

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

Elaine Cristina dos Santos

**ANÁLISE DA SUSCETIBILIDADE E DA VULNERABILIDADE
COSTEIRA DE UM SISTEMA SEMIABRIGADO A EVENTOS
EXTREMOS: ENSEADA DE TIJUCAS - SANTA CATARINA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Catarina para obtenção do Grau de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Jarbas Bonetti Filho

Florianópolis
2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Santos, Elaine Cristina

Análise da suscetibilidade e da vulnerabilidade
costeira de um sistema semiabrigado a eventos
extremos: Enseada de Tijucas - Santa Catarina /
Elaine Cristina Santos ; orientador, Jarbas
Bonetti Filho, 2018.

100 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências
Humanas, Programa de Pós-Graduação em Geografia,
Florianópolis, 2018.

Inclui referências.

1. Geografia. 2. análise espacial. 3. índice
multicritério. 4. maré de tempestade. I. Bonetti
Filho, Jarbas . II. Universidade Federal de Santa
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Geografia.
III. Título.

Elaine Cristina dos Santos

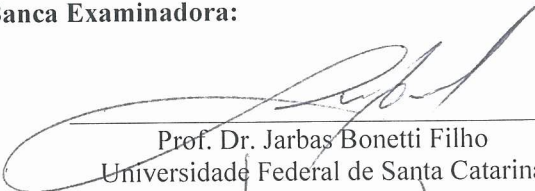
**Análise da suscetibilidade e da vulnerabilidade costeira
de um sistema semiabrigado a eventos extremos:
Enseada de Tijucas - Santa Catarina**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre em Geografia”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-graduação em Geografia.

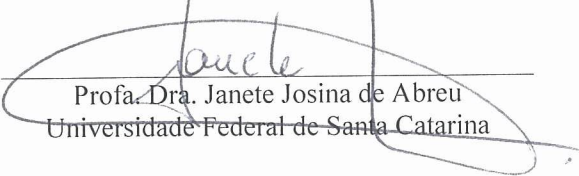
Florianópolis, 25 de abril de 2018.

Prof. Dr. Elson Manoel Pereira
Coordenador do PPGG/UFSC

Banca Examinadora:



Prof. Dr. Jarbas Bonetti Filho
Universidade Federal de Santa Catarina



Profa. Dra. Janete Josina de Abreu
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Nelson Guillermo Rangel-Buitrago
(Videoconferência)
Universidad Del Atlántico

Aos simpatizantes da Geografia.

Agradecimentos

À Marinha, pelo atendimento e por ter cedido as cartas sinóticas.

À EPAGRI, por ter cedido os dados do marégrafo de Florianópolis.

À CAPES, pela bolsa de pós-graduação, que me possibilitou morar mais perto da Universidade e do laboratório que eu fazia parte.

Ao meu orientador professor Jarbas, por todo aprendizado, conversas, conselhos e ajudas acadêmicas oferecidas, além de sempre radiar animação.

Aos membros e ex-membros do Laboratório de Oceanografia Costeira, que sempre estavam dispostos a ajudar, trocar experiências e boas conversas.

Às queridas moradoras e ex-moradoras dos Quartetos da Carvoeira que fiz parte, por serem a minha família em Florianópolis.

Aos forrozeiros e forrozeiras, especialmente à patotinha, pelas boas energias, parceria e alegria compartilhada.

Aos meus amigos da época de graduação em Geografia/UFSC, pelos cachorros-quentes, batatas fritas e karaokê ao longo da nossa jornada.

E ao meu Pai e a minha Mãe, por me apoiarem sempre!!!

Eu prefiro ser essa metamorfose ambulante,
do que ter aquela velha opinião formada
sobre tudo.

Raul Seixas, 1973.

RESUMO

A Enseada de Tijucas, localizada no litoral central de Santa Catarina, está abrigada da incidência direta de ondas oceânicas, porém as residências à beira-mar estão sujeitas à inundação por marés de tempestade. Desta forma, este trabalho buscou analisar a suscetibilidade e vulnerabilidade do setor litorâneo da Enseada de Tijucas à inundação costeira associada a eventos meteorológicos extremos, buscando o entendimento de algumas das variáveis envolvidas que fazem uma área costeira semiabrigada suscetível e vulnerável aos eventos de maré de tempestade. Foram analisadas as condições atmosféricas e oceanográficas envolvidas durante as inundações costeiras registradas, e adaptado e aplicado um índice multicritério para situar as áreas mais suscetíveis e vulneráveis a estes eventos. Foram analisados os anos de 2002 a 2016, onde nove eventos de inundação costeira foram registrados na Enseada de Tijucas. Em todos, a presença da passagem de frentes e dos ciclones extratropicais foram relevantes para as ocorrências. Quanto ao Índice de Vulnerabilidade Costeira (IVC) para a Enseada de Tijucas, este apresentou certa equidade na quantidade de setores da linha de costa associadas às três classes de índice (alto, moderado e baixo). Para o setor norte, a linha de costa na sua maioria foi classificada com alto grau de vulnerabilidade, devido às variáveis socioeconômicas classificadas como de alta vulnerabilidade, seguido de baixo grau, pelos aspectos físicos no geral terem baixa suscetibilidade. Os setores central e sul apresentaram certa homogeneidade nas características físicas e socioeconômicas, diferenciando mais no descritor referente à taxa de variação da linha de costa, o que resultou nos diversos segmentos da linha de costa com índices diferentes. Para trabalhos futuros, recomenda-se adicionar mais variáveis ao IVC e fazer o cálculo com ponderação das variáveis, levando em consideração as características de um ambiente semiabrigado. Além disso, recomenda-se verificar a relação entre as inundações costeiras e os episódios de *El Niño-Oscilação Sul*.

Palavras-chave: análise espacial; índice multicritério; maré de tempestade.

ABSTRACT

Enseada de Tijucas, located on the Santa Catarina central coast, can be considered a semi-sheltered coastal regarding the direct ocean wave incidence, but the seaside residences are susceptible to coastal inundation by storm surges. In this way, this work focused on to analyze the Enseada de Tijucas susceptibility and vulnerability to the coastal inundation associated with extreme meteorological events, understanding some of the variables involved that make a semi-sheltered coastal area susceptible and vulnerable to storm surge events. The atmospheric and oceanographic conditions involved during the recorded coastal inundations were analyzed and a multicriteria index was adapted and applied to locate the most susceptible and vulnerable areas for these events. The years 2002 to 2016 were analyzed and nine coastal inundation events were recorded on Enseada de Tijucas. In all, the presence of fronts crossing and extratropical cyclones were relevant to the occurrences. As for the Coastal Vulnerability Index (CVI) applied, Enseada de Tijucas presented almost the same number of coastline sectors associated to the three index classes (high, moderate and low). For the northern sector, the coastline was mostly classified with a high vulnerability index, due to the socioeconomic variables classified as high vulnerability, followed by low index, because the physical aspects in general had low susceptibility. The central and southern sectors presented some homogeneity in the physical and socioeconomic characteristics, differentiating more in the descriptor referring to the shoreline change rate, which resulted in the different segments of the coast line with different indices. For future works, it is recommended to add more variables to the CVI and make the calculation with variables weighting, taking into account the characteristics of a semi-sheltered coastal. In addition, it is recommended to verify the relationship between coastal inundation and El Niño-Southern Oscillation episodes.

Keywords: spatial analysis; multi-criteria index; storm surge.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Localização da área de estudo. Organizado pela autora (2017). | 29 |
| Figura 2. Sedimentos lamosos (adjacentes à praia) e arenosos (retaguarda) na porção norte da Enseada de Tijucas. Foto de Norberto Olmiro Horn Filho, setembro/2009. SPG (2010)..... | 30 |
| Figura 3. Casas à beira-mar no bairro da Praça (setor norte) antes da construção do dique. Foto: Andrey Rebelo (2003). | 31 |
| Figura 4. Dique no bairro da Praça (setor norte) recoberto com vegetação ainda incipiente. Foto: Andrey Rebelo (2007). | 31 |
| Figura 5. Modelo de evolução para a área de Tijucas durante o nível máximo marinho no período do Holoceno médio até o presente. Adaptado de Asp et al., 2005b. | 33 |
| Figura 6. Habitantes por quilômetro quadrado, proveniente do Censo demográfico de 2010. IBGE (2010). | 35 |
| Figura 7. Exemplo da integração dos descritores e classes. Fonte: adaptado de Bonetti e Woodroffe (2017). | 38 |
| Figura 8. Transectos gerados para os cálculos. Os números correspondem à quantidade de transectos utilizados (66, no total). . | 41 |
| Figura 9. Legenda dos gráficos de análise rítmica. | 47 |
| Figura 10. Gráficos para a análise rítmica referente ao evento ocorrido em 02 de setembro de 2002. Fonte: INMET..... | 48 |
| Figura 11. Gráficos para a análise rítmica referente ao evento ocorrido em 25 de maio de 2003. Fonte: INMET. | 50 |
| Figura 12. Gráficos para a análise rítmica referente ao evento ocorrido em 27 de junho de 2006. Fonte: INMET. | 52 |
| Figura 13. Gráficos para a análise rítmica referente ao evento ocorrido em 01 de novembro de 2010. Fonte: INMET. | 54 |
| Figura 14. Gráficos para a análise rítmica referente ao evento ocorrido em 26 de outubro de 2011. Fonte: INMET..... | 56 |
| Figura 15. Bairro da Praça. Ao fundo, a praia de Tijucas. Fonte: VipSocial (2016). | 58 |
| Figura 16. Bairro Santa Luzia (Porto Belo). Fonte: VipSocial (2016). | 58 |
| Figura 17. Gráficos para a análise rítmica referente ao evento ocorrido em 17 de agosto de 2016. Fonte: INMET..... | 59 |

| | |
|---|----|
| Figura 18. Dique não vegetado no Bairro da Praça sendo sobrelavado no evento de 15/09/2016. Fonte: VipSocial (2016)..... | 61 |
| Figura 19. Dique não vegetado no bairro da Praça sendo destruído devido ao evento. Fonte: VipSocial (2016). | 61 |
| Figura 20. Gráficos para a análise rítmica referente ao evento ocorrido em 15 de setembro de 2016. Fonte: INMET..... | 62 |
| Figura 21. Rua do bairro da Praça inundada pelas águas salinas. Ao fundo da imagem encontra-se o dique. Fonte: VipSocial (2016). | 64 |
| Figura 22. Gráficos para a análise rítmica referente aos eventos ocorridos em 28 e 29 de outubro de 2016. Fonte: INMET..... | 65 |
| Figura 23. Vista para o setor norte. Bairro da Praça após evento de inundação costeira. Barentin (2016)..... | 66 |
| Figura 24. Casa de frente para o mar no bairro da Praça parcialmente soterrada. Souza (2016). | 67 |
| Figura 25. Dique parcialmente destruído no bairro da Praça (Tijucas). Fonte: portal TopElegance (2016)..... | 67 |
| Figura 26. Bairro Morretes (setor sul). Arrozal atingido pelo evento de inundação costeira. Fonte: Portal Galera Mix, 2016..... | 68 |
| Figura 27. O dique que protegia este setor no bairro da Praça e a rua não existe mais após o evento. Foto: Elaine Santos (2016)..... | 68 |
| Figura 28. Dique parcialmente reconstruído no bairro da Praça após o evento. Foto: Elaine Santos (2016)..... | 69 |
| Figura 29. Árvores parcialmente arrancadas e tombadas pela força das águas. Foto: Elaine Santos (2016)..... | 69 |
| Figura 30. Nos setores onde o dique está conservado e com vegetação as residências não foram atingidas. Foto: Elaine Santos (2016). | 70 |
| Figura 31. Gráfico com a diferença em metros de largura da linha de costa de 2005 a 2015. | 72 |
| Figura 32. Comparação das distâncias das linhas de costa da linha de base, esta última considerada o eixo zero. | 72 |
| Figura 33. Taxa de variação da linha de costa..... | 73 |
| Figura 34. Suscetibilidade quanto à variação da linha de costa (LC). | 74 |
| Figura 35. Pista de vento de direção sudeste gerado através do WFM. | 75 |
| Figura 36. Pista de vento de direção leste gerado através do WFM. | 75 |

| | |
|---|----|
| Figura 37. Pista de vento de direção nordeste gerado através do WFM. | 76 |
| Figura 38. Frequência e intensidade dos ventos. | 76 |
| Figura 39. Suscetibilidade quanto à exposição da costa às ondas. ... | 77 |
| Figura 40. Altitude da Enseada (em metros). Adaptado de SDS (2010). | 79 |
| Figura 41. Suscetibilidade quanto à altitude..... | 80 |
| Figura 42. Exemplo das áreas em Tijucas de baixa e média suscetibilidade (A) e de alta (B). Acervo fotográfico do Laboratório de Oceanografia Costeira/UFSC, 2013. | 81 |
| Figura 43. Classificação da cobertura do solo da área de estudo. | 82 |
| Figura 44. Suscetibilidade quanto ao tipo de pós-praia..... | 83 |
| Figura 45. Vulnerabilidade quanto à variável número de residentes. | 84 |
| Figura 46. Vulnerabilidade quanto à variável renda. | 85 |
| Figura 47. Integração dos aspectos físicos (esquerda) e aspectos socioeconômicos (direita)..... | 86 |
| Figura 48. Mapa do Índice de Vulnerabilidade Costeira para a Enseada de Tijucas. | 88 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 1. Ano e erro médio do georreferenciamento das imagens utilizadas..... | 40 |
| Quadro 2. Legenda das siglas utilizadas referente aos sistemas atmosféricos identificados nas cartas sinóticas..... | 46 |
| Quadro 3. Data, sistemas atmosféricos e suas posições, referente ao evento de 02/09/2002..... | 49 |
| Quadro 4. Data, sistemas atmosféricos e suas posições, referente ao evento de 25/05/2003..... | 51 |
| Quadro 5. Data, sistemas atmosféricos e suas posições, referente ao evento de 27/06/2006..... | 53 |
| Quadro 6. Data, sistemas atmosféricos e suas posições, referente ao evento de 01/11/2010..... | 55 |
| Quadro 7. Data, sistemas atmosféricos e suas posições, referente ao evento de 26/10/2011..... | 57 |
| Quadro 8. Data, sistemas atmosféricos e suas posições, referente ao evento de 17/08/2016..... | 60 |
| Quadro 9. Data, sistemas atmosféricos e suas posições, referente ao evento de 15/09/2016..... | 63 |
| Quadro 10. Data, sistemas atmosféricos e suas posições, referente ao evento de 28 e 29/10/2016..... | 66 |
| Quadro 11. Síntese das principais variáveis meteo-oceanográficas dos eventos. | 70 |

LISTA DE SIGLAS

BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa
CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DSAS - *Digital Shoreline Analysis System*
EPAGRI/CIRAM - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina/Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET - Instituto Nacional de Meteorologia
INPE/CPTEC - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
IVC - Índice de Vulnerabilidade Costeira
Ka AP - Mil anos antes do presente
MDT - Modelo Digital do Terreno
OMM - Organização Meteorológica Mundial
SDS - Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável
SIG - Sistema de Informação Geográfica
WFM - *Wind Fetch Model*

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 23 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO..... | 25 |
| 2.1 SUSCETIBILIDADE E VULNERABILIDADE..... | 25 |
| 2.2 INUNDAÇÃO COSTEIRA..... | 26 |
| 3 OBJETIVOS..... | 28 |
| 3.1 OBJETIVO GERAL..... | 28 |
| 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 28 |
| 4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO..... | 29 |
| 4.1 ASPECTOS GEOLÓGICOS E GEOMORFOLÓGICOS..... | 32 |
| 4.2 ASPECTOS CLIMÁTICOS E OCEANOGRÁFICOS..... | 33 |
| 4.3 ASPECTOS POPULACIONAIS..... | 34 |
| 5 METODOLOGIA..... | 36 |
| 5.1 REGISTRO DE INUNDAÇÕES COSTEIRAS..... | 36 |
| 5.2 ANÁLISE DOS SISTEMAS ATMOSFÉRICOS DOMINANTES NOS EVENTOS DE INUNDAÇÃO..... | 36 |
| 5.3 CONSTRUÇÃO DO ÍNDICE DE VULNERABILIDADE COSTEIRA..... | 37 |
| 5.3.1 Variáveis de suscetibilidade..... | 39 |
| 5.3.1.1 Variação da linha de costa..... | 39 |
| 5.3.1.2 Exposição da costa às ondas..... | 41 |
| 5.3.1.3 Altitude do pós-praia..... | 42 |
| 5.3.1.4 Tipo de pós-praia..... | 43 |
| 5.3.2 Variáveis de vulnerabilidade..... | 43 |
| 5.3.2.1 Residentes..... | 44 |
| 5.3.2.2 Renda..... | 44 |
| 5.4 CÁLCULO DO IVC..... | 45 |

| | |
|---|----|
| 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 46 |
| 6.1 REGISTROS DE INUNDAÇÕES COSTEIRAS EM TIJUCAS E SISTEMAS ATMOSFÉRICOS ATUANTES..... | 46 |
| 6.1.1 Evento de 02 de setembro de 2002..... | 47 |
| 6.1.2 Evento de 25 de maio de 2003 | 49 |
| 6.1.3 Evento de 27 de junho de 2006 | 51 |
| 6.1.4 Evento de 01 de novembro de 2010 | 53 |
| 6.1.5 Evento de 26 de outubro de 2011 | 55 |
| 6.1.6 Evento de 17 de agosto de 2016..... | 57 |
| 6.1.7 Evento de 15 de setembro de 2016..... | 60 |
| 6.1.8 Eventos de 28 e 29 de outubro de 2016..... | 64 |
| 6.2 VARIÁVEIS DE SUSCETIBILIDADE | 71 |
| 6.2.1 Variação da linha de costa..... | 71 |
| 6.2.2 Exposição às ondas..... | 74 |
| 6.2.3 Altitude da pós-praia | 78 |
| 6.2.4 Tipo de pós-praia..... | 80 |
| 6.3 VARIÁVEIS DE VULNERABILIDADE | 83 |
| 6.3.1 Residentes..... | 83 |
| 6.3.2 Renda..... | 84 |
| 6.4 ÍNDICE DE VULNERABILIDADE COSTEIRA | 86 |
| 7 CONCLUSÕES | 89 |
| REFERÊNCIAS | 91 |

1 INTRODUÇÃO

A zona costeira está em constante transformação devido aos fatores naturais, como o clima e a dinâmica oceânica, além das intervenções antrópicas realizadas neste espaço, como ocupação humana e construção de estruturas hidroviárias (MUEHE, 1995), transformações estas que podem ocorrer em diferentes escalas temporais e espaciais.

O aumento populacional, de atividades econômicas e de infraestruturas na zona costeira traz consigo diversas questões, muitas delas relacionadas aos perigos aos quais esta área está submetida, como, por exemplo, futuro aumento do nível do mar e ação de tempestades que causam erosão e inundação, entre outros (CARTER, 1988). Tratando-se de um ambiente mutável e que apresenta uma considerável população estabelecida nestas áreas, como no Brasil, é de importância compreendê-la e estudá-la, auxiliando na tomada de decisões, na obtenção de panoramas de como este ambiente costeiro pode sofrer com as oscilações climáticas, com as alterações antrópicas e como isso pode afetar a população residente na zona costeira.

A Baía de Tijucas, localizada no Estado de Santa Catarina, é caracterizada pelo grande aporte e presença de sedimentos finos, como lamas fluidas, sendo o Rio Tijucas o principal contribuinte de sedimentos para as praias locais, tornando-as diferente dos setores adjacentes (ALMEIDA, 2008).

Enquanto a maioria dos setores costeiros são densamente ocupados e valorizados pelo mercado imobiliário, na Enseada de Tijucas, na localidade próxima à desembocadura do Rio Tijucas, a situação é diferente: não há exploração de turismo de veraneio devido à grande quantidade de sedimentos finos presentes na praia e há uma comunidade de baixa renda neste litoral, principalmente nas proximidades da foz do rio e em área de pós-praia.

Apesar da Enseada de Tijucas estar abrigada da incidência direta de ondas oceânicas (ASP et al., 2009), as residências à beira-mar, no setor urbano, estão classificadas como áreas de alto risco à inundação por marés meteorológicas associadas a marés astronômicas de sizígia (CPRM, 2014), conhecidas por marés de tempestade, de acordo com Rudorff et al. (2014). Neste aspecto toda a Enseada é classificada em média a alta suscetibilidade na carta de inundação na escala 1:40.000 (CPRM, 2015), de acordo com os trabalhos desenvolvidos pelo Serviço Geológico do Brasil.

No início da década de 2000 foi construído pela prefeitura do município um dique (duna artificial) com cerca de 2 metros de altura

para conter o avanço do mar sobre as residências durante estes episódios. Posteriormente, em meados da década de 2000, foi fixada vegetação sobre o dique para evitar a destruição deste pelo avanço do mar, mas o problema não foi totalmente solucionado.

Rudorff et al. (2014) afirmam que as marés de tempestade têm gerado muitos prejuízos e transtornos para as comunidades costeiras catarinenses, sendo os municípios mais vulneráveis aqueles que apresentam intensa urbanização próximo à orla marítima. Desta forma, é importante o entendimento das variáveis naturais e antrópicas envolvidas que tornam uma área costeira semiabrigada, como a Enseada de Tijucas, suscetível e vulnerável aos eventos de inundação costeira. Além disso, é relevante identificar onde estão situadas as áreas mais expostas a estes eventos para fornecer subsídios para fins de planejamento, gestão e mitigação local.

A área de estudo não apresenta nenhuma investigação detalhada com a proposta de identificação das áreas suscetíveis e vulneráveis à inundação costeira, apenas os trabalhos do CPRM de 2014 e 2015. O primeiro trata apenas da área urbana de Tijucas em uma escala genérica e o segundo da suscetibilidade à inundação de todo o município, mas não leva em consideração impactos no setor litorâneo provenientes da inundação costeira. Também não há trabalhos específicos que tratem das condições atmosféricas atuantes durante os eventos de inundação registrados na Enseada. A maioria das pesquisas desenvolvidas no local está voltada aos aspectos sedimentológicos, aos serviços ecossistêmicos, à fauna e flora e aos problemas de poluição na Baía de Tijucas e na Reserva Biológica Marinha do Arvoredo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 SUSCETIBILIDADE E VULNERABILIDADE

Devido à diversidade de definições encontradas na literatura referentes ao emprego dos conceitos utilizados nesta pesquisa, como suscetibilidade e vulnerabilidade, coube aqui destacar a terminologia que foi adotada neste trabalho.

Suscetibilidade é a predisposição de um sistema ser impactado pela ocorrência de um perigo natural em uma determinada área, não considerando sua repercussão para a sociedade (BONETTI et al., 2013; HERRMANN, 2014), devido às características físicas da área em questão e, por vezes, das modificações antrópicas que induzem ao aumento desta predisposição (BONETTI et al., 2018).

Nguyen e Woodroffe (2015) na conceituação de vulnerabilidade consideram os elementos: exposição, sensibilidade (usualmente empregada como sinônimo de suscetibilidade) e capacidade adaptativa, que se referem, respectivamente, ao grau em que a área está exposta a impactos conforme suas características físicas; a potencialidade da área ser afetada devido aos fatores sociais e de uso do solo; e a habilidade do sistema (meio físico e humano) de se ajustar/lidar com as consequências.

Muler e Bonetti (2014) identificaram em diversos trabalhos que o termo vulnerabilidade, que é um conceito chave em estudos sobre desastres naturais, encontra-se geralmente associado à exposição ao perigo e à presença humana. Na síntese realizada por Bonetti e Woodroffe (2017) é proposto que vulnerabilidade deve ser amplamente associada ao potencial de perdas humanas e materiais à qual pode ser submetida a sociedade. Este potencial, constituído de múltiplos fatores institucionais, econômicos e socioculturais, pode ser quantificado através da capacidade que determinada área possui de antecipar, enfrentar, resistir e recuperar-se do impacto gerado por um agente de dada magnitude (CEPAL, 2011), que é a sua capacidade adaptativa.

Segundo Boruff et al. (2005), a maioria dos trabalhos buscam determinar e analisar as características físicas e são poucos os trabalhos voltados aos indicadores socioeconômicos. As características econômicas e sociais influenciam na vulnerabilidade, pois há fatores que aumentam ou diminuem os efeitos de um evento extremo e fatores que diminuem a habilidade de um indivíduo ou comunidade de se restabelecer e retomar como era antes do evento, por isso a importância

da integração de dados socioeconômicos nas análises de eventos extremos atuantes na costa.

2.2 INUNDAÇÃO COSTEIRA

Dentre os perigos costeiros, as inundações costeiras podem ser ocasionadas por tsunamis ou maremotos, pela elevação do nível do mar devido à eustasia ou isostasia e pela sobrelevação do nível do mar de natureza meteorológica (TABORDA e DIAS, 1992; DIAS, 2007; CARDONA, 2015), também nomeada de *storm surge* (CARTER, 1988; TABORDA e DIAS, 1992; GAMA et al., 1994) ou maré de tempestade (RUDORFF et al., 2014). Os valores de sobrelevação podem ser definidos pela diferença entre o nível do mar observado e a maré astronômica (prevista) (TABORDA e DIAS, 1992; GAMA et al., 1994).

Apesar da diversa nomenclatura utilizada, há um consenso de que a maré de tempestade está associada a baixas pressões atmosféricas e ação dos ventos, características encontradas durante tempestades, pois, segundo Truccolo (1998), em Santa Catarina as marés geradas pelos eventos meteorológicos podem ampliar em até um metro o nível do mar previsto. A sobrelevação ainda ser amplificada durante marés de sizígia.

A intensidade de uma maré de tempestade pode variar de acordo com o tamanho da pista de vento, duração, intensidade e direção do vento (CARTER, 1988). Outros fatores podem controlar o nível do mar, como uma complexa interação de ventos, pressão atmosférica, temperatura da água, ondas, topografia local e as características da tempestade na costa, como sua velocidade da trajetória, proximidade, duração e intensidade (RUDORFF et al., 2014). Sua intensidade também pode depender da batimetria e da configuração da costa, Carter (1988) exemplifica que em costas abertas a maré de tempestade raramente excede 0,5-0,6m, mas em locais rasos, mares semifechados, como a Baía de Bengala, Mar da Irlanda, Mar do Norte ou o Golfo do México, pode atingir altura de vários metros.

Segundo Carter (1988), a superfície do oceano atua como um barômetro, onde a pressão atmosférica decai enquanto o nível da água se eleva e vice-versa. Este efeito é, genericamente, de 1 centímetro de subida do nível do mar para cada 1 milibar de diferença na pressão. Quanto ao efeito dos ventos, dependendo da direção, estes podem promover o empilhamento de água junto à costa (DIAS, 2007) e gerar ondas locais.

O pior cenário de maré de tempestade pode ocorrer durante tempestades intensas associadas a marés de sizígia (TABORDA e

DIAS, 1992; DIAS, 2007; RUDORFF et al., 2014), ou seja, o evento é amplificado pela soma da sobrelevação do nível do mar gerada pela tempestade com a maré astronômica.

Segundo Rudorff et al. (2014), é durante a passagem de sistemas atmosféricos intensos (por exemplo, frentes polares e ciclones extratropicais) na região Sul do Brasil que ocorrem as marés de tempestade, afetando muitos municípios da zona costeira de Santa Catarina, devido às alterações provocadas nos campos de pressão atmosféricos, vento e outras variáveis atmosféricas durante o deslocamento destes sistemas (RODRIGUES et al., 2004).

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a suscetibilidade e a vulnerabilidade do setor litorâneo da Enseada de Tijucas à inundação costeira associada a eventos meteorológicos extremos.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar as condições meteorológicas e oceanográficas que atuaram durante os eventos de inundação registrados, de 2002 a 2016;
- Determinar a taxa de variação da linha de costa local na escala interanual;
- Avaliar o grau de exposição da linha de costa à ação de ondas locais;
- Descrever as características físicas e sociais da pós-praia;
- Identificar graus de suscetibilidade e vulnerabilidade local à inundação costeira.

4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Baía de Tijucas está localizada no Estado de Santa Catarina, sendo circundada pelos municípios de Governador Celso Ramos, Tijucas, Porto Belo, Bombinhas. A leste encontra-se a Reserva Biológica Marinha do Arvoredo. O Rio Tijucas é o principal contribuinte de água doce e sedimentos para a baía e é importante fonte de nutrientes de origem continental para a fauna marinha, sendo esta explorada pela maricultura e a pesca artesanal (ALMEIDA, 2008).

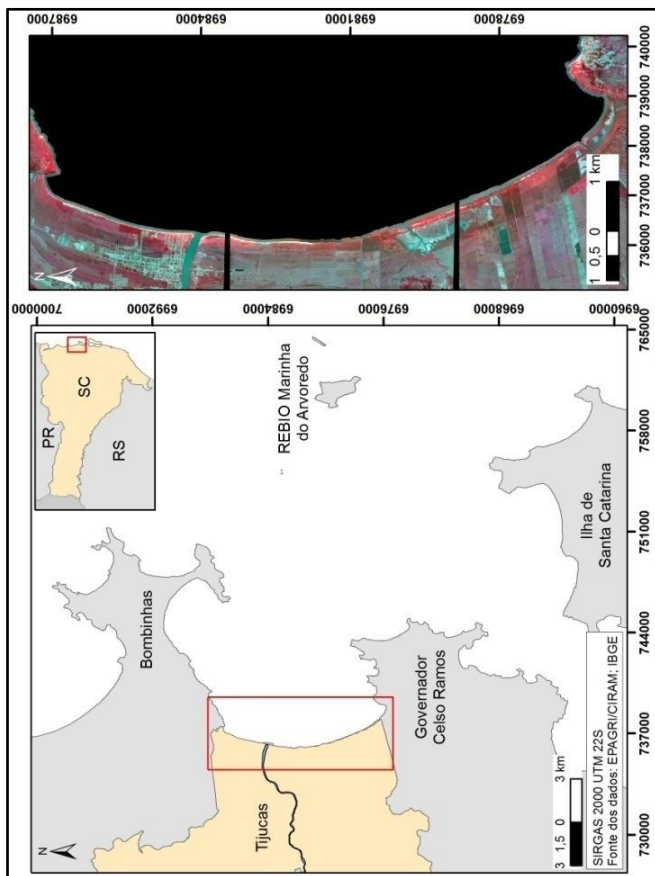


Figura 1. Localização da área de estudo. Organizado pela autora (2017).

Por estar relativamente abrigada pela península de Porto Belo ao norte (Bombinhas), pela Ilha de Santa Catarina e península dos Ganchos ao sul (Governador Celso Ramos) e pelo arquipélago do Arvoredo à leste, a ação direta das ondas e das correntes oceânicas é limitada dentro da baía. Devido às suas características morfológicas, ao grande aporte fluvial de sedimentos finos e aos padrões hidrodinâmicos locais, a área atua como uma armadilha sedimentar, gerando baixos gradientes de profundidade, alta taxa de assoreamento e um progressivo preenchimento e progradação da planície costeira adjacente (ALMEIDA, 2008).

A Enseada de Tijucas (Figura 1) localiza-se na porção oeste da baía homônima, caracteriza-se por ser classificada como "praia + planície lamosa" e é a única praia de Santa Catarina voltada para mar aberto dominada por marés (KLEIN et al., 2016). Com cerca de 13km de extensão, é limitada por dois promontórios rochosos, entrecortada pela foz do Rio Tijucas e por inúmeros riachos (CHLUDINSKI, 2002; SPG, 2010). Diferencia-se das demais praias catarinenses por apresentar lama e areias muito finas (Figura 2) e uma planície de cordões do tipo *chenier*, formados a partir de sedimentos fluviais remobilizados em condição regressiva do nível do mar (SPG, 2010).



Figura 2. Sedimentos lamosos (adjacentes à praia) e arenosos (retaguarda) na porção norte da Enseada de Tijucas. Foto de Norberto Olmiro Horn Filho, setembro/2009. SPG (2010).

Após o evento de inundação costeira em 2003, conforme mencionado anteriormente, foi construído um dique (duna artificial - **Figura 3** e **Figura 4**), com cerca de 2 metros de altura, em parte da área urbana do setor norte da área investigada, visando a proteção da população e da infraestrutura à beira-mar, dos eventos de inundação costeira. Posteriormente, em meados da década de 2000, foi fixada vegetação sobre o dique para evitar a destruição deste pelo avanço do mar.

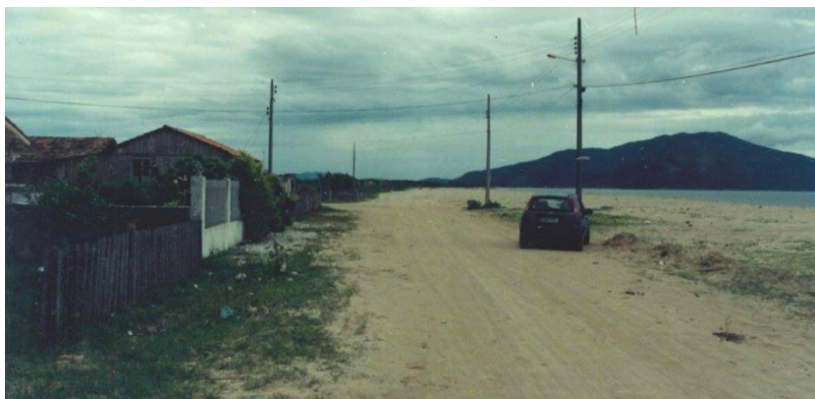


Figura 3. Casas à beira-mar no bairro da Praça (setor norte) antes da construção do dique. Foto: Andrey Rebelo (2003).



Figura 4. Dique no bairro da Praça (setor norte) recoberto com vegetação ainda incipiente. Foto: Andrey Rebelo (2007).

Os anos de 2001 e 2010 foram os que mais registraram a ocorrência de marés de tempestades em Santa Catarina durante o período analisado (1997-2010) por Rudorff et al. (2014) com base em Relatórios de Avaliação de Danos (AVADAN), disponibilizados pela Defesa Civil estadual. O outono do ano de 2001 foi marcado pelo fenômeno *La Niña* e destaca-se o mês de maio onde houve a atuação de um intenso ciclone extratropical; já o ano de 2010 foi marcado por chuvas acima da média, devido à intensa atuação de sistemas frontais e da formação de vórtices ciclônicos na média e alta troposfera (MARCELINO et al., 2014).

4.1 ASPECTOS GEOLÓGICOS E GEOMORFOLÓGICOS

No setor norte da área de estudo pode-se encontrar depósitos praias marinhos/eólicos (Pleistoceno), depósitos de cristas de *chenier*, depósitos paludiais/paleolagunares e depósitos de planícies aluvionares associados ao Rio Tijucas (CARUSO et al., 2000). No setor central e sul encontram-se os depósitos paludiais/paleolagunares e depósitos de planícies aluvionares associados ao Rio Inferninho (ARAÚJO et al., 2001 *apud* SCOLARO, 2009).

Asp et al. (2005a) identificaram na porção interna da planície costeira de Tijucas uma barreira holocênica referente ao máximo transgressivo de 5,6 ka AP. No restante da planície costeira (Figura 5), em direção ao oceano, ocorrem alternâncias de cordões de praia arenosos e cordões do tipo *chenier*, os primeiros associados a fases de progradação regular cíclica por acreção-erosão de sedimentos arenocascalhosos formando feixes de cordões, e os últimos a fases de progradação por deposição de sedimentos lamosos com eventuais deposições de sedimentos grossos (ASP et al., 2005a).

Na porção mais recente da planície existe um maior número de *cheniers* se comparada à porção mais interna onde há maior quantidade de cordões de praia arenosos (FITZGERALD et al., 2007). Esta mudança, ocorrida a cerca de mil anos, está associada possivelmente às alterações na taxa de sedimentação fluvial provenientes de mudanças climáticas e modificações no padrão vegetativo, erosivo e de formação dos solos. Tais processos acarretaram no aumentando do aporte de sedimentos finos carregados para a baía, concomitantemente ao preenchimento gradual do estuário, resultando na diminuição da batimetria e da energia das ondas, propiciando a deposição dos sedimentos finos (FITZGERALD et al., 2007; ALMEIDA, 2008).

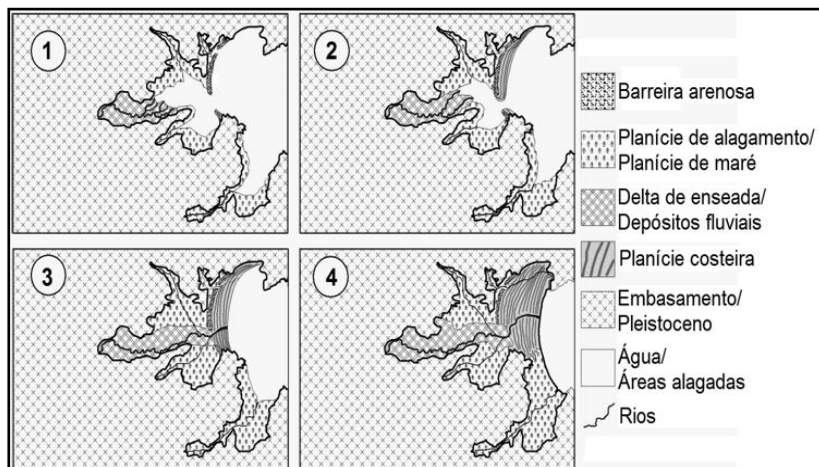


Figura 5. Modelo de evolução para a área de Tijucas durante o nível máximo marinho no período do Holoceno médio até o presente. Adaptado de Asp et al., 2005b.

Asp et al. (2009) afirmam que o Grupo Brusque, constituído principalmente por rochas metassedimentares, pode ser o maior gerador de sedimentos finos da bacia hidrográfica do Rio Tijucas, por serem muito friáveis, de fácil intemperismo e erosão. Quanto à alternância deposicional entre épocas com predominância de sedimentos lamosos e épocas de arenosos, provavelmente estes últimos seriam provenientes das Suítes Intrusivas Valsungana e Major Gercino, formados por granitos e gnaisses.

4.2 ASPECTOS CLIMÁTICOS E OCEANOGRÁFICOS

Quanto ao clima da área de estudo, este é classificado como subtropical úmido sem estação seca, com pluviosidade anual em torno de 1.700mm e temperaturas médias de 18°C. Durante a primavera e verão predominam os ventos de quadrante nordeste, enquanto no outono e inverno os de sul-sudeste, podendo estes aumentar a pluviosidade na região (ALMEIDA, 2008).

Já os sistemas atmosféricos atuantes em Santa Catarina, e assim também na área de interesse, podem ser classificados como geradores de tempos instáveis e estáveis. Os primeiros estão associados a massas de ar quentes e úmidas ou gerados a partir do contraste térmico entre duas

massas de ar distintas. Já os estáveis estão associados a altas pressões atmosféricas ou anticiclones que atuam como centros de ação de massas de ar frias e tropicais (MONTEIRO e MENDONÇA, 2014).

Quanto à variação da maré, a área de estudo está submetida a um regime de micromarés, com predominância semidiurna, nível médio de maré de 0,7m e máxima de 1,2m durante períodos de sizígia (ALMEIDA, 2008).

O clima de ondas para a área de interesse, baseando-se nos dados de Araújo et al. (2003) coletados próximo à Ilha de Santa Catarina, possui configuração bimodal, com predominância de marulhos provenientes da direção sul (que não atingem a área), com maior frequência no outono e inverno, com período de até 12s e altura significativa aproximadamente de 2m no inverno, e vagas de leste (às quais a área encontra-se parcialmente exposta), com 8s de período e 1,25m de altura significativa, havendo um equilíbrio durante o verão entre vagas e marulhos.

Schettini et al. (2010), ao realizarem uma modelagem da energia de ondas para dentro da baía de Tijucas, averiguaram que as ondas de leste propiciam maior energia para o interior da baía, diminuindo-a à medida que se gira a direção de onda para norte ou sul, mas ainda as rotações de sul propiciam maior energia quando se comparada com as de norte. Os autores também destacaram na pesquisa que ventos do quadrante sul direcionam mais energia de ondas para o norte da baía, devido à configuração da mesma.

4.3 ASPECTOS POPULACIONAIS

A maior parte da população situada na área de interesse está localizada no setor norte (zona urbana) da Enseada (Figura 6), principalmente na margem esquerda da foz do Rio Tijucas e áreas próximas, caracterizadas pela presença de comunidades carentes situadas no bairro da Praça.

A ocupação é caracterizada por edificações de pequeno porte, de madeira, mista e de alvenaria, com vias não pavimentadas, inexistindo sistema de drenagem pluvial (CPRM, 2014). Os setores central e sul são caracterizados por baixa densidade populacional (zona rural) e pela presença de pastagens e agricultura.

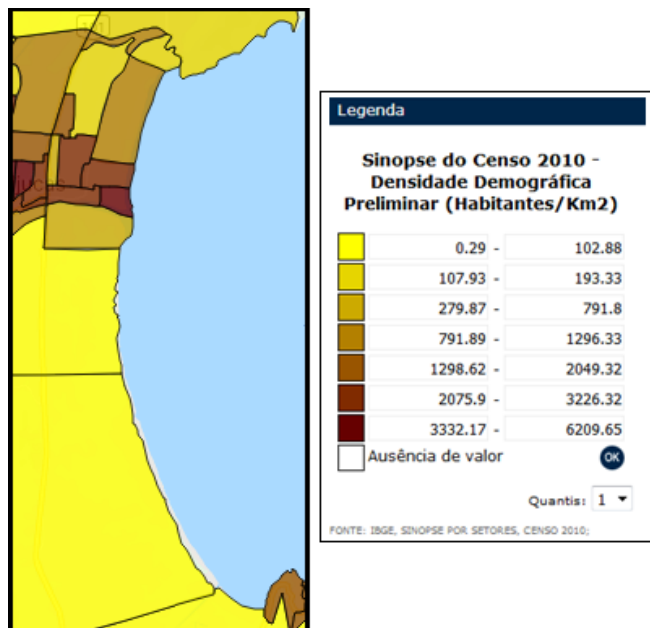


Figura 6. Habitantes por quilômetro quadrado, proveniente do Censo demográfico de 2010. IBGE (2010).

5 METODOLOGIA

5.1 REGISTRO DE INUNDAÇÕES COSTEIRAS

Os registros de inundações costeiras em Tijucas foram levantados junto à Defesa Civil (<https://s2id-search.labtrans.ufsc.br/> e comunicação pessoal), artigos de jornais impressos (Razão Tijuquense e Jornal de Tijucas, dos anos 1998 a 2013), outros jornais com disponibilidade *online* e *sites* de notícias do município.

Buscou-se descrever sucintamente cada evento conforme as informações disponíveis nas notícias, como data, horários, locais atingidos e outras informações relevantes.

5.2 ANÁLISE DOS SISTEMAS ATMOSFÉRICOS DOMINANTES NOS EVENTOS DE INUNDAÇÃO

Os sistemas atmosféricos que estavam atuando durante os eventos registrados foram identificados por meio da técnica de análise rítmica, proposta por Monteiro (1971, *apud* OGASHAWARA, 2012). Nela, individualizam-se os tipos de tempo atmosféricos e compara-se sua evolução com dados de uma estação meteorológica, o que possibilita a identificação de fenômenos mais raros ou extremos (BONETTI, 1996; MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Foram utilizadas as cartas sinóticas cedidas pelo Centro de Hidrografia da Marinha (<https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-smm-cartas-sinoticas/cartas-sinoticas>), boletins de monitoramento e análise climática (<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/>) e as análises das cartas sinóticas disponibilizadas pelo CPTEC-INPE, do horário 12Z, totalizando 88 cartas. Para a análise rítmica foram considerados os tipos de tempo sete dias antecedentes ao evento, do dia do evento e três dias posteriores a este.

As variáveis atmosféricas utilizadas provêm do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP - <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>), disponibilizados no portal do INMET, constituído de séries históricas de estações meteorológicas convencionais, oferecendo variáveis de precipitação, temperatura do bulbo seco, temperatura do bulbo úmido, temperatura máxima, temperatura mínima, umidade relativa do ar, pressão atmosférica ao nível da estação, insolação, direção e velocidade

do vento. A estação meteorológica escolhida na proximidade da área de estudo localiza-se em Florianópolis (código OMM: 83897).

Para o evento ocorrido em setembro/2016 não há disponibilidade dos dados de direção de vento para os dias 12 e 13 de setembro. Para os eventos de outubro/2016 não há disponibilidade dos valores de temperatura mínima e de temperatura média compensada para o período analisado.

Também foram utilizados os dados de maré prevista (que não leva em consideração os efeitos meteorológicos) da estação maregráfica localizada em Florianópolis, por ser a mais próxima da área de estudo, disponíveis pela Diretoria de Hidrografia e Navegação. Para a maré observada há disponibilidade de dados apenas para os eventos de 2016, provenientes da estação maregráfica de Florianópolis, operada pela EPAGRI/CIRAM. Avisos meteorológicos fornecidos pela EPAGRI/CIRAM publicados na Defesa Civil de Santa Catarina (<http://www.defesacivil.sc.gov.br/index.php/alertas.html>) também foram consultados.

5.3 CONSTRUÇÃO DO ÍNDICE DE VULNERABILIDADE COSTEIRA

O *Coastal Vulnerability Index* (Índice de Vulnerabilidade Costeira - IVC) proposto por Gornitz e Kanciruk (1989) é uma técnica de integração de dados, desenvolvida em ambiente SIG, que busca identificar segmentos da costa mais ou menos suscetíveis à erosão e inundação costeira, em escalas regionais e globais, devido ao aumento do nível do mar gerado pelas mudanças climáticas. Ela tem por base a utilização de variáveis classificadas individualmente com diferentes graus de suscetibilidade.

Originalmente, as variáveis utilizadas para o cálculo do IVC foram: relevo (altitude), litologia (tipo de rocha), geomorfologia (tipo de feição), taxa relativa da subida do nível do mar, taxa de erosão/acreção da linha de costa, média da amplitude das marés e média da altura de ondas. O IVC permite que estas sete variáveis sejam transformadas em dados quantitativos, expressando a suscetibilidade relativa da costa a mudanças físicas devido ao aumento do nível do mar, podendo o valor do índice variar, por exemplo, entre suscetibilidades muito alta, alta, média, baixa e muito baixa (PENDLETON et al., 2004; MULER, 2012).

O IVC permite ser adaptado conforme as características das áreas de estudo e os dados disponíveis, inclusive quanto à utilização de

diferentes descritores, como população (por exemplo: Pendleton et al., 2004; Muler, 2012; Serafim e Bonetti, 2017, entre outros), além da possibilidade de se trabalhar em escalas locais e regionais.

Gornitz e White (1992) afirmam que, dada a facilidade em se adicionar/modificar novas camadas em dados em ambiente SIG, descritores socioeconômicos (economia e demografia; presença de infraestruturas expostas) poderiam ser adicionados para o cálculo do IVC, assim como frequência das tempestades, intensidade das tempestades, transporte sedimentar, risco de intrusão de água salina, entre outros, pois estes são igualmente importantes para determinar o risco de uma área a erosão e inundação (GORNITZ, 1991; GORNITZ, WHITE e CUSHMAN, 1991).

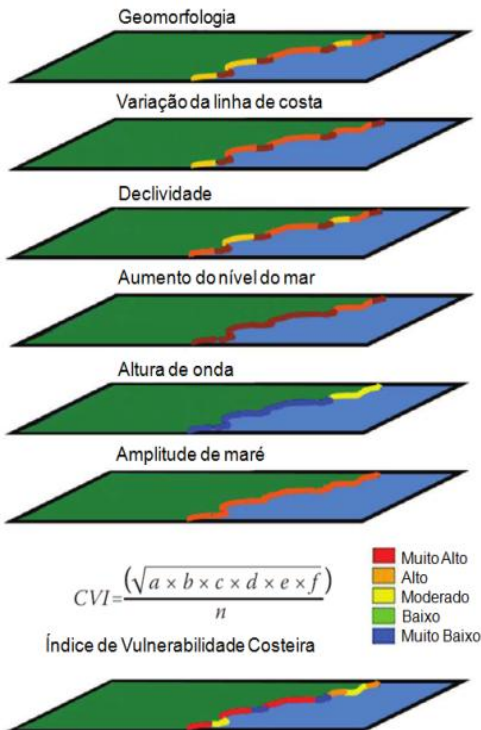


Figura 7. Exemplo da integração dos descritores e classes. Fonte: adaptado de Bonetti e Woodroffe (2017).

Para o cálculo do IVC cada variável/descritor é analisado individualmente (Figura 7), havendo o ranqueamento dos segmentos da linha de costa, conforme as classes propostas. Após esta etapa, combinam-se todas as variáveis para o cálculo do IVC, onde é extraída a raiz quadrada do produto das variáveis classificadas, dividido pelo número total de variáveis utilizadas (GORNITZ, 1991).

Com base nos resultados obtidos é possível elaborar um mapa de suscetibilidade à erosão e inundação costeira, para melhor visualizar as diferentes suscetibilidades encontradas para os segmentos da linha de costa.

As variáveis (descritores) para aplicação do IVC neste trabalho possuem o mesmo peso entre si, foram escolhidas as mais recorrentemente utilizadas, com base nos levantamentos bibliográficos feitos por Muler (2012), Serafim (2014; 2017) e Oliveira (2016), e adaptadas conforme disponibilidade de dados e as características da área de interesse. Para a escolha dos limites de classes, conforme o valor do índice, utilizou-se o método da quebra natural de Jenks, que durante o agrupamento dos casos, busca minimizar a variação dentro das classes e maximizar a variação entre as classes (JENKS e CASPALL, 1971).

Desta forma, selecionou-se as variáveis relacionadas à suscetibilidade: "taxa de variação da linha de costa", "grau de exposição da costa às ondas", "altitude da pós-praia", "tipo de pós-praia"; além das relativas à vulnerabilidade: "pessoas residentes" e "renda mensal" para compor a adaptação realizada no Índice de Vulnerabilidade Costeira para sua aplicação.

5.3.1 Variáveis de suscetibilidade

5.3.1.1 Variação da linha de costa

Para avaliar a variação da linha de costa da enseada de Tijucas utilizou-se a extensão *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS) no sistema ArcGIS, desenvolvido pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos (THIELER et al., 2009). Essa extensão possibilita calcular estatisticamente taxas de mudanças de posição da linha de costa ao longo do tempo.

Foram utilizadas imagens de satélite de alta resolução com espaçamento temporal de 1 a 4 anos, obtidas através do *Google Earth Pro* (satélite *QuickBird* da empresa *DigitalGlobe*, com resolução espacial multiespectral de 2,4m e pancromático de 0,6m).

Adicionalmente, as aerofotografias de 2010 foram incorporadas a análise devido às suas características semelhantes às imagens de satélite.

As imagens de satélite foram georreferenciadas no *software* ArcGIS 10.1, utilizando-se como base o aerolevanteamento da SDS de 2010 (ortoretificado), sendo o erro aceitável para o georreferenciamento de aproximadamente 1 metro, baseado em Araujo et al. (2008). Posteriormente, o erro médio obtido foi utilizado para o preenchimento do campo das incertezas no DSAS. Este campo, que pode ser complementado com mais variáveis, refere-se às incertezas na posição da linha de costa provenientes das influências naturais (vento, ondas, marés) e das de medidas (erros de digitalização e georreferenciamento) (THIELER et al., 2009). Para as aerofotografias de 2010 utilizou-se um valor simbólico para preenchimento do DSAS, o erro utilizado foi de 0,01m, com base em Muler (2012).

Foram utilizadas as imagens de satélite obtidas do *Google Earth Pro* (satélite *QuickBird* da *DigitalGlobe*) e o aerolevanteamento da SDS (2010) conforme Quadro 1:

| Ano | Erro médio (m) |
|-------|----------------|
| 2005 | 0,54 |
| 2009 | 0,60 |
| 2010* | 0,01 |
| 2011 | 0,52 |
| 2014 | 0,68 |
| 2015 | 0,64 |

Quadro 1. Ano e erro médio do georreferenciamento das imagens utilizadas.

Após a etapa de georreferenciamento das imagens, vetorizou-se as linhas de costa utilizando como limite a linha de vegetação, de acordo com a proposta de Kraus e Rosati (1997).

A linha de base, de onde partem os transectos, foi vetorizada no interior do continente, distante de todas as linhas de costa. Em ambas as análises as linhas possuem uma ruptura devido à presença do Rio Tijucas, localizado entre os transectos 17 e 19.

Os transectos ao longo da linha de costa (Figura **8****Erro! Fonte de referência não encontrada.**), gerados automaticamente pelo DSAS, foram espaçados de 200 em 200 metros, com comprimento de 450 metros a partir da linha de base.

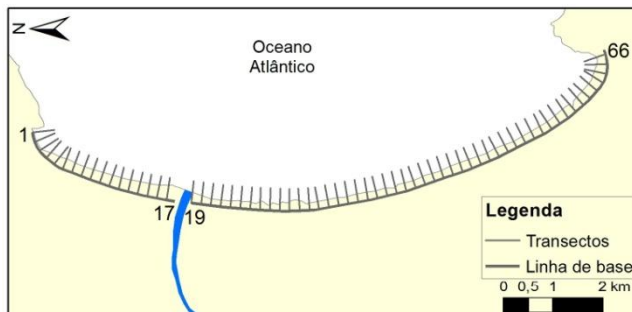


Figura 8. Transectos gerados para os cálculos. Os números correspondem à quantidade de transectos utilizados (66, no total).

A partir das interseções entre os transectos e as linhas de costa vetorizadas é feito o cálculo de variação da linha de costa e da taxa de variação da mesma. Dentre os métodos disponíveis pelo DSAS para o cálculo da taxa de variação da linha de costa para cada transecto (*Shoreline Change Envelope*, *Net Shoreline Movement*, *End Point Rate*, *Linear Regression*, *Weighted Linear Regression*, *Least Median of Squares*), utilizou-se o método do *Weighted linear regression* (regressão linear ponderada), que atribui maior peso às linhas de costa que possuem incertezas menores.

De acordo com os resultados de distância da linha de base às linhas de costa gerados pelo DSAS foram elaborados gráficos da variação da sua posição inicial e final entre os diferentes anos para identificar setores onde houve avanço ou recuo da linha de costa. Os valores resultantes da taxa de variação da linha de costa para cada transecto foram classificados pelo método de quebra natural de Jenks. O grau de suscetibilidade em relação à variável taxa de variação da linha de costa foi igualmente baseado nesta classificação gerada pelo método de Jenks.

5.3.1.2 Exposição da costa às ondas

O *Wind Fetch Model* (WFM), desenvolvido por David Finlayson do Serviço Geológico dos Estados Unidos, é uma extensão que opera no ArcGis e permite obter a distância sem obstáculos que o vento pode viajar acima da água em uma direção constante, resultando na formação de ondas (ROHWEDER et al., 2012). Esta pista de vento para formação de ondas é importante para a geração de maré meteorológica.

Muler e Bonetti (2014) utilizaram o WFM para estabelecer o grau de exposição da costa da Ilha de Santa Catarina a diferentes incidências de onda, classificando a linha de costa em exposta, semiexposta e protegida. Entretanto, os autores supracitados ressaltaram que o modelo avalia a exposição de ventos gerados em escala local ou regional de forma simplificada, não levando em consideração os processos de refração e difração que ocorre nas ondas quando atingem águas rasas e obstáculos.

Para gerar a pista de vento no WFM utilizou-se uma camada *raster* da área de interesse, que deve estar em unidades métricas, com os *pixels* da água com valor zero e os da terra com valor um, e um arquivo no formato TXT com as direções do vento e a frequência, não havendo necessidade deste último, podendo ser preenchido com o valor zero. Para rodar o WFM o formato do idioma do computador deve estar em inglês, devido às diferenças entre os separadores decimais em português e inglês.

Os dados de ventos utilizados, cedidos pela Dra. Graziela Hesp (*Flinders University*), foram obtidos da Estação Meteorológica da Ilha do Arvoredo, situada a leste da área de estudo, representando uma série de 34 anos (1964 a 1998), sendo compostos da data, horário, direção e velocidade do vento registrado.

Para a análise foram considerados os ventos mais frequentes registrados e, dentre estes, alguns não foram utilizados devido à orientação da linha de costa da área de interesse. O grau de suscetibilidade quanto à exposição da linha de costa às ondas foi gerado a partir de um cenário médio (ponderado) da frequência e da intensidade dos ventos, onde os ventos mais (menos) frequentes e mais (menos) intensos receberam maior (menor) peso.

5.3.1.3 Altitude do pós-praia

A altitude está diretamente associada ao eventual impacto proveniente do aumento gradativo do nível do mar e da sobrelevação do mesmo causada por eventos meteorológicos.

Primeiramente, utilizou-se o Modelo Digital do Terreno (escala 1:10.000, resolução de 1 m) proveniente da SDS (2010) para identificação das cotas altimétricas presentes na área de estudo.

Para a classificação da suscetibilidade, foi considerado que quanto menor a altitude, maior a suscetibilidade à inundação (TAGLIANI et al., 2010). Também foi considerado que quanto mais distante as maiores altitudes, maior a suscetibilidade da área, pois estas

características possibilitam que as inundações avancem mais para o interior do continente. A altitude máxima considerada foi de 3,5 metros, valor aproximado do nível do mar no último máximo transgressivo Holocênico, ocorrido há cerca de 5,1 ka AP (SUGUIO et al., 1985).

5.3.1.4 Tipo de pós-praia

O tipo de pós-praia remete à proteção que pode ser oferecida às áreas que estão na retaguarda, como, por exemplo, evitar a transposição de ondas pela presença de dunas, promover a fixação do substrato e dunas pela presença de vegetação e promover o transporte transversal de sedimentos para que o equilíbrio dinâmico seja reestabelecido depois de um evento (MULER, 2012).

Para a classificação do tipo de pós-praia (*backshore*), inicialmente foram identificadas as feições encontradas na pós-praia através da análise visual das imagens de satélite de fevereiro/2015, disponibilizadas pelo *Google Earth*, juntamente com o apoio do campo realizado em dezembro/2016.

Após a identificação destas feições, a estas foram atribuídas classes de suscetibilidade à inundação conforme as características da pós-praia com base em Muler (2012) e Ribeiro et al. (2013). Assumiu-se que, para ambientes menos modificados pela ação antrópica a suscetibilidade seria considerada baixa, e quanto maiores as modificações (presença de infraestrutura e residências), maior seria o grau, devido a suscetibilidade induzida (BONETTI et al., 2018) pelas modificações antrópicas.

5.3.2 Variáveis de vulnerabilidade

Com base no Censo Demográfico realizado pelo IBGE em 2010 (<http://web.fflch.usp.br/centrodametropole/1147>), pode-se selecionar alguns descritores para compor as variáveis socioeconômicas no cálculo da vulnerabilidade da Enseada de Tijucas. Os dados do Censo estão organizados por setores censitários, onde cada setor é uma unidade territorial estabelecida para fins de controle cadastral, situado em um único polígono urbano ou rural, e que possa ser percorrido por um recenseador. Além dos dados dos setores censitários, também está disponível uma malha destes com escalas cartográficas na faixa de 1:2.000 a 1:10.000 para áreas urbanas, e de 1:25.000 a 1:250.000 para áreas rurais.

Apenas os setores censitários fronteiriços com o mar foram considerados na análise. Entretanto, devido às diferentes áreas dos polígonos que constituem os setores e de seus limites com o mar, para fins de comparação entre estes, fez-se uma transformação na escala dos valores associados à cada polígono, conforme proposto por Serafim e Bonetti (2017), pela seguinte equação:

$$y = \frac{x}{a \cdot b}$$

onde, y=valor da variável ajustado, x=valor original da variável, a=comprimento do setor censitário fronteiriço com o mar (em metros), e b=área do setor censitário (em metros quadrados).

As variáveis do Censo 2010 escolhidas para serem aplicadas no IVC foram "pessoas residentes" e "rendimento nominal médio mensal".

5.3.2.1 Residentes

A variável "pessoas residentes" refere-se ao número de moradores do domicílio na data de coleta do Censo. Para a definição do grau de vulnerabilidade, considerou-se que quanto maior o número de residentes, maior a vulnerabilidade, já que mais pessoas podem ser afetadas pelos eventos de inundação.

Os diferentes graus de vulnerabilidade estabelecidos foram definidos através de seus quantis (Muler, 2012), onde se dividiu os valores referentes aos residentes em tercís, resultando nas classes baixa, moderada e alta.

5.3.2.2 Renda

A renda refere-se ao rendimento nominal mensal médio de trabalho com o proveniente de outras fontes, com base no mês de referência da coleta. Quando à renda, o grau de vulnerabilidade é inverso se comparado à variável pessoas residentes, pois maiores rendas possibilitam que um local/comunidade possa recuperar-se mais rápido após ser afetado. Também se utilizou os tercís para estabelecer os limites de cada classe de vulnerabilidade.

5.4 CÁLCULO DO IVC

O Índice de Vulnerabilidade Costeira, adaptado da proposta de Gornitz (1991), foi obtido após o estabelecimento de classes para cada variável/descritor, considerando os aspectos físicos e socioeconômicos. Espacialmente foi representado na forma de linha (vetorial) no ambiente SIG, tendo-se posteriormente transformado estes vetores para o formato *raster*, por meio da ferramenta *polyline to raster*, para realizar o cálculo do IVC através da ferramenta *raster calculator*, segundo a equação:

$$IVC = \sqrt{\frac{\sqrt{\frac{a1 \times a2 \times a3 \times a4}{4}} \times \sqrt{\frac{b1 \times b2}{2}}}{2}}$$

onde, a1=variação da linha de costa; a2=exposição da costa às ondas; a3=altitude da pós-praia; a4=tipo de pós-praia; b1=renda; b2=residentes.

A partir do resultado da equação, provenientes dos descritores físicos e socioeconômicos selecionados, tem-se a classificação dos segmentos da linha de costa em diferentes graus de vulnerabilidade.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 REGISTROS DE INUNDAÇÕES COSTEIRAS EM TIJUCAS E SISTEMAS ATMOSFÉRICOS ATUANTES

Dos nove eventos de inundação costeira identificados na Enseada de Tijucas, apenas um (2003) está registrado no Sistema Integrado de Informações sobre Desastres, por meio de uma Portaria que decreta situação de emergência no município de Tijucas. Os outros registros foram encontrados em jornais locais e *sites* de notícias. Quatro dos eventos de inundação ocorreram no ano de 2016.

Os registros encontrados mostram principalmente os efeitos das inundações na parte urbana de Tijucas. Nas áreas rurais, onde não há residências, pouco se registra a respeito, como no caso das áreas de arrozal e pastagem situados na zona central e sul da área de estudo.

O Quadro 2 apresenta as siglas utilizadas para identificar os tipos de sistemas atmosféricos atuantes:

| Sigla | Sistema atmosférico |
|--------------|----------------------------|
| A | Alta pressão |
| B | Baixa pressão |
| C | Ciclone |
| CV | Cavado |
| F | Frente |
| FE | Frente estacionária |

Quadro 2. Legenda das siglas utilizadas referente aos sistemas atmosféricos identificados nas cartas sinóticas.

A Figura 9 contém a legenda dos símbolos utilizados nos gráficos da análise rítmica para representar a pressão atmosférica, temperatura (máxima, média e mínima), umidade relativa, precipitação, direção do vento e nebulosidade.

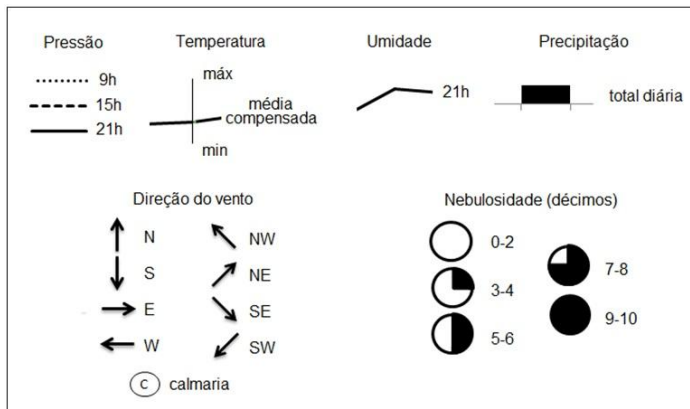


Figura 9. Legenda dos gráficos de análise rítmica.

6.1.1 Evento de 02 de setembro de 2002

O episódio de inundação ocorreu na madrugada do dia 02 de setembro. Segundo as matérias dos jornais locais (JORNAL DE TIJUCAS; JORNAL RAZÃO, 2002), houve ressaca com a chegada de uma frente fria, onde as casas à beira mar foram invadidas durante a maré alta, que derrubou uma casa de madeira e deixou várias em situação de risco no Pontal Norte, bairro da Praça (situado no setor norte de Tijucas e é limitado pelo Rio Tijucas).

A partir dos dados da estação meteorológica de Florianópolis (Figura 10) e a análise das cartas sinóticas (Quadro 3), verificou-se que a pressão atmosférica decaiu quatro dias antes do evento, devido a um sistema de baixa pressão situado sobre parte da Região Sudeste e Sul e Oceano Atlântico (O.A.) adjacente, posteriormente volta a subir mantendo-se entre 1015 a 1020mbar. Um dia antes do evento há uma pequena queda na pressão atmosférica.

Os ventos que eram predominantemente voltados para Norte passaram a ser, no geral, entre Sudoeste a Sudeste, devido ao descolamento da frente que passa por Santa Catarina três dias antes do evento, associada a um sistema de baixa pressão situado no O.A. na altura do Uruguai, causando precipitação devido à instabilidade atmosférica gerada.

O evento ocorreu durante a Lua Minguante e a maré prevista era de no máximo 0,65m durante a madrugada do dia 02/setembro.

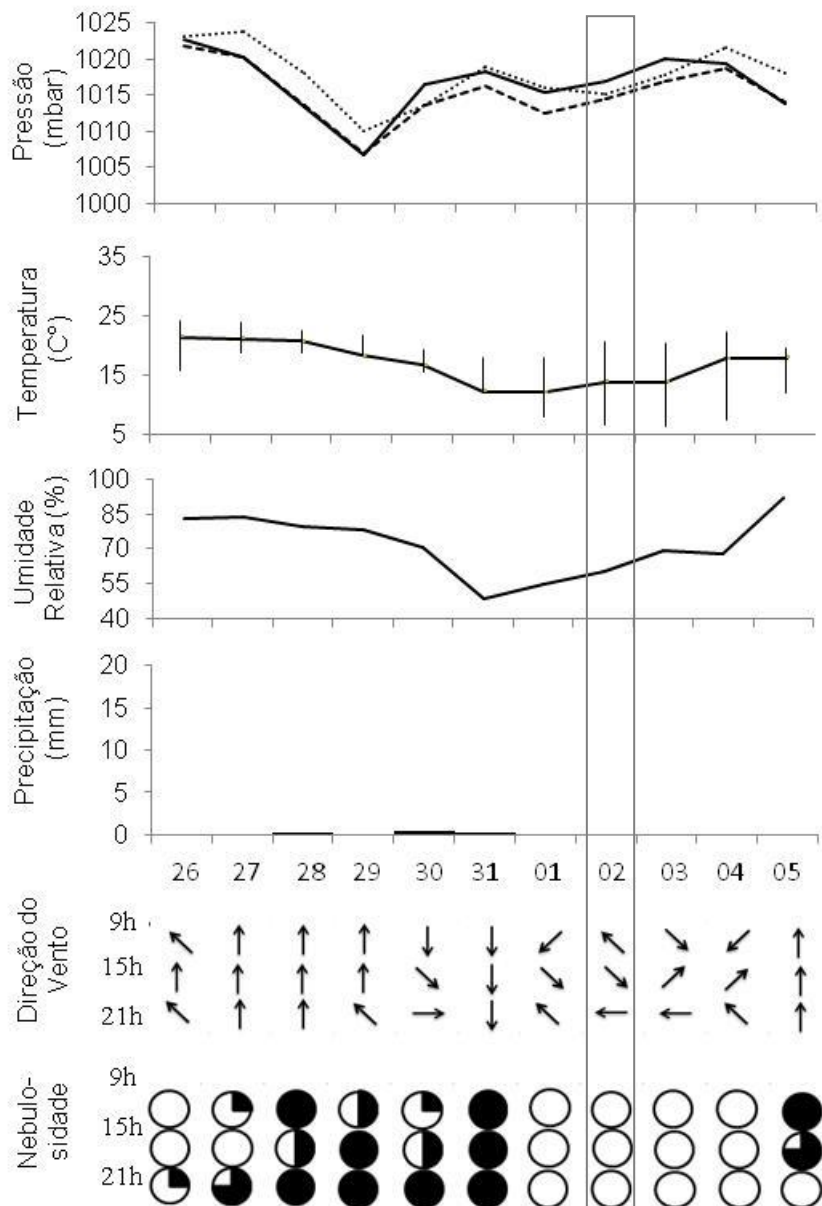


Figura 10. Gráficos para a análise rítmica referente ao evento ocorrido em 02 de setembro de 2002. Fonte: INMET.

| Dia | Sistema | Posição |
|------------|----------------|--|
| 26 | A/F | Oceano Atlântico (O.A.) leste da América do Sul (A.S.) / O.A. divisa Uruguai-Argentina |
| 27 | A/B | O.A. litoral Região Sudeste e Sul / centro da Argentina e O.A. adjacente |
| 28 | A/F | O.A. Leste da A.S. / divisa Uruguai-Argentina e O.A. adjacente |
| 29 | B/F | Parte Região Sudeste-Sul e O.A. adjacente / Paraguai, RS, Uruguai e O.A. adjacente |
| 30 | F/B | Entre litoral Rio de Janeiro (RJ)-São Paulo (SP) e O.A. adjacente / O.A. litoral norte Argentina |
| 31 | F/B | O.A. litoral Região Sudeste / O.A. divisa litoral Uruguai-Argentina |
| 1 | F/B | Espírito Santo (ES) e O.A. adjacente / O.A. região Sul e divisa Uruguai-Argentina |
| <u>2</u> | F/B | ES e O.A. adjacente / O.A. região Sul e Uruguai |
| 3 | F/B | O.A. litoral Bahia (BA) / O.A. sudeste da A.S. |
| 4 | A | O.A. litoral Região Sudeste |
| 5 | A | O.A. litoral Região Sudeste e Sul |

Quadro 3. Data, sistemas atmosféricos e suas posições, referente ao evento de 02/09/2002.

6.1.2 Evento de 25 de maio de 2003

O evento ocorrido no início da noite do dia 25 de maio, caracterizado como ressaca pelos jornais, atingiu 22 residências no bairro da Praça, muitas destas construções irregulares, destelhando casas, derrubando muros e algumas encobrimdo parcialmente com areia. Segundo os jornais consultados, o evento decorreu devido a um ciclone, que deixou o mar agitado durante o dia e a noite o fez avançar sobre as residências (JORNAL DE TIJUCAS; A NOTÍCIA, 2003).

Para esta mesma data, Calliari e Faria (2003) analisaram os impactos deste sistema frontal intenso na praia do Cassino (Rio Grande do Sul) e afirmam que o desenvolvimento de ondas neste evento, foi favorecido pela pista disponível, intensidade e direção constante dos ventos.

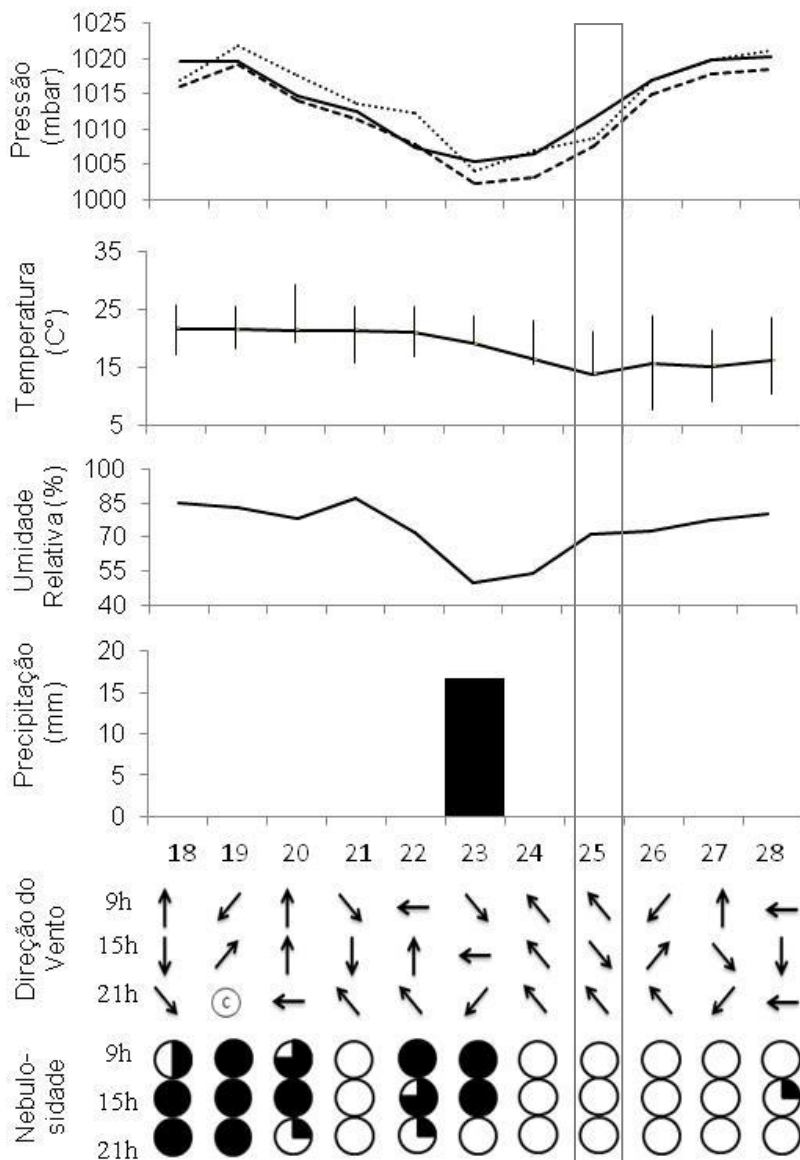


Figura 11. Gráficos para a análise rítmica referente ao evento ocorrido em 25 de maio de 2003. Fonte: INMET.

De acordo com os dados da estação meteorológica de Florianópolis (Figura 11) e a análise das cartas sinóticas (Quadro 4Quadro 3), a pressão atmosférica decaiu até dois dias antes do evento, ficando em torno de 1005mbar. A frente situada sobre os Estados do Paraná e Santa Catarina no dia 23 causou precipitação.

Houve a passagem de três frentes (dias 21, 23 e 25), associadas a sistemas de baixa pressão, que proporcionou a mudança de direção dos ventos para Sudoeste a Sudeste. Um sistema de baixa pressão formado na altura da Argentina no O.A. três dias antes do evento de inundação passa a ciclone dois dias antes.

O evento ocorreu durante Lua Minguante e a maré prevista era de no máximo 0,84m para a noite houve o evento de inundação.

| Dia | Sistema | Posição |
|------------|----------------|--|
| 18 | F/B | O.A. sudeste da A.S. / divisa SC-RS e O.A. adjacente |
| 19 | F/A | O.A. litoral Região Sudeste / O.A. Uruguai e Argentina |
| 20 | F/B | RS e O.A. adjacente / O.A. divisa Uruguai-Argentina |
| 21 | F/B | Litoral SP e O.A. adjacente / O.A. Uruguai |
| 22 | F/B | Uruguai e O.A. adjacente / O.A litoral central Argentina |
| 23 | F/C | Paraná (PR)-SC e O.A. adjacente / O.A. Rio Grande do Sul (RS) |
| 24 | F/C | Litoral RJ e O.A. adjacente / O.A. litoral Uruguai |
| 25 | F/C | Litoral Santa Catarina (SC) e O.A. adjacente / O.A. litoral Região Sul |
| 26 | A/F | Região Sudeste e Sul / O.A. divisa Região Sul e Sudeste |
| 27 | A/F | Região Sul / O.A. litoral Região Sul |
| 28 | A/F | Região Sul / O.A. litoral Região Sul |

Quadro 4. Data, sistemas atmosféricos e suas posições, referente ao evento de 25/05/2003.

6.1.3 Evento de 27 de junho de 2006

De acordo com os jornais locais, na tarde do dia 27 de junho a maré subiu e inundou ruas e casas do Pontal Norte (bairro da Praça) em menos 30 minutos, com ondas de até 3 metros de altura (JORNAL DE TIJUCAS; JORNAL RAZÃO, 2006).

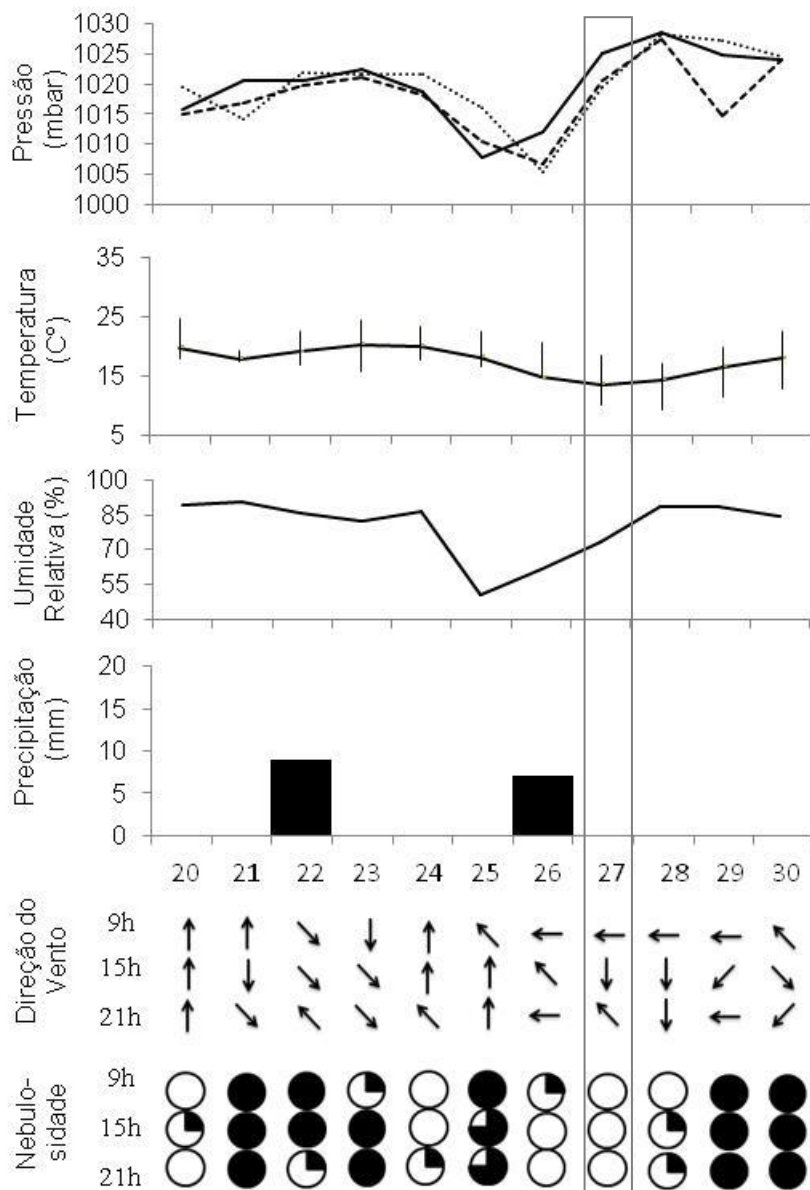


Figura 12. Gráficos para a análise rítmica referente ao evento ocorrido em 27 de junho de 2006. Fonte: INMET.

| Dia | Sistema | Posição |
|------------|----------------|--|
| 20 | B/F | O.A. Sudeste A.S. / O.A. Uruguai |
| 21 | FE/B | SC e O.A. adjacente / O.A. Região Sul |
| 22 | F/A | O.A. litoral Região Sudeste / O.A. Região Sul |
| 23 | A/F | Parte do RS, Uruguai e O.A. adjacente / O.A. sudeste da A.S. |
| 24 | A | O.A. Região Sudeste e Sul |
| 25 | F/B | Paraguai e RS / O.A. litoral divisa Uruguai-Argentina |
| 26 | F/C | Mato Grosso do Sul (MS), PR e O.A. adjacente / O.A. litoral RS |
| 27 | F/B | RJ e O.A. adjacente / O.A. Região Sul |
| 28 | F/A | O.A. litoral Região Sudeste / Região Sul e O.A. adjacente |
| 29 | CV/A | SC e O.A. adjacente / O.A. Região Sul |
| 30 | CV/A | O.A. SP / O.A. Região Sudeste, Sul e Uruguai |

Quadro 5. Data, sistemas atmosféricos e suas posições, referente ao evento de 27/06/2006.

De acordo com os dados da estação meteorológica de Florianópolis (Figura 12Figura 11) e a análise das cartas sinóticas (Quadro 5Quadro 4Quadro 3), a pressão atmosférica começa a decair três dias antes do evento, ficando em torno de 1010mbar. Houve a passagem de duas frentes, uma no dia 21 e outra dia no 26, associadas a sistemas de baixa pressão, que proporcionaram a mudança de direção dos ventos para Sul a Sudeste e Oeste a Noroeste, respectivamente, e instabilidades atmosféricas.

Um sistema de baixa pressão formado no litoral entre a divisa Uruguai-Argentina no O.A. dois dias antes do evento de inundação passa a ciclone um dia antes na altura do Rio Grande do Sul no O.A..

O evento ocorreu durante Lua Nova e a maré prevista para o dia do evento era de 1,17m.

6.1.4 Evento de 01 de novembro de 2010

No dia 01 de novembro por volta das 11 horas, as casas das imediações do SESC LER (bairro da Praça) foram invadidas pela água do mar, sendo os principais afetados os moradores do Instituto Ressoar e da Rua Petronilho Ávila (JORNAL RAZÃO, 2010).

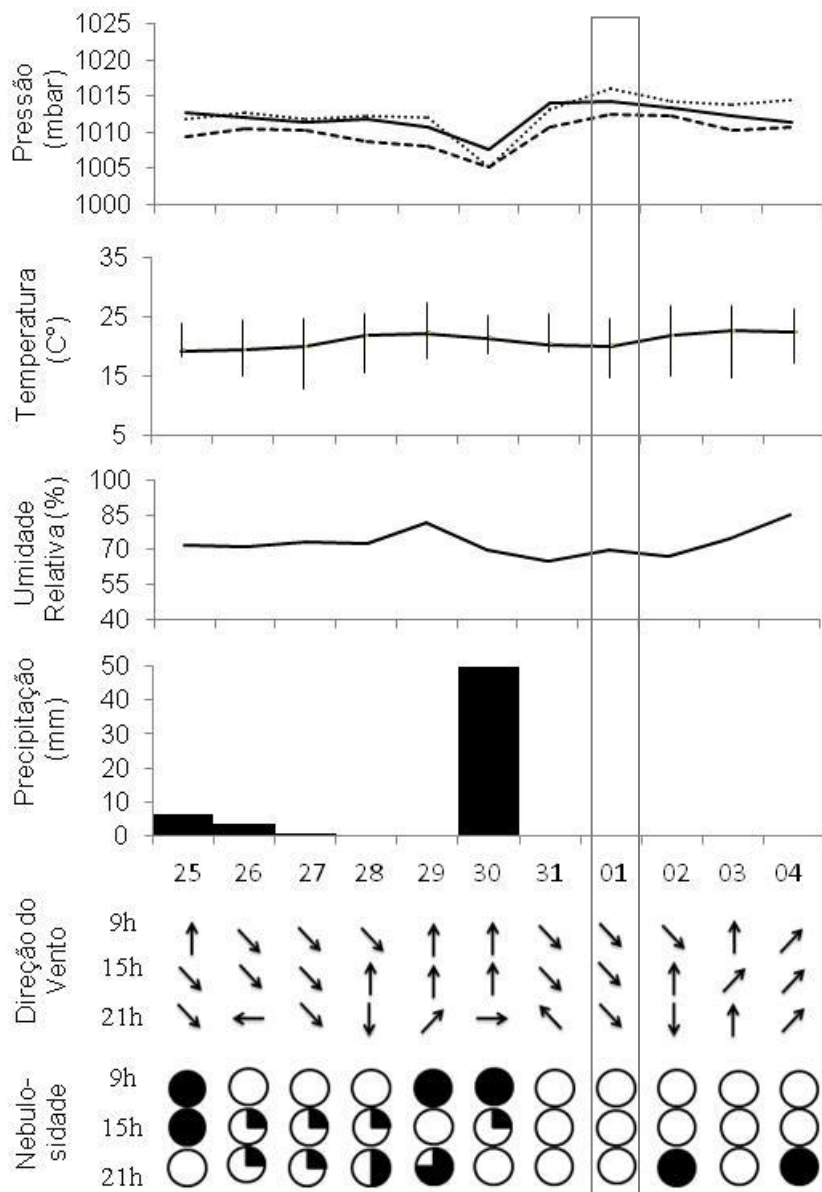


Figura 13. Gráficos para a análise rítmica referente ao evento ocorrido em 01 de novembro de 2010. Fonte: INMET.

Conforme os dados da estação meteorológica de Florianópolis (Figura 13, Figura 12, Figura 11) e a análise das cartas sinóticas (Quadro 6, Quadro 5, Quadro 4, Quadro 3), a pressão atmosférica se manteve menor que 1015mbar até dois dias antes do evento. Houve a passagem de duas frentes, uma no dia 26 e outra no dia 31 de outubro (um dia antes do evento), associadas a sistemas de baixa pressão, que proporcionou a mudança de direção dos ventos no geral para Sudeste.

Um sistema de baixa pressão formado no extremo sul da Argentina quatro dias antes do evento de inundação passa a ciclone no O.A. um dia antes na altura da divisa Uruguai-Argentina.

O evento ocorreu durante Lua Minguante e a maré prevista para a manhã do dia 01/novembro era de no máximo 0,93m.

| Dia | Sistema | Posição |
|------------|----------------|---|
| 25 | B | O.A. litoral RS e Uruguai |
| 26 | F/B | MS, PR, SP e O.A. adjacente / O.A. divisa RS-Uruguai |
| 27 | F/B | O.A. RJ / O.A. sudeste da A.S. |
| 28 | F/B | Centro Argentina e seu litoral sul / Extremo sul da Argentina |
| 29 | F/B | Centro Argentina e O.A. adjacente / sul da Argentina |
| 30 | F/B | Norte Argentina / litoral central Argentina |
| 31 | F/C | Sul MS, PR, SC e O.A. adjacente / O.A. litoral divisa Uruguai-Argentina |
| 1 | F/C | RJ e O.A. adjacente / O.A. litoral Uruguai |
| 2 | F/C | O.A. litoral ES / O.A. litoral divisa RS-Uruguai |
| 3 | A/B | Região Sudeste-Sul e O.A. adjacente / O.A. sudeste da A.S. |
| 4 | A/C | Região Sudeste-Sul e O.A. adjacente / O.A. divisa Uruguai-Argentina |

Quadro 6. Data, sistemas atmosféricos e suas posições, referente ao evento de 01/11/2010.

6.1.5 Evento de 26 de outubro de 2011

O *site* de notícias VipSocial fez uma nota sobre o evento ocorrido em 26 de outubro, onde assinala que várias ruas do bairro da Praça foram invadidas pelas águas do mar devido à maré astronômica.

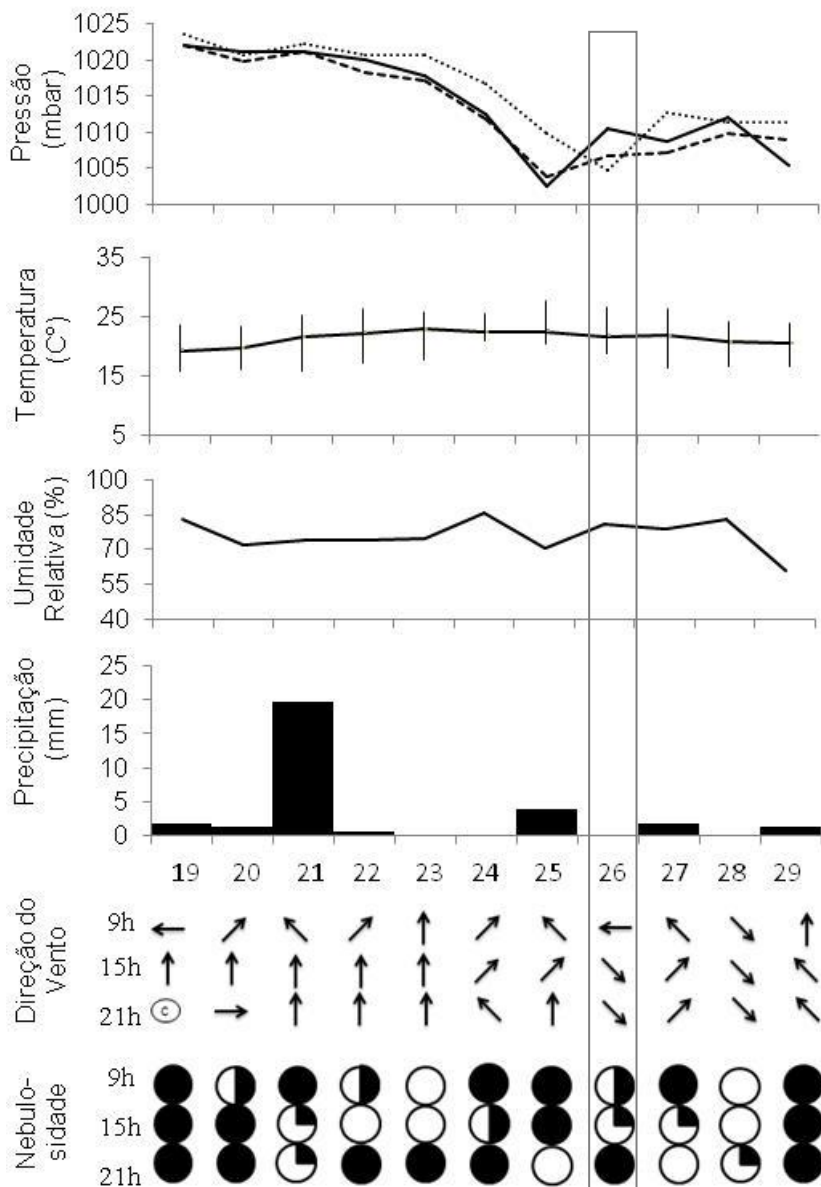


Figura 14. Gráficos para a análise rítmica referente ao evento ocorrido em 26 de outubro de 2011. Fonte: INMET.

A partir dos dados da estação meteorológica de Florianópolis (Figura 14 e Figura 10) e a análise das cartas sinóticas (Quadro 7 e Quadro 3), verificou-se que a pressão atmosférica começa a decair dois dias antes do evento, chegando a 1005mbar, provavelmente associada à presença dos cavados e posterior chegada de uma frente, que iniciou seu trajeto cinco dias antes a partir da Argentina.

Os ventos variaram de Noroeste a Nordeste, apenas mudando para Sudeste no dia do evento de inundação. Um sistema de baixa pressão no O.A. na altura do RS passa a ciclone no dia do evento.

O evento ocorreu durante a Lua Nova e a maré máxima prevista para o dia era de 1,40m.

| Dia | Sistema | Posição |
|------------|----------------|--|
| 19 | A | O.A. litoral Região Sudeste-Sul e Uruguai |
| 20 | CV/A | Sul Mato Grosso (MT), MS e SP e outro no Paraguai, Rs e O.A. adjacente / O.A. Região Sudeste-Sul |
| 21 | A/FE | O.A.Região Sudeste-Sul / Argentina e O.A. adjacente |
| 22 | A/F | O.A. Região Sudeste-Sul / divisa Uruguai-Argentina e O.A. adjacente |
| 23 | A/FE | O.A. Região Sudeste-Sul / Uruguai e O.A. adjacente |
| 24 | CV/FE | SP, outro em RS, outro no Uruguai e respectivos O.A. adjacente / O.A. litoral divisa Uruguai-Argentina |
| 25 | F/B | Bolívia, Paraguai, RS / O.A. litoral RS |
| 26 | F/C | O.A. RS-SC / O.A. divisa RS-Uruguai |
| 27 | F/C | O.A. RS / O.A. divisa Uruguai-Argentina |
| 28 | F/C | O.A. sudeste da A.S. / O.A. litoral RS e Uruguai |
| 29 | F/C | O.A. sudeste da A.S. / O.A. sudeste da A.S. |

Quadro 7. Data, sistemas atmosféricos e suas posições, referente ao evento de 26/10/2011.

6.1.6 Evento de 17 de agosto de 2016

O *site* de notícias VipSocial relatou que o efeito da maré alta atingiu o bairro da Praça (Figura 15) (setor norte) e o de Santa Luzia no município de Porto Belo (Figura 16) (extremo norte) no dia 17 a tarde. Além disso, houve o transbordamento do Rio Tijucas. A matéria também trata a passagem de uma frente fria como condicionante do evento, segundo informações da Epagri/Ciram fornecidas ao *site*.

A maré prevista para a tarde do dia 17/agosto era de 1,20m e para este mesmo horário a maré observada foi de 1,21m, segundo observações da Epagri/Ciram. A Lua Cheia ocorreu um dia depois do evento, 18/agosto.



Figura 15. Bairro da Praça. Ao fundo, a praia de Tijucas. Fonte: VipSocial (2016).



Figura 16. Bairro Santa Luzia (Porto Belo). Fonte: VipSocial (2016).

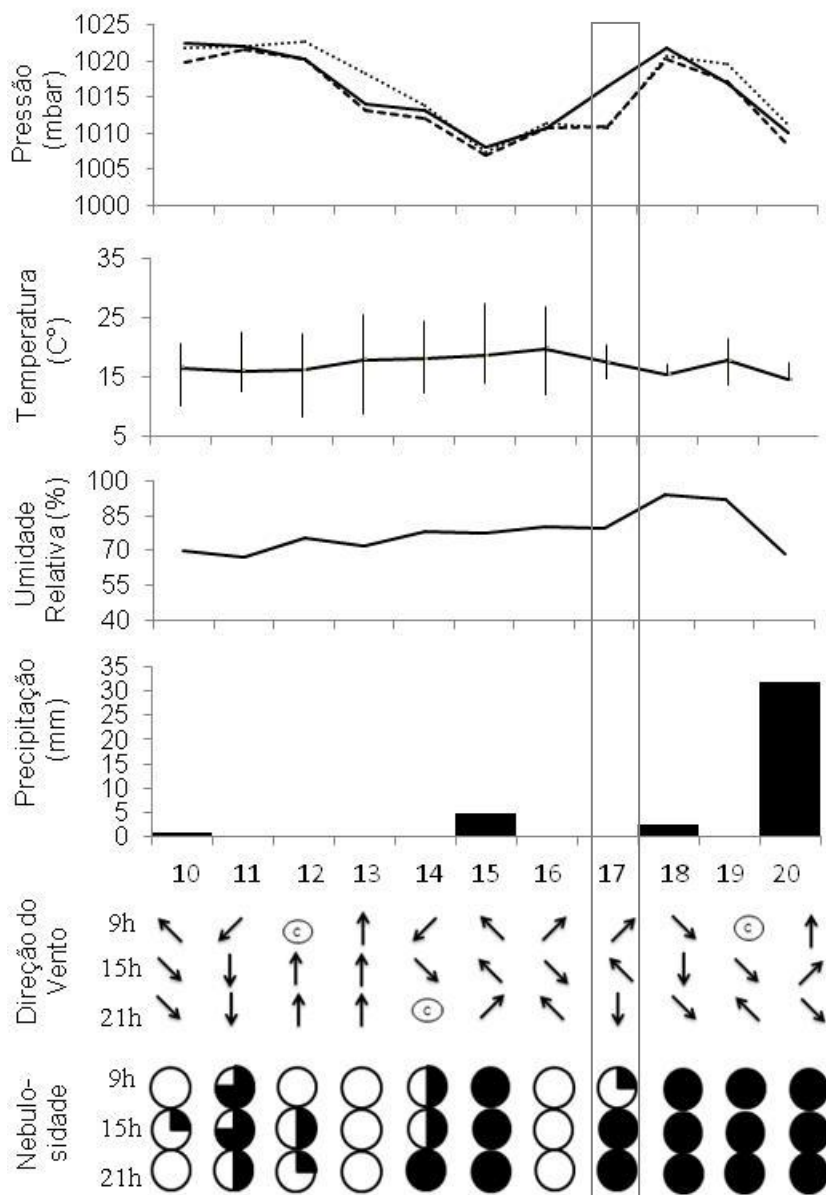


Figura 17. Gráficos para a análise rítmica referente ao evento ocorrido em 17 de agosto de 2016. Fonte: INMET.

De acordo com os dados da estação meteorológica de Florianópolis (Figura 17Figura 12Figura 11) e a análise das cartas sinóticas (Quadro 8Quadro 5Quadro 4Quadro 3), a pressão atmosférica decaiu até dois dias antes do evento, ficando em torno de 1010mbar. Houve a passagem de duas frentes, uma no dia 16 e outra, no dia 17 (dia do evento), associadas a sistemas de baixa pressão. Um sistema de baixa pressão formado no litoral central da Argentina um dia antes do evento de inundação passa a ciclone no dia do registro, no O.A. na altura da divisa Uruguai-Argentina.

Os ventos dias 10 e 11 permaneceram entre Sudoeste a Sudeste devido ao deslocamento de uma frente associada a um sistema de baixa pressão, assim como no dia do evento e o dia posterior. As precipitações geradas estão associadas às instabilidades atmosféricas geradas pela presença de um cavado e pela passagem das frentes.

| Dia | Sistema | Posição |
|------------|----------------|---|
| 10 | F/B | Bolívia, MS, SP e O.A. adjacente / O.A. litoral Região Sudeste |
| 11 | F/B | Goiás (GO), MG, ES e O.A. adjacente / O.A. litoral entre Região Sudeste-Sul |
| 12 | A/F | Região Sul e O.A. adjacente / Argentina e O.A. adjacente |
| 13 | F/B | Sul da Argentina |
| 14 | F | Uruguai e O.A. adjacente |
| 15 | CV/F | O.A. litoral Região Sudeste-Sul / divisa Uruguai-Argentina e O.A. adjacente |
| 16 | F/B | O.A. SC / litoral central Argentina |
| 17 | F/C | Norte Argentina, RS e O.A. adjacente / O.A. divisa Uruguai-Argentina |
| 18 | FE/C | Norte Argentina, Paraguai, PR e O.A. adjacente / O.A. sudeste da A.S. |
| 19 | F/A | O.A. litoral Região Sudeste / O.A. litoral Região Sul |
| 20 | F/B | Paraguai e RS / O.A. litoral RS |

Quadro 8. Data, sistemas atmosféricos e suas posições, referente ao evento de 17/08/2016.

6.1.7 Evento de 15 de setembro de 2016

Evento também relatado no *site* de notícias VipSocial, diversas ruas do bairro da Praça (imediações do SESC LER, ruas Independência,

Pedro Mariano Rocha, Augusto Bayer, São Sebastião e Petronilho Ávila) foram afetadas (Figura 18, Figura 19 e Figura 21), além de outras cidades, como Porto Belo e Balneário Camboriú.

A maré prevista para o dia 15/setembro era de no máximo 1,20m e para o horário das 14 horas a maré observada foi de 1,62m, segundo observações da Epagri/Ciram. A Lua Cheia ocorreu no dia do evento.



Figura 18. Dique não vegetado no Bairro da Praça sendo sobrelavado no evento de 15/09/2016. Fonte: VipSocial (2016).



Figura 19. Dique não vegetado no bairro da Praça sendo destruído devido ao evento. Fonte: VipSocial (2016).

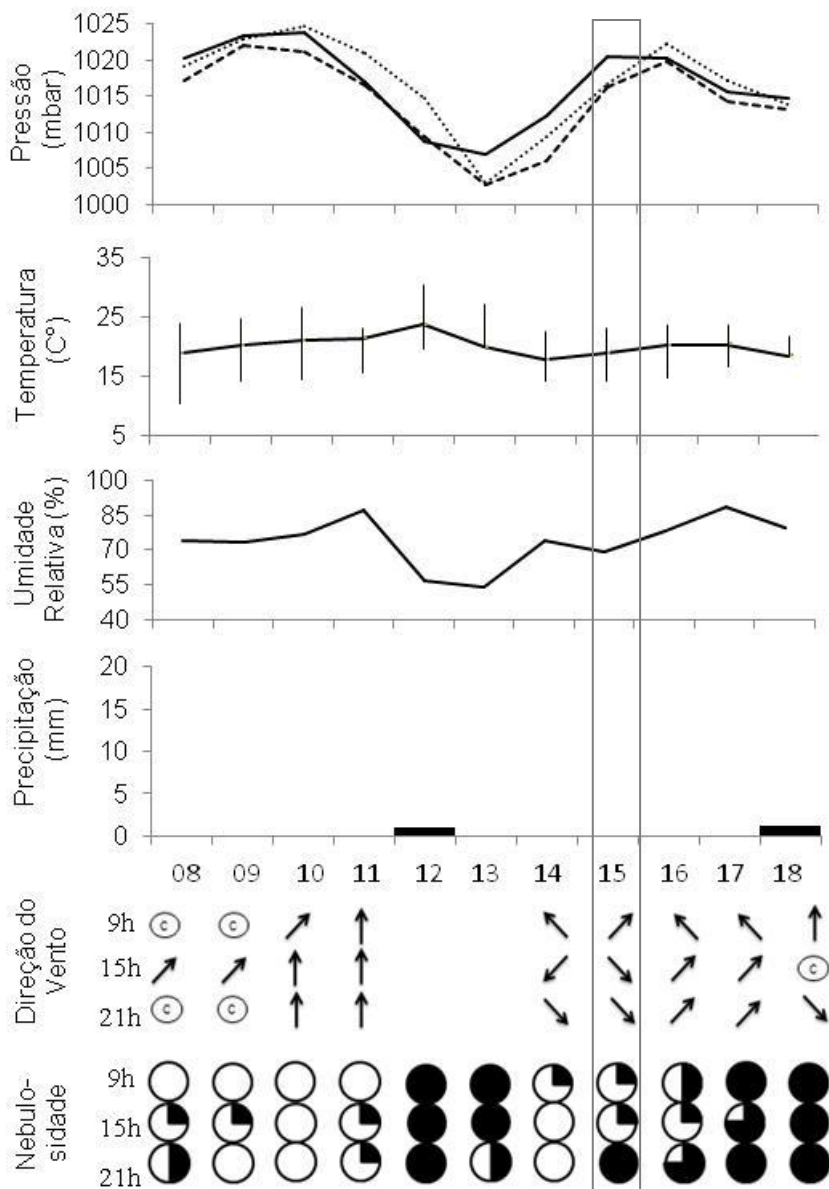


Figura 20. Gráficos para a análise rítmica referente ao evento ocorrido em 15 de setembro de 2016. Fonte: INMET.

A Epagri/Ciram lançou uma nota no dia do evento sobre a causa deste, afirmando que a somatória do pico máximo da maré astronômica, por volta das 14h, associada aos ventos de quadrante sul a sudeste com intensidade de 30 a 40km/h resultou no evento que atingiu diversos setores do litoral catarinense.

Conforme os dados da estação meteorológica de Florianópolis (Figura 20Figura 13Figura 12Figura 11) e a análise das cartas sinóticas (Quadro 9Quadro 6Quadro 5Quadro 4Quadro 3), a pressão atmosférica começa a decair 3 dias antes do evento, até atingir em torno de 1005mbar dois dias antes. Houve a passagem de uma frente um dia antes do evento, o que possibilitou ventos de Sudoeste a Sudeste, associada a um ciclone situado no O.A. na divisa Uruguai-Argentina formado dois dias antes da inundação.

| Dia | Sistema | Posição |
|------------|----------------|---|
| 8 | F/B | O.A. litoral RJ / O.A. Região Sul |
| 9 | A/F | O.A.litoral Região Sul / O.A. sul da A.S. |
| 10 | CV/F | SP e outro no O.A. litoral RS / O.A. sul da A.S. |
| 11 | CV/A | SP / O.A. Uruguai e Argentina |
| 12 | CV/A | RS / O.A. Região Sul, Uruguai e Argentina |
| 13 | F/C | Paraguai, RS e O.A. adjacente / O.A. litoral divisa Uruguai-Argentina |
| 14 | F/C | Bolívia, MS, SP e O.A. adjacente / O.A. Região Sul e Uruguai |
| 15 | F/B | RJ e O.A. adjacente / O.A. sudeste da A.S. |
| 16 | A | Região Sul e O.A. adjacente |
| 17 | A | Região Sul e O.A. adjacente |
| 18 | F/B | Divisa RS-Uruguai / O.A. norte Argentina |

Quadro 9. Data, sistemas atmosféricos e suas posições, referente ao evento de 15/09/2016.



Figura 21. Rua do bairro da Praça inundada pelas águas salinas. Ao fundo da imagem encontra-se o dique. Fonte: VipSocial (2016).

6.1.8 Eventos de 28 e 29 de outubro de 2016

A reportagem do jornal *Daqui Tijucas* referente aos eventos ocorridos no dia 28 e madrugada do dia 29 de outubro de 2016 (Figura 23) relata que este evento foi semelhante ao ocorrido em 2003. Segundo o portal do VipSocial, primeiramente, as casas à beira-mar foram atingidas pela água por volta das 14 horas (Figura 25) e, posteriormente, durante a madrugada, por volta da 1 hora, casas foram destruídas e parcialmente soterradas (Figura 24) pela areia trazida pela água do mar. As plantações de arroz no bairro Morretes (setor sul de Tijucas) também foram atingidas (Figura 26). O evento foi resultado de um ciclone em alto mar, gerando pista de vento de direção sul a sudeste, associado ao pico de maré, segundo as mídias locais.

Ainda, segundo as reportagens, as famílias desabrigadas pelo evento em Tijucas (cerca de 40 pessoas) foram estabelecidas no ginásio de esportes municipal. Entretanto, são famílias com poucas condições de se restabelecerem. Outras cidades também foram atingidas, como Florianópolis, Bombinhas, Itapema, Porto Belo e outras cidades do litoral norte catarinense.

De acordo com os dados da estação meteorológica de Florianópolis (Figura 22Figura 20Figura 13Figura 12Figura 11) e a análise das cartas sinóticas (Quadro 10Quadro 9Quadro 6Quadro 5Quadro 4Quadro 3), a pressão atmosférica decaiu dois dias antes do evento, chegando a

1000mbar um dia antes. Houve a passagem de uma frente um dia antes do evento, associada a um ciclone situado no O.A. na altura do Uruguai formado um dia antes da inundação. Ventos de Sul a Sudeste foram registrados nos dias 28 e 29.

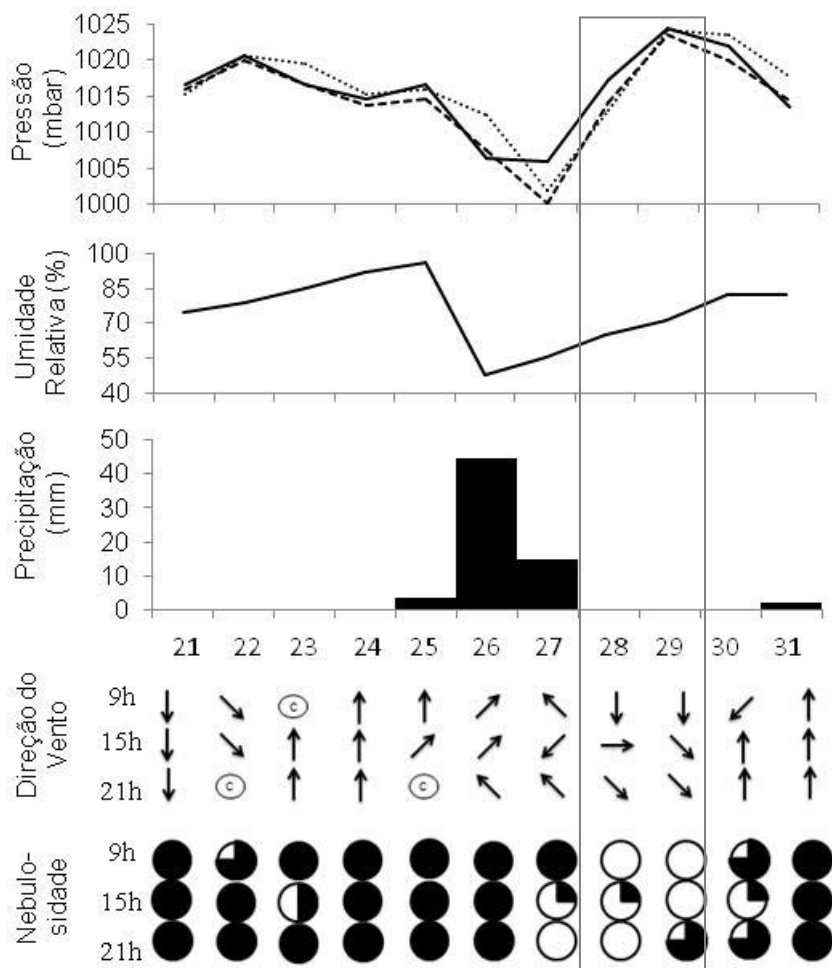


Figura 22. Gráficos para a análise rítmica referente aos eventos ocorridos em 28 e 29 de outubro de 2016. Fonte: INMET.

| Dia | Sistema | Posição |
|------------|----------------|---|
| 21 | B/FE | O.A. sudeste da A.S. / Paraguai, SC e O.A. adjacente |
| 22 | CV/A | Sul do MS, PR, SC / O.A. Região Sul |
| 23 | CV/A | SP e outro no norte Argentina e RS / O.A. Região Sul |
| 24 | CV/A | Norte da Argentina e RS / O.A. Região Sul, Uruguai e Argentina |
| 25 | CV/A | Norte da Argentina e RS / O.A. Região Sul, Uruguai e parte da Argentina |
| 26 | F/B | Paraguai e RS / Uruguai |
| 27 | F/C | Acre (AC), Rondônia (RO), MT, MS, SP e O.A. adjacente / O.A.litoral Uruguai |
| 28 | F/C | Sul da Região Norte, MT, GO, Minas Gerais (MG), RJ e O.A. adjacente / O.A. litoral RS |
| 29 | A/C | Região Sul, Uruguai e O.A. adjacente / O.A. sudeste da A.S. |
| 30 | A | Região Sul-Sudeste e O.A. adjacente |
| 31 | CV/A | SP e O.A. adjacente / Região Sul-Sudeste e O.A. adjacente |

Quadro 10. Data, sistemas atmosféricos e suas posições, referente ao evento de 28 e 29/10/2016.



Figura 23. Vista para o setor norte. Bairro da Praça após evento de inundação costeira. Barentin (2016).



Figura 24. Casa de frente para o mar no bairro da Praça parcialmente soterrada. Souza (2016).



Figura 25. Dique parcialmente destruído no bairro da Praça (Tijucas). Fonte: portal TopElegance (2016).

A maré prevista para o dia 28/outubro às 13 horas era de no máximo 1,10m e para o horário das 14h a maré observada foi de 1,60m. Já para o dia 29/outubro, a previsão para a 1h era de 1,20m, mas a maré observada para este mesmo horário foi de 1,75m, segundo observações

da Epagri/Ciram. A Lua Nova ocorreu dois dias depois do evento, 30/outubro.



Figura 26. Bairro Morretes (setor sul). Arrozal atingido pelo evento de inundação costeira. Fonte: Portal Galera Mix, 2016.

No campo realizado no dia 30 de dezembro de 2016 (Figura 27, Figura 28 e Figura 29) ainda foi possível encontrar os vestígios e ter uma percepção da dimensão da somatória de eventos ocorridos em 2016, especialmente os de 28 e 29 de outubro do mesmo ano. Em alguns setores o dique que protegia as residências foi destruído e em outros ainda está conservado (Figura 30).



Figura 27. O dique que protegia este setor no bairro da Praça e a rua não existe mais após o evento. Foto: Elaine Santos (2016).



Figura 28. Dique parcialmente reconstruído no bairro da Praça após o evento.
Foto: Elaine Santos (2016).



Figura 29. Árvores parcialmente arrancadas e tombadas pela força das águas.
Foto: Elaine Santos (2016).



Figura 30. Nos setores onde o dique está conservado e com vegetação as residências não foram atingidas. Foto: Elaine Santos (2016).

O Quadro 11 sintetiza as principais variáveis meteo-oceanográficas por episódio de inundação registrado. Dos nove eventos de inundação costeira registrados de 2002 a 2016 na Enseada de Tijucas, apenas o evento de setembro de 2002 não estava associado à presença de ciclone extratropical. Tal episódio ocorreu devido à passagem de uma frente fria associada a um sistema de baixa pressão que estava atuando no Oceano Atlântico (O.A.) na altura do Uruguai.

| Variáveis/ Data do evento | Maré astro- nômica (m) | Maré obser- vada (m) | Passagem de frente em SC (dias) | Ocor- rência de ciclone (dias) | Queda da pressão (dias) | Direção do vento |
|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------|--|---|----------------------------------|---------------------|
| 02/09/2002 | 0,65 | - | -3 | - | -1 | SE a NO |
| 25/05/2003 | 0,84 | - | -2 | -2 | -2 | SE a NO |
| 27/06/2006 | 1,17 | - | -1 | -1 | -1 | S a NO |
| 01/11/2010 | 0,96 | - | -1 | -1 | -2 | SE |
| 26/10/2011 | 1,40 | - | 0 | 0 | -1 | SE a O |
| 17/08/2016 | 1,20 | 1,20 | -1 | 0 | -2 | NE a NO |
| 15/09/2016 | 1,20 | 1,60 | -1 | -2 | -2 | NE a SE |
| 28/10/2016 | 1,10 | 1,60 | -1 | -1 | -1 | SE a S |
| 29/10/2016 | 1,20 | 1,75 | -2 | -2 | -2 | SE a S |

Quadro 11. Síntese das principais variáveis meteo-oceanográficas dos eventos.

Nos demais eventos os ciclones estavam presentes, desenvolvendo-se de dois dias anteriores até no dia do evento, no O.A. na altura do Rio Grande do Sul (registros de 2003 e 2006); no O.A. divisa Rio Grande do Sul/Uruguai (2011); no O.A. Uruguai (outubro/2016); no O.A. divisa Uruguai/Argentina (2010, agosto e setembro/2016).

A passagem de frentes também ocorreu nos outros eventos, afetando a pressão atmosférica e a direção dos ventos (conjuntamente com a atuação dos ciclones). Dos eventos registrados, no geral, a pressão começava a decair de três a um dia antes do episódio de inundação, assim como a presença de ventos do quadrante de sudoeste a sudeste foram relevantes.

Tais resultados para a área investigada estão de acordo com Rudorff et al. (2014), que citam que os eventos de maré de tempestade em Santa Catarina costumam ocorrer durante a passagem de sistemas atmosféricos intensos.

Quanto aos eventos ocorrerem sob períodos de maré de sizígia ou quadratura, somente os episódios de 2002, 2003 e 2010 ocorreram durante maré de quadratura. Apenas os eventos de 2016 possuem a maré observada. Destacam-se os episódios de 15/setembro e 28 e 29/outubro/2016, onde a maré prevista era de 1,20m, 1,10m e 1,20m, mas a observada registrada foi de 1,60m, 1,60m e 1,75m, respectivamente. Essa diferença de 40 a 55cm no nível da água pode ter sido gerada pelo efeito dos sistemas atmosféricos atuantes.

Os três eventos consecutivos ocorridos em 2016 não possibilitaram ao ambiente tempo suficiente para se recuperar, o que resultou na maior área afetada na madrugada do dia 29/outubro/2016. Pensando em um cenário pessimista de mudanças climáticas, onde há o aumento da ocorrência destes eventos intensos, a suscetibilidade da Enseada aos episódios de inundação costeira pode vir a aumentar.

6.2 VARIÁVEIS DE SUSCETIBILIDADE

6.2.1 Variação da linha de costa

O resultado da análise da variação da linha de costa de 2005 para 2015 (Figura 31) aponta ter havido maior recuo da costa nos setores central e sul, chegando a 100 metros de diferença. Para as áreas com avanço, a maioria dos valores variou entre 25 a 50 metros, sendo os

maiores valores localizados na foz do Rio Tijucas (entre transectos 17 e 19) e parte do setor sul.

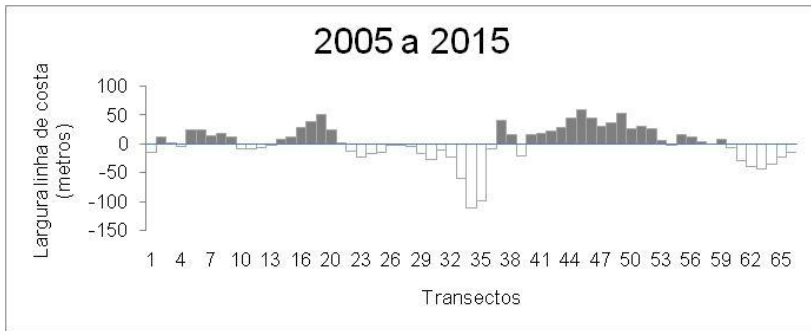


Figura 31. Gráfico com a diferença em metros de largura da linha de costa de 2005 a 2015.

A Figura 32 mostra a diferença em metros das linhas de costas trabalhadas e suas distâncias da linha de base, esta última situada no eixo zero. As modificações ocorridas foram, no geral, discretas, sem que ficasse evidenciada uma clara tendência de avanço ou recuo na linha de costa.

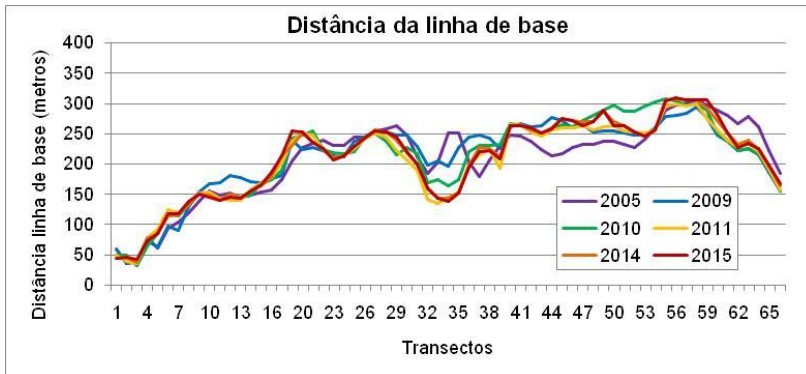


Figura 32. Comparação das distâncias das linhas de costa da linha de base, esta última considerada o eixo zero.

A taxa de acreção média encontrada a partir da utilização do WLR foi de +0,04m/ano. Porém, para cada transecto, após a utilização da classificação da taxa de variação da linha de costa pelo método de Jenks, encontraram-se diferentes valores em diferentes setores da

Enseada. A Figura 33 representa a taxa de recuo/avanço encontrada para cada transecto.

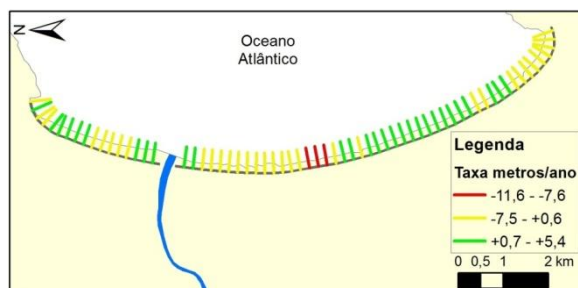


Figura 33. Taxa de variação da linha de costa.

A partir das taxas obtidas pode-se propor uma classificação da suscetibilidade (Figura 34) local quanto à variação da linha da costa em grau alto, moderado ou baixo, representados pelas cores vermelho, amarelo e verde, respectivamente, as taxas de -11,6 a -7,6 metros/ano foram consideradas de classe "alta", de -7,5 a +0,6 metros/ano "média" e de +0,7 a +5,4 metros/ano "baixa".

As classes de suscetibilidade baixa e moderada sobressaem na área de estudo. Das áreas urbanas contíguas à linha de costa, apenas um pequeno trecho situado no setor norte da área de estudo está classificada como de suscetibilidade moderada, sendo justamente o trecho que mais foi assolado durante os eventos de inundação de 2016.



Figura 34. Suscetibilidade quanto à variação da linha de costa (LC).

6.2.2 Exposição às ondas

Os ventos mais frequentes para a área de estudo, considerando os mais relevantes devido à orientação da linha de costa, são, em ordem decrescente: nordeste, leste e sudeste. Entretanto, os ventos de sudeste são os mais intensos, seguido dos de nordeste e leste.

Cada direção de vento resulta em diferentes padrões de incidência de ondas na Enseada. Ventos de leste (Figura 36) são os que mais conseguem atingir a linha de costa devido à orientação da mesma e pelos promontórios e costões não conseguirem protegê-la totalmente.

Ventos provenientes das direções nordeste e sudeste (Figura 35 e Figura 37) atingem parcialmente a enseada, principalmente nos setores sul e norte, respectivamente.

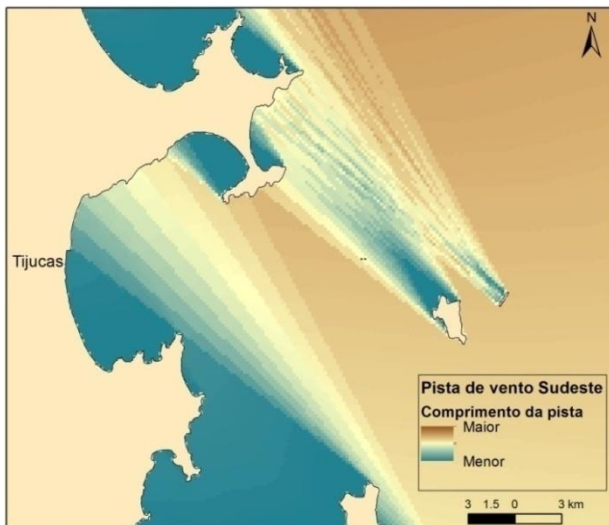


Figura 35. Pista de vento de direção sudeste gerado através do WFM.

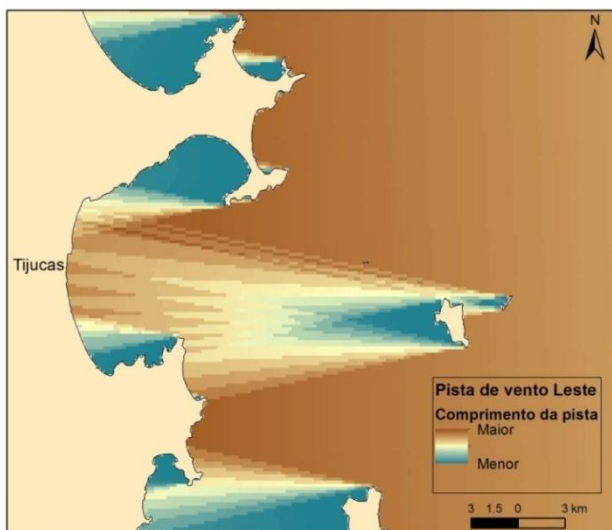


Figura 36. Pista de vento de direção leste gerado através do WFM.

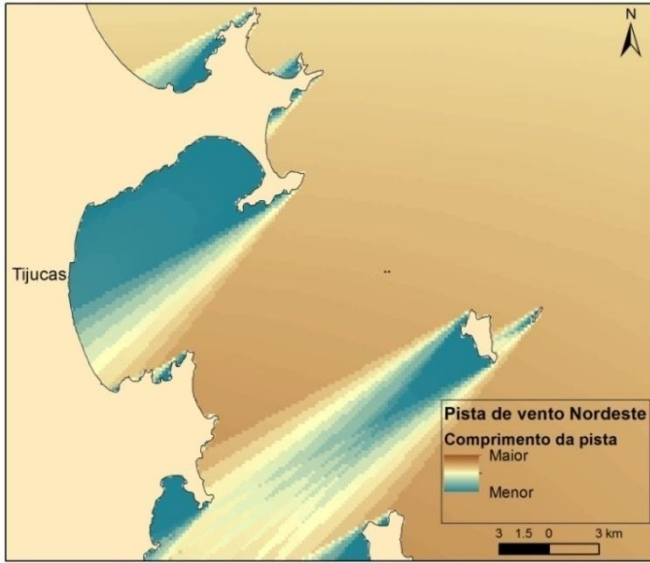


Figura 37. Pista de vento de direção nordeste gerado através do WFM.

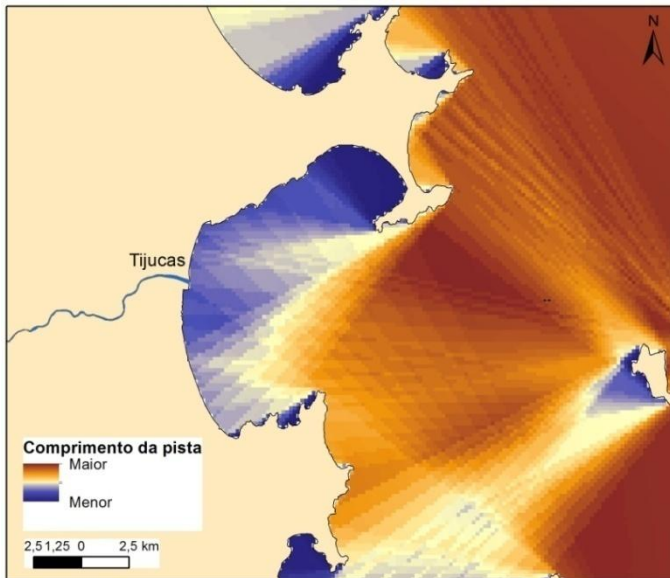


Figura 38. Frequência e intensidade dos ventos.

Tais resultados corroboram com a simulação de energia de ondas feita por Schettini et al. (2010) para a Baía de Tijucas, onde as ondas provenientes de leste são as que mais fornecem energia para o interior da baía, e diminui a energia à medida que se gira para norte ou para sul. Entretanto, os autores citados anteriormente averiguaram que rotações na direção do vento para sul propiciam maiores energias no setor norte da baía, quando se compara com as rotações para norte, diferentemente do obtido com o WFM, onde há certa equidade para norte e sul.

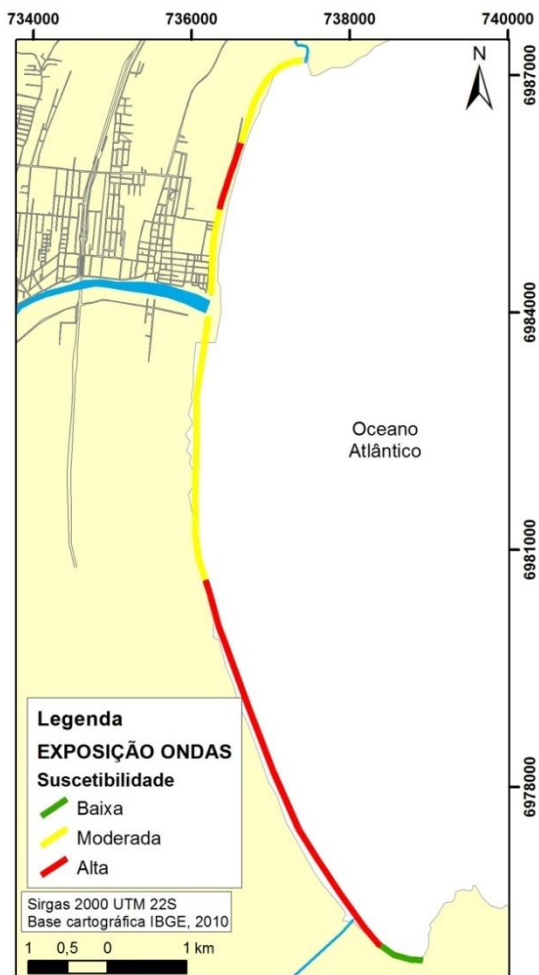


Figura 39. Suscetibilidade quanto à exposição da costa às ondas.

O cenário médio (Figura 38) aponta a influência dos ventos para geração de ondas de nordeste devido à maior frequência deste, assim como os de sudeste, por conta da importância da sua intensidade, sendo este último associado a passagens e ocorrências de sistemas atmosféricos relevantes, como as frentes e os ciclones extratropicais.

Desta forma, a classificação da suscetibilidade (Figura 39) em grau alto em parte do setor norte e do setor sul deve-se a aos diferentes pesos que os ventos possuem devido sua maior/menor frequência e intensidade. Apenas um pequeno trecho situado no extremo sul da enseada aparece protegido (suscetibilidade baixa), porém deve-se levar em consideração que o modelo não é sensível às difrações e refrações das ondas geradas pelos obstáculos.

6.2.3 Altitude da pós-praia

Analisando as altitudes presentes na Enseada (Figura 40), percebe-se que os setores central e sul apresentam extensas áreas com baixas altitudes, diferentemente do setor norte, devido a esta última estar situada nos cordões de *chenier* e as primeiras nos depósitos paludiais/paleolagunares.

Quanto à classificação da suscetibilidade da área (Figura 41), levando-se em consideração a altitude e a distância da linha de costa até a cota de 3,5 metros, as áreas de suscetibilidade moderada a alta estão, principalmente, em parte do setor central e do setor sul, enquanto que no setor norte predominam as de baixa a moderada.

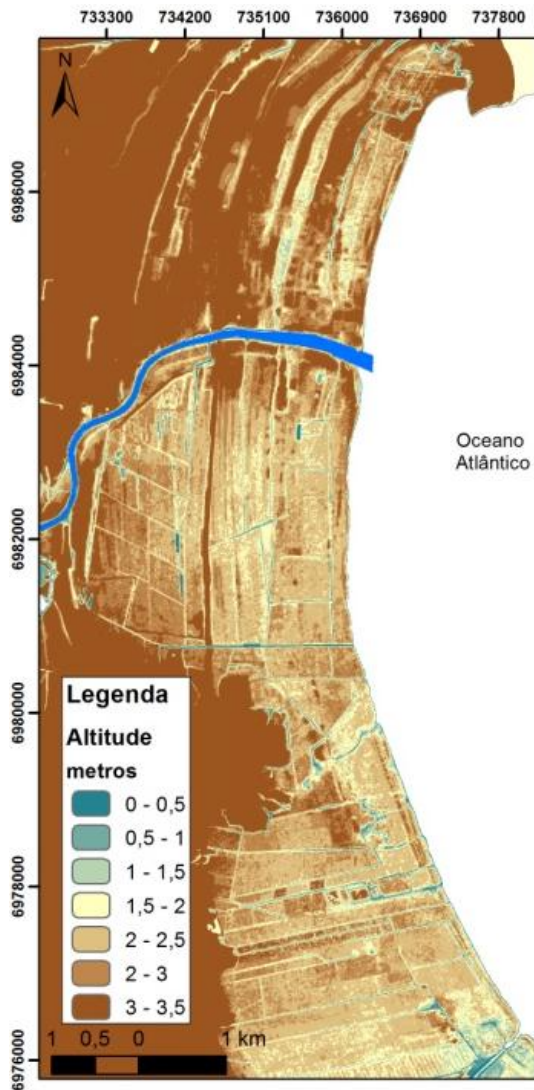


Figura 40. Altitude da Enseada (em metros). Adaptado de SDS (2010).

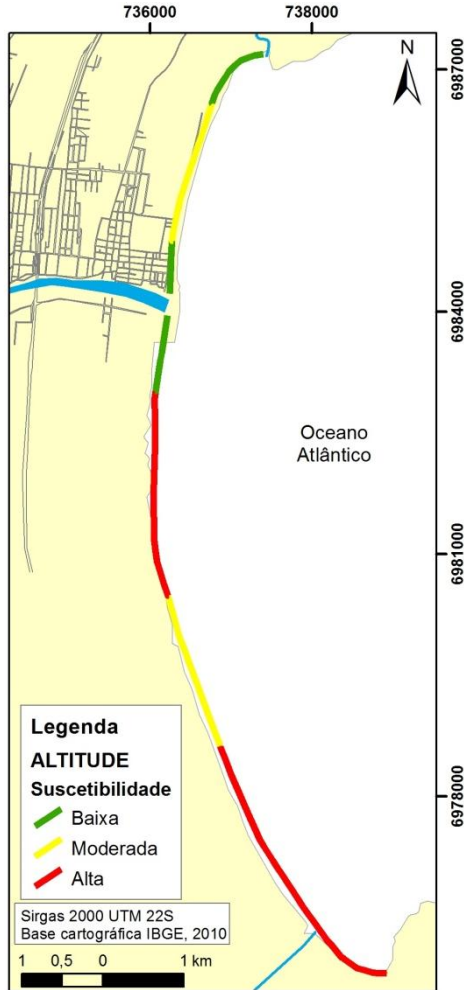


Figura 41. Suscetibilidade quanto à altitude.

6.2.4 Tipo de pós-praia

Com base no campo realizado, na análise das imagens de satélite e das fotografias disponíveis (Figura 42), as feições encontradas na área de estudo foram: vegetação densa ou pouco alterada; vegetação rasteira, agricultura ou pastagem; ocupação urbana ou presença infraestrutura; presença de rios.



Figura 42. Exemplo das áreas em Tijuca de baixa e média suscetibilidade (A) e de alta (B). Acervo fotográfico do Laboratório de Oceanografia Costeira/UFSC, 2013.

Estas feições estão representadas na Figura 43, por meio da vegetação densa, mancha urbana, vegetação rasteira, Rio Santa Luzia no norte, Rio Tijuca na área central e Rio Inferninho no sul da área de interesse.

A Figura 44 apresenta o mapa de suscetibilidade para esta variável. A presença de vegetação densa ou pouco alterada é encontrada apenas em uma pequena porção da área de estudo, no setor norte, e é caracterizada como de suscetibilidade baixa. Em segundo lugar, encontram-se áreas classificadas como de alta suscetibilidade, caracterizadas pela ocupação urbana ou infraestrutura associada e a presença de áreas adjacentes a desembocaduras de rios, os quais são: Rio Santa Luzia (setor norte), Rio Tijuca (divisa setor norte e central) e Rio Inferninho (setor Sul).

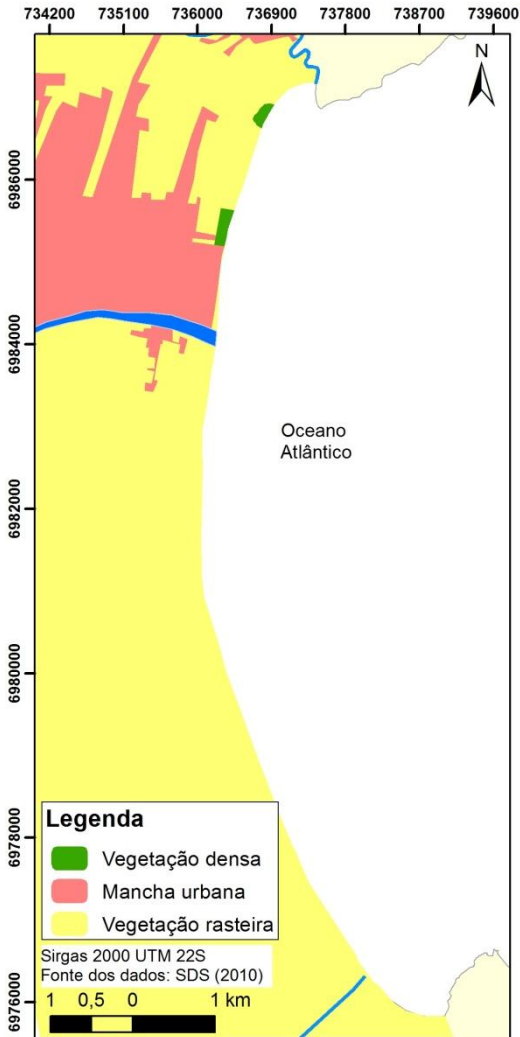


Figura 43. Classificação da cobertura do solo da área de estudo.

A vegetação rasteira, agricultura e pastagem são as feições mais presentes na área de interesse, abrangendo parte do setor norte e praticamente todo o setor central e sul, o que torna considerável parte da Enseada classificada como de moderada suscetibilidade.

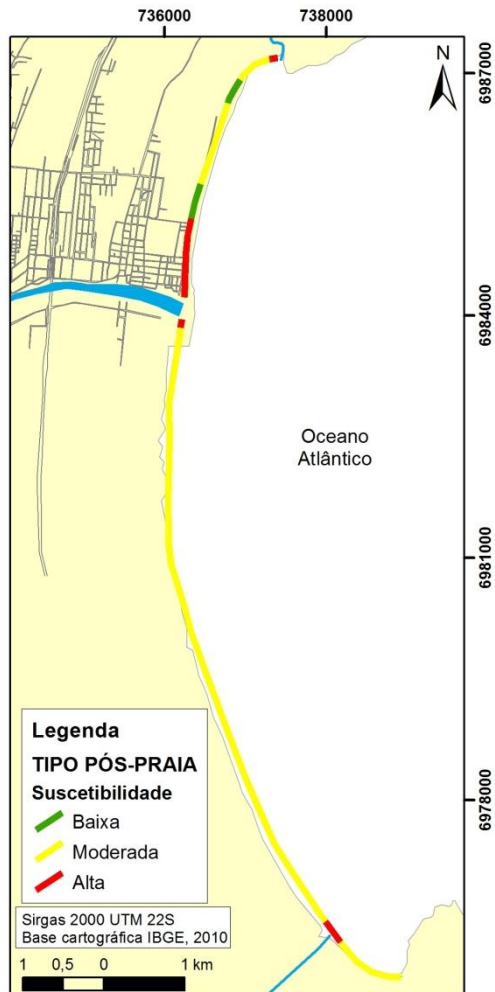


Figura 44. Suscetibilidade quanto ao tipo de pós-praia.

6.3 VARIÁVEIS DE VULNERABILIDADE

6.3.1 Residentes

O maior número de residentes, com base nas informações para cada setor censitário, está situado no setor norte da área de estudo, onde está localizada a área urbana do município de Tijucas. Por conta disso, os maiores graus de vulnerabilidade (Figura 45) estão situados

igualmente neste setor e os menores em parte do setor central e no sul na Enseada, onde está situada a área rural.

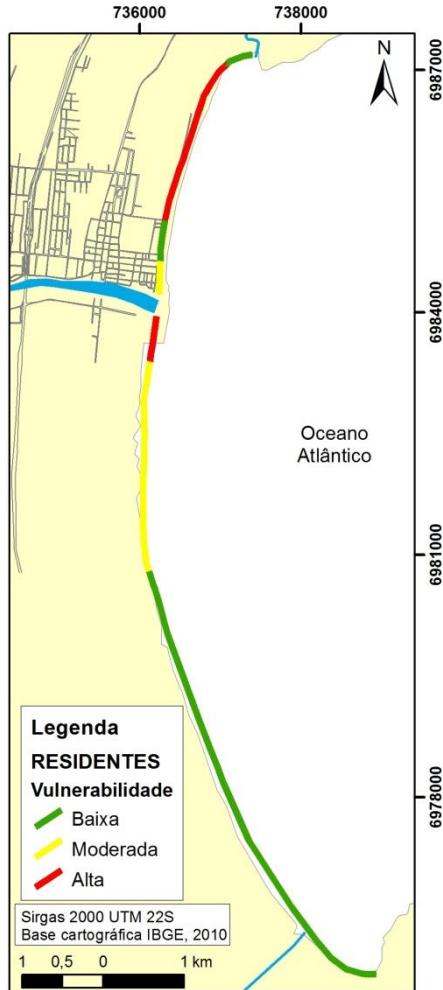


Figura 45. Vulnerabilidade quanto à variável número de residentes.

6.3.2 Renda

Quanto à variável renda, os setores com alta vulnerabilidade (Figura 46) predominaram em relação aos outros graus, e estão presentes tanto no setor norte, como parte do central e no setor sul. Destaca-se que

na área urbana de Tijucas, apenas no setor extremo norte a vulnerabilidade para esta variável é baixa, nos outros setores urbanos manteve-se entre moderada a alta.

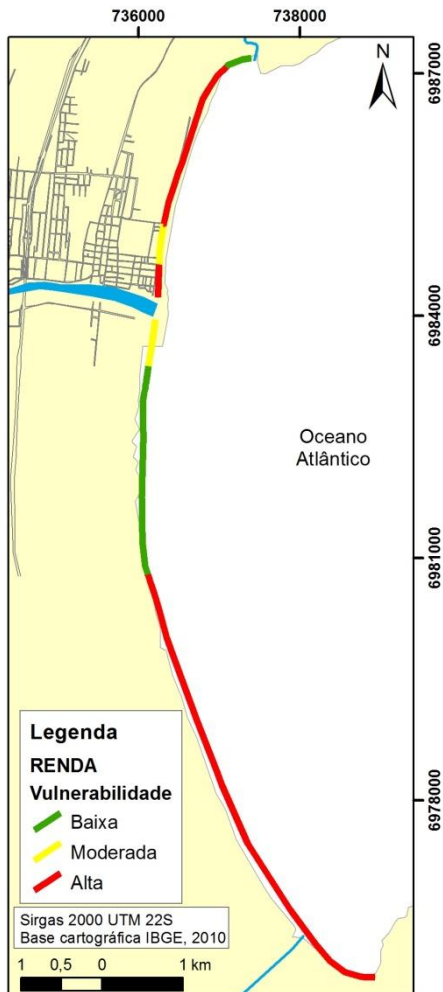


Figura 46. Vulnerabilidade quanto à variável renda.

6.4 ÍNDICE DE VULNERABILIDADE COSTEIRA

A Figura 47 apresenta os descritores dos aspectos físicos integrados e dos socioeconômicos integrados.

Quanto aos aspectos físicos, considerável parte da Enseada foi classificada em graus de moderada a alta suscetibilidade, destacando-se os setores central e sul. As áreas de baixa suscetibilidade estão no setor norte da área de estudo, mas pequenos trechos da linha de costa foram classificados de moderada a alta.

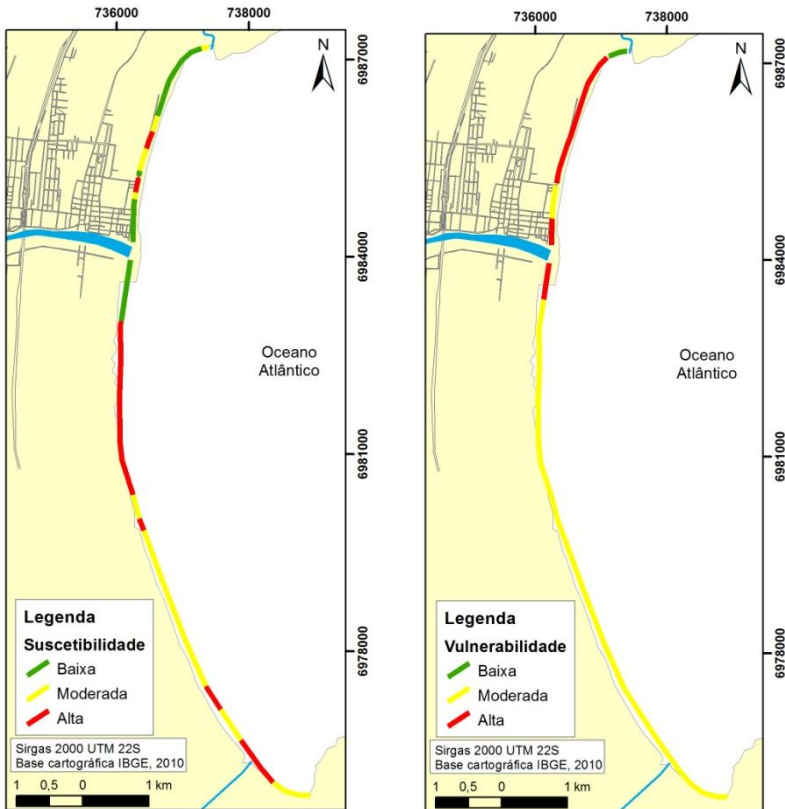


Figura 47. Integração dos aspectos físicos (esquerda) e aspectos socioeconômicos (direita).

Os maiores graus de suscetibilidade no setor central e sul foram derivados da sua maior exposição às ondas, menores altitudes e tipo de

pós-praia de suscetibilidade moderada. Salienta-se que nestes setores onde a classificação foi de grau moderado, a variação da linha de costa era de grau baixo. Para os trechos de linha de costa no setor norte, a presença de menores taxas de variação da linha de costa e de maior altitudes contribuiu para um menor grau de suscetibilidade. Os trechos de maiores suscetibilidade encontrados estão associados principalmente a uma maior à exposição às ondas e a presença de baixas altitudes.

Quanto aos aspectos socioeconômicos, considerável parte da Enseada foi classificada com grau moderado de vulnerabilidade, seguido de grau alto e um pequeno trecho no extremo norte da área de estudo com grau baixo.

O setor norte concentrou o grau alto e os setores central e sul os de grau moderado de vulnerabilidade. No primeiro caso, isto deve-se ao fato de que o maior número de residentes estarem situados no setor norte (área urbana) e também apresentar as menores rendas. No segundo caso, o setor central, apesar de não ter tantos residentes, a renda é alta, já o setor sul, por exemplo, apesar de ter renda baixa, possui baixa quantidade de residentes.

Os aspectos físicos e socioeconômicos foram integrados para gerar o mapa com a espacialização do Índice de Vulnerabilidade Costeira (Figura 48) para a Enseada de Tijucas. O setor norte da Enseada apresentou considerável trecho da linha de costa classificada com alto índice de vulnerabilidade, devido ao peso gerado pelas variáveis socioeconômicas classificadas em alta vulnerabilidade, conjuntamente com a maioria dos descritores físicos que foram classificados em moderada suscetibilidade. Ainda no setor norte, o trecho classificado com baixo índice de vulnerabilidade, os aspectos físicos parecem ter influenciado mais.

Para a linha de costa situada no setor central da Enseada, esta apresentou índices de vulnerabilidade baixa, moderada e alta, os primeiros sobre influência dos fatores físicos de baixa a moderada suscetibilidade, os segundos devido à maioria das variáveis estarem classificadas em grau moderado de suscetibilidade/vulnerabilidade, e os terceiros, à maioria das variáveis estarem classificadas em grau moderado a alto de suscetibilidade/vulnerabilidade.

O setor sul também apresentou similares índices de vulnerabilidade com o setor central, com índices de vulnerabilidade baixa, moderada e alta. Os primeiros, devido à equidade entre os graus de suscetibilidade/vulnerabilidade, os segundos, à metade das variáveis estarem classificadas em grau alto de suscetibilidade/vulnerabilidade, e

os terceiros, à maioria das variáveis físicas estarem classificadas em grau moderado a alto de suscetibilidade.

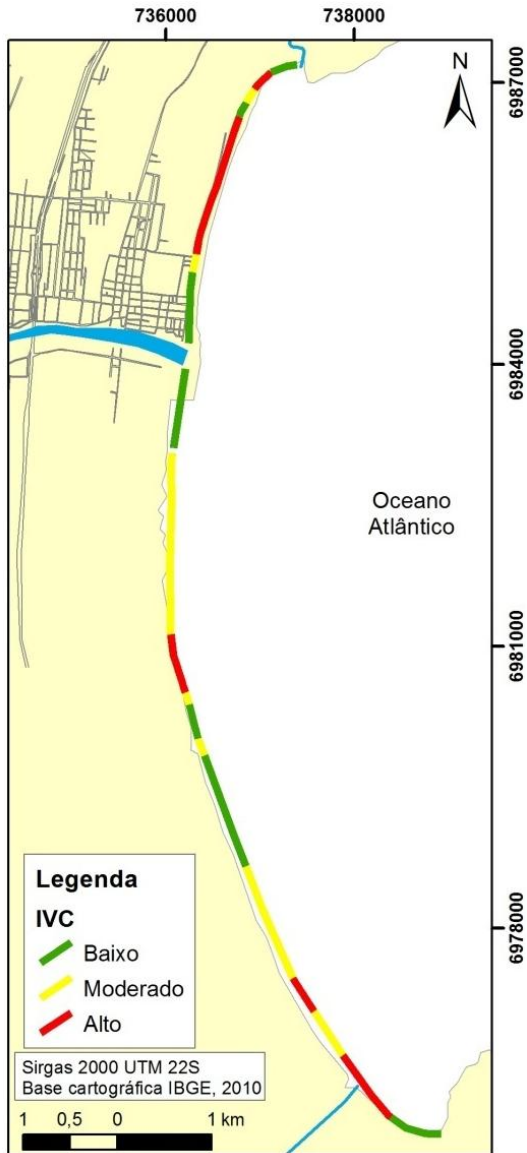


Figura 48. Mapa do Índice de Vulnerabilidade Costeira para a Enseada de Tijucas.

7 CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo principal analisar a suscetibilidade e a vulnerabilidade do setor litorâneo da Enseada de Tijucas à inundação costeira associada a eventos meteorológicos extremos, buscando o entendimento de algumas das variáveis envolvidas que fazem uma área costeira semiabrigada suscetível e vulnerável aos eventos de maré de tempestade.

Foram analisadas as condições atmosféricas envolvidas durante as inundações costeiras registradas, e adaptado e aplicado o *Coastal Vulnerability Index* proposto por Gornitz (1991), para situar as áreas mais suscetíveis e vulneráveis a estes eventos.

Conforme o material consultado, nove eventos de inundação costeira foram registrados na Enseada de Tijucas. Em todos, a presença da passagem de frentes e dos ciclones extratropicais foram relevantes para as ocorrências. O desenvolvimento dos ciclones ocorria até dois dias antes do evento, já a pressão decaía de três a um dia antes do evento. Ventos do quadrante sudoeste a sudeste foram marcantes antes ou durante os episódios de inundação, gerados devido às frentes e ciclones. Dos quatro eventos que possuem maré observada, em três deles registrou-se nível do mar de 40 a 55cm acima do nível previsto, incremento gerado pelas baixas pressões e direção dos ventos durante a passagem dos sistemas intensos, propiciando o empilhamento de água junto à costa.

O evento ocorrido na madrugada do dia 29/outubro/2016 afetou consideravelmente o litoral da Enseada devido aos três eventos anteriores que ocorreram no mesmo ano, sendo o último no dia 28/outubro. Estes eventos consecutivos dificultaram a recuperação do ambiente, devido ao curto espaço temporal entre as ocorrências, provocando muitas perdas materiais. Tal fato reforça a urgência de se avaliar os impactos causados pelas mudanças climáticas, que podem afetar a quantidade e a intensidade de determinados sistemas atmosféricos (ciclones extratropicais, por exemplo), aumentando o grau de suscetibilidade do ambiente às inundações.

Quanto à identificação de diferentes graus de suscetibilidade e vulnerabilidade à inundação costeira, a aplicação do IVC mostrou-se uma ferramenta rápida para sua avaliação, também possibilitando identificar a importância/influência das variáveis físicas e socioeconômicas envolvidas. Reconhece-se, todavia, a subjetividade na análise de algumas das variáveis devido às suposições assumidas por quem aplica o método.

Das variáveis físicas, a exposição às ondas e a altitude foram as mais relevantes devido à maior quantidade de segmentos da costa classificados como de suscetibilidade alta, conforme observado nos setores central e sul da área de estudo. Já das variáveis socioeconômicas, o maior grau de vulnerabilidade encontra-se no setor norte, área urbana no município de Tijucas, além de ser o setor mais populoso, possui as menores rendas.

O mapa final, composto pela integração das variáveis físicas e socioeconômicas, que expressa o Índice de Vulnerabilidade Costeira para a Enseada de Tijucas, apresentou certa equidade na quantidade de setores da linha de costa associadas às três classes de índice. Para o setor norte, a linha de costa na sua maioria foi classificada com alto grau de vulnerabilidade, seguido de baixo grau. O primeiro principalmente por conta das variáveis socioeconômicas classificadas como de alta vulnerabilidade e o segundo, pelos aspectos físicos no geral terem baixa suscetibilidade. Os setores central e sul apresentaram certa homogeneidade nas características físicas e socioeconômicas, diferenciando mais no descritor referente à taxa de variação da linha de costa, o que resultou nos diversos segmentos da linha de costa com índices diferentes.

Para os próximos trabalhos recomenda-se utilizar mais variáveis para alimentar o IVC, como geologia, correntes costeiras, entre outros, além de dados censitários adicionais (por exemplo, idade, razão de gênero, etc.); fazer o cálculo do IVC com ponderação das variáveis, levando em consideração que trata-se de um ambiente semiabrigado, verificando como seriam os pesos dos descritores para este tipo de ambiente; e aplicar técnicas para verificar se as variáveis não são redundantes entre si. Também recomenda-se verificar se existe alguma associação dos eventos com episódios de *El Niño*-Oscilação Sul e verificar quais os eventos atmosféricos que atuaram durante outros episódios de inundação costeira que não atingiram a enseada, mas atingiram outras localidades de Santa Catarina.

REFERÊNCIAS

ALAGAMENTO. **Jornal de Tijucas**, Tijucas, 30 jun. 2006, ano 6, n. 262.

ALMEIDA, D. C. **Diagnóstico da distribuição de sedimentos finos e processos físicos associados na Baía de Tijucas**. 2008. 85p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Centro de Ciências Tecnológicas, da Terra e do Mar, Universidade do Vale do Itajaí. Itajaí, 2008.

ARAUJO, C. E. S.; FRANCO, D.; MELO, E.; PIMENTA, F. Wave regime characteristics of the Southern Brazilian coast. In: **Proceedings of the Sixth International Conference on Coastal and Port Engineering in Developing Countries, COPEDEV VI**, Colombo, 2003. 15p.

ARAUJO, R. S.; SILVA, G. V.; FREITAS, D.; KLEIN, A. H. F. Georreferenciamento de Fotografias Aéreas e Análise da Variação de Linha de Costa. In: Alcántara-Carrio, J.; Correa, I.D.; Isla, F.; Alvarado, M.; Klein, A.H.F. y Cabrera, J.A. (Org.). **Metodologias en Teledetección Aplicada a la Prevención de Amenazas Naturales en el Litoral**. Valencia, 2008. p. 2-15.

ASP, N. E., KLEIN, A. H. F., SIEGLE, E., BUYNEVICH, I. V., FITZGERALD, M., CLEARY, W.J., ANGULO, R., DILLENBURG, S. R.; VINTÉM, G.; MENEZES, J. T. A Planície Costeira de Tijucas, Santa Catarina, Brasil: Estudo da Evolução Holocênica e a Experiência de Colaboração Multi-Institucional. In: 57a. Reunião da SBPC-2005, Fortaleza. **Anais...** 2005a.

ASP, N. E., BUYNEVICH, I. V., SIEGLE, E., FITZGERALD, D.M., KLEIN, A.H.F., CLEARY, W.C., ANGULO, R.J. Coastal Geomorphology of the Tijucas Plain-Brazil: Preliminary Evolutionary Model. In: Congresso da ABEQUA, Guarapari. **Anais...** ABEQUA, Guarapari, 2005b

ASP, N. E.; SIEGLE, E.; SCHETTINI, C. A.F.; LOSSO, A. P.; KLEIN, A. H. D. F. Geologia e hipsometria de bacias de drenagem do centro-norte catarinense (Brasil): implicações para a zona costeira. **Quaternary**

and Environmental Geosciences, 2009. p. 98-108.

BARENTIN, L. Risco de ressaca persiste neste domingo. **Razão Tijuquense**, nov. 2016. Disponível em <<http://jornalrazao.com/materia/risco-de-ressaca-persiste-neste-domingo-1435>>. Acessado em novembro/2016.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Portaria** n.825, de 12 de agosto de 2003. Reconhecer, em virtude de inundações litorâneas provocadas pela brusca invasão do mar e enchentes, a situação de emergência no Município de Tijucas, na área do Pontal Norte. Diário Oficial da União, Brasília, n.155, p.19, 13 ago.2003, Seção 1.

BONETTI, J. **Sensoriamento Remoto Aplicado à Análise de Ambientes Costeiros Impactados - Avaliação Metodológica: Baixada Santista**. 1996. Tese (Doutorado). Departamento de Geografia-FFLCH, São Paulo, 260p. + Anexo. 1996.

BONETTI, J.; WOODROFFE, C. D. Spatial Analysis on GIS for Coastal Vulnerability Assessment. In: Bartlett, D. & Celliers, L. (eds.). **Geoinformatics for Marine and Coastal Management**. Chapter 16. CRC Press, Boca Raton, 2017. p. 367-396.

BONETTI, J.; KLEIN, A. H. F. ; MULER, M.; DE LUCA, C. B.; SILVA, G. V.; TOLDO JR., E. E. & M. GONZÁLEZ. Spatial and numerical methodologies on coastal erosion and flooding risk assessment. In: Finkl, C. (Editor). **Coastal Hazards**. Chapter 16. Coastal Research Library Series. Springer, Dordrecht, 2013. p. 423-442.

BONETTI, J.; RUDORFF, F. M.; CAMPOS, A. V.; SERAFIM, M. B. Geoindicator-based assessment of Santa Catarina (Brazil) sandy beaches susceptibility to erosion. **Ocean & Coastal Management**. SI: Management Strategies for Coastal Erosion Problems. Ocean & Coastal Management, 2018. p.198-208.

BORUFF, B. J.; EMRICH, C.; Cutter, S. L. Erosion hazard vulnerability of US coastal counties. **Journal of Coastal Research**, vol. 21, nº5, 2005. p.932-943.

CALLIARI, L. J.; FARIA, A. F. G. 2003. Bancos de lama na praia do Cassino: formação implicações geomorfológicas,

ambientais e riscos costeiros. Estudo de caso: maio 2003. In: IX Congresso da ABEQUA, Recife. **Anais...** ABEQUA, Recife, 2003. 5p.

CARDONA, F.M.D.S. **Avaliação do risco de erosão, galgamento e inundação costeira em áreas artificiais de Portugal continental Estratégias de adaptação face a diferentes cenários de risco (relocalização, acomodação e proteção)**. 2015. 206p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia. 2015.

CARTER, R.W.G. Coastal environments: an introduction to the physical, ecological and cultural systems of coastlines. **Academic Press**, London, UK, 1988. 617p.

CARUSO, F.; KREBS, A. S. J.; WILDNER, W.; ARAÚJO, S. A.; DIEHL, F. L.; FRASSON, H.; CARMO, V. B. **Mapa Geológico da Folha Camboriú, SC**. Escala 1:50.000, 2000.

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). **Efectos del cambio climático en la costa de América Latina y el Caribe: guía metodológico**. Santiago de Chile: Naciones Unidas, 2011. 31 p.

CHLUDINSKI, A. P. **Integração de dados oceanográficos e de sensoriamento remoto na análise espacial de águas costeiras visando a setorização da reserva biológica marinha do Arvoredo e Baía de Tijucas, SC**. 2002, 147 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Florianópolis, 2002.

COMUNIDADE salva o que sobrou após ressaca. **Jornal A Notícia**, mai. 2003. Disponível em <<http://www1.an.com.br/2003/mai/28/0ger.htm>>. Acessado em março/2016.

CPRM (Serviço Geológico do Brasil). **Ação emergencial para reconhecimento de áreas de alto e muito alto risco a movimentos de massa e enchentes - Tijucas, SC**. Localização: Bairro da Praça. Maio, 2014. Disponível em <<http://www.tijucas.sc.gov.br/conteudo/paginas/59/sctijrs03cprm.pdf>> Acessado em julho/2015.

CPRM (Serviço Geológico do Brasil). **Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Tijucas - SC**. Escala 1:40.000. Dezembro, 2015. Disponível em <<http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/15693>> Acessado em dezembro/2017.

DIAS, J.M.A. Sobreelevação do nível do mar de índole meteorológica. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos, **Glossário sobre as zonas costeiras**. 2007. Disponível em: <http://www.aprh.pt/rgci/glossario/sobreelevacaomar.html>. Acessado em junho/2017.

FITZGERALD, D.M., CLEARY, W.J., BUYNEVICH, I.V., HEIN, C.J., KLEIN, A.H.F., ASP, N., AND ANGULO, R. Strandplain Evolution along the Southern Coast of Santa Catarina, Brazil. **Journal of Coastal Research**, Gold Coast, Australia, 2007. p. 152-156.

GAMA, C.; DIAS, J.M.A.; FERREIRA, Ó.; TABORDA, R. Analysis of storm surge in Portugal, between June 1986 and May 1988. In **Proceedings** of Littoral, v. 94, 1994. p. 381-387.

GORNITZ, V. Global coastal hazards from future sea level rise. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Amsterdam, 1991. p. 379-398.

GORNITZ, V.; KANCIRUK, P. Assessment of global coastal hazards from sea-level rise. **Proceedings** of the 6th Symposium on Coastal and Ocean management, ASCE, July 11-14, Charleston, SC, 1989. p. 1345-1359.

GORNITZ, V.; WHITE, T. W. **A coastal hazards data base for the U.S. East Coast**. ORNL/CDIAC-45, NDP-043A. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee. 1992.

GORNITZ, V. M.; WHITE, T. W.; CUSHMAN, R. M. Vulnerability of the US to future sea level rise. Coastal Zone. **Proceedings** of the 7th Symposium on Coastal and Ocean Management. American Society of Civil Engineers, 1991. 15p.

HERRMANN, M. L. P. Glossário de termos técnicos e Considerações finais. p. 213-217. In: _____. (Org.). **Atlas de Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina: período de 1980 a 2010**. Florianópolis, SC. SEA/DGED: 2014.

INPE/CPTEC (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos). **Boletim Técnico**. Análise Sinótica: 30/10/2010-00Z. Disponível em <<http://tempo1.cptec.inpe.br/boletimTecnico/faces/boletim.jsp?idBoletim=1143>> Acessado em fevereiro/2018.

INPE/CPTEC (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos). **CLIMANÁLISE**: Boletim de Monitoramento e Análise Climática, Cachoeira Paulista, v. 17, n. 8, agosto/2002. 2002a. Disponível em <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/pdf/pdf02/ago02.pdf>>. Acessado em setembro/2017.

INPE/CPTEC (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos). **CLIMANÁLISE**: Boletim de Monitoramento e Análise Climática, Cachoeira Paulista, v. 17, n. 9, setembro/2002. 2002b. Disponível em <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/pdf/pdf02/set02.pdf>>. Acessado em setembro/2017.

INPE/CPTEC (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos). **CLIMANÁLISE**: Boletim de Monitoramento e Análise Climática, Cachoeira Paulista, v. 18, n. 5, maio/2003. 2003. Disponível em <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/pdf/pdf03/mai03.pdf>>. Acessado em setembro/2017.

INPE/CPTEC (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos). **CLIMANÁLISE**: Boletim de Monitoramento e Análise Climática, Cachoeira Paulista, v. 21, n. 6, junho/2006. 2006. Disponível em <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/pdf/pdf06/jun06.pdf>>. Acessado em setembro/2017.

INPE/CPTEC (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos). **CLIMANÁLISE**:

Boletim de Monitoramento e Análise Climática, Cachoeira Paulista, v. 25, n. 10, outubro/2010. 2010a. Disponível em <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/pdf/pdf10/out10.pdf>>. Acessado em setembro/2017.

INPE/CPTEC (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos). **CLIMANÁLISE:** Boletim de Monitoramento e Análise Climática, Cachoeira Paulista, v. 25, n. 11, novembro/2010. 2010b. Disponível em <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/pdf/pdf10/nov10.pdf>>. Acessado em setembro/2017.

INPE/CPTEC (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos). **CLIMANÁLISE:** Boletim de Monitoramento e Análise Climática, Cachoeira Paulista, v. 26, n. 10, outubro/2011. 2011. Disponível em <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/pdf/pdf10/nov10.pdf>>. Acessado em setembro/2017.

JENKS, G. F.; CASPALL, F. C. Error on choroplethic maps: definition, measurement, reduction. **Annals of the Association of American Geographers**, 1971. p.217-244.

KLEIN, A.H.F., SHORT, A.D., BONETTI, J. Santa Catarina beach systems. In: Short, A. D. and Klein, A. H. F. (eds.). **Brazilian Beach Systems**. Chapter 17. Coastal Research Library 17. Springer. Switzerland, 2016. p.465-506.

KRAUS, N., ROSATI, J. Interpretation of Shoreline-Position Data for Coast al Engineering Analysis. **Coastal Engineering Technical Note**. CETN II-39 (12/97). US Army Engineer Waterways Experimental Station. 1997.

MARCELINO, I. P. V. O.; MOLLERI, G. S. F.; GOREL, R. F.; MARCELINO, E. V.; MORENO, D. A.; RUDORFF, F. D. M.; OLIVEIRA, C. A. F.; ALVES, D. B.; HERRMANN, M. L. P.; DEBORTOLI, N. S.; MURARA, P. G. Adversidades atmosféricas no Estado de Santa Catarina no período de 1980 a 2010. Capítulo 3. p.13-82. In: HERRMANN, Maria Lúcia de Paula (Org.). **Atlas de desastres naturais do estado de Santa Catarina**. Florianópolis, SC. SEA/DGED: 2014.

MARÉ alta invade casas de moradores no bairro Praça em Tijuca. **TopElegance comunicação e mídia**, nov. 2016. Disponível em <<http://www.topelegance.com.br/noticia-detalle/1024/Mar%C3%A9%20alta%20invade%20casas%20de%20moradores%20no%20bairro%20Pra%C3%A7a>>. Acessado em novembro/2016.

MARÉ alta invade o campo da praia. **Razão Tijuquense**, Tijuca, ano 12, n. 148, 29 jun. 2006.

MARÉ alta provoca alagamentos em ruas do bairro Praça. **Vipsocial comunicação e mídia**, out. 2011. Disponível em <<http://www.vipsocial.com.br/noticia-detalle/7957/mare-alta-provoca-alagamentos-em-ruas-do-bairro-praca>>. Acessado em março/2016.

MARÉ alta provoca alagamentos em Tijuca. **Vipsocial comunicação e mídia**, set. 2016. Disponível em <<http://www.vipsocial.com.br/noticia-detalle/19611/mare-alta-provoca-alagamentos-em-tijuca>>. Acessado em setembro/2016.

MARÉ assusta novamente moradores do pontal. **Razão Tijuquense**, Tijuca, ano 7, n.89, ago. 2002.

MARÉ sobe durante a madrugada; moradores sofrem com prejuízos. **Vipsocial comunicação e mídia**, novembro/2016. Disponível em <<http://www.vipsocial.com.br/noticia-detalle/19858/mare-sobe-durante-a-madrugada;-moradores-sofrem-com-prejuizos->>>. Acessado em novembro/2016.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Texto, 2007. 206 p.

MONTEIRO, M. A.; MENDONÇA, M. Dinâmica atmosférica no Estado de Santa Catarina. Capítulo 2. p.05-12. In: HERRMANN, Maria Lúcia de Paula (Org.). **Atlas de desastres naturais do estado de Santa Catarina**. Florianópolis, SC. SEA/DGED: 2014.

MUEHE, D. Geomorfologia Costeira. In: GUERRA A.J.T., CUNHA S.B. da (orgs.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. p253-303.

MULER, M. **Avaliação da vulnerabilidade de praias da Ilha de Santa Catarina a perigos costeiros através da aplicação de um índice multicritério**. 2012. 213 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Florianópolis, 2012.

MULER, M; BONETTI, J. An Integrated Approach to Assess Wave Exposure in Coastal Areas for Vulnerability Analysis, **Marine Geodesy**, 2014. p. 220-237.

NGUYEN, T. T.; WOODROFFE, C. D. (2015) Assessing relative vulnerability to sea-level rise in the western part of the Mekong River Delta in Vietnam. **Sustainability Science**, September, 2015. p. 1-15.

OGASHAWARA, I. Análise rítmica e a climatologia geográfica brasileira. In: **Revista Eletrônica Georaguaiá**. Barra do Garças-MT. v2, n.2, agosto/dezembro, 2012. p 57-72.

OLIVEIRA, A. O. **Susceptibilidade e vulnerabilidade de sistemas costeiros abrigados à oscilação positiva do nível do mar: estudo de caso Lagoa da Conceição/SC**. 2016. 203 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Florianópolis, 2016. Disponível em: <<http://www.bu.ufsc.br/teses/PGCN0628-T.pdf>>

PENDLETON, E. A.; WILLIAMS, S. J.; THIELER, E. R. Coastal Vulnerability Assessment of Assateague Island National Seashore (Asis) to Sea-Level Rise. **U.S. Geological Survey**. Open-File Report 2004-1020, Electronic Book. 2004.

PLANTAÇÕES de arroz no bairro Morretes em Tijucas também são atingidas pela maré alta. **Portal Galera Mix**, nov. 2016. Disponível em <<http://www.galeramix.com.br/noticias/detalhe/plantacoes-de-arroz-no-bairro-morretes-em-tijucas-tambem-sao-atingidas-pela-mare-alta>>. Acessado em novembro/2016.

PROBLEMA do Pontal Norte pode ser bem pior do que se imaginava. **Razão Tijuquense**, Tijucas, ano 14, n. 369, 05 nov. 2010, p.7.

RESSACA causa destruição. **Jornal de Tijucas**, Tijucas, ano 3, n.77, 06 set. 2002, p.12.

RESSACA desabriga moradores. **Jornal de Tijucas**, Tijucas, ano 4, n.111, 30 mai. 2003.

RIBEIRO, J.S.; SOUSA, P.H.G.O.; VIEIRA, D.R.; SIEGLE, E. Evolução da vulnerabilidade à erosão costeira na Praia de Massaguaçu (SP), Brasil. **Gestão Costeira Integrada**, 2013. p. 253-265.

RIO TIJUCAS transborda e maré alta invade ruas do bairro Praça. **Vipsocial comunicação e mídia**, ago. 2016. Disponível em <<http://www.vipsocial.com.br/noticia-detalle/19435/rio-tijucas-transborda-e-mare-alta-invade-ruas-do-bairro-praca->>. Acessado em agosto/2016.

RODRIGUES, M. L. G.; FRANCO, D.; SUGAHARA, S. Climatologia de frentes frias no litoral de Santa Catarina. **Rev. Bras. Geof.**, vol.22, no.2. Ago 2004. p.135-151.

ROHWEDER, J.; ROGALA, J. T.; JOHNSON, B. L.; ANDERSON, D.; CLARK, S.; CHAMBERLIN, F.; POTTER, D.; RUNYON, K. **Application of Wind Fetch and Wave Models for Habitat Rehabilitation and Enhancement Projects**. Contract report prepared for U.S. Army Corps of Engineers' Upper Mississippi River Restoration - Environmental Management Program. 52p. 2012.

RUDORFF, F. D. M.; BONETTI FILHO, J.; MORENO, D. A.; OLIVEIRA, C. A. F.; MURARA, P. G. Maré de tempestade. Capítulo 12. p.151-154. In: HERRMANN, Maria Lúcia de Paula (Org.). **Atlas de desastres naturais do estado de Santa Catarina**. Florianópolis, SC. SEA/DGED: 2014.

SERAFIM, M.; BONETTI. J.. Vulnerabilidade das praias do Estado de Santa Catarina a eventos de erosão e inundação costeira: proposta metodológica baseada em um índice multicritério. **Quaternary and Environmental Geosciences**, 08(2): 2017. p. 36-54.

SCOLARO, T. L. **Evolução geológica e geomorfológica da Planície Costeira da região de Tijucas, Santa Catarina.** Trabalho de conclusão de curso (Graduação). Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, 2009.

SOUZA, C. E. Praia invade casas no bairro da Praça. **Jornal Daqui Tijucas**, nov.2016. Disponível em <
<http://www.daquitijucas.com.br/noticias/613-praia-invade-casas-no-bairro-da-praca>>. Acessado em novembro/2016.

SPG (Secretaria de Planejamento e Gestão do Estado de Santa Catarina). **Implantação do Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro.** Fase I, Diagnóstico Socioambiental - Setor Litoral Central. Florianópolis, SC, 2010. 525p.

SUGUIO, K.; MARTIN L.; BITTENCOURT A. C. S.; DOMINGUEZ, J. M. L.; FLEXOR, J. M.; AZEVEDO, A. E. G. Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. **Revista Brasileira de Geociências**, 1985. p.273–286.

TABORDA, R.; DIAS, J.M.A. Análise da sobrelevação do nível do mar de origem meteorológica durante os temporais de Fevereiro/Março de 1978 e Dezembro de 1981. **Geonovas**, v. 1, 1992. p. 89-97.

TAGLIANI, C. R.; CALLIARI, L. J.; TAGLIANI, P. R.; ANTIQUEIRA, J. A. Vulnerability to Sea Level Rise of an Estuarine Island in Southern Brazil. **Quaternary and Environmental Geosciences**, 2010. p.18-24.

THIELER, E. R., HIMMELSTOSS, E. A., ZICHICHI, J. L., ERGUL, AYHAN. **Digital Shoreline Analysis System (DSAS)** version 4.0 - An ArcGIS extension for calculating shoreline change: U.S. Geological Survey Open-File Report, 2009. p.2008-1278.

TRUCCOLO, E. C. **Maré meteorológica e forçantes atmosféricas locais em São Francisco do Sul - SC.** 1998. 100 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 1998.