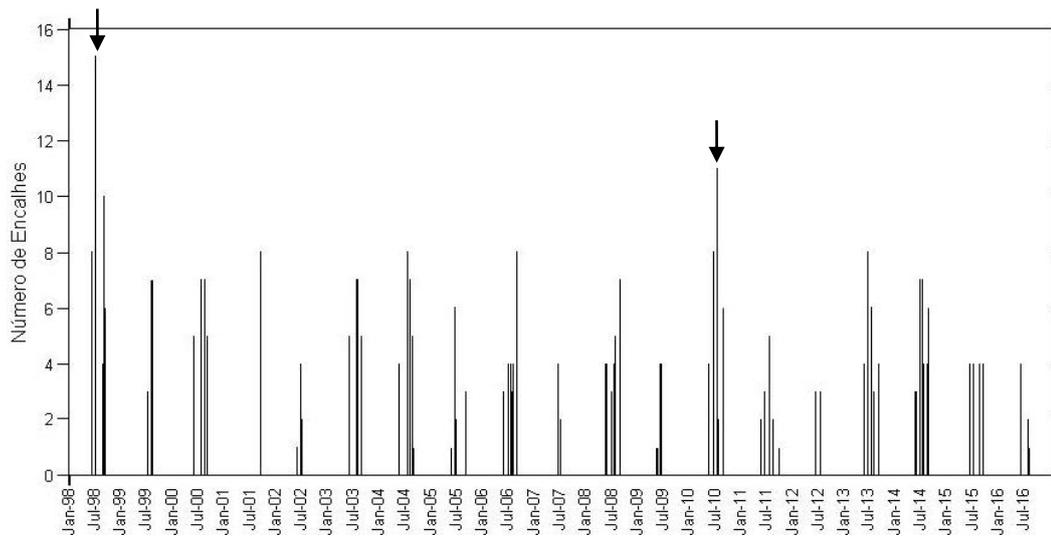
Fonte: (autor).

Nota: O círculo preto preenchido corresponde a localização de Ilha Comprida.

4.4.5 Aves visitantes do sul

A figura 35 apresenta a distribuição temporal dos encalhes de aves visitantes do Sul na Ilha Comprida, entre 1998 e 2016.

Figura 35 – Distribuição temporal dos encalhes de aves visitantes do Sul.



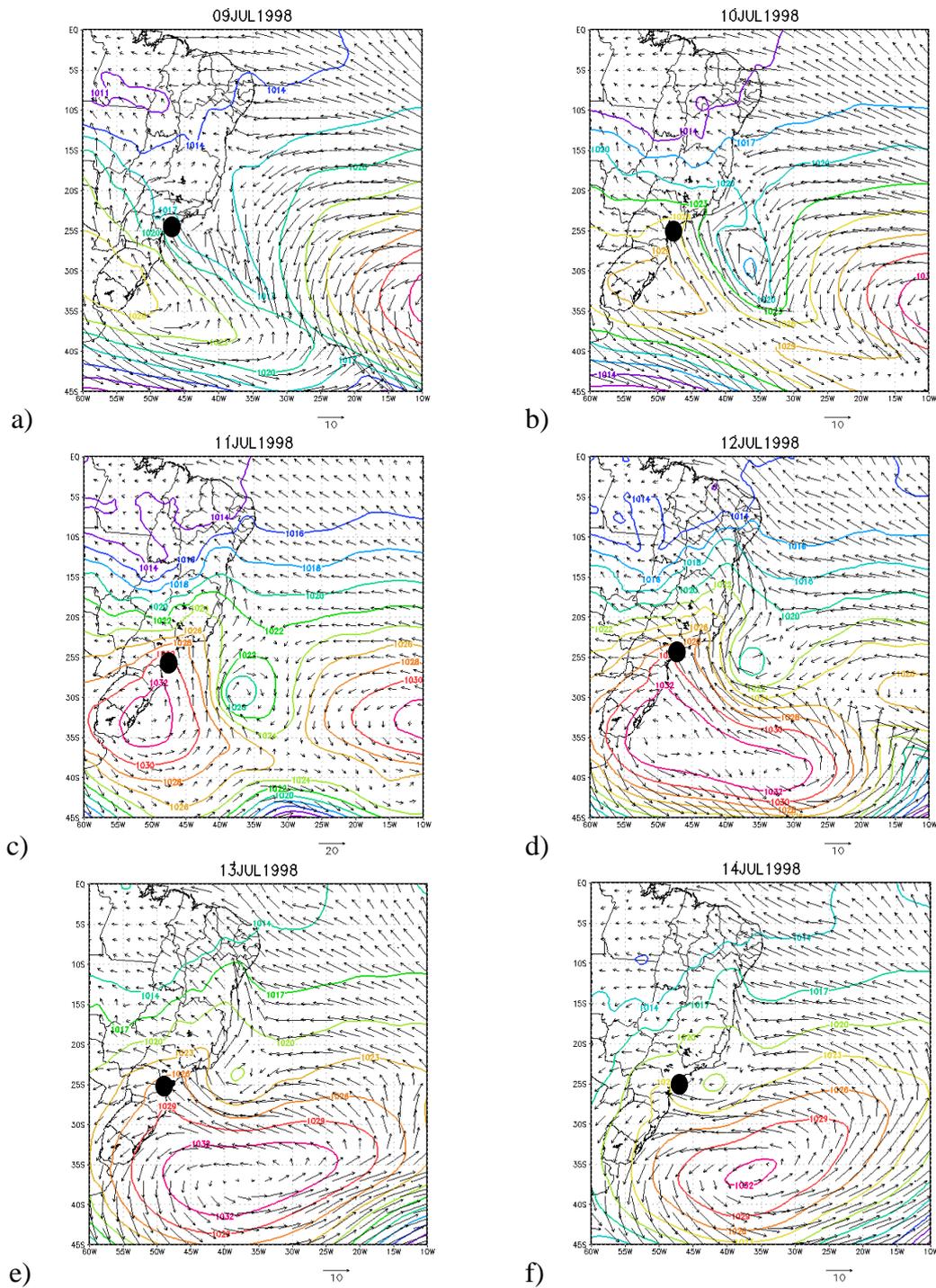
Fonte: (autor).

Nota: as setas indicam os casos que serão analisados sinoticamente.

A figura 36 refere-se aos dias antecedentes do episódio de maior encalhe de aves visitantes do Sul, que ocorreu dia 14 de julho de 1998. A carta sinótica evidencia a presença de uma frente (figura 18b) atuando sobre a ilha com vento na direção sudeste passando a sul. A partir dia 10 com a aproximação de um sistema anticiclônico o vento continua atuando na mesma direção e com o deslocamento desse sistema sobre a região, o vento muda sua direção para leste.

A condição de altura de ondas e sua evolução temporal está apresentada na figura 37. A altura de ondas varia entre 1,5 e 2,4 m no período analisado, para a região de estudos. Os maiores valores ocorreram nos dias 10 e 11 de julho de 1998, associados à passagem de uma frente. Após, ondas de menor magnitude são observadas.

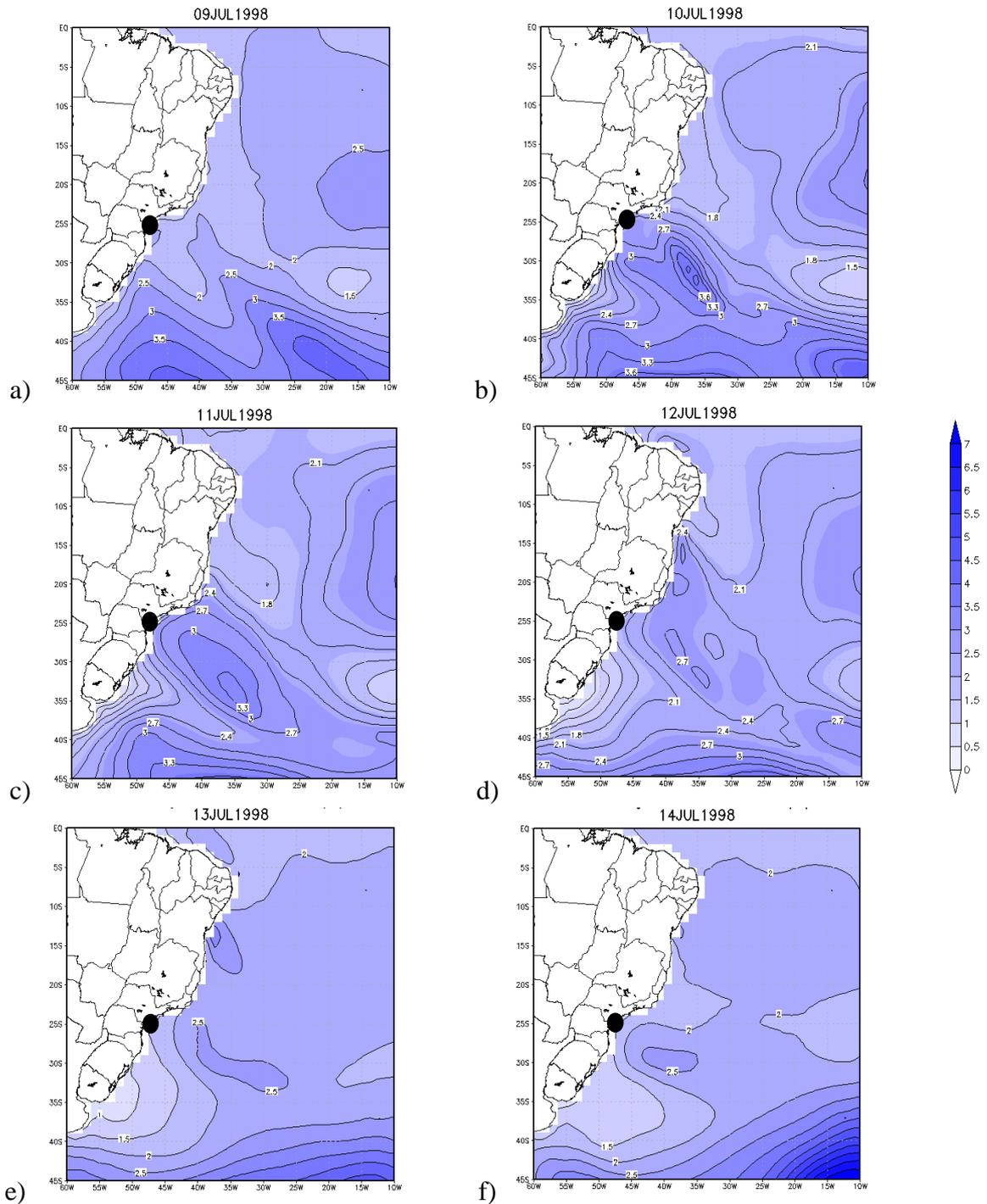
Figura 36 – Pressão atmosférica ao nível médio do mar (hPa) e vento médio a 10 m (m/s) para aves visitantes do Sul.



Fonte: (autor).

Nota: as linhas coloridas representam a pressão atmosférica, onde as maiores pressões possuem cores mais quentes no mapa. As setas representam a intensidade e direção do vento. O círculo preto corresponde a localização de Ilha Comprida.

Figura 37 – Condição oceânica de altura significativa de ondas (m) para aves visitantes do Sul.



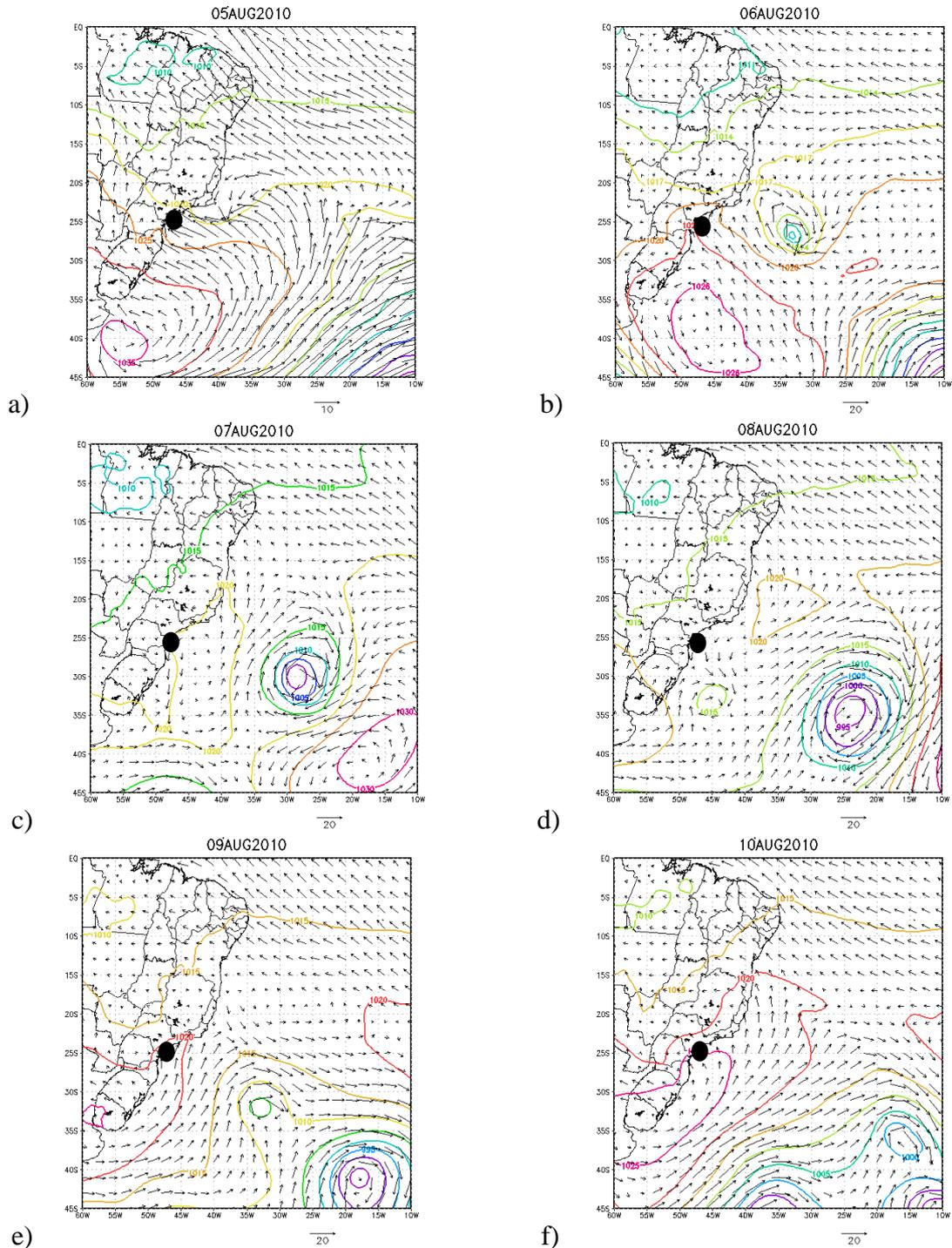
Fonte: (autor).

Nota: O círculo preto preenchido corresponde a localização de Ilha Comprida.

Na figura 38, os dias que antecederam o segundo maior episódio de encalhe de aves visitantes do Sul, ocorrido em 10 de agosto de 2010, está representado através de campos sinóticos de temperatura da superfície do mar e vento a 10 metros da superfície. A análise mostra que a região estava sob atuação de um centro de alta pressão com vento na direção sudeste. No dia 6 nota-se a formação de um sistema anticiclônico sobre o oceano que dá origem à passagem de uma frente fria entre os dias 8 e 9.

Na figura 39 está apresentada a condição de altura de ondas e sua evolução temporal. Os valores variam entre próximo de 3 m no dia 05 e 06 de agosto de 2010 e 1,5 m nos dias 09 e 10.

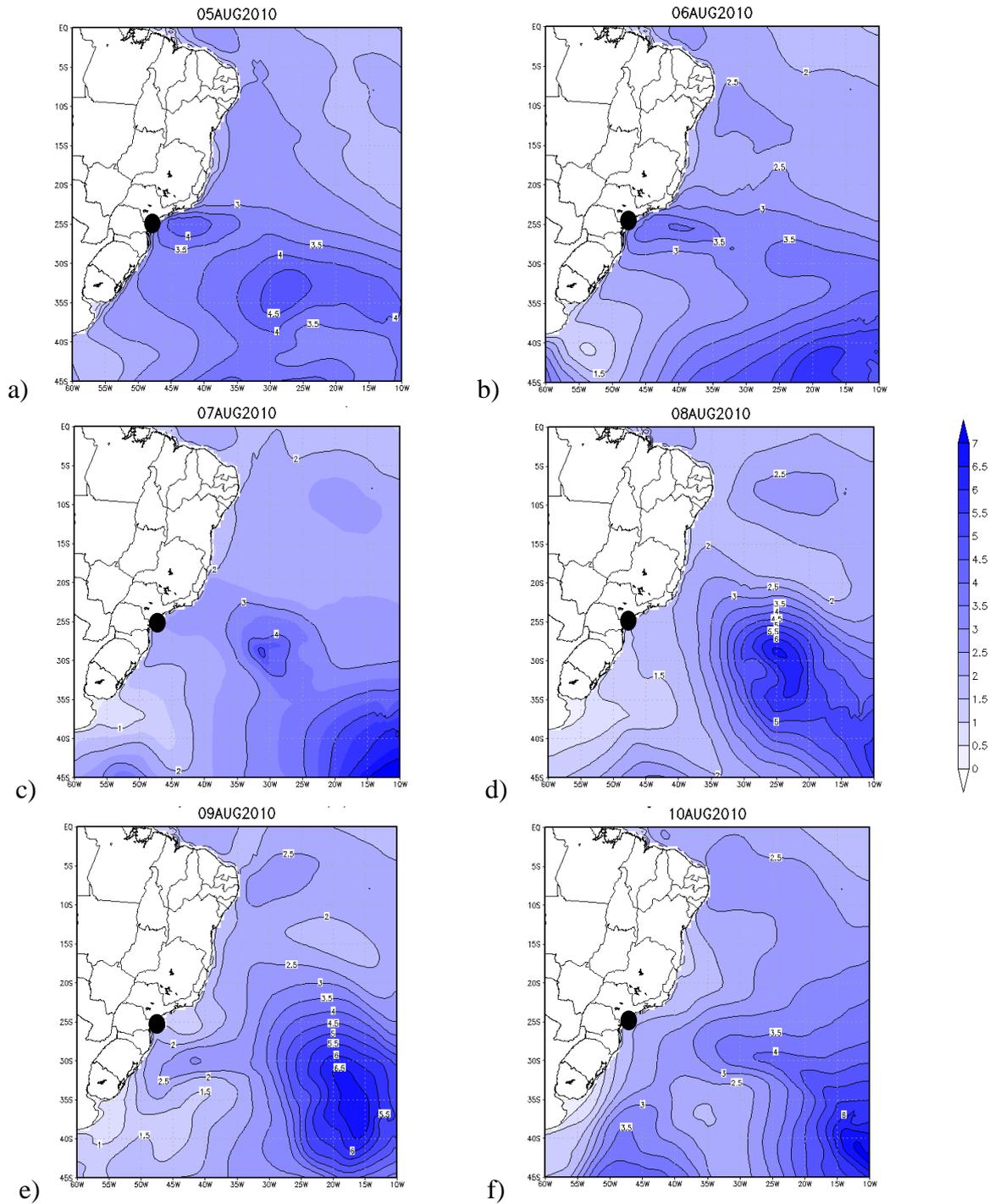
Figura 38 – Pressão atmosférica ao nível médio do mar (hPa) e vento médio a 10 m (m/s) para aves visitantes do Sul.



Fonte: (autor).

Nota: as linhas coloridas representam a pressão atmosférica, onde as maiores pressões possuem cores mais quentes no mapa. As setas representam a intensidade e direção do vento. O círculo preto corresponde a localização de Ilha Comprida.

Figura 39 – Condição oceânica de altura significativa de ondas (m) para aves visitantes do Sul.



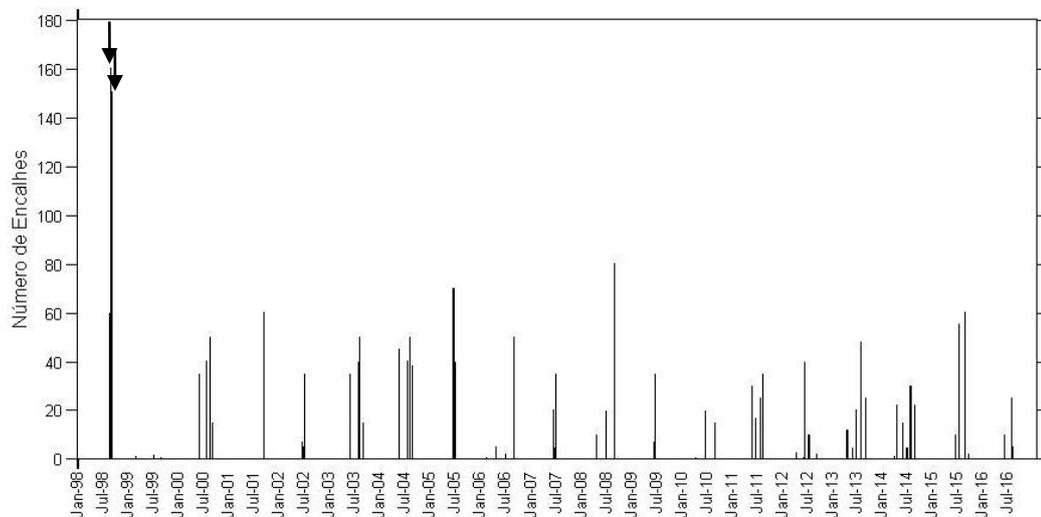
Fonte: (autor).

Nota: O círculo preto preenchido corresponde a localização de Ilha Comprida.

4.4.6 *Spheniscus magellanicus* (pinguim-de-Magalhães)

A figura 40 apresenta a distribuição temporal dos encalhes de pinguim-de-Magalhães na Ilha Comprida, entre 1998 e 2016.

Figura 40 – Distribuição temporal dos encalhes de *Spheniscus magellanicus* (pinguim-de-Magalhães).



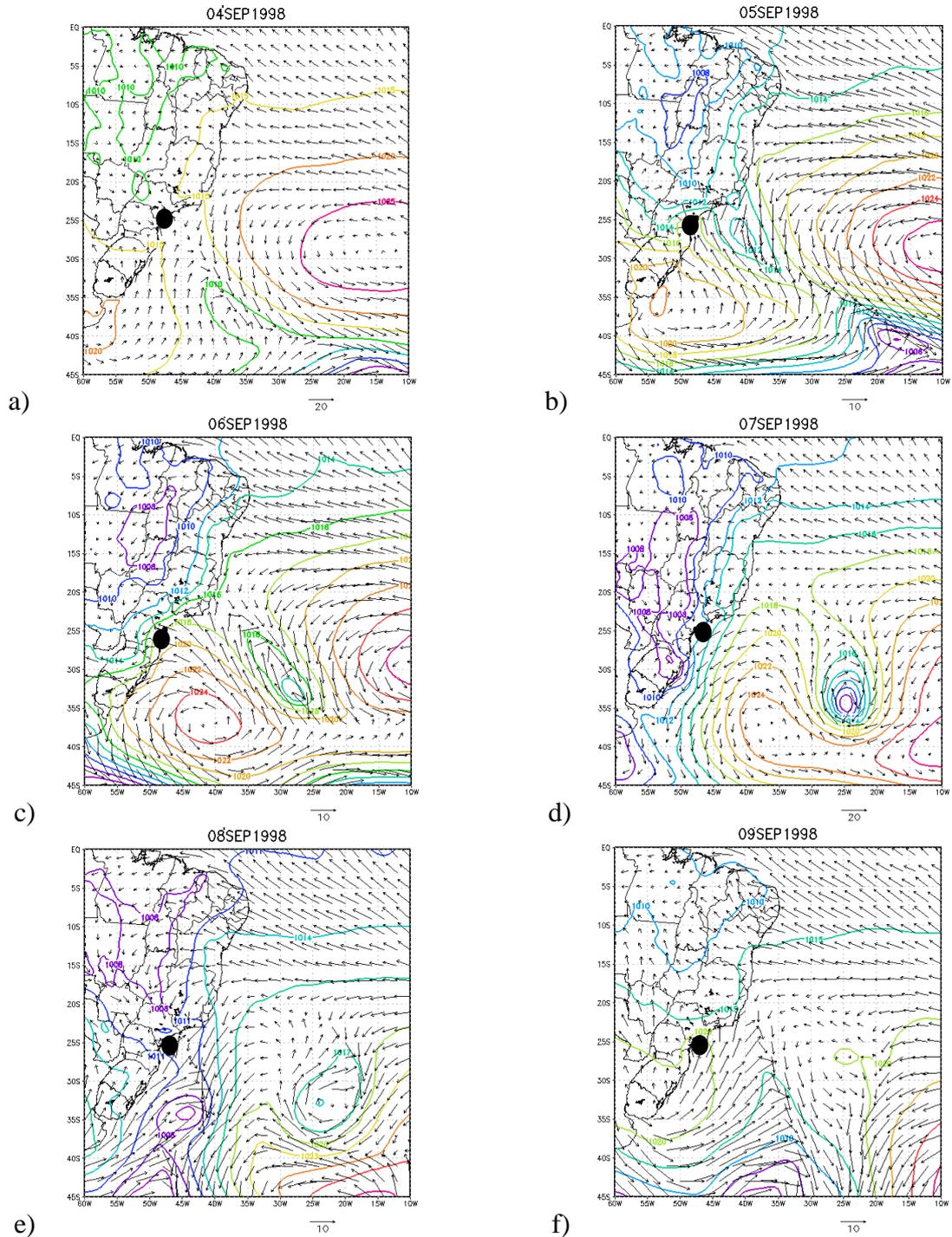
Fonte: (autor).

Nota: as setas indicam os casos que serão analisados sinoticamente.

A figura 41 refere-se aos dias que antecederam o episódio de maior encalhe de pinguim-de-Magalhães, ocorrido dia 09 de setembro de 1998. A análise das cartas sinóticas mostra a atuação de um sistema de alta pressão com deslocamento de sudeste-nordeste entre os dias 05 e 06. Após, a entrada de um sistema ciclônico passa a influenciar a região de Ilha Comprida, e uma observa-se a passagem de frente entre os dias 08 e 09. Os ventos atuantes sobre a região tiveram direção, principalmente, dos quadrantes sul e sudeste.

A condição de altura de ondas e sua evolução temporal está apresentada na figura 42. A altura de ondas não apresentou grande variação, estando, na região de estudo, em torno de 2 metros. Os dias de maior magnitude foram 08 e 09 de setembro, estando associados a passagem de uma frente.

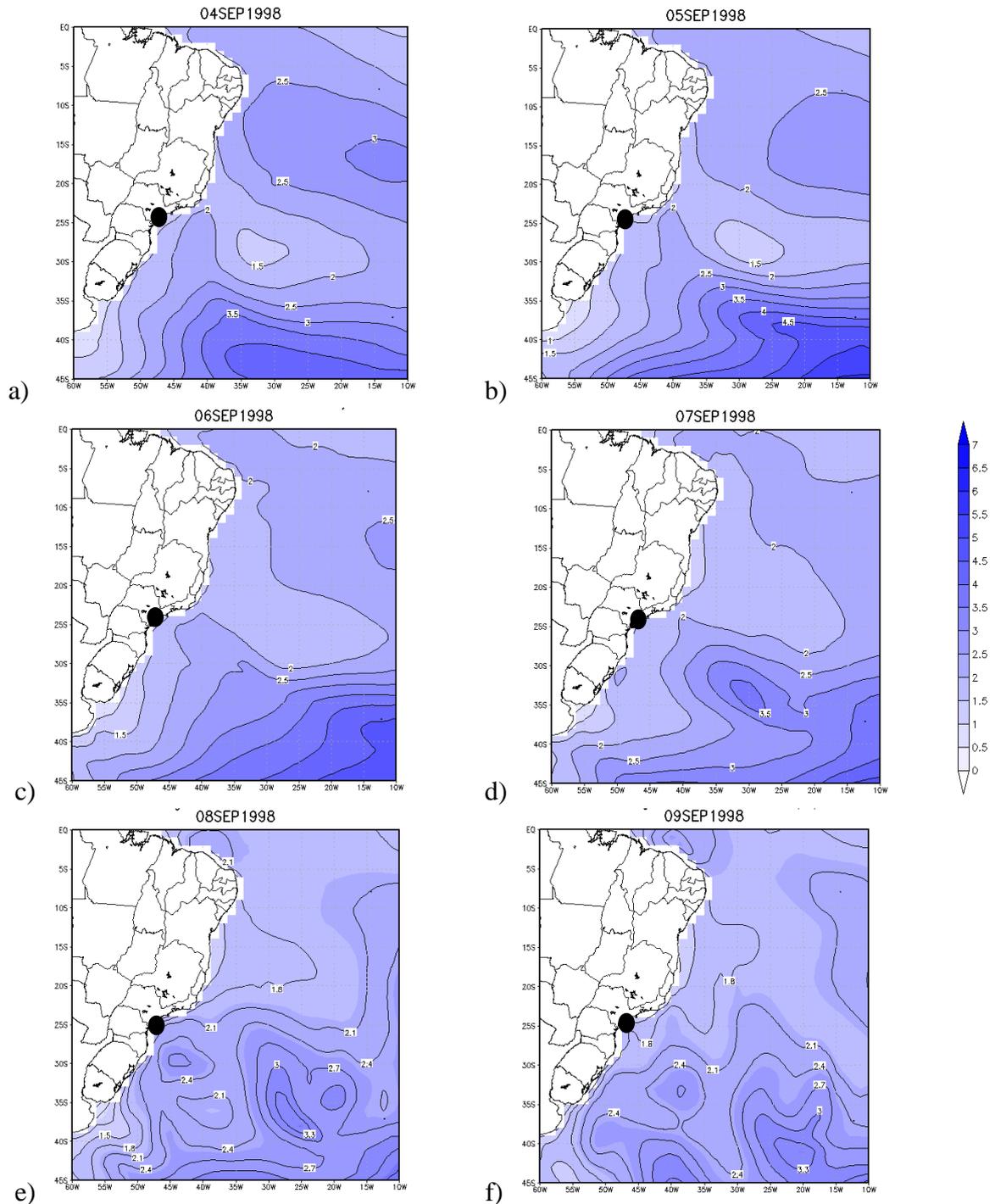
Figura 41 – Pressão atmosférica ao nível médio do mar (hPa) e vento médio a 10 m (m/s) para *Spheniscus magellanicus* (pinguim-de-Magalhães).



Fonte: (autor).

Nota: as linhas coloridas representam a pressão atmosférica, onde as maiores pressões possuem cores mais quentes no mapa. As setas representam a intensidade e direção do vento. O círculo preto corresponde a localização de Ilha Comprida.

Figura 42 – Altura significativa de ondas (m) para *Spheniscus magellanicus* (pinguim-de-Magalhães).



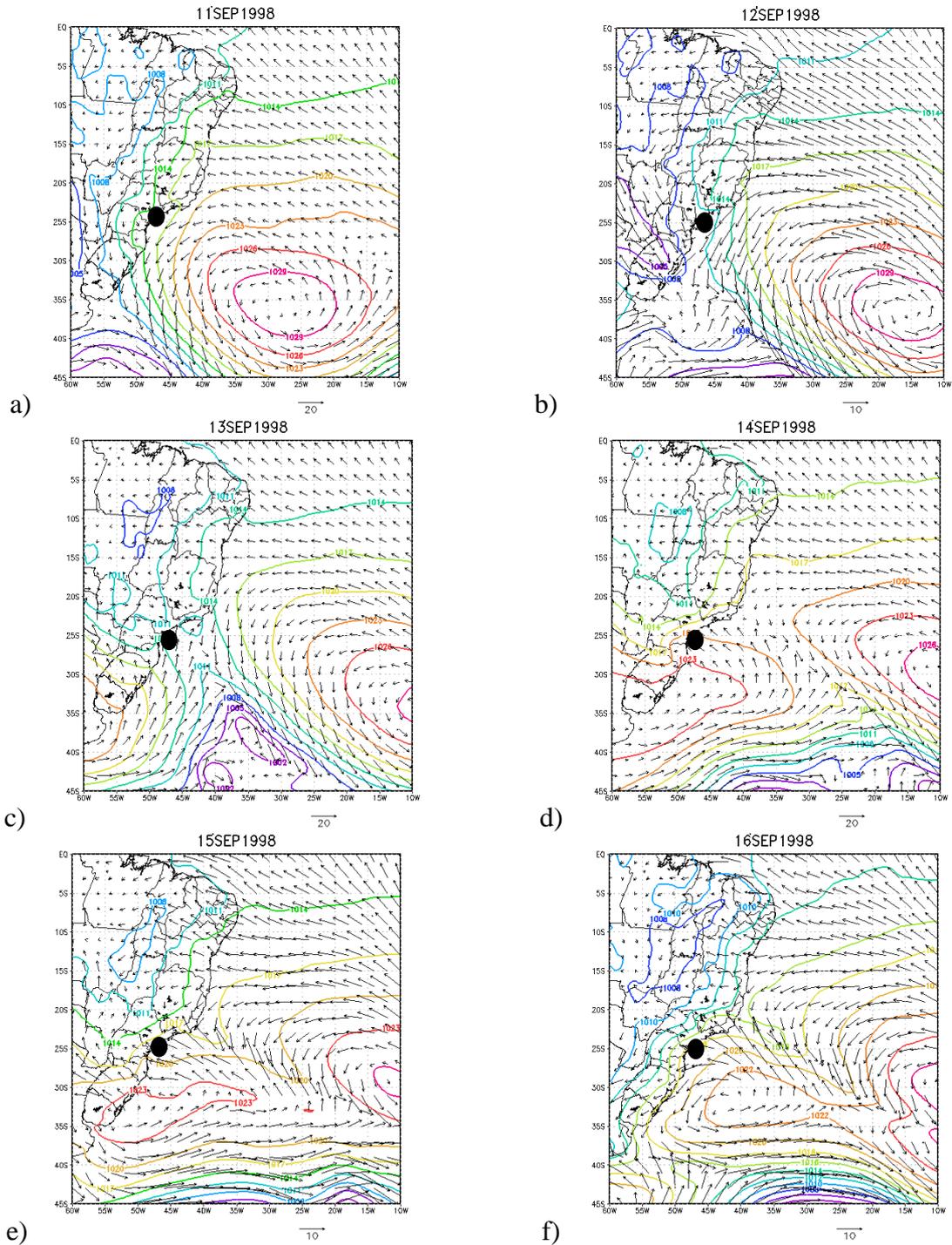
Fonte: (autor).

Nota: O círculo preto preenchido corresponde a localização de Ilha Comprida.

A figura 43, representa os dias que antecederam o segundo maior episódio de encalhe de pinguim-de-Magalhães, ocorrido em 16 de setembro de 1998, através de campos sinóticos de temperatura da superfície do mar e vento a 10 metros da superfície. As análises mostram basicamente a atuação de dois sistemas influenciando a região de estudo. No dia 11 há a presença de um sistema de alta pressão que se desloca de sudeste-nordeste. A entrada de um sistema de baixa pressão é no sul do Brasil provoca uma mudança na direção dos ventos de nordeste para sudeste na região de Ilha Comprida, provocado pela passagem de uma frente fria (figura 21c) e então, um novo sistema de alta pressão passa a influenciar a região de estudo.

A figura 44 apresenta as condições de altura de ondas, bem como sua evolução temporal. Pode-se perceber que os valores ficam sempre em torno de 1,5 até 2,0 m. Não há muita oscilação de valores para os dias analisados, na região de estudo.

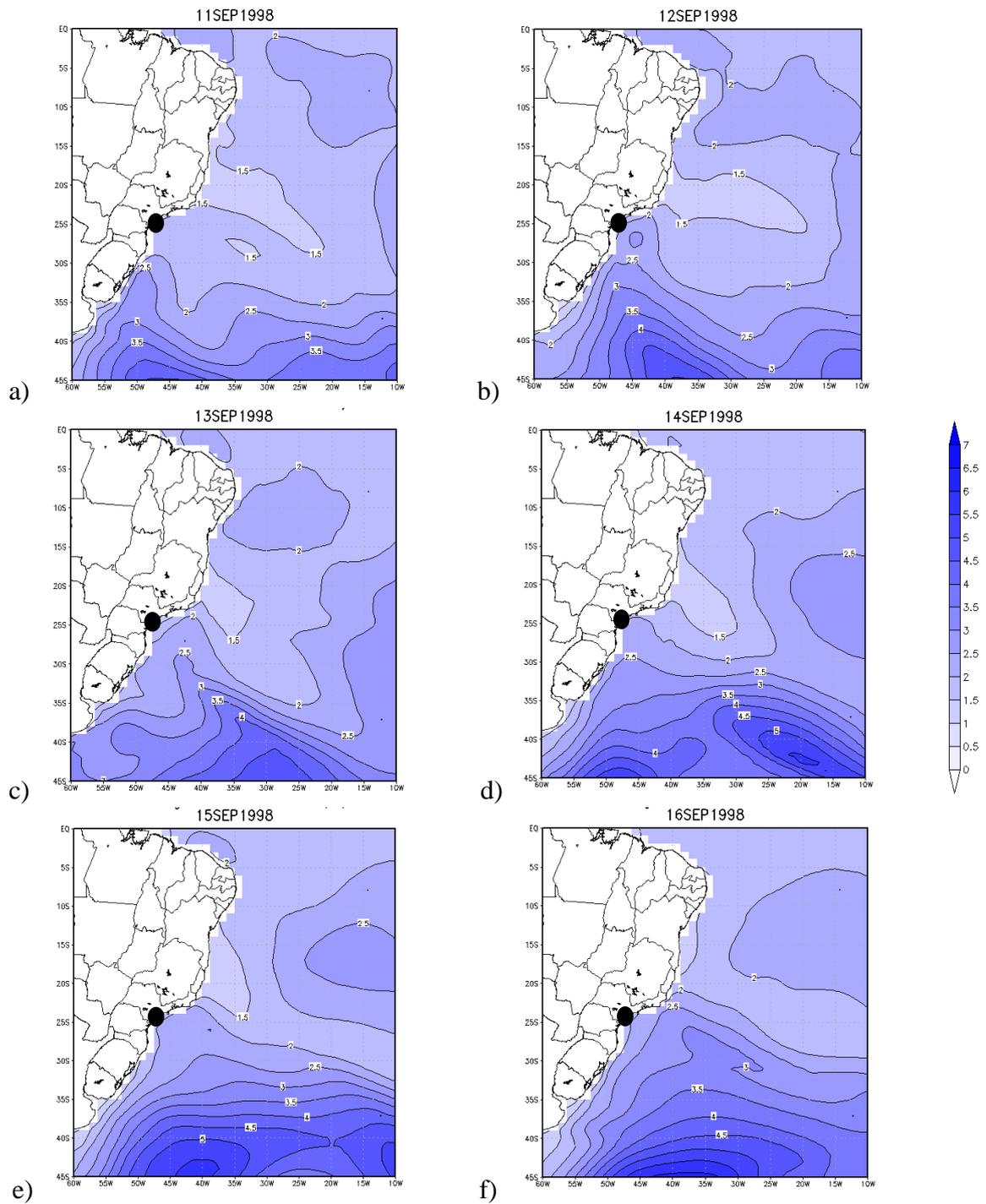
Figura 43 – Pressão atmosférica ao nível médio do mar (hPa) e vento médio a 10 m (m/s) para *Spheniscus magellanicus* (pinguim-de-Magalhães).



Fonte: (autor).

Nota: as linhas coloridas representam a pressão atmosférica, onde as maiores pressões possuem cores mais quentes no mapa. As setas representam a intensidade e direção do vento. O círculo preto corresponde a localização de Ilha Comprida.

Figura 44 – Altura significativa de ondas (m) para *Spheniscus magellanicus* (pinguim-de-Magalhães).



Fonte: (autor).

Nota: O círculo preto preenchido corresponde a localização de Ilha Comprida.

6 CONCLUSÃO

O número total de animais marinhos encalhados encontrados em Ilha Comprida entre os anos de 1998 e 2016 foi de 2542 indivíduos. Ao todo foram encontradas 46 espécies, pertencentes a 19 famílias e oito ordens. As aves visitantes do Sul e o pinguim-de-Magalhães foram os grupos com maiores números de carcaças encontradas.

A presença dos encalhes esteve associada à rota migratória dos animais, onde a maior abundância das carcaças encontradas foi durante seu período pós-reprodutivo, onde os animais chegam ao Brasil para sua época de forrageio. Para as espécies não migrantes, a época de alimentação também foi aquela que resultou em maiores números de indivíduos encalhados, onde a abundância de itens de sua dieta alimentar era maior.

Através das análises de regressão foi possível observar que diferentes fatores influenciaram os diferentes grupos. As principais variáveis associadas aos encalhes foram a temperatura da superfície do mar e a pressão ao nível do mar e pode-se concluir que, variáveis com ciclos anuais mais definidos estiveram melhor associadas ao depósito de carcaças na Ilha Comprida. Variáveis com muitas oscilações não exibiram uma associação significativa com os encalhes, o que pode ser entendido como uma baixa influência de efeitos locais no depósito de carcaças através da metodologia utilizada. Pelo fato de que a grande maioria das espécies encontradas no presente estudo eram animais marinhos migrantes, a maior abundância das espécies no local de estudo pode exercer uma grande influência no maior número de encalhes.

A análise dos campos sinóticos de pressão ao nível do mar e vento para os maiores episódios de encalhes apresentou uma relação com a passagem de frentes frias sobre a região e a direção dos ventos. Os maiores encalhes analisados no presente estudo estiveram associados a ventos de direção predominantemente leste e sudeste e frequentemente a passagem de frentes frias.

Os resultados aqui obtidos podem ser utilizados em novas pesquisas acerca das forçantes não antropogênicas atuantes sobre o número de encalhes encontrados em praias do litoral Sul-Sudeste do Brasil, visto que houve uma relação entre os encalhes e a passagem de frentes frias, a influência de sistemas atmosféricos, a abundância sazonal de espécies e suas rotas migratórias. Além disso, muitas espécies se encontram ameaçadas de extinção, o que torna o presente trabalho uma importante referência para futuros trabalhos visando estratégias de conservação e preservação de fauna marinha, não somente para a região da Ilha Comprida mas para a Bacia de Santos como um todo.

7 REFERÊNCIAS

- ANDRADE, K. L.; CAVALCANTI, I. F. A. Climatologia dos Sistemas Frontais e padrões de comportamento para o Verão na América do Sul. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Meteorologia**. Fortaleza-CE, 2004. 13p. Disponível em: <www.cbmet.com/cbm-files/22-3dd1ff30595ae476597f85bb4ede2f0a.doc>. Acesso em: 04 de janeiro de 2019.
- BARBIERI, E. Variação sazonal do gaivotão (*Larus dominicanus*) durante o ano de 2005 no estuário de Cananéia-Iguape-Ilha Comprida, São Paulo, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 8, n. 2, 2008.
- BARBIERI, E.; OLIVEIRA, M. **Aves: Ilha Comprida**. São Paulo, Brasil: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2015. 187p.
- BARBIERI, E.; PAES, E. T. The birds at Ilha Comprida beach (São Paulo state, Brazil): a multivariate approach. **Biota Neotropica**, v. 8, n. 3, p. 0-0, 2008.
- BARBIERI, E.; PINNA, F. V. Distribuição do Trinta-réis-real (*Thalasseus maximus*) durante 2005 no estuário de Cananéia-Iguape-Ilha Comprida. *Ornitologia Neotropical*, v. 18, n. 1, p. 99-110, 2007.
- BLUESTEIN, Howard B. **Synoptic-dynamic Meteorology in Midlatitudes: Observations and theory of weather systems**. New York, Estados Unidos da América: Oxford University Press. 1992. 608p.
- BONDIOLI, A. C. V. **Estrutura Populacional e Variabilidade Genética de Tartaruga-Verde (*Chelonia mydas*) da região de Cananeia, São Paulo**. Tese (Pós-Graduação em Ciências). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- BRESSAN, P. M.; KIERULFF, M. C. M.; SUGIEDA, A. M. **Fauna ameaçada de extinção no Estado de São Paulo**. São Paulo: Fundação Parque Zoológico de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente, 2009. 645p.
- BUGONI, L.; SANDER, M.; COSTA, E. S. Effects of the first southern Atlantic hurricane on Atlantic petrels (*Pterodroma incerta*). **The Wilson Journal of Ornithology**, p. 725-729, 2007.
- CÁCERES, N. C. et al. Which factors determine spatial segregation in the south American opossums (*Didelphis aurita* and *D. albiventris*)? An ecological niche modelling and geometric morphometrics approach. **PloS one**, v. 11, n. 6, p. e0157723, 2016.
- CALAZANS, D. **Estudos oceanográficos: do instrumental ao prático**. Pelotas: Editora Textos, 2011. 462p.

- CAMPOS, F. P. et al. **Aves insulares marihas, residentes e migratórias, do litoral do Estado de São Paulo**. In BRANCO, J. O. Aves marinhas insulares brasileiras: bioecologia e conservação, Itajaí, Brasil: Editora da UNIVALI, 2004. cap. 3, p. 57-82.
- CANDELLA, R. N. **Estudo de casos de ondas no Atlântico Sul através de modelagem numérica**. Dissertação (Pós-Graduação em Ciências em Engenharia Oceânica). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1997.
- CAVALCANTI, I. F. et al. **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 463p.
- CBRO. 2014. Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos. **Listas das aves do Brasil**. 11^a Edição. Disponível em <<http://www.cbro.org.br>>. Acesso em: 30 de dezembro de 2018.
- CEO. **Comitê de Estudos Ornitológicos**. Disponível em: <<http://www.ceo.org.br>>. Acesso em: 03 d dezembro de 2018.
- CHAN, V. A. **Spatial and Temporal Trends in Sea Turtle Strandings in North Carolina, 1980-2003**. Dissertação (Escola de Manejo Ambiental). Universidade de Duke, Durham, 2004.
- CPTEC. Centro de Previsão do Tempo e Clima. Disponível em: <<http://enos.cptec.inpe.br/elnino/pt>>. Acesso em: 20 de janeiro de 2019.
- DA ROCHA, F. P.; ARAVÉQUIA, J. A.; RIBEIRO, B. Z. Estudo de Ciclones e de Padrões de Circulação Atmosférica no Oceano Atlântico Sul próximo à Costa das Regiões Sul e Sudeste do Brasil Usando Dados de Reanálise do Era-Interim. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 2, p. 141-156, 2016.
- DA SILVA, P. E. D. **Caracterização do padrão de ondas na costa do Brasil por meio de modelagem numérica**. Dissertação (Pós-Graduação em Meteorologia), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2013.
- DA SILVA, M. G. A. J.; SILVA DIAS, M. A. F. A estatística dos transientes na América do Sul. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Meteorologia**. Rio de Janeiro-RJ, 2000, p. 538-545. 2000.
- DE PÁDUA ALMEIDA, A. et al [2]. Avaliação do estado de conservação da tartaruga marinha *Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758) no Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, n. 1, 2011a.
- DE PÁDUA ALMEIDA, A. et al [1]. Avaliação do estado de conservação da tartaruga marinha *Dermochelys coriacea* (Vandelli, 1761) no Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, n. 1, 2011b.

- DEGOLA, T. S. D. **Impactos e variabilidade do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul sobre o Brasil no clima presente e em cenários futuros**. Dissertação (Pós-Graduação em Meteorologia), Universidade de São Paulo, São Paulo. 2013.
- DESVAUX, J. A. S. **Captura acidental da Toninha, *Pontoporia blainvillei* (Cetacea: Pontoporiidae) e do boto-cinza, *Sotalia guianensis* (Cetacea: Delphinidae) em redes de pesca no complexo estuarino lagunar de Cananéia, litoral sul do estado de São Paulo**. 2013. Dissertação (Pós-Graduação em Ciências Biológicas). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.
- DIEGUES, A. C. et al. **Vulnerability of Principal Brazilian Coastal Ecosystems to Climatic Change and Human Impacts**. In: Workshop Report on the Environmental Implications of Global Change, Perth, 30 de novembro - 1 de dezembro de 1990, p. 113-134.
- DOS SANTOS, A. S. et al. Avaliação do estado de conservação da tartaruga marinha *Caretta caretta* (Linnaeus, 1758) no Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, n. 1, 2011.
- EPPERLY, S. P. et al. Beach Strandings as an Indicator of at-sea Mortality of Sea Turtles. *Bulletin of Marine Science*, v. 59, n. 2, p. 289-297, 1996.
- ERA-INTERIM. **Modelo global de reanálise do ECMWF**. Disponível em: <<https://apps.ecmwf.int/datasets/data/interim-full-daily/levtype=sfc>>. Acesso em: 03 de dezembro de 2018.
- EVANS, K. et al. Periodic variability in cetacean strandings: links to large-scale climate events. **Biology letters**, v. 1, n. 2, p. 147-150, 2005.
- FIGUEIREDO, L.F.A. 2002. **Lista de aves do estado de São Paulo**. Versão: 24/06/2017. Disponível em: <www.ceo.org.br>. Acesso em: 30 de dezembro de 2018.
- FINK, D. et al. Gota úrica visceral em bobo-pequeno (*Puffinus puffinus*) no sul do Brasil. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 70, n. 2, 2018.
- GAN, M. A.; RAO, V. B. Surface cyclogenesis over South America. **Monthly Weather Review**, v. 119, n. 5, p. 1293-1302, 1991.
- GARCÍA-BORBOROGLU, P. et al. Magellanic penguin mortality in 2008 along the SW Atlantic coast. **Marine Pollution Bulletin**, v. 60, n. 10, p. 1652-1657, 2010.
- GARRISON, T. Fundamentos de oceanografia. 4. ed. São Paulo: Cengage Learning. 2010. 426p.
- GERACI, J. R.; LOUNSBURY, V. J. **Marine mammals ashore: a field guide for strandings**. Texas: Texas A&M University Sea Grant College Program. 1993. 309p.
- GRADS. **Grid Analysis and Display System**. Disponível em: <<http://cola.gmu.edu/grads>>. Acesso em: 03 de dezembro de 2018.

- GRANT, D. Mass strandings of surf clams. **Underwater Naturalists**, v. 15, n. 3, p. 23-27, 1985.
- HAMEL, N. J. et al. Bycatch and beached birds: assessing mortality impacts in coastal net fisheries using marine bird strandings. **Marine Ornithology**, v. 37, n. 1, p. 41-60, 2009.
- HASTENRATH, S.; HELLER, L. Dynamics of climatic hazards in northeast Brazil. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, 103, p. 77-92, 1977.
- HOFFMANN, J. A. J.; NÚÑEZ, M. N.; PICCOLO, M. C. Características climáticas del océano Atlántico sudoccidental. In: BOSCHI, E. E. **El mar argentino y sus recursos pesqueros**. Mar del Plata, Argentina. 1997, v. 1, p. 163-193.
- HOSKINS, B. J.; HODGES, K. I. A new perspective on Southern Hemisphere storm tracks. **Journal of Climate**, v. 18, n. 20, p. 4108-4129, 2005.
- IUCN. União **Internacional para a Conservação da Natureza, Lista Vermelha**. Disponível em: <<https://www.iucnredlist.org>>. Acesso em: 03 de dezembro de 2018.
- JAKSIC, F. M. Ecological effects of El Niño in terrestrial ecosystems of western South America. **Ecography**, v. 24, n. 3, p. 241-250, 2001.
- KOBIYAMA, M. et al. Ressaca. In: **Prevenção de desastres naturais: Conceitos básicos**. 1. ed. Florianópolis: Organic Trading, 2006. cap. 4.7, p. 74-77.
- KOCH, V. et al. Estimating at-sea mortality of marine turtles from stranding frequencies and drifter experiments. **PLoS One**, v. 8, n. 2, p. e56776, 2013.
- MACHEL, H., KAPALA, A.; FLOHN, H. Behaviour of the Centres of Action above the Atlantic since 1881. Part I: Characteristics of seasonal and interannual variability. **International Journal of Climatology**, v. 18, n. 1, p. 1-22, 1998.
- MARIANI, D. B. **Causas de Encalhes de Aves Marinhas no Nordeste do Brasil**. Dissertação (Pós-Graduação em Ciência Veterinária), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2016.
- MARINHA DO BRASIL. **Normas da autoridade marítima Para as atividades de meteorologia marítima**. Diretoria de Hidrografia e Navegação. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/dhn/sites/www.marinha.mil.br/dhn/files/normam/NORMAN-19-REV-1--Ed2018-CHM.pdf>>. Acesso em: 03 de dezembro de 2018.
- MAYNARD, D. R.; CHIASSON, Y. Storm related mortality of lobsters, *Homarus americanus*, on the northern shore of Prince Edward Island, Canada. **Journal of Shellfish Research**, v. 7, n. 1, p. 169, 1988.

- MELO, L. S. **Processos Oceanográficos e Climáticos Preditores de Encalhes de Tartarugas Marinhas em Praias do Paraná**. Monografia (Graduação em Oceanografia). Universidade Federal do Paraná, Pontal do Paraná, 2017.
- MENDONÇA, J. T. et al. **Produção pesqueira marinha do litoral sul do estado de São Paulo no período de 1995 a 2002**. Instituto de Pesca, Série Relatórios Técnicos, São Paulo, v. 18, p. 1-75, 2004.
- MENDONÇA, J. T. **Gestão dos recursos pesqueiros do complexo estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape-Ilha Comprida, litoral sul de São Paulo, Brasil**. 2007. Tese (Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2007.
- MINUZZI, R. B. et al. Influência da *La Niña* na estação chuvosa da região Sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.22, n.3, 345-353, 2007.
- MORAIS, M.A., CASTRO, W.A.C.; TUNDISI, J.G. Climatologia de frentes frias sobre a região metropolitana de São Paulo (RMSP) e sua influência na limnologia dos reservatórios de abastecimento de água. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 25, n.2, 205-217, 2010.
- MOURA, J. F. et al. Stranding events of Kogia whales along the Brazilian coast. *PloS one*, v. 11, n. 1, p. e0146108, 2016.
- NASCIMENTO JUNIOR, D. R. **Morfologia e granulometria ao longo do sistema praia – duna frontal de Ilha Comprida, SP**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- NEVES, T.; BUGONI, L.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. B. **Aves oceânicas e suas interações com a pesca na região Sudeste-Sul do Brasil** (Série Documentos Revizee: Score Sul). São Paulo: Universidade de São Paulo. 2006. 104p.
- NEWTON, K. M. et al. At-sea mortality of seabirds based on beachcast and offshore surveys. *Marine Ecology Progress Series*, v. 392, p. 295-305, 2009.
- NIELEN, J. H. **The perfect storm: can sperm whale (*Physeter macrocephalus*) strandings in the North Sea be linked to storm activity?** Mestrado (Pós-Graduação em Ciências Marinhas), Utrecht University, Utrecht. 2018.
- PAGE, G. W.; CARTER, H. R.; FORD, R. G. Numbers of Seabirds Killed or Debilitated in the 1986 *Apex Houston* Oil Spill in Central California. *Studies in Avian Biology*, n. 14, p. 164-174, 1990.
- PAGLIA, A. P. et al. Lista anotada dos mamíferos do Brasil. 2ª edição. *Occasional Papers in Conservation Biology*, v. 6, p. 1-76, 2012.

- PARISE, C. K.; CALLIARI, L. J.; KRUSCHE, N. Extreme storm surges in the south of Brazil: atmospheric conditions and shore erosion. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 57, n. 3, p. 175-188, 2009.
- PARRISH, J. K. et al. Beached birds and physical forcing in the California Current System. **Marine Ecology Progress Series**, v. 352, p. 275-288, 2007.
- PAULA, D. P. de et al. Análise histórica das ressacas do mar no litoral de Fortaleza (Ceará, Brasil): origem, características e impactos. In: PAULA, D. P. de & DIAS, J. A. **Ressacas do Mar/Temporais e Gestão Costeira**. Fortaleza, Brasil: Editora Premium, 2015. Cap.2, p 173-201.
- PELTIER, H. et al. The significance of stranding data as indicators of cetacean populations at sea: modelling the drift of cetacean carcasses. **Ecological Indicators**, v. 18, p. 278-290, 2012.
- PEREIRA, R. C.; SOARES-GOMES, A. **Biologia Marinha**. Rio de Janeiro, Brasil: Editora Interciência. 2009. 631p.
- PERRIN, W. F.; GERACI, J. R. Stranding. In: PERRIN, W. F.; WÜRSIG, B.; THEWISSEN, J. G. M. **Encyclopedia of Marine Mammals**. Amsterdam, Holanda: Academic Press, 2009, p. 1118-1123.
- PETROBRÁS. **Plano de Emergência para Vazamento de Óleo na Área Geográfica da Bacia de Santos (PEVO BS) – Plano de Proteção à Fauna (PPAF)**. 2016. Áreas prioritárias para proteção à fauna da área geográfica da Bacia de Santos. Disponível em: <<https://www.comunicabaciadesantos.com.br/programa-ambiental/plano-de-emergencia-para-vazamento-de-oleo-pevo.html>>. Acesso em: 30 de março de 2019.
- PRECHEUR, C. et al. Some like it hot: effect of environment on population dynamics of a small tropical seabird in the Caribbean region. **Ecosphere**, v. 7, n. 10, p. 1-18, 2016.
- PUGH, D. T. **Tides, surges and mean sea level: a handbook for engineers and scientists**. New York: John Wiley & Sons Ltd. 1987. 472p.
- REBOITA, M. S. et al. Entendendo o tempo e o clima na América do Sul. **Terrae Didática**, v. 8, n. 1, p. 34-50, 2012.
- REBOITA, M. S.; AMBRIZZI, T. Monitoramento dos Ciclones Extratropicais no Hemisfério Sul. In: **Congresso Brasileiro de Meteorologia**. 2006.
- ROCHA-CAMPOS, C. C.; CÂMARA, I. G.; PRETTO, D. J. Plano de Ação Nacional para a conservação dos mamíferos aquáticos: pequenos cetáceos. **Série Espécies Ameaçadas**, v. 18, 2011.

- SANT'ANNA, J. K. **Decaimento de swell na costa Sul e Sudeste do Brasil – Um estudo de caso em março de 2012**. Monografia (Bacharel em Oceanografia), Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.
- SCHWARTZ, F. J. Body-organ weight relationships of stranded loggerhead sea turtles, *Caretta caretta*, with an examination of the effects of the environment causing their demise. **Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society**, v. 116, n. 1, p. 86-90, 2000.
- SICK, H. **Ornitologia Brasileira**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997. 912p.
- SOUZA, A. E. B. A. et al. **Relatório anual de rotas e áreas de concentração de aves migratórias no Brasil**. Cabedelo, PB: CEMAVE/ ICMBio. 2016.
- TAVARES, D. C.; DE MOURA, J. F.; SICILIANO, S. Environmental predictors of seabird wrecks in a tropical coastal area. **PloS one**, v. 11, n. 12, p. e0168717, 2016.
- VIANNA, T. S. **Vinte e nove anos de encalhes de mamíferos marinhos no litoral catarinense**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.
- VIVO, M. et al. Checklist of mammals from São Paulo State, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 11, p. 111-131, 2011.
- WAINER, I.; TASCETTO, A. S. **Climatologia na região entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). Diagnóstico para os períodos relativos aos levantamentos pesqueiros do Programa REVIZEE**. In: ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. B.; MADUREIRA, L. S-P. O ambiente oceanográfico da plataforma continental e do talude na região sudeste-sul do Brasil. São Paulo: EDUSP, 2006. cap. 2, p. 121-160.
- WALLACE, J. M.; HOBBS, P. V. Atmospheric science: an introductory survey. USA: Academic Press, 2006. 478p.
- WAVE WATCH III. **Modelo de ondas de terceira geração do MMAB (NCEP/NOAA)**. Disponível em: <<http://polar.ncep.noaa.gov/waves/index2.shtml>>. Acesso em: 03 de dezembro de 2018.
- WELLS, R. S.; BORDINO, P.; DOUGLAS, D. C. Patterns of social association in the franciscana, *Pontoporia blainvillei*. **Marine Mammal Science**, v. 29, n. 4, p. 520-528, 2013.
- YUNUS, M; SRIANTO, P; LEGOWO, D. Analysis of the cause of Cetacean “short-finned pilot whales (*Globicephala macrorhynchus*)” strandings on Probolinggo Coast, East Java Province, Indonesia. **Case Study and Case Report**, v. 7, n. 3, p.76-82, 2017.
- ZURR, A. F.; IENO, E. N.; ELPHICK, C. S. A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 1, n. 1, p. 3-14, 2010.