

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA

RONNIE ALEXANDRE MOREIRA VAQUERO

MORTALIDADE DA POPULAÇÃO DO BERBIGÃO *Anomalocardia brasiliana* NA
RESERVA EXTRATIVISTA MARINHA DO PIRAJUBAÉ: EFEITO DE EVENTOS
CLIMÁTICOS?

Florianópolis - SC

31/10/2019

RONNIE ALEXANDRE MOREIRA VAQUERO

MORTALIDADE DA POPULAÇÃO DO BERBIGÃO *Anomalocardia brasiliiana* NA
RESERVA EXTRATIVISTA MARINHA DO PIRAJUBAÉ: EFEITO DE EVENTOS
CLIMÁTICOS?

Dissertação apresentada
ao Mestrado Profissional
em Clima e Ambiente do
Campus Florianópolis do
Instituto Federal de Santa
Catarina para a obtenção
do diploma de Mestre em
Clima e Ambiente.

Orientador: Eduardo
Cargin Ferreira
Coorientadora: Simone
Sühnel

Florianópolis

31/10/2019

Este trabalho é dedicado a todos aqueles que se importam com a natureza e com
o próximo.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CLIMA E AMBIENTE

Aluno (a): *Ronnie Alexandre Moreira Vaquero*

| | |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Título: | MORTALIDADE DA POPULAÇÃO DO BERBIGO ANOMALOCARDIA BRASILEANA NA RESERVA EXTRATIVISTA MARINHA DO PIRAJUBAÉ: EFEITO DE EVENTOS CLIMÁTICOS? |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Aprovado (a) pela Banca Examinadora em cumprimento ao requisito exigido para obtenção do Título de Mestre em Clima e Ambiente

Dr(a). *Eduardo Cargnin Ferreira*

Orientador (a) / Presidente / IFSC / Garopaba – SC

Participação Presencial

Aprovado () Reprovado

Dr(a). *Marcelo Renno Braga*

Avaliador Interno / IFSC / Florianópolis - SC

Participação Presencial

Aprovado () Reprovado

Dr(a). *Mario Francisco Leal de Quadro*

Avaliador Interno / IFSC / Florianópolis - SC

Participação Presencial

Aprovado () Reprovado

Dr(a). *Aimê Rachel Magenta Magalhães*

Avaliador Externo / UFSC / Florianópolis - SC

Participação Presencial

Aprovado () Reprovado

Este trabalho foi aprovado por:

() maioria simples

unanimidade

Florianópolis, 29 de Novembro de 2019.

CDD 570
V286m

Vaquero, Ronnie Alexandre Moreira
Mortalidade da população do berbigão *Anomalocardia brasiliiana* na reserva extrativista marinha do Pirajubaé: efeito de eventos climáticos? [DIS] / Ronnie Alexandre Moreira Vaquero; orientação de Eduardo Cargnin Ferreira; coorientação de Simone Sühnel – Florianópolis, 2019.

1 v.: il.

Dissertação de Mestrado (Clima e Ambiente) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Inclui referências.

1. Berbigão. 2. Molusco de areia. 3. Mortalidade massiva. I. Ferreira, Eduardo Cargnin. II. Sühnel, Simone. III. Título.

Sistema de Bibliotecas Integradas do IFSC
Biblioteca Dr. Hercílio Luz – Campus Florianópolis
Catalogado por: Ana Paula F. Rodrigues Pacheco - CRB 14/1117

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, quero agradecer à minha família. Toda a nossa jornada, juntos, foi de muita luta, sacrifício e crescimento. Que o amor sempre permaneça.

Quero agradecer ao IFSC, por ter me dado a oportunidade de ingressar no curso, e me desenvolver como pesquisador e como cidadão.

Agradeço, também, a todos os professores do Mestrado Profissional em Clima e Ambiente, por terem possibilitado a expansão de novos horizontes, me darem a oportunidade de crescer no âmbito profissional e pessoal.

Agradeço à primeira turma do mestrado. Este grupo é muito afortunado, por ter reunido tantas pessoas maravilhosas, que tornaram até os momentos difíceis, em algo mais leve. Definitivamente a melhor turma, com os melhores companheiros que uma pessoa poderia esperar.

Quero agradecer, de maneira especial ao meu orientador, Eduardo. Você é um grande profissional e uma pessoa com o coração enorme. Obrigado pelos ensinamentos e pelo apoio fundamental em toda a minha trajetória no curso.

Agradeço à minha coorientadora, Simone. Suas sugestões, orientações e conselhos sempre acertam em cheio, e definitivamente, me enriqueceram.

Agradeço ao prof. Mário e ao Prof. Michel, pela contribuição dada na realização deste trabalho. Sua ajuda foi inestimável.

Agradeço à Ana, por ter sido uma maravilhosa companhia de estudos, me motivando mesmo sem saber disso. Agradeço a Su, por ter me feito perceber que podemos ir em frente, independente das dificuldades, bem como por toda a atenção e as risadas.

Agradeço especialmente ao meu grande amigo Ricardo, você foi sensacional e uma parte desse trabalho tem a marca da tua amizade. Agradeço também a minha grande amiga Lari, pela ajuda com as questões do mestrado e da vida.

Quero agradecer, de maneira especial, à Alê, você foi muito importante em todo o processo, sempre com o conselho certo, a atenção e o carinho que são suas marcas.

Por fim, quero agradecer à Vânia, Renato, às crianças e à Tatiana, o início dessa jornada têm muito de vocês nela.

É dentro do coração do homem que o espetáculo da natureza existe; para vê-lo, é
preciso senti-lo.

(Jean-Jacques Rousseau, 1712 – 1778)

RESUMO

No início do ano de 2015, ocorreu um evento de mortalidade em massa do berbigão *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791), na Reserva Extrativista Marinha do Pirajubaé (RESEX), situada em Florianópolis, SC. Este bivalve possui grande importância para a comunidade local, servindo como fonte de proteína animal, bem como importante fonte de renda para os catadores. Para investigar se a causa do evento teve relação com fatores climáticos e/ou ambientais, foram reunidos dados diários, a partir de diversos bancos de dados, de variáveis que poderiam influenciar na dinâmica populacional do berbigão, sendo estas a temperatura máxima do ar, precipitação, radiação solar global e maré baixa. Os dados obtidos possuem uma periodicidade diária, dentro de um intervalo de 4 meses (novembro dezembro, janeiro e fevereiro), sendo novembro, dezembro de 2014 e janeiro de 2015 os meses que antecederam a mortalidade massiva dos berbigões na RESEX. Os dados dos 4 meses estudados foram obtidos para os 6 anos antes do evento (com exceção de radiação solar global, que soma 4 anos antes do evento) e 2 anos depois. Os dados foram utilizados na construção de gráficos que apresentam as médias mensais das variáveis, para cada ano, bem como gráficos que apresentam os valores diários para cada mês e ano analisados. Posteriormente, os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey. Os gráficos não apontam a ocorrência de nenhum evento extremo ou a presença de um valor significativamente diferente dos demais para o período avaliado (2011 a 2017). Corroborando essa análise, a ANOVA e o teste de Tukey apontaram que não houve interferência dos dados analisados na mortalidade dos berbigões, já que não apontaram diferenças significativas entre os meses da mortalidade em massa em relação aos demais. Desta forma, sugere-se que outros parâmetros, como a qualidade da água e fatores bióticos, sejam monitorados na RESEX do Pirajubaé, caso hajam novos eventos de mortalidade massiva dos berbigões.

Palavras-Chave: RESEX. Molusco de areia. Mortalidade massiva. Berbigão.

ABSTRACT

At the beginning of 2015, a mass mortality event of the *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791) cockle occurred at the Pirajubaé Marine Extractive Reserve (RESEX), located in Florianópolis, SC. This bivalve is of great importance to the local community, serving as a source of animal protein as well as an important source of income for collectors. In order to investigate whether the cause of the event was related to climatic and / or environmental factors, daily data were collected from several databases of variables that may influence the population dynamics of cockles, such as maximum air temperature, precipitation, global solar radiation and low tide. These data have a daily periodicity, within a period of 4 months (November, December, January and February) being this the period of most critical environmental conditions for the organism. The 4-month groups cover a period of 6 years before the event (with the exception of global solar radiation, which adds up to 4 years before the event) and 2 years after the event. Daily data were used in the construction of graphs that show the monthly averages of the variables for each year, as well as graphs that present the daily values for each month and year analyzed. Subsequently, the data were submitted to analysis of variance (ANOVA) and Tukey test. The graphs do not indicate the occurrence of any extreme event or the presence of a value significantly different from the others. Corroborating this analysis, the ANOVA and Tukey's test showed that there was no climatic interference on cockle mortality, nor on the fact that there was no restocking of the area, since there were no significant differences between months of mass mortality in relation to the other months. This event, until then, lacked studies and the present work sought answers for the occurrence of the phenomenon. From the results obtained, the lack of a conclusive answer indicates that other lines of research should be sought, possibly relating mortality with biotic factors, such as parasitism.

Keywords: RESEX. Sand cockle. Massive Mortality. Clam.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: <i>Anomalocardia brasiliiana</i> . FONTE: Museu nacional, 2020..... | 23 |
| Figura 2: Gancho utilizado para a coleta do berbigão. FONTE: Wikipedia, 2020..... | 25 |
| Figura 3: Localização e delimitação da RESEX do Pirajubaé, com delimitação dos estoques naturais de extração de berbigão. FONTE: ICMBio, 2013..... | 34 |
| Figura 4: Médias mensais de temperatura máxima (°C) de 2010 a 2017, para os meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro, na RESEX do Pirajubaé..... | 40 |
| Figura 5: Temperatura diária máxima (°C) de 2010 a 2014, para o mês de novembro, na RESEX do Pirajubaé..... | 42 |
| Figura 6: Temperatura diária máxima (°C) de 2014 a 2017, para o mês de novembro, na RESEX do Pirajubaé..... | 42 |
| Figura 7: Temperatura diária máxima (°C) de 2010 a 2014, para o mês de dezembro, na RESEX do Pirajubaé..... | 43 |
| Figura 8: Temperatura diária máxima (°C) de 2014 a 2017, para o mês de dezembro, na RESEX do Pirajubaé..... | 43 |
| Figura 9: Temperatura diária máxima (°C) de 2010 a 2015, para o mês de janeiro, na RESEX do Pirajubaé..... | 44 |
| Figura 10: Temperatura diária máxima (°C) de 2015 a 2017, para o mês de janeiro, na RESEX do Pirajubaé. | 44 |
| Figura 11: Temperatura diária máxima (°C) de 2010 a 2015, para o mês de fevereiro, na RESEX do Pirajubaé..... | 45 |
| Figura 12: Temperatura diária máxima (°C) de 2015 a 2017, para o mês de fevereiro, na RESEX do Pirajubaé..... | 45 |
| Figura 13: Médias mensais de precipitação (mm) de 2010 a 2017, para os meses de janeiro, fevereiro, novembro e dezembro, na RESEX do Pirajubaé. | 49 |
| Figura 14: Precipitação diária (mm) de 2010 a 2014, para o mês de novembro, na RESEX do Pirajubaé..... | 50 |
| Figura 15: Precipitação diária (mm) de 2014 a 2017, para o mês de novembro, na RESEX do Pirajubaé..... | 50 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 16: Precipitação diária (mm) de 2010 a 2014, para o mês de dezembro, na RESEX do Pirajubaé..... | 51 |
| Figura 17: Precipitação diária (mm) de 2014 a 2017, para o mês de dezembro, na RESEX do Pirajubaé..... | 51 |
| Figura 18: Precipitação diária (mm) de 2010 a 2015, para o mês de janeiro, na RESEX do Pirajubaé..... | 52 |
| Figura 19: Precipitação diária (mm) de 2015 a 2017, para o mês de janeiro, na RESEX do Pirajubaé..... | 52 |
| Figura 20: Precipitação diária (mm) de 2010 a 2015, para o mês de fevereiro, na RESEX do Pirajubaé..... | 53 |
| Figura 21: Precipitação diária (mm) de 2015 a 2017, para o mês de fevereiro, na RESEX do Pirajubaé..... | 53 |
| Figura 22: Médias mensais de radiação solar global (KJ/M ²) de 2010 a 2017, para os meses de janeiro, fevereiro, novembro e dezembro, na RESEX do Pirajubaé..... | 57 |
| Figura 23: Radiação solar global diária (KJ/M ²) de 2012 a 2014, para o mês de novembro, na RESEX do Pirajubaé..... | 58 |
| Figura 24: Radiação solar global diária (KJ/M ²) de 2014 a 2017, para o mês de novembro, na RESEX do Pirajubaé..... | 59 |
| Figura 25: Radiação solar global diária (KJ/M ²) de 2012 a 2014, para o mês de dezembro, na RESEX do Pirajubaé..... | 59 |
| Figura 26: Radiação solar global diária (KJ/M ²) de 2014 a 2017, para o mês de dezembro, na RESEX do Pirajubaé..... | 60 |
| Figura 27: Radiação solar global diária (KJ/M ²) de 2012 a 2015, para o mês de janeiro, na RESEX do Pirajubaé..... | 60 |
| Figura 28: Radiação solar global diária (KJ/M ²) de 2015 a 2017, para o mês de janeiro, na RESEX do Pirajubaé..... | 61 |
| Figura 29: Radiação solar global diária (KJ/M ²) de 2012 a 2015, para o mês de fevereiro, na RESEX do Pirajubaé..... | 61 |
| Figura 30: Radiação solar global diária (KJ/M ²) de 2015 a 2017, para o mês de fevereiro, na RESEX do Pirajubaé..... | 62 |
| Figura 31: Médias mensais de maré baixa (m) de 2010 a 2017, para os meses de janeiro, fevereiro, novembro e dezembro, na RESEX do Pirajubaé..... | 65 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 32: Maré baixa diária (m) de 2010 a 2014, para o mês de novembro, na RESEX do Pirajubaé..... | 66 |
| Figura 33: Maré baixa diária (m) de 2014 a 2017, para o mês de novembro, na RESEX do Pirajubaé..... | 67 |
| Figura 34: Maré baixa diária (m) de 2010 a 2014, para o mês de dezembro, na RESEX do Pirajubaé..... | 67 |
| Figura 35: Maré baixa diária (m) de 2014 a 2017, para o mês de dezembro, na RESEX do Pirajubaé..... | 68 |
| Figura 36: Maré baixa diária (m) de 2010 a 2015, para o mês de janeiro, na RESEX do Pirajubaé..... | 68 |
| Figura 37: Maré baixa diária (m) de 2015 a 2017, para o mês de janeiro, na RESEX do Pirajubaé..... | 69 |
| Figura 38: Maré baixa diária (m) de 2010 a 2015, para o mês de fevereiro, na RESEX do Pirajubaé..... | 69 |
| Figura 39: Maré baixa diária (m) de 2015 a 2017, para o mês de fevereiro, na RESEX do Pirajubaé..... | 70 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1: Análise de variância entre os diferentes grupos de 4 meses analisados, para a variável temperatura máxima do ar (n=962)..... | 47 |
| Tabela 2. Prova de comparação múltipla (Tukey) para as diferenças de temperatura máxima do ar, nos 7 grupos de 4 meses (n=962)..... | 48 |
| Tabela 3: Análise de variância entre os diferentes grupos de 4 meses analisados, para a variável precipitação (n=962)..... | 55 |
| Tabela 4: Prova de comparação múltipla (Tukey) para as diferenças de precipitação, nos 7 grupos de 4 meses (n=962)..... | 56 |
| Tabela 5: Análise de variância entre os diferentes grupos de 4 meses analisados, para a variável radiação solar global (n=722)..... | 64 |
| Tabela 6: Prova de comparação múltipla (Tukey) para as diferenças de radiação solar global, nos 5 grupos de 4 meses (n=722)..... | 64 |
| Tabela 7: Análise de variância entre os diferentes grupos de 4 meses analisados, para a variável maré baixa (n=962)..... | 71 |
| Tabela 8: Prova de comparação múltipla (Tukey) para as diferenças de maré baixa, nos 7 grupos de 4 meses (n=962)..... | 71 |

SUMÁRIO

| | |
|-----------------------------------------------|----|
| 1 INTRODUÇÃO GERAL | 15 |
| 1.1 Objetivos | 19 |
| 1.1.1 Objetivo geral | 19 |
| 1.1.2 Objetivo(s) específico(s) | 19 |
| 2 DESENVOLVIMENTO | 20 |
| 2.1 Revisão de literatura | 20 |
| 2.1.1 Mudanças climáticas e seus impactos | 20 |
| 2.1.2 O berbigão | 22 |
| 2.1.3 Extração de berbigão | 24 |
| 2.1.4 Mortalidade massiva | 26 |
| 2.1.5 Mortalidade de bivalves e o clima | 28 |
| 2.2 Materiais e métodos | 33 |
| 2.2.1 Local de estudo | 33 |
| 2.2.1.1 Descrição da área | 33 |
| 2.2.1.2 Clima na região da RESEX | 35 |
| 2.2.2 Obtenção de dados climatológicos | 36 |
| 2.2.3 Análise de dados | 39 |
| 2.3 Resultados e discussões | 39 |
| 2.3.1 Temperatura do Ar | 39 |
| 2.3.2 Precipitação | 49 |
| 2.3.3 Radiação Solar Global | 57 |
| 2.3.4 Maré baixa | 65 |
| 2.3.5 Mês de fevereiro | 72 |
| 3 ARTIGO SUBMETIDO | 73 |
| 4 PRODUTO DESENVOLVIDO | 86 |
| 4.1 Descrição do Folder de Educação Ambiental | 86 |
| 4.2 Folder de Educação Ambiental | 86 |
| 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 89 |
| REFERÊNCIAS | 90 |

1 INTRODUÇÃO GERAL

No dia 20 de maio de 1992, a partir do decreto nº 533, foi criada a Reserva Extrativista do Pirajubaé (RESEX), situada no município de Florianópolis, Santa Catarina. Com seus 1.444 hectares, a RESEX do Pirajubaé é a primeira reserva extrativista marinha do Brasil.

Esta reserva pertence a uma categoria de unidade de conservação de uso sustentável, tendo sido estabelecida pela Lei 9.985/2000 (Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC). Estas unidades são utilizadas por populações extrativistas tradicionais, cuja subsistência baseia-se no extrativismo (ou, também, agricultura de subsistência e criação de animais de pequeno porte) e tem como objetivos básicos proteger os meios de vida e a cultura dessas populações e assegurar o uso sustentável dos recursos naturais da unidade (MMA, 2019).

O IBAMA e a Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina (FATMA), a agência ambiental estadual, que atualmente se chama Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina (IMA), apoiaram a iniciativa de criação da RESEX, argumentando sobre a importância ecológica da conservação dos manguezais do Rio Tavares, sendo estes os maiores de Florianópolis (KARAM, 2009).

Segundo o historiador Virgílio Várzea (apud AMBONI, 2001), a Costeira do Pirajubaé era responsável pela produção de hortifrutigranjeiros, que eram comercializados no centro urbano de Nossa Senhora do Desterro. O crescimento foi lento e em 1900, os habitantes principais do povoado se localizavam na Colina da Carvoeira, atualmente denominada Caieira do Saco dos Limões. Foi na década de 1920 que a expansão da localidade do Saco dos Limões alcançou efetivamente a Costeira do Pirajubaé. As atividades econômicas estavam relacionadas aos recursos disponíveis, como a produção de cal resultante da abundância de sambaquis da área e a pesca, responsável pela subsistência de muitas famílias (AMBONI, 2001).

A criação da RESEX aconteceu motivada por diversos fatores. Dentre estes, o mais importante foi a presença do molusco de areia *Anomalocardia brasiliensis*, conhecido localmente como berbigão (PEZZUTO; ECHTERNACHT, 1999). Imediatamente após sua criação, 115 famílias dependiam dos recursos naturais da RESEX, sendo que 15 delas possuíam, até dezembro de 1997, autorização do

IBAMA para explorar comercialmente o berbigão respeitando um Plano de Utilização (VON BEHR, 1995; PEZZUTO, 2015).

A RESEX é de domínio público, com o uso concedido às populações extrativistas tradicionais, além de ser gerida por um Conselho Deliberativo. A visitação pública e pesquisas científicas são permitidas, desde que compatíveis com o plano de manejo ou autorizações prévias. Por serem de domínio público, o extrativismo dentro de RESEXs depende de uma Concessão do Direito Real de Uso (CDRU) da área, que é outorgada à comunidade e não individualmente (CHAMY, 2002).

Neste sentido, ideias como o manejo compartilhado (*co-management*), que promovem a participação das comunidades locais na administração das pescarias, são interessantes do ponto de vista da conservação de áreas como os manguezais, pois congregam o manejo controlado das espécies à preservação da tradição pesqueira das comunidades ribeirinhas (SOUZA, 2007).

A RESEX do Pirajubaé, em especial, apresenta uma peculiaridade em relação às outras RESEX marinhas do Brasil: encontra-se incrustada no perímetro urbano de uma capital. Ela é uma unidade de conservação brasileira (a primeira de sua categoria) encontrada na Baía Sul da Ilha de Florianópolis. Na reserva, que é uma região de estuários e de manguezais, são encontrados corais e bancos de areia, onde, normalmente, encontram-se grandes populações de bivalves, dentre os quais, o já mencionado berbigão *Anomalocardia brasiliensis*.

O berbigão é um produto de grande relevância local, tendo sido escolhido como um dos produtos representantes do arca do gosto, um compêndio elaborado pelo movimento *slow food*, mais especificamente, representando o litoral catarinense. Esse movimento parte do princípio básico que o prazer da alimentação é um direito, utilizando para isso produtos artesanais de alta qualidade, sendo que estes devem ser produzidos de forma a respeitar o meio ambiente e produtores (SLOW FOOD BRASIL, 2007)

Os manguezais, componentes vitais da RESEX, são pântanos salgados, ramificados em canais que se interligam e penetrados pelas correntes de maré, em estuários e ambientes protegidos e prolongados pelos marismas. São ecossistemas exclusivamente costeiros, de transição entre os ambientes terrestre e marinho, sujeitos ao regime das marés e característicos de regiões tropicais e subtropicais (CRUZ, 1998).

As marés são responsáveis pelas inundações periódicas que provêm os manguezais de salinidade, carreando também, certa quantidade de oxigênio, renovando as águas, transportando e distribuindo, para as regiões adjacentes, matéria orgânica (substrato) contendo sedimentos originados da decomposição das plantas, animais e rochas gerados no local ou trazidos pelas marés, servindo de rica fonte de alimentação para a fauna (BRASIL, 2002).

Na reserva, ocorrem duas espécies de camarão rosa, o *Penaeus paulensis* e *Penaeus brasiliensis* e o camarão branco, *Penaeus schmitti*, além de outras espécies de crustáceos como siris e caranguejos. Entre os peixes, destacam-se a tainha (*Mugil brasiliensis*) e o parati (*Mugil curema*). A Reserva abriga também várias espécies de aves marinhas e migratórias, que utilizam o manguezal como abrigo, além da espécie de destaque da Reserva, o berbigão *Anomalocardia brasiliiana* (MELLO, 2009).

Dentre as espécies supracitadas, os camarões têm naquele banco de areia e no manguezal do Rio Tavares, os estágios iniciais do seu ciclo de vida. Esse recurso era muito importante para população extrativista, do ponto de vista socioeconômico e cultural (SOUZA, 2007). Já o *A. brasiliiana*, um molusco de areia amplamente conhecido no litoral de Santa Catarina como berbigão está ligado a cultura de Florianópolis e aos hábitos alimentares da região (AVEIRO et al., 2011), mesmo com a presença de outro molusco na área, o marisco-do-mangue (*Mytella guyanensis*).

Os bivalves têm sido utilizados como recurso alimentar pelas populações humanas desde o período Neolítico. Esta atividade acompanha a própria ocupação humana no litoral brasileiro, com registros obtidos através dos estudos de sambaquis, também conhecidos como ostreiras, berbigueiras e sernambis (FARIAS, 2000 apud AVEIRO et al., 2001, p.5).

Alguns grupos de moluscos bivalves são conhecidos pela sua grande importância comercial sendo que estes podem possuir ampla distribuição global como é o caso dos mexilhões, ostras, vieiras e os moluscos de areia (GOSLING, 2004).

No Brasil, a família Veneridae possui 35 espécies inseridas em quatorze gêneros e oito subfamílias (RIOS, 1994). Destas espécies, o *A. brasiliiana* (Gmelin, 1791), também conhecido como “Berbigão” ou “Papa-fumo”, é amplamente

distribuído ao longo da costa brasileira, principalmente em enseadas, baías e estuários (RIOS, 1994).

A atividade de extração de moluscos é uma forma de subsistência bastante disseminada por todo o planeta. Ela gera recursos financeiros e/ou energéticos que, muitas vezes, são a única fonte de sustento de diversas famílias. No Brasil, existem diversas comunidades que, ao longo do litoral, se valem dessa prática para sobreviver, como ocorre na Reserva Extrativista Marinha do Pirajubaé.

De acordo com Souza (2007) os próprios extrativistas da RESEX do Pirajubaé fiscalizam o cumprimento das regras estabelecidas. A extração do berbigão é individual ou por núcleo familiar, mas a comercialização é realizada coletivamente para uma empresa que revende o produto, principalmente, para o mercado paulista (SOUZA, 2007).

Porém, este cenário mudou no início do ano de 2015, ao final do mês de fevereiro, quando foi reportado um evento de mortalidade em massa dos berbigões, na RESEX. Este fenômeno foi responsável pela morte de quase a totalidade da população de berbigões da reserva, acontecimento este, que deixou sequelas até o presente momento (outubro de 2019), haja vista que a população dos organismos não voltou mais aos padrões existentes pré-evento (PEZZUTO, 2017).

Este fato foi amplamente noticiado pela imprensa (REDAÇÃO NSC, 2015; G1 SC, 2016; ALVES, 2017; TORRES, 2019) e repercutiu até os dias atuais, pelo impacto que causou à comunidade e também pelo fato de os estoques naturais não terem se recuperado e não ter sido identificada a causa desta mortalidade.

A reserva extrativista do Pirajubaé abriga uma comunidade que tem como principal atividade econômica a extração de berbigões. Porém, devido ao evento de morte em massa da população deste molusco, ocorreu um forte impacto social e econômico comprometendo a capacidade de gerar renda de um número considerável de pessoas.

Considerando que os moluscos bivalves, como ostras e mexilhões são economicamente valiosos, constituem fontes significativas de nutrição e são partes de identidades culturais (GUILLOTREAU et al., 2017), o extrativismo na RESEX apresenta grande relevância social. Na RESEX do Pirajubaé existem famílias que têm dependência direta da atividade de extração de berbigões, sendo esta, sua principal fonte de subsistência. Além disso, existe ainda um grupo considerável que utiliza a atividade como complemento de renda, o que torna mais evidente a

importância da atividade.

Assim, o aspecto econômico desta atividade se mostra bastante relevante. Os impactos causados pela mortalidade massiva dos berbigões impactam significativamente a comunidade que depende diretamente desse produto, diminuindo sua renda e criando uma constante aflição. Neste sentido, é vital que a atividade possa ser restabelecida, sendo importante aumentar a quantidade de conhecimentos existentes sobre a área e o evento em questão.

Estudos sobre a reprodução e ecologia de bivalves marinhos são tidos como o alicerce para o estabelecimento de programas de manejo desses invertebrados, pois podem favorecer a manutenção de estoques naturais e, assim, contribuir para o desenvolvimento de atividades extrativistas e de maricultura (ARAÚJO, 2001).

Em adição aos estudos da reprodução e da ecologia, é necessário o monitoramento de parâmetros ambientais e patológico que possam afetar a sobrevivência dos berbigões na RESEX, visando assim minimizar os problemas enfrentados atualmente pela comunidade extrativista, como os trabalhos executados por SAMPAIO (2017) e FORTUNATO (2018).

Desta maneira, para que estudos sobre os efeitos climáticos sobre os bivalves possam ser realizados, é extremamente importante que a Reserva possua uma base de dados atualizada e de fácil acesso. O monitoramento climático, no longo prazo, pode fornecer respostas e auxiliar a compreender eventos ambientais e biológicos que possam afetar o estoque natural de berbigões na RESEX do Pirajubaé.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar a ocorrência de alterações de parâmetros meteoceanográficos que possam ter influenciado na mortalidade massiva dos berbigões da Reserva Extrativista do Pirajubaé.

1.1.2 Objetivo(s) específico(s)

- Avaliar dados históricos de temperatura máxima do ar que possam ter influenciado na mortalidade massiva dos berbigões;
- Avaliar dados históricos de precipitação que possam ter influenciado na

- mortalidade massiva dos berbigões da Reserva Extrativista do Pirajubaé;
- Avaliar dados históricos de radiação solar global que possam ter influenciado na mortalidade massiva dos berbigões da Reserva Extrativista do Pirajubaé;
 - Avaliar dados históricos de maré baixa que possam ter influenciado na mortalidade massiva dos berbigões da Reserva Extrativista do Pirajubaé;
 - Produzir um folder de educação ambiental para RESEX sobre dados climáticos.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Revisão de literatura

2.1.1 Mudanças climáticas e seus impactos

Os bivalves são um dos grupos biológicos mais importantes em estuários, com um papel essencial no fluxo de energia da comunidade, contribuindo para a purificação da coluna d'água e como um importante recurso alimentício (CARDOSO et al., 2008; DUMBAULD et al., 2009; BEUKEMA et al., 2010; CRESPO et al., 2010; SANTOS et al., 2011; PARADA et al., 2012; VERDELHOS et al., 2014).

Considerando a grande importância da reserva na preservação do berbigão como recurso marinho e ainda, a enorme importância desta espécie no desenvolvimento socioeconômico das comunidades pesqueiras tradicionais da Costeira do Pirajubaé, uma série de estudos foi realizada até o presente momento. Estes estudos abrangem uma grande variedade de temas, abordando impactos antrópicos, manejo, gestão, além de aspectos reprodutivos, biologia e ecologia do *A. brasiliiana*.

Dentre estes estudos, RODRIGUES et al. (2010) aponta que o *Anomalocardia brasiliiana* pode apresentar diminuição da densidade associada à diminuição da salinidade da água, bem como variação de tamanho também ligada à diferença na salinidade, além do tipo de sedimento, pesca e disponibilidade de alimento. Já AVEIRO et al. (2011) destaca que a quantidade de proteínas e lipídios, constituintes da reserva energética do organismo, possuem variação sazonal, com maiores valores no outono, o que influencia nas taxas de reprodução do berbigão. Ainda, RIBAS (2014) apresenta uma visão mais abrangente dos aspectos socioeconômicos enfrentados pelos produtores, especialmente frente às mudanças

ambientais que têm ocorrido com o passar do tempo, na área da RESEX.

Os impactos da instalação da Via Expressa foram discutidos no trabalho de SPÍNOLA et al. (2014), em que são abordados os aspectos socioambientais bem como questões relacionadas à gestão dos recursos naturais da área. Por fim, PEZZUTO e SOUZA (2015) realizam uma caracterização da pesca do berbigão, e notam que, com o passar do tempo, o comprimento e a abundância do berbigão têm diminuído, bem como caracterizam os diferentes desafios que se contrapõem a ao processo de exploração sustentável do berbigão, na RESEX.

As informações obtidas como resultado dessas pesquisas vêm fornecer subsídios para uma demanda crescente da atualidade. Na época atual, uma preocupação chave emergente é se nossos sistemas sociais e de governo são capazes de se adaptar às novas condições ambientais que estamos criando no curto e no longo prazo, tanto localmente quanto globalmente (GUILLOTREAU et al., 2017).

Desta forma, ter um pensamento resiliente também desafia a otimização convencional e as abordagens de eficiência aplicadas aos sistemas ecológicos explorados porque o mundo vivo está mudando e é configurado por eventos extremos em vez de condições médias. (WALKER & SALT, 2006). Sendo assim é importante a geração de dados e informações em grande quantidade, para que se possa fazer frente aos desafios ambientais que podem surgir.

Isto fica mais evidente em ambientes que sofreram e/ou sofrem com o impacto antrópico, sejam estes ambientes naturais modificados pelo homem ou ambientes construídos pelo homem. Nota-se que biodiversidade e o número de níveis tróficos são bastante baixos em ambientes de construção humana (MCARTHUR 1955, MCCANN et al. 2000), particularmente com choques frequentes como doenças, poluição e ondas de calor afetando a produção de bivalves (GLUDE, 1975; LAFFERTY et al. 2004).

Em uma era de rápidas mudanças ambientais, há uma necessidade urgente de prever quantitativamente respostas prováveis de ecossistemas naturais e manejados em escalas relevantes para a gestão e adaptação (ESTES et al., 2013; PURVES et al., 2013). Além disso, agora é evidente que espécies variam substancialmente em sua vulnerabilidade às mudanças de condições, de modo que provavelmente, haja as que vencem e as que perdem (SOMERO, 2012).

Essas mudanças ambientais podem ocorrer de diversas maneiras, seja por

causa natural ou impacto antrópico, ainda podendo ocorrer o somatório das duas ações. Dentre estas mudanças, a mudança climática é um dos problemas mais importantes que o mundo enfrenta, recebendo atenção considerável de cientistas, políticos e público em geral.

Um dos fatores ligados às mudanças climáticas é o aquecimento global. O aquecimento global é caracterizado por um incremento progressivo de temperatura (~0,89 °C de 1901 a 2012) e pela ocorrência de eventos climáticos extremos (por exemplo, ondas de calor, secas ou inundações), que muitas vezes promovem mudanças de temperatura, salinidade e condições hidrodinâmicas nos ecossistemas aquáticos (IPCC, 2014). É evidente que as mudanças estão em curso no ambiente marinho em termos de temperatura, padrões de vento e níveis do mar orquestrados pela mudança climática, com a natureza rápida de tais mudanças causando muita preocupação (PHILIPPART et al., 2011).

As mudanças climáticas globais também podem ocorrer através de mudanças na salinidade da água do mar. Temperaturas mais altas podem aumentar a evaporação da água do mar e reduzir a precipitação, concentrando o sal na água. Por outro lado, o aquecimento pode formar áreas de chuvas tropicais intensas, com consequente diminuição da salinidade da água do mar, principalmente ao longo das costas. A salinidade pode influenciar vários parâmetros metabólicos e fisiológicos em organismos aquáticos. Demonstrou-se também que a salinidade influencia os parâmetros imunológicos nos moluscos (MATOZZO & MARIN, 2011).

2.1.2 O berbigão

De acordo com Rios (1994) e com o Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira (SiBBr) (2020), a espécie *Anomalocardia brasiliiana*, do ponto de vista sistemático pertence ao:

Reino Animal

Filo Mollusca

Classe Bivalvia

Família Veneridae

Gênero *Anomalocardia*

Espécie *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791)



Figura 1: *Anomalocardia brasiliana*. FONTE: Museu Nacional, 2020.

Popularmente conhecido em Florianópolis como berbigão, o *Anomalocardia brasiliana* é amplamente distribuído ao longo da costa, sendo encontrado em águas calmas com sedimento arenoso e, principalmente, arenolodosos, onde se enterra superficialmente, tanto no infralitoral raso quanto nas regiões entre marés (onde ficam protegidas da ação de ondas e de correntes), incluindo marismas e os baixios não vegetados, sendo pouco frequentes nos manguezais (MOUËZA et al., 1999; BOEHS et al., 2008).

A quantidade de material em suspensão na coluna d'água é um fator determinante para a formação de grandes biomassas desse recurso no meio (NARCHI, 1972; SOUZA, 2003), devido principalmente a configuração simples dos tentáculos existentes no sifão inalante do organismo (NARCHI, 1972).

Possuindo hábitos suspensívoros (NARCHI, 1972), o berbigão apresenta dificuldades em barrar a entrada de sedimentos para o seu interior em ambientes com uma carga em suspensão elevada na coluna d'água, levando-o a asfixia e morte em tais situações (NARCHI, 1972).

Apesar de resistentes a condições anóxicas (SCHAEFFER-NOVELLI, 1976), as populações de *Anomalocardia brasiliana* são sensíveis a variações ambientais e podem sofrer grandes mortalidades em período de grande volume de chuvas, por exemplo (MOUËZA et al., 1999).

De acordo com SCHAEFFER-NOVELLI (1976), esta espécie não tem predileção por um determinado intervalo de temperatura, sendo, portanto euritérmica. É também eurihalina, sendo encontrada em uma grande amplitude de salinidades (ESTRADA, 2004; LEONEL et al., 1983).

Por todas essas características, e por ter um crescimento rápido (PEZZUTO

& ECHTENACHT, 1999), a espécie consegue formar estoques naturais com biomassas significativas em habitats com elevada variabilidade temporal em parâmetros ambientais como salinidade, temperatura e oxigênio dissolvido na água, como fundos arenolodosos de enseadas, baías e desembocaduras de estuários (PEZZUTO & ECHTENACHT, 1999; RIOS, 1994).

A. brasiliiana é uma espécie bem aceita para a alimentação humana, de fácil localização e captura, sendo explorada artesanalmente em diversas regiões do país, tanto para subsistência quanto para a comercialização (PEZZUTO & ECHTERNACHT, 1999). De acordo com análises realizadas por Maltz & Faerman (1958), *Anomalocardia brasiliiana* possui teores de proteína cerca de 38% mais elevados que o mexilhão *Perna perna* largamente cultivado em Santa Catarina, o que ressalta suas qualidades nutricionais.

Em relação às desovas, estas apresentam três picos anuais (primavera, verão e outono), sendo que no inverno se estabelece o repouso sexual (ARAÚJO, 2001). Cabe ressaltar que a população de *Anomalocardia brasiliiana* encontrada na RESEX apresenta um comportamento mais fechado, tendo em vista que grande parte do recrutamento de indivíduos novos ocorre a partir do estoque desovante, a cada ano (SOUZA, 2003), apresentando pouco recrutamento de outras populações localizadas em áreas próximas.

2.1.3 Extração de berbigão

O extrativismo do berbigão com fins comerciais só se tornou viável a partir da década de 1980, com a introdução de um petrecho de pesca denominado “gancho” (Figura 2), um artefato trazido pela empresa Maricá que tinha como objetivo o beneficiamento e a comercialização desse recurso principalmente para o sudeste do país. As dificuldades de captura desse molusco através da catação, o baixo preço e a falta de mercado não estimulavam a extração para fins comerciais do berbigão. O uso do “gancho” aumentou a eficiência da pesca e, assim, permitiu vencer os desafios da extração em maior escala para atender à comercialização crescente desse recurso (SPÍNOLA et al, 2014).



Figura 2: Gancho utilizado para a coleta do berbigão. FONTE: Wikipedia, 2020.

O “gancho” é formado por uma cesta de metal presa a um cabo, sendo manejado de maneira semelhante a um arado. A parte de baixo da cesta possui dentições que entram em contato com o solo. Desta maneira, quando o equipamento é puxado, o sedimento é levado para o lado de dentro da cesta, para depois ser agitado pelo coletor, fazendo com que a cesta funcione como uma peneira, deixando passar o material que não tenha o tamanho adequado (SOUZA, 2007).

Para a extração do berbigão, um plano de exploração sustentável foi aprovado em 1996 pelo IBAMA (portaria nº 078/96) e instituiu regras que incluíam seletividade de tamanho de captura; limitação do esforço de pesca através da fixação do número máximo de pescadores licenciados (12 a 18 pescadores), do número de dias por semana em que a extração era permitida (dois dias), e da quantidade de berbigão que poderia ser retirada por dia (5 a 8 latas de 18 kg por extrativista); além de estabelecer a rotatividade nas áreas de extração (SOUZA, 2007).

Em 2005, entrou em vigor a Instrução Normativa No 81/2005 do IBAMA (IBAMA, 2005), que regulamenta a extração do berbigão (*A. brasiliana*) dentro da RESEX pelos extrativistas devidamente cadastrados junto ao ICMBio, estabelecendo os sistemas de rodízio de captura do molusco nos bancos A e B (Figura 3), bem como o equipamento permitido para a extração, tamanho do

molusco mínimo e os horários permitidos da atividade (RIBAS & ZUCULOTO, 2012).

2.1.4 Mortalidade massiva

De acordo com relato de coletores, o evento de mortalidade massiva ocorrido na RESEX do Pirajubaé em fevereiro de 2015 foi responsável pela morte de aproximadamente 95% da população de berbigões locais. Essa mortalidade em massa deixou sequelas até o presente momento, já que os estoques ainda não se recuperaram.

Mortalidade em massa (ou anormal) de populações de bivalves são geralmente definidas como uma perda de >30% do estoque (SOLETCHNIK et al. 2007; EFSA 2010). Eventos de mortalidade em massa têm sido reportados ao longo dos anos em diversos pontos do planeta, com ocorrência em diferentes bivalves. As causas dessas mortalidades têm sido estudadas e diversas conclusões diferentes são obtidas, tais como ocorrência de doenças ou fatores ambientais (FARINATI et al., 1992; FIORI & CAZZANIGA, 1999; FIORI et al., 2004; PRETTO et al., 2014; YURIMOTO et al., 2014; VÁZQUEZ-LUIS et al., 2017;). Estes eventos têm sido de particular interesse, especialmente quando a espécie suporta a pesca comercial ou possui um papel significativo no ecossistema (LAFFERTY et al. 2004; BURDON et al. 2014).

Dentre essas causas identificadas para os surtos de mortalidade em massa de bivalves, podem ser incluídas a mortalidade por ação de espécies invasoras (exercendo um papel de competição ou predação) (MATSUYAMA 1999, MCKINDSEY et al. 2007), alta produção primária local, o pH e a turbidez (CHENEY et al. 2000, MYDLARZ et al. 2006), densidade (BRAZEIRO & DEFEO 1999, XIAO et al. 2005), águas com alto nível de eutrofização (FRIEDMAN & HEDRICK 1991), presença de patógenos (ELSTON et al. 1987) alterações na salinidade (XIAO et al. 2005) e ondas de calor ou temperaturas do mar elevadas, como reportado em ostras, que tiveram altos índices de mortalidade associados a altas temperaturas do ar e da água, nos Estados Unidos (CHENEY et al. 2000). Esse mesmo efeito foi reportado no Peru e no Chile (ORTEGA et al. 2012), no Uruguai (ORTEGA et al., 2016) e na região do Mediterrâneo (RODRIGUES et al. 2015).

Enquanto uma grande quantidade de pesquisa tem sido devotada à

descoberta de causas científicas da ocorrência de eventos de mortalidades massivas de bivalves, as consequências socioeconômicas destes eventos e as respostas adotadas pelos gerenciadores, produtores ou coletores para lidar com esses eventos têm sido descritas na literatura com pouca frequência.

O estudo dessas respostas é necessário para orientar os esforços de minimização dos impactos e maximização dos tempos de recuperação (GUILLOTREAU et al., 2017). Nesse aspecto, as respostas organizacionais (auxílio estatal, fundos mútuos, estratégias diversificadas, seguro privado, inventários e poupanças) ocorrem em níveis individuais e coletivos (GRIZEL 1983, LE BIHAN et al. 2013, LUPO et al. 2014).

Ainda assim, dentre todos os estudos já realizados, são raros os que tratam sobre eventos de mortalidade em massa do bivalve *A. brasiliiana*, como o trabalho de SILVA (2016) e FORTUNATO (2018). Ainda nesse sentido, não se podem descartar, também, os impactos antrópicos, afinal, as relações entre humanos e o ambiente são complexas, bidirecionais, ocorrendo em escalas espaciais e temporais diferentes, mas inter-relacionadas (GUILLOTREAU et al., 2017).

Populações de berbigões, como outras espécies de bivalves, sofrem mortalidades em massa periódicas resultando em quedas populacionais. Esses eventos não são incomuns, sendo reportados por décadas e associados com uma variedade de fatores, incluindo, doenças, predações, poluição, falhas em recrutamento e sobre-pesca (DUCROTOY et al., 1991).

Outro estudo afirma que a mortalidade dos berbigões pode ser resultado de fatores externos (extrínsecos), englobando fatores físico-químicos e bióticos, como competição por alimento e espaço, ou qualidade ambiental pobre. Fatores fisiológicos internos (intrínsecos) podem, também, fazer parte, com a inclusão dos efeitos de doenças, condição corporal pobre e mortalidade pós-desova (BURDON et al., 2014). Há uma crescente conscientização de que muitas das primeiras consequências da mudança ambiental podem estar não apenas na letalidade, mas também em padrões alterados de desempenho fisiológico, como crescimento e reprodução. (PHILIPPART et al. 2003; PETES et al. 2008).

Um número crescente de surtos em todo o mundo tem sido reportado desde os anos 60 (IMAÏ et al. 1965, HARVELL et al. 1999, LAFFERTY et al. 2004, SOLECHNIK et al. 2007). Esse aumento pode ser explicado como um resultado do progresso de pesquisas na identificação de doenças, na intensificação da

aquicultura de bivalves, ou pode refletir mudanças nas condições ambientais em áreas de produção causadas por mudanças climáticas e poluição das águas (GUILLOTREAU et al., 2017).

2.1.5 Mortalidade de bivalves e o clima

Ultimamente, estudos têm se dedicado a explicar o efeito de mudanças climáticas sobre a ecologia de populações de bivalves (KAUSTUV et al., 2001; PHILIPPART et al., 2003; BEUKEMA & DEKKER, 2005; FREITAS et al., 2007; BEUKEMA et al., 2009; WALDBUSSER et al., 2015). Mudanças climáticas se referem à variação do clima em escala global ou dos climas regionais da Terra ao longo do tempo. Estas variações dizem respeito a mudanças de temperatura, precipitação, nebulosidade e outros fenômenos climáticos em relação às médias históricas. Essas mudanças podem predispor a populações de bivalves em geral (BURDON et al., 2014; ROWLEY et al., 2014; VALÉRIE et al., 2015; VÁZQUEZ-LUIS et al., 2017) e de berbigão à mortalidade em massa por uma série de fatores, desde intrínsecos como extrínsecos.

Assim, os impactos resultantes nos processos fisiológicos, comportamento e mortalidade dos organismos causam mudanças na abundância da população, na estrutura da comunidade e no funcionamento do ecossistema. (PHILIPPART et al., 2011; DONEY et al., 2012; FUJI, 2012; WETZ & YOSKOWITZ, 2013; IPCC, 2014).

Um fator extremamente importante na manutenção de uma condição saudável de vida de seres vivos, em geral, é a temperatura. Variações positivas ou negativas podem influenciar de forma dramática organismos de maneira indireta, modificando condições as quais os organismos estão submetidos.

Em adição, efeitos sinérgicos podem ocorrer, como a presença de matéria orgânica ligada a temperaturas elevadas, que irão influenciar níveis de oxigênio na água e no sedimento. Por exemplo, mortalidade em berbigões juvenis devido a altas temperaturas foi relatada em Galícia (GONZALEZ & PEREZ CAMACHO, 1984) apesar dessa mortalidade em massa ser, provavelmente, resultante de anoxia (GUILLOU & TARTU, 1994). Com relação a temperatura, é demonstrado que a média global de temperatura aumentou em 0,7 °C no último século, e posteriores aumentos são esperados durante o presente século (IPCC 2007; MANN et al., 2008). De fato, existe a hipótese de que a temperatura global aumentará de 1,8 até

4,0 °C até o fim do século 21 (IPCC, 2007).

Outra variável de relevância a ser analisada em um evento de mortalidade é a taxa de precipitação local. Chuvas em excesso podem causar ressuspensão de material de fundo, aumentando a carga de sedimento em suspensão o que pode ser inadequado para o berbigão. Apesar de ser uma espécie eurialina, variações mais extremas de salinidade podem levar o *Anomalocardia brasiliiana* a sofrer mortalidade alta devido a fortes chuvas (MOUËZA et al., 1999; ESTRADA, 2004), por conta da redução osmótica. Isto se mostra mais temeroso devido a existirem, também, preocupações sobre futuras alterações nos valores de salinidade da água do mar, principalmente em áreas estuarinas e costeiras (BOOIJ, 2005; KAY et al., 2006), devido às possíveis influências de fenômenos climáticos que possam causar eventos de precipitação mais intensos.

Os diferentes eventos e mudanças climáticas que podem causar variados impactos em diversos fatores ambientais. Um dos fatores que se alteram é a suscetibilidade de organismos às mais diferentes doenças.

Doença foi definida por KINNE (1983 apud BOEHS & MAGALHÃES, 2004) como um desvio negativo do estado normal (de saúde), funcional e/ou estrutural, de um organismo, implicando em prejuízos que causam a redução do seu potencial ecológico.

Sendo assim, as doenças podem afetar a eficiência dos processos metabólicos, reduzindo o potencial de crescimento e reprodução, assim como a resistência ao estresse, a competitividade e, por fim, a sobrevivência do animal (BOEHS et al., 2012). Entre os fatores bióticos que governam a dinâmica de populações de invertebrados marinhos bentônicos, parasitismo tem recebido uma atenção relativamente pequena (MOURITSEN & JENSEN, 1997; DESCLAUX et al., 2002). Resultados de estudos de campo e laboratoriais demonstraram uma relação entre variações no nível de salinidade e infecções em bivalves (GAUTHIER et al., 1990; CHU et al., 1993; REID et al., 2003).

Nos bivalves marinhos, as enfermidades representam um importante fator de contribuição para a mortalidade em massa, tanto de estoques naturais quanto de cultivos (SINDERMANN, 1970; BOWER et al., 1994), ainda que na América do Sul, ao contrário do que ocorre nos países do Hemisfério Norte, exista pouca informação sobre enfermidades em moluscos marinhos (BOEHS et al., 2012).

Hipóteses que busquem elucidar o evento de mortalidade do verão de 2015

têm surgido, mas sem apresentar respostas contundentes. Uma das hipóteses sugere que doenças possam ter influenciado no evento. Com o objetivo de avaliar o estado de saúde dos animais, entre 2017 e 2018, foi realizado um estudo sobre a ocorrência de patógenos em berbigões do estoque natural da RESEX onde houve o evento da mortalidade massiva. Os resultados deste estudo são apresentados por Fortunato (2018). Neste estudo, o autor relata que não foi registrada a ocorrência de patógenos de notificação obrigatória nos berbigões da RESEX. Assim como, Fortunato (2018) sugere que a mortalidade dos berbigões da RESEX, ocorrida no verão de 2015, não teve a ação de agentes patogênicos, apesar da elevada prevalência de esporocistos de trematódeos, que poderiam levar a morte.

Ainda assim, a questão que está sendo cada vez mais debatida no meio acadêmico é a questão climática. Em uma época de constantes debates sobre a relação do homem com a natureza e, o papel da humanidade, interferindo nos eventos climáticos, deve-se analisar as implicações do cenário atual. Como resultado, em um futuro próximo não apenas a biota, mas a humanidade como um todo sentirá os efeitos do seu estilo de vida insustentável. Entre as mudanças esperadas, há o comprometimento dos serviços ecossistêmicos que são a base da vida e da economia humana em diferentes partes do globo (BRAZILIAN JOURNAL OF OCEANOGRAPHY, 2016).

Essas mudanças globais às condições físicas e químicas dos ecossistemas têm tido impactos inúmeros e generalizados no mar e na terra (WEATHERDON et al., 2016). Determinar os efeitos das mudanças ambientais globais nos oceanos é crítico para entender o que está mudando, como está mudando e como essas mudanças irão influenciar a sociedade. Efeitos diretos e indiretos das mudanças ambientais globais nos ambientes marinhos já são perceptíveis (BRAZILIAN JOURNAL OF OCEANOGRAPHY, 2016).

É projetado que o aquecimento global continue promovendo mudanças nos padrões de temperatura por todo o mundo (DONEY et al., 2012; IPCC, 2014). Isto pode alterar os limites de tolerância, capacidade de aclimação e padrões biológicos das espécies (PÖRTNER, 2001, 2002; HELMUTH et al., 2010). Essas mudanças podem afetar os padrões reprodutivos, abundância e produção das populações, e, finalmente, levar a mudanças na distribuição geográfica das espécies (PÖRTNER, 2002; GOSLING, 2004; WITHER et al., 2012; BURDON et al., 2014).

Nesse sentido, os bivalves podem ser considerados como indicadores sensíveis de mudanças climáticas (SORTE et al., 2011) e a avaliação da reposta do organismo (por exemplo, mudança de comportamento) e níveis de população (por exemplo, mortalidade) podem ser importantes para avaliar o papel dos eventos climáticos nessas espécies (PHILIPPART et al., 2011).

Sendo assim, muitos organismos residentes são considerados em seu limite de tolerância fisiológica, e quaisquer mudanças em parâmetros abióticos relacionados a mudanças climáticas, como temperatura do ar e da água, ou tempo de exposição ao ar, podem levar a eventos negativos como mortalidade ou até extinção local (HELMUTH, 2002, 2009). Neste sentido, um ponto crucial para a sobrevivência dos organismos é o local onde estes se encontram.

O local onde há maior abundância de moluscos bentônicos como a espécie *A. brasiliiana* é a região entre marés que é caracterizada pela interação de fatores ambientais de origem terrestre e os de origem marinha, sendo o mais importante dos fatores ambientais, sem dúvida, a maré (NIBAKKEN, 1994 apud OLIVEIRA, 2010). Berbigões têm uma sensibilidade maior durante a temporada de desova, e mudanças súbitas no ecossistema causaram eventos de mortalidade em massa de berbigões adultos, como observado na Malásia (YURIMOTO et al., 2014).

O estresse térmico é, portanto, um fator crítico de impacto ambiental, especialmente em ambientes entre marés (HELMUTH et al., 2010). Descreve-se esse fator como impactante na alimentação e também na respiração (GOSLING, 2004; HICKS AND MCMAHON, 2005; JANSEN et al., 2007; RODLAND et al., 2009; HELMUTH et al., 2010; GOH & LAI, 2014), o que pode acarretar em mudanças de comportamento (ANSELL et al., 1981; ANESTIS et al., 2007; RODLAND et al., 2009; HELMUTH et al., 2010), e em situações muito graves, ocasionar a mortalidade (CASAGRANDA & BOUDOURESQUE, 2005; MOUTHON AND DAUFRESNE, 2006; JANSEN et al., 2007; PARADA & MORALES, 2008; VERDELHOS et al., 2014).

Estresse térmico pode ser particularmente severo para organismos entre marés, que ficam fora d'água a intervalos regulares (por exemplo, maré baixa), sendo ainda expostos a dessecação e temperaturas extremas (HELMUTH & HOFMANN, 2001; GOSLING, 2004; HELMUTH et al., 2010). Algumas espécies podem lidar temporariamente com esses estressores através de mecanismos comportamentais (por exemplo, cavando), mas quando a temperatura se aproxima

de valores críticos, esta resposta adaptativa falha, causando severo estresse fisiológico e, conseqüentemente, mortalidade (GOSLING, 2004).

Entretanto, as conseqüências de mudanças climáticas em médio e longo prazo nas estruturas das comunidades devem ser cuidadosamente avaliadas devido à escassez de séries de dados históricas longas na costa Brasileira (COUTINHO et al., 2016). Ainda assim, é esperado que as mudanças climáticas acelerem, e aconteçam a uma taxa que pode ser mais rápida que a velocidade de adaptação das espécies e sistemas (SCHAEFFER-NOVELLI, 2016).

Os cenários atuais sugerem que o aumento na temperatura do ar e da superfície da água podem alterar a distribuição e composição das espécies, aumento ou decréscimo da produtividade (dependendo da intensidade) (SCHAEFFER-NOVELLI, 2016). Isto se torna mais preocupante ao passo que anomalias de temperatura e precipitação, bem como, o aumento do nível do mar, têm sido comumente relatadas através do globo, sendo que esses efeitos podem ter impactos substanciais em ecossistemas estuarinos em curto e longo prazo (ALONGI, 2008; DAY et al., 2008; CONDIE et al., 2012; TURRA et al., 2013; GARCÍA-RODRIGUEZ ET AL., 2014).

Entretanto, ainda é extremamente difícil prever a intensidade e escala dessas mudanças (climáticas), e a resposta das comunidades biológicas, e mudanças no funcionamento dos ecossistemas (BERNARDINO et al., 2016). Ainda assim, na literatura não foi identificada uma causa genérica simples e clara de mortalidade em massa de berbigões (BURDON et al., 2014).

Neste contexto de mudanças climáticas e sua possível associação à morte dos berbigões, ainda existe a questão de como a comunidade afetada percebe essa questão. Para muitos coletores, existe a percepção de que houve uma chuva excessiva, seguida de um calor muito forte associado a uma maré muito baixa.

Porém, a percepção ambiental nem sempre corresponde à realidade. Por percepção ambiental pode-se entender como o processo resultante da interação entre os sentidos humanos e os fenômenos ocorridos no meio ambiente capazes de produzir sensações psico-fisiológicas, criando um sistema de valores, atitudes e sensações do homem para com seu meio (TUAN, 1980).

Desta forma, os catadores da RESEX do Pirajubaé relatam de que o mês de fevereiro de 2015, em que ocorreu a mortalidade massiva dos berbigões, apresentou dias atípicos em relação ao clima esperado naquela época do ano. Isto

devido ao fato de que o clima e os tipos de tempo em sua sucessão são capazes de influenciar psicológica e fisiologicamente o ser humano, produzindo atitudes e sensações capazes de “prever” o tempo meteorológico em curto prazo (SARTORI, 2000). Sendo assim, uma avaliação criteriosa sobre os fatores climáticos se faz necessária para corroborar ou não essa percepção.

2.2 Materiais e métodos

2.2.1 Local de estudo

2.2.1.1 Descrição da área

A Reserva Extrativista Marinha do Pirajubaé é uma unidade de conservação brasileira de uso sustentável da natureza, localizada na margem leste da Baía Sul, no lado interno da Ilha de Santa Catarina. ($27^{\circ}22' - 27^{\circ}50'S$ e $48^{\circ}25' - 48^{\circ}35'W$) (PEZZUTO & SOUZA, 2015).

A área total da reserva equivale a 1444 ha, sendo 740 ha de manguezais no entorno do Rio Tavares e 704 ha de área marítima como coroas e bancos de areia (RIBAS, 2014) (Figura 3). Dos 1.444 ha pertencentes à unidade, cerca de 240 ha se referem a uma extensa planície de maré onde se desenvolve a captura do berbigão (PEZZUTO & ECHTERNACHT, 1999).

Esta planície se subdivide em dois setores vizinhos, chamados Baixio Principal (ou Banco A) e Praia da Base (ou Banco B) (Figura 3), cujos sedimentos possuem, respectivamente, percentuais médios de areia de 78% e 88% e diâmetros médios de 1,95 e 2,45 *phi* (ROSSO, 2012).

O Baixio Principal é uma extensa planície de maré com um formato retangular que mede aproximadamente 1.580 metros de extensão no seu eixo leste-oeste e de 780 a 660 metros no eixo norte-sul (NANDI, 2005). Sua área total é de aproximadamente 109 hectares.

Este baixio possui em quase toda a sua extensão coroas (bancos de sedimento arenoso com elevada deposição de conchas de bivalves) nas bordas, fazendo com que a superfície do baixio seja aproximadamente côncava, funcionando como um trapeador de águas e diminuindo consideravelmente o tempo de exposição ao ar a que estão sujeitos os organismos ali existentes em períodos de maré vazante. Contudo, isso não impede que muito frequentemente os níveis de

água se tornem ínfimos em maré vazante, chegando em certos momentos a não ter a presença de água por sobre o baixo (SOUZA, 2007).

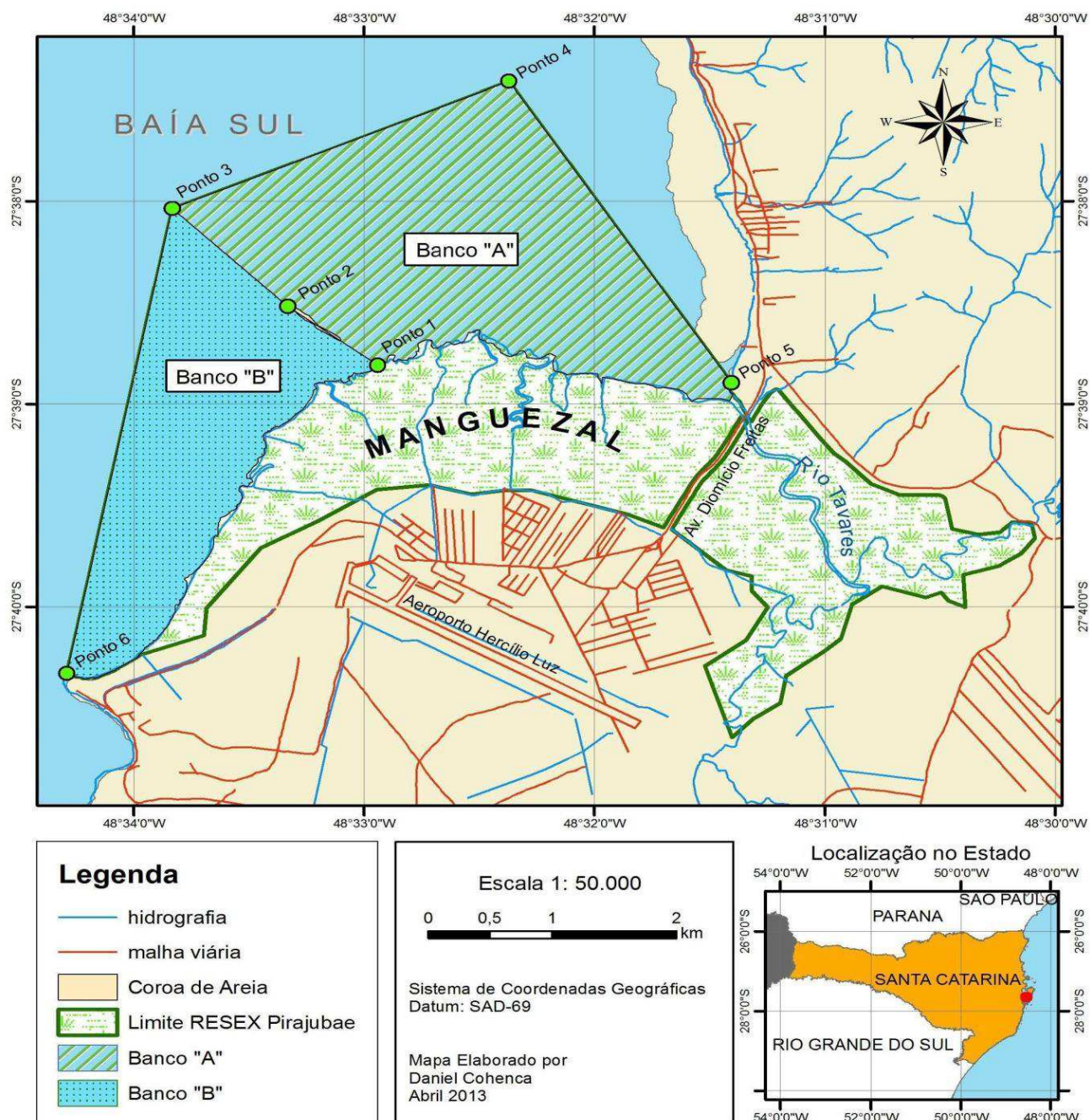


Figura 3: Localização e delimitação da RESEX do Pirajubaé, com delimitação dos estoques naturais de extração de berbigão. FONTE: ICMBio, 2013.

A Praia da Base se estende no sentido nordeste-sudoeste, possuindo 2.330 metros de extensão (NANDI, 2005) contando com uma largura máxima nessa planície de maré, de 424 metros, abrigando uma área total de aproximadamente 80 hectares, um valor 26% menor que o encontrado para o Baixo Principal (NANDI,

2005). Ao contrário do Baixio Principal, na Praia da Base não existem coroas, o que a torna muito mais vulnerável à ondulação (SOUZA, 2007).

A área é influenciada pelo aporte do rio Tavares, que deságua na margem sudeste do Baixio Principal, após drenar parte do manguezal de mesmo nome. Além disso, a RESEX é cercada por regiões urbanizadas, recebendo também aporte de água doce, nutrientes e sedimentos de diversos pontos de drenagem pluvial de origem antrópica existentes ao longo de suas margens (SCHETTINI et al., 2000).

O local é uma enseada rasa com aproximadamente 7 km². No bordo sul, atinge profundidades que não ultrapassam 1 m e, à medida que se vai para o norte, vai atingindo profundidades maiores que não ultrapassam os 12 m (SCHETTINI et al., 2002). O fundo arenolodoso da região é recoberto por material biodetrítico autóctone (principalmente fragmentos de conchas, dado às grandes concentrações de moluscos bivalves ali existentes) (SCHETTINI et al., 2002).

2.2.1.2 Clima na região da RESEX

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é caracterizado como sendo mesotérmico úmido com verão quente. Apresenta chuvas distribuídas uniformemente ao longo de todo o ano, e temperaturas variando no mês mais frio entre 18°C e -3°C e no mês mais quente ultrapassando os 22°C (MACEDO, 2003).

Os ventos do quadrante norte-nordeste são predominantes e os do quadrante sul apresentam-se com menos frequência, porém com maiores velocidades – até 80km/h. As variações das águas costeiras na área da reserva, assim como em toda a Ilha, são determinadas pelas direções do vento e suas variabilidades (rajadas fortes ou fracas), que passam a formar, também, correntes locais associadas ao deslocamento de sedimentos e às correntes de maré (CECCA, 1997).

O Saco dos Limões é uma região relativamente protegida das ondas de deriva geradas pelos ventos de norte, leste (predominantes na região) e sul (de maior intensidade) que se formam dentro da Baía Sul.

Uma exceção é quando da presença de ondas geradas por ventos dos quadrantes sudoeste e noroeste (este de maior energia), que encontram uma pista de vento de aproximadamente 12 km (dado o ângulo em que entram na Baía podendo gerar vagas de até 1m na região da enseada do Saco dos Limões

(SALLES, 1991).

Estes ventos, por sua vez, estão relacionados com a entrada de sistemas frontais (o encontro de uma massa tropical e uma polar) que ocasiona grandes mudanças no tempo em qualquer época do ano, controlando o ritmo da precipitação local (SILVA, 2002).

Os eventos de precipitação ocorrem com mais frequência no verão e diminuem no inverno, sendo que o outono e a primavera acompanham as tendências médias respectivas do verão e do inverno (CECCA, 1997).

A presença da maritimidade influencia na temperatura pois desempenha um papel regulador, causando a diminuição dos contrastes térmicos. No inverno, a temperatura é influenciada pela passagem da frente fria trazendo o vento sul com temperaturas baixas (varia entre 15 e 26°C) e baixa umidade relativa do ar.

No verão, as temperaturas se elevam (varia entre 24 e 26°C) e há formação, constante, de tempestades. A temperatura média anual é de 20,4°C. A umidade relativa do ar é de 80%, sendo mais elevada no inverno e sofrendo influência do mar o ano inteiro (CECCA, 1997).

2.2.2 Obtenção de dados climatológicos

Para este trabalho, foram utilizados dados de temperatura máxima do ar (TMAX), precipitação, maré baixa e radiação. A obtenção das variáveis ambientais de TMAX e precipitação se deram a partir da metodologia de reanálise meteorológica. A escolha desse método se deu devido à capacidade de obtenção de dados climáticos reais de muitas variáveis e também, devido à dificuldade de obtenção de dados produzidos no local, já que não são realizadas medições regulares.

A reanálise meteorológica é um método desenvolvido para a obtenção de um quadro abrangente da situação do sistema terrestre, dando uma descrição numérica do clima recente, produzida pela combinação de modelos numéricos do sistema terrestre e observações. As estimativas obtidas por reanálise são produzidas para todos os locais do globo e abrangem um longo período de tempo, que se estende do passado, em décadas ou mais, para o presente (PENNA, 2018).

A reanálise utilizada nesse trabalho foi a Modern-Era Retrospective analysis for Research and Applications, Version 2 (MERRA-2). A MERRA-2 é uma reanálise

atmosférica da era moderna de satélites (1980 até o presente), produzida pelo grupo de modelagem numérica e de assimilação de dados da NASA e segue o projeto original, a reanálise MERRA (RIENECKER et al., 2011). Essa análise apresenta um processamento consistente de observações meteorológicas, englobando um recorte amplo de dados históricos. Assim, possibilita a obtenção de uma análise climática completa, quase em tempo real, já que permite a produção de conjuntos de dados em grade para uma ampla gama de variáveis, incluídas aquelas que não são diretamente observáveis (GELARO et al, 2017).

A reanálise MERRA-2 foi produzida com a versão 5.12.4 do sistema de assimilação de dados atmosféricos Goddard Earth Observing System (GEOS-5.12.4). Os componentes chave do sistema são o modelo atmosférico GEOS-5 (RIENECKER et al., 2008) e o sistema de análise Gridpoint Statistical Interpolation (GSI) (WU et al., 2002).

Os dados disponibilizados pelo produto de reanálise MERRA-2 estão no formato *NetCDF4*, sendo selecionados a partir do software de visualização GrADS (*Grid and Display System*). Os dados de temperatura máxima do ar (TMAX), precipitação foram obtidos observando-se o período de primeiro de janeiro de 2010 (01/01/2010) até trinta e um de dezembro de 2017 (31/12/2017), respeitando uma periodicidade diária.

Estes dados englobam os meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro, abrangendo assim, o período que antecede ao evento de mortalidade. Os dados de temperatura foram convertidos na unidade *Kelvin* para a unidade *Celsius*.

Estes dados foram disponibilizados em pontos de grade, com resolução de 1 x 1 grau de latitude/longitude, interpolados para o município de Florianópolis (27°22' – 27°50'S e 48°25' – 48°35'W). A resolução espacial dos dados de reanálise obtidos é de 0.5° de Latitude por 0.625° longitude, com 42 níveis verticais de pressão desde a superfície da Terra até a estratosfera. São calculados na mesma resolução espacial que o modelo atmosférico usando um algoritmo variacional tridimensional, com ciclos de atualização de 6 horas, e foi gerada utilizando o sistema global de assimilação de dados da NASA, com ênfase na estimativa do ciclo hidrológico e uma vasta variedade de informações meteorológicas (PENNA, 2018).

Os dados de maré baixa foram obtidos a partir do *site* <http://ondas.cptec.inpe.br/>, que obtém seus dados da base de dados da Diretoria de

Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil (DHN), respeitando a periodicidade diária, observando-se o período de primeiro de janeiro de 2010 (01/01/2010) até trinta e um de dezembro de 2017 (31/12/2017). Foram utilizadas as menores marés de cada dia, devido ao fato desta situação expor os organismos a um maior nível de estresse, bem como para investigar relatos de extratores, que apontaram marés muito baixas com sol forte, na época da morte em massa.

Já os dados de radiação solar global foram obtidos a partir da base de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a partir da estação automática de Florianópolis/São José (estação A806), que fornece os dados diários, divididos por hora, da radiação acumulada ao longo do dia, observando-se o período de primeiro de janeiro de 2012 (01/01/2012) até trinta e um de dezembro de 2017 (31/12/2017). Estes dados são solicitados via contato eletrônico (e-mail), sendo estes encaminhados ao solicitante posteriormente, em resposta à mensagem eletrônica.

Em resumo, os dados foram obtidos das seguintes fontes:

- Temperatura e precipitação a partir da base de dados de reanálise *MERRA 2*.
- Os dados de maré baixa, a partir do *site* <http://ondas.cptec.inpe.br/>.
- Os dados de radiação global foram obtidos a partir da base de dados do INMET.

O período escolhido para se analisar os dados engloba os 6 anos anteriores ao evento e 2 anos posteriores (com exceção da radiação global, que só possuía dados disponíveis a partir de 2012, ou seja, 4 anos anteriores ao evento). Os anos anteriores foram considerados para realizar uma comparação com o ano do evento e os anos posteriores para observar uma possível causa da não ocorrência do repovoamento.

Por outro lado, os meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro foram escolhidos para se observar se houve algum componente que possa ter influenciado, neste período, na ocorrência do evento, que se sucedeu em fevereiro. Além disso, em estudos populacionais é verificado que a dinâmica (reprodução, crescimento, mortalidade e assentamento) é resultado de uma integração espacial e temporal de variáveis bióticas e abióticas, sendo por isso os 4 meses um tempo mínimo de observação.

2.2.3 Análise de dados

Para realizar a análise dos dados, foram feitos gráficos no programa de computador *Excel*, com o objetivo de se visualizar com maior facilidade as variações dos fatores ambientais utilizados neste trabalho. Para realizar a análise estatística, foram utilizados a Análise de Variância (ANOVA) e o teste de Tukey, utilizando o programa de computador *Excel* e o programa de computador *Past* versão 3.26.

A ANOVA foi escolhida porque é o teste estatístico que pode evidenciar se alguma variável tenha apresentado uma discrepância em relação aos outros anos ($p < 0,05$) como temperatura máxima do ar, precipitação, níveis de radiação global e valores de maré baixa utilizados nesse estudo, já que essa análise envolve a variação dentro dos meses e entre os anos. Ou seja, esse teste consegue apontar, a partir das somas dos quadrados dos valores fornecidos, a existência das variações entre os diferentes anos, e dentro de cada ano, entre os diferentes meses.

Complementando a ANOVA utilizou-se o teste de Tukey. Esse teste é uma análise de comparações múltiplas entre os diferentes períodos analisados, que indica em quais dos anos a diferença é significativa ou não.

2.3 Resultados e discussões

A análise dos resultados consistiu em uma caracterização do perfil das temperaturas máximas diárias e da precipitação diária, em um prazo que abrange o período de 6 anos anteriores ao evento de mortalidade em massa (2010 até 2014), o ano do evento (2015), e os dois anos subsequentes ao evento (2016 e 2017). Esta análise abrange os meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro, que são os meses de maior temperatura e de maior precipitação, segundo a climatologia da região, fatores que podem ter influência no evento de mortalidade em massa.

Além dos fatores supracitadas, foram coletados dados de marés, abrangendo o mesmo período utilizado nos dados de temperatura e precipitação, além de dados de radiação global diária, sendo que estes abrangem um período menor, iniciando no ano de 2012 e findando no ano de 2017.

2.3.1 Temperatura do Ar

As temperaturas máximas diárias foram analisadas com o intuito de se

buscar algum evento discrepante em relação ao padrão observado nos anos anteriores, que pudesse contribuir para o alto índice de mortalidade observado no ano de 2015.

Estes dados foram organizados em gráficos representando os meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro, em que cada gráfico mostra a temperatura máxima diária em um dos meses citados. Além disso, foi elaborado um gráfico (Figura 4) que representa a média máxima mensal de temperatura, para os referidos meses.

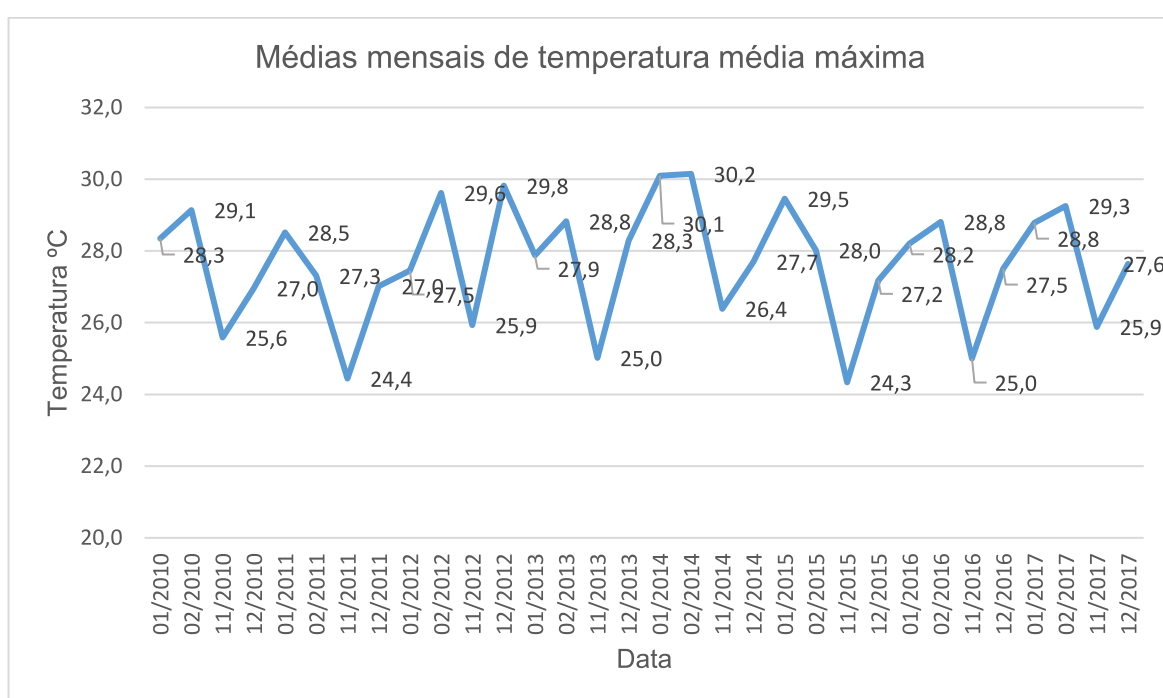


Figura 4: Médias mensais de temperatura máxima (°C) de 2010 a 2017, para os meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro, na RESEX do Pirajubaé.

Os meses de novembro e dezembro de 2014, somados aos meses de janeiro e fevereiro de 2015 formam o período em que se configurou o evento de mortalidade em massa dos berbigões, na Resex do Pirajubaé. Uma possível causa a ser estudada seria a ocorrência de temperaturas acima dos padrões da região nos períodos acima mencionados.

Notou-se que as temperaturas médias mensais no mês de novembro variaram de 24,4°C no ano de 2011 a 26,4°C no ano de 2014, não demonstrando assim, uma diferença que se possa considerar impactante o suficiente para provocar algum impacto na comunidade de berbigões.

No mês de dezembro, as temperaturas variaram entre os 27°C de 2010 e

2011 até os 29,8°C de 2012. Neste mês, a temperatura média do ano de 2014, que poderia ser relevante para a mortalidade dos berbigões, apresentou um valor de 27,7°C, sendo este um valor intermediário entre o maior e o menor valor do período estudado, não indicando ter influência na ocorrência do evento. Percebe-se também, ao analisar o gráfico, a variação sazonal das temperaturas entre os meses de novembro a janeiro.

No mês de janeiro, as temperaturas variaram entre um máximo de 30,1°C em 2014 até 27,5°C no ano de 2012. Novamente, a média de temperaturas para o mês de janeiro, na época de ocorrência da mortalidade em massa, não apresentou um valor com alta diferença em relação ao que se observou nos anos anteriores e posteriores, com um valor de 29,5°C em 2015. Este valor, apesar de ser o segundo janeiro mais quente, não apresentou um valor alto o suficiente para atingir o limite de resistência do berbigão às altas temperaturas.

Por fim, o mês de fevereiro, que é quando a mortalidade em massa atingiu seu ápice, teve como média máxima o ano de 2014, com 30,2°C de temperatura e média mínima 27,3°C no ano de 2011.

Em fevereiro de 2015, a média mensal atingiu os 28°C, a segunda menor média do período analisado, não apresentando indício de algum fenômeno extremo que possa ter comprometido a população local de berbigões.

Desta maneira, as médias apresentadas ficam próximas dos 30°C, o que se mostra coerente com as características de temperatura do estado de Santa Catarina. O verão em Santa Catarina tem temperaturas mínimas em torno dos 20 graus e as máximas geralmente ultrapassam os 30 graus. Maiores valores ocorrem quando há aproximação de frente fria em Santa Catarina, em que as temperaturas, em áreas próximas ao litoral, chegam a aproximadamente 33 graus (MONTEIRO, 2001).

Entretanto, a análise das médias mensais pode mascarar algum evento pontual. Desta maneira, foi realizada também a análise das temperaturas máximas diárias, referentes aos meses e anos estabelecidos como amostras (Figuras 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12).

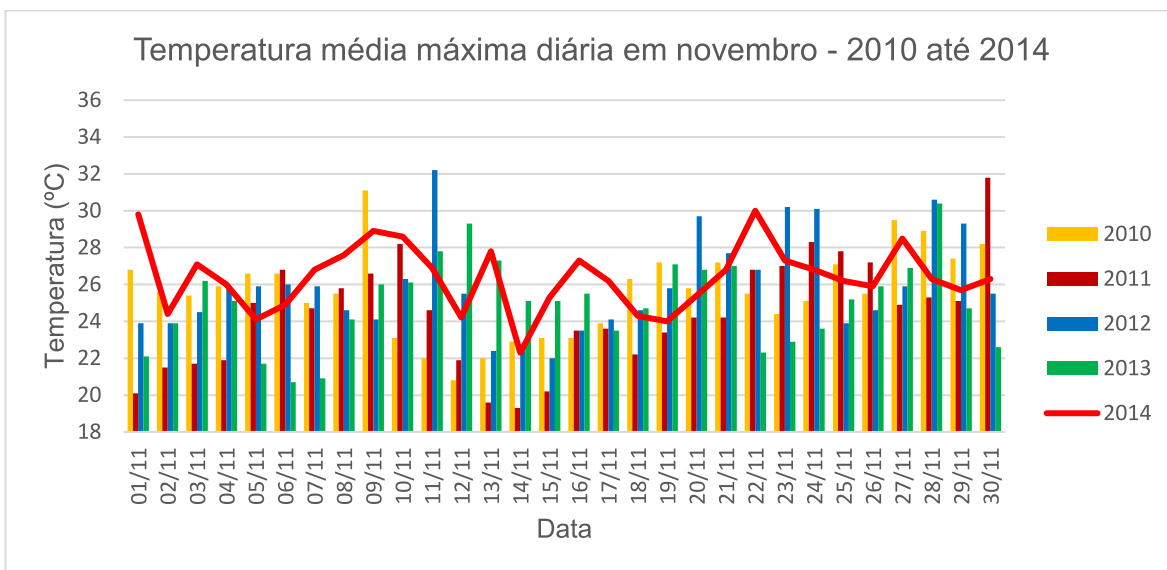


Figura 5: Temperatura diária máxima (°C) de 2010 a 2014, para o mês de novembro, na RESEX do Pirajubaé.

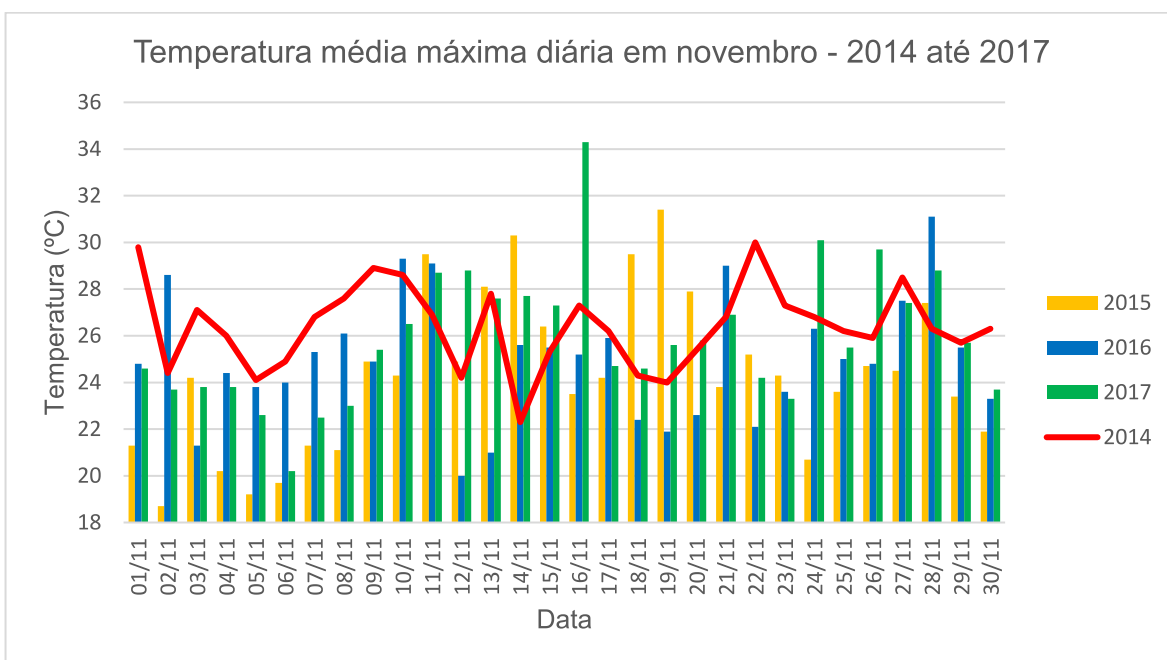


Figura 6: Temperatura diária máxima (°C) de 2014 a 2017, para o mês de novembro, na RESEX do Pirajubaé.

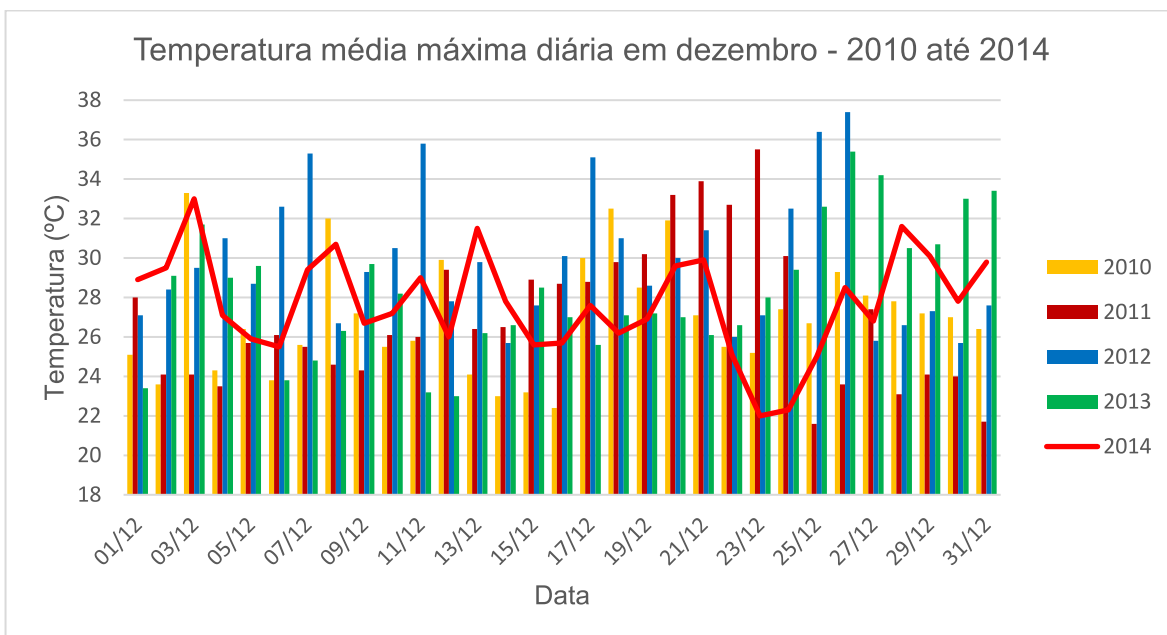


Figura 7: Temperatura diária máxima (°C) de 2010 a 2014, para o mês de dezembro, na RESEX do Pirajubaé.

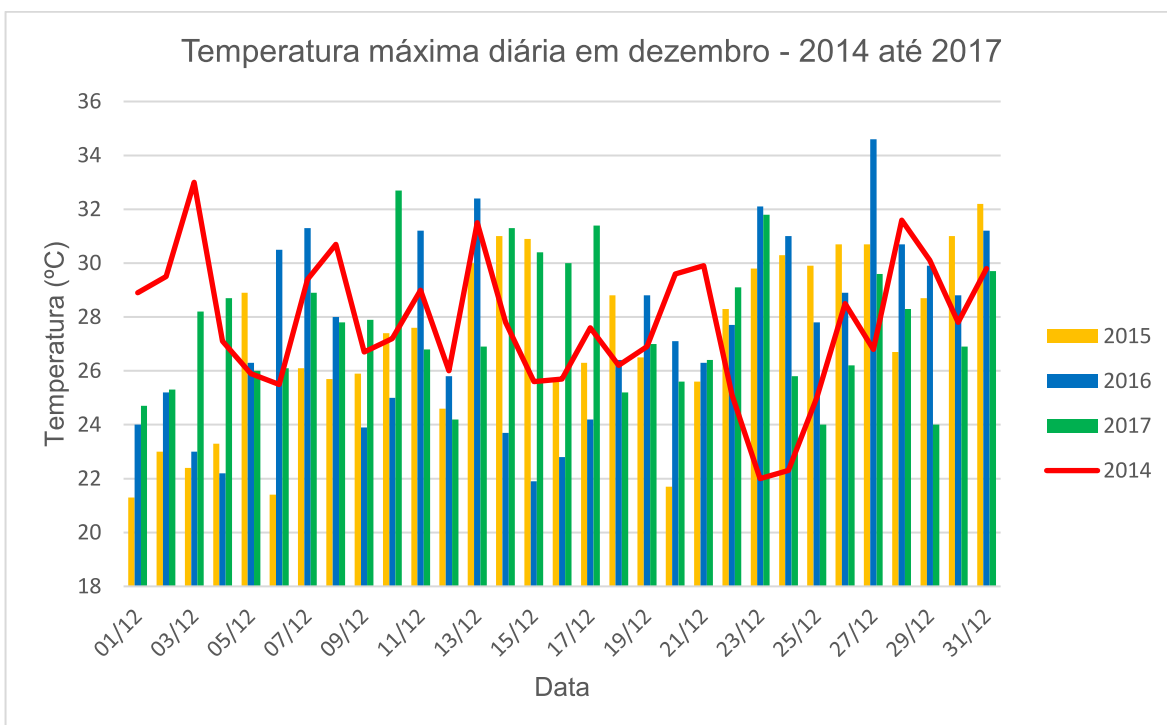


Figura 8: Temperatura diária máxima (°C) de 2014 a 2017, para o mês de dezembro, na RESEX do Pirajubaé.

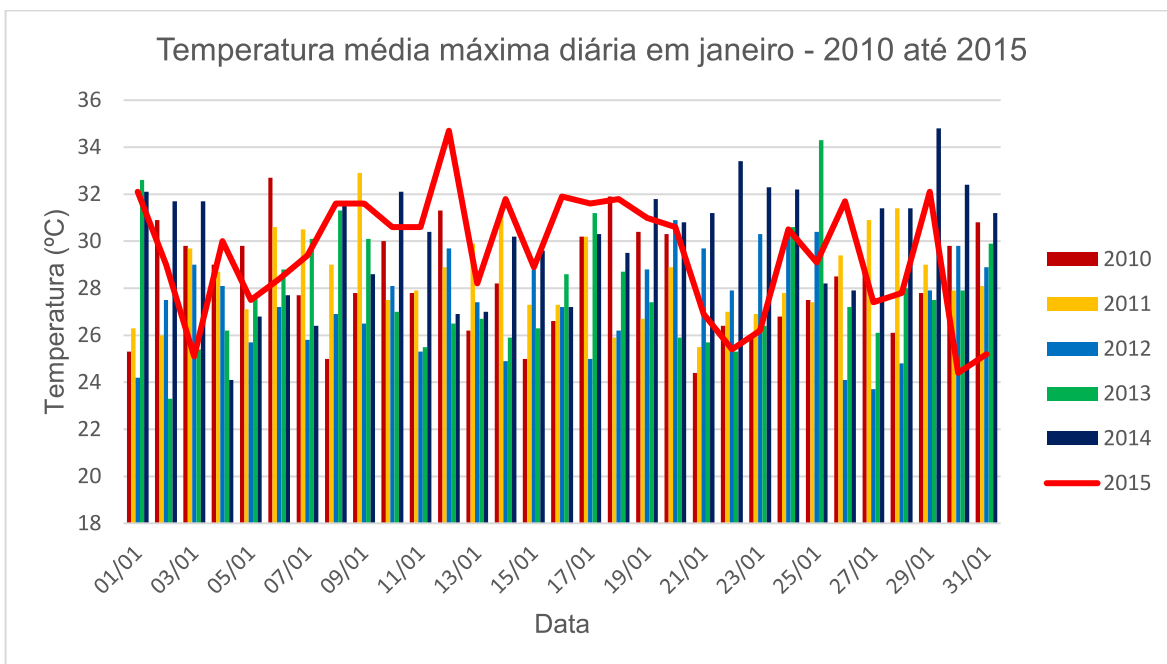


Figura 9: Temperatura diária máxima (°C) de 2010 a 2015, para o mês de janeiro, na RESEX do Pirajubaé.

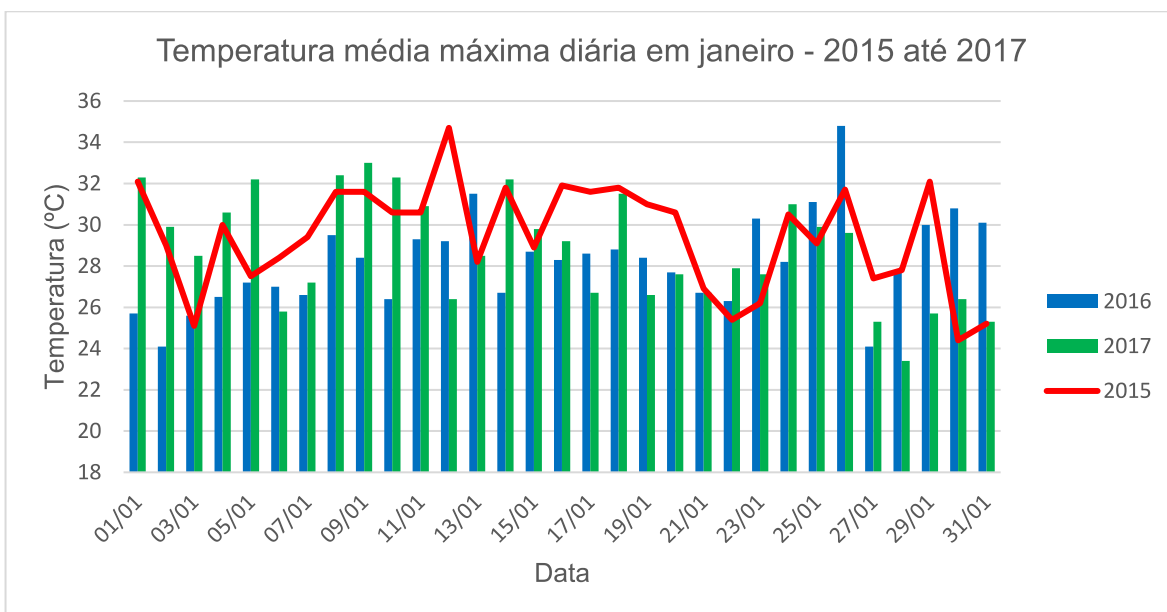


Figura 10: Temperatura diária máxima (°C) de 2015 a 2017, para o mês de janeiro, na RESEX do Pirajubaé.

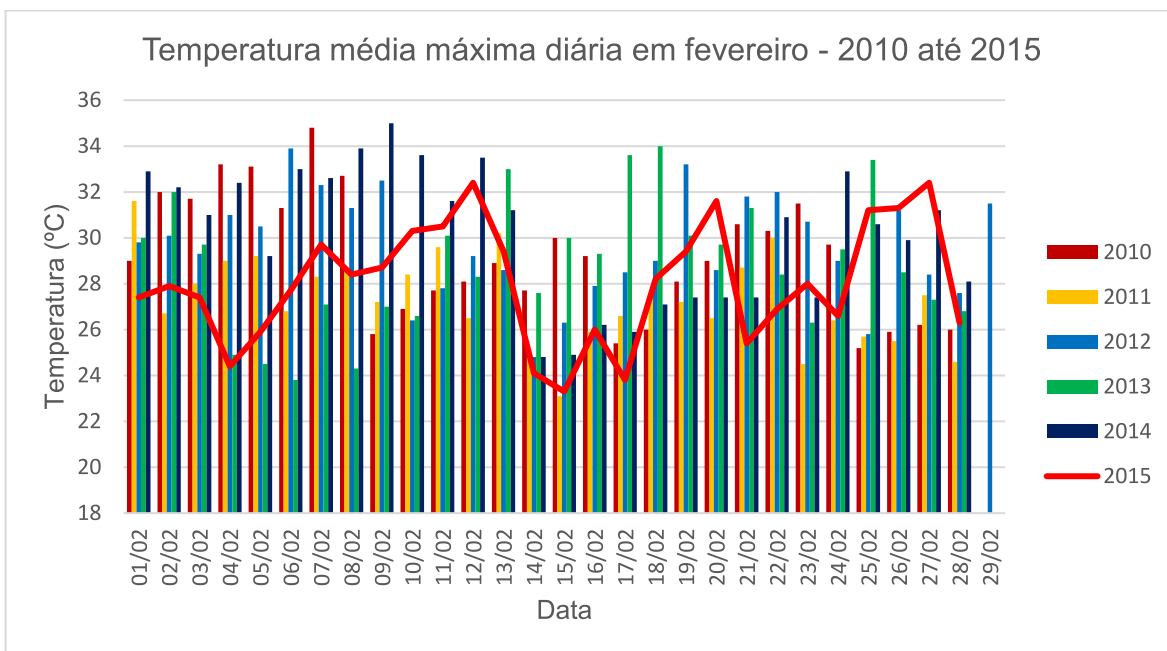


Figura 11: Temperatura diária máxima (°C) de 2010 a 2015, para o mês de fevereiro, na RESEX do Pirajubaé.

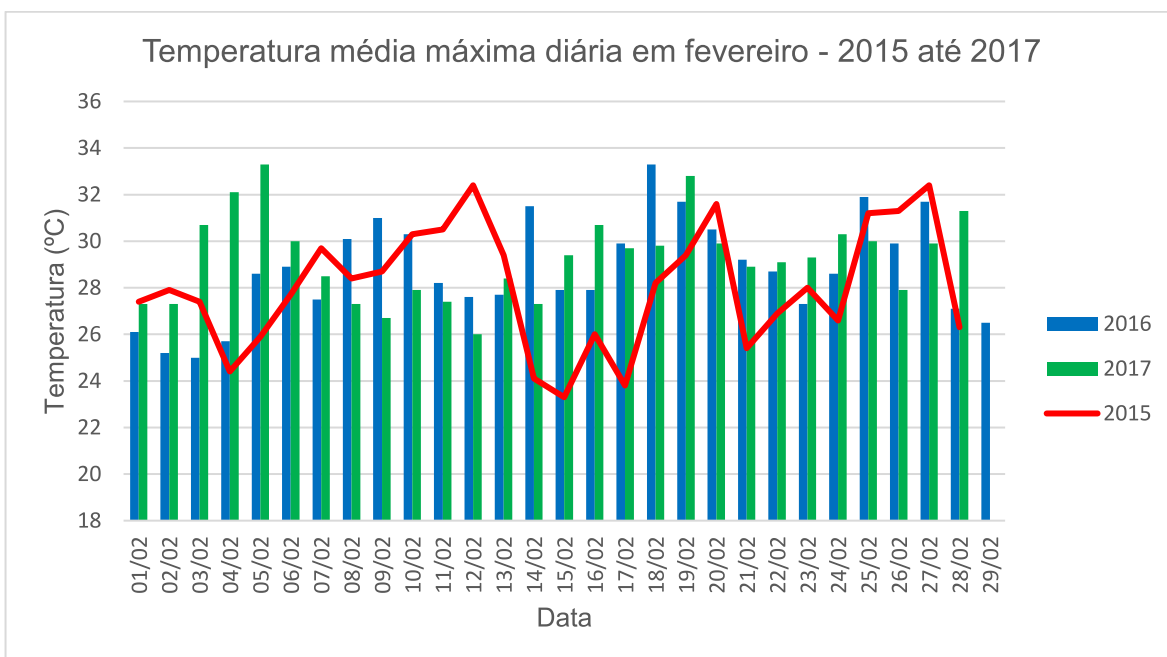


Figura 12: Temperatura diária máxima (°C) de 2015 a 2017, para o mês de fevereiro, na RESEX do Pirajubaé.

No mês de novembro, do ano de 2014, as temperaturas máximas diárias se mostraram dentro do padrão observado nos anos anteriores (Figura 5). Em apenas uma data a temperatura chegou aos 30°C, no dia 22, enquanto que a maior parte

dos dias apresentaram temperaturas oscilando entre os 18°C e os 29°C, o que foi observado nos anos anteriores também, como demonstra a Figura 4. Ainda pode-se notar que as temperaturas mais altas em todo o período observado correspondem aos anos de 2011 e 2012, nos dias 11 e 30, respectivamente.

Na Figura 6, nota-se que as temperaturas em 2014 não diferem do padrão apresentado nos anos a seguir, com uma pequena diferença apenas nos dias 01 e 22. Porém, embora se destaquem no gráfico, esses dias não apresentam temperaturas extremas na comparação com a média mensal.

O mês de dezembro de 2014 apresenta 5 datas com temperaturas superiores aos 30°C, porém nenhuma temperatura ultrapassa os 35°C, como foi observado em 2011, 2012 e 2013. Os meses de 2013 e 2014 apresentaram temperaturas superiores aos demais anos, em diversos momentos do mês, especialmente no início e no final, enquanto que o ano de 2012 apresentou os dias mais quentes, com 5 datas passando dos 35°C, enquanto que em 2014 esse fato não ocorreu (Figura 7).

Em dezembro de 2014 (Figura 8), 5 dias apresentaram temperaturas maiores ou iguais a 30°C, sendo que nenhuma alcançou os 35°C. Em comparação, o ano de 2016 teve mais dias com temperaturas acima dos 30°C (um total de 9), sendo que as temperaturas diárias desses dias foram maiores que as temperaturas diárias acima dos 30°C, em 2015. De maneira geral, os anos de 2016 e 2017 não apresentam temperaturas muito discrepantes com as encontradas em 2014.

Ao analisar a Figura 9, percebe-se que no ano de 2015, em janeiro, não ocorre nenhum valor acima das temperaturas dos anos anteriores. Dentre os dias com temperaturas mais altas, destacam-se os dias 01, 12, 16, 26 e 29, porém, estes dias não são os mais quentes, levando em consideração o histórico dos anos anteriores.

Nos anos de 2015, 2014 e 2013 ocorrem picos de temperaturas mais altas que as apresentadas nos anos anteriores, porém estes picos representam apenas um dia em cada um dos anos citados, não constituindo um fenômeno anormal ou extremo, já que estas temperaturas não ultrapassam os 35°C.

O mês de janeiro de 2015 apresentou temperaturas diárias iguais ou maiores que as de 2016 e 2017 em pelo menos 13 datas, evidenciando ter sido um mês mais quente que os meses de janeiro posteriores, porém, essas temperaturas não apresentaram valores fora do esperado para a estação de verão (Figura 10).

No mês de fevereiro de 2015 as temperaturas se mostraram mais baixas que os anos anteriores, especialmente em comparação aos anos de 2013 e 2014 (Figura 11). Em nenhum dos dias analisados ocorreram temperaturas mais altas que as apresentadas em algum momento dos anos anteriores.

Em comparação com o mês de janeiro, o mês de fevereiro apresentou temperaturas mais baixas, apresentando apenas 7 dias com temperaturas iguais ou superiores aos 30°C enquanto que no mês de janeiro houve 14 dias com temperatura igual ou superior aos 30°C.

As temperaturas diárias de fevereiro, em 2015, não apresentam valores de grande destaque, em comparação aos anos subsequentes. No período analisado na Figura 12, nota-se que apenas 5 datas ultrapassam os 30°C, porém não chegam aos 35°C, situação que se mostra semelhante ao ano de 2016, que apresenta 8 datas acima dos 30°C e 2017, com 8 datas acima dos 30°C.

A Tabela 1 mostra os resultados da Análise de Variância e a Tabela 2 o teste de comparação múltipla de Tukey. Ainda que existam diferenças muito significativas entre os anos estudados já que o valor de F alto torna mais significativo o valor de p ($F= 3,57$; $p= 0,00169$), se observa que estas diferenças só foram encontradas entre os anos de 2010/2011 e 2013/2014; 2011/2012 e 2013/2014 e, por fim, entre 2013/2014 e 2015/2016.

De fato, quando se analisa a soma dos quadrados (SQ) cujo valor total explica a fonte de variação percebe-se que somente cerca de 0,03% dessa variação ocorre entre os diferentes anos e 0,97% acontece dentro dos grupos de 4 meses.

| ANOVA | | | |
|--------------------------|-----------|----------|----------------|
| <i>Fonte da variação</i> | <i>SQ</i> | <i>F</i> | <i>valor-P</i> |
| Entre os anos | 202,942 | 3,56877 | 0,00169 |
| Dentro dos meses | 7894,91 | | |
| Total | 8097,85 | | |

Tabela 1: Análise de variância entre os diferentes grupos de 4 meses analisados, para a variável temperatura média máxima do ar (n=962).

Esse padrão de grande variação dentro dos meses também é semelhante àquele da temperatura diária, o que corrobora ainda mais os dados de MONTEIRO (2001) que versam sobre a influência de frentes frias no clima de Santa Catarina. Segundo o autor, o verão é o período de atuação de massas de ar tropical em Santa Catarina, com temperaturas mínimas em torno dos 20 graus e as máximas

geralmente ultrapassam os 30 graus. Maiores valores ocorrem quando há aproximação de frente fria no estado, em que as temperaturas, em áreas próximas ao litoral, chegam a aproximadamente 33 graus.

A temperatura é um fator importante em estudos de bivalves em geral, inclusive os sobre *A. brasiliiana*. Processos fisiológicos como reprodução e armazenamento de energia em forma de glicogênio (AVEIRO et al., 2011) relacionados com temperatura e estações climáticas são bem descritos (LAVANDER et al. 2014)

Provavelmente a manutenção do banco dos berbigões se manteve devido ao fato do organismo ser euritérmico, resistindo às variações de temperatura diárias observadas dentro dos meses analisados e, inclusive, no ano de 2014 (meses de janeiro e fevereiro) que apresentou a maior média de temperatura, sendo as médias mensais destes meses na casa dos 30°C (Figura 4). Lavander et al. (2011), observaram no estado de Pernambuco, que a temperatura nos pontos amostrados (onde há estoque naturais de berbigão) chegou a mais de 35°C nos meses de verão (dezembro).

| Teste de Tukey | | | | | | | |
|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | Temp. 2010/11 | Temp. 2011/12 | Temp. 2012/13 | Temp. 2013/14 | Temp. 2014/15 | Temp. 2015/16 | Temp. 2016/17 |
| Temp. 2010/11 | | 1 | 0,1426 | 0,02386 | 0,4045 | 1 | 0,8491 |
| Temp. 2011/12 | 0,0771 | | 0,1253 | 0,02005 | 0,3707 | 1 | 0,8225 |
| Temp. 2012/13 | 3,609 | 3,686 | | 0,9951 | 0,9983 | 0,1717 | 0,8761 |
| Temp. 2013/14 | 4,528 | 4,605 | 0,9192 | | 0,9 | 0,03076 | 0,4839 |
| Temp. 2014/15 | 2,853 | 2,93 | 0,7561 | 1,675 | | 0,4574 | 0,992 |
| Temp. 2015/16 | 0,1156 | 0,1927 | 3,493 | 4,412 | 2,737 | | 0,8846 |
| Temp. 2016/17 | 1,847 | 1,924 | 1,761 | 2,681 | 1,005 | 1,732 | |

Tabela 2. Prova de comparação múltipla (Tukey) para as diferenças de temperatura média máxima do ar, nos 7 grupos de 4 meses (n=962).

Desta maneira, ao analisar os dados fornecidos pelo teste de Tukey, verifica-se que os meses em que ocorreu a mortalidade em massa dos berbigões não apresentou diferença estatística em relação a todos os outros períodos estudados, revelando assim um padrão de homogeneidade que permite sugerir que a temperatura não deve ter sido um fator de influência na mortalidade dos

organismos, bem como provavelmente não foi um impeditivo para o repovoamento.

2.3.2 Precipitação

As análises de dados de precipitação seguem as mesmas características adotadas nas análises de temperatura, com a utilização de informações referentes aos anos de 2010 até 2017. A precipitação média mensal busca investigar a ocorrência de um período mais chuvoso, em comparação com os anos anteriores e posteriores ao evento de mortalidade em massa dos berbigões.

Os dados de precipitação foram organizados em gráficos representando os meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro, em que cada gráfico mostra a quantidade diária de precipitação em um dos meses citados. Além disso, foi elaborado um gráfico que representa a média mensal de precipitação, para os meses supracitados.

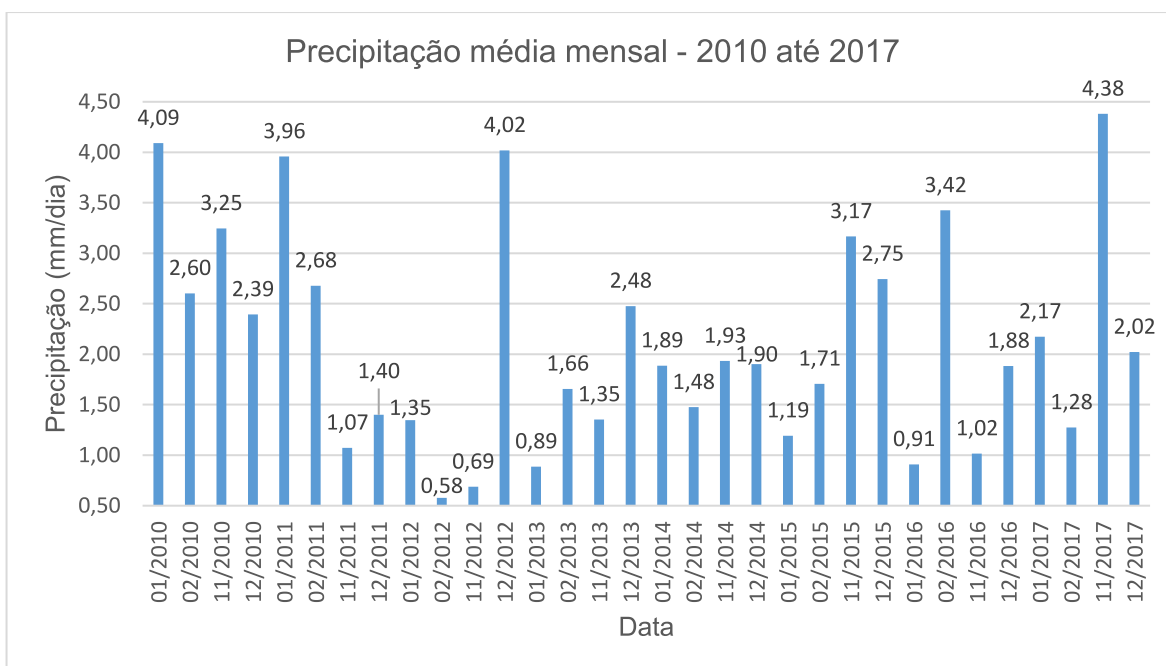


Figura 13: Médias mensais de precipitação (mm) de 2010 a 2017, para os meses de janeiro, fevereiro, novembro e dezembro, na RESEX do Pirajubaé.

Ao observar a Figura 13, percebe-se que os meses com as maiores médias de precipitação foram janeiro (2010), janeiro (2011), dezembro (2012) e novembro (2017). Novembro e dezembro (2014) bem como janeiro e fevereiro (2015), meses em que ocorreu o evento de morte em massa, apresentam valores intermediários

de precipitação, levando em consideração todo o intervalo de tempo analisado.

De maneira geral, o verão apresenta um índice pluviométrico alto, em Santa Catarina. Normalmente, pela manhã existem poucas nuvens, mas a partir da tarde, entre o entardecer e início da noite, a nebulosidade aumenta sendo comum a formação de nuvens do tipo *cumulus* e *cumulonimbus* como manifestação máxima da instabilidade. Ocorrem, então, pancadas de chuvas isoladas “típicas de verão” que são, em parte, responsáveis pelo elevado índice pluviométrico dessa época do ano (MONTEIRO, 2001). Ainda assim, como na análise de temperatura, as médias mensais podem ocultar algum evento de precipitação muito alta, que se perde na análise das médias.

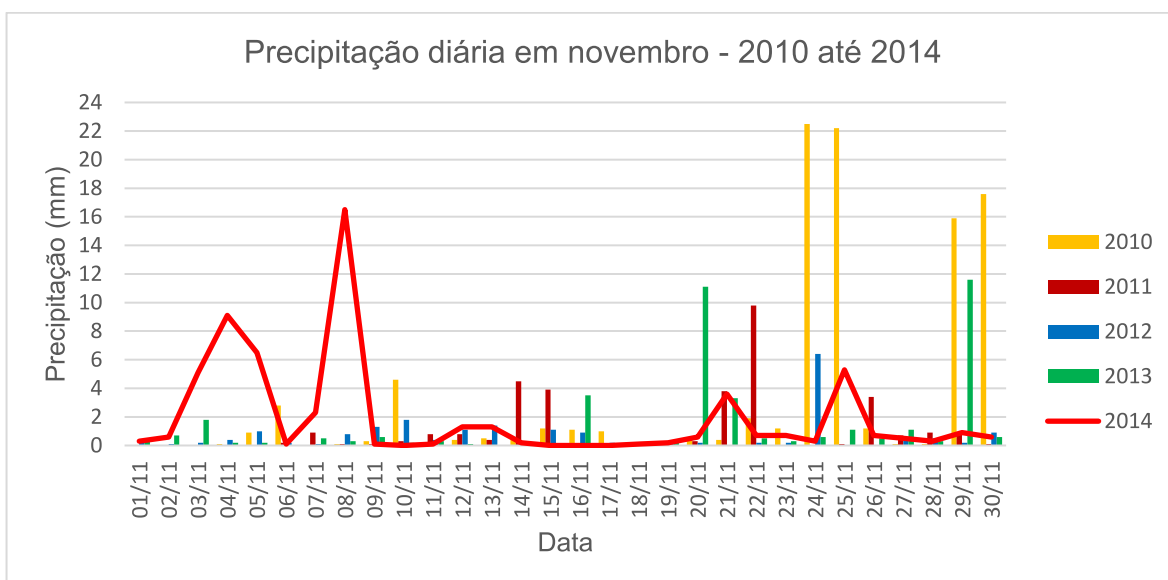


Figura 14: Precipitação diária (mm) de 2010 a 2014, para o mês de novembro, na RESEX do Pirajubaé.

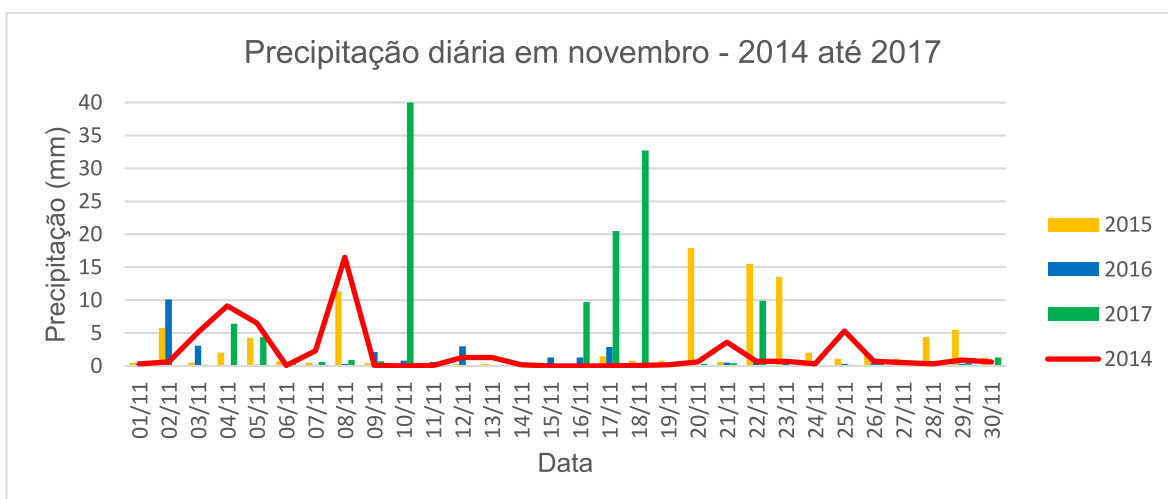


Figura 15: Precipitação diária (mm) de 2014 a 2017, para o mês de novembro, na RESEX do Pirajubaé.

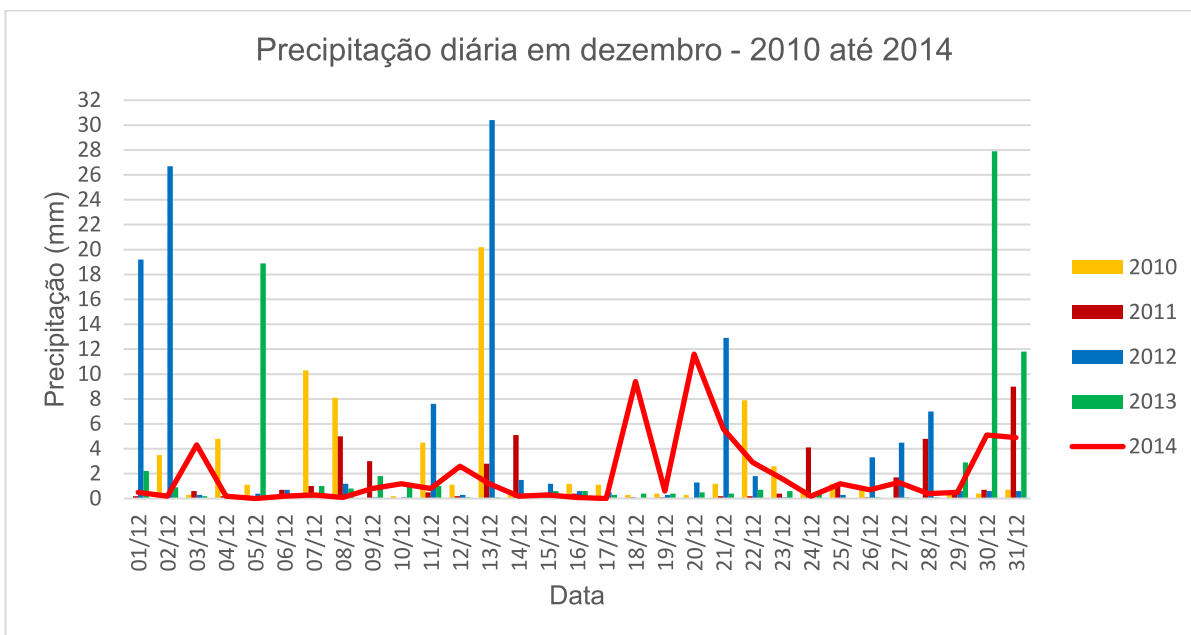


Figura 16: Precipitação diária (mm) de 2010 a 2014, para o mês de dezembro, na RESEX do Pirajubaé.

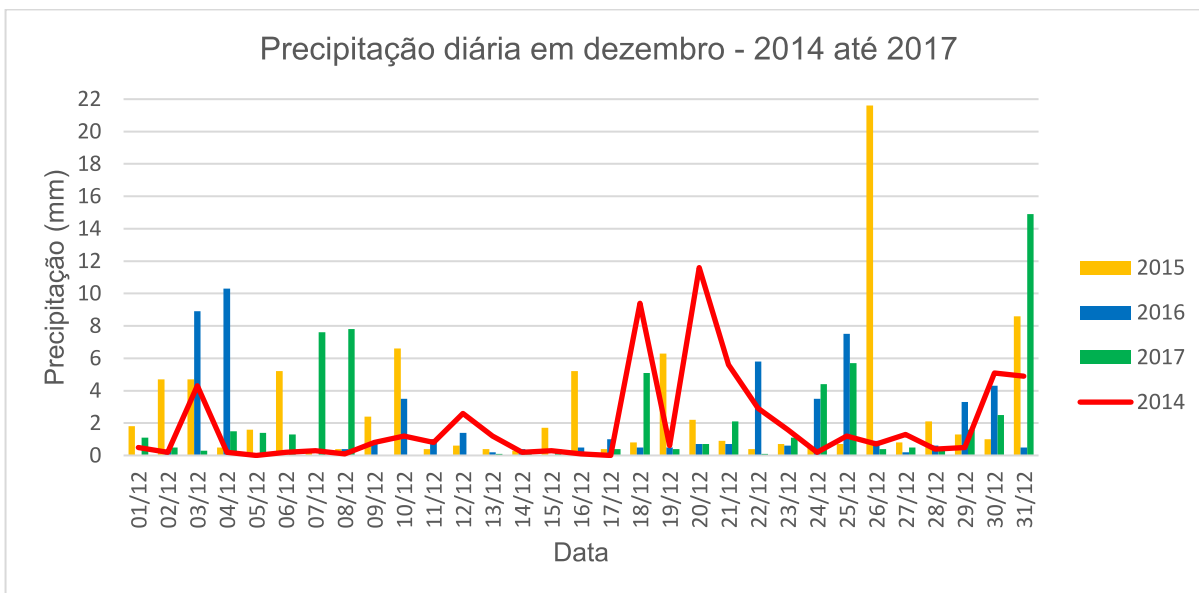


Figura 17: Precipitação diária (mm) de 2014 a 2017, para o mês de dezembro, na RESEX do Pirajubaé.

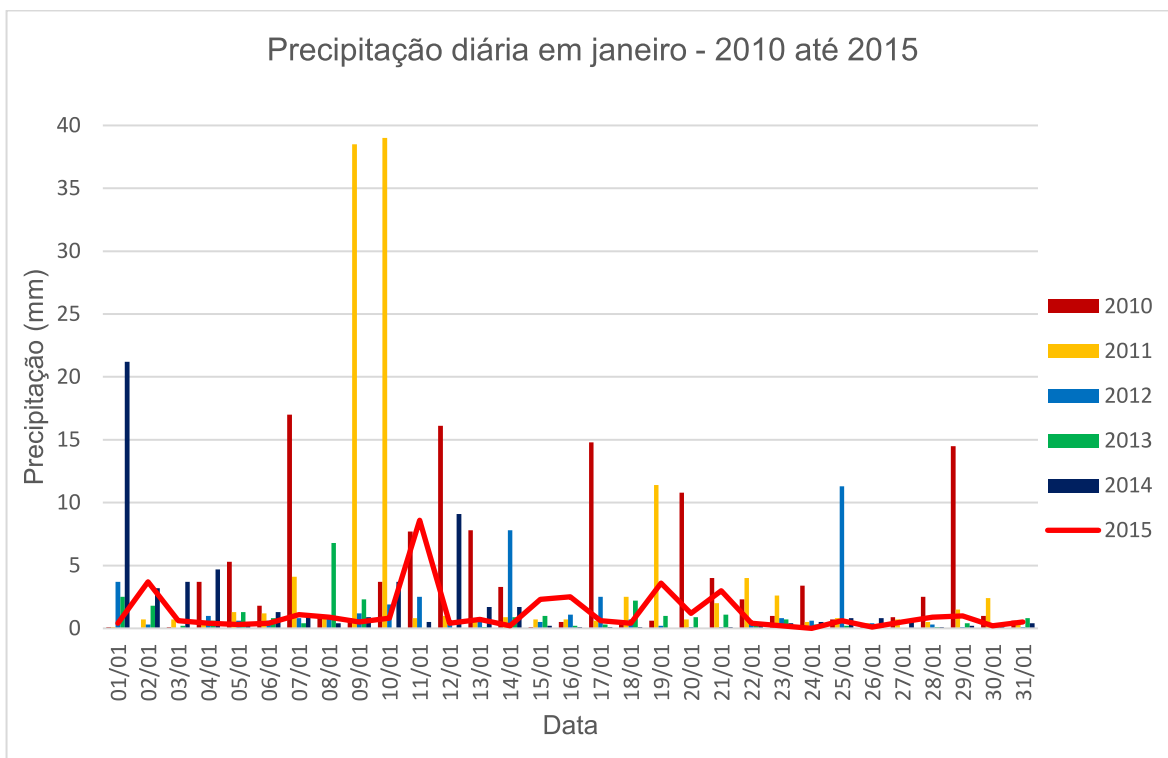


Figura 18: Precipitação diária (mm) de 2010 a 2015, para o mês de janeiro, na RESEX do Pirajubaé.

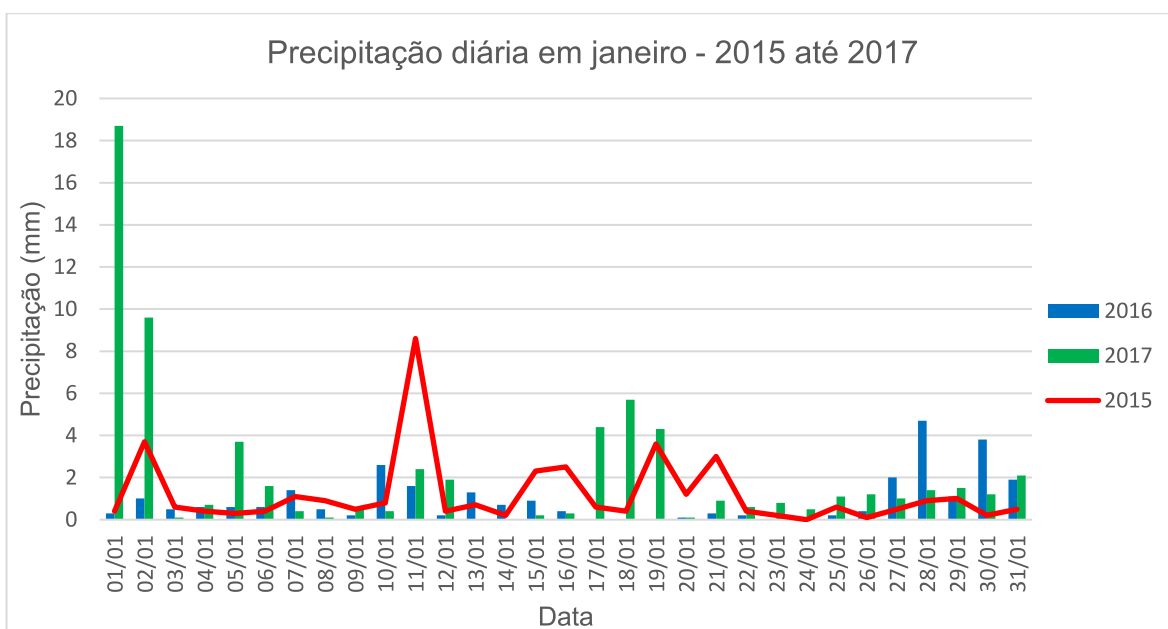


Figura 19: Precipitação diária (mm) de 2015 a 2017, para o mês de janeiro, na RESEX do Pirajubaé.

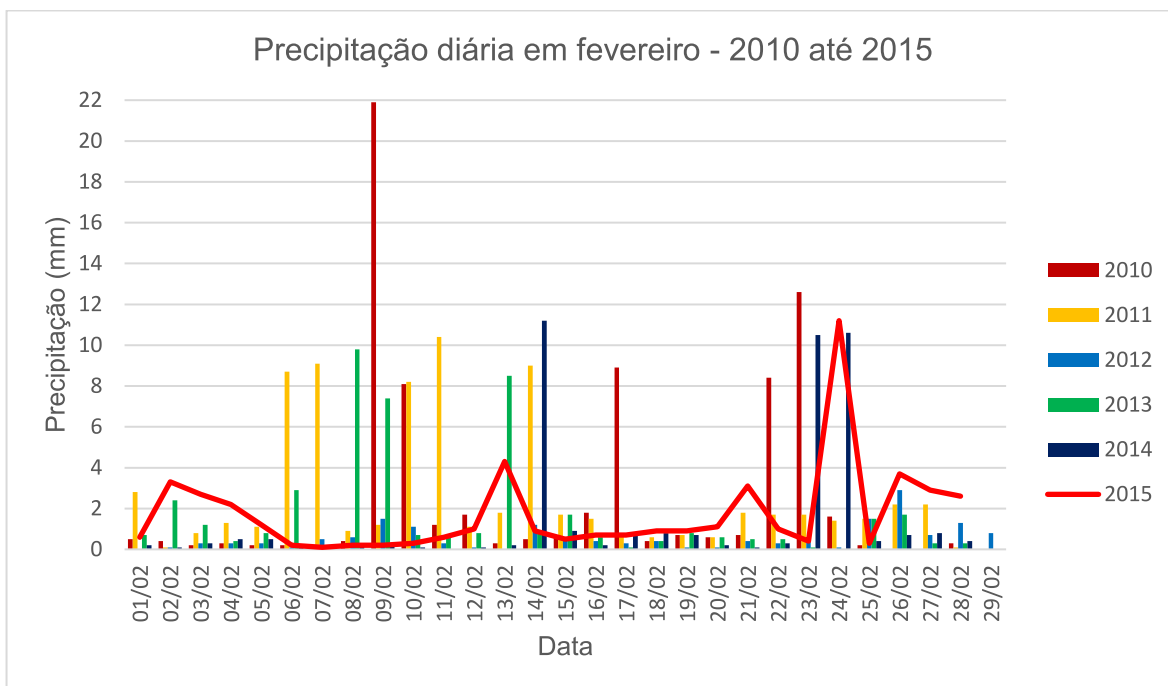


Figura 20: Precipitação diária (mm) de 2010 a 2015, para o mês de fevereiro, na RESEX do Pirajubaé.

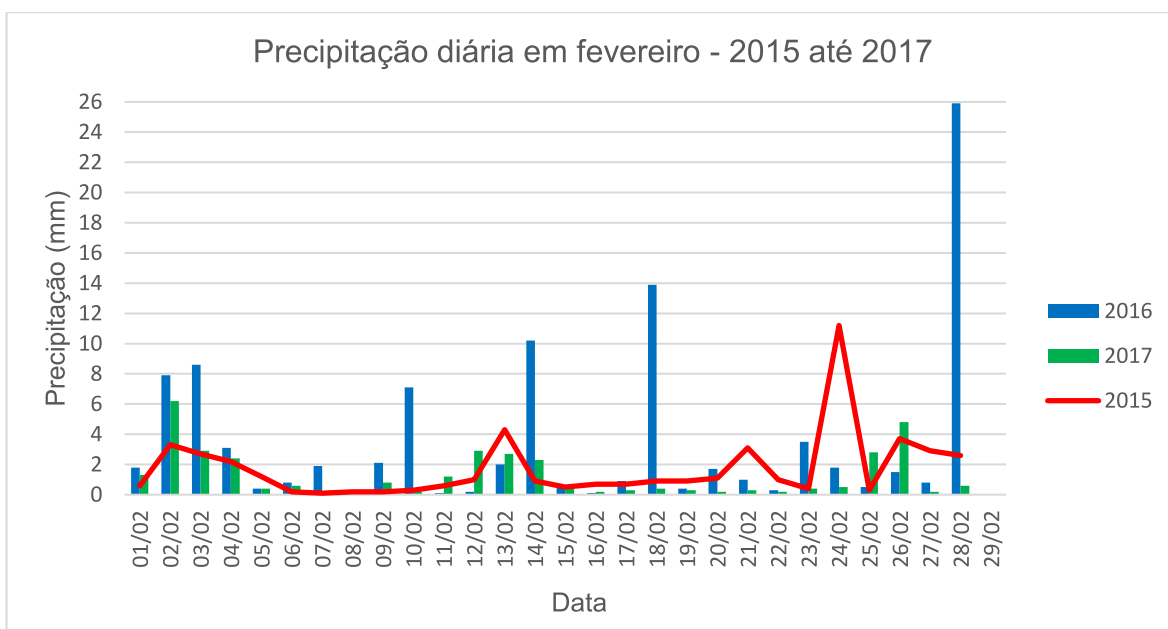


Figura 21: Precipitação diária (mm) de 2015 a 2017, para o mês de fevereiro, na RESEX do Pirajubaé.

No mês de novembro, no ano de 2014 (Figura 14), os dias 04 e 08 apresentaram valores de precipitação elevados em comparação aos mesmos dias

nos outros anos analisados. Porém, apesar dos valores elevados para esse período, os valores de precipitação encontrados no final do mês, especialmente nos anos de 2010 e 2015, apresentam números maiores. Soma-se a isso o fato dos valores de precipitação, nos últimos vinte dias do ano de 2014, se mostrarem próximos ou abaixo aos números de outros anos, para sugerir que não houve influência significativa da precipitação, em novembro, nas populações de berbigões.

Os padrões de precipitação, no mês de novembro, não se mostraram alterados nos anos seguintes ao evento, sem a presença de valores destoantes. De fato, os anos de 2015 e 2017 apresentaram dias de grande carga de chuva, com valores altos se comparados ao ano de 2014. Os únicos dias em que houve um volume considerável de chuvas, em 2014, foram os dias 04, 08 e 25, porém, foram episódios isolados, e com pouca diferença para os anos subsequentes (Figura 15).

No mês de dezembro de 2014, a precipitação apresentou 2 valores de destaque, nos dias 18 e 20. Porém, estes valores são consideravelmente mais baixos em comparação com números observados nos anos de 2010, 2011, 2012, 2013 e 2015 (Figura 16). Especialmente nos anos de 2012 e 2013, houve dias em que a precipitação apresentou valores quase três vezes maiores que os do ano de 2014.

Em comparação com os anos seguintes, as precipitações de dezembro de 2014 apresentaram valores similares, com exceção dos dias 18 e 20, em que se registraram os maiores valores para estas duas datas (Figura 17). Porém, considerando todas as datas do mês, os anos de 2015, 2016 e 2017 apresentaram dias com maior quantidade de chuva que os dias mais chuvosos de 2014.

Em janeiro de 2015, o único dia que apresentou uma precipitação mais elevada foi o dia 11, porém, esse número ainda é pequeno se comparado aos números registrados nos anos de 2010, 2011 e 2014. Especialmente em 2011, ocorreram dois eventos isolados em que a precipitação foi mais de quatro vezes maior que o maior valor de 2015 (Figura 18).

Já em relação aos anos seguintes, janeiro de 2015 não se mostrou atípico, nem apresentou nenhum valor discrepante, sendo no período analisado, o maior valor foi registrado no ano de 2017 (Figura 19).

Ao analisar a Figura 20, nota-se que o mês de fevereiro de 2015 apresentou um número de valor maior que os demais do mês, sendo este no dia 24. Nas demais datas, em sua maioria, apresentam valores maiores que os números dos anos

anteriores, porém sem apresentar uma diferença muito grande, sendo estes números bem próximos. Neste período analisado, os maiores valores de precipitação se encontram nos anos de 2010, 2011, 2013 e 2014.

Nos anos seguintes ao de 2015, no mês de fevereiro, percebe-se que o ano de 2016 apresenta um número de datas com índices altos de precipitação maior que 2015, evidenciando de maneira mais categórica que as chuvas de 2015 não apresentaram nenhum valor anormal (Figura 21).

A precipitação é um fator a ser considerado em regiões de extração e/ou cultivo de bivalves marinhos, haja vista que em determinados casos, períodos com muita chuva podem diminuir a salinidade da água, o que pode alterar as condições fisiológicas e provocar até a morte dos organismos. Isto, levando em consideração que a salinidade é um dos principais fatores ambientais que ordena a distribuição horizontal de invertebrados marinhos que vivem em estuários tropicais, incluído o *A. brasiliiana*, que possui alta tolerância às diversas variações de salinidade (LEONEL et al., 1983), ainda que LIMA et al., 2009 aponte uma tolerância relativamente limitada a salinidades mais baixas.

| ANOVA | | | |
|-------------------|---------|---------|---------|
| Fonte da variação | SQ | F | valor-P |
| Entre os anos | 309,732 | 3,14854 | 0,00465 |
| Dentro dos meses | 13657,5 | | |
| Total | 13967,2 | | |

Tabela 3: Análise de variância entre os diferentes grupos de 4 meses analisados, para a variável precipitação (n=962).

Entretanto, ainda que a análise da variância tenha evidenciado a ocorrência de uma diferença significativa entre as pluviosidades nos diversos anos ($F = 3,14$; $p = 0,00465$) (Tabela 3), ao se analisar os resultados do teste de múltiplas comparações se observa que houve diferença apenas nas precipitações dos anos 2010/2011 em relação àquelas dos anos 2011/2012 (Tabela 4). Todas os demais anos apresentaram igualdade estatística entre si e entre os mencionados anteriormente. Isso pode ser ainda mais evidenciado ao analisarmos os resultados das somas dos quadrados (SQ), que apresentou um valor de aproximadamente 14.000, sendo que apenas cerca de 310 teve relação com a variação entre grupos (anos), o que representa somente cerca de 0,02% da variação interanual da pluviosidade no estudo.

| Teste de Tukey | | | | | | | |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | Precip. 2010/11 | Precip. 2011/12 | Precip. 2012/13 | Precip. 2013/14 | Precip. 2014/15 | Precip. 2015/16 | Precip. 2016/17 |
| Precip. 2010/11 | | 0,003401 | 0,2021 | 0,1895 | 0,1072 | 0,9575 | 0,07153 |
| Precip. 2011/12 | 5,321 | | 0,8189 | 0,8341 | 0,9305 | 0,08123 | 0,9667 |
| Precip. 2012/13 | 3,386 | 1,934 | | 1 | 1 | 0,7961 | 0,9995 |
| Precip. 2013/14 | 3,429 | 1,892 | 0,04284 | | 1 | 0,7793 | 0,9997 |
| Precip. 2014/15 | 3,776 | 1,544 | 0,39 | 0,3472 | | 0,6253 | 1 |
| Precip. 2015/16 | 1,391 | 3,93 | 1,995 | 2,038 | 2,385 | | 0,5193 |
| Precip. 2016/17 | 3,997 | 1,323 | 0,611 | 0,5681 | 0,2209 | 2,606 | |

Tabela 4: Prova de comparação múltipla (Tukey) para as diferenças de precipitação, nos 7 grupos de 4 meses (n=962).

Por outro lado, esses dados confirmam o clima mesotérmico úmido de verão quente, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano. No verão, a intensidade do calor, associada aos altos índices de umidade, favorece a formação de convecção tropical, bandas de nuvens muito desenvolvidas do tipo *cumulonimbus* que resultam em pancadas de chuvas, principalmente no período da tarde (MONTEIRO, 2001). Estas pancadas de chuvas ficam evidentes nos gráficos diários, em que se percebem dias de pouca ou nenhuma chuva intercalados com um ou dois dias de chuvas mais fortes.

Estes mesmos gráficos de pluviosidade apontam a ocorrência de chuvas bem como de períodos em que não chove ou chove pouco, para os diversos anos analisados. Ao analisar esses períodos com o teste de Tukey, percebe-se a homogeneidade entres os diferentes períodos analisados. Desta forma, se nota a característica homogênea da variabilidade, ou seja, todos os verões estudados apresentavam dias sem chuvas intercalados com eventos chuvosos.

Ainda pode-se verificar que os meses que houve a mortalidade em massa dos berbigões, quanto a pluviosidade, não foi estaticamente diferente dos outros anos analisados, não possibilitando assim dizer que as chuvas tenham sido a causadora deste evento. Assim, pode-se perceber que os anos após o evento também apresentaram um padrão homogêneo, o que sugere que a precipitação não foi um fator preponderante para a não recuperação da população de berbigões.

2.3.3 Radiação Solar Global

Os dados de radiação solar global são demonstrados seguindo as mesmas diretrizes utilizadas nos dados de precipitação e temperatura, porém, com um intervalo de tempo menor, já que só haviam dados disponíveis a partir do ano de 2012. Desta maneira, os dados de 2012 até 2017 foram utilizados em uma análise da radiação global mensal média e também em uma análise diária, buscando investigar a ocorrência de eventos de alta incidência de radiação com os anos anteriores e posteriores ao evento de mortalidade em massa dos berbigões.

Os dados de radiação global foram organizados em gráficos representando os meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro, em que cada gráfico mostra o total de radiação acumulada ao longo dos dias, em cada um dos meses citados. Além disso, foi elaborado um gráfico que representa a média mensal de radiação global, para os meses supracitados.

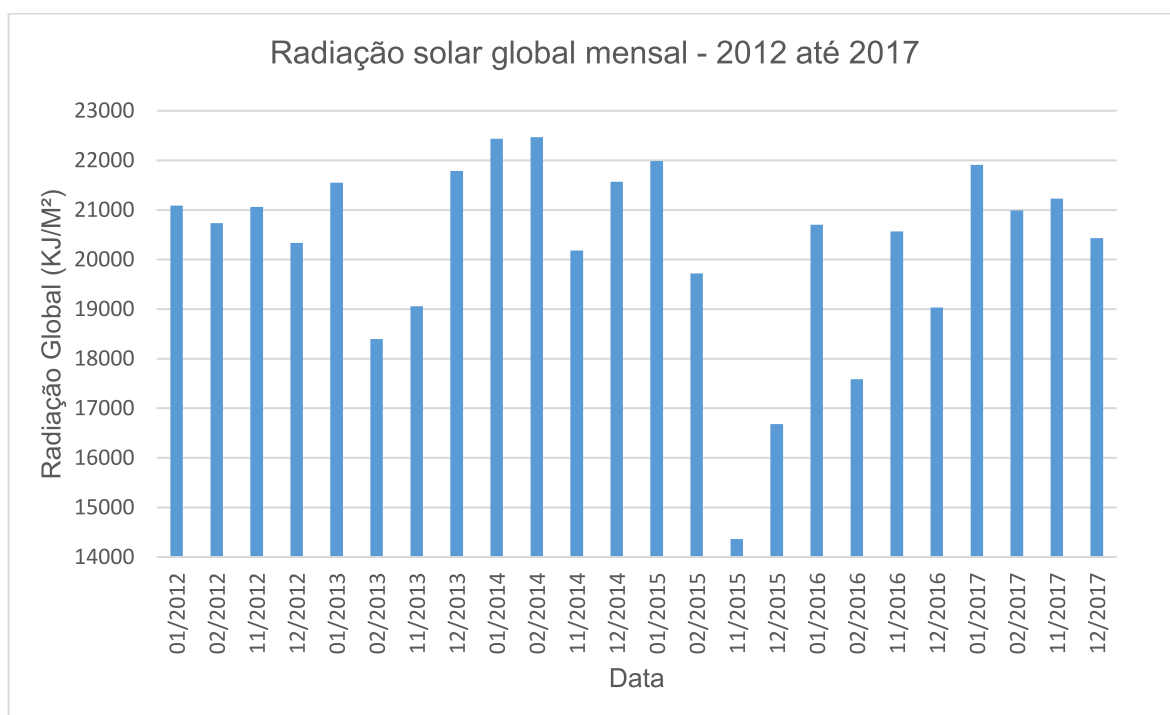


Figura 22: Médias mensais de radiação solar global (KJ/m²) de 2010 a 2017, para os meses de janeiro, fevereiro, novembro e dezembro, na RESEX do Pirajubaé.

A radiação nos meses de verão é naturalmente maior que nos outros meses do ano, tendo como fator que pode alterar as quantidades que atingem a superfície terrestre as nuvens e a natureza da superfície, já que o albedo e a absorção da radiação solar dependem desta. Neste sentido, apesar do grande volume de chuvas

nesta estação, esse fato pouco afeta a quantidade de horas de insolação, pois o predomínio é de nuvens cumuliformes (isoladas), que se intensificam mais pela tarde (MONTEIRO, 2001)

Nos meses analisados, percebe-se que o mês de janeiro apresenta uma quantidade maior de radiação global, porém sem apresentar um valor muito diferente, dos meses de novembro, dezembro e fevereiro (Figura 22). Neste sentido, nota-se que no ano de 2014, o mês de dezembro apresentou um valor médio semelhante ao mês de janeiro de 2015, ao passo que o mês de fevereiro de 2015 apresentou um valor semelhante ao mês de novembro de 2014.

Comparando o período de interesse para a mortalidade em massa do início do ano de 2015, percebe-se que os meses de dezembro de 2014, bem como os meses de janeiro e fevereiro de 2015 receberam uma quantidade menor de radiação global se comparado ao período anterior (dezembro de 2013, além de janeiro e fevereiro de 2014), com exceção do mês de novembro, tendo em vista que em 2014 a radiação global média foi maior que em 2013. Os períodos subsequentes (2015 e 2016) apontam uma queda na quantidade de radiação, porém o ano de 2017 apresentam um patamar parecido com o que se mostra no início da série de dados, com valores maiores.

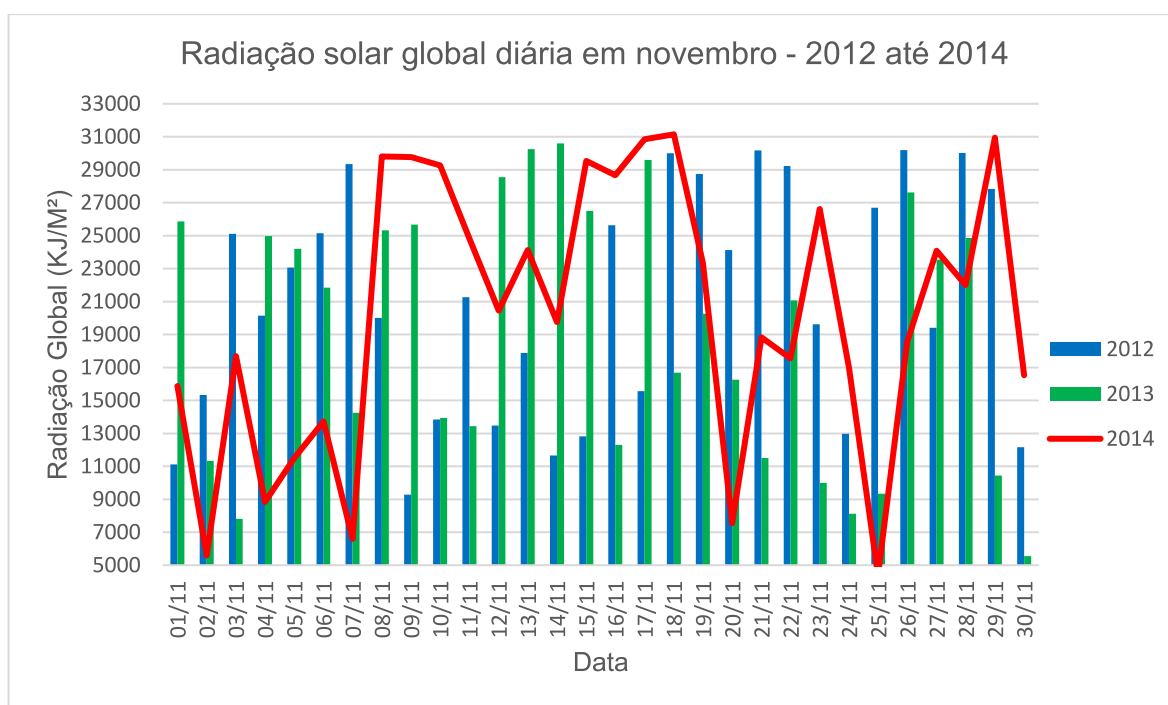


Figura 23: Radiação solar global diária (KJ/m²) de 2012 a 2014, para o mês de novembro, na RESEX do Pirajubaé.

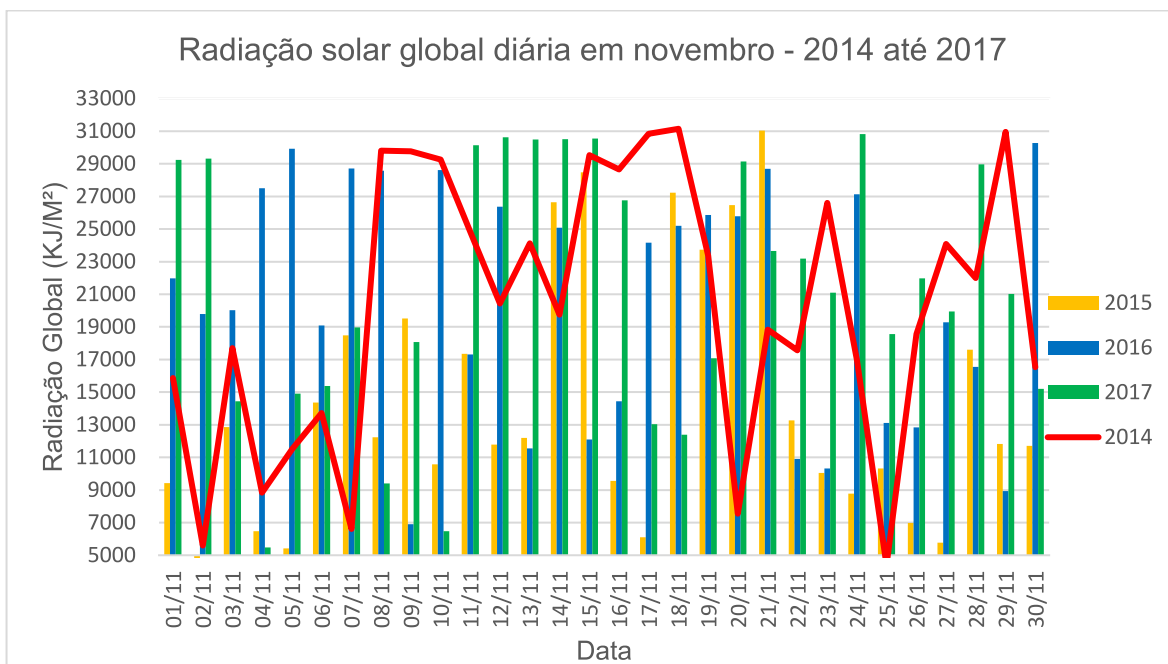


Figura 24: Radiação solar global diária (KJ/m²) de 2014 a 2017, para o mês de novembro, na RESEX do Pirajubaé.

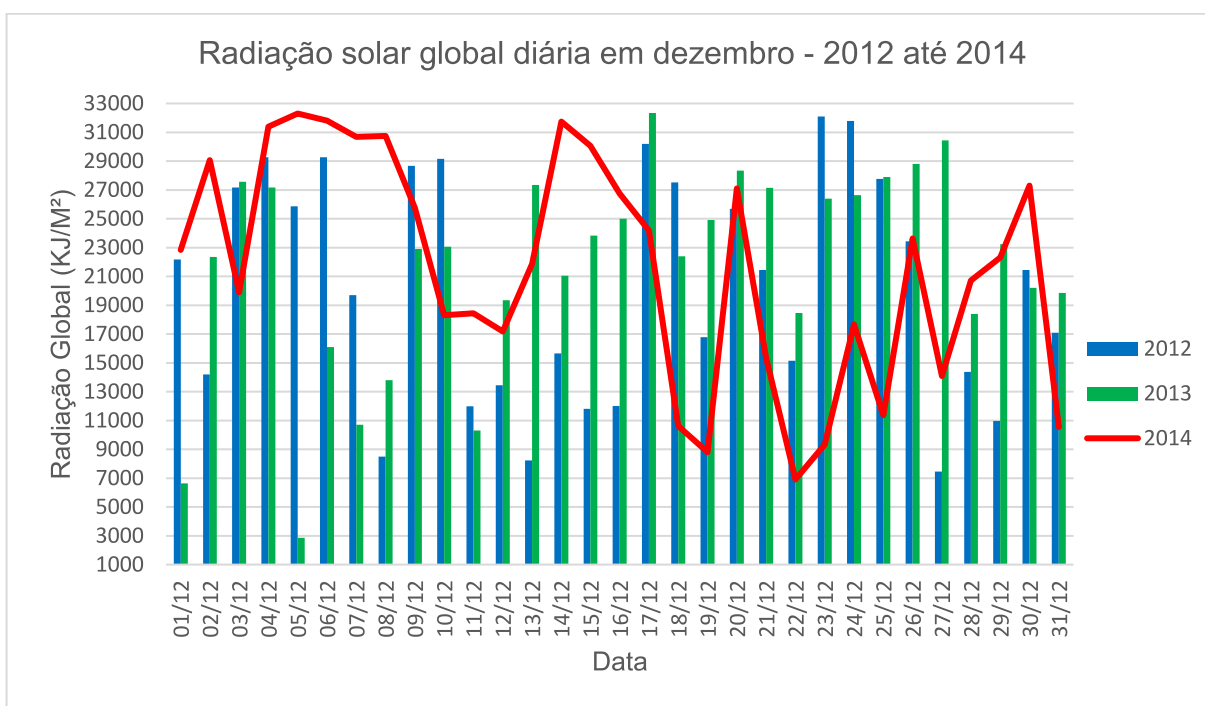


Figura 25: Radiação solar global diária (KJ/m²) de 2012 a 2014, para o mês de dezembro, na RESEX do Pirajubaé.

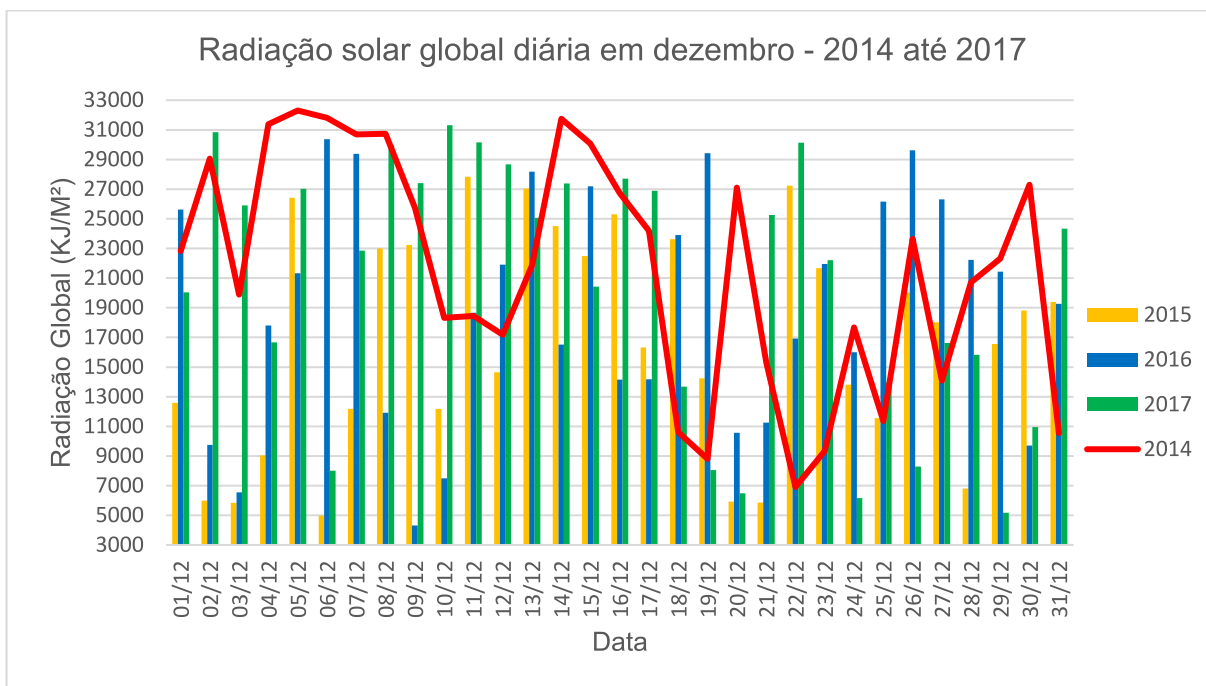


Figura 26: Radiação solar global diária (KJ/m²) de 2014 a 2017, para o mês de dezembro, na RESEX do Pirajubaé.

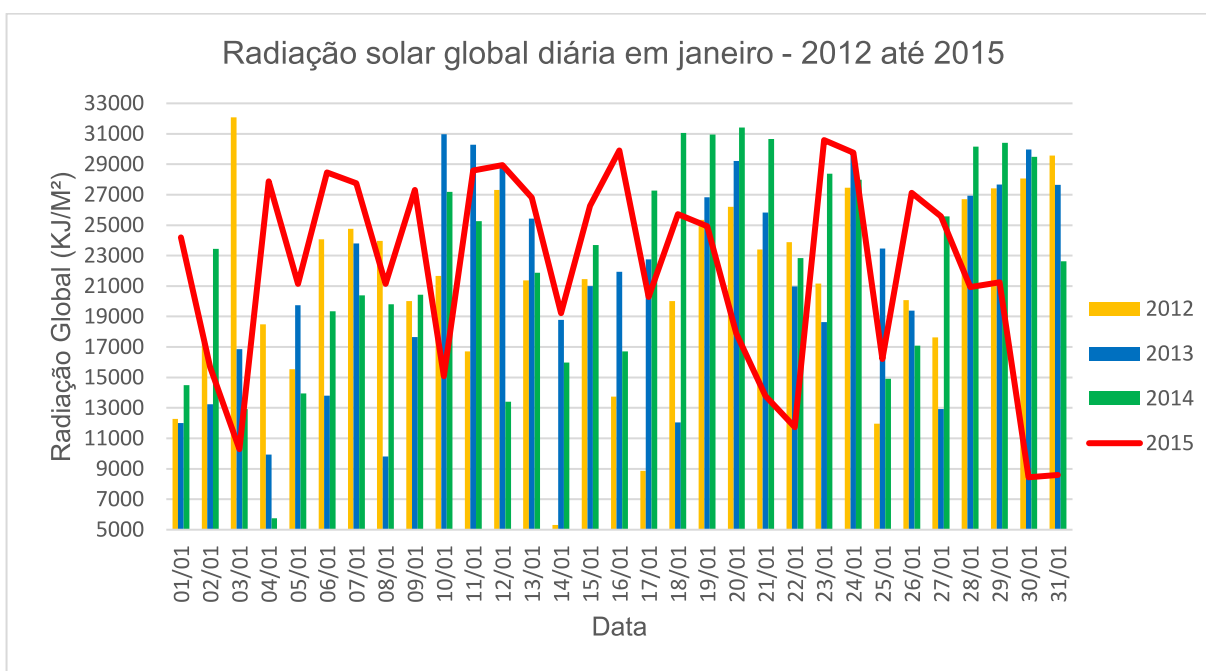


Figura 27: Radiação solar global diária (KJ/m²) de 2012 a 2015, para o mês de janeiro, na RESEX do Pirajubaé.

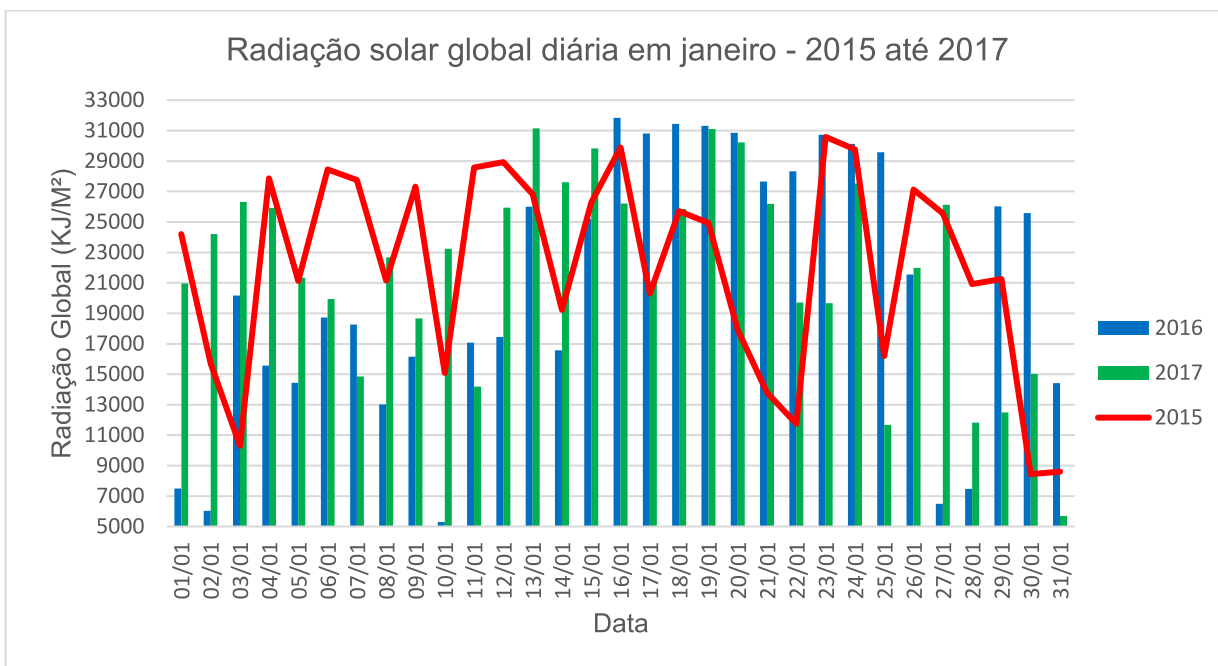


Figura 28: Radiação solar global diária (KJ/m²) de 2015 a 2017, para o mês de janeiro, na RESEX do Pirajubaé.

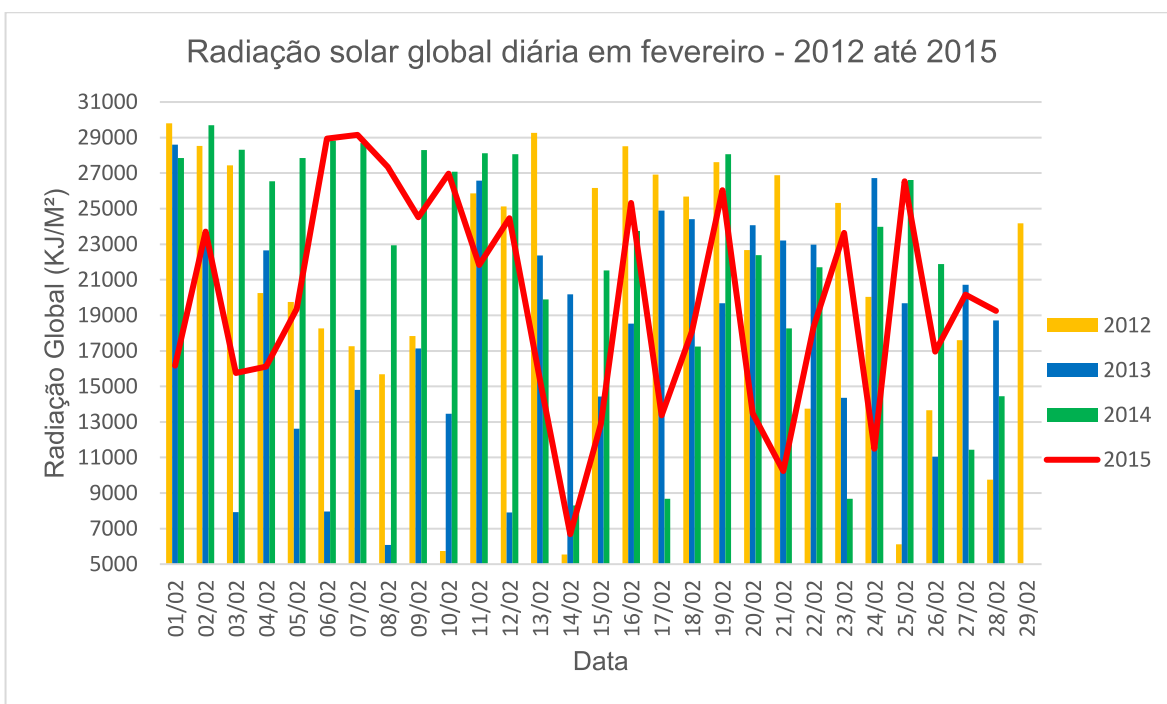


Figura 29: Radiação solar global diária (KJ/m²) de 2012 a 2015, para o mês de fevereiro, na RESEX do Pirajubaé.

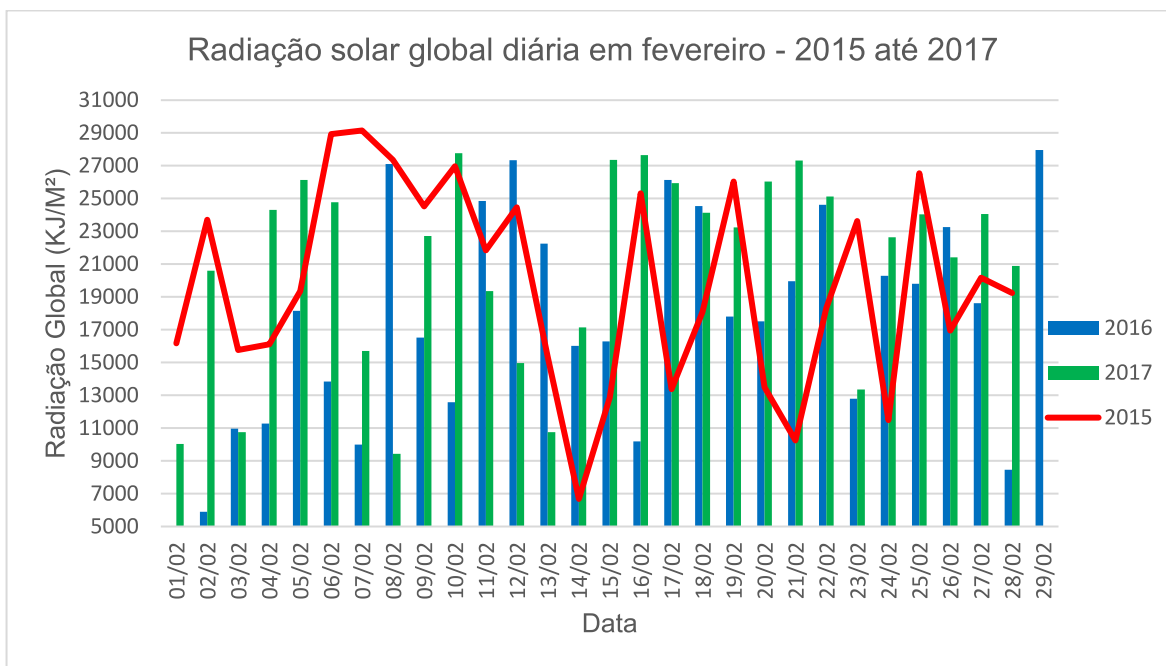


Figura 30: Radiação solar global diária (KJ/m²) de 2015 a 2017, para o mês de fevereiro, na RESEX do Pirajubaé.

No mês de novembro de 2014, a radiação global acumulada ao longo do dia apresenta patamares similares aos observados nos anos anteriores. Não ocorreram dias com valores que possam ser considerados extremos, levando em consideração essa semelhança observada em relação aos anos anteriores. Cabe ressaltar que o dia com maior radiação global foi em novembro de 2014 (dia 18), porém houveram vários outros dias, nos três anos analisados, com valores muito próximos ao do dia 18 (Figura 23).

As quantidades de radiação global acumulada ao longo dos dias, nos anos posteriores ao evento, também não apresentam valores que sejam discrepantes em relação ao cenário geral. O ano de 2014 apresentou alguns valores mais altos, em comparação aos anos seguintes em alguns dias, mas esses anos também apresentaram dias com maiores valores em comparação a 2014, tendo apenas o ano de 2017 apresentado um maior número de dias com um valor de radiação alta, em relação aos outros anos (Figura 24).

No começo do mês de dezembro, no ano de 2014, no intervalo entre os dias 04 e 08, bem como no dia 14 e no dia 30, ocorreram os maiores valores de radiação global. Porém, os anos de 2012 e 2013 apresentaram valores tão grande e até maiores que os de 2014, porém na porção final do mês (Figura 25).

Na comparação com os anos seguintes, percebe-se que ocorre um padrão

semelhante ao observado em novembro. O ano de 2014 possui alguns dias com maior radiação global acumulada, porém os anos seguintes apresentam dias com valores próximos aos de 2014, especialmente o ano de 2017. Ainda que o ano de 2014 apresente dias com os maiores valores de radiação, estes dias não apresentam valores de grande destaque frente aos outros analisados (Figura 26).

Dentre todos os dias de janeiro, nos anos de 2012 até 2015, o ano de 2014 se destaca, com a maior quantidade de dias em que a radiação global ultrapassou os 30000 KJ/M² (6 dias), enquanto que janeiro de 2015 apresentou apenas um dia com radiação global maior que os 30000 KJ/M² (Figura 27).

O ano de 2012 apresentou o maior valor desta série analisada, porém, sem se destacar muito em relação aos demais. Neste sentido, os anos de 2012, 2013 e 2014 apresentaram dias com valores maiores que o maior valor de radiação global visto em janeiro de 2015.

Em relação aos períodos subsequentes a janeiro de 2015, houve dias em que a radiação global apresentou maiores valores que o dia de maior valor de 2015. Especialmente entre os dias 17 e 22, os valores de radiação global em 2016 e 2017 foram notoriamente maiores. Porém entre os dias 05 e 09, os valores de 2015 foram maiores, mas em nenhum dos dois recortes citados houve uma diferença que aparente ser extrema (Figura 28).

Em fevereiro de 2015, a radiação global apresentou valores altos e baixos em sequência, do meio para o final do mês. Ainda assim, esses valores não se destacam frente aos valores dos anos anteriores e nem aos valores do mês de janeiro de 2015, sendo, na maioria dos dias, inferiores (Figura 29).

Os maiores valores de radiação global pertencem aos anos de 2012 e 2014, porém, sem apresentar grande discrepância para o maior valor de 2015. Do dia 06 ao dia 10, os valores de 2015 foram notadamente maiores que 2012 e 2013, porém muito próximos aos de 2014.

Comparando fevereiro de 2015 com 2016 e 2017, no ano de 2015 foram registrados os dois dias de maior radiação global desta série. Porém, Estes valores são muito próximos dos valores máximos dos anos seguintes, não aparentando haver uma diferença muito significativa. Nota-se que o ano de 2016 possui vários dias de radiação global mais baixa, comparando-se com 2015, enquanto que o ano de 2017 apresentou uma quantidade maior de dias com radiação global alta, também na comparação com 2015.

| ANOVA | | | |
|-------------------|-------------|---------|-------------|
| Fonte da variação | SQ | F | valor-P |
| Entre os anos | 1294355099 | 6,17183 | 0,000071848 |
| Dentro dos meses | 31195839258 | | |
| Total | 32490194356 | | |

Tabela 5: Análise de variância entre os diferentes grupos de 4 meses analisados, para a variável radiação solar global (n=722).

A tabela 5 mostra os resultados da Análise de Variância da radiação enquanto que a tabela 6 apresenta o teste de comparação múltipla de Tukey. Como observado, existe diferença extremamente significativa entre os anos estudados ($F=6,17$; $p < 0,001$). Ao se fazer a análise de Tukey, nota-se que estas diferenças foram encontradas entre os anos de 2012/2013 e 2015/2016; 2013/2014 e 2015/2016; 2014/2015 e 2015/2016 e, finalmente, entre 2015/2016 e 2016/2017.

Esses dados revelam que houve uma manutenção dos valores de radiação entre os diversos anos, sendo que aqueles que apresentaram diferença, ora apresentaram mais radiação, ora menos radiação. Isto corrobora o trabalho de Monteiro (2001), que afirma que apesar do grande volume de chuvas nesta estação, pouco afeta a quantidade de horas de insolação, pois o predomínio é de nuvens cumuliformes (isoladas), que se intensificam mais pela tarde.

| Teste de Tukey | | | | | |
|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | Radiação 2012/13 | Radiação 2013/14 | Radiação 2014/15 | Radiação 2015/16 | Radiação 2016/17 |
| Radiação 2012/13 | | 0,7915 | 0,9809 | 0,00822 | 0,9991 |
| Radiação 2013/14 | 1,596 | | 0,9793 | 0,000097 | 0,907 |
| Radiação 2014/15 | 0,7891 | 0,8065 | | 0,00107 | 0,9982 |
| Radiação 2015/16 | 4,707 | 6,303 | 5,496 | | 0,003351 |
| Radiação 2016/17 | 0,3622 | 1,233 | 0,427 | 5,069 | |

Tabela 6: Prova de comparação múltipla (Tukey) para as diferenças de radiação solar global, nos 5 grupos de 4 meses (n=722).

A radiação foi obtida para se fazer uma correlação entre essa variável com a temperatura do sedimento que, em períodos de maré baixa, estaria exposto. Nessa hipótese, maiores radiações causariam maiores temperaturas e estas por sua vez, causariam mais estresse fisiológico como dessecação, especialmente em indivíduos juvenis (ARAÚJO & ROCHA-BARREIRA, 2004). Porém, a análise

estatística não demonstrou esse cenário, tendo em vista que os anos que se mostraram diferentes não são relacionados com a época da morte em massa dos berbigões.

Além disso, para se considerar a influência da radiação, seria necessária a presença de algum fenômeno nas outras variáveis observadas, já que NARCHI (1972) observou que estes animais se enterram muito rapidamente no sedimento durante as marés baixas, o que diminui riscos de choque térmico e dessecação, além de ter relatado que os berbigões apresentam retenção da capacidade de mobilidade horizontal o que pode permitir migrações nas faixas entremarés para áreas com menor adversidade ambiental.

2.3.4 Maré baixa

Os dados de maré baixa foram coletados de acordo com o mesmo período das variáveis anteriores. Estes dados foram utilizados para realizar análises diárias bem como para se observar a média mensal, objetivando perceber a possível presença de alguma maré anormal nos anos anteriores e posteriores ao evento de mortalidade em massa dos berbigões.

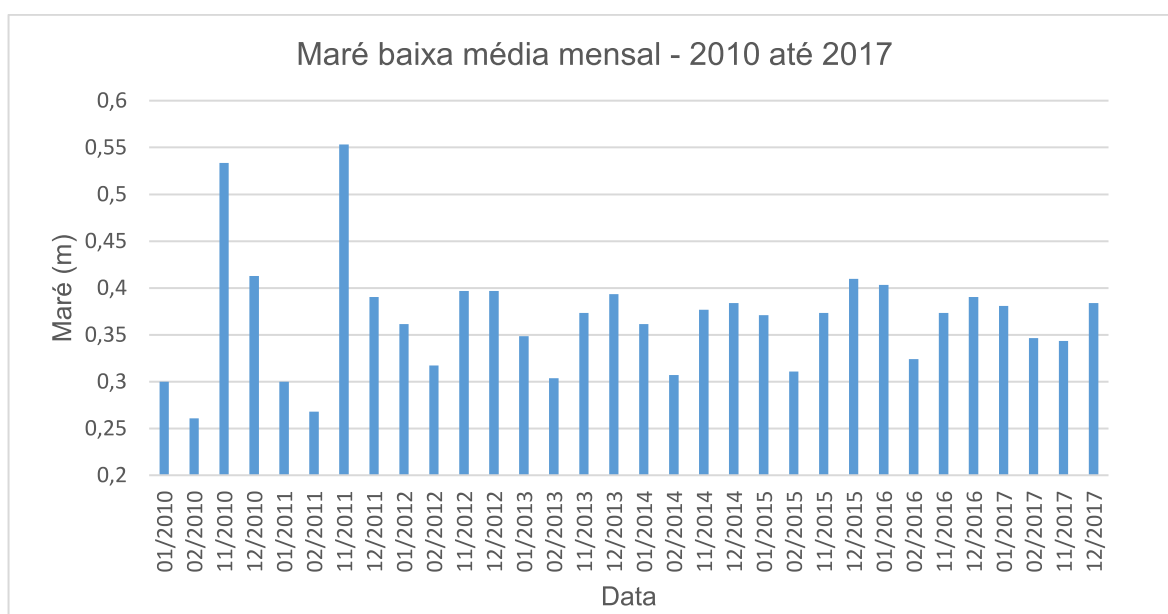


Figura 31: Médias mensais de maré baixa (m) de 2010 a 2017, para os meses de janeiro, fevereiro, novembro e dezembro, na RESEX do Pirajubaé.

Os dados de maré baixa foram organizados em gráficos representando os meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro, em que cada gráfico mostra o

valor mínimo de maré no dia em questão, tendo em vista que a exposição à radiação solar em um período de maré baixa poderia ser um possível fator de influência na mortalidade dos berbigões. Além disso, foi elaborado um gráfico que representa a média mensal das menores marés, para os meses supracitados.

Nos meses analisados, nota-se que as marés apresentam um padrão, apresentando apenas dois pontos que destoam dos demais, porém estes se mostram distantes do ano em que houve o evento de morte em massa, já que ocorrem em novembro de 2010 e de 2011 (Figura 31). Percebe-se também, uma ligeira tendência de queda no nível das menores marés com o passar do tempo. Porém, como esta situação pode ser causada por algum evento esporádico, não é possível obter maiores conclusões sem uma análise mais profunda dos dados diários.

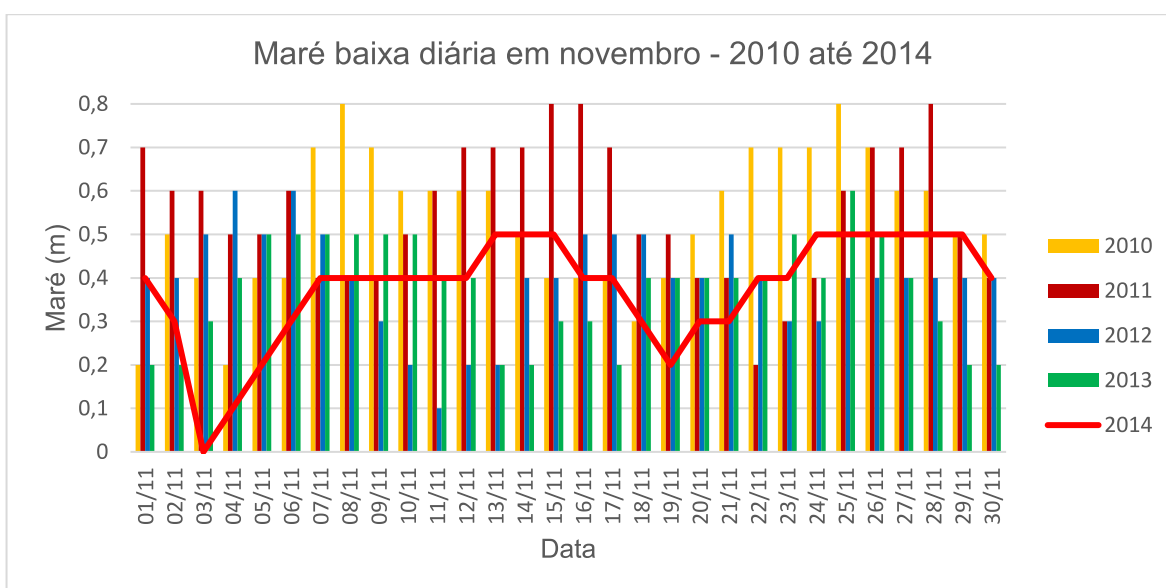


Figura 32: Maré baixa diária (m) de 2010 a 2014, para o mês de novembro, na RESEX do Pirajubaé.

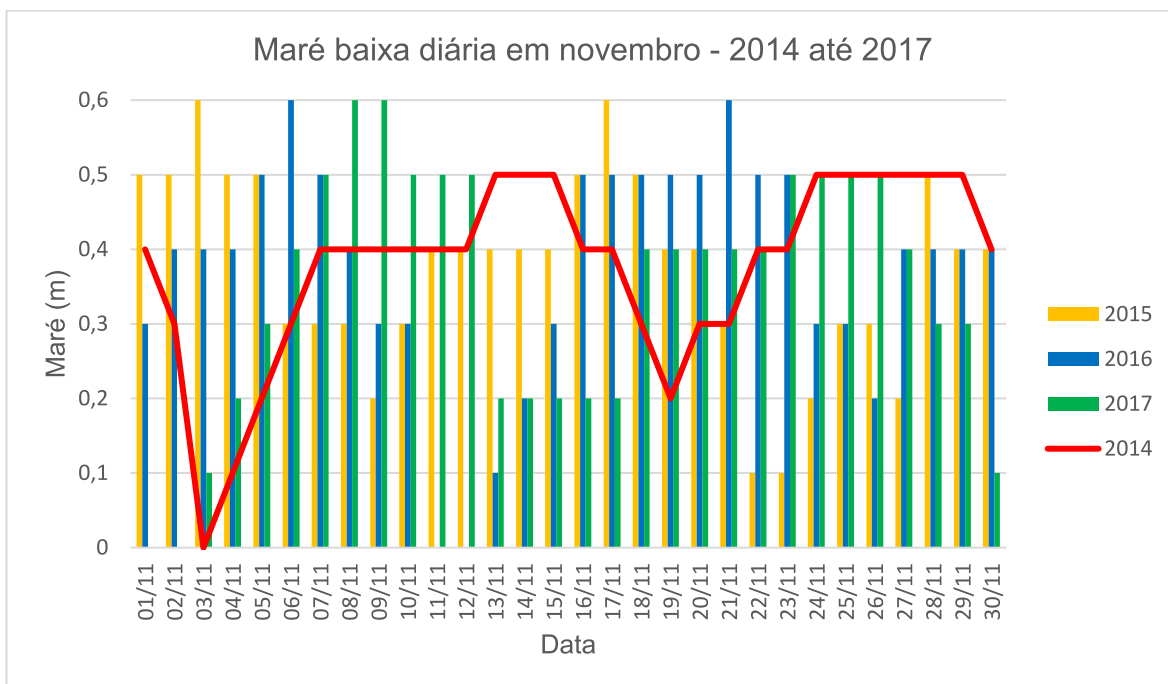


Figura 33: Maré baixa diária (m) de 2014 a 2017, para o mês de novembro, na RESEX do Pirajubaé.

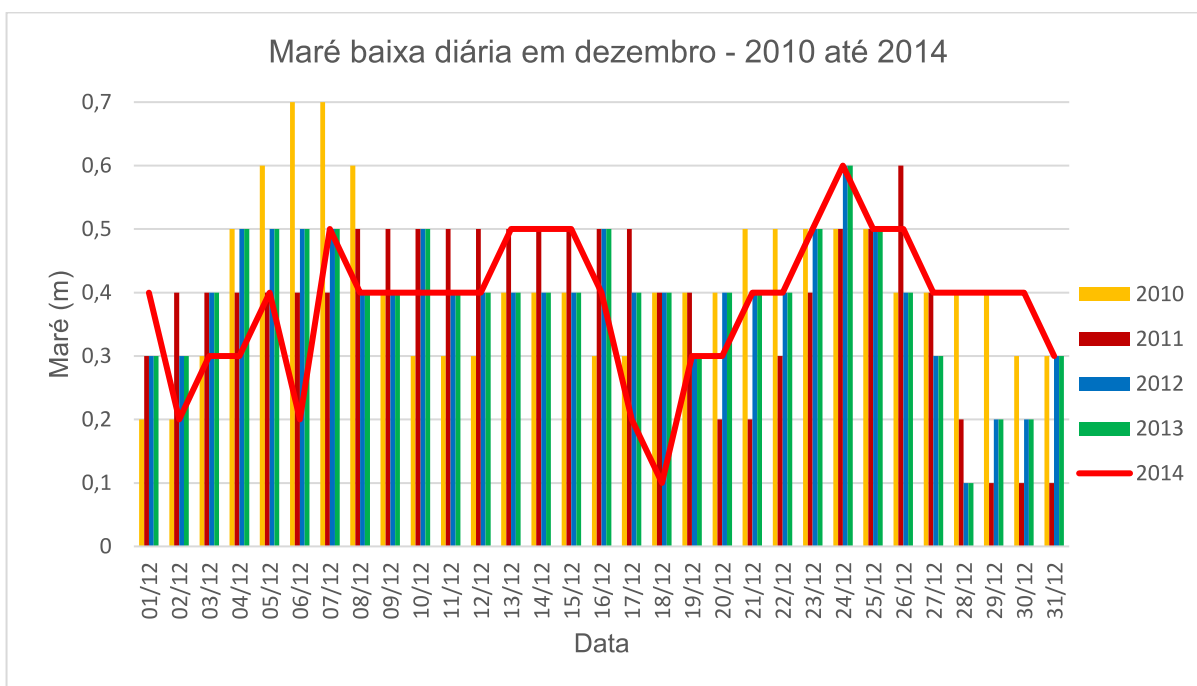


Figura 34: Maré baixa diária (m) de 2010 a 2014, para o mês de dezembro, na RESEX do Pirajubaé.

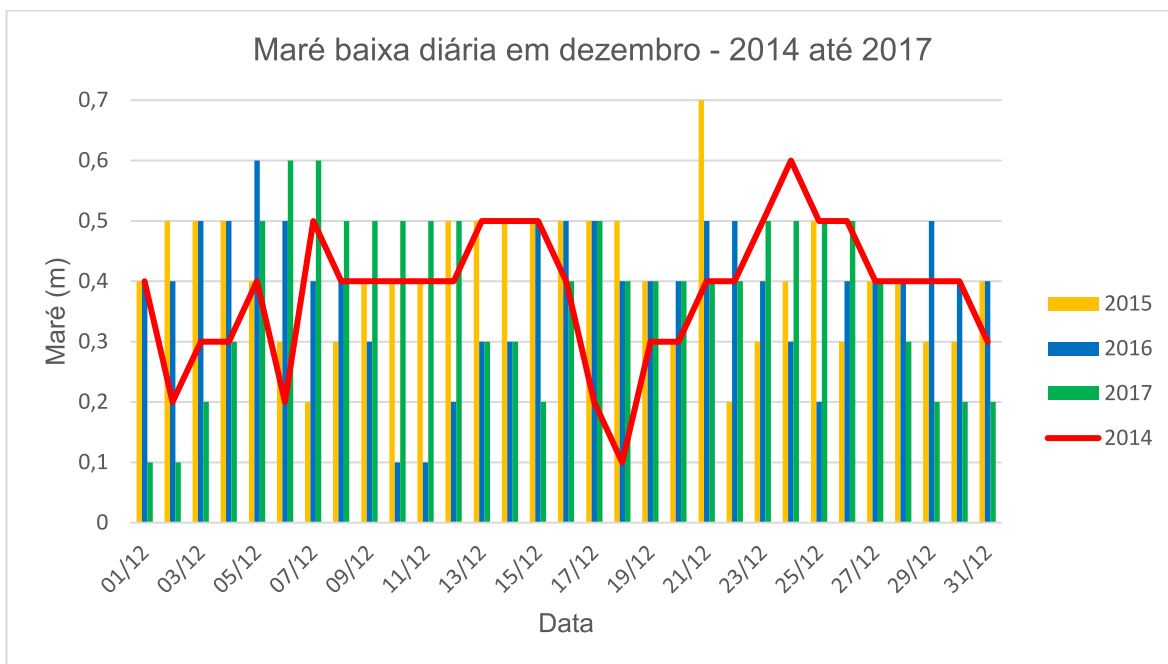


Figura 35: Maré baixa diária (m) de 2014 a 2017, para o mês de dezembro, na RESEX do Pirajubaé.

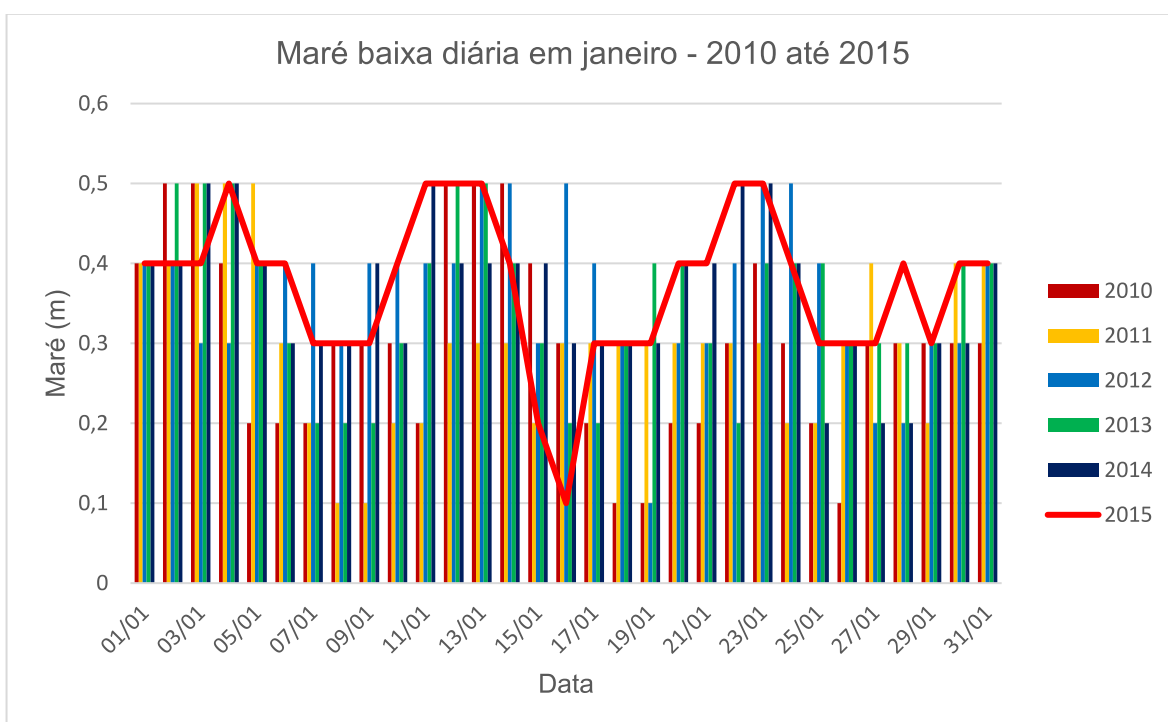


Figura 36: Maré baixa diária (m) de 2010 a 2015, para o mês de janeiro, na RESEX do Pirajubaé.

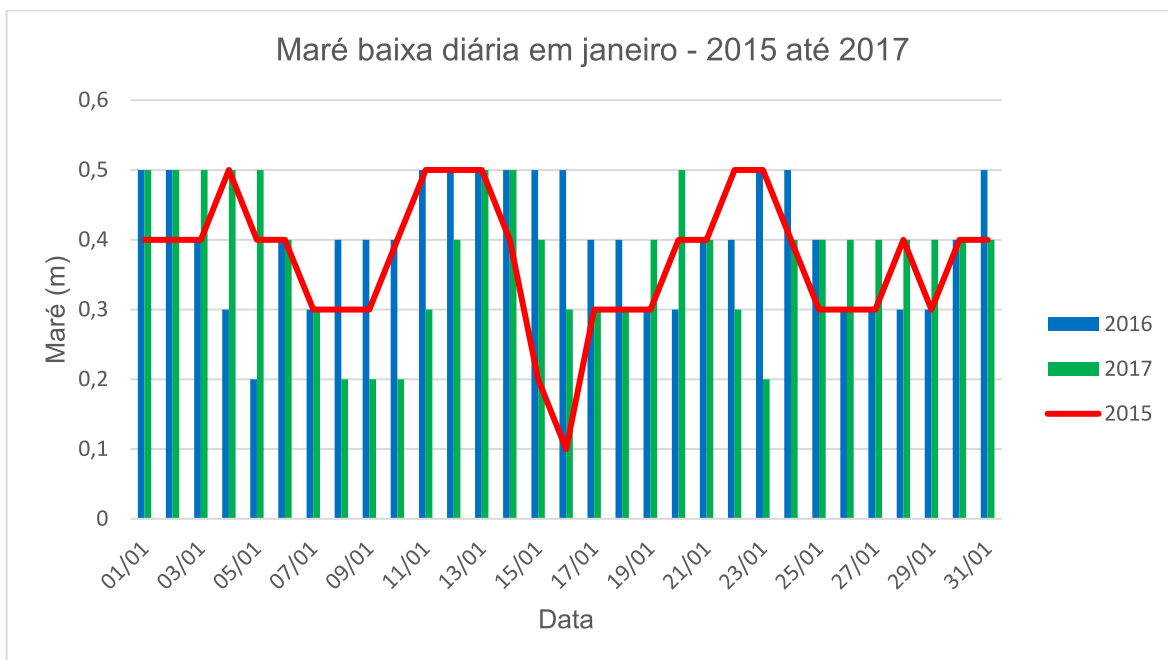


Figura 37: Maré baixa diária (m) de 2015 a 2017, para o mês de janeiro, na RESEX do Pirajubaé.

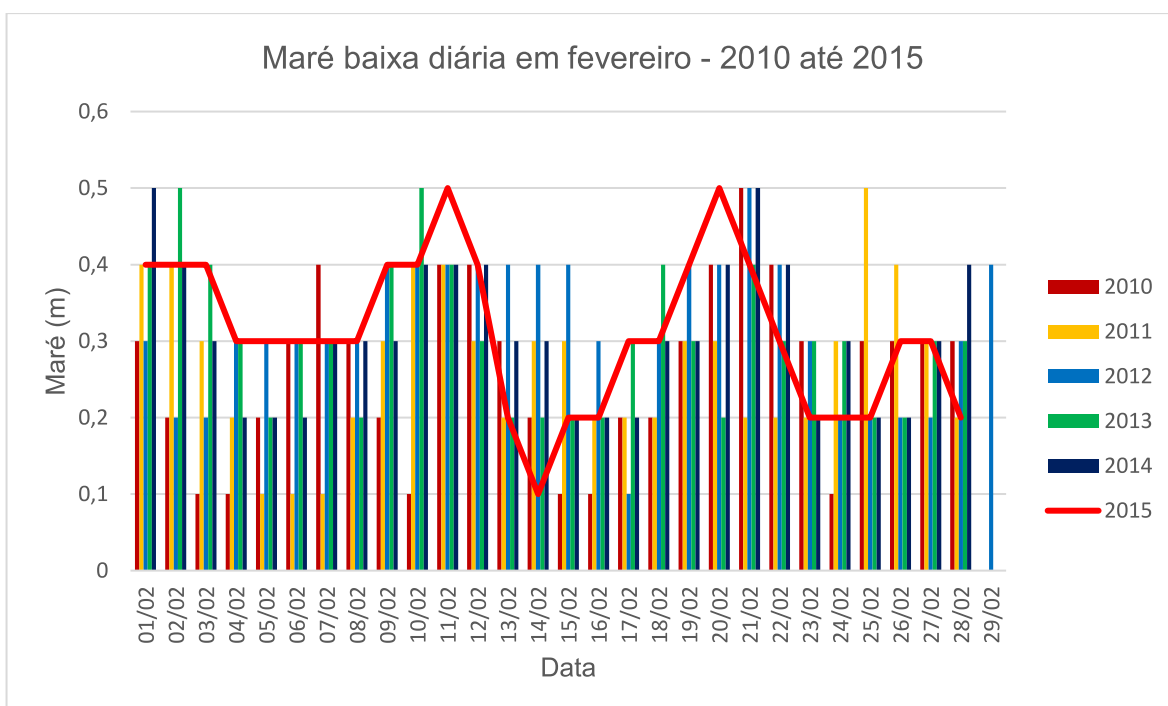


Figura 38: Maré baixa diária (m) de 2010 a 2015, para o mês de fevereiro, na RESEX do Pirajubaé.

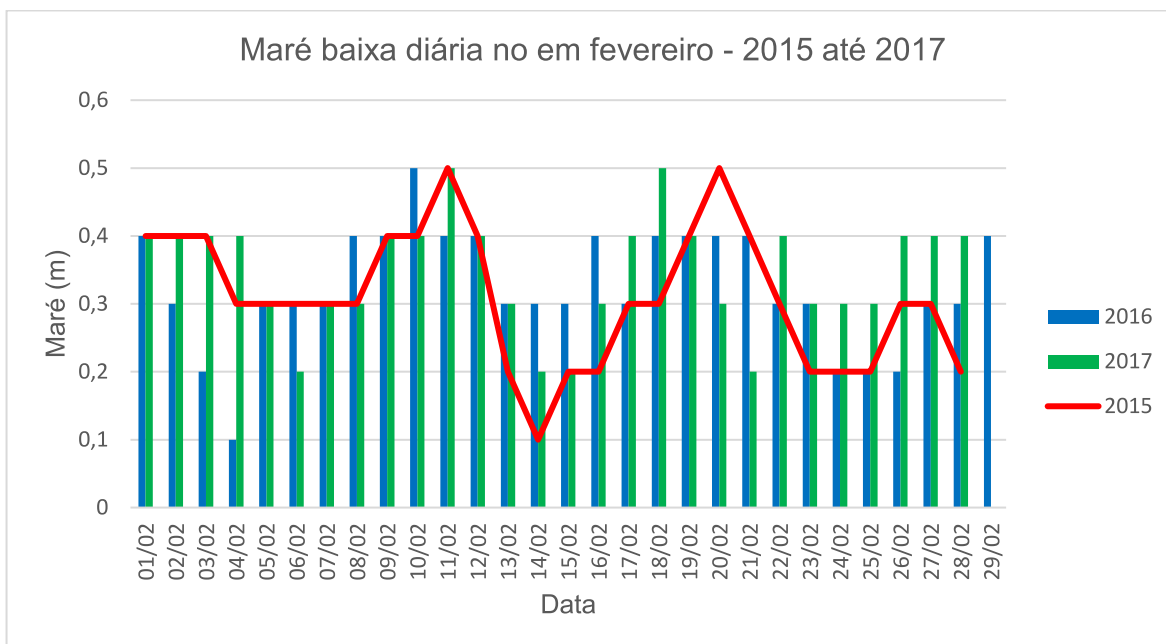


Figura 39: Maré baixa diária (m) de 2015 a 2017, para o mês de fevereiro, na RESEX do Pirajubá.

As marés de novembro de 2014 apresentam um padrão bastante similar ao observado nos anos anteriores, não havendo nenhuma evidência de algum evento extremo ou de uma maré muito baixa. Estes padrões são observados também na comparação do ano de 2014 com os anos seguintes, em que não se percebe nenhuma anomalia (Figuras 32 e 33).

No mês de dezembro, percebe-se novamente um padrão de marés. Os dias 06 e 07 (ano de 2010) apresentaram marés pouco mais altas que os demais anos, no mesmo período, mas não foram eventos muito discrepantes em relação a outros dias nesse período analisado ou, até mesmo, em outros períodos (Figura 34).

Na comparação com os anos posteriores, o mês de dezembro apresenta apenas um ponto fora do padrão, no dia 21 do ano de 2015. Ainda assim, como nos outros anos, se apresenta também um padrão bem definido. Desta forma, fica evidente que as marés de dezembro de 2014 não se mostraram influentes no evento de morte dos berbigões (Figura 35).

As marés do mês de janeiro, tanto no ano de 2015, quanto em relação aos anos anteriores e posteriores, se mostraram dentro de um padrão, como visto nos outros meses. Não ocorrem eventos muito discrepantes, que possam ser passíveis de suspeita de terem alguma influência na mortalidade em massa dos berbigões (Figuras 36 e 37).

O mês de fevereiro apresenta a mesma característica de marés, quando se

realiza a comparação com os anos anteriores e posteriores a 2015. Não aparecem eventos que destoem do padrão, e as poucas marés que são pouco diferentes do padrão que se apresenta, não são eventos únicos, com ocorrência tendo sido verificada em outro ano (Figuras 38 e 39).

A Tabela 7 mostra os resultados da Análise de Variância e a Tabela 8, o teste de comparação múltipla de Tukey. Como se pode observar, não houve qualquer diferença significativa entre todos os anos. Como se trata de um ambiente aberto, mesmo estando dentro de uma baía, o RESEX da Costeira do Pirajubaé apresenta níveis de maré baixa influenciadas pela ação da gravidade Lua e, em menor extensão, do Sol (DHN, 2002). Em somatório a esses fatores, os ventos podem influenciar no tamanho das marés, especialmente os ventos dos quadrantes sudoeste e noroeste, que podem gerar marés mais altas (SALLES, 1991).

| ANOVA | | | |
|-------------------|----------|-------|---------|
| Fonte da variação | SQ | F | valor-P |
| Entre os anos | 0,185643 | 1,966 | 0,06799 |
| Dentro dos meses | 13,1092 | | |
| Total | 13,2948 | | |

Tabela 7. Análise de variância entre os diferentes grupos de 4 meses analisados, para a variável temperatura (n=962).

| Teste de Tukey | | | | | | | |
|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | Maré 2010/11 | Maré 2011/12 | Maré 2012/13 | Maré 2013/14 | Maré 2014/15 | Maré 2015/16 | Maré 2016/17 |
| Maré 2010/11 | | 0,6856 | 0,9338 | 0,8804 | 0,9182 | 1 | 0,9996 |
| Maré 2011/12 | 2,256 | | 0,1057 | 0,07084 | 0,09284 | 0,6176 | 0,4111 |
| Maré 2012/13 | 1,528 | 3,784 | | 1 | 1 | 0,9588 | 0,9942 |
| Maré 2013/14 | 1,746 | 4,002 | 0,2183 | | 1 | 0,9182 | 0,9826 |
| Maré 2014/15 | 1,601 | 3,857 | 0,07277 | 0,1455 | | 0,9473 | 0,9914 |
| Maré 2015/16 | 0,1455 | 2,401 | 1,383 | 1,601 | 1,455 | | 0,9999 |
| Maré 2016/17 | 0,5821 | 2,838 | 0,946 | 1,164 | 1,019 | 0,4366 | |

Tabela 8. Prova de comparação múltipla (Tukey) para as diferenças de maré, nos 7 grupos de 4 meses (n=962).

Em ambientes lagunares ou de mares interiores, os ventos são o terceiro fator a influenciar as marés, durante a passagem de frentes frias, podendo causar

uma elevação no nível da água nas regiões costeiras, as quais podem propagar-se estuário adentro, influenciando na dinâmica estuarina (PUGH, 2004).

Esses dados revelam que não houve uma sequência de supermarés baixas que pudesse expor os baixios a ponto de expor os berbigões a níveis deletérios de estresse fisiológico por temperatura e anóxia (GONZALEZ & CAMACHO, 1984; GUILLOU & TARTU, 1994).

2.3.5 Mês de fevereiro

As dinâmicas populacionais, incluídas as taxas de mortalidade de bivalves e, em particular do berbigão *A. brasiliiana*, são resultantes da integração espaço-temporal de variáveis ambientais (BRAZEIRO & DEFEO, 1999). Entretanto, como (1) o evento em fevereiro de 2015 foi um episódio de mortalidade massiva, algo inédito nos estoques naturais de berbigão encontrados na RESEX do Pirajubaé e região próxima, e (2) os parâmetros climáticos e de maré não variaram significativamente em seu conjunto (vide os resultados do SQ da ANOVA), optou-se por fazer uma análise de variância de todos os meses de fevereiro, de todos os anos. Novamente, na maioria dos anos e nos diversos parâmetros analisados não houve diferença.

Nesse sentido, como forma mais sintética de apresentação dos dados, é apresentada a única variação significativa. Em relação às variáveis ambientais percebeu-se que apenas a temperatura apresentou variação entre 2014 e 2015 ($p = 0,028$). Entretanto, a média de temperatura do mês de fevereiro de 2015 (28,8 °C) foi inferior à média de fevereiro de 2014 (30,2 °C) (Figura 4) indicando que essa variável não influenciou na mortalidade.

3 ARTIGO SUBMETIDO

Mortalidade da População do Berbigão *Anomalocardia brasiliiana* na Reserva Extrativista Marinha do Pirajubaé: Efeito de Eventos Climáticos?

Mortality of the *Anomalocardia brasiliiana* Cockle Population in Pirajubaé Marine Extractivist Reserve: Effect of Climate Events?

Ronnie Alexandre Moreira Vaquero; Eduardo Carginin Ferreira & Simone Sühnel

Resumo

No início do ano de 2015, ocorreu um evento de mortalidade em massa do berbigão *Anomalocardia brasiliiana*, na Reserva Extrativista Marinha do Pirajubaé (RESEX), situada em Florianópolis, SC. Para investigar se a causa do evento teve relação com fatores climáticos e/ou ambientais, foram reunidos dados diários, a partir de diversos bancos de dados, de variáveis que podem influenciar na mortalidade do berbigão, sendo estas a temperatura máxima do ar, precipitação, radiação solar global e maré baixa. Estes dados possuem uma periodicidade diária, dentro de um intervalo de 4 meses (novembro dezembro, janeiro e fevereiro) sendo este o período de condições ambientais mais críticas para o organismo. Estes grupos de 4 meses abrangem um período de 5 anos antes do evento (com exceção de radiação solar global, que soma 3 anos antes do evento) e 2 anos depois. Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey. De acordo com os testes não houve interferência climática na mortalidade dos berbigões e nem no fato de não ter ocorrido um repovoamento da área.

Palavras-chave: Mortalidade massiva; Berbigão, RESEX.

Abstract

In early 2015, a mass mortality event of the *Anomalocardia brasiliiana* cockle occurred at the Pirajubaé Marine Extractive Reserve (RESEX), located in Florianópolis, SC. To investigate whether the cause of the event was related to climatic and / or environmental factors, daily data were collected from various databases, of variables that may influence cockle mortality, such as maximum air temperature, precipitation, global solar radiation and low tide. These data have a

daily periodicity, within a period of 4 months (November, December, January and February) because this is the period of most critical environmental conditions for the organism. These 4-month groups cover a period of 5 years before the event (with the exception of global solar radiation, which covers up to 3 years before the event) and 2 years after the event. Data were subjected to analysis of variance (ANOVA) and Tukey test. According to the tests, there was no climatic interference on cockle mortality and also in not restocking the area.

Keywords: Massive mortality; Clam, RESEX.

1 Introdução

Com o passar dos anos, tem ocorrido diversos relatos de eventos de mortalidade massiva com diferentes bivalves, em várias localidades do planeta. Nesse sentido, alguns estudos se propõem a desvendar as causas dessas mortalidades em massa, sendo que conclusões variadas são formuladas, dentre as quais os fatores ambientais (Farinati et al., 1992; Pretto et al., 2014; Yurimoto et al., 2014). Nesta linha, normalmente considera-se morte em massa (ou anormal) de populações de bivalves quando as perdas somam mais de >30% do estoque (Soletchnik et al., 2007).

No dia 20 de maio de 1992, a partir do decreto nº 533, foi criada a Reserva Extrativista Marinha do Pirajubaé (RESEX), a primeira reserva extrativista marinha do Brasil, situada no município de Florianópolis, Santa Catarina. A criação da RESEX aconteceu motivada por diversos fatores. Dentre estes, o mais importante foi a presença do molusco bivalve *Anomalocardia brasiliana*, conhecido localmente como berbigão (Pezzuto & Echternacht, 1999).

Anomalocardia brasiliana, ou berbigão, como é chamado popularmente em Florianópolis, é encontrado em águas calmas com sedimento arenolodosos, onde se enterra superficialmente, sendo considerada uma espécie euritérmica e eurihalina, além de apresentar um crescimento rápido. Este organismo é fonte de proteína animal para os habitantes da RESEX, bem como fonte de renda para os coletores. Desta maneira, o evento de mortalidade em massa apresentou profundo impacto na comunidade local.

O evento de mortalidade em massa ocorrido na RESEX foi responsável pela morte de aproximadamente 95% da população de berbigões locais. Essa morte em massa causou impactos socioeconômicos além de ambiental até o presente momento, já que os estoques ainda não se recuperaram.

Nos últimos anos, alguns estudos buscam elucidar o efeito de mudanças climáticas sobre a ecologia de populações de bivalves (Kaustuv et al., 2001; Philippart et al., 2003; Freitas et al., 2007; Beukema et al., 2009; Waldbusser et al., 2015). Essas mudanças englobam diversos atores como alterações na temperatura e precipitação, em uma comparação em relação às médias históricas. Além disso, elas podem predispor a populações de bivalves em geral (Valérie et al., 2015; Vázquez-Luis et al., 2017) e de berbigão à mortalidade em massa por uma série de fatores, desde intrínsecos como extrínsecos.

Levando em conta a importância do berbigão para a comunidade local, o presente trabalho tem como objetivo verificar se aspectos climáticos como temperatura média máxima do ar, precipitação e radiação global interferiram no evento de mortalidade em massa. Neste sentido, buscou-se averiguar se houve interferência das marés baixas no referido evento.

2 Materiais e Métodos

No presente artigo, foram utilizados dados de temperatura média máxima do ar (TMAX) e de precipitação, oriundos da reanálise meteorológica Modern-Era Retrospective analysis for Research and Applications, Version 2 (MERRA-2). Os dados de (TMAX) e precipitação foram obtidos observando-se o período de primeiro de janeiro de 2010 (01/01/2010) até trinta e um de dezembro de 2017 (31/12/2017), respeitando uma periodicidade diária.

Os dados de maré foram obtidos a partir do *site* <http://ondas.cptec.inpe.br/>, respeitando a periodicidade diária, observando-se o período de primeiro de janeiro de 2010 (01/01/2010) até trinta e um de dezembro de 2017 (31/12/2017). Foram utilizadas as menores marés de cada dia, devido ao fato desta situação expor os organismos a um maior nível de estresse, bem como para investigar relatos de extratores, que apontaram marés muito baixas com sol forte, na época da morte em massa

Já os dados de radiação global foram obtidos a partir da base de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), que fornece os dados diários, divididos por hora, da radiação acumulada ao longo do dia. Estes dados foram obtidos observando-se o período de primeiro de janeiro de 2012 (01/01/2010) até trinta e um de dezembro de 2017 (31/12/2017).

Todos os dados analisados neste trabalho englobam os meses de janeiro e

fevereiro, e bem como os meses de novembro e dezembro, abrangendo assim, o período de condições ambientais mais críticas para o berbigão.

Para realizar a análise estatística, foram utilizados a Análise de Variância (ANOVA) e o teste de Tukey, utilizando o programa de computador *Excel* e o programa de computador *Past* versão 3.26.

A análise dos dados é realizada de modo a se buscar, dentre todas as variáveis utilizadas nesse trabalho, valores que sejam discrepantes entre os períodos (anos) analisados, com o objetivo de verificar se existe alguma diferença significativa nas condições climáticas e ambientais que possam ter tido influência na mortalidade dos berbigões, ou que possam ter impedido o repovoamento da área, fato que não ocorreu até o momento da escrita desse artigo.

3 Resultados e Discussão

Tanto a ANOVA, que indica se houve diferença significativa nos dados analisados ($p < 0,05$), entre os anos observados, quanto o teste de Tukey, que aponta em quais anos as diferenças são significativas, foram utilizadas na análise dos períodos selecionados. Estes períodos foram divididos em grupos de 4 meses contendo os meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro.

3.1 Temperatura

A tabela 1 mostra os resultados da Análise de Variância com seu posterior teste de comparação múltipla de Tukey. Ainda que existam diferenças muito significativas entre os anos estudados ($F = 3,57$; $p = 0,00169$), se observa que estas diferenças só foram encontradas entre os anos de 2010/2011 e 2013/2014; 2011/2012 e 2013/2014 e, por fim, entre 2013/2014 e 2015/2016 (tabela 2). De fato, quando se analisa a soma dos quadrados (SQ) cujo valor total explica a fonte de variação percebe-se que somente cerca de 0,03% acontece entre um período de 4 meses e outro, e 0,97% acontece dentro dos meses em um mesmo período.

| ANOVA | | | |
|-------------------|---------|---------|---------|
| Fonte da variação | SQ | F | valor-P |
| Entre os anos | 202,942 | 3,56877 | 0,00169 |
| Dentro dos meses | 7894,91 | | |
| Total | 8097,85 | | |

Tabela 1. Análise de variância entre os diferentes grupos de 4 meses analisados, para a variável temperatura média máxima do ar (n=962).

Esse padrão de variação dentro dos grupos de 4 meses é corroborado pelos dados de Monteiro (2001) que versam sobre a influência de frentes frias no clima de Santa Catarina. Segundo o autor, o verão é o período de atuação de massas de ar tropical em Santa Catarina, com temperaturas mínimas em torno dos 20 graus e as máximas geralmente ultrapassam os 30 graus. Maiores valores ocorrem quando há aproximação de frente fria no estado, em que as temperaturas, em áreas próximas ao litoral, chegam a aproximadamente 33 graus.

A temperatura é um fator importante em estudos de bivalves em geral, incluídos aqueles sobre *Anomalocardia brasiliana*. Processos fisiológicos como reprodução e armazenamento de energia em forma de glicogênio (Aveiro et al., 2011) relacionados com temperatura e estações climáticas são bem descritos (Lavander et al., 2014)

| Teste de Tukey | | | | | | | |
|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | Temp. 2010/11 | Temp. 2011/12 | Temp. 2012/13 | Temp. 2013/14 | Temp. 2014/15 | Temp. 2015/16 | Temp. 2016/17 |
| Temp. 2010/11 | | 1 | 0,1426 | 0,02386 | 0,4045 | 1 | 0,8491 |
| Temp. 2011/12 | 0,0771 | | 0,1253 | 0,02005 | 0,3707 | 1 | 0,8225 |
| Temp. 2012/13 | 3,609 | 3,686 | | 0,9951 | 0,9983 | 0,1717 | 0,8761 |
| Temp. 2013/14 | 4,528 | 4,605 | 0,9192 | | 0,9 | 0,03076 | 0,4839 |
| Temp. 2014/15 | 2,853 | 2,93 | 0,7561 | 1,675 | | 0,4574 | 0,992 |
| Temp. 2015/16 | 0,1156 | 0,1927 | 3,493 | 4,412 | 2,737 | | 0,8846 |
| Temp. 2016/17 | 1,847 | 1,924 | 1,761 | 2,681 | 1,005 | 1,732 | |

Tabela 2. Prova de comparação múltipla (Tukey) para as diferenças de temperatura média máxima do ar, nos 7 grupos de 4 meses (n=962).

Ainda assim, ao analisar os dados fornecidos pelo teste de Tukey, verifica-se que os meses em que ocorreu a mortalidade em massa dos berbigões não apresentou diferença estatística em relação a todos os outros períodos estudados, revelando assim um padrão de homogeneidade que permite inferir que a

temperatura não deve ter sido um fator de influência na mortalidade dos organismos, nem que tenha impedido o repovoamento da área.

3.2 Precipitação

A precipitação é um fator a ser considerado em regiões de extração e/ou cultivo de bivalves marinhos, haja vista que em determinados casos, períodos com muita chuva podem diminuir a salinidade da água, o que pode alterar as condições fisiológicas e provocar até a morte dos organismos. Isto devido ao fato de que a salinidade é um dos principais fatores ambientais que ordena a distribuição horizontal de invertebrados marinhos que vivem em estuários tropicais, incluído o *Anomalocardia brasiliiana*, que possui tolerância relativamente limitada a salinidades mais baixas (Lima et al., 2009).

Entretanto, ainda que a análise da variância (tabela 3) tenha evidenciado a ocorrência de uma diferença significativa entre as pluviosidades nos diversos anos ($F = 3,14$; $p = 0,00465$), ao se analisar os resultados do teste de múltiplas comparações (tabela 4) se observa que houve diferença apenas nas precipitações do verão 2010/2011 em relação às aquelas do verão 2011/2012.

| ANOVA | | | |
|-------------------|---------|---------|---------|
| Fonte da variação | SQ | F | valor-P |
| Entre os anos | 309,732 | 3,14854 | 0,00465 |
| Dentro dos meses | 13657,5 | | |
| Total | 13967,2 | | |

Tabela 3. Análise de variância entre os diferentes grupos de 4 meses analisados, para a variável precipitação (n=962).

Todas os demais verões apresentaram igualdade estatística entre si e entre os já citados. Isso pode ser ainda mais evidenciado ao analisarmos os resultados das somas dos quadrados (SQ), em que ocorreu o valor de aproximadamente 14.000, sendo que apenas cerca de 310 teve relação à variação entre grupos, o que representa somente cerca de 0,02% da variação interanual da pluviosidade no estudo.

Por outro lado, esses dados confirmam o clima mesotérmico úmido de verão quente, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano. No verão, a intensidade do calor, associada aos altos índices de umidade, favorece a formação de convecção tropical, bandas de nuvens muito desenvolvidas do tipo *cumulonimbus* que resultam

em pancadas de chuvas, principalmente no período da tarde (Monteiro, 2001).

| Teste de Tukey | | | | | | | |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | Precip. 2010/11 | Precip. 2011/12 | Precip. 2012/13 | Precip. 2013/14 | Precip. 2014/15 | Precip. 2015/16 | Precip. 2016/17 |
| Precip. 2010/11 | | 0,003401 | 0,2021 | 0,1895 | 0,1072 | 0,9575 | 0,07153 |
| Precip. 2011/12 | 5,321 | | 0,8189 | 0,8341 | 0,9305 | 0,08123 | 0,9667 |
| Precip. 2012/13 | 3,386 | 1,934 | | 1 | 1 | 0,7961 | 0,9995 |
| Precip. 2013/14 | 3,429 | 1,892 | 0,04284 | | 1 | 0,7793 | 0,9997 |
| Precip. 2014/15 | 3,776 | 1,544 | 0,39 | 0,3472 | | 0,6253 | 1 |
| Precip. 2015/16 | 1,391 | 3,93 | 1,995 | 2,038 | 2,385 | | 0,5193 |
| Precip. 2016/17 | 3,997 | 1,323 | 0,611 | 0,5681 | 0,2209 | 2,606 | |

Tabela 4. Prova de comparação múltipla (Tukey) para as diferenças de precipitação, nos 7 grupos de 4 meses (n=962).

Ao analisar os diferentes períodos com o teste de Tukey, percebe-se a homogeneidade entres os diferentes grupos analisados. Assim, pode-se verificar que os meses em que houve a mortalidade em massa dos berbigões, quanto a pluviosidade, não foi estaticamente diferente dos outros anos analisados, não possibilitando assim dizer que as chuvas tenham sido a causadora deste evento ou o fator de inibição do repovoamento.

3.3 Radiação Solar Global

A tabela 5 mostra os resultados da Análise de Variância da radiação global. Como observado, existe diferença extremamente significativa entre os anos estudados ($F= 6,17$; $p < 0,001$). Ao se fazer a análise de Tukey (tabela 6), nota-se que estas diferenças foram encontradas entre os anos de 2012/2013 e 2015/2016; 2013/2014 e 2015/2016; 2014/2015 e 2015/2016 e, finalmente, entre 2015/2016 e 2016/2017.

Esses dados revelam que houve uma manutenção dos valores de radiação

entre os diversos anos, sendo que aqueles que apresentaram diferença, ora apresentaram mais radiação, ora menos radiação. Isto corrobora o trabalho de Monteiro (2001), que afirma que apesar do grande volume de chuvas nesta estação, pouco afeta a quantidade de horas de insolação, pois o predomínio é de nuvens cumuliformes (isoladas), que se intensificam mais pela tarde.

| ANOVA | | | |
|-------------------|-------------|---------|-------------|
| Fonte da variação | SQ | F | valor-P |
| Entre os anos | 1294355099 | 6,17183 | 0,000071848 |
| Dentro dos meses | 31195839258 | | |
| Total | 32490194356 | | |

Tabela 5. Análise de variância entre os diferentes grupos de 4 meses analisados, para a variável radiação solar global (n=722).

A radiação foi obtida para se fazer uma correlação entre essa variável com a temperatura do sedimento que, em períodos de maré baixa, estaria exposto. Nessa hipótese, maiores radiações causariam maiores temperaturas e estas por sua vez, causariam mais estresse fisiológico como dessecação, especialmente em indivíduos juvenis (Araújo & Rocha-Barreira, 2004). Porém, a análise estatística não demonstrou esse cenário, tendo em vista que os períodos que se mostraram diferentes não são relacionados com a época da morte em massa dos berbigões.

| Teste de Tukey | | | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | Radiação 2012/13 | Radiação 2013/14 | Radiação 2014/15 | Radiação 2015/16 | Radiação 2016/17 |
| Radiação 2012/13 | | 0,7915 | 0,9809 | 0,00822 | 0,9991 |
| Radiação 2013/14 | 1,596 | | 0,9793 | 0,000097 | 0,907 |
| Radiação 2014/15 | 0,7891 | 0,8065 | | 0,00107 | 0,9982 |
| Radiação 2015/16 | 4,707 | 6,303 | 5,496 | | 0,003351 |
| Radiação 2016/17 | 0,3622 | 1,233 | 0,427 | 5,069 | |

Tabela 6. Prova de comparação múltipla (Tukey) para as diferenças de radiação solar global, nos 5 grupos de 4 meses (n=722).

Além disso, para se considerar a influência da radiação, seria necessária a presença de algum fenômeno nas outras variáveis observadas, já que Narchi (1972) observou que estes animais se enterram muito rapidamente no sedimento durante as marés baixas, o que diminui riscos de choque térmico e dessecação, além de ter relatado que os berbigões apresentam retenção da capacidade de mobilidade horizontal o que pode permitir migrações nas faixas entre marés para áreas com menor adversidade ambiental.

3.4 Maré baixa

A tabela 7 mostra os resultados da Análise de Variância e a tabela 8, o teste de comparação múltipla de Tukey. Como se pode observar, não houve qualquer diferença significativa entre todos os anos. Como se trata de um ambiente aberto, mesmo estando dentro de uma baía, a RESEX da Costeira do Pirajubaé apresenta níveis de maré baixa influenciadas somente pela ação da gravidade da Lua e, em menor extensão, do Sol.

| ANOVA | | | |
|--------------------------|-----------|----------|----------------|
| <i>Fonte da variação</i> | <i>SQ</i> | <i>F</i> | <i>valor-P</i> |
| Entre os anos | 0,185643 | 1,966 | 0,06799 |
| Dentro dos meses | 13,1092 | | |
| Total | 13,2948 | | |

Tabela 7. Análise de variância entre os diferentes grupos de 4 meses analisados, para a variável temperatura (n=962).

Ainda assim, em ambientes lagunares ou de mares interiores, os ventos são o terceiro fator a influenciar as marés, durante a passagem de frentes frias, podendo causar uma elevação no nível da água nas regiões costeira, as quais podem propagar-se estuário adentro, influenciando na dinâmica estuarina (Pugh, 2004).

Porém, ao analisar os dados, nota-se que não houve uma sequência de supermarés baixas que pudessem expor os baixios a ponto de submeter os berbigões a níveis deletérios de estresse fisiológico por temperatura e anóxia (Guillou & Tartu, 1994; Gonzalez & Camacho, 1984).

| Teste de Tukey | | | | | | | |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | Maré 2010/11 | Maré 2011/12 | Maré 2012/13 | Maré 2013/14 | Maré 2014/15 | Maré 2015/16 | Maré 2016/17 |
| Maré 2010/11 | | 0,6856 | 0,9338 | 0,8804 | 0,9182 | 1 | 0,9996 |
| Maré 2011/12 | 2,256 | | 0,1057 | 0,07084 | 0,09284 | 0,6176 | 0,4111 |
| Maré 2012/13 | 1,528 | 3,784 | | 1 | 1 | 0,9588 | 0,9942 |
| Maré 2013/14 | 1,746 | 4,002 | 0,2183 | | 1 | 0,9182 | 0,9826 |
| Maré 2014/15 | 1,601 | 3,857 | 0,07277 | 0,1455 | | 0,9473 | 0,9914 |
| Maré 2015/16 | 0,1455 | 2,401 | 1,383 | 1,601 | 1,455 | | 0,9999 |
| Maré 2016/17 | 0,5821 | 2,838 | 0,946 | 1,164 | 1,019 | 0,4366 | |

Tabela 8. Prova de comparação múltipla (Tukey) para as diferenças de maré, nos 7 grupos de 4 meses (n=962).

4 Considerações Finais

O presente estudo permitiu uma análise das variáveis selecionadas (temperatura média máxima do ar, precipitação, radiação solar global e maré) em relação a um período anterior ao evento de morte em massa de berbigões e a um período posterior. Com essas análises, buscou-se verificar se houve influência dessas variáveis na morte dos organismos ou no fato de não ter havido um repovoamento.

Porém, o que foi observado é que não ocorreu influência dos fatores climáticos na morte dos berbigões, já que a análise dia a dia das variáveis não apresentou nenhum evento extremo que pudesse ser causador do fenômeno. Neste mesmo sentido, as análises estatísticas demonstraram que os diversos períodos analisados não diferiam uns dos outros, não havendo, assim, uma explicação para a morte dos berbigões, sob a ótica das variáveis climáticas.

Como não foi observada uma relação entre os fatores abióticos analisados com o evento de mortalidade, a possibilidade de fatores bióticos estarem relacionados às mortes deve ser levada em consideração. Dentre estes, o parasitismo é um dos fatores bióticos responsáveis pela dinâmica de metapopulações de bivalves em geral, incluídos aí os assentamentos, que talvez possa ter influenciado na ocorrência do evento.

5 Referências

Araújo, M. L. R. & Rocha-Barreira, C. A. 2004. Distribuição espacial de

Anomalocardia brasiliiana (Gmelin, 1791) (Mollusca, Bivalvia, Veneridae) na praia do Canto da Barra, Fortim, Ceará, Brasil. **Bol. Técn. Cient. CEPENE**, 12(1): 0-21.

Aveiro, V. M.; Magalhães, A.R.M.; Tramonte, V.L.C.G. & Schaeffer, A.L.C. 2011. Variação sazonal na composição centesimal e reprodução do bivalve de areia *Anomalocardia brasiliiana* da reserva extrativista marinha do pirajubaé, Florianópolis/SC. **Atlântica**, 33: 5-14.

Beukema, J. J.; Dekker, R. & Jansen, J.M. 2009. Some like it cold: populations of the tellinid bivalve *Macoma balthica* (L.) suffer in various ways from a warming climate. **Marine Ecology Progress Series**, 384: 135-145.

Farinati, E.A.; Aliotta, S. & Ginsberg, S.S. 1992. Mass mortality of a Holocene *Tagelus plebeius* (Mollusca, Bivalvia) population in the Bahía Blanca Estuary, Argentina. **Marine Geology**, 106: 301-308.

Freitas, V.; Campos, J.; Fonds, M. & Van der Veer, H.W. 2007. Potential impact of temperature change on epibenthic predator–bivalve prey interactions in temperate estuaries. **Journal of Thermal Biology**, 32: 328-340.

Guillou, J. & Tartu, C. 1994. Postlarval and juvenile mortality in a population of the edible cockle *Cerastoderma edule* (L.) from Northern Brittany. **Neth. J. Sea Res.** 33: 103-111.

Kaustuv, R.; Jablonski, D. & Valentine, J.W. 2001. Climate change, species range limits and body size in marine bivalves. **Ecology Letters**, 4: 366-370.

Lavander, H. D., Silva Neto, S. R., Sobral, S. C., Lima, P. C. M., Rêgo, M. G. & Gálvez, A. O. 2014. Manutenção e reprodução de *Anomalocardia brasiliiana* em condições laboratoriais. **Rev. Bras. Ciênc. Agrár.** 9:269–276.

Lima, M. A.; Soares, M. O.; Paiva, C. C.; Osório, F. M.; Porfírio, A. F. & Matthews-Cascon, H. 2009. Osmorregulação em moluscos: o caso do bivalve estuarino tropical *Anomalocardia brasiliiana* (Mollusca: Bivalvia). **Conexões – Ciência e**

Tecnologia, 5(3): 79-84.

Monteiro, M. 2001. Caracterização climática do estado de Santa Catarina: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano. **Geosul**, 16(31): 69-78.

Narchi, W. 1972. Comparative study of the functional morphology of *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791) and *Tivela macrolides* (Born, 1778) (Bivalvia: Veneridae). **Bull. Mar. Sci.**, 22(3): 643-670.

Gonzalez, R. & Camacho, A. P. 1984. El berberecho, *Cerastoderma edule* (L.) de Carril (Ria de Arosa) II: Reclutamiento, crecimiento, mortalidad natural y producción. *In*: SIMPOSIO IBERICO DO ESTUDOS DO BENTHOS MARINHO, 2, Lisboa, 1984. Ata. IV p. 223-244.

Pezzuto, P. R. & Echternacht, A. M. 1999. Avaliação de impactos da construção da Via Expressa SC-SUL sobre o berbigão *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791) (Mollusca: Bivalvia) na Reserva Extrativista Marinha do Pirajubaé, (Florianópolis, SC-Brasil). **Atlântica**, 21: 105-119.

Philippart, C. J. M.; Van Aken, H. M.; Beukema, J. J.; Bos, O. G.; Cadée, G.C. & Dekker, R. 2003. Climate-related changes in recruitment of the bivalve *Macoma balthica*. **Limnology And Oceanography**, 48: 2171-2185.

Pretto, T.; Zambon, M.; Civettini, M.; Caburlotto, G.; Boffo, L.; Rossetti, E. & Arcangeli, E. 2014. Massive mortality in Manila clams (*Ruditapes philippinarum*) farmed in the Lagoon of Venice, caused by *Perkinsus olseni*. **Bull. Eur. Ass. Fish Pathol.**, 34(4): 43-53.

Pugh, D. T. 2004. *Changing sea levels: effects of tides, weather, and climate*. Cambridge, UK, Cambridge University Press, 280p.

Soletchnik, P.; Ropert, M.; Mazurié, J.; Fleury, P. G. & Le Coz, F. 2007. Relationships between oyster mortality patterns and environmental data from

monitoring databases along the coasts of France. **Aquaculture** 271(1-4): 384-400.

Valérie, B.S.; Tristan, R. & Marie-Agnes, T. 2015. Mass mortality in bivalves and the intricate case of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. **Journal of Invertebrate Pathology**, 131: 2-10.

Vázquez-Luis, M.; Álvarez, E.; Barrajon, A.; García-March, J.R.; Grau, A.; Hendricks, I.E.; Jiménez, S.; Kersting, D.; Moreno, D.; Pérez, M.; Ruiz, J.M.; Sánchez, J.; Villalba, A. & Deudero, S. 2017. S.O.S. *Pinna nobilis*: A mass mortality event in Western Mediterranean Sea. **Frontiers in Marine Science**, 4: 169-178.

Waldbusser, G.G.; Hales, B.; Langdon, C.J.; Haley, B.A.; Schrader, P.; Brunner, E.L.; Gray, M.W.; Miller, C.A. & Gimenez, I. 2015. Saturation-state sensitivity of marine bivalve larvae to ocean acidification. **Nature Climate Change**, 5: 273–280.

Yurimoto, T.; Kassim, F. M.; Fuseya, R. & Man, A. 2014. Mass mortality event of the blood cockle, *Anadara granosa*, in aquaculture ground along Selangor coast, Peninsular Malaysia. **International Aquatic Research**. 6: 177-186.

4 PRODUTO DESENVOLVIDO

4.1 Descrição do Folder de Educação Ambiental

O Produto desenvolvido nessa dissertação de mestrado é um *Folder* de Educação ambiental para os coletores tradicionais de berbigão da Resex do Pirajubaé. Este produto foi desenvolvido para auxiliar o órgão gestor da Resex junto aos catadores, no intuito de torná-los agentes participantes do processo de gestão desta unidade. Junto à criação desse folder foi estruturada uma capacitação para o uso de termômetro e refratômetro de campo, que serão comprados e disponibilizados como parte do produto. Neste sentido, o *Folder* atuará como suplemento dessa parceria de capacitação, complementando o encontro presencial.

Este produto busca suprir uma demanda que se verificou com a execução desta dissertação. Percebeu-se que o acesso a informações climáticas e ambientais sobre a área de estudo não são obtidas de maneira simples, fazendo com que pesquisas realizadas na região em questão careçam de informações importantes.

Desta maneira, é importante que alguns dados básicos possam ser obtidos na própria área da RESEX, fazendo com que o monitoramento dessas variáveis seja o mais preciso possível, e, também, fornecendo poder de participação ao coletor em relação ao cuidado com a localidade.

Para este fim, o *Folder* apresenta informações básicas, na forma de um tutorial simplificado e acessível, de como realizar as medidas das variáveis de temperatura da água, temperatura do sedimento e salinidade. Além disso, o *Folder* apresenta um resumo das características básicas da RESEX (criação e localização) e de seus atores principais (o berbigão e o coletor), podendo servir de complemento informacional para a atividade de turismo.

4.2 Folder de Educação Ambiental



RESERVA EXTRATIVISTA MARINHA DO PIRAJUBAÉ



A RESEX

A RESERVA FOI CRIADA POR DEMANDA DOS PRÓPRIOS PESCADORES DA REGIÃO, SENDO QUE SUA ÁREA TOTAL É DE 1444 HA. A RESEX DO PIRAJUBAÉ FOI A PRIMEIRA RESERVA EXTRATIVISTA MARINHA CRIADA NO BRASIL (1992)

LOCALIZAÇÃO

A RESERVA SE ENCONTRA NO BAIRRO DA COSTEIRA DO PIRAJUBAÉ, NA ILHA DE SANTA CATARINA E É FORMADA PELO RIO TAVARES E SEU MANGUEZAL E PELOS BAIXIOS



O BERBIGÃO

O BERBIGÃO (*ANOMALOCARDIA BRASILIANA*) É UMA ESPÉCIE DE MOLUSCO DE AREIA QUE VIVE ENTERRADO NOS BAIXIOS. HÁ 5 MIL ANOS, OS ÍNDIOS JÁ O CONSUMIAM. MAIS TARDE, OS AÇORIANOS QUE AQUI CHEGARAM, OS APROVEITARAM EM SUA CULINÁRIA. HOJE, OS BERBIGÕES FAZEM PARTE DA CULTURA DA ILHA DE SANTA CATARINA

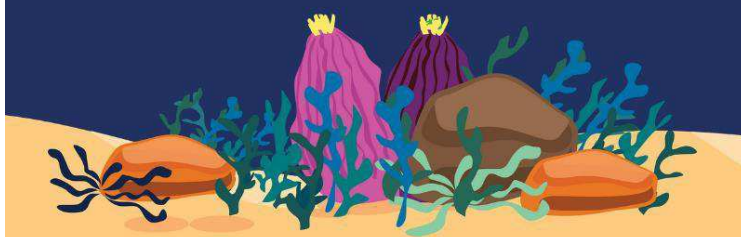
O COLETOR

OS PESCADORES TRADICIONAIS QUE COLETAM OS BERBIGÕES SÃO CHAMADOS DE COLETORES. A COLETA DOS BERBIGÕES É FEITA COM A DRAGA DE MÃO, CONHECIDA COMO "GANCHO".



VARIÁVEIS

SÃO CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO AMBIENTE. AS PRINCIPAIS VARIÁVEIS A SEREM MEDIDAS NA ÁREA SÃO A TEMPERATURA DA ÁGUA, A TEMPERATURA DO SEDIMENTO (QUANDO O BANCO ESTÁ EXPOSTO), A SALINIDADE, A TRANSPARÊNCIA E A BIOMASSA.





COMO MEDIR AS VARIÁVEIS



TEMPERATURA DA ÁGUA

O COLETOR DOS BERBIGÕES DEVE COLOCAR UM TERMÔMETRO ESPECIAL NA ÁGUA POR 5 MINUTOS. DEPOIS DESSE TEMPO, DEVE ANOTAR O VALOR NA CADERNETA DE CAMPO

TEMPERATURA DO SEDIMENTO

QUANDO O BAIXIO ESTIVER FORA D'ÁGUA, O COLETOR DEVE ENTERRAR UM TERMÔMETRO ESPECIAL E DEIXAR POR 5 MINUTOS. DEPOIS DESSE TEMPO, DEVE ANOTAR O VALOR NA CADERNETA DE CAMPO



SALINIDADE

O COLETOR DO BERBIGÃO DEVE COLOCAR A PONTA DO APARELHO, CHAMADO SALINÔMETRO, NA ÁGUA. DEPOIS DE MOLHADO, É SÓ BAIXAR A TAMPINHA E OLHAR PARA VER O VALOR MARCADO. APOÓS ISSO, DEVE ANOTAR O VALOR NA CADERNETA DE CAMPO

BIOMASSA

A BIOMASSA É A QUANTIDADE DE BERBIGÃO QUE O COLETOR CONSEGUE TIRAR DO BAIXIO DE CADA VEZ. É MUITO IMPORTANTE QUE CADA COLETOR DE BERBIGÃO ANOTE A QUANTIDADE QUE RETIRA (RESPEITANDO O LIMITE DIÁRIO DE 2 LATAS DE 18 LITROS) CADA VEZ QUE VAI TRABALHAR NO BAIXIO, POIS ISSO AJUDA NA CONSERVAÇÃO DO RECURSO PARA ELES, PARA OS FILHOS E PARA OS SEUS NETOS



TRANSPARÊNCIA

O COLETOR DO BERBIGÃO DEVE ABAIXAR O DISCO, NO LADO SOMBREADO DA EMBARCAÇÃO, ATÉ QUE ELE DESAPAREÇA DE SUA VISTA. DEPOIS, ANOTE A MEDIDA DE PROFUNDIDADE QUE ESTÁ NO CABO, EM SUA CADERNETA DE CAMPO.

PARA MAIS INFORMAÇÕES:



ENDEREÇO: RUA JOÃO CÂNCIO JACQUES, 1375 - PONTA DO PIRAJUBÁ, FLORIANÓPOLIS - SC.
88047-010. FONE: (48) 3389-2746

PRODUÇÃO:
MESTRANDO - RONNIE ALEXANDRE MOREIRA VAQUERO
PROJETO GRÁFICO E DIAGRAMAÇÃO - NATHÁLIA CARPES FIGUEIREDO



5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A RESEX do Pirajubaé é a primeira reserva extrativista criada no Brasil. Lá é encontrado o bivalve *Anomalocardia brasiliiana*, conhecido popularmente como berbigão. Este molusco de areia é o responsável pela fonte de proteína animal a habitantes da região, bem como fonte de renda da comunidade de coletores. Porém, no mês de fevereiro, do ano de 2015, ocorreu um evento de mortalidade massiva desses berbigões.

A mortalidade massiva não é um evento incomum, quando se trata de bivalves. Porém o evento ocorrido na RESEX apresenta alguns componentes incomuns, como a ausência de uma explicação para esse fenômeno, bem como o grande impacto ambiental e socioeconômico para a comunidade de coletores.

Este trabalho utilizou alguns elementos climáticos, sendo estes a temperatura média máxima do ar, precipitação e radiação global com base em dados de escala regional, pois muitas vezes, o local onde estão situados os sistemas marinhos, como o da RESEX do Pirajubaé, apresentam diferentes microclimas. Além dos referidos dados, foram utilizados dados de maré baixa, por sua possível relevância em relação ao evento de mortalidade massiva.

Embora os dados estudados sejam públicos, não são facilmente acessíveis, dificultando o uso por pessoas leigas. Estes dados são obtidos a partir de plataformas que necessitam de autorização dos órgãos competentes ou que exijam um conhecimento técnico específico, para a sua utilização.

A hipótese do trabalho sugeria que a mortalidade massiva dos berbigões, no ano de 2015, na Resex, teria sido ocasionado por algum evento climático. No presente trabalho foram abordadas as principais variáveis climáticas que poderiam ter sido causadoras desse evento, e, sob a luz de diferentes análises, buscou-se evidências da atuação destas variáveis no referido evento.

Porém, o que foi observado é que não ocorreu influência dos fatores climáticos na morte dos berbigões, já que a análise dia a dia das variáveis não apresentou nenhum evento extremo que pudesse ser causador do fenômeno. Neste mesmo sentido, as análises estatísticas demonstraram que os diversos períodos analisados não diferiam uns dos outros, não havendo, assim, uma explicação para a morte dos berbigões, sob a ótica das variáveis climáticas estudadas.

Desta forma, os objetivos do trabalho foram atingidos, tendo em vista que foi

possível verificar se os dados obtidos apresentavam alguma relação com a morte dos berbigões, embora a hipótese do trabalho não tenha sido comprovada.

Como não foi observada uma relação entre os fatores abióticos analisados com o evento de mortalidade, a possibilidade de fatores bióticos e de outros fatores abióticos não avaliados estarem relacionados às mortes deve ser levada em consideração. Parasitismo é um dos fatores bióticos responsáveis pela dinâmica de metapopulações de bivalves em geral, incluídos aí os assentamentos. Apesar de Fortunato (2018) não ter relacionado a mortalidade com a ocorrência de parasitos, outras doenças devem ser analisadas, assim como, a presença de toxinas de origem biótica e abiótica na água.

Os fatores supracitados podem produzir consequências graves, não apenas na viabilidade das populações afetadas, mas também, devido à grande área geográfica impactada. As consequências podem ser desastrosas para as espécies e, sobretudo, para as comunidades de coletores artesanais, como os da RESEX que dependem desse recurso como fonte de proteína animal e renda.

Sendo assim, uma das grandes dificuldades em se precisar a causa da mortalidade dos berbigões é o fato de não terem sido encontrados análises dos animais que morreram no momento do evento (final de 2014 início de 2015), o que poderia apresentar uma resposta mais esclarecedora.

Frente a esses antecedentes, uma base de dados climáticos específicos para a RESEX do Pirajubaé e o monitoramento biológico e dos parâmetros de qualidade da água dessas áreas são fundamentais para o efetivo plano de manejo desta unidade de conservação federal, pelo órgão gestor. Desta maneira, o último objetivo do trabalho, que envolve o produto criado, pode vir a se mostrar de grande utilidade, pois insere o coletor como agente participante desse monitoramento, valorizando seu papel de integrante da RESEX e ainda possibilitando a criação de uma base de dados local, que pode ser de grande valia no futuro.

REFERÊNCIAS

ALONGI, D. M. Mangrove forests: resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change. **Estuar. Coast. Shelf Sci.**, v. 76, n.1, p. 1-13, 2008.

ALVES, F. Floripa sem berbigão: pelo menos desde abril de 2016 não há mais extração do molusco. **ND+**, Florianópolis, 31 jan. 2017. Disponível em:

<<https://ndmais.com.br/noticias/floripa-sem-berbigao-pelo-menos-desde-abril-de-2016-nao-ha-mais-extracao-do-molusco/>> Acesso em: 03jan. 2019.

AMBONI, G. **Estudo para um planejamento ambiental da Costeira do Pirajubaé Florianópolis – Santa Catarina**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) –UFSC. Florianópolis, 2001.

ANESTIS, A.; LAZOU, A.; PÖRTNER, H.O.; MICHAELIDIS, B. Behavioral, metabolic, and molecular stress responses of marine bivalve *Mytilus galloprovincialis* during long-term acclimation at increasing ambient temperature. **Am. J. Physiol. – Regul. Integr. Comp. Physiol.** V. 293, p. 911–921, 2007.

ANSELL, A.D.; BARNETT, P.R.O.; BODOY, A.; MASSÉ, H. Upper temperature tolerances of some European Molluscs: III. *Cardium glaucum*, *C. tuberculatum* and *C. edule*. **Mar. Biol.** v. 65, p. 177–183, 1981.

ARAÚJO, C. M. Y. **Biologia reprodutiva do berbigão *Anomalocardia brasiliiana* (Mollusca, Bivalvia, Veneridae) na Reserva Extrativista Marinha do Pirajubaé**. Tese de doutorado, São Paulo, 2001.

ARAÚJO, M. L. R.; ROCHA-BARREIRA, C. A. Distribuição espacial de *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791) (Mollusca, Bivalvia, Veneridae) na praia do Canto da Barra, Fortim, Ceará, Brasil. **Bol. Técn. Cient. CEPENE**, v.12, n.1, p. 0-21, 2004.

AVEIRO, V. M.; MAGALHÃES, A.R.M.; TRAMONTE, V.L.C.G.; SCHAEFFER, A.L.C. Variação sazonal na composição centesimal e reprodução do bivalve de areia *Anomalocardia brasiliiana* da reserva extrativista marinha do pirajubaé, Florianópolis/SC. **Atlântica**, v. 33, p. 5-14, 2011.

BERNARDINO, A.F.; PAGLIOSA, P.R.; CHRISTOFOLLETI, R.A.; BARROS, F.; NETTO, S.A.; MUNIZ, P.; LANA, P.C. Benthic estuarine communities in Brazil: moving forward to long term studies to assess climate change impacts. **Brazilian Journal of Oceanography** v. 64, p. 81-96, 2016.

BEUKEMA, J. J.; DEKKER, R. Decline of recruitment success in cockles and other bivalves in the Wadden Sea: possible role of climate change, predation on postlarvae and fisheries. **Marine Ecology Progress Series**, v. 287, p. 149-167, 2005.

BEUKEMA, J. J.; DEKKER, R.; JANSEN, J.M. Some like it cold: populations of the tellinid bivalve *Macoma balthica* (L.) suffer in various ways from a warming climate. **Marine Ecology Progress Series**, v. 384, p. 135-145, 2009.

BEUKEMA, J.J.; DEKKER, R.; PHILIPPART, C.J.M. Long-term variability in bivalve recruitment, mortality, and growth and their contribution to fluctuations in food stocks of shellfish-eating birds. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** v. 414, p. 117–130, 2010.

BOEHS, G.; MAGALHÃES, A.R.M. Simbiontes associados com *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin) (Mollusca, Bivalvia, Veneridae) na Ilha de Santa Catarina e região continental adjacente, Santa Catarina, Brasil. **Rev Bras Zool** v. 21, p. 865-869, 2004.

BOEHS, G.; ABSHER, T. M.; CRUZ-KALEB A. C. Ecologia populacional de *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791)(Bivalvia, Veneridae) na Baía de Paranaguá, Paraná, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, 34(2): 259-270, 2008.

BOEHS, G.; MAGALHÃES, A.R.M.; SABRY, R.C.; CEUTA, L.O. Parasitos e patologias de bivalves marinhos de importância econômica da costa brasileira. In: SILVA-SOUZA, A.T.; LIZAMA, M.L.A.; TAKEMOTO, R. organizadores. **Patologia e Sanidade de Organismos Aquáticos**. Maringá: ABRAPOA, 2012. p. 165-194.

BOOIJ M.J. Impact of climate change on river flooding assessed with different spatial model resolutions. **J. Hydrol.** v.303, p. 176-198, 2005.

BOWER, S.M.; MCGLADDERY, S.E.; PRICE, I.M. Synopsis of Infectious Diseases and Parasites of Commercially Exploited Shellfish. **Annu. Rev. Fish Dis**, v. 4, p. 1-199, 1994.

BRASIL, C. **A gestão ecoturística na Reserva Extrativista Marinha do Pirajubaé – Florianópolis – SC: uma proposta para uso sustentável da área**. Florianópolis, Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) – UFSC, 2002.

BRAZEIRO, A.; DEFEO, O. Effects of harvesting and density dependence on the demography of sandy beach populations: the yellow clam *Mesodesma mactroides* of Uruguay. **Marine Ecology Progress Series**.v. 182, p. 127-135, 1999.

BRAZILIAN JOURNAL OF OCEANOGRAPHY. São Paulo: Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo v. 64, 2016. 156p. ISSN 1679-8759.

BURDON, D.; CALLAWAY, R.; ELLIOTT, M.; SMITH, T.; WITHER, A. Mass mortalities in bivalve populations: A review of the edible cockle *Cerastoderma edule* (L.). **Estuarine, Coastal and Shelf Science** v. 150, p. 271–280, 2014.

CARDOSO, P.G.; RAFFAELLI, D.; LILLEBØ, A.I.; VERDELHOS, T.; PARDAL, M.A. The impact of extreme flooding events and anthropogenic stressors on the microbenthic communities' dynamics. **Estuar. Coast. Shelf Sci.** v.76, p. 553–565, 2008.

CASAGRANDA, C.; BOUDOURESQUE, C.F. Abundance, population structure and production of *Scrobicularia plana* and *Abra tenuis* (Bivalvia: Scrobicularidae) in a Mediterranean Brackish Lagoon, Lake Ichkeul, Tunisia. **Int. Rev. Hydrobiol.** v. 90(4), p. 376–391, 2005.

CECCA - CENTRO DE ESTUDOS CULTURA E CIDADANIA. **Uma cidade numa ilha**: relatório sobre os problemas sócio-ambientais da Ilha de Santa Catarina. 2.ed. Florianópolis: Insular, 1997. 247 p.

CHAMY, P. Reservas Extrativistas Marinhas: um estudo sobre posse tradicional e sustentabilidade. In: I ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM AMBIENTE E SOCIEDADE, 2002. **Anais eletrônicos**. Indaiatuba, 2002.

CHENEY, D. P.; MACDONALD B. F.; ELSTON, R. A. Summer mortality of Pacific oysters *Crassostrea gigas* (Thunberg): initial findings on multiple environmental stressors in Puget Sound, Washington, 1998. **Journal of Shellfish Research** v. 19(1), p. 353-359, 2000.

CHU, F.E.; LA PEYRE, J.F. *Perkinsus marinus* susceptibility and defense-related activities in eastern oysters *Crassostrea virginica*: temperature effects. **Dis. Aquat. Org.** v. 16, p. 223-234, 1993.

CHU F.E.; LA PEYRE, J.F.; BURRESON, C. *Perkinsus marinus* infection and potential defense-related activities of eastern oysters, *Crassostrea virginica*: salinity effects. **J. Invertebr. Pathol.** v. 62, p. 226-232, 1993.

CONDIE, S. A.; HAYES, D.; FULTON, E. A.; SAVINA, M. Modelling ecological change over half a century in a subtropical estuary: impacts of climate change, land-use, urbanization and freshwater extraction. **Mar. Ecol. Progr. Ser.**, v. 457, p. 43-66, 2012.

COUTINHO, R.; YAGINUMA, L.E.; SIVIERO, F.; SANTOS, J.C.Q.P.; LÓPEZ, M.S.; CHRISTOFOLLETI, R.A.; BERCHEZ, F.; GHILARDI-LOPES, N.P.; FERREIRA, C.E.L.; GONÇALVES, J.E.A.; MAIS, B.P.; CORREIRA, M.D.; SOVIERZOSKI, H.H.; SKINNER, L.F.; ZALMON, I.R. Studies on benthic communities of rocky shores on the Brazilian coast and climate change monitoring: status of knowledge and challenges. **Brazilian Journal of Oceanography** v. 64, p. 27-36, 2016.

CRESPO, D.; VERDELHOS, T.; DOLBETH, M.; PARDAL, M.A. Effects of the over harvesting on an edible cockle (*Cerastoderma edule* Linnaeus, 1758) population on a Southern european estuary. **Fresenius Environ. Bull.** v. 19(12), p. 2801–2811, 2010.

CRUZ, O. **A Ilha de Santa Catarina e o Continente Próximo: um estudo de geomorfologia costeira**. Florianópolis: UFSC, 1998. 280 p.

DAY, J. W.; CHRISTIAN, R. R.; BOESCH, D. M.; YANEZARANCIBIA, A.; MORRIS, J.; TWILLEY, R. R.; NAYLOR, L.; SCHAFFNER, L.; STEVENSON, C. Consequences of climate change on the ecogeomorphology of coastal wetlands. **Estuar. Coast.**, v. 31, p. 477-491, 2008.

DESCLAUX, C.; de MONTAUDOUIN, X.; BACHELET, G. Cockle emergence at the sediment surface: 'favourization' mechanism by digenean parasites. **Dis Aquat Org**, v. 52, p. 137–149, 2002.

DHN – Diretoria de hidrografia da Marinha do Brasil. Marés e Correntes de Maré; Correntes Oceânicas. **Navegação Costeira Estimada e em águas restritas**, 2002. Disponível em: <www.dhn.mar.mil.br> Acesso em 01/7/2019.

DONEY, S.C.; RUCKELSHAUS, M.; DUFFY, J.E.; BARRY, J.P.; CHAN, F.; ENGLISH, C.A.; GALINDO, H.M.; GREBMEIER, J.M.; HOLLOWED, A.B.; KNOWLTON, N.; POLOVINA, J.; RABALAIS, N. N.; SYDEMAN, W.J.; TALLEY, L.D. Climate change impacts on marine ecosystems. **Annu. Rev. Mar. Sci.** v. 4, p. 11–37, 2012.

DUCROTOY, J.P.; RYBARCZYK, H.; SOUPRAYEN, J.; BACHELET, G.; BEUKEMA, J.J.; DESPREZ, M.; DO'RJES, J.; ESSINK, K.; GUILLOU, J.; MICHAELIS, H.; SYLVAND, B.; WILSON, J.G.; ELKAI'M, B.; IBANEZ, F. A comparison of the population dynamics of the cockle (*Cerastoderma edule*, L.) in north-western Europe. In: DUCROTOY, J.P.; ELLIOT, M. **Estuaries and Coasts: Spatial and Temporal Intercompariosons** Caen: Olsen & Olsen, 1991, p. 173–184.

DUMBAULD, B.R.; RUESINK, J.L.; RUMRILL, S.S.; The ecological role of bivalve shellfish aquaculture in the estuarine environment: a review with application to oyster and clam culture in West Coast (USA) estuaries. **Aquaculture** v. 290, p. 196–223, 2009.

ELSTON, R. A.; BEATTIE, J. H.; FRIEDMAN, C.; HEDRICK, R.; KENT, M. L. Pathology and significance of fatal inflammatory bacteraemia in the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* Thünberg. **Journal of Fish Diseases** v. 10(2), p. 121-132, 1987.

ESTES, L.D.; BRADLEY, B.A.; BEUKES, H.; HOLE, D.G.; LAU, M.; OPPENHEIMER, M.G.; SCHULZE, R.; TADROSS, M.A.; TURNER, W.R. Comparing mechanistic and empirical model projections of crop suitability and productivity: implications for ecological forecasting. **Glob Ecol Biogeogr** v. 22, p. 1007–1018, 2013.

ESTRADA, T.E.M.D. **Aspectos morfométricos de conchas de *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin 1791) da região Sudeste do Brasil**. (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas (Ecologia). 72p, 2004.

European Food Safety Authority Panel on Animal Health and Welfare (EFSA). Scientific opinion on the increased mortality events in Pacific oysters, *Crassostrea gigas*. **EFSA Journal** v. 8(11), p. 1894, 2010.

FARIAS, T. Z. **Malacofauna do museu do homem do sambaqui**. Trabalho de

Conclusão (Graduação em Curso de Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Santa Catarina, Universidade Federal de Santa Catarina, SC, 2000. 34p.

FARINATI, E.A., ALIOTTA, S., GINSBERG, S.S. Mass mortality of a Holocene *Tagelus plebeius* (Mollusca, Bivalvia) population in the Bahía Blanca Estuary, Argentina. **Marine Geology**, v. 106, p. 301-308, 1992.

FIORI, S.M., CAZZANIGA, N.J. Mass mortality of the yellow clam, *Mesodesma mactroides* (Bivalvia: Mactracea) in Monte Hermoso beach, Argentina. **Biological Conservation**, v. 89, p. 305-309, 1999.

FIORI, S.M., VIDAL-MARTÍNEZ, V.M.; SIMÁ-ÁLVAREZ, R.; RODRÍGUEZ-CANUL, R.; AGUIRRE-MACEDO, M.L.; DEFEO, O. Field and laboratory observations of the mass mortality of the yellow clam *Mesodesma mactroides* in south america: the case of Isla del Jabalí, Argentina. **Journal of Shellfish Research**, v. 23, p. 451-455, 2004.

FORTUNATO, M. V. 2018. Patologia do berbigão (*bivalvia, veneridae*) no litoral catarinense. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal de Santa Catarina, 70 p.

FREITAS, V.; CAMPOS, J.; FONDS, M.; VAN DER VEER, H.W. Potential impact of temperature change on epibenthic predator–bivalve prey interactions in temperate estuaries. **Journal of Thermal Biology**, v. 32, p. 328-340, 2007.

FRIEDMAN, C. S.; HEDRICK, R. P. Pacific oyster nocardiosis: isolation of the bacterium and induction of laboratory infections. **Journal of Invertebrate Pathology** v. 57 (1), p. 109-120, 1991.

FUJI, T. Climate change, sea-level rise and implications for coastal and estuarine shoreline management with particular reference to the Ecology of intertidal benthic macrofauna in NW Europe. **Biology** v. 1, p. 597–616, 2012.

GARCÍA-RODRÍGUEZ, F., BRUGNOLI, E., MUNIZ, P., VENTURINI, N., BURONE, L., HUTTON, M., RODRIGUEZ, M., PITA, A., KANDRATAVICIUS, N., PAEREZ, L., VEROCAI, L. Warm-phase ENSO events modulate the continental freshwater input and the trophic state of sediments in a large South American estuary. **Mar. and Fresh Res.**, v. 65 (1), p. 1-11, 2014.

GASPAR, M.; LEITÃO, F.; ROQUE, C.; MONTEIRO, C. C. Impacto da pesca de berbigão com draga de mão e faca de mariscar sobre a comunidade macrobentônica da Ria Formosa. **Relat. Cient. Téc. IPIMAR**, Série Digital, 23p., 2003.

GAUTHIER, J.D.; SONIAT, T.M.; ROGERS, J.S. A parasitological survey of oysters

along salinity gradients in coastal Louisiana. **J. World Aquacult. Soc.** v. 21, p. 105-115, 1990.

GELARO, R.; MCCARTY, W.; SUÁREZ, M.J.; TODLING, R.; MOLOD, A.; TAKACS, L.; RANGLES, C.A.; DARMENOV, A.; BOSILOVICH, M.G.; REICHEL, R.; WARGAN, K.; COY, L.; CULLATHER, R.; DRAPER, C.; AKELLA, S.; BUCHARD, V.; CONATY, A.; SILVA, A.M.; GU, W.; KIM, GI-KONG; KOSTER, R.; LUCCHESI, R.; MERKOVA, D.; NIELSEN, J.E.; PARTYKA, G.; PAWSON, S.; PUTMAN, W.; RIENECKER, N.; SCHUBERT, S.D.; SIENKIEWICZ, M.; ZHAO, B. The modern-era retrospective analysis for research and applications, version 2 (MERRA-2). **Journal of Climate**, v. 30(14), p. 5419-5454, 2017.

GLUDE, J. B. A summary report of Pacific coast oyster mortality investigations 1965–1972. *in Proceedings of the Third U.S.–Japan Meeting on Aquaculture at Tokyo, Japan*. Fishery Agency, Tokyo, Japan. p. 1-28, 1975.

GOH, B.P.L.; LAI, C.H. Establishing the thermal threshold of the tropical mussel *Perna viridis* in the face of global warming. **Mar. Pollut. Bull.** v. 85, p. 325–331, 2014.

GONZALEZ, R.; CAMACHO, A.P.; El berberecho, *Cerastoderma edule* (L.) de Carril (Ria de Arosa) II: Reclutamiento, crecimiento, mortalidad natural y producción, 1984 **Ata. IV** Simp. Iber. Est. Benth. 1984, p. 223-244.

GOSLING, E. **Bivalve Molluscs Biology, Ecology, and Culture**. Blackwell Publishing, Oxford, UK., 2004.

GRIZEL, H. Impact de *Marteilia refringens* et de *Bonamia ostreae* sur l'ostréiculture bretonne. **International Council for the Exploration of the Sea, Copenhagen, Denmark**. 1983 Disponible em: <<http://archimer.ifremer.fr/doc/1983/acte-5924.PDF>>

GUILLOU, J.; TARTU, C.; Postlarval and juvenile mortality in a population of the edible cockle *Cerastoderma edule* (L.) from Northern Brittany. **Neth. J. Sea Res.** v. 33, p. 103-111, 1994.

GUILLOTREAU, P.; ALLISON E. H.; BUNDY A.; COOLEY, S. R.; DEFEO, O.; LE BIHAN V.; PARDO S.; PERRY, R.; SANTOPIETRO, G.; SEKI T. A comparative appraisal of the resilience of marine social-ecological systems to mass mortalities of bivalves. **Ecology and Society**v. 22(1), p. 46, 2017.

HARVELL, C. D.; KIM, K.; BURKHOLDER, J. M.; COLWELL, R. R.; EPSTEIN, P. R.; GRIMES, D. J.; HOFMANN, E. E.; LIPP, E. K.; OSTERHAUS, A. D. M. E.; OVERSTREET, R. M.; PORTER, J. W.; SMITH, G. W.; VASTA, G. R. Emerging marine diseases — climate links and anthropogenic factors. **Science** v. 285, p.1505-1510, 1999.

HELMUTH, B.; YAMANE, L.; MACH, K.J.; CHHOTRAY, S.; LEVIN, P.; WOODIN, S. Organismal climatology: analyzing environmental variability at scales relevant to physiological stress. **J. Exp. Biol.** v. 213(6), p. 995–1003, 2010.

HELMUTH, B. How do we measure the environment? Linking intertidal thermal physiology and ecology through biophysics. **Integr. Comp. Biol.**, v. 42(4), p. 837-845, 2002.

HELMUTH, B. From cells to coastlines: how can we use physiology to forecast the impacts of climate change? **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.**, v. 212(6), p. 753-760, 2009.

HELMUTH, B.S.T.; HOFMANN, G.E. Microhabitats, thermal heterogeneity, and patterns of physiological stress in the rocky intertidal zone. **Biol. Bull.** v. 201(3), p.374–384, 2001.

HELMUTH, B.; YAMANE, L.; MACH, K.J.; CHHOTRAY, S.; LEVIN, P.; WOODIN, S. Organismal climatology: analyzing environmental variability at scales relevant to physiological stress. **J. Exp. Biol.** v. 213(6), p. 995–1003, 2010.

HICKS, D.W.; MCMAHON, R.F. Effects of temperature on chronic hypoxia tolerance in the non-indigenous brown mussel, *Perna perna* (Bivalvia: Mytilidae) from the Texas gulf of Mexico. **J. Molluscan Stud.** v. 71, p. 401–408, 2005.

IBAMA. Instrução Normativa No 81/2005: regulamenta a extração do berbigão (*Anomalocardia brasiliiana*) na Reserva Extrativista Marinha do Pirajubaé. 2005.

IMAÏ, T.; NUMACHI K.; OIZUMI J.; SATO S. Studies on the mass mortality of the oyster in Matsushima Bay. II. Search for the cause of mass mortality and possibility to prevent it by transplantation experiment. **Bulletin of the Tohoku Region Fisheries Research Laboratory** v. 25, p.27-38, 1965.

IPCC. Summary for policymakers. In: SOLOMON et al. (eds), *Climate Change 2007: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2007.

IPCC, 2014. Summary for policymakers. In: Field, C.B., BARROS, V.R., DOKKEN, D.J., MACH, K.J., MASTRANDREA, M.D., BILIR, T.E., CHATTERJEE, M., EBI, K.L., ESTRADA, Y.O., GENOVA, R.C., GIRMA, B., KISSEL, E.S., LEVY, A.N., MACCRACKEN, S., MASTRANDREA, P.R., WHITE, L.L. (Eds.), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom/New York, NY, USA, pp. 1–32.

JANSEN, J.M.; PRONKER, A.E.; KUBE, S.; SOKOLOWSKI, A. Geographic and seasonal patterns and limits on the adaptive response to temperature of European *Mytilus spp.* and *Macoma balthica* populations. **Oecologia** v. 154, p. 23–34, 2007.

KARAM, K. F. **Documento consolidado da caracterização da reserva extrativista do Pirajubaé com indicação de estudos prioritários e subsídios para construção do plano de utilização e programas de sustentabilidade.** Projeto PNUD/BRA/99/024, MMA/ICMBio, Florianópolis, 2009. 90p.

KAUSTUV, R.; JABLONSKI, D.; VALENTINE, J.W. Climate change, species range limits and body size in marine bivalves. **Ecology Letters**, v. 4, p. 366-370, 2001.

KAY, A.L.; JONES, R.G.; REYNARD, N.S. RCM rainfall for UK flood frequency stimulation. II. Climate change results. **J. Hydrol.** v. 318, p. 163-172, 2006.

LAFFERTY, K. D.; PORTER J. W.; FORD S. E. Are diseases increasing in the ocean? **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics** v. 35, p. 31-54, 2004.

LAVANDER, H. D., SILVA NETO, S. R., SOBRAL, S. C., LIMA, P. C.M., RÊGO, M. G. & GÁLVEZ, A. O. Manutenção e reprodução de *Anomalocardia brasiliiana* em condições laboratoriais. **Rev. Bras. Ciênc. Agrár.** V. 9, p. 269–276, 2014.

LE BIHAN, V.; PARDO S.; GUILLOTREAU P. Risk perception and risk management strategies of oyster farmers. **Marine Resource Economics**v. 28(3), p. 285-304, 2013.

LEONEL, R. M. V.; MAGALHÃES, A. R. M. e LUNETTA, J. E. 1983 Sobrevivência de *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791) (Mollusca: Bivalvia), em diferentes salinidades. **Bolm. Fisiol. Animal Univ.S. Paulo**, São Paulo, V.7, p. 63-72, 1983

LIMA, M. A.; SOARES, M. O.; PAIVA, C. C.; OSÓRIO, F. M.; PORFÍRIO, A. F.; MATTHEWS-CASCON, H. Osmorregulação em moluscos: o caso do bivalve estuarino tropical *Anomalocardia brasiliiana* (Mollusca: Bivalvia). **Conexões – Ciência e Tecnologia**, Fortaleza, v. 5(3), p. 79-84, 2009.

LUPO, C.; OSTA AMIGO A.; MANDARD Y. V.; PEROZ C.; RENAULT, T. Improving early detection of exotic or emergent oyster diseases in France: identifying factors associated with shellfish farmer reporting behaviour of oyster mortality. **Preventive Veterinary Medicine** v. 116(1-2), p. 168-182, 2014.

MACEDO, J. F. DE. 2003. Caracterização do revestimento vegetal em zona de oscilação de maré, no Aterro Hidráulico da Via expressa Sul – Florianópolis, SC. **Dissertação de Mestrado.** Universidade Federal de Santa Catarina, 80 p.

MALTZ, A.; FAERMAN, L. Moluscos comestíveis do Brasil: berbigões e mexilhões comuns do litoral paulista. **Anais Farmácia Química S.** São Paulo, v. 9(3-4), p. 45-49, 1958.

MANN, M.E.; ZHANG, Z.; HUGHES, M.K.; BRADLEY, R.S.; MILLER, S.K.; RUTHERFORD, S.; Proxy-based reconstructions of hemispheric and global surface temperature variations over the past two millennia. **Proc. Natl. Acad. Sci. USA** v. 105, p.13252-13257, 2008.

MATOZZO, M.G. *Marin Bivalve immune responses and climate changes: is there a relationship?* V Department of Biology, University of Padua, Padua, Italy, 2011.

MATSUYAMA, Y. Harmful effect of dinoflagellate *Heterocapsa circularisquama* on shellfish aquaculture in Japan. **Japan Agricultural Research Quarterly** v. 33, p.283-293, 1999.

MCARTHUR, R. H. Fluctuations of animal populations, and a measure of community stability. **Ecology** v. 36(3), p. 533-536, 1955.

MCCANN, K. S. The diversity-stability debate. **Nature** v. 405, p. 228-233, 2000.

MCKINDSEY, C. W.; LANDRY T.; O'BEIRN, F. X.; Davies, I. M. Bivalve aquaculture and exotic species: a review of ecological considerations and management issues. **Journal of Shellfish Research** v. 26(2), p. 281-294, 2007.

MELLO, D. F. **Utilização de marcadores imunológicos no berbigão *Anomalocardia brasiliiana* para o monitoramento da qualidade ambiental da Reserva Extrativista Marinha do Pirajubaé.** Florianópolis, Monografia (Bacharelado em Ciência Biológicas) – UFSC, 2009.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Consulta Pública – RESEX.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/consulta-resex>. Acesso em: 20 jan. 2019.

MONTEIRO, M. Caracterização climática do estado de Santa Catarina: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano. **Geosul**, Florianópolis, v. 16(31), p 69-78. 2001.

MOUËZA, M.; GROS, O.; FRENKIEL, L. Embryonic, larval and postlarval development of the tropical clam, *Anomalocardia brasiliiana* (Bivalvia, Veneridae). **Journal of Molluscan Studies**. v. 65, p. 73-88, 1999.

MOURITSEN, K.N.; JENSEN, K.T. Parasite transmission between soft-bottom invertebrates: temperature mediated infection rates and mortality in *Corophium volutator*. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** v. 151, p. 123–134, 1997.

MOUTHON, J.; DAUFRESNE, M.; Effects of the 2003 heatwave and climatic warming on mollusc communities of the Saône: a large lowland river and of its two main tributaries (France). **Glob. Change Biol.** v. 12, p. 441–449, 2006.

MYDLARZ, L. D.; JONES, L. E.; HARVELL, C. D. Innate immunity, environmental

drivers, and disease ecology of marine and freshwater invertebrates. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics** v. 37, p. 251-288, 2006.

NANDI, R. R. Ecologia populacional do berbigão *Anomalocardia brasiliiana* (GMelin, 1791) (Bivalvia: Veneridade) na Praia da Base – Reserva Extrativista Marinha do Pirajubaé, Florianópolis, SC. **Monografia** (Bacharelado em Oceanografia), Universidade do Vale do Itajaí, 58 p., 2005.

NARCHI, W. Comparative study of the functional morphology of *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791) and *Tivela macrolides* (Born, 1778) (Bivalvia: Veneridae). **Bull. Mar. Sci.**, 22(3), p. 643-670, 1972.

OLIVEIRA, I.B. **Estudo da estrutura populacional do marisco *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791) na praia de mangue seco, litoral norte de Pernambuco-Brasil.** Dissertação de Mestrado, Recife, 2010.

ORTEGA, L.; CASTILLA, J. C.; ESPINO, M.; YAMASHIRO, C.; DEFEO, O. Effects of fishing, market price, and climate on two South American clam species. **Marine Ecology Progress Series** v. 469, p. 71-85, 2012.

ORTEGA, L.; CELENTANO, E.; DELGADO, E.; DEFEO, O. Climate change influences on abundance, individual size and body abnormalities in a sandy beach clam. **Marine Ecology Progress**, 2016.

PARADA, J.M.; MOLARES, J.; Natural mortality of the cockle *Cerastoderma edule* (L.) from the Ria of Arousa (NW Spain) intertidal zone. **Rev. Biol. Mar. Oceanogr.** v. 43, p. 501–511, 2008.

PARADA, J.M.; MOLARES, J.; OTERO, X. Multispecies mortality patterns of commercial bivalves in relation to estuarine salinity fluctuation. **Estuar. Coasts** v. 35, p. 132–142. , 2012.

PETES, L.E.; MENGE, B.A.; HARRIS, A.L. Intertidal mussels exhibit energetic trade-offs between reproduction and stress resistance. **Ecol Monogr.** v.78, p. 387–402, 2008.

PENNA, B. R. **Impacto dos aerossóis na reanálise Merra-Z.** São José dos Campos: INPE, 2018. Disponível: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34R/3R35M4H>> Acesso: nov. 2018.

PEZZUTO, P.R. **Nota Técnica 01/2017** – ICMBio/UNIVALI, 29 de setembro de 2017.

PEZZUTO, P. R.; ECHTERNACHT, A. M. Avaliação de impactos da construção da Via Expressa SC-SUL sobre o berbigão *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791) (Mollusca: Bivalvia) na Reserva Extrativista Marinha do Pirajubaé, (Florianópolis, SC-Brasil). **Atlântica**, v. 21, p. 105-119, 1999.

PEZZUTO, P.R.; SOUZA, D. S. A pesca e o manejo do berbigão (*Anomalocardia brasiliiana*) (Bivalvia: Veneridae) na Reserva Extrativista Marinha do Pirajubaé, SC, Brasil. **Desenvolv. Meio Ambiente**, v. 34, p. 169-189, 2015.

PHILIPPART, C.J.M.; VAN AKEN, H.M.; BEUKEMA, J.J.; BOS, O.G.; CADÉE, G.C.; DEKKER, R. Climate-related changes in recruitment of the bivalve *Macoma balthica*. **Limnology And Oceanography**, v. 48, p. 2171-2185, 2003.

PHILIPPART, C.J.M.; ANADÓN, R.; DANOVARO, R.; DIPPNER, J.W.; DRINKWATER, K.F.; HAWKINS, S. Impacts of climate change on European marine ecosystems: observations, expectations and indicators. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** v. 400, p. 52–69, 2011.

PÖRTNER, H.O. Climate change and temperature-dependent biogeography: oxygen limitation of thermal tolerance in animals. **Naturwissenschaften** v. 88(4), p. 137–146, 2001.

PÖRTNER, H.O. Climate variations and the physiological basis of temperature dependent biogeography: systemic to molecular hierarchy of thermal tolerance in animals. **Comp. Biochem. Physiol. A: Mol. Integr. Physiol.** v. 132(4), p. 739–761, 2002.

PRETTO, T.; ZAMBON, M.; CIVETTINI, M.; CABURLOTTO, G.; BOFFO, L.; ROSSETTI, E.; ARCANGELI, E. Massive mortality in Manila clams (*Ruditapes philippinarum*) farmed in the Lagoon of Venice, caused by *Perkinsus olseni*. **Bull. Eur. Ass. Fish Pathol.**, v. 34(4), p. 43-53, 2014.

PUGH, D. T. Changing sea levels: effects of tides, weather, and climate. Cambridge, UK; New York: Cambridge University Press, xiii, p. 265, 2004.

PURVES, D.; SCHARLEMANN, J.P.W.; HARFOOT, M.; NEWBOLD, T.; TITTENSOR, D.P.; HUTTON, J.; EMMOTT, S. Ecosystems: time to model all life on earth. **Nature** v. 493, p. 295–297, 2013.

REDAÇÃO NSC, Berbigão está morrendo em cultivos de Florianópolis e quilo já chega a R\$ 32: Mortalidade do molusco preocupa a comunidade. **NSC Total**, Florianópolis, 05 mar. 2015. Disponível em: <<https://www.nsctotal.com.br/noticias/berbigao-esta-morrendo-em-cultivos-de-florianopolis-e-quilo-ja-chega-a-r-32>> Acesso em: 03 jan. 2019.

REID, H.I.; SOUDANT, P.; LAMBERT, C.; PAILLARD, C.; BIRKBECK, T.H. Salinity effects on immune parameters of *Ruditapes philippinarum* challenged with *Vibrio tapetis*. **Dis. Aquat. Org.** v. 56, p. 249-258, 2003.

RIBAS, L. C. C.; ZUCULOTO, J. R. M. Os extrativistas da Reserva Extrativista Marinha do Pirajubaé (Florianópolis, Santa Catarina, Brasil) – visões endógenas

sobre a reserva e o turismo local. **Turismo e Sociedade**, v. 5(2), 2012.

RIBAS, L. C. C. **A Reserva Extrativista Marinha do Pirajubaé: Sujeitos, memórias e saberes etnobiológicos**. Florianópolis: Publicação do IFSC, 2014.

RIENECKER, M.M.; SUÁREZ, M.J.; GELARO, R.; TODLING, R.; BACMEISTER, J.; LIU, E.; BOSILOVICH, M.G.; SCHUBERT, S.D.; TAKACS, L.; KIM, GI-KONG; BLOOM, S.; CHEN, J.; COLLINS, D.; CONATY, A.; SILVA, A.; GU, W.; JOINER, J.; KOSTER, R.D.; LUCCHESI, R.; MOLOD, A.; OWENS, T.; PAWSON, S.; PEGION, P.; REDDER, C.R.; REICHEL, R.; ROBERTSON, F.R.; RUDDICK, A.G.; SIENKIEWICZ, M.; WOOLLEN, J. MERRA: NASA's modern-era retrospective analysis for research and applications. **Journal of climate**, v. 24(14), p. 3624–3648, 2011.

RIENECKER, M. M.; SUAREZ, M.; TODLING, R.; BACMEISTER, J.; TAKACS, L.; LIU, H. C.; GU, W.; SIENKIEWICZ, M.; KOSTER, R. D.; GELARO, R.; STAJNER, I.; NIELSEN, E. **The GEOS-5 data assimilation system - documentation of versions 5.0.1, 5.1.0, and 5.2.0**. Greenbelt, Maryland, USA: NASA, 2008.

RIOS, E. C. **Seashells of Brazil**. 2 ed. Rio Grande: Editora da Furg. 482 p, 1994.

RODLAND, D.L.; SCHÖNE, B.R.; BAIER, S.; ZHANG, Z.; DREYER, W.; PAGE, N.A.; Changes in gape frequency, siphon activity and thermal response in the freshwater bivalves *Anodonta cygnea* and *Margaritifera falcata*. **J. Molluscan Stud.** v. 75, p. 51–57, 2009.

RODRIGUES, A. M. L.; BORGES-AZEVEDO, C.M.; HENRY-SILVA, G.G. Aspectos da biologia e ecologia do molusco bivalve *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791) (Bivalvia, Veneridae). **R. bras. Bioci.**, v. 8(4), p. 377-383, 2010.

RODRIGUES, L. C.; VAN DEN BERGH, J. C. J. M.; MASSA, F.; THEODOROU, J. A.; ZIVERI, P.; GAZEAU, F. Sensitivity of Mediterranean bivalve mollusc aquaculture to climate change, ocean acidification, and other environmental pressures: findings from a producer survey. **Journal of Shellfish Research** v. 34(3), p. 1161-1176, 2015.

ROSSO, A. P. **Caracterização sedimentológica e análise metapopulacional do berbigão *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791) (Bivalvia: Veneridae) em nove áreas da Grande Florianópolis – SC: subsídios ao manejo da Reserva Extrativista Marinha do Pirajubaé**. Itajaí, Monografia (Graduação em Oceanografia) – UNIVALI, 2012.

ROWLEY, A.F.; CROSS, M.E.; CULLOTY, S. C.; LYNCH, S.A.; MACKENZIE, C.L.; MORGAN, E.; O'RIORDAN R.M.; ROBINS, E.P.; SMITH, A.L.; THRUPP, T.J.; VOGAN, C.L.; WOOTTON, E.C.; MALHAM, S.K. The potential impact of climate change on the infectious diseases of commercially important shellfish populations in the Irish Sea-a review. **ICES Journal of Marine Science**, v. 71, p. 741-759, 2014.

SALLES, C. M. 1991. Esteiro de Santa Catarina: oceanografia dinâmica. Relatório Técnico. Universidade federal de Santa Catarina.

SAMPAIO, L. S. O. 2018. Monitoramento do berbigão *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin 1791) na Reserva Extrativista Marinha do Pirajubaé, Florianópolis/SC. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal de Santa Catarina, 62 p.

SANTOS, S.; LUTTIKHUIZEN, P.C.; CAMPOS, J.; HEIP, C.H.R.; VAN DER VEER, H.W. Spatial distribution patterns of the peppery furrow shell *Scrobicularia plana* (da Costa, 1778) along the European coast: a review. **J. Sea Res.** v. 66, p. 238–247, 2011.

SARTORI, M. G. B. **Clima e percepção**. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 488 p., 2000.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Alguns aspectos ecológicos e análise da população de *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) (Mollusca: Bivalvia), na praia do Saco da Ribeira, Ubatuba, Estado de São Paulo, USP**. Tese (Doutoramento). Universidade de São Paulo, São Paulo/SP, 119 p. 1976.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; SORIANO-SIERRA, E.J.; VALE, C.C.; BERNINI, E.; ROVAI, A.S.; PINHEIRO, M.A.A.; SCHIMDT, A.J.; ALMEIDA, R.; JÚNIOR, C.C.; MENGHINI, R.P.; MARTINEZ, D.I.; ABUCHAHLA, G.M.O.; CUNHA-LIGNON, M.; CHARLIER-SARUBO, S.; SHIRAZAWA-FREITAS, J.; CINTRÓN-MOLERA, G. Climate changes in mangrove forests and salt marshes. **Brazilian Journal of Oceanography** v. 64, p. 37-52, 2016.

SCHETTINI, C. A. F.; PEREIRA FO., J.; SPILLERE, L. Caracterização oceanográfica e biogeoquímica dos estuários dos rios Tavares e Defuntos, Reserva Extrativista de Pirajubaé, Florianópolis, SC. **Notas Técnicas da FACIMAR**, v. 4, p. 11-28, 2000.

SCHETTINI, C.A.F., SANTOS, M.I.F. & ABREU, J.G.N. Observação dos sedimentos de fundo de uma plataforma abrigada sob influência de atividade de dragagem: Saco dos Limões, Florianópolis, SC. **Notas Tec. Facimar** v. 6, p. 165-175, 2002.

Sistema da Informação sobre a Biodiversidade Brasileira (SiBBr). Disponível em: <<https://ala-bie.sibbr.gov.br/ala-bie/species/150705#classification>>. Acesso em 12 de dez. de 2019

SILVA, G. **Composição do cascalho e efeitos sobre os berbigões da Reserva Extrativista Marinha do Pirajubaé, Florianópolis/SC**. Monografia (Engenharia de Aquicultura), Florianópolis, 46p. 2016.

SILVA, L. F. **Identificação de sub-ambientes na Baía Sul (SC) com base na análise de variáveis oceanográfico-sedimentares.** Florianópolis, SC. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Geociências, UFSC, 123 p. 2002.

SINDERMANN, C.J. Diseases of marine shellfish. In: **Principal diseases of marine fish and shellfish**, San Diego: Academic Press, 1970 v. 2, 516 p.

SLOW FOOD BRASIL, Movimento Slow Food. **Slow Food Brasil**, 04 jul. 2007. Disponível em: < <https://www.slowfoodbrasil.com/slowfood/o-movimento>> Acesso em: 07 dez. 2019.

SOLETCHNIK, P.; ROPERT, M.; MAZURIÉ, J.; FLEURY, P. G.; LE COZ, F. Relationships between oyster mortality patterns and environmental data from monitoring databases along the coasts of France. **Aquaculture** v. 271(1-4), p. 384-400, 2007.

SOMERO, G.N. The physiology of global change: linking patterns to mechanisms. **Ann Rev Mar Sci** v. 4, p. 19–61, 2012.

SORTE, C.J.B.; JONES, S.J.; MILER, L.P. Geographic variation in temperature tolerance as an indicator of potential population responses to climate change. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** v. 400(1–2), p. 209–217, 2011.

SOUZA, D. S. **Dinâmica populacional do berbigão *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791) (Mollusca: Bivalvia: Veneridae) na Reserva Extrativista Marinha do Pirajubaé (Florianópolis, SC).** Monografia (Conclusão de curso para a obtenção do título de Oceanógrafo), Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar, Universidade do Vale do Itajaí, 75 p. 2003.

SOUZA, D. S. **Caracterização da pescaria do berbigão *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791) (Mollusca: Bivalvia) na Reserva Extrativista Marinha do Pirajubaé (Florianópolis/ SC): subsídios para o manejo.** Itajaí, Dissertação (mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – UNIVALI, 2007.

SPÍNOLA, J.L.; TEIXEIRA, C. F.; ANDRIGUETTO FILHO, J.M. Desafios à cogestão: os impactos da Via Expressa Sul sobre o extrativismo na RESEX Marinha do Pirajubaé. **Desenvolv. Meio Ambiente**, v. 32, p. 139-150, 2014.

TORRES, A. "O sumiço do berbigão, molusco que é identidade de Florianópolis". **Gazeta do Povo**, Florianópolis, 26 mar. 2019. Disponível em: <<https://www.gazetadopovo.com.br/bomgourmet/berbigao-o-molusco-que-e-sucesso-no-litoral-de-sc-e-corre-risco-de-extincao/>> Acesso em: 02mai. 2019.

TUAN, Y-F. Topofilia. Tradução prefácio e notas: Livia de Oliveira. São Paulo:DIFEL, [1980].

TURRA, A.; CRÓQUER, A.; CARRANZA, A.; MANSILLA, A.; ARECES, A. J.; ERLINGER, C.; MARTÍNEZ-BAYÓN, C.; NASSAR, C. A.; PLASTINO, E.; SCHWINDT, E.; SCARABINO, F.; CHOW, F.; FIGUEROA, F. L.; BERCHEZ, F.; HALL-SPENCER, J. M.; SOTO, L. A.; BUCKERIDGE, M. S.; COPERTINO, M. S.; SZÉCHY, M. T.; GHILARDI LOPES, N. P.; HORTA, P.; COUTINHO, R.; FRASCHETTI, S.; LEÃO, Z. M. Global environmental changes: setting priorities for Latin American coastal habitats. **Glob. Chang. Biol.**, v. 19, n. 7, p. 1965-1969, 2013.

VALÉRIE, B.S.; TRISTAN, R.; MARIE-AGNES, T. Mass mortality in bivalves and the intricate case of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 131, p. 2-10, 2015.

VÁZQUEZ-LUIS, M.; ÁLVAREZ, E.; BARRAJÓN, A.; GARCÍA-MARCH, J.R.; GRAU, A.; HENDRICKS, I.E.; JIMÉNEZ, S.; KERSTING, D.; MORENO, D.; PÉREZ, M.; RUIZ, J.M.; SÁNCHEZ, J.; VILLALBA, A.; DEUDERO, S. S.O.S. *Pinna nobilis*: A mass mortality event in Western Mediterranean Sea. **Frontiers in Marine Science**, v. 4, 2017.

VERDELHOS, T.; CARDOSO, P.G.; DOLBETH, M.; PARDAL, M.A. Recovery trends of *Scrobicularia plana* populations after restoration measures, affected by extreme climate events. **Mar. Environ. Res.** v. 98, p. 39–48, 2014.

von Behr, M. Reserva Extrativista Marinha do Pirajubaé. In: Murrieta, J. R.; Rueda, R. P. (Ed.). **Reservas Extrativistas**. Gland e Cambridge: UICN – União Mundial para a Conservação, p. 77-80, 1995.

WALDBUSSER, G.G.; HALES, B.; LANGDON, C.J.; HALEY, B.A.; SCHRADER, P.; BRUNNER, E.L.; GRAY, M.W.; MILLER, C.A.; GIMENEZ, I. Saturation-state sensitivity of marine bivalve larvae to ocean acidification. **Nature Climate Change**, v. 5, p. 273–280, 2015.

WALKER, B.; SALT, D. **Resilience thinking: sustaining ecosystems and people in a changing world**. Island Press, Washington, D.C., USA, 2006.

WEATHERDON, L.V.; MAGNAN, A.K.; ROGERS, A.D.; SUMAILA, U.R.; CHEUNG, W.W.L. Observed and Projected Impacts of Climate Change on Marine Fisheries, Aquaculture, Coastal Tourism, and Human Health: An Update. **Front. Mar. Sci.**, 2016.

WETZ, M.S.; YOSKOWITZ, D.W. An 'extreme' future for estuaries? Effects of extreme climatic events on estuarine water quality and ecology. **Mar. Pollut. Bull.** v. 69, p.7–18, 2013.

WITHER, A.; BAMBER, R.; COLCLOUGH, S.; DYER, K.; ELLIOTT, M.; HOLMES, P.; JENNER, H.; TAYLOR, C.; TURNPENNY, A. Setting new thermal standards for transitional and coastal (TraC) waters. **Mar. Pollut. Bull.** v. 64, p. 1564–1579, 2012.

WU, W.-S.; PURSER, R. J.; PARRISH, D. F. Three-dimensional variational analysis with spatially inhomogeneous covariances. **Monthly Weather Review**, v. 130(12), p. 2905–2916, 2002.

XIAO, J.; FORD, S. E.; YANG, H.; ZHANG, G.; ZHANG, F.; GUO, X. Studies on mass summer mortality of cultured zhikong scallops (*Chlamys farreri* Jones et Preston) in China. **Aquaculture**, v. 250(3-4), p.602-615, 2005.

YURIMOTO, T.; KASSIM, F. M.; FUSEYA, R.; MAN, A.; Mass mortality event of the bloodcockle, *Anadara granosa*, in aquaculture ground along Selangor coast, Peninsular Malaysia. **International Aquatic Research**. v. 6, p. 177-186, 2014.