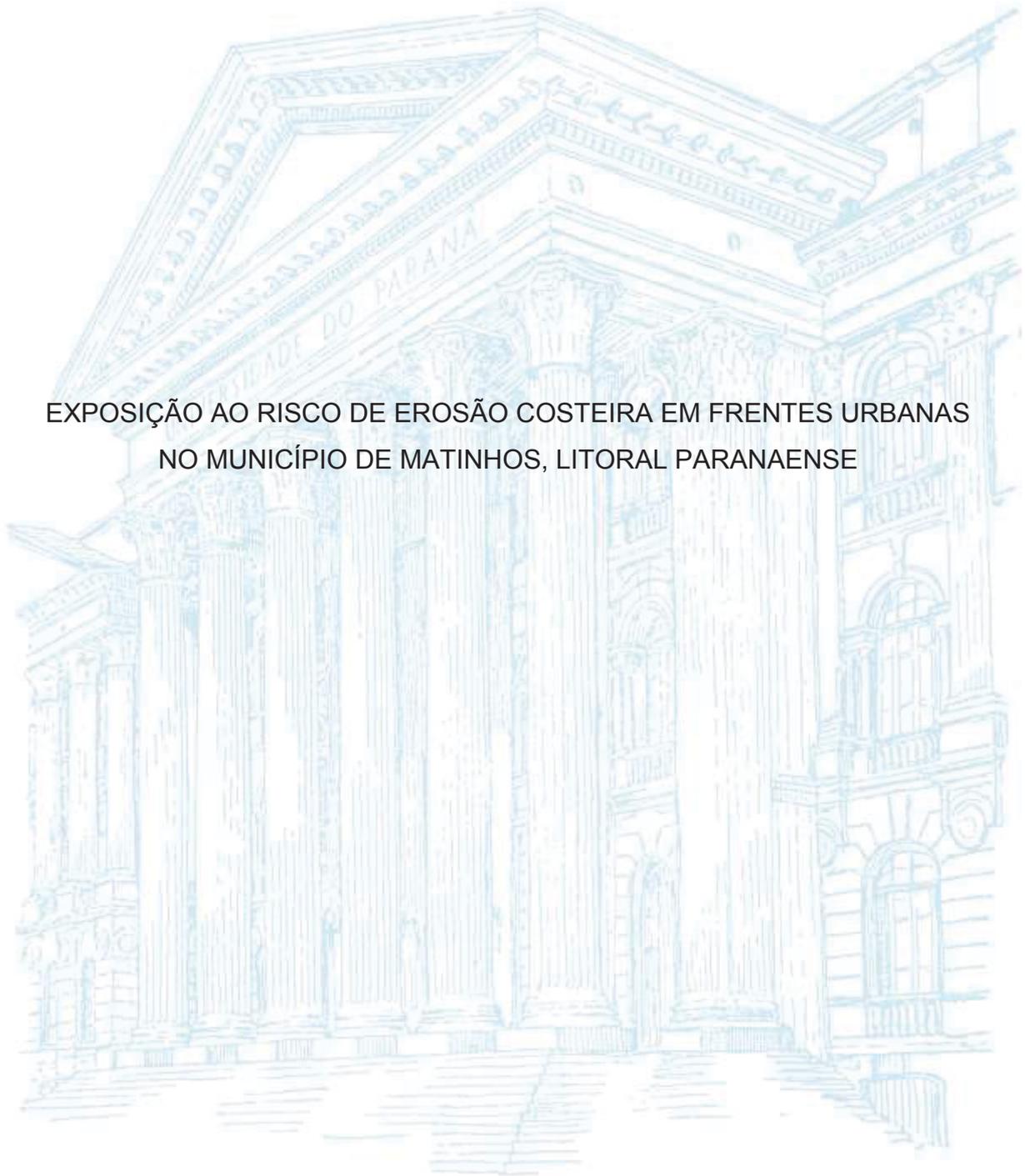


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MARIA CAROLINA STELLFELD

EXPOSIÇÃO AO RISCO DE EROSIÃO COSTEIRA EM FRENTES URBANAS
NO MUNICÍPIO DE MATINHOS, LITORAL PARANAENSE



CURITIBA

2019

MARIA CAROLINA STELLFELD

EXPOSIÇÃO AO RISCO À EROSÃO COSTEIRA EM FRENTES URBANAS
NO MUNICÍPIO DE MATINHOS, LITORAL PARANAENSE

Tese de Doutorado apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Geografia, curso de Pós-Graduação em Geografia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

Orientação: Prof. Dr. Everton Passos

CURITIBA

2019

Catálogo na Fonte: Sistema de Bibliotecas, UFPR
Biblioteca de Ciência e Tecnologia

S824r

Stellfeld, Maria Carolina

Exposição ao risco de erosão costeira em frentes urbanas no município de Matinhos, litoral paranaense [recurso eletrônico] / Maria Carolina Stellfeld. – Curitiba, 2019.

Tese - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2019.

Orientador: Everton Passos.

1. Avaliação de riscos. 2. Erosão de praias. 3. Erosão. 4. Costa. I. Universidade Federal do Paraná. II. Passos, Everton. III. Título.

CDD: 631.45

Bibliotecária: Vanusa Maciel CRB- 9/1928



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO GEOGRAFIA -
40001016035P1

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em GEOGRAFIA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Tese de Doutorado de **MARIA CAROLINA STELLFELD**, intitulada: **EXPOSIÇÃO AO RISCO DE EROÇÃO COSTEIRA EM FRENTES URBANAS NO MUNICÍPIO DE MATINHOS, LITORAL PARANAENSE.**, sob orientação do Prof. Dr. EVERTON PASSOS, após terem inquirido a aluna e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua **APROVAÇÃO** no rito de defesa.

A outorga do título de Doutor está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

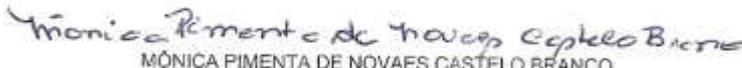
Curitiba, 17 de Dezembro de 2019.



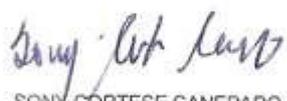
EVERTON PASSOS
Presidente da Banca Examinadora



CARLOS ROBERTO SOARES
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)



MÔNICA PIMENTA DE NOVAES CASTELO BRANCO
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ)



SONY CORTESE CANEPARO
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)



EDUARDO VEDOR DE PAULA
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Agradecimentos

Agradeço ao todos que, de alguma maneira, ajudaram na realização deste trabalho.

Agradeço muito a colaboração e dedicação do meu orientador Everton Passos, sem o qual certamente não teria amadurecido nas ideias da tese e da Geografia.

Agradeço aos colegas de pós-graduação e do laboratório LAGEAMB, em especial ao Sidney Vikou, colega gentil e que sempre me cedeu dados quando solicitei. Ao Geólogo Oduvaldo Bessa pelos dados e sugestões.

Aos professores da pós-graduação em Geografia que me ensinaram um novo olhar geográfico que complementa minha visão geológica. Em especial ao Eduardo Vedor de Paula pelas sugestões e incentivos.

A prefeitura de Matinhos pela base de dados. A CAPES pela bolsa de estudos.

E o Maurício, que me ajudou em muitas etapas: de campo e da vida.

Grata.

*“Uma tese serve, sobretudo, para
ensinar a coordenar ideias,
independentemente do tema
tratado.”*

Umberto Eco

RESUMO

A erosão costeira é um fenômeno mundial e técnicas analíticas para determinar o risco a este tipo de processo são imprescindíveis para uma ocupação ordenada do litoral. Neste sentido, esta tese analisa características dos aspectos físicos e socioeconômicos da orla do município de Matinhos, município do litoral do estado do Paraná, com intuito de fornecer um diagnóstico para análise do risco à erosão costeira neste local. A avaliação do risco é elaborada a partir das variáveis renda e população definidas pelo IBGE, o valor das edificações a beira-mar definido por Lei orgânica Municipal e a distância das infraestruturas e edificações até a linha de costa atual, além das taxas de variação desta linha, medidas em m/ano a partir de uma série temporal compreendendo o período de 1951 a 2016. As variáveis foram eleitas no contexto em que o risco é a probabilidade de um desastre acontecer, e que ele não é somente função da vulnerabilidade física, mas também função das condições socioeconômicas da população exposta ao perigo e do valor de suas habitações, considerando sua resiliência frente à ameaça da erosão. Os resultados mostram que os setores mais ao sul do trecho da praia de Riviera são os de maior risco, porque alia altas taxas de variação da linha de costa e uma população vulnerável socialmente. Os setores com menor risco estão associados a uma elevada resiliência financeira, apesar do alto valor de seus imóveis. Estes resultados podem orientar políticas públicas que visam o Ordenamento Territorial Municipal.

Palavras-chave: Análise de risco, Linha de Costa, Aspectos Socioeconômicos. Ordenamento Territorial

ABSTRACT

Coastal erosion is a worldwide phenomenon and analytical techniques to determine the risk of this kind of phenomenon are indispensable for orderly occupation on the coast. This thesis analyses physical and socioeconomic characteristics of the beachfront of Matinhos, a coastal municipality of the state of Paraná, with the purpose to provide a diagnosis to risk analysis to coastal erosion in this particular beach. The risk assessment considers the variables income and population defines for IBGE, property value in this area as Law, and its respective distance to the actual shoreline, in addition to the variation rates of the shoreline that are measured in m/year from a time series comprising the period from 1951 to 2016. The variables were chosen in the context where the risk is the probability of a disaster to happen, and that is not just a function of natural physical vulnerability of beaches, but also a response of the socioeconomic conditions of the population exposed to danger and the property values, considering its resilience to the threat of erosion. The results show that the southern sectors of Riviera beach are the higher risk because they combine high rates of shoreline variation and a socially vulnerable population. Lowest risk sectors are associated with high financial resilience, despite the high value of their real estate value. These results may guide public policies aimed at the Municipal Territorial Planning.

Keywords: Coastal erosion, risk analysis, shoreline, socioeconomic aspects Municipal Territorial Planning.

Índice de Figuras

<i>Figura 1.1: Cartograma de localização do município de Matinhos e denominações das praias pesquisadas (Elaborado pela autora).</i>	22
<i>Figura 2.1 - Terminologia de ambientes e subambientes litorâneos. (Fonte: Elaborado pela autora com base em Angulo, 1996).</i>	30
<i>Figura 2.2 - Croqui da relação espacial entre os indicadores de linha de costa mais usados -D: Linha de vegetação de dunas estáveis, E: Linha de vegetação de dunas, F: escarpa de erosão - berma, G: Linha de detritos, H: Linha de maré alta, I: nível médio de maré alta (datum), J: Limite seco/úmido, L: Afloramento de lenço freático, M: linha de água momentânea, N: Máxima intensidade da quebra de ondas, O: Linha de maré baixa (datum). (Elaborado pela autora com base em Boak e Turner, 2005).</i>	49
<i>Figura 3.1 Fluxograma da metodologia usada para obtenção do Risco à Erosão Costeira</i>	59
<i>Figura 3.2 - Área proporcional (azul escuro) de área urbana (azul claro) em cada setor censitário (limite preto).</i>	61
<i>Figura 3.3 - Planta Genérica de Valores Imobiliários (PGVI) para o município de Matinhos, original (Fonte: Prefeitura Municipal de Matinhos, 2009).</i>	66
<i>Figura 3.4 – Cifras da Planta Genérica de Valores Imobiliários, baseada em dados da prefeitura de Matinhos, para as faces de quadra em frente ao mar.</i>	67
<i>Figura 3.4 - Exemplos do mapeamento da linha de água alta indicado pelo traço vermelho nas imagens a direita, ou limite “wet-dry” realizado em imagens orbitais de sensores com alta resolução espacial. O mesmo procedimento foi utilizado nas fotografias aéreas.</i>	70
<i>Figura 3.5 - Croqui explicativo sobre o conceito da rotina SCE – Retirado de Thieler et al., 2009.</i>	78
<i>Figura 3.6 - Croqui explicativo sobre o conceito da rotina LRR. Retirado de Thieler et al., 2009</i>	79
<i>Figura 3.7 – Indicação de segmentos de praia para a análise. Sentido Sul – Norte os trechos foram denominados Mansa, Brava, Central, Riviera e Costa Azul. (Fonte: elaborado pela autora sobre imagens de Google Inc.)</i>	81
<i>Figura 4.1: Setores censitários classificados de acordo com a variável População para a praia Mansa.</i>	87
<i>Figura 4.2: Setores censitários classificados de acordo com a variável Renda para a praia Mansa.</i>	87
<i>Figura 4.3: Setores censitários classificados de acordo com a variável População para a praia Brava.</i>	88
<i>Figura 4.4: Setores censitários classificados de acordo com a variável Renda para a praia Brava.</i>	89
<i>Figura 4.5: Setores censitários classificados de acordo com a variável População para a praia Central</i>	90
<i>Figura 4.6: Setores censitários classificados de acordo com a variável Renda para a praia Central.</i>	91
<i>Figura 4.7: Setores censitários classificados de acordo com a variável População para a praia Riviera e Figura 4.8: Setores censitários classificados de acordo com a variável Renda para a praia Riviera.</i>	92
<i>Figura 4.9: Setores censitários classificados de acordo com a variável População para a praia Costa Azul e Figura 4.10: Setores censitários classificados de acordo com a variável Renda para a praia Costa Azul.</i>	93
<i>Figura 4.11: Valores em reais por m² apontados na PGVI para a praia Mansa.</i>	94
<i>Figura 4.12: Valores em reais por m² apontados na PGVI para a praia Brava.</i>	96
<i>Figura 4.13: Valores em reais por m² apontados na PGVI para a praia Central.</i>	100
<i>Figura 4.14: Valores em reais por m² apontados na PGVI para a praia Riviera.</i>	102
<i>Figura 4.15: Valores em reais por m² apontados na PGVI para a praia Costa Azul.</i>	106
<i>Figura 4.16 - Espacialização dos resultados do índice de vulnerabilidade socioeconômica IVS.</i>	107
<i>Figura 4.17 - Transectos classificados, por quebras naturais, usando o resultado LRR, que reflete a taxa de movimentação da linha de costa, em m/ano, naquela direção para a Praia Mansa.</i>	112
<i>Figura 4.18 –Transectos classificados, por quebras naturais, usando o resultado LRR, que reflete a taxa de movimentação da linha de costa, em m/ano, naquela direção, para a praia Brava.</i>	115
<i>Figura 4.19 – Comparação de trecho de praia. Observar os gabiões na primeira imagem, de 2001 e a falta dos mesmos em 2012, evidenciando o acúmulo de sedimentos neste trecho. Elaborado pela autora com dados do Google Earth.</i>	117
<i>Figura 4.20 – Transectos classificados, por quebras naturais, usando o resultado LRR, que reflete a taxa de movimentação da linha de costa, em m/ano, naquela direção, para a praia Central.</i>	120

<i>Figura 4.21 – Detalhe da direção da frente de onda (em preto) coincidente com a inflexão da praia (linhas amarelas representam a direção principal da linha de costa). Fenômeno da refração de ondas na praia Central de Matinhos (Elaborado pela autora sobre imagem do Google Earth 2014).</i>	121
<i>Figura 4.22 - Transectos da praia Riviera, classificados por quebras naturais usando o resultado LRR, que reflete a taxa de movimentação da linha de costa, em m/ano, naquela direção, para a praia Riviera</i>	124
<i>Figura 4.23 –Transectos classificados, por quebras naturais, usando o resultado LRR, que reflete a taxa de movimentação da linha de costa, em m/ano, naquela direção, para a praia Costa Azul</i>	127
<i>Figura 4.24 –Transectos classificados, por quebras naturais, usando o resultado SCE, que reflete a distância total entre a linha de edificações e a linha de costa de 2016 naquela direção.</i>	129
<i>Figura 4.25 - Cenários de retração da linha de costa</i>	135
<i>Figura 4.26 - Cenário gerado para o trecho Costa Azul Sul. Composição sobre imagens do Google Earth</i>	137
<i>Figura 4.27 - Cenário gerado para o trecho Riviera Norte. Composição sobre imagens do Google Earth</i>	138
<i>Figura 4.28 - Cenário gerado para o trecho Riviera Sul. Composição sobre imagens do Google Earth.</i>	139
<i>Figura 4.29 - Cenário gerado para o trecho Praia Central. Composição sobre imagens do Google Earth.</i>	141
<i>Figura 4.30 - Cenário gerado para o trecho Brava Norte. Composição sobre imagens do Google Earth.</i>	142
<i>Figura 4.31 - Cenário gerado para o trecho Brava Norte. Composição sobre imagens do Google Earth.</i>	143
<i>Figura 4.32: Mapa com a espacialização dos resultados do índice de vulnerabilidade física – ou a erosão costeira, considerando ou não a proporcionalidade por setores censitários.</i>	145
<i>Figura 4.33 –Setores censitários da praia Mansa com os valores calculados para o risco à erosão costeira, classificado por quebras naturais.</i>	152
<i>Figura 4.34 –Setores censitários da praia Brava com os valores calculados para o risco à erosão costeira, classificado por quebras naturais.</i>	153
<i>Figura 4.35 – Setores censitários da praia Central com os valores calculados para o risco à erosão costeira, classificado por quebras naturais.</i>	155
<i>Figura 4.36 –Setores censitários da praia Riviera com os valores calculados para o risco à erosão costeira, classificado por quebras naturais.</i>	156
<i>Figura 4.37 –Setores censitários da praia Costa Azul com os valores calculados para o risco à erosão costeira, classificado por quebras naturais.</i>	158

Índice de Fotografias

<i>Fotografia 3.1 – Fragmentos de vegetação acumulados no alcance máximo de ondas de maré alta. Fotografado pela autora em abril/2016.</i>	<i>76</i>
<i>Fotografia 4.1: Aspecto das edificações avaliadas R\$ 1.050,00 o m², contemplando um prédio mais moderno coexistindo com casas antigas reformadas. Fotografado pela autora em abril/2016.</i>	<i>95</i>
<i>Fotografia 4.2: Aspectos da infraestrutura e edificações na praia Brava, no trecho avaliado em R\$ 700,00 o m². Fotografado pela autora em abril/2016.</i>	<i>97</i>
<i>Fotografia 4.3: Aspecto da infraestrutura e edificações na praia Brava, no trecho avaliado em R\$ 560,00 o m², porção norte. Fotografado pela autora em abril/2016.</i>	<i>98</i>
<i>Fotografia 4.4: Aspecto do trecho da praia Brava, com edificações avaliadas em R\$ 420,00 o m². Fotografado pela autora em abril/2016.</i>	<i>99</i>
<i>Fotografia 4.5: Aspecto do trecho da praia Brava, com edificações avaliadas em R\$ 280,00 o m². Fotografado pela autora em abril/2016.</i>	<i>99</i>
<i>Fotografia 4.6: Aspecto da orla da praia Central, com edificações avaliadas em R\$ 77,00 o m². Fotografado pela autora em abril/2016.</i>	<i>101</i>
<i>Fotografia 4.7: Aspecto da infraestrutura da porção sul da praia da Riviera, com edificações avaliadas em R\$ 46,00 o m² na PGVI. Fotografado pela autora em julho/2016.</i>	<i>103</i>
<i>Fotografia 4.8: Aspecto das condições de infraestrutura do trecho com edificações avaliadas em R\$ 53,00 o m² na PGVI, praia Riviera. Fotografado pela autora em abril/2016.</i>	<i>103</i>
<i>Fotografia 4.9: Aspecto das condições de infraestrutura do trecho sul da praia da Riviera, com edificações avaliadas em R\$ 70,00 o m² na PGVI. Fotografado pela autora em abril/2016.</i>	<i>104</i>
<i>Fotografia 4.10: Aspecto das condições de infraestrutura e edificações da praia Riviera, na porção sul do trecho avaliado em R\$ 80,00 o m² na PGVI. Fotografado pela autora em abril/2016.</i>	<i>104</i>
<i>Fotografia 4.11 - Aspecto das condições de infraestrutura e edificações na Praia Riviera, trecho com edificações avaliadas em R\$ 100,00 o m² na PGVI. Fotografado pela autora em abril/2016.</i>	<i>105</i>
<i>Fotografia 4.12 – Aspecto atual da praia Mansa. Fotografado pela autora em abril/2016.</i>	<i>111</i>
<i>Fotografia 4.13 - Molhe da praia Mansa no verão de 2018. Notar que a passarela é destruída pela ação marítima. Fotografado pela autora em abril/2016.</i>	<i>113</i>
<i>Fotografia 4.14- Vegetação de restinga formada entre a linha de costa antiga, antropizada e a determinada hoje. Notar que a sedimentação foi tão intensa e que houve formação de dunas frontais. Fotografado pela autora em abril/2016.</i>	<i>116</i>
<i>Fotografia 4.15 –Atuação da maré de sizígia na linha de costa na porção norte da praia Brava. Fotografado pela autora em abril/2016.</i>	<i>118</i>
<i>Fotografia 4.16 – Foz do rio Matinhos, limite das praias Central e Riviera. Notar os enroncamentos que fixaram a foz deste rio. Fotografado pela autora em julho/2016.</i>	<i>119</i>
<i>Fotografia 4.17 – Situação atual da praia Central de Matinhos, em dia de maré de sizígia. Notar que não existe mais faixa de areia nessa situação de maré, sendo que a linha de costa está completamente fixada antropicamente. Fotografado pela autora em julho/2016.</i>	<i>121</i>
<i>Fotografia 4.18 – Aspecto atual da porção sul do trecho denominado Riviera. Notar a porção pós-praia maior do que o trecho oposto ao rio Matinhos. Fotografado pela autora em julho/2016.</i>	<i>123</i>
<i>Fotografia 4.19 – Diferença de posicionamento da linha de costa na praia Riviera. Notar que onde a Avenida Beira-Mar foi construída, houve destruição de obras, e onde não houve interferência antrópica e a linha de costa recuou. Fotografado pela autora em julho/2016.</i>	<i>123</i>
<i>Fotografia 4.20 – Aspecto da praia Riviera, em maré de sizígia, no segmento onde a avenida Beira-Mar invade a linha de costa. Fotografado pela autora em julho/2016.</i>	<i>125</i>
<i>Fotografia 4.21 – Desembocadura de águas pluviais na praia Costa Azul. Notar o recuo de indicadores de linha de costa em direção à saída de água. Fotografado pela autora em abril/2016.</i>	<i>126</i>
<i>Fotografia 4.22: Aspecto da distância das edificações e a linha de costa, na porção central da praia Mansa. Fotografado pela autora em abril/2016.</i>	<i>130</i>

<i>Fotografia 4.23: Trecho sul da praia Brava, com destaque para o pós-praia extenso, com formação de gramíneas, indicando distância entre as edificações e a linha de costa. Fotografado pela autora em abril/2016.</i>	
.....	130
<i>Fotografia 4.24: Notar a variação das distâncias das edificações na praia Central de Matinhos, que a norte é maior e a sul aproxima-se da linha de costa. Fotografado pela autora em abril/2016.</i>	
.....	131
<i>Fotografia 4.25 Aspecto da distância das edificações e a linha de costa, na porção norte da praia Riviera. Fotografado pela autora em abril/2016.</i>	
.....	133
<i>Fotografia 4.26: Aspecto da distância das edificações e a linha de costa, na porção centra-norte da praia Costa Azul. Fotografado pela autora em abril/2016.</i>	
.....	134

Índice de Quadros e Tabelas

<i>Quadro 3.1 - Dados usados neste trabalho, compilados de fontes públicas.</i>	58
<i>Quadro 3.2 –Resumo das características das imagens usadas na interpretação das linhas de costa para este estudo.</i>	74
<i>Quadro 4.1 – Resumo das principais estatísticas encontradas na análise da variação da linha de costa da praia Mansa.</i>	110
<i>Quadro 4.2 – Resumo das principais estatísticas encontradas na análise da variação da linha de costa da praia Brava entre os anos analisados.</i>	114
<i>Quadro 4.3 – Resumo das principais estatísticas encontradas na análise da variação da linha de costa da praia Central.</i>	119
<i>Quadro 4.4 – Resumo das principais estatísticas encontradas na análise da variação da linha de costa da praia Riviera entre os anos analisados.</i>	122
<i>Quadro 4.5 – Resumo das principais estatísticas encontradas na análise da variação da linha de costa da praia Costa Azul entre os anos analisados.</i>	126
<i>Quadro 4.6: Frequência de distribuição das distâncias de edificações em relação à linha de costa de 2016 para o município de Matinhos.</i>	129
<i>Quadro 4.7: Frequência de distribuição das distâncias de edificações em relação à linha de costa de 2016 para a praia Mansa.</i>	129
<i>Quadro 4.8: Frequência de distribuição das distâncias de edificações em relação à linha de costa de 2016 para a praia Brava.</i>	131
<i>Quadro 4.9: Frequência de distribuição das distâncias de edificações em relação à linha de costa de 2016 para a praia Central.</i>	132
<i>Quadro 4.10: Frequência de distribuição das distâncias de edificações em relação a linha de costa de 2016 para a praia Riviera.</i>	132
<i>Quadro 4.11: Frequência de distribuição das distâncias de edificações em relação a linha de costa de 2016 para a praia Central.</i>	134
<i>Quadro 4.12 –Segmentos de praia com valores máximos e mínimos das TVLC e o valor da média usada no cálculo dos cenários preditivos.</i>	136
<i>Quadro 4.13: Gráfico Scatter plot com a relação entre a distância das edificações e a taxa de variação da linha de costa, por setor censitário.</i>	143
<i>Quadro 4.14: Gráfico Scatter plot com a relação entre o índice de vulnerabilidade física considerando a proporcionalidade da progradação no eixo X (FS) e levando a zero estes valores no eixo Y (ZR), por setor censitário.</i>	144
<i>Quadro 4.15: Gráfico Scatter plot relacionando cada variável (eixo e) com o resultado do risco (eixo X).</i>	148
<i>Quadro 4.16: Gráfico Scatter plot relacionando os índice de vulnerabilidade socioeconômica IVS (eixo Y) e o índice de vulnerabilidade física IVF (eixo X).</i>	150
<i>Quadro 4.17: Gráfico Scatter plot com os resultados do risco a erosão calculado com a progradação (eixo X) e sem progradação (eixo Y).</i>	150
<i>Quadro 4.18: Gráfico Scatter plot relacionando os índice de vulnerabilidade socioeconômica IVS (eixo Y) e o risco a erosão costeira (eixo X).</i>	151
<i>Quadro 4.19: Gráfico Scatter plot relacionando os índice de vulnerabilidade física IVF (eixoY) e risco a erosão costeira (eixo x).</i>	151
<i>Tabela 4.1 – Resultados para os setores censitários da praia Mansa.</i>	152
<i>Tabela 4.2 – Resultados para os setores censitários da praia Brava.</i>	154
<i>Tabela 4.3 – Resultados para os setores censitários da praia Central.</i>	154
<i>Tabela 4.4 – Resultados para os setores censitários da praia Riviera.</i>	157
<i>Tabela 4.5 – Resultados para os setores censitários da praia Costa Azul.</i>	158
<i>Tabela 4.6 – Síntese de resultados dos índices de vulnerabilidade física e socioeconômica para o município de Matinhos, por setor censitário.</i>	159

Lista de abreviaturas

DNOS – Departamento Nacional de Obras de Saneamento

DSAS – Digital Shoreline Analysis System

HWL – *High Water Line* – linha de água máxima

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IVF – Índice de Vulnerabilidade Física – ou à erosão costeira

IVS - Índice de vulnerabilidade Socioeconômica

LRR – *Linear Regression Rate* – Taxa de regressão linear

PGVI – Planta Genérica de Valores Imobiliários

PROCOSTA – Programa Nacional para a Conservação da Linha de Costa

SCE – *Shoreline Change Envelope* – mudança total da linha de costa

SIG – Sistemas de Informações Geográficas

TVLC – Taxa de Variação da Linha de Costa

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	17
CAPITULO 1. PROBLEMÁTICA E FINALIDADE DO ESTUDO DE CASO	19
1.1 OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS	19
1.2 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO	21
MORFODINÂMICA PRAIAL LOCAL	24
HISTÓRICO DE OCUPAÇÃO	26
CAPÍTULO 2. REVISÃO DE CONHECIMENTOS	28
2.1 A PRAIA	28
LIMITES DAS PRAIAS	29
ONDAS, ZONA HIDRODINÂMICA E CORRENTES	30
ASPECTOS DINÂMICOS DE PRAIAS ARENOSAS OCEÂNICAS	31
2.2 RISCO E TERMOS CORRELATOS	34
AMEAÇA, VULNERABILIDADE, SUSCEPTIBILIDADE E PERIGO	35
RISCO	37
VULNERABILIDADE SOCIAL	38
VULNERABILIDADE E RISCO COSTEIROS	41
ANÁLISE DE RISCO	43
2.3 EROÇÃO COSTEIRA	45
DETERMINAÇÃO DE LINHA DE COSTA	48
A LINHA DE COSTA HWL	50
MÉTODOS DE MENSURAÇÃO DA TAXA DE EROÇÃO	54
IMAGENS DE SENSORES REMOTOS	55
CAPÍTULO 3. MATERIAIS E MÉTODOS	56
3.1 VARIÁVEIS SOCIOECONÔMICAS	59
POPULAÇÃO E RENDA	59
VALOR DOS IMÓVEIS	64
ÍNDICE DE VULNERABILIDADE SOCIOECONÔMICA	68
3.2. VARIÁVEIS MEIO FÍSICO	68
LINHA DE COSTA	68
GEORREFERENCIAMENTO DOS IMAGEAMENTOS	72
MAPEAMENTO DO INDICADOR DE LINHA DE COSTA	74

ETAPA DE CAMPO	74
METODOLOGIA DO DSAS	76
INSERÇÃO NO DSAS	80
DISTÂNCIA ENTRE EDIFICAÇÕES E LINHA DE COSTA.....	82
ÍNDICE DE VULNERABILIDADE FÍSICA	83
3.3 CÁLCULO DO RISCO À EROÇÃO COSTEIRA	83
CAPÍTULO 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	84
4.1. POPULAÇÃO E RENDA	86
PRAIA MANSA	86
PRAIA BRAVA	88
PRAIA CENTRAL.....	90
PRAIA RIVIERA.....	91
PRAIA COSTA AZUL	92
4.2. PLANTA GENÉRICA DE VALORES IMOBILIÁRIOS	93
PRAIA MANSA	94
PRAIA BRAVA	95
PRAIA CENTRAL.....	100
PRAIA RIVIERA.....	101
PRAIA COSTA AZUL	105
4.3. ÍNDICE DE VULNERABILIDADE SOCIOECONÔMICA	107
PRAIA MANSA	108
PRAIA BRAVA	108
PRAIA CENTRAL.....	109
PRAIA RIVIERA.....	109
PRAIA COSTA AZUL	109
4.4. TAXA DE VARIAÇÃO DA LINHA DE COSTA	110
PRAIA MANSA	110
PRAIA BRAVA	113
PRAIA CENTRAL.....	118
PRAIA RIVIERA.....	122
PRAIA COSTA AZUL	125
4.5. DISTÂNCIA DE EDIFICAÇÕES	128
.....	129
PRAIA MANSA	129
PRAIA BRAVA	130
PRAIA CENTRAL.....	131
PRAIA RIVIERA.....	132
PRAIA COSTA AZUL	133
CENÁRIOS PREDITIVOS DA LINHA DE COSTA	134
4.6 ÍNDICE DE VULNERABILIDADE FÍSICA	143
PRAIA MANSA	145
PRAIA BRAVA	145

PRAIA CENTRAL.....	146
PRAIA DA RIVIERA.....	146
PRAIA COSTA AZUL	146
4.7 ANÁLISE DO RISCO À EROSÃO COSTEIRA.....	147
CORRELAÇÃO DAS VARIÁVEIS COM O RISCO TOTAL.....	147
CORRELAÇÃO ENTRE ÍNDICES	149
CORRELAÇÃO ENTRE RISCO COM E SEM PROGRADAÇÃO	150
CORRELAÇÃO ENTRE RISCO A EROSÃO E ÍNDICES.....	150
ANÁLISE DO RISCO POR TRECHO DE PRAIA	152
PRAIA MANSA	152
PRAIA BRAVA	153
PRAIA CENTRAL.....	154
PRAIA RIVIERA.....	155
PRAIA COSTA AZUL	157
CAPÍTULO 5. CONCLUSÕES.....	161
REFERÊNCIAS.....	165

INTRODUÇÃO

As zonas costeiras são definidas por sua natureza geológica, geomorfológica, climática e biogeográfica própria, abrigam territórios que se diferenciam quanto à ocupação, cultura e modo de vida, servindo os interesses da humanidade e desempenhando um papel estratégico na resposta às necessidades e aspirações das atuais e futuras populações. Também fez parte da história de origem e constituição da maioria dos territórios definidos como nações no mundo, não casualmente concentrando cidades, e o Brasil não é exceção.

Zonas costeiras relacionam-se com o crescimento econômico, criando postos de trabalho em áreas como pesca, turismo e lazer, elevando a qualidade de vida no litoral. Além disso, a zona costeira tem papel importante na produção de energias tanto tradicional, como petróleo e gás, como renováveis baseadas em ventos e água, sem falar na mobilidade e no comércio, com portos que são elementos fundamentais dos transportes mundiais, estimulando a fixação de pessoas e o aumento de aglomerados urbanos nas zonas costeiras (REIS, 2010).

A zona costeira sendo uma interface entre o ambiente continental e oceânico cujo limite, por definição varia, e pode estar ligada aos aspectos físicos e demográficos, além de funcionalidades ecológicas e componentes geográficas (GRUBER et al., 2003). Nestas zonas, normalmente com ocupações junto às margens da costa, estão diversos sistemas costeiros, tais como praias, baías e estuários. Estes sistemas servem de anteparos naturais dissipadores da energia erosiva de efeitos anômalos nas elevações do nível do mar causadas por marés meteorológicas e também contra inundações das ondas de tempestade e tsunamis.

Os sistemas costeiros são reconhecidos pela diversidade e riqueza de ecossistemas como manguezais, restingas, dunas e recifes. Esta configuração de ambientes decorre de processos geológicos de longa duração, entretanto apresenta uma notável dinâmica físico-temporal, relacionada a mobilidade de componentes e condicionantes muito ativos como as correntes de deriva e marés. Deste modo, os sistemas costeiros são susceptíveis a variações na morfologia da costa, que podem ocorrer em períodos que variam de milhares de anos, por exemplo, durante as

transgressões marinhas, ou em poucas horas como, por exemplo, durante uma tempestade, ou em minutos, como em caso de maremotos, além de variações sazonais e interanuais.

Integrando este contexto multidisciplinar, o ordenamento das zonas costeiras é função de valores humanos, econômicos, ecológicos e culturais de cada território. Compreender e prever tendências de evolução do litoral é um grande desafio, principalmente em zonas sujeitas à ocupação humana e que poderão vir a ser afetadas por ameaças naturais, estando conseqüentemente em risco. Portanto, a pesquisa desta problemática tem um relevante papel auxiliar a órgãos de decisão no planejamento e orientação a eventuais intervenções. O ordenamento territorial constitui-se em tarefa árdua nas sociedades modernas, mesmo para aquelas cuja origem de ocupação nestas zonas já é milenar.

As ocupações litorâneas estão suscetíveis à morfogênese praial, que apresenta o fenômeno da erosão costeira e seus desastres associados como um dos principais problemas que surgem a partir da ocupação humana e da infraestrutura correlata neste espaço, transformando espaços construídos em áreas ameaçadas pela erosão. Compreender os processos envolvidos na dinâmica costeira natural é fundamental para diminuir os efeitos do dinamismo praial, assim como a análise da condição social da população é imprescindível, quando se visa à determinação do risco em relação à determinada ameaça.

Esta tese trata em particular dos riscos da ocupação litorânea em relação à erosão costeira, analisando dados da morfodinâmica praial e condições socioeconômicas da população que vive neste espaço. O conceito de risco reflete a expectativa da perda de diferentes naturezas frente às ameaças, e traduz-se na probabilidade desta ocorrência e na maneira como estes processos afetam direta ou indiretamente a vida humana, considerando sua resiliência frente à ameaça da erosão costeira.

Assim, a pesquisa teve como objetivo analisar as variáveis consideradas indicadoras de áreas suscetíveis a desastres em relação à erosão costeira, considerando tanto fatores físicos quanto socioeconômicos. A tese propõe uma metodologia para avaliar a variação da linha de costa e a tendência do seu posicionamento em relação à urbanização em praias arenosas, determinando o risco

da ocupação urbana destes espaços, avaliando este risco de modo quantitativo e probabilístico, com uso de poucas variáveis, gerando um modelo com uso de dados georreferenciados em Sistema de Informações Geográficas (SIG).

São apresentados os resultados obtidos com a metodologia proposta, em estudo de caso aplicado à análise espacial e temporal da movimentação da linha de costa entre os anos 1951 e 2016 no município de Matinhos, determinando a variação anual da linha de costa das praias Mansa, Brava, Central, Riviera e Costa Azul, que atestam o comportamento morfodinâmico já observado nestas praias. A partir destes dados foram traçados cenários preditivos da linha de costa em conformidade com o intervalo temporal sugerido do PROCOSTA¹, sejam 5, 10, 25, 50 e 100 anos, e que são apresentados como um item dos resultados.

Igualmente se apresenta a espacialização de dados socioeconômicos usando dados do Censo Demográfico de 2010, com indicativos de população e renda per capita, e dados da Planta Genérica de Valores Imobiliários, que informa o valor material – financeiro – dos imóveis e das estruturas na orla, que estão expostas a ameaça da erosão. Estes tipos de levantamentos, além de serem de livre acesso, permitem traçar um diagnóstico da distribuição territorial da população, e também informam as principais características socioeconômicas.

CAPITULO 1. PROBLEMÁTICA E FINALIDADE DO ESTUDO DE CASO

1.1 OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS

A classificação da costa em termos de riscos só é possível com uma boa capacidade de previsão (COELHO, 2005), sendo que no contexto onde é crescente a importância desta capacidade, modelos numéricos podem se destacar (SILVA, 2010). Castro (2005) e Dagnino (2007), afirmam que existem muitas abordagens

¹ PROCOSTA: O Programa Nacional para a Conservação da Linha de Costa é um programa do Governo Brasileiro que tem dentre os objetivos a projeção da linha de costa e a identificação de perigos na zona costeira.

distintas e com pontos de vista específicos quando se trata do risco ambiental, relações espaço-temporal e ocupações humanas. Discussões técnicas com diferentes abordagens do risco e suas conceituações são importantes para o desenvolvimento de modelos previsionais (SILVA, 2010, DAGNININO, 2007). Os modelos que indicam o comportamento da linha de costa podem indicar posições de maior vulnerabilidade em orlas, e devem ser melhorados em função dos avanços tecnológicos das Geociências (COELHO, 2005). Além disso, Silva (2010) afirma que “o estabelecimento de bases científicas e o desenvolvimento de ferramentas que possam auxiliar os instrumentos de planejamento e gestão das zonas costeiras são fundamentais.”

O objetivo da tese é elaborar uma metodologia de baixo custo e que usa dados públicos para avaliar a dinâmica costeira na relação geográfica com população e infraestrutura, determinando o risco da ocupação urbana em praias arenosas. Como objetivos específicos o estudo envolve a elaboração de uma pesquisa bibliográfica, abrangendo métodos e estratégias de análise sobre erosão costeira utilizados atualmente, para fundamentar a proposta metodológica. Abrange também a revisão do que autores consideram como risco e vulnerabilidade, além da elaboração de cenários preditivos da linha de costa em consonância com o PROCOSTA, com intuito de auxiliar o ordenamento territorial e a gestão costeira.

Do ponto de vista socioeconômico, as variáveis fundamentais encontradas na literatura (CUTTER, 2011; ALVES, 2006; BRAGA et al., 2006) são relacionadas principalmente com a resiliência da população em termos financeiros, e a quantidade de pessoas afetadas pelo evento da ameaça, neste caso a erosão costeira. Um desastre também se relaciona com o montante financeiro perdido com a destruição de edificações e infraestruturas, então, o valor venal dos imóveis, encontrado em leis municipais, também é variável considerada na determinação do valor financeiro das estruturas que estão sob a ameaça da erosão costeira.

A hipótese é de que a análise e a determinação de quem e o que está exposto ao risco pode ser feita a partir de informações de domínio público, usando poucas variáveis, num modelo de análise por álgebra de mapas, que forneça um cenário quantitativo de qual porção do território tem maior risco em relação à erosão costeira. Para tal, como aplicação do modelo proposto, se optou por desenvolver um

estudo de caso onde foram selecionados setores censitários da orla² de Matinhos como unidade de análise territorial, efetuando-se uma análise comparativa entre os setores identificados e delimitados na pesquisa, conforme critérios definidos na metodologia.

O trabalho se justificativa também na premissa de que abordagens experimentais são importantes para o progresso da gestão costeira (WIDMER, 2009), pois os gestores ou gerentes necessitam de informações baseadas em estudos científicos para pautar decisões. Assim, o trabalho ora apresentado traz respostas claras onde o risco é mais acentuado e, conseqüentemente, onde o poder público deve agir com prioridade para evitar deastres.

A Geografia tem como peculiaridade o estudo de ambientes onde o homem produz o espaço geográfico. Nascimento e Sampaio (2005) afirmam que a Geografia Física, precisa estar aliada às ciências Humanas, e citam Lacoste (1982) para lembrar que “parece necessário manter o princípio de uma Geografia global, ao mesmo tempo física e humana, encarregada de dar conta da complexidade das interações na superfície do globo entre fenômenos que dependem das ciências da matéria, da vida e da sociedade”.

1.2 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

As praias objeto de estudo nesta pesquisa localizam-se no município de Matinhos, litoral do estado do Paraná (Figura 1.1). Este município pertence a Mesorregião Metropolitana de Curitiba e Microrregião de Paranaguá e dista 111 km a sudeste da capital do estado, Curitiba. Com uma população 29.831 habitantes e densidade populacional de 254,96 habitantes por km², estimada pelo censo de 2010 (IBGE, 2010), ocupa uma área de 117,064 km², sendo que 4,75 km² são áreas urbanas, densamente povoadas em áreas próximas ao mar. As praias são o grande atrativo do município, sendo o balneário de Caiobá, com as praias Mansa e Brava, o mais frequentado no verão.

² Neste trabalho o termo orla refere-se às faces de quadra de frente ao mar, ou ainda a faixa de residência e infraestrutura que tem suas frentes viradas para o mar.

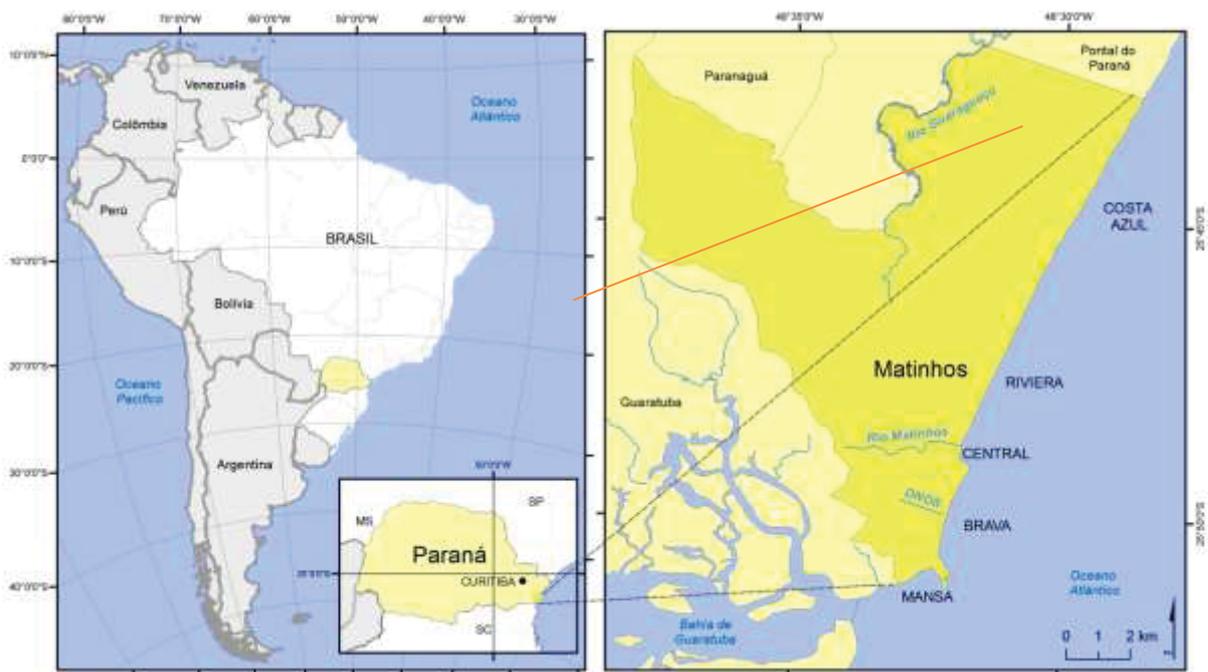


Figura 1.1: Cartograma de localização do município de Matinhos e denominações das praias pesquisadas (Elaborado pela autora).

A feição geomorfológica mais marcante do litoral do Estado do Paraná é a Serra do Mar, localmente representada pela Serra da Prata, que dista até 50 km da linha de costa atual, formando uma concavidade onde, nas terras baixas se desenvolveu a planície costeira paranaense, cuja evolução pode ser explicada através das variações do nível do mar (SOARES et al., 1996). Estas variações do nível do mar são citadas por Angulo (1992), o qual menciona que, à cerca de 5.000 A.P. o mar atingiu pico máximo no Holoceno, com nível do mar aproximadamente 3,5 m acima do atual e, desde então, apresenta uma tendência de queda do nível médio do mar.

Em relação à dinâmica atmosférica, o litoral paranaense está sujeito à movimentação de quatro massas de ar. As principais são a Massa Polar Atlântica e a Massa Tropical Atlântica, atuando com mais força na região Sul, de modo geral. A Massa Tropical Continental e a Massa Equatorial Continental são coadjuvantes neste processo, mas não menos importantes na determinação do tempo na porção sul do país.

A Massa Tropical Atlântica é originada no Anticiclone Semi-Fixo do Atlântico, local de altas pressões subtropicais, o que determina o caráter quente e úmido.

Estas características trazem, principalmente no verão, chuva e calor para o litoral sul brasileiro.

A Massa Polar Atlântica tem início no sul do continente Sul Americano, originada no Anticiclone Migratório Polar, o que lhe confere temperaturas baixas. Tem grande influência no sul do país, principalmente no inverno, podendo gerar sistemas frontais que elevam a precipitação local. Alguns destes eventos associam-se a ressacas que ocorrem no litoral do Paraná.

A Massa Tropical Continental nasce na região central da América do Sul, nos terrenos áridos da Depressão do Chaco, caracterizando-a como quente e seca. É mais bem distribuída na porção central do país, e no inverno é responsável por barrar algumas Massas Polares Atlânticas na região Sul.

A Massa Equatorial Continental é quente e úmida, nasce no centro da Amazônia, influenciada pela evapotranspiração da floresta, o que lhe confere o caráter quente e úmido. No Inverno limita-se ao norte e nordeste do país, mas no verão pode trazer calor e umidade para o sul e o litoral paranaense.

O clima desta região enquadra-se como Cfa na classificação de Köppen, sendo caracterizado como subtropical subquente super-úmido. A temperatura média anual para a planície litorânea situa-se entre 16° e 18°C, e a precipitação média anual de 2.435,8 mm, bem distribuída no ano (VANHONI e MENDONÇA, 2008).

Referindo-se a perturbações no regime pluviométrico Vanhoni e Mendonça (2008) relatam que o fenômeno El Niño influencia o aumento na precipitação do litoral paranaense em anos que é mais intenso.

O município de Matinhos, com frequência, é atingido por episódios de ressacas, sempre acompanhadas de prejuízo material em função da destruição de infraestruturas da orla. A ressaca é um fenômeno com grande poder destrutivo que se caracteriza pela invasão de água do mar em locais onde normalmente as ondas não alcançam, realizando também transporte de sedimentos naquela praia. Geralmente acompanha marés meteorológicas mais significativas e são mais intensas conforme as condições de tempo e da amplitude e período das ondas (MARONE e CAMARGO, 1994).

Além do prejuízo material decorrente deste fenômeno, quando uma ressaca retira o estoque de areia de uma praia e não existe uma fonte de reposição de sedimento, inicia-se um processo erosivo, muitas vezes irrecuperável naturalmente (SHORT, 1999). Desde a década de 1940 são relatados episódios de ressaca, com diferentes intensidades no município estudado (BESSA, 2003). Segundo reportagens veiculadas na mídia, uma das ressacas mais fortes registrada em Matinhos ocorreu em abril de 1994, causando estragos na orla do município, principalmente na praia Central. Outros episódios de ressaca ocorreram, sempre com prejuízos econômicos e sociais, além do agravamento da erosão costeira da orla de Matinhos (RIBEIRO, 2008). Inúmeras obras foram realizadas nas tentativas de barrar o processo erosivo intensificado pelas ressacas, mas até o momento nem todas as soluções foram completamente adequadas, com exceção das obras realizadas na década de 1980, nas praias Mansa e Brava (LINDORTH, 1982), cujos resultados são notados na série histórica desde trabalho.

A vegetação do município é parte da Mata Atlântica, sendo ainda relativamente conservada, principalmente nas partes mais interioranas. Na orla municipal destaca-se a restinga, esta associada a dunas frontais, que em acordo com o Código Florestal vigente, Lei nº 12.651/2012, artigo 4º, inciso VI são áreas de preservação permanente. Outras áreas de preservação destacam-se como o Parque Nacional de Saint-Hilaire/Lange, criado em 2001, o Parque Estadual Florestal do Rio da Onça, ambos destinados à preservação da Mata Atlântica da região, além de outros cinco Parques Municipais.

MORFODINÂMICA PRAIAL LOCAL

As praias envolvidas no estudo são arenosas, de micro-maré semi-diurnas com amplitudes máximas e mínimas ao redor de 2 e 0,5m (SOARES et al., 1996), porém sem influência direta desta na morfodinâmica praial. São normalmente do tipo dissipativas, com variação para estágios intermediários registrados em meses de primavera e verão. Os grãos são normalmente finos a muito finos, com exceção da praia Mansa que apresenta atualmente grãos ligeiramente mais grossos. Apresentam processos de erosão e sedimentação sazonais (ANGULO e ARAÚJO, 1996), que estão condicionados a formação e destruição de barras submersas (SOARES et al., 1996). Estes mesmos autores, em seu trabalho de morfologia das

praias paranaenses, afirmam que estas praias têm maior variabilidade morfológica na sua parte submersa, sendo que a subaérea tem pouca variabilidade morfológica.

As características morfodinâmicas das praias em questão são semelhantes, porém cada praia apresenta particularidades, como por exemplo, os tamanhos de segmento de pós-praia, que variam em diferentes praias.

Atualmente na praia Mansa o pós-praia ultrapassa 10m, porém na década de 1980 no norte desta praia, o pós-praia praticamente desapareceu. Já as praias Brava e Riviera têm pós-praia de tamanhos semelhantes, sendo que a praia Central, na década de 1950, tinha um pós-praia desenvolvido na porção mais meridional, atualmente quase não tem pós praia, em função da erosão costeira.

As feições morfológicas visíveis que ocorrem nas praias estudadas, como bermas, foram importantes no posicionamento das linhas de costa definidas, marcando os limites entre a antepraia e a pós-praia, e praticamente coincidente com linha de água alta (HWL), utilizada como indicador de linha de costa nas imagens de sensores remotos (BOAK e TURNER, 2005; PAJAK e LEATHERMAN 2002).

No litoral do Paraná, de modo geral, os tipos mais comuns de arrebentação observados em campo são do tipo progressiva ou deslizante. Este tipo de onda caracteriza-se por não movimentar uma grande quantidade de sedimentos quando arrebenta. Conseqüentemente, as zonas de surf são normalmente bem marcadas, gerando correntes tanto transversais como longitudinais.

Já a corrente de deriva litorânea se dá de sul para norte, influenciada pela predominância de ventos do quadrante SE (BIGARELLA, 1966, *in*: ANGULO, 1993).

Angulo (1993) e MMA (2018) descrevem a influência dos deltas de maré vazante da baía de Guaratuba na sedimentação da praia Brava, e conseqüentemente nas praias do município. Na praia Mansa foi construído na década de 1970 um molhe de aproximadamente 160m de comprimento, com intuito de aumentar a deposição de areia nesta praia, o que parece ter funcionado, em função das taxas de movimentação de linha de costa que apontam este trabalho. A praia de Riviera teve a dinâmica praial modificada em função da construção da Avenida Beira-Mar, que de acordo com Angulo (1993) “cortou” a linha de costa desta

praia, invadindo a área de pós-praia, e expondo a obra a ação de processos erosivos, confirmado pelos dados que serão apresentados nesta tese.

HISTÓRICO DE OCUPAÇÃO

Ao longo do tempo, as praias estudadas tiveram diferentes movimentos na ocupação. Os primeiros habitantes eram indígenas, e logo após o descobrimento, alguns portugueses estabeleceram-se na Ilha do Superagui (BIGARELLA, 1991). Em 1820, o historiador Saint-Hilaire, hoje nome do Parque Nacional que fica no município de Matinhos, relata a existência de uma pequena vila na margem sul da baía de Guaratuba, provavelmente Caieiras.

Nas primeiras décadas do século 20 Matinhos já apresentava uma população miscigenada, resultado desta colonização de portugueses e índios. No mesmo período foi inaugurada a atual PR-407, que além de impulsionar a demografia do município, consolidou Matinhos como um balneário, mesmo sendo frequentado somente no inverno. A ligação entre Matinhos e Caiobá se deu em 1942, porém somente a partir de 1950, é que a ocupação da orla foi significativa (BIGARELLA, 1991).

Deschamps et al. (2000) estudaram a migração e aglomeração urbana dos municípios litorâneos paranaenses e constataram que a ocupação contínua destes teve crescimento na aglomeração litorânea de 2,7 % a.a. entre 1970/80, de 2,92% a.a. na década de 1980 e nos anos 1990, teve um incremento com taxa de 3,87% a.a., configurando os municípios do litoral, principalmente os de uso balneário, com as maiores taxas de crescimento do estado do Paraná neste período.

Na produção do espaço dos municípios de uso balneário, o setor terciário normalmente pressiona uma demanda sazonal, associada ao veraneio, porém Deschamps et al. (2000) afirmam que a ocupação permanente está sendo reforçada, principalmente pela dinâmica imobiliária. Entre 1980 e 2000 as casas de uso permanente e ocasional cresceram quase na mesma proporção de 5 vezes no município de Matinhos (DESCHAMPS et al., 2000).

Este crescimento foi pautado pela expansão e densificação da linha de costa por edifícios e parcelamentos voltados ao uso sazonal de veranistas de média e alta renda. A densificação das ocupações de baixa renda já existentes e o avanço de

novas ocupações em direção a áreas menos qualificadas no interior dos municípios também contribuem para este aumento. Além disso, contribuíram com o aumento da taxa crescimento determinada por aqueles autores, a mudança no perfil das áreas tradicionalmente ocupadas com a chegada de moradores de renda média, alguns em busca de oportunidades de comércio, outros, mais velhos ou aposentados que buscam melhorar a qualidade de vida.

Moura e Werneck (2000) comentam sobre a ocupação inadequada da orla paranaense, principalmente em áreas de deposição natural da dinâmica costeira que podem estar sujeitas a erosão costeira. As mesmas autoras ressaltam que a inadequação da ocupação fica visível em períodos de ressaca, onde a infraestrutura pode ser abalada, visto que não existe uma faixa de recuo para que a dinâmica praial funcione de modo natural – sem interferências. Este movimento também se relaciona com o fluxo migratório das pessoas de baixa renda para o interior dos municípios, ocupando encostas, como no caso de Matinhos. O aumento demográfico no litoral do Paraná veio aliado à falta de políticas públicas de ocupação (SZERINO, 2016). Além disso, a falta de fiscalização propiciou que as pessoas construíssem habitações sem uma anuência governamental ou técnica, resultando diversas vezes na perda destas edificações por diferentes razões, mas principalmente pela erosão costeira.

O caso mais notável de ocupação inadequada foi o traçado da atual Avenida Beira-Mar, no município de Matinhos. O traçado da estrada “cortou” a linha de costa iniciando um processo de perda de sedimento no local (ANGULO, 1993). Após isso, diferentes intervenções antrópicas, como molhes, gabiões e enrocamentos foram construídos no intuito de diminuir a erosão local, a maioria das vezes sem sucesso, com exceção de obras realizadas na praia Mansa (LINDORTH, 1982). Porém, uma sedimentação nas praias pode ser observada atualmente, a qual é quantificada neste trabalho.

Junto ao aumento demográfico, também veio a valorização imobiliária de imóveis à beira-mar. Na década de 1960 as poucas casas da orla eram de moradores fixos (BIGARELLA, 1991), mas atualmente a maioria dos imóveis a beira-mar são de veraneio, com população sazonal/flutuante. Em decorrência disso, os valores aumentaram e somente pessoas de alta renda podem adquirir e manter tais

imóveis. Assim, o município de Matinhos, que até a década de 1980, tinha uma ocupação relativamente elitizada, transformou-se também em espaço para a sobrevivência da população mais pobre, visto que esta população flutuante consome produtos e serviços dos moradores das áreas internas de Matinhos (MOURA e WERNECK, 2000).

CAPÍTULO 2. REVISÃO DE CONHECIMENTOS

Uma breve abordagem do estado de arte dos elementos que fundamentam a base conceitual e metodológica adotada na pesquisa é apresentada a seguir. Estes elementos são referentes ao comportamento morfodinâmico das praias e a relação com a erosão costeira, além da forma como os conceitos de risco e correlatos são abordados nesta tese.

2.1 A PRAIA

A seguir são apresentados conceitos de praia e morfodinâmica, fundamentais para entender o comportamento físico deste ambiente que é uma das partes mais dinâmicas da Terra. O ambiente praiado contém elementos das quatro esferas que modelam a superfície da terra: atmosfera, biosfera, hidrosfera e litosfera. Este ambiente pode ser definido de inúmeras maneiras, porém dois ingredientes são fundamentais: ondas e sedimentos (SHORT, 1999). A praia deve ser analisada em diferentes dimensões: cortes em perfil e extensões longitudinais, além da dimensão temporal. Cada uma dessas dimensões trará características distintas das praias, possibilitando classificá-las. Em geral os compartimentos e limites são difíceis de definir, pois envolvem diversos condicionantes propiciando diversas classificações como será a seguir abordado com base no referencial selecionado nesta pesquisa. O ambiente praiado envolve diversas variáveis determinando diferentes tipos de limites, em diferentes tipos de praia. Além disso, as praias têm componentes mais regionais que determinam o comportamento daquele litoral. Margens passivas ou ativas, diferenças na latitude e conseqüentemente diferenças de clima são algumas das variáveis determinantes na morfodinâmica praiado (SHORT, 1999).

Uma definição de praia usada por Hoefel (1998) diz que são sistemas transicionais dinâmicos e sensíveis, que se ajustam às flutuações de energia locais, e sofrem retrabalhamento por processos eólicos, biológicos e hidráulicos. Já a morfodinâmica praial pode ser definida, de acordo com a mesma autora, como a compreensão das respostas morfológicas e hidrodinâmicas das praias frente às variações espaço-temporais das condições ambientais.

Todas estas variáveis são responsáveis por um equilíbrio natural dinâmico de cada praia. Mudanças de energia de onda, mesmo que simples, tornam possível que um perfil de uma praia se transforme, do mesmo modo quando há intervenção humana. À medida que a interferência humana muda o padrão das variáveis, principalmente na distribuição e balanço de sedimentos, os problemas podem tornar-se irreversíveis. A grande dificuldade na avaliação deste processo são avaliações precisas das perdas e ganhos de sedimentos de diferentes fontes, para cada compartimento ou célula praial.

LIMITES DAS PRAIAS

A extensão do ambiente praial tem como limite interno (continental) os níveis máximos de ações de ondas de tempestades ou dunas ou vegetação, ou outra alteração fisiográfica que exista, e como limite externo o início da zona de empinamento da onda, que corresponde ao início do processo de transporte pelas ondas, i.e., quando estas “tocam” o fundo (HOEFEL, 1998).

Short (1999) afirma que a definição dos limites no zoneamento do ambiente praial está longe de ser definida, pois cada um destes ambientes envolve inúmeras variáveis, determinando diferentes tipos de limites, em diferentes tipos de praia.

Angulo (1996) faz uma compilação de terminologias de ambientes litorâneos clásticos dominados por ondas, discutindo as discrepâncias e propondo um perfil hipotético com estes termos (Figura 2.1), objetivando contribuir com o melhor entendimento deste ambiente. Deve-se atentar que estes limites podem variar em escala temporal, e que também pode haver limites transicionais (SHORT, 1999; ANGULO, 1996). Komar (1976) distingue as terminologias em dois grupos principais: usada para descrever os processos das ondas e correntes, e usada para descrever o perfil de uma praia.

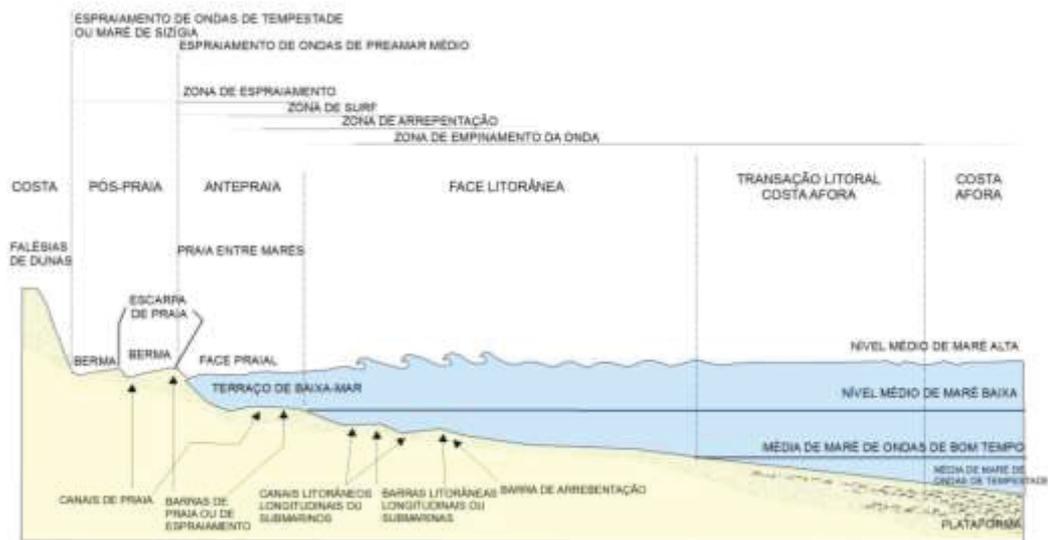


Figura 2.1 - Terminologia de ambientes e subambientes litorâneos. (Fonte: Elaborado pela autora com base em Angulo, 1996).

ONDAS, ZONA HIDRODINÂMICA E CORRENTES

As ondas normalmente são geradas em alto mar pelo vento e são diretamente dependentes de como o vento incide sobre a água. A velocidade, a direção, o tempo, a “pista” e a profundidade da água são parâmetros que influenciam a geração destas ondas. Existem outros tipos de ondulação, chamadas de longo período, mas que tem a formação por diferentes maneiras. As ondas geradas pelo vento podem ser divididas em *Seas* e *Swells* (SHORT, 1999). São geradas de maneira bastante semelhantes, porém são chamadas de *swell* quando deixam a área de geração de ondas e viajam sem a ação do vento, e com pouca dissipação de energia, por vários quilômetros até chegar a costa.

Na zona hidrodinâmica acontecem situações e comportamentos que as ondas apresentam em aproximação com a face litorânea. É dividida em zona de arrebentação, onde a onda quebra de modo ascendente, progressiva ou mergulhante; a zona de surf, associada de certo modo a anterior e caracterizada de acordo com o modo de arrebentação e dissipação da onda; e a zona de espraçamento que corresponde ao local onde a onda encontra a face praial e ocorrem os processos de fluxo e refluxo – *uprush* e *backwash* (HOEFEL, 1998).

Parte da energia dissipada das ondas gera correntes costeiras transversais e longitudinais, que são limitadas a zona de surf (HOEFEL, 1998), e são consideradas agentes de transporte dos sedimentos.

As correntes longitudinais, ou *longshore current* são movimentos comumente uni-direcionais, paralelos à linha de costa, e transportam os sedimentos em suspensão, podendo movê-los por vários quilômetros através do processo conhecido por deriva litorânea (*litoral drift*). O processo da deriva pode ser interrompido por obstáculos – naturais ou antrópicos, e são nítidos os efeitos que esta interrupção causa, pois o equilíbrio de uma praia sujeita ao transporte longitudinal é dinâmico. São função da incidência oblíqua de ondas na praia e da variação longitudinal da altura da arrebentação.

As correntes transversais à costa, correntes de retorno, ou *rips*, são fluxos estreitos, normalmente perpendiculares à costa ou levemente oblíquos, bi-direcionais e que atravessam a zona de surf em direção ao mar, formando células de circulação. Apesar das grandes quantidades de sedimentos transportados por estas correntes, a resultante anual é normalmente nula, variando entre as condições de acreção e erosão, conforme a energia das ondas de bom tempo ou mau tempo respectivamente. Por atingirem altas velocidades em função da altura da arrebentação, são responsáveis pela maioria dos acidentes com banhistas.

ASPECTOS DINÂMICOS DE PRAIAS ARENOSAS OCEÂNICAS

Diferentes fatores são determinantes na morfodinâmica praial, tais como granulometria, perfil de ondas e inclinação da face praial. O tamanho dos grãos é uma variável importante na determinação da morfodinâmica praial. Quando a distribuição dos grãos de uma praia é unimodal, os grãos mais finos tendem a repousar em perfil de pouca inclinação. Quanto mais grosseiro o grão, mais inclinado será o perfil (HOEFEL, 1998).

As ondas, ao se aproximarem da costa, são influenciadas por diversos fatores. Hoefel (1998) afirma que o clima de ondas³ incidente numa praia, quanto

³ O **clima de ondas** representa o padrão normal de ondas incidentes em um determinado trecho de praia e tende a ser organizado em função do tamanho e rugosidade da plataforma, além

mais modificado pela morfologia da plataforma interna, menos variável ele tende a ser. Portanto, espera-se que plataformas de baixa declividade e composição grosseira comportem-se modificando o clima de ondas.

Quando as ondas aproximam-se da antepraia, começam a interagir com o fundo e a partir deste ponto sofrem quatro processos básicos: empinamento, refração, difração e fricção com o fundo. Apesar de não serem diretos os efeitos destes processos, estes parâmetros devem ser considerados nas avaliações morfodinâmicas das praias.

O perfil das ondas determina a energia que chegará à praia. Ondas altas, com muita esbeltez ou íngremes, e de curto período são características de ambiente de alta energia, e proporcionam a migração de grandes volumes de sedimentos em direção ao mar, formando bancos longitudinais na zona de surf (HOFEL, 1998). Quando as ondas tornam-se mais baixas e menos esbeltas, o processo inverte-se, fazendo com que os sedimentos retornem a praia, formando bancos justapostos com a praia.

A movimentação longitudinal de sedimentos pode estar associada a variações morfológicas de escala anual ou maior, e as movimentações transversais são responsáveis pelas alterações morfodinâmicas de curta escala de tempo. Porém sabe-se que eventos de maior frequência – dias a meses, também provocam mudanças abruptas na morfologia do perfil de praia.

A dinâmica das oscilações de longo período é complexa e a menos conhecida nos processos morfodinâmicos. Porém, Hoefel (1998) afirma que em praias refletivas, a ressonância e o crescimento de oscilações subharmônicas em condições de ondulação de energia moderada é a principal causa de erosão praial.

As praias tendem a ter comportamentos cíclicos de deposição e erosão no perfil praial, comumente chamados de perfil de verão e de inverno. Baseado neste princípio, Sonu (1973) introduziu o conceito de perfil de ondulação e perfil de

dos ventos predominantes na área (HOEFEL 1998). Refere-se à média anual e mensal das condições das ondas tais como período, altura, direção e fonte destas ondas.

tempestade para designar perfis típicos de condições de baixa e alta energia, respectivamente.

Esta migração de bancos em função da energia de ondas é algo recorrente e faz parte do equilíbrio de cada perfil de praia. E baseados nesses perfis, produtos da altura modal da arrebentação, Short e Wright (1981) propuseram a classificação das praias arenosas de micro-maré em três grupos: dissipativas – as mais estáveis, rítmicas e refletivas – que respondem rapidamente a alteração da energia das ondas.

A maior parte dos trabalhos de morfodinâmica e classificação de praias utiliza o parâmetro Ω , comumente chamado de parâmetro adimensional empírico, ou parâmetro adimensional ômega, porém corretamente denominado de velocidade de queda adimensional. A partir deste parâmetro é possível relacionar quantitativamente as variáveis envolvidas no condicionamento morfodinâmico de uma praia, associando cada tipo de praia a um determinado intervalo numérico distinto. Valores de Ω superiores a 6 caracterizam praias dissipativas e valores inferiores a 1, praias refletivas, sendo o intervalo entre estes dois valores caracterizando praias intermediárias (HOEFEL, 1998).

Além disso, as praias estão sujeitas ao balanço de sedimentos, que é uma mudança no fornecimento de sedimentos, gerando débito ou excesso de sedimentos, auxiliando na mudança do perfil de praia, muitas vezes de modo irreversível (LORENZO et al., 2007).

Todas estas forças e condicionantes são responsáveis pela formação de relevo praial, e estão diretamente ligados à posição da linha de costa. A posição da linha de costa ao longo do tempo pode ser interpretada também como o resultado da atuação de todos estes fatores na praia, funcionando como a “componente principal⁴” quando todas estas variáveis são analisadas em conjunto.

⁴ A análise das principais componentes em Sensoriamento Remoto refere-se ao processamento de bandas espectrais onde se reduz a redundância de informação daquele espaço.

2.2 RISCO E TERMOS CORRELATOS

O termo risco é utilizado em vários aspectos como, por exemplo, o risco relacionado a empresas, ao risco de determinadas aplicações financeiras, ou a atividades sujeitas a acidentes das mais diversas naturezas, dependentemente ou independentemente das atividades humanas. A abordagem que se pretende conseguir nesta revisão é o risco relacionado às Geociências, enfocando processos naturais responsáveis por desastres e catástrofes.

A relação do homem e seu meio é um dos pilares das ciências Geográficas, e a ocorrência de perigos naturais é o mote de pesquisadores que atuam em planejamento e gestão, e exige esforços na compreensão dos fenômenos que relacionam homem e o ambiente. Marandola e Hogan (2005) afirmam que os geógrafos e demógrafos têm objetivos comuns quando estudam as condições das populações que estão sob algum perigo natural. Assim, conhecer detalhadamente a natureza e ameaças é de grande valia no planejamento da ocupação humana, diminuindo os riscos de um desastre e contribuindo para um uso do solo mais ordenado e de acordo os direitos fundamentais dos cidadãos.

Os registros históricos dos primeiros estudos que abordam risco são escassos, porém Adams (1995) afirmou que os termos risco e incerteza tomaram caráter técnico na bibliografia desde 1921 com o trabalho de Frank Knight - "*Risk, uncertainty and profit*". A partir da década de 1970, estudos sobre desastres naturais, somados aos problemas de poluição, conjecturaram a responsabilidade parcial do homem sobre os mesmos (BETTANINI, 1982). Dentre esses estudos, surgem ponderações como a de Isnard (1978), que aponta a inexistência dos espaços naturais, alegando que em todo o lugar, ou quase todo, a ação humana tem interferido nos ecossistemas, desencadeando processos de degradação que rompem o equilíbrio natural. Essas ponderações contribuíram para modificar a visão determinista sobre as calamidades naturais.

Eventos naturais e situações de risco são notórios na sociedade e com frequência há discussão sobre o tema, que aparece de forma controversa em debates, na mídia, em estudos acadêmicos e avaliações técnicas. Porém, nem sempre os conceitos envolvidos para esclarecimento da população são claros nos

discursos. Este problema é relacionado com a conceituação utilizada em análises de risco e pode gerar distintas interpretações.

Os trabalhos atuais, principalmente os de cunho técnico, tratam diferentes conceitos como risco. Frequentemente os termos risco e perigo são considerados sinônimos, apesar de que em dicionários como o Aurélio (FERREIRA, 2014) as definições são diferentes para cada palavra. Na língua inglesa os termos "*risk*", "*hazard*" e "*danger*", assim como nos termos em francês "*risques*" e "*danger*" aparentemente são passíveis de serem confundidos como sinônimos (Vose, 2008).

Para David Vose (2008) risco é um evento aleatório que pode eventualmente ocorrer, e se ocorrer terá um impacto negativo no funcionamento do sistema. É normalmente composto por três elementos: o cenário, a probabilidade de ocorrer e o tamanho do impacto, caso ocorra.

Reis (2010, p.39) define o risco como “o produto da probabilidade de ocorrência de um acontecimento potencial indesejado (tempestades, erosão), pela consequência indesejada associada a esse acontecimento (mortes, ferimentos, perda de território, inundação, destruição de edificações, perda de atividades econômicas, prejuízos ao ecossistema)”. As frentes urbanas e as infraestruturas localizadas em zonas costeiras muito vulneráveis às ações energéticas do mar ficam submetidas a situações de risco que dependem da existência ou não de intervenção de defesa costeira (REIS, 2010).

Para um melhor entendimento dos conceitos de risco e termos correlatos empregados nas análises de riscos, são conceituados a seguir os termos mais usados com objetivo de dirimir dúvidas e ressaltar que o conceito de risco é complexo e trata-se de uma probabilidade, que pode ser composto muitas vezes da junção destes termos.

AMEAÇA, VULNERABILIDADE, SUSCEPTIBILIDADE E PERIGO

A Ameaça, segundo as definições da *United Nations Disaster Relief Organization* - UNDRO (ALCANTARA-CARRIÓ et al., 2009) é a probabilidade de ocorrência em um lugar e período de tempo determinado de um evento prejudicial para o homem seja de origem natural ou antrópica. Ameaças de origem natural estão relacionadas a clima, processos tectônicos e cósmicos, e as ameaças de

origem antrópica estão relacionadas a desmatamento, contaminação, destruição da biodiversidade, mudanças climáticas. Ressalta-se que as ameaças nem sempre são cíclicas e que é importante uma análise estatística da frequência destas para tentar predizê-las com exatidão.

O perigo das ameaças também depende da susceptibilidade da área, ou seja, a tendência ou predisposição a ser afetada por determinada ameaça em função de características naturais. Assim, o conceito de Susceptibilidade pode ser entendido como a característica de algo que é susceptível - capaz ou passível de receber, de experimentar, de sofrer certas impressões ou modificações ou de adquirir determinadas qualidades frente a adversidades (CASTRO et al., 2005).

Já a Vulnerabilidade é característica de quem é vulnerável - que pode ser fisicamente ferido. É o grau de perda ou danos que se cabe esperar caso produza um fenômeno de magnitude determinada. Mede-se em uma escala entre 0 (sem danos) e 1 (perda total) (VARNES, 1984).

A Vulnerabilidade Ambiental pode ser entendida como a capacidade de resposta numa situação de catástrofe, numa relação direta; quanto maior a capacidade menor a vulnerabilidade ambiental (ALVES, 1996).

No dicionário Houaiss (2001) a vulnerabilidade é definida como a característica do sujeito vulnerável, ou seja, um sujeito a ser atacado. No mesmo dicionário o risco é definido como a probabilidade de perigo.

A Vulnerabilidade Social também é passível de mensuração e está associada às pessoas que não dispõem de recursos financeiros e estão localizadas em áreas com pouca ou nenhuma infraestrutura (Alves, 2006; Braga et al., 2006)

A probabilidade de que ocorra em uma zona geográfica definida um fenômeno de uma determinada intensidade é uma definição aceita para Perigo (*Hazard*). Este depende de dois fatores intrínsecos ao próprio fenômeno – a magnitude e a frequência de ocorrência. Daí conclui-se que quanto maior energia do fenômeno, maior é o efeito negativo, assim maior o perigo. Em relação à frequência ela pode ser classificada em: possível - nunca registrado, mas com condições de ocorrer, provável - já ocorrido em locais e condições semelhantes e iminente - evento detectável ou evidente (ZUQUETTI, 2012).

RISCO

O conceito de Risco é derivado da combinação das definições anteriores. Representa a probabilidade de perdas humanas e/ou materiais devido à ocorrência de um evento catastrófico ou adverso. Risco é a expectativa de perda de diferentes naturezas. A avaliação do risco implica em considerar as perdas totais para um evento (ameaça) com um determinado grau de perigo e expressado em probabilidade.

Dito de maneira prática, o Risco é o resultado da multiplicação da periculosidade da ameaça pela vulnerabilidade da população e da infraestrutura (Coelho, 2005). Esta definição é a usada nesta pesquisa e dela parte o princípio da metodologia proposta.

Considerando que a periculosidade de uma ameaça de determinada intensidade se pode expressa com uma probabilidade (entre 0 e 1), e a vulnerabilidade também se pode expressar entre 0 e 1, a magnitude de um risco se pode expressar como uma probabilidade, variando entre 0 e 1 (VARNES, 1984).

Um Desastre acontece quando ocorre um evento que obriga os habitantes de uma população a abandonar suas casas e lugares de trabalho. Um desastre ocasiona mortos, feridos e perdas de bens materiais ou produtivos, e deteriora a qualidade de vida da população ou põe em perigo seu patrimônio (WILCHES-CHAUX, 1998). O desastre não é o fenômeno em si, mas sim os efeitos nocivos que se produz na população.

O Risco pode ser entendido também como uma categoria de análise associada, à priori, às noções de incerteza, exposição ao perigo, perda e prejuízos materiais, econômicos e humanos em função de processos de ordem "natural" (tais como os processos exógenos e endógenos da Terra) e/ou daqueles associados ao trabalho e às relações humanas. O risco (*lato sensu*) refere-se, portanto, à probabilidade de ocorrência de processos no tempo e no espaço, não constantes e não-determinados, e à maneira como estes processos afetam, direta ou indiretamente, a vida humana (CASTRO et al., 2005).

O Risco pode ser classificado pela origem, duração e intensidade. Outra maneira de classificação é segundo os efeitos – primário quando os danos são

originados diretamente pela ocorrência do evento; secundários quando apresenta, em longo prazo, consequência indireta do evento e que podem ser de caráter permanente.

Em caso de erosão costeira, felizmente não se espera mortes, por ser um processo crônico, mas não muito rápido. Porém, é importante analisar o risco de perdas materiais. Neste trabalho o intuito é de analisar o risco de erosão costeira em um trecho do litoral paranaense. Lima (2008) afirma que nas áreas costeiras é possível detectar riscos naturais de origem geológica. Ele classifica os riscos em categorias, dentre as quais, destacam-se:

- riscos relacionados a problemas hidrológicos - inundações e alagamentos;
- riscos relacionados a movimentos de massa gravitacionais - escorregamentos e avalanches;
- riscos relacionados a processos costeiros - erosão costeira e destruição costeira.

Este autor considera que a destruição da orla, provocada pela erosão costeira, é a “destruição pelo mar de obras civis implantadas sobre a praia, sem que ocorram modificações naturais significativas dos limites entre o mar e o continente” (LIMA, 2008).

VULNERABILIDADE SOCIAL

No que tange ao contexto social em relação ao risco, principalmente quando os pesquisadores são da área humana, é possível observar uma tendência de afirmar que o risco a desastres naturais está intrinsecamente ligado à condição social da população que está exposta ao perigo. Braga et al., (2006) afirmam que o risco a desastres naturais não é simplesmente a resultante da exposição a um perigo ou ameaça, e sim algo historicamente construído por meio de ações humanas e processos sociais. Deste modo, os padrões de uso e ocupação do solo, as modificações do relevo, as alterações geoambientais, a infraestrutura, e outros componentes socioeconômicos especializados são fatores humanos que contribuem para a ocorrência de perigo (TOMINAGA, 2007).

A incapacidade pessoal ou social de evitar perigos ou ameaças naturais, ou ainda, ser forçado a viver nestas condições caracteriza a vulnerabilidade a desastres naturais (O'RIORDAN, 2002), reforçando que esta situação deriva da combinação das condições econômicas, sociais, ambientais e políticas. Esta visão é corroborada por Levine et al., (2007) que reiteram que a vulnerabilidade social envolve a capacidade relativa dos indivíduos, famílias e comunidade para responder adequadamente a condições ameaçadoras. Assim, a construção da vulnerabilidade social aos perigos naturais deve contemplar as inter-relações sociais, culturais e naturais de cada situação, implicando que desastres não são meramente produto de condições naturais e sim também fruto das condições sociais da população (MENDES et al., 2011).

As consequências dos desastres naturais não são sentidas igualmente por todos no planeta, e Braga et al., (2006) declaram que os mais frequentemente afetados por estas condições são pobres, mulheres, crianças e idosos. Alves (2006) reforça esta visão, afirmando que na maioria das vezes a população pobre e com privação social que está em áreas de risco.

Deste modo, percebe-se que o contexto social é igualmente importante no cálculo do risco de eventos naturais, tanto quanto os fatores físicos, mas ainda assim, artigos sobre riscos, em especial costeiros, nem sempre abordam esta perspectiva. Trabalhos como Di Paola et al., (2011) tratam da vulnerabilidade costeira e a resistência do ambiente praias à erosão, porém não abordam a utilização do espaço pela população. Gornitz (1994) define variáveis para determinação da vulnerabilidade costeira ao aumento do nível do mar, considerando somente parâmetros físicos. Boruff et al., (2005) afirmam que os trabalhos feitos sobre riscos costeiros têm focado principalmente na determinação dos parâmetros físicos, com pouca base em indicadores sociais. Bowen e Riley (2003) falam da importância em colocar a dimensão humana em indicadores para gestão costeira integrada, pois acreditam que um sistema baseado em indicadores integrados e sustentados, as ligações críticas não podem ser estabelecidas. Portanto, além da vulnerabilidade a fenômenos físicos, trabalhos que tratam de risco precisam abordar conceitos como o da vulnerabilidade social, utilizado em trabalhos como os de Cutter (2011), Braga (2006) e Mendes et al., (2011).

A vulnerabilidade social também pode ser calculada, e, do mesmo modo que a vulnerabilidade física, as variáveis usadas para a determinação também são assunto controverso. Para a representação da condição social das pessoas podem ser usados indicadores sociais que, para Januzzi (2002), são um recurso metodológico que retrata aspectos da realidade social e as mudanças, sendo normalmente quantitativos e dotados de significado social. Os indicadores sociais normalmente são um conjunto de variáveis que são selecionadas através do Censo Demográfico Brasileiro.

“Os censos demográficos são pesquisas estatísticas cujo levantamento consiste na visita a todos os domicílios de um país e constituem a única fonte de referência para o conhecimento das condições de vida da população em todos os municípios e em seus recortes territoriais internos - distritos, bairros e localidades, rurais ou urbanos” (IBGE, 2010).

Os indicadores sociais funcionam como índices, que são também comumente usados globalmente como o Social Vulnerability Index, criado pelo Instituto de Pesquisa de Perigos e Vulnerabilidade da Universidade da Carolina do Sul, e que usa 29 variáveis na composição deste índice. Índices e indicadores são como fórmulas matemáticas e podem incluir uma, duas ou dezenas de diferentes variáveis, com os mais diversos resultados. Para Levine et al., (2007) os índices disponíveis hoje não são capazes de retratar toda a amplitude de vulnerabilidade, quer seja social ou física, pois a criação de índices não é direta e os resultados raramente são impecáveis. Mesmo assim, os esforços para continuar refinando os dois cernes e quais as variáveis a serem incluídas e seus resultados são essenciais.

Cendero et al., (2003) alertam para o uso indiscriminado de muitas variáveis no cálculo de índices e indicadores, afirmando que quanto maior o número de variáveis associadas a um indicador, mais distante de cada dado individualizado este indicador ficará, e que uma variável pode, frequentemente, significar uma medida bastante objetiva de determinado ambiente. Assim, seguindo a mesma premissa usada para a vulnerabilidade física, neste trabalho pretende-se analisar a vulnerabilidade socioeconômica através de poucas variáveis.

Para Cutter (2001) as características da população que tem a competência de aumentar ou diminuir sua capacidade de preparação e recuperação de

acontecimentos perigosos são as que identificam a vulnerabilidade social. Autores como Tominaga (2007), Lins-de-Barros (2005), Cutter (2011), Braga et al., (2006), relatam a importância do contexto socioeconômico em estudos relacionados a risco, elencando variáveis fundamentais nesta análise como densidade populacional e a capacidade de recuperação frente a desastres ambientais.

Além da condição social e econômica da população exposta à ameaça natural, as estruturas edificadas também devem ser consideradas no cálculo do risco, pois o valor financeiro destas estruturas pode impactar na resiliência local. Levine et al.,(2007) acreditam que a construção pobre ou inadequada dos edifícios e idade das estruturas está relacionada à vulnerabilidade física. Porém, as estruturas, principalmente as propriedades privadas, têm um valor imobiliário e o dono da propriedade pode ter ou não resiliência financeira para arcar com os custos de reconstrução em caso de desastre. No caso da orla, soma-se o fato de estruturas voltadas ao lazer da população serem financiadas com recurso público.

VULNERABILIDADE E RISCO COSTEIROS

Os trabalhos que versam sobre riscos costeiros não trabalham com detalhes, sendo, via de regra, o risco analisado de forma geral e sempre qualitativamente.

Mazzer (2007) afirma que em trabalhos contemporâneos de Geociências a definição de vulnerabilidade costeira é associada aos termos e conceitos de risco (*risk*), suscetibilidade (*susceptibility*) e perigos (*hazard*). Ele também afirma que diante do amplo significado de todos estes termos é necessária revisão de bibliografia, enfatizando o discernimento entre os aspectos metodológicos, abordagem do estudo e aplicação relativa ao fenômeno em questão.

Na conceituação dos termos vulnerabilidade e risco há certa confusão. Nas décadas de 1980 e 1990 os autores Cooper e McLaughlin (1998) afirmaram que trabalhos que envolvem avaliação de riscos, perigos e danos falam de Vulnerabilidade Costeira, mesmo não existindo associação direta a este termo, corroborando com a imprecisão destes conceitos.

Deboudt et al., (2008) realizaram um trabalho na costa francesa, onde conceitua “hazard” como um evento perigoso em potencial, que tem uma

probabilidade conhecida de ocorrência, e “enjeux” ou “questões” são o valor humano, econômico ou ambiental que estão sujeitos ao hazard e o risco seria a convergência entre estes elementos. No método eles propõem que a vulnerabilidade – que trata de parâmetros físicos e sociais – seja analisada entre 4 fatores: exposição ao risco, gestão do risco, percepção do risco e histórico do risco. Este modelo integra diferentes dimensões do risco, porém não tem uma componente espacial.

A vulnerabilidade das zonas costeiras às ações energéticas do mar pode ser entendida como a sensibilidade desses sistemas biofísicos, manifestada por alterações hidromorfológicas (VELOSO-GOMES E TAVEIRA-PINTO, 1997). Estas alterações, que podem resultar em inundações e perdas irreversíveis de território, ocorrem durante a atuação das ondas, marés, ventos e correntes. Podem ser intensificadas pela ocorrência de acontecimentos extremos, pelo progressivo enfraquecimento de fontes aluvionares (aproveitamentos hidroelétricos, construção de quebra-mares, extração de areias, dragagens e canais de navegação), pela progressão da edificação (construções nas zonas de interação fisiográfica, esporões e obras aderentes, aterros sobre praias, destruição de dunas), pela subida generalizada do nível médio das águas do mar, pelos movimentos de neotectônica e por eventuais alterações meteorológicas (REIS, 2010).

A resiliência de um sistema ambiental é relacionada à vulnerabilidade física (Lins-de-Barros, 2010), e no caso do ambiente praiado, esta resiliência associa-se a morfodinâmica natural e a capacidade de recuperação depois de eventos extremos.

Para Boruff et al., (2005) a avaliação de riscos está pautada na identificação e mensuração de elementos de risco e vulnerabilidade. Consideram o risco a probabilidade de um *hazard* ocorrer, e a vulnerabilidade à capacidade de resiliência de um trecho litorâneo ou comunidade, e ressaltam que a probabilidade do risco pode ser calculada a partir de eventos passados, mas a vulnerabilidade é mais complexa, pois exige a análise de atributos físicos e a interação com as características sociais de uma localidade. Coelho (2005) afirma que uma metodologia eficaz de classificação de vulnerabilidade ainda é limitada, e que isso só será possível quando a capacidade de previsão de eventos for melhorada.

É possível identificar orlas costeiras com um elevado índice de vulnerabilidade às ações energéticas do mar, mas sem grandes riscos de exposição por inexistência de ocupação humana ou porque essa ocupação está longe da linha de costa, ou existem usos compatíveis com a ocorrência de alterações hidromorfológicas previsíveis num horizonte de projeto suficientemente longo. Este horizonte terá de ser diferente conforme as taxas de movimentação da linha de costa e a ocupação da orla como campings, grandes edifícios ou um complexo de produtos químicos perigosos (VELOSO-GOMES E TAVEIRA-PINTO, 1997).

ANÁLISE DE RISCO

Uma análise de risco engloba uma discussão, e assim sendo, devem ser analisados todos os desastres previstos e as variáveis envolvidas no processo para auxiliar a tomada de decisão. E isso corrobora a maior dificuldade na análise de risco, pois diversas metodologias são apresentadas, mas nem sempre podem ser replicadas em função da complexidade dos dados e variáveis envolvidas. Em contrapartida, Tominaga (2007) afirma que o método mais simples e mais comum de se obter um mapa de risco é por meio da sobreposição do mapa de perigo sobre o mapa de uso do solo.

Atualmente as metodologias para avaliação dos riscos naturais seguem uma linha básica: identificam-se os fenômenos que possam representar uma ameaça ao homem e avalia-se o seu perigo ou intensidade. Em seguida, quando contemplada a visão social, avalia-se a vulnerabilidade do homem perante estes fenômenos. Assim magnitude do risco é obtida combinando-se o estudo das ameaças (fenômenos) com a vulnerabilidade da população. Após esta análise serão definidas as medidas para enfrentar o risco analisado e a catástrofe que este produziu (ALCANTARA-CARRIÓ et al., 2009).

As análises também devem ser pautadas nos resultados de avaliação. Uma avaliação qualitativa pode ser dúbia e não representar adequadamente o risco, e tem melhores efeitos quando é semântica. A avaliação mais adequada para riscos é uma quantitativa, pois a margem de interpretações é mais baixa, sendo a tomada de decisão mais eficiente.

As avaliações podem ser realizadas diante de dois métodos básicos (TOMINAGA, 2007)

- Método determinístico: são modelos matemáticos que descrevem processos e leis físicas que controlam os eventos naturais. Fornecem informação qualitativa da ameaça, entretanto o não conhecimento completo dos processos envolvidos são limitações na aplicação;
- Método probabilístico: realizado a partir de registros históricos e bases estatísticas. Estas análises conferem menor subjetividade na identificação de áreas vulneráveis, possibilitando ser replicada em diferentes espaços. Ressalta-se que quanto maior a base e fidedignidade melhor o resultado.

Deste modo, um passo importante a ser produzido numa análise de risco é o inventário da população e sua infraestrutura, juntamente com o grau de exposição à ameaça. Informações como zonificação dos usos do litoral, densidade populacional e dos usos da orla costeira, relacionada com a capacidade de carga; e fragilidades das construções em função da qualidade dos materiais utilizados também são úteis na análise e podem ser obtidas a partir dos censos decadais e também a partir de estudos para zoneamento urbano, produzidos pelo Estado.

Fica claro na literatura que a confusão com os termos risco, vulnerabilidade, ameaça e perigo é generalizada e que o passo mais importante é a conceituação do risco e seus componentes. Mesmo assim, uma conceituação universal deverá ser difícil de ser alcançada.

Neste trabalho, considerando a revisão apresentada, foi definido que o fenômeno da erosão costeira, expressa em m/ano, é a ameaça, que atua conforme a distância da urbanização em relação à linha de costa e da sua tendência evolutiva. Já a vulnerabilidade está relacionada aos dados socioeconômicos da população residente defronte a linha de costa, ligada principalmente a capacidade de restaurar o padrão anterior ao desastre – resiliência, considerando atributos socioeconômicos. Nesta vulnerabilidade social entram variáveis sobre população e sua renda, além

dos valores financeiros das edificações. O risco será tratado de maneira estatística e qualitativa, quantificando os processos erosivos e a ocupação envolvida.

2.3 EROSÃO COSTEIRA

Aqui é apresentada uma síntese dos trabalhos mais atuais sobre erosão costeira e as metodologias de determinação de taxas de erosão e riscos associados.

Lima (2008) define erosão costeira como “o desenvolvimento de processo erosivo ao longo da costa, provocando o avanço do mar sobre áreas anteriormente ocupadas pelo continente”. Boateng (2012) afirma que a erosão costeira é controlada pela multiplicidade de fatores e variáveis como geologia, geomorfologia, clima de ondas, amplitude de maré, recorrência de tempestades além de processos induzidos antropicamente.

Escolher as variáveis pertinentes e atribuir a contribuição na erosão costeira é uma tarefa que exige investigação dos padrões do passado e do presente além dos processos que operam naquela costa (BIRD, 2008). A escolha de variáveis é um dos principais eixos metodológicos dos trabalhos sobre erosão e vulnerabilidade costeira. Porém, nem sempre o maior número de variáveis leva a uma melhor análise (COOPER e MCLAUGHIN, 1998), sendo que muitas dessas variáveis podem ter efeitos similares ou mesmo irrelevantes e podem tomar o lugar de outras importantes.

Citando alguns dos trabalhos recentes em relação à escolha das variáveis para determinação da erosão costeira, Souza (2016) usa a avaliação temporal das linhas de costa como indicador de erosão costeira. Lins-de-Barros (2010) também usa a evolução espaço-temporal da linha de costa como indicador, e alia esta variável às características morfológicas de cordões litorâneos. Lorenzo et al., (2007) usa parâmetros físicos tais como o ω e altura de ondas, sendo que estes dados físicos foram compilados de outros trabalhos; Xue et al., (2009) usaram perfis de praia, mapa topográfico, imagens de satélite e dados hidrodinâmicos para mostrar a erosão costeira numa praia na China; e para Chaaban et al., (2012) o melhor indicador para descrever a erosão costeira é a taxa de recuo da linha de costa.

Na leitura da bibliografia sobre o assunto de erosão costeira é clara a distinção de dois principais tipos de abordagem: oceanográfica e geológica. Quando a abordagem é oceanográfica as ondas seriam dominantes no cenário e, a partir do clima de ondas, produz-se um modelo oceanográfico e se estima a perda de areia através das correntes longitudinais à praia como visto no trabalho de Cherdvong et al., (2009). Quando há uma abordagem mais geológica os autores tem a linha de costa como base nos estudos e a análise temporal das mesmas é o modelo a ser seguido, como p.ex. no trabalho de Souza (2016), Lins-de-Barros (2010), Boateng (2012) e Chaaban et al., (2012).

Poucas vezes cita-se a granulometria da praia como fator preponderante como citado em Di Paola et al., (2011), e este parâmetro sequer é levado em consideração na maioria dos casos. Poder-se-ia considerar o parâmetro Ômega como, ao menos, um indicativo de granulometria, mas mesmo esta variável é considerada em poucos artigos, salvo em Ryabchuk et al., (2012). Do mesmo modo a refração das ondas, que é considerado no trabalho de Lins-de-Barros (2010), mas não se sustenta em outros trabalhos já citados.

Assim, é possível dizer que mudança da linha de costa, com a variação ao longo do tempo, é a variável mais abordada nos trabalhos atuais sobre erosão costeira. Nota-se que este é o ponto de partida para qualquer análise da vulnerabilidade e risco no litoral, como no trabalho de Chaaban et al., (2012) que afirma que o melhor indicador para descrever a erosão costeira é a taxa de recuo da linha de costa. Dias et al., (1994) afirmam que, apesar das condicionantes para a coleta da linha de costa, as taxas médias da variação da linha de costa é uma variável insubstituível e de grande valor para qualquer determinação das tendências evolutivas de um trecho de litoral, para qualquer caso de avaliação de impactos de fatores que perturbam a dinâmica sedimentar costeira. Afirmam ainda que este índice é mais fiável do que a cálculo da área ou volume erodido na praia.

Variáveis como clima de ondas, altura de onda, histórico de tempestades, amplitude de marés, declividade da praia, deriva litorânea, entre outros são abordados eventualmente nas análises, como em Mazzer (2007), que mostra alta correlação entre estas variáveis e a variação da linha de costa. O monitoramento

das alterações nos perfis litorais, determinando assinaturas de erosão, segundo Boruff et al. (2005) é um método utilizado para quantificar a erosão costeira.

Trabalhos como Di Paola et al., (2011) tratam da vulnerabilidade costeira e da resistência à erosão, porém não aborda a utilização do espaço pela população. Gornitz (1994) define variáveis para determinação da vulnerabilidade costeira ao aumento do nível do mar, considerando somente parâmetros físicos. Boruff et al. (2005) afirmam que os trabalhos feitos sobre riscos costeiros têm focado principalmente na determinação dos parâmetros físicos, com pouca base em indicadores sociais. Deste modo, para uma abordagem assertiva do risco costeiro, a variável humana, e sua distribuição no espaço são indispensáveis.

Portanto, o risco de erosão costeira abordado nos trabalhos atuais é visto de forma generalizada, usando principalmente a taxa de recuo da linha de costa como fator mais importante na análise. Os trabalhos fazem menção à população que mora no litoral como a principal prejudicada com a erosão, porém não fazem uma análise espacial sobre moradias ou população e suas tendências de crescimento. Na tese de doutorado de Lins-de-Barros (2010) é apontado que cerca de um terço da população brasileira habita na zona costeira, sendo que a densidade média para estas regiões é de 87 hab/km² em contrapartida da densidade média nacional de 17 hab/km², Estudos como os de Polette et al. (2006) ainda alertam que 70% da população brasileira está fixada a até 60 km da costa, estatística facilmente comprovada quando se observa que a maioria das capitais nordestinas, além de Vitória – ES, Florianópolis - SC e Rio de Janeiro - RJ, estão na beira-mar. Assim, o uso de variáveis que indiquem a vulnerabilidade social é imprescindível no cálculo do risco em relação a erosão costeira.

Além disso, o risco de erosão quando tratado através de uma visão de gestão costeira, normalmente as análises são qualitativas em não quantitativas deste risco (FABBRIA, 1998; GORNITZ et al., 1994; DEBOUDT et al., 2008). Apesar de o risco ser uma probabilidade, existe uma dificuldade em encontrar artigos que o tratem desta maneira. Considerando a visão de gestão costeira, autores como Cherdvong et al., (2009) afirmam que a comunidade e órgãos governamentais devem compartilhar a gestão costeira, evitando conflitos de uso e soluções que prejudiquem ainda mais a eficácia no combate a erosão. Os autores *op. cit.* afirmam

ainda que identificar os anseios das partes interessadas no processo facilita o encontro de soluções.

Normalmente as comunidades tendem a construir estruturas rígidas de defesa para evitar a erosão costeira, porém estas estruturas modificam o relevo praial e podem aumentar a susceptibilidade do local (BERNATCHEZA et al., 2011). Cherdvong et al., (2009) demonstram que estruturas concebidas para controlar a erosão nem sempre são eficientes e ainda podem contribuir para o aumento da erosão. A diversidade de causas para o fenômeno da erosão encontradas em diferentes estudos de caso reforça que é necessário desenvolver diferentes soluções de gestão para enfrentar o problema (BOATENG, 2012).

A gestão costeira pode ser mais eficiente quando utiliza recursos tecnológicos disponíveis. Fabbria (1998) afirma que implantar um sistema espacial para apoio de decisão, com estratégias eficientes para captura de dados, integração, análise e modelagem, é vantajoso para a avaliação dos impactos decorrentes dos cenários de desenvolvimentos. Um SIG permite esta abordagem e possibilita ainda uma avaliação multicritério, que avalia alternativas de acordo com um conjunto de critérios variados. A geração de um conjunto distinto de alternativas, a formulação de um conjunto de critérios de avaliação e o impacto de cada um dos critérios para cada alternativa é a premissa de uma análise de multicritério. Esta análise pode ser considerada como uma alternativa para os métodos de valoração econômica mais tradicionais de análise de custo-benefício (FABBRIA, 1998).

DETERMINAÇÃO DE LINHA DE COSTA

Determinar uma posição correta da linha de costa pode ser feita de diversas formas, considerando a geomorfologia e sua posição temporal, pois existe uma variedade de fontes de dados para analisar esta posição. Entretanto, na grande maioria das zonas costeiras os dados históricos são limitados ou inexistentes e, como resultado, a escolha de quais os dados usar para extrair a linha de costa num determinado local é geralmente determinada pela disponibilidade de dados.

Além disso, a linha de costa não é uma feição fácil de ser mapeada em função das diferentes definições. Boak e Turner (2005) citam a gama de possibilidades do posicionamento da linha de costa, usando diferentes referências

para mapeamento, como linha de vegetação, berma da praia e limite de espreamento de ondas de tempestade. Estes indicadores podem ser baseados em características visualmente perceptíveis como um rochedo ou uma estrutura de proteção de costa, ou baseada em um ponto de referência específico de maré. Segundo Boak e Turner (2005) é possível ter mais de 30 indicadores de linha de costa que podem ser usados. A figura abaixo mostra os 11 indicadores de linha de costa mais comuns.

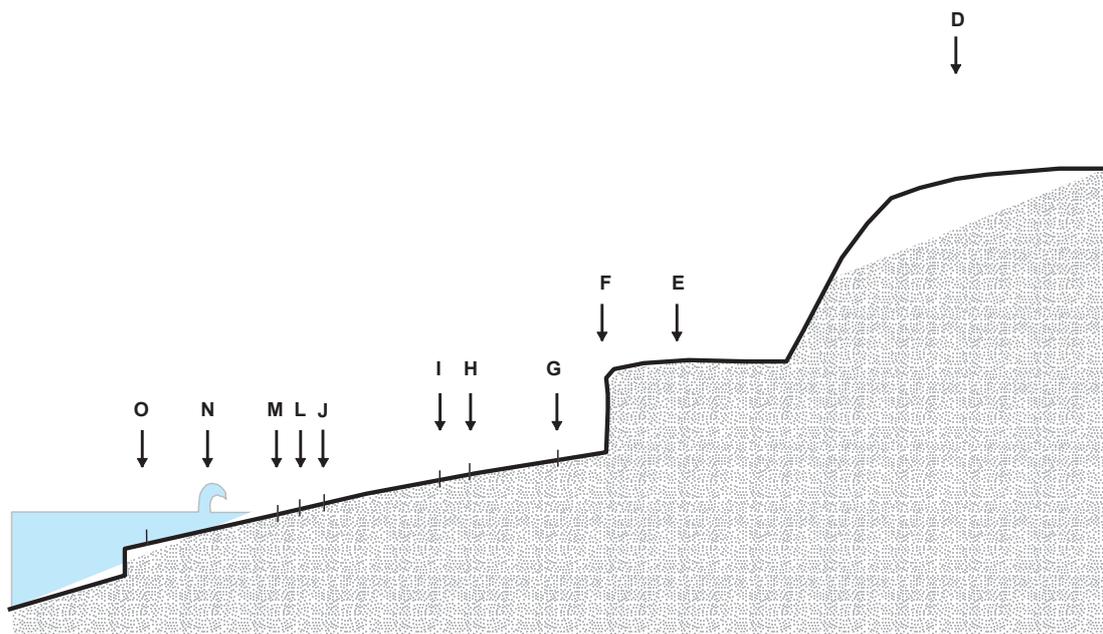


Figura 2.2 - Croqui da relação espacial entre os indicadores de linha de costa mais usados -D: Linha de vegetação de dunas estáveis, E: Linha de vegetação de dunas, F: escarpa de erosão - berma, G: Linha de detritos, H: Linha de maré alta, I: nível médio de maré alta (datum), J: Limite seco/úmido, L: Afloramento de lenço freático, M: linha de água momentânea, N: Máxima intensidade da quebra de ondas, O: Linha de maré baixa (datum). (Elaborado pela autora com base em Boak e Turner, 2005).

Quando os resultados são usados para planejamento, este limite pode ser físico ou legal, mas na prática a linha de costa usada continua sendo escolhida em função de dados disponíveis. Contudo, esta diversidade de fontes cria uma incerteza potencial adicional, principalmente quando esta diversidade alcança também a cobertura temporal usada no estudo.

As técnicas para extração da linha de costa são diversas e podem ser baseadas em interpretação de fotografias históricas, sensoriamento remoto usando fotografias aéreas, imagens de satélite multi e hiperespectrais e radar, tecnologia LIDAR, mapas e cartas litorâneas, levantamentos de praia e linhas de costa

mapeadas com GPS. Diferentes técnicas de sensoriamento remoto podem ser usadas para mapear a linha de costa. Porém, em função da facilidade na obtenção de dados, as técnicas mais usadas ainda são a interpretação visual e manual de dados em campo ou de fotografias aéreas e imagens de satélite (BOAK e TURNER, 2005). Trabalhos como os de Mazzer (2007), Chaaban et al., (2012) e Souza (2016) usam imagens de sensores remotos como principal fonte de dados, principalmente quando se fala em uma análise multitemporal. Chaaban et al., (2012) afirmam que as principais fontes de dados utilizadas para produção de mapas que mostram a mudança no litoral são cartas topográficas, fotografias aéreas e levantamentos GPS, se possível com uma interpretação em campo, e ainda recomendam basear-se na “linha de água de alta (HWL)”, frequentemente utilizada. Além disso, os autores *op.cit.*, no trabalho de medição da retração de linha de costa classificam o tipo de linha de costa conforme o que ela apresenta, independente que seja antrópico ou natural, p.ex., gabião, dique, dunas erodidas, penhascos, etc. (CHAABAN et al., 2012).

As diferentes respostas espectrais das feições permitem classificar e extrair informações de uma imagem de satélite de maneira automática, tais como água com sedimentos de suspensão, áreas úmidas, vegetação de restinga e mangue, etc. Diferentes técnicas já desenvolvidas (BORGES et al., 2009) podem ser usadas, incluindo análise da banda do infravermelho e cálculo do índice de vegetação, composição de bandas e classificação supervisionada. Quanto maiores as resoluções espacial e espectral da imagem, mais facilmente serão separados os elementos nela contidos. Atualmente são desenvolvidos algoritmos específicos para a extração de linhas de costa de maneira automática em imagens de satélite como, por exemplo, o desenvolvido por Ruiz et al., (2012) que parte da extração inicial de uma linha de costa aproximada em nível de pixel e, em uma segunda fase, sobre a primeira linha se faz uma busca da posição a nível de subpixel. Mas as técnicas mais usadas ainda são a interpretação visual e manual de imagens (BOAK e TURNER, 2005; CHAABAN et al., 2012).

A LINHA DE COSTA HWL

A denominada High Water Line (HWL) ou linha de água máxima – linha de maré alta - tem demonstrado ser o melhor indicador para a interface terra-água para

estudos de comparação de linhas de costa históricas (PAJAK e LEATHERMAN, 2002; BOAK e TURNER 2005; MOORE et al., 2006), pois é facilmente reconhecível no campo e pode ser identificada também em imagens de sensores remotos (CROWELL et al., 1991).

A HWL delimita a extensão da pós-praia desde a última maré alta. Este limite é visível no mapeamento em campo e é caracterizado pela mudança de cor causada pela repetida e periódica inundação da praia pelas marés-altas. Para Mazzer (2007) o limite também representa a linha de saturação hídrica nos sedimentos, sendo caracterizada pela mudança de cor nas imagens de sensores, indicando saturação na porção escura. Souza (2016) identifica a linha entre sedimentos claros e escuros, ou secos e molhados, e afirma que é o limite entre os sedimentos afetados pela dinâmica das ondas e marés. Del Rio e Garcia (2012) afirmam que a linha de maré alta permanece visível durante todo o ciclo de 24 hs da maré.

Crowell et al., (1991) comentam que pode haver certa confusão entre a MHWL e a HWL, mas a diferença entre ambas é mínima, desde que assumidas condições climáticas semelhantes. Considera-se que a MHWL é a média anual da HWL. Mesmo assim, eles afirmam que o mais prudente é buscar imagens que sejam da mesma estação, preferencialmente verão. Para Moore et al., (2006) a hipótese é que a HWL é um bom indicador de linha de costa porque representa a relação entre o *runup* e a inclinação da praia. Além disso, normalmente deixa uma feição de relevo em praias com tendência reflexiva. No mesmo trabalho afirmam que esta feição não é sempre formada pela última maré, mas sim pelo último evento mais significativo de *runup*, e que o ideal é esta feição ser mapeada através de LIDAR. Ademais, Boak e Turner (2005) afirmam que o indicador ideal da linha de costa é aquele que é identificado de maneira fácil em imagens e campo, e deve estar presente na série temporal, quando se analisa a posição espaço-temporal.

A HWL pode variar conforme o alcance da maré, em função do período lunar. Em praias que a inclinação é maior a diferença será menor e nas praias mais dissipativas, esta diferença tende a ser maior. Em praias com macro e meso-marés esta diferença pode ser significativa, mas em praias de micro maré a diferença é menor. Moore et al., (2006) demonstram que, em muitas circunstâncias, o erro

atribuído a esta diferença deste indicador da linha de costa é pequeno em relação às taxas de mudança de linha de costa e, portanto, não é importante. E quando este deslocamento é grande o suficiente para importar na análise, as próprias taxas de variação da linha de costa não são suscetíveis de serem significativas. Apesar da variação sazonal que este indicador apresenta, autores como Pajak e Leatherman (2002) afirmam que em análises de longo prazo esta diferença sazonal se dissipa. Moore et al., (2006). Também ressaltam que análises de variação da linha de costa devem ser realizadas com o período de tempo mais longo possível, pois somente assim o erro atribuído ao deslocamento do indicador de linha de costa tende a dissipar-se.

Sobre a prática elencada de usar imagens do verão e primavera, Moore (2000) ressalta que, no caso de não haver dados disponíveis com estas características, é importante investigar a sazonalidade local da HWL durante tempestades a fim de incluir estas diferenças nos cálculos das taxas de variação. Assim é importante coletar os dados sempre no verão, ou assim que ele passar, para que a posição da linha de costa esteja em período construtivo de praia (MOORE, 2006). Flutuações da época do inverno podem chegar a 10m, e esta é uma das razões de não se usar linhas de costa deste período em análises de longo prazo (PAJAK e LEATHERMAN, 2002). Os mesmos autores também ressaltam a importância da coleta de dados no verão, quando as praias estão mais estáveis, além de rejeitar os dados após tempestades, especialmente em taxas de longo prazo. Eles afirmam que tempestades adicionam outra dimensão à variabilidade que não é representativa da posição da linha de costa e que pode aumentar a tendência dos dados em direção a taxas maiores de erosão em longo prazo.

Dependendo do nível de acurácia requerido, é prudente selecionar um método de mapeamento que reduza o erro do mapeamento deste indicador. Por outro lado, se o erro potencial derivado da migração da HWL é muito grande, pode não valer a pena o tempo investido para utilizar técnicas que reduzam os erros de distorção, pois os deslocamentos serão insignificantes quando comparado com estes erros. Porém, com a tecnologia atual de sensoriamento remoto os erros de posicionamento de imagens são quase insignificantes, concentrando os erros inerentes à HWL.

Pesquisadores que documentam as flutuações de curto prazo da HWL, devido à variabilidade do nível de água, e que querem argumentar contra o uso da HWL como indicador de linha de costa é particularmente baixa (MORTON e SPEED, 1998), sendo mais comum os que procuram otimizar a localização da HWL através da escolha de janelas sazonais de baixa variabilidade do nível de água (Ruggiero et al., 2003). Até o presente estudo, não foi identificada na literatura uma abordagem geral para estimar numericamente esse importante componente de incerteza na posição da linha de costa (RUGGIERO e LIST, 2009). Trabalhos empíricos em locais como o realizado por Rocha et al., (2010) em praias do nordeste brasileiro, identificaram uma variação na HWL de 25 cm na horizontal em praias de mesomaré, com 10% de inclinação, mostrando que o erro inerente a esta variação é mais baixo que o erro de posicionamento admitido para as linhas de costa mapeadas.

Deve ser levado em conta que, quando a análise da variação da linha de costa é feita com um intervalo de tempo grande, esta diferença se dissipa, tornando-se praticamente imperceptível em relação à movimentação da linha de costa (MOORE et al., 2006, PAJAK e LEATHERMAN, 2002).

No geral, a importância de incorporar um deslocamento das linhas de costa na análise das variações da linha de costa depende de vários fatores, incluindo a magnitude do deslocamento, o período de tempo durante o qual as taxas estão sendo medidas e a significância estatística das taxas de variação da linha de costa. Moore et al., (2006) demonstraram que a diferença entre a MHWL e a HWL, na maioria das vezes é pequena e não deve ser uma preocupação na análise. No entanto, advertem que, dada a convergência de vários fatores, incluindo uma praia pouco inclinada, um intervalo de medição moderadamente curto e uma taxa de mudança rápida o suficiente para ser significativo, estas diferenças pode se tornar percentualmente significativas nas taxas de variação da linha de costa, o que não acontece com o litoral aqui estudado.

A posição de qualquer indicador de linha de costa usado em praias arenosas é por definição variável por causa da variação natural das praias e é importante ter ciência desta variabilidade (PAJAK e LEATHERMAN, 2002). Além disso, o balanço natural das praias, descrito por Short (1999), que controla o aporte e saída de

sedimentos no sistema é dinâmico e contribui para uma estabilidade relativa da linha de costa por um período de meses (ALFREDINI e ARASAKI, 2009).

A escolha deste indicador neste estudo partiu principalmente pela normal usabilidade deste indicador de linha de costa. Autores como Mazzer (2007), Barman et al., (2015), Rocha et al., (2010), Maroni et al.,(2015), usam este indicador como referência da linha de costa. Além disso, o trabalho de autores como Moore (2006), Ruggiero et al., (2003) e Pajak e Leatherman (2002) corroboram o uso deste indicador como apropriado.

MÉTODOS DE MENSURAÇÃO DA TAXA DE EROSÃO

Boateng (2012) com objetivo de avaliar a erosão costeira digitalizou uma linha de costa mais antiga a partir de uma carta do século 19, e depois interpretou outra linha de costa de uma imagem LANDSAT, comparando as duas após os processamentos de retificação das imagens. Para a estimativa de território perdido e razão da mudança, Boateng (2012) usou linhas perpendiculares – transectos – com espaçamento de 1 km entre duas posições de costa diferentes tempos, medindo ao longo de cada um dos transectos a distância entre as linhas de costa. Dessa maneira, avaliou os valores negativos como retração e os valores positivos como avanço na linha de costa. O método valor quadrático médio (RMS) foi usado para aferir a acurácia dos dados obtidos, chegando a +- 0,4m de erro. Após este passo, calculou também a média da taxa de variação dos polígonos obtidos através de uma equação que usa a razão do somatório dos comprimentos dos transectos pelo intervalo temporal e linhas transversais.

Souza (2016) descreve o uso de transectos paralelos entre si e perpendiculares à linha de costa com intuito de medir as distâncias horizontais de deslocamento temporal das linhas analisadas. Ele usou o software DSAS para calcular estes deslocamentos e a consequente taxa de movimentação da linha de costa.

A metodologia apresentada por Chaaban et al., (2012) para calcular a mudança da linha de costa baseia-se nos mesmos princípios de vários autores. Primeiro buscar fotos aéreas de boa qualidade e datas diferentes, processar estas imagens para que estejam corretamente georreferenciadas, criar vetores num

software de geoprocessamento, criar um banco de dados com estas informações e analisar as linhas obtidas através de geoprocessamento. Em função da grande quantidade de transectos cruzando as linhas de costa, foi criada uma rotina de processamento no software ArcGIS®, tornando os cruzamentos automatizados. Neste trabalho Chaaban et al., (2012) estipularam a margem de erro de +- 5m, podendo dobrar em casos de datas diferentes.

Bernatcheza et al., (2011) apresentam um índice do balanço de sedimentos em uma praia, que representa o prisma de sedimentos numa linha perpendicular à costa, usando uma média simples entre as variáveis altura e distância entre a costa e o limite de espraiamento. Este balanço de sedimentos pode ser usado para monitoramento do volume de areia numa praia, indicando se há perda ou ganho de sedimento, apontando erosão ou acreção na praia.

Ryabchuk et al., (2010) com intuito de determinar uma taxa de erosão/acreção de praia realizaram um monitoramento de variáveis de praia como largura da praia, composição e análise granulométrica de sedimentos e condição da duna frontal, além da determinação da linha de costa em dois momentos temporais distintos através de imageamento de alta resolução. Com estas informações fizeram uma análise retrospectiva estabelecendo os trechos do litoral que permanecem estáveis, e os que tiveram erosão ou acreção do período estudado. Os mesmos autores usaram também um sonar de varredura lateral em águas rasas para poder interpretar feições de fundo variáveis sazonalmente.

Outros métodos usados para calcular a taxa de erosão são as modelagens. Cherdvong et al., (2009) utilizaram o aplicativo LITPROF que apontou que ondas de tempestade poderiam ser responsáveis pela média da taxa de erosão encontrada nas praias estudadas.

IMAGENS DE SENSORES REMOTOS

O uso de imagens de sensores remotos é fundamental no processo de análise ambiental (MENESES, 2001), sendo úteis na determinação do risco de erosão costeira. Neste trabalho as imagens serviram de fonte de dados para o mapeamento das linhas de costa nos diferentes anos analisados.

Atualmente aplicativos como o Google Earth têm coleções de dados por vezes mais robusta do que as encontradas em órgãos governamentais ou Universidades, tornando acessível dados de sensores remotos de alta resolução através de uma série temporal. Não obstante, até poucos anos, o uso de imagens de alta resolução era restrito devido principalmente aos elevados custos. Entretanto, com a disponibilização destas imagens de alta resolução espacial no Google Earth, de forma gratuita, surge uma nova tendência para mapeamentos temáticos e monitoramento ambiental (OLIVEIRA et al., 2010). A ampliação na possibilidade de utilização dessas imagens em softwares de Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) favorece o detalhamento de mapeamentos em escalas maiores e também auxilia diferentes processos em escalas regionais.

A acurácia do georreferenciamento das imagens supracitadas nem sempre era suficientemente boa, principalmente quando usadas em escalas de detalhes e em regiões onde faltam pontos de controle de solo. Atentos a este problema, em 2008 o Google iniciou um projeto chamado “*Ground Truth*” para incrementar a acurácia em produtos geográficos, usando dados de fontes oficiais. Como resultado, o Google Earth é usado atualmente pela comunidade científica em seus projetos como em Duhl et al., (2012) que usaram estas imagens para estimar a cobertura vegetal em áreas urbanas e em Peruccacci et al., (2012) que usaram para mapear escorregamentos. Oliveira et al., (2010) afirmam que padrão de exatidão cartográfico para imagens do Google Earth é de 1:15.000, considerado por eles adequada e compatível com atividades para planejamento ambiental a nível municipal. Não obstante, os autores sempre alertam para o cuidado com a acurácia das imagens. Assim, Paredes-Hernandéz et al., (2013) e Sousa (2015) reafirmam a necessidade de avaliações de precisão no uso destas imagens.

CAPÍTULO 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo são apresentados os materiais e métodos utilizados para determinar as variáveis que levaram a criação de índices de vulnerabilidade social e física para a determinação do risco de erosão. Também são explicados os procedimentos de normalização destas variáveis, a inserção geográfica e o cálculo final do risco a erosão costeira para o trecho de litoral aqui estudado.

No estudo de relações entre homem e natureza, a abordagem sistêmica é um método vigente (LIMBERGER, 2006). Sistemas podem ter diferentes conceitos, mas basicamente seguem os preceitos ditos por Bertalanfy (1973) que define sistemas como “um conjunto de elementos que se relacionam entre si, com certo grau de organização.” Assim, a abordagem sistêmica é usada neste trabalho, com ênfase nos geossistemas que para Sotchava (1977) são “formações naturais experimentando, sob certa forma, o impacto dos ambientes social, econômico e tecnogênico”.

Do ponto de vista dos elementos físicos, é notória a importância da mensuração variação da linha de costa para entender o comportamento morfodinâmico de praias em relação à erosão costeira. As taxas de movimentação da linha de costa são fundamentais para determinação do risco de erosão no litoral. Em consonância com a ameaça da erosão está a distância dos imóveis e infraestruturas em relação à linha de costa atual, variável também usada para o cálculo do índice de vulnerabilidade física.

Do ponto de vista dos elementos socioeconômicos, a abordagem se dá através na análise da vulnerabilidade social, que é fundamental para entender quais as características socioeconômicas da população que está sob a ameaça da erosão costeira, por seguinte, em risco. Fica também notória, após a revisão de conceitos, que as variáveis envolvidas nesta análise são prioritariamente a população e a sua renda, além do valor financeiro das edificações e infraestruturas.

As variáveis analisadas são atreladas espacialmente a setores censitários usados como unidade de análise espacial e que, traduzidas em índices físico e socioeconômico combinados entre si, compõem a análise do risco. Esta análise obteve um valor de risco à erosão costeira que é condizente com os conceitos atribuídos ao risco perante as ameaças naturais, dentro das Geociências. A metodologia proposta é passível de replicação por órgãos gestores do litoral, com intuito de direcionar melhor os investimentos provenientes da arrecadação fiscal.

A vulnerabilidade – social ou física – deve ser determinada a partir de diferentes tipos de indicadores, ou variáveis. Estas podem representar algo dinâmico ou estático, com valores que podem ser discretos ou contínuos, e qual opção de variável a ser usada varia conforme a natureza do estudo. O desafio atual, de

acordo com Lins-de-Barros (2010), é sintetizar em um único valor toda a gama de informação de naturezas diferentes. A mesma autora ressalta que “a maioria dos índices conhecidos internacionalmente são quantitativos, resultado de uma formulação matemática objetiva, geralmente simples, apesar de envolver em processos estatísticas complexas” (LINS-DE-BARROS, 2010. p 81).

Neste trabalho se prioriza buscar a informação que está em domínio público, ou seja, todas as variáveis usadas são facilmente encontradas e passam por procedimentos simples de formatação. Isto corrobora com as afirmações antes usadas de evitar o uso excessivo de variáveis, que podem mascarar a realidade e nem sempre correspondem às características do lugar. Bem como, o livre acesso a informações democratiza a obtenção dos resultados e torna possível a replicação da metodologia em diferentes situações. Assim, a seguir é apresentado um quadro com as bases de dados usados nesta pesquisa:

Dado	Escala	Data	Fonte
Base Cartográfica	1:5.000	2016	Prefeitura de Matinhos
Fotografias aéreas	1:25.000	1950 e 1980	ITCG
Imagens orbitais	Alta resolução	2003 e 2009	Google
Setores Censitários, Renda e População	Até 1:10.000	2010	IBGE
PGVI	Até 1:50.000	2009	Prefeitura de Matinhos

Quadro 3.1 - Dados usados neste trabalho, compilados de fontes públicas.

O uso de informações livres é notado na compilação dos setores censitários vetorizados oriundos do IBGE e na base cartográfica que foi fornecida pela prefeitura de Matinhos no ano de 2016. Esta base contempla a união de informações vetorizadas oriundas de projetos como o Paranacidade e neste trabalho foram usados dados sobre limites políticos, drenagens, arruamento e áreas protegidas. Todas as informações vetoriais compiladas passaram por processos de edição para integrar um Sistema de Informações Geográficas (SIG) para geração de cruzamentos e informações derivadas de dados inseridos. Além de vetores, as imagens usadas também são de domínio público, como as imagens do Google Earth.

A associação dos elementos físicos e sociais resultou no risco à erosão costeira, calculado para cada setor censitário da orla do litoral de Matinhos. Esta combinação se deu através da sobreposição espacial destes elementos, em

ambiente SIG. Esta técnica é corroborada por autores como Cutter et al.,(2001), O'Brien et al., (2004) e Zahran et al., (2008), além de estar em acordo com uma visão sistêmica da paisagem. O fluxograma dos procedimentos metodológicos e etapas seguidas nesta tese está ilustrado na Figura 3.1.

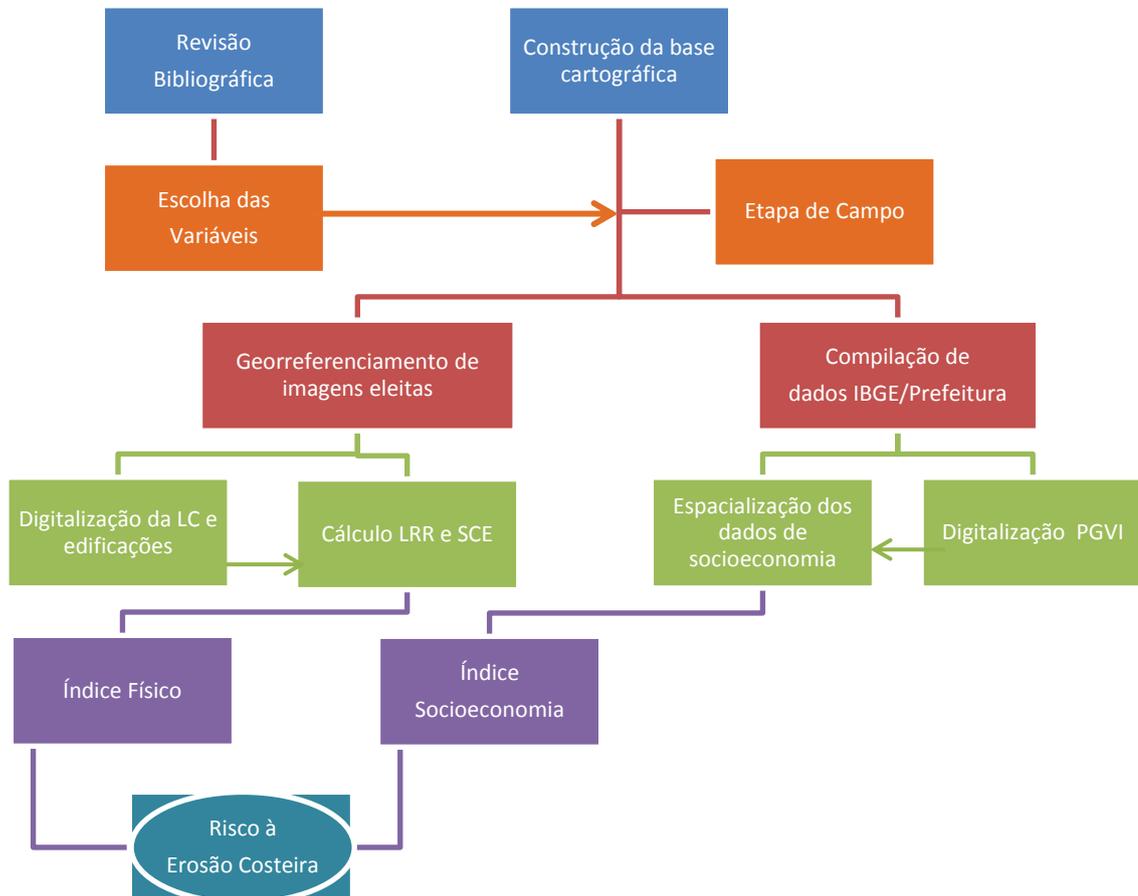


Figura 3.1 Fluxograma da metodologia usada para obtenção do Risco à Erosão Costeira

3.1 VARIÁVEIS SOCIOECONÔMICAS

POPULAÇÃO E RENDA

Num trabalho que visa o cálculo do risco à determinada ameaça, deve-se considerar a condição social da população envolvida para determinar a vulnerabilidade. Neste sentido há trabalhos que tratam da vulnerabilidade social como Cutter (2001), Braga (2006) e Bernatcheza (2011) que focam na resiliência da população como fator preponderante em relação a sua vulnerabilidade, em que há uma relação direta entre população mais resiliente com menor vulnerabilidade.

Na avaliação da vulnerabilidade social considerada, é pressuposto que existe uma população exposta ao perigo da erosão costeira em que, conforme Cutter (2011) e Braga et al., (2006), as condições socioeconômicas da população ameaçada é diretamente proporcional à sua resiliência perante o perigo. Nesta análise não estão sendo avaliadas as percepções da população em relação a este problema, tão pouco dados sobre educação e idade, mesmo que estas variáveis possam indicar uma condição de resposta ao perigo relacionada à sua percepção. As variáveis renda e densidade demográfica mostram-se mais pertinentes num cálculo direto da probabilidade do risco (BERNATCHEZA et al., 2011; ALVES, 2006), porque explicita quantas pessoas estão expostas e qual sua capacidade financeira para enfrentar a erosão costeira, condição *sine qua non* para a avaliação da resiliência socioeconômica e da quantidade de pessoas que seriam afetadas em caso de um desastre ocasionado pela erosão costeira.

Na metodologia ora proposta, os dados de renda e demografia foram extraídos do Censo Demográfico Brasileiro, realizado no ano de 2010. Para o IBGE (2010), os censos contribuem para o planejamento adequado do uso de recursos, decidindo investimentos e definindo políticas públicas. Os dados do censo são relacionados a setores censitários, que correspondem a unidades territoriais com controle cadastral. Os setores são discretizados, porém cobrem áreas contíguas em limites político-administrativos e territoriais não necessariamente diversas. Os setores censitários ainda permitem a espacialização da informação cadastral através de ferramentas de geoprocessamento, pois cada setor censitário tem um código, possibilitando relacionar os dados das tabelas do IBGE com a feição geográfica de cada setor. Deste modo, no SIG, cada setor censitário é uma entidade com posicionamento geográfico e possui uma lista de atributos associados a ele.

O município de Matinhos é compartimentado em 56 setores censitários urbanos e destes, 31 setores fazem parte da orla do município. Foram estes 31 setores os usados para o cálculo da vulnerabilidade social, porque uma das faces destes setores censitários é coincidente com a linha de costa. Deste modo, a população que reside afastada da linha de costa não foi analisada nem contabilizada para este cálculo de vulnerabilidade social em relação à erosão costeira. Porém, estes outros setores que não estão na orla do município auxiliam a entender um

pouco da dinâmica social deste território e farão parte das análises finais, principalmente no que tange a ocupação urbana do litoral.

Para uma representação da população que reside junto à orla, foram mapeadas as aqui denominadas “quadras do mar”, que correspondem à ocupação urbana da primeira quadra e sua contígua em direção ao continente, a partir do posicionamento da linha de costa (Figura 3.2). Estas quadras foram extraídas a partir da base cartográfica do município de Matinhos, tendo as imagens de sensores remotos disponíveis na base atual do Google Earth.



Figura 3.2 - Área proporcional (azul escuro) de área urbana (azul claro) em cada setor censitário (limite preto).

A partir da definição das “quadras do mar” e da área urbana – de acordo com as imagens do Google Earth de 2016, foram comparados os limites dos setores censitários com a interpretação das áreas urbanas, e após esta comparação, estes polígonos foram cruzados com as duas primeiras quadras do mar. Para obtenção de resultado mais próximo à realidade da base dos dados censitários, calculou-se a proporção entre área urbana total de cada setor e a área representada pelas “quadras do mar”. O resultado é um índice da área urbana que está na orla em relação ao total de área urbana de cada setor. Este índice serviu para estabelecer a mesma proporção nos valores da variável demográfica. Por exemplo, no setor censitário 02, a área urbana corresponde a 100% da área urbana das quadras do mar, então a população que reside nesse setor corresponde a 100% do valor encontrado na base do censo. Já o setor 23 tem 17% da área urbana nas quadras do mar, sendo calculado então o valor de 17% da população neste espaço. Estes valores foram a base para extrair dados dos setores de modo proporcional nas quadras do mar e estimar qual a população que está neste espaço, e conseqüentemente exposta ao perigo da erosão costeira.

Para a determinação da vulnerabilidade social foram eleitas as variáveis que informam a renda e população, visando avaliar quantas pessoas estão expostas diretamente a ameaça da erosão costeira e qual sua condição financeira para se reestabelecer em caso de desastre provocado por esta ameaça. Lins-de-Barros (2010) usa as variáveis renda e número de habitantes, derivados de informação do censo (IBGE, 2010), para determinar a vulnerabilidade social. Estas variáveis podem mostrar o cenário socioeconômico de um espaço ocupado, com base na localização espacial dos setores censitários.

As variáveis escolhidas foram separadas da tabela original denominada Básico, do Censo Demográfico 2010, mantendo o atributo de localização e o código de cada setor. Foram selecionadas as seguintes variáveis da tabela/planilha:

- Variável V002 – “moradores em domicílios particulares permanentes ou população residente em domicílios particulares permanentes”. Esta variável informa quantas pessoas estão expostas ao risco;

- Variável V005 – “valor do rendimento nominal médio mensal das pessoas responsáveis por domicílios particulares permanentes (com e sem rendimento)”. Esta variável informa a disponibilidade financeira das pessoas de cada setor censitário.

Deste modo foi criada uma tabela com as variáveis e atributos de cada setor censitário, importada para ambiente SIG, onde foi realizada a operação *join* (junção) para estabelecer a relação geográfica entre o setor censitário e as variáveis escolhidas dos dados agregados do censo.

Conforme dita IBGE (2010), deve ser observado que as unidades domiciliares pesquisadas que determinam a contagem da população são classificadas nas seguintes categorias: domicílios particulares, permanentes ou improvisados, ocupados; domicílios particulares permanentes fechados; domicílios particulares permanentes vagos; domicílios particulares permanentes de uso ocasional; e domicílios coletivos com ou sem morador. Na divulgação das informações são consideradas as contagens das categorias domicílios particulares ocupados e os domicílios fechados na hora da entrevista. Ainda vale ressaltar que neste último caso o IBGE faz uma estimativa dos moradores de domicílios fechados para pressupor a população residente em cada setor.

Após a espacialização das variáveis em relação aos setores censitários foram selecionados os polígonos correspondentes à área urbanizada da orla do município, e os dados foram normalizados em escala de 0 a 1 para poder ser calculado o índice de vulnerabilidade socioeconômica. A normalização foi feita a partir dos valores máximos e mínimos para as variáveis, escalonando estes valores através da regra de três, para obtenção de valores na escala percentual. A normalização transformou as variáveis em um modo contínuo sem discretizar as informações.

Foi considerado no caso da população o fato de que quanto mais pessoas atingidas, maior a vulnerabilidade, e conseqüentemente, poucas pessoas em determinado espaço a vulnerabilidade será menor. Em relação à renda foi considerado que quanto maior a renda, menor a vulnerabilidade, por conseguinte, uma renda menor pressupõe uma maior vulnerabilidade. Os valores proporcionais das variáveis foram então transformados segundo os valores de vulnerabilidade

definidos por Varnes (1984), que variam de 0 a 1. Em trabalho sobre definição de índices de sustentabilidade municipal, Braga et al. (2006) realizaram análise de correlação para eliminar redundâncias e converteram todas as variáveis em uma escala numérica única. Ressalta-se que no mesmo trabalho, eles não atribuíram peso às variáveis por não haver confirmação científica sobre qual variável seria mais importante no sistema. No trabalho aqui apresentado, a normalização das variáveis escolhidas tem a mesma função. Para se adequar aos conceitos de Varnes (1984), em cada variável foram definidos valores máximos e mínimos, normalizando estes valores em escala de 0 a 1, ou percentual. Esta padronização de variáveis é requisito fundamental para evitar inconsistência nos dados.

VALOR DOS IMÓVEIS

Atualmente o mercado imobiliário tem mecanismos para mensurar o valor de um imóvel, e é claro que o tamanho do imóvel e as condições de preservação são fundamentais para calcular seu valor. Num estudo sobre o mercado imobiliário de Aveiro (Catalão, 2010), a autora usa modelagens hedônicas que fazem uma relação entre o preço do imóvel e as diversas características, procurando perceber os atributos mais importantes na definição do preço de um imóvel. No referido estudo são analisadas características intrínsecas e extrínsecas, de modo que cada imóvel é único, porém a autora *op. cit.* alerta sobre a citada redundância de variáveis.

Entretanto, em estudos de análises espaciais de escala municipal, Catalão (2010) afirma que o valor individual de cada imóvel dilui-se em relação a sua localização geográfica, pois, apesar das condições de um imóvel serem atrativas, sua localização pode influenciar negativamente o preço consideravelmente, sendo que o inverso é verdadeiro, isto é, um imóvel “bem localizado” pode agregar bastante valor. Então, para mensurar o valor de edificações, o posicionamento no espaço é um atributo a ser avaliado. E novamente o mercado imobiliário, agora em conjunto com o Estado, tem padrões para definir o preço dos imóveis com base na localização.

Buscando padronizar o valor desta variável e usar dados públicos, optou-se por usar como referência de valor imobiliário a Planta Genérica de Valores Imobiliários (PGVI). Ela consiste em uma planta baixa do arruamento do município, onde são localizadas as frentes dos quarteirões e definidos valores médio unitários

de metro quadrado de terreno e de construção, originais ou corrigidos, para a apuração do valor de venda de imóveis. A partir deste instrumento e atributos como tamanho e material da construção, é calculado o valor do Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU), e o Imposto sobre Transmissão de Bens Imóveis (ITBI).

Para este estudo, as informações da PGVI foram cedidas pela Prefeitura Municipal de Matinhos em meio digital e compõe-se de um mapa com as quadras da cidade e seus respectivos valores financeiros (figura 3.3). Os valores indicados pela PGVI são determinados pela própria prefeitura, através de departamentos voltados a tributação, e são definidos conforme as características de cada localidade, como infraestrutura disponível. Todavia, a memória do cálculo destas cotações não é completamente explícita nos documentos consultados das prefeituras. Independente das variáveis incluídas na determinação dos montantes equivalente ao m² construído em cada face de quadra, ou dos valores praticados por imobiliárias, as cifras indicadas pela PGVI são as oficiais, inclusive em caso de sinistros. Esta informação é fundamental para também mensurar os valores financeiros envolvidos no caso de um desastre. Em Matinhos a PGVI é regida pela Lei Municipal N° 1266/2009.

Para Carvalho (2011) a PGVI é uma “presunção oriunda do Poder Executivo, que tem como objetivo atribuir os valores médios de metro quadrado de terreno e de construções a partir índices pré-determinados”, visto que apurar individualmente cada um dos imóveis é trabalho hercúleo. Na década de 1940, o estado de São Paulo foi pioneiro no uso deste instrumento, e desde então praticamente a totalidade dos municípios brasileiros escolhem usar a PGVI para avaliar o valor venal de imóveis no município.

O uso da PGVI como variável na determinação da vulnerabilidade social pode ser considerado como eficiente no uso em metodologias, visto que é uma Lei Municipal e está ligada a um componente espacial, diluindo as condições próprias do imóvel, que também são usadas no cálculo do valor venal.



Figura 3.3 - Planta Genérica de Valores Imobiliários (PGVI) para o município de Matinhos, original (Fonte: Prefeitura Municipal de Matinhos, 2009).

Os valores da PGVI do município de Matinhos foram usados para determinar um valor financeiro para as edificações que estão expostas à erosão costeira, na tentativa de mensurar o prejuízo material em caso de desastre causado por erosão (Figura 3.4). Foram usados os valores situados na face diretamente exposta ao mar, calculando um valor médio para cada setor censitário, de modo que, quando há mais de um valor de PGVI para as faces do setor censitário, a média seja um valor unitário para cada setor. Foi considerado o valor da face exposta ao mar por ser a primeira a ser atingida no caso de um problema ocasionado por erosão costeira.

Portanto, além dos valores de quantidade de pessoas e da sua renda, foi considerado no cálculo da vulnerabilidade social o valor imobiliário das estruturas à beira-mar. Esta cifra é importante no cálculo do risco porque a partir dela pode ser determinado o montante financeiro envolvido em caso de desastres, informação fundamental em análises de risco, conforme abordado por Lins-de-Barros (2005).



Figura 3.4 – Cifras da Planta Genérica de Valores Imobiliários, baseada em dados da prefeitura de Matinhos, para as faces de quadra em frente ao mar.

Do mesmo modo que as outras variáveis, para esta informação os valores foram normalizados a uma escala passível de ser cruzada com outras variáveis, por meio de lógica difusa (*fuzzy*), de modo que o maior valor represente 1 – a maior cifra

e 0 a menor, indicando que quanto maior o valor do imóvel, maior é o risco associado, assim como o menor valor está associado com um menor risco, visto que teoricamente imóveis pouco valorizados tendem a ser mais facilmente recuperados em caso de desastre.

ÍNDICE DE VULNERABILIDADE SOCIOECONÔMICA

Após a normalização e inserção dos valores das variáveis população, renda e valor imobiliário, foi calculada a média simples para cada setor censitário, gerando um índice de vulnerabilidade socioeconômica que indica a relação entre a população exposta a ameaça da erosão, o preço dos imóveis que estas pessoas ocupam e sua condição financeira de recuperação frente a um desastre natural como a erosão costeira.

$$IVS = R + P + I/3$$

Onde: IVS = índice de vulnerabilidade socioeconômica, R = Renda per capita (IBGE, 2010), P = % da população em área urbana do setor censitário (IBGE, 2010), I = valor da PGVI na face exposta ao mar (MATINHOS, 2009).

3.2. VARIÁVEIS MEIO FÍSICO

O primeiro passo tomado para a construção da metodologia para determinar o risco de erosão em praias arenosas foi revisar na literatura os conceitos, definições e fundamentos de risco, vulnerabilidade e susceptibilidade costeira. Além destes conceitos, e da questão socioeconômica, a pesquisa bibliográfica envolveu métodos e estratégias de análise da erosão costeira utilizados atualmente e que foram importantes para fundamentar a proposta metodológica aqui apresentada.

LINHA DE COSTA

A revisão apresentada anteriormente mostra claramente que as variáveis fundamentais para a determinação do comportamento morfodinâmico de uma praia são o posicionamento da linha de costa em diferentes períodos de tempo e perfis de praia com o volume de sedimentos calculado para cada trecho.

Nesta tese optou-se por usar a movimentação da linha de costa ao longo de um período de tempo como variável principal na determinação da taxa de erosão no

trecho do litoral paranaense estudado. A partir deste elemento se obtém um valor numérico que pode ser usado para o cálculo da probabilidade do risco de erosão. O levantamento de perfis de praia, apesar de ser uma ferramenta excelente na análise da quantidade de sedimentos da praia, para a análise temporal aqui proposta, apresenta falhas. Estas falhas originam-se da falta de um monitoramento praias instituído, resultando em grandes períodos de tempo sem informações, além da dificuldade de encontrar este tipo de informação disponível, estando normalmente atrelados a instituições de pesquisa. Deste modo, o perfil de praia, não será levado em consideração.

A extração da linha de costa em diferentes momentos de tempo tem o objetivo de produzir uma média da variação métrica anual da linha de costa, que pode ser indicadora de erosão ou deposição ao longo do tempo. Se esta variação tiver uma determinação adequada, poderá gerar modelos preditivos, e assim, projetar a linha no tempo futuro. Para a análise de risco isso é fundamental, pois a partir desta informação pode ser projetado qual local a erosão poderá atingir em determinado período de tempo. No próximo capítulo está inserido um artigo que trata desta projeção futura das linhas de costa, em consonância ao PROCOSTA, programa que, dentre seus objetivos, está o de criar cenários evolutivos da linha de costa nos intervalos temporais de 5, 10, 25, 50 e 100 anos.

Neste trabalho foi usada a interpretação visual de imagens de satélite e de fotografias aéreas para o mapeamento das linhas de costa, cujos procedimentos serão melhores detalhados adiante. Nestas imagens buscou-se mapear esta feição procurando, principalmente, diferenças de cor e textura na área de praia que pudesse representar a HWL, conforme ilustrado na Figura 3.4 a seguir. Com tal finalidade Souza (2016) trabalhou com imagens de diferentes sensores de alta definição espacial, todas compiladas do Google Earth, para compor a série temporal de linhas de costa, e usou-se como principal indicador das linhas a interface das áreas saturadas em água, ou o limite “*wet/dry*”. Para este mesmo autor, “a utilização de diferentes sensores/satélites não compromete a análise visto que a alta resolução espacial dos sensores utilizados permite a identificação com precisão da linha de costa e a obtenção de resultados satisfatórios” (SOUZA, 2016. p. 44).



Figura 3.4 - Exemplos do mapeamento da linha de água alta indicado pelo traço vermelho nas imagens a direita, ou limite “wet-dry” realizado em imagens orbitais de sensores com alta resolução espacial. O mesmo procedimento foi utilizado nas fotografias aéreas.

Numa análise temporal da variabilidade da linha de costa são fundamentais a acurácia e as técnicas de correção dos erros inerentes às fontes de dados (MOORE, 2000). A diminuição destes erros associados a esta análise deriva também das boas práticas. Moore (2000) elenca uma série de técnicas para mapeamento de linhas de costa, e abaixo estão destacadas algumas que foram usadas na análise deste trabalho:

1. *Selecionar a técnica de mapeamento de costa mais adequado ao projeto.* Neste trabalho o mapeamento foi feito através de dados disponíveis, considerando esta premissa como a adequada;

2. *Se mapas históricos serão utilizados, deve-se avaliar a precisão.* As imagens da década de 1950 são as que apresentaram maior dificuldade no georreferenciamento. Mesmo assim, os erros encontrados estão dentro de limites aceitáveis, mantendo a precisão dos dados mapeados;

3. *Usar a mais alta qualidade de sensores remotos.* Atualmente, as imagens de alta resolução distribuídas pelo Google Earth têm uma qualidade gráfica muito boa, permitindo mapeamentos de feições de praia em alta resolução e em escalas de detalhe;

4. *Usar fotografia de maior escala possível e evitar o uso de fotografias de uma escala menor do que 1:20.000.* As imagens de alta resolução usadas na interpretação da HWL podem chegar a escalas de 1:5.000. As fotografias aéreas estão na escala 1:25.000, que não é a ideal, mas está muito próxima;

5. *Ao usar a HWL como proxy, procurar imagens tiradas na primavera ou verão para reduzir o erro na posição HWL, além de evitar imagens pós tempestades na investigação de tendências a longo prazo.* As imagens usadas, principalmente as da série do Google Earth foram tiradas em períodos construtivos das praias, conforme datas apresentadas na sequência;

6. *Realizar uma avaliação global de erro e quantificar o erro total das estatísticas.* Os dados produzidos neste trabalho através do DSAS produziram dados estatísticos de confiança para a regressão linear usada como taxa de variação da linha de costa, que serão discutidos adiante. O RMS das imagens também está adequado à escala de análise, conforme valores apresentados na sequência.

As taxas de erosão são obtidas a partir de cálculos através das distâncias entre as linhas de diferentes anos, usando como referência linhas paralelas entre si e perpendiculares à linha de costa - transectos. Neste trabalho se optou por usar o aplicativo desenvolvido pelo USGS chamado *Digital Shoreline Analysis System*, e que tem como base transectos que cruzam as linhas de costa para a determinação da movimentação da linha de costa ao longo do tempo, além da distância das edificações em relação à linha de costa.

Aqui cabe ressaltar que a análise das taxas de movimentação da linha de costa se dá entre linhas de costa mapeadas. Porém, é importante também determinar a distância entre a linha de costa atual e as edificações que estão

sujeitas a erosão costeira, de modo que as taxas possam ser traduzidas em tempo x distância em relação ao perigo. Deste modo, o processamento desta distância acontece, também, a partir dos mesmos conceitos e ferramentas usadas na determinação das taxas de variação da linha de costa, conforme será explicado adiante.

Deve-se ressaltar que todas as análises espaciais foram realizadas em ambiente de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), com auxílio dos softwares da família ArcGIS® (ESRI), utilizando também o aplicativo *Digital Shoreline Analysis System*, que usa o ArcGIS® como plataforma.

GEORREFERENCIAMENTO DOS IMAGEAMENTOS

As imagens escolhidas para a extração das feições de linhas de costa neste estudo foram as que atenderam os requisitos previamente detalhados, como disponibilidade pública, boas condições de imageamento e que contemplasse um período suficiente para determinar uma taxa de variação de linha de costa conforme parâmetros encontrados em Boak e Turner(2005) e Pajak e Leatherman (2002). Desta feita, foram escolhidas fotografias aéreas de 1951 e 1980 e imageamento de alta definição dos anos de 2003 e 2009.

As imagens da década de 1950 são um conjunto analógico de 5 cenas de um levantamento aerofotogramétrico executado pela Cruzeiro do Sul S.A., em escala 1:25.000, cedidas pelo Instituto Ambiental do Paraná – IAP, que foram compiladas em meio digital de Bessa (2003). A fim de diminuir as distorções geográficas do georreferenciamento, estas imagens foram recortadas de acordo com os arcos praias pré-definidos e cada trecho de imagem foi georreferenciado em separado. Este processamento foi realizado no ArcGIS®, gerando nestes procedimentos um RMS⁵ geral médio 6,24, compatível com a escala da fotografia original.

⁵ RMS: Em matemática o RMS ou Root Mean Square é uma medida estatística da magnitude de uma quantidade variável. Num georreferenciamento de imagens, descreve o desvio entre os locais de pontos de controle que o usuário insere e os valores de saída, que são calculados pela transformação geográfica que a imagem é submetida. Os valores aceitáveis para o RMS são variáveis e dependem da precisão original do dado e a escala do mapa fonte, ou da precisão do GPS em que se coleta os pontos de controle de solo. (Meneses, 2001).

As fotografias da década de 1980 têm escala de 1:25.000 e foram compiladas em meio digital, e, do mesmo modo que as de 1951, também foram separadas por arco praial. Em seguida foram georeferenciadas no ArcGIS®, resultando RMS médio de 3,73, também compatível com a escala das fotografias originais.

Na plataforma do Google Earth as imagens mais recentes foram eleitas de acordo com as premissas antes detalhadas, dentre as imagens disponíveis naquele aplicativo. Os imageamentos disponíveis em alta resolução são a partir do ano de 2001 até 2016, totalizando 15 anos de recobrimento. Foram eleitas as cenas captadas preferencialmente após o período de verão, e que respeitassem um intervalo de 5 anos, que representa a média deste período. Deste modo, foram escolhidos os recobrimentos de 2003 e 2009, porque eles têm um intervalo de 6 anos entre si e 2009 com 2016⁶ são 7 anos. Além disso, possuem cenas datadas do final do verão, março/2003 e maio/2009.

Após a exportação de imagens independentes de cada arco praial, a partir do Google Earth, foi feito um novo georreferenciamento usando informações cartográficas oriundas da base cartográfica usada no trabalho, além de apoio de cartas topográficas e informações de campo. Estes recortes foram georreferenciados com auxílio do software ArcGIS® e tiveram como RMS médio geral 1.38.

As imagens mais antigas usadas neste estudo tiveram um RMS maior do que as imagens mais atuais, o que é uma situação esperada, principalmente porque o número de pontos de controle na imagem diminui drasticamente, sem considerar as distorções provenientes do escaneamento do papel para gerar a versão digital. Os desenvolvedores do software ARC/INFO™ recomendam que, para manter uma alta precisão dos dados geográficos, o RMS deve ficar em torno 0,004 polegadas e 0,008 polegadas para dados com menor precisão (ESRI, 2011). De acordo com a *United States National Map Accuracy Standards*, que divulga dados no site do USGS, os mapas em escala 1:20.000 ou menores não devem ter mais que 10% dos

⁶ A linha de costa de 2016 foi obtida através de caminhamento em campo, com método que será explicado adiante.

pontos de verificação com erro em faixas maiores do que 1/30 polegadas em torno dos pontos verdadeiros, e em escala maiores que 1:20.000 não mais que 1/50. Isto significa que escala de 1:25.000 a faixa de erro está entre 4,5 a 15m, tendo o valor ideal em 5,75m, colocando como aceitáveis os RMS resultantes dos georreferenciamento realizados neste trabalho.

TIPO	ESCALA	ANO	RMS
Fotografia aérea	1:25.000	1951	6,24
Fotografia aérea	1:25.000	1980	3,73
Imagem orbital	Alta resolução	Março/2003	1,23
Imagem orbital	Alta resolução	Maio/2009	1,54

Quadro 3.2 –Resumo das características das imagens usadas na interpretação das linhas de costa para este estudo.

MAPEAMENTO DO INDICADOR DE LINHA DE COSTA

Após a inserção das imagens georreferenciadas no SIG criado para as modelagens, foi realizada digitalização em tela, usando ferramentas próprias do *software*, em todas as imagens selecionadas.

Serviu como indicador de linha de costa a WHL, registrada em todas as imagens e com fácil visualização e mapeamento. Este indicador marca a diferença de cor na areia da praia seca e a praia úmida, sendo esta característica bastante evidenciada tanto nas imagens de alta resolução quanto em fotografias aéreas. Para cada imagem da série mapeada foi gerado um vetor que foi incluído como *shoreline* no aplicativo DSAS, onde foi analisado espacialmente. Além das linhas de costa também foi digitalizada a linha do início da ocupação urbana por infraestruturas e imóveis. Foram consideradas construções como calçadas e arruamento que, apesar não configurarem um lugar de domicílio, são construções e infraestruturas usadas pela população, edificadas através de investimentos financeiros, as últimas, normalmente pelo poder público. Esta linha de edificações mapeada é crucial para determinar a distância de cada imóvel e seus residentes e comparar com as taxas de variação da linha de costa que foram calculadas.

ETAPA DE CAMPO

Nos dias 3 e 4 de abril de 2016 foi realizada uma etapa de campo com objetivo de coletar a linha de costa no tempo atual, e também para coletar

informações sobre a infraestrutura existente nas praias estudadas. Foi feito um caminhamento usando como referência de linha de costa a diferença entre a praia seca e a praia úmida, isto é, a linha de água máxima de preamar ou HWL, e coletando estas informações com um GPS GARMIM modelo GSX60 Handheld. Além disso, foram percorridas as ruas da orla com máquina fotográfica, para registro visual da infraestrutura de cada trecho com diferentes valores de PGVI.

Os Sistemas de Posicionamento Global (GPS), principalmente os chamados diferenciais, são as mais novas técnicas utilizadas para levantar a linha de costa com precisão (BAPTISTA et al., 2011), principalmente em levantamentos extensos, em função da facilidade da aquisição. Os GPS de precisão centimétrica são as ferramentas mais usadas hoje em levantamentos topográficos, porém para o mapeamento aqui descrito, o GPS utilizado tem precisão métrica, que varia de 0,30 a 1,00m, considerado suficiente para a análise aqui proposta.

Este levantamento foi de importância fundamental, pois mostrou o momento atual da linha de costa, e pôde ser comparado com os outros dados multitemporais. Foi realizado também outro levantamento de campo em período de inverno, mas este não foi colocado no modelo proposto, porém pode ser usado para análises de curto prazo, visando identificar a variação da HWL em curto prazo.

Nos dias de campo foi possível observar nitidamente o limite de ação de ondas naquelas praias, evidenciado pela linha de detritos, por vezes coincidente com a HWL (fotografia 3.1). Deve-se notar que, em casos de frentes frias mais severas, este limite de ação das ondas de tempestade pode mudar, avançando ainda mais em direção ao continente. Porém este momento que foi registrado é coerente com a média do limite de ação de ondas nestas praias, tendo sido confrontado com as imagens de alta resolução do ano de 2016.

Este caminhamento mostrou-se importante também para observar características de cada praia, e comprovar através de fotos as diferenças da morfologia das praias ao longo destes anos. Estas mudanças também podem ser observadas no histórico de imagens no Google Earth, que mostra também a evolução da ocupação urbana.



Fotografia 3.1 – Fragmentos de vegetação acumulados no alcance máximo de ondas de maré alta. Fotografado pela autora em abril/2016.

Numa segunda etapa de campo, realizada em dezembro de 2017, foi feita uma análise mais detalhada de ocupação urbana. Foram coletadas fotografias com exemplos da infraestrutura presente nas praias estudadas, registrando algumas mudanças na infraestrutura da orla na praia Brava de Caiobá. Procurou-se registrar o padrão construtivo de cada trecho com valores distintos de PGVI. Estes dados são importantes na discussão do modelo proposto e serão detalhados adiante.

Após as etapas de campo as informações foram processadas e inseridas no banco de dados criado para as análises espaciais dos dados coletados. O cálculo e análise da taxa da variação da linha de costa ao longo do período estudado, além da análise dos padrões de infraestrutura que está exposta ao fenômeno da erosão são resultados das análises espaciais e ambientais realizadas com este banco de dados geográfico, em ambiente de Sistema de Informação Geográfica.

METODOLOGIA DO DSAS

O USGS, em 1992, desenvolveu um aplicativo para o ArcGIS® denominado *Digital Shoreline Analyses System – DSAS*. Este aplicativo tem como objetivo obter

taxas de recuo ou avanço da linha de costa, analisado a partir de uma série temporal de linhas de costa digitalizadas. Funciona na plataforma do ArcGIS®, com auxílio do software de estatística MATLAB. O trabalho de referência do DSAS foi realizado por Thieler et al., (2009) e contém toda a explicação técnica da confecção do aplicativo.

O princípio do DSAS é o mesmo de trabalhos sobre cálculo de taxas de movimentação de linha de costa, com a vantagem de realizar os cálculos de maneira automática. A entrada de dados é feita em formato *geodatabase*, onde estão armazenadas as *shorelines*, a linha base e os transectos, que são usados nas estatísticas para calcular as taxas de avanço e recuo da linha de costa.

As *shorelines* ou linhas de costa são os dados coletados pelo usuário de diferentes maneiras, em diferentes datas. É importante ter uma acurácia adequada da aquisição das linhas de costa para um melhor cálculo estatístico, apesar da existência da ferramenta *shoreline uncertainty field* que pode integrar um erro no cálculo. Para os cálculos das taxas são necessários ao menos duas *shorelines* com diferentes datas para as estatísticas ditas padrão e no mínimo 3 linhas para as estatísticas que usam a regressão linear. As linhas de costa devem ter a data registrada na tabela de atributos, pois a partir da data da linha de costa podem ser medidas as razões multitemporais.

A *baseline* é a linha de onde são “lançados” os transectos. Existem 3 maneiras para se produzir uma *baseline*: Desenhando um novo *shapefile* de linha, paralela à última linha de costa, de modo que cubra a distância a ser calculada; usando a ferramenta de *buffer* com uma das *shorelines* e criando uma linha equidistante da última *shoreline*, como usado nestes trabalho ou; usando uma linha de costa pré-existente. A *baseline* não é usada nos cálculos estatísticos. Ela serve somente como base dos transectos. Estes são linhas perpendiculares às linhas de costa, “lançadas” a partir da *baseline*, e que cortam as *shorelines*. A partir dos segmentos de reta de diferentes tamanhos, criados pela intersecção das *shorelines* com os transectos, é que são realizadas as estatísticas que levarão ao resultado das taxas de erosão ou deposição numa praia.

O DSAS tem 13 cálculos diferentes para mostrar a distância e a relação entre as *shorelines* e as datas. O ponto analisado é o encontro de cada *shoreline* com cada transecto e a distância entre eles. A seguir é mostrada a descrição dos

cálculos usados neste trabalho, que foram realizados através do DSAS, de acordo com o atributo de cada linha de costa.

SCE - Shoreline Change Envelope – mudança total da linha de costa

Usado para determinar a distância das edificações em relação à linha de costa atual. É uma distância, não uma razão. Mede a distância entre o ponto mais próximo e o mais longe da linha base de cada transecto, sem considerar as datas. (Figura 3.5). Neste trabalho esta rotina foi usada para calcular a distância da linha de edificações até a linha de 2016, sendo que o processamento usou somente estas duas linhas.

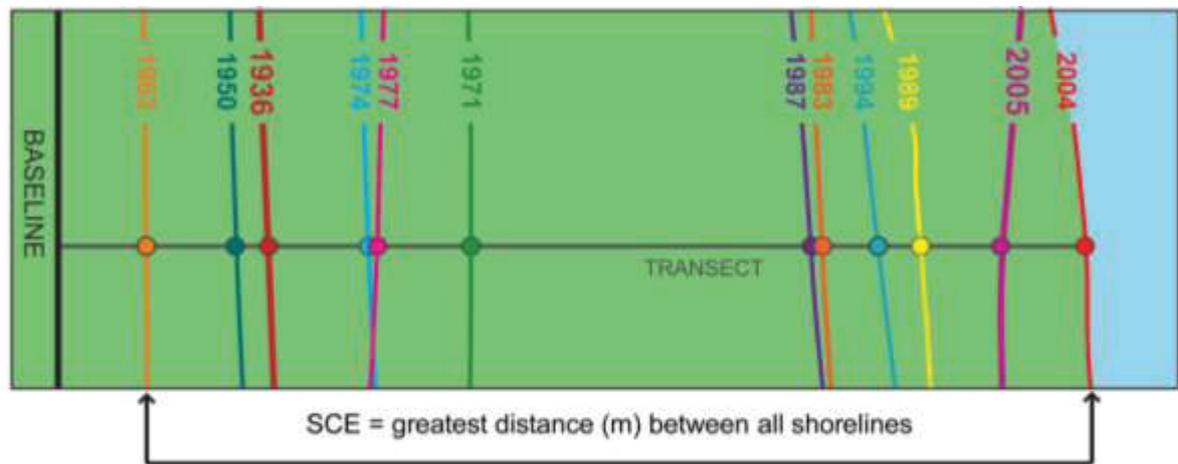


Figura 3.5 - Croqui explicativo sobre o conceito da rotina SCE – Retirado de Thieler et al., 2009.

LRR - Linear Regression Rate – Taxa de regressão linear

Simplificando, é aplicada uma técnica estatística que cria uma linha de regressão com todos os dados usados, para cada transecto. A regressão linear estatística da taxa de mudança pode ser determinada pela montagem de uma linha de regressão com os mínimos quadrados para todos os pontos da linha costeira de um transecto particular. A linha de regressão é colocada de modo que a soma dos quadrados dos resíduos – que são determinados pelo quadrado da distância de deslocamento de cada ponto a partir da linha de regressão, adicionando os quadrados dos resíduos em conjunto seja minimizado. A taxa de regressão linear é o declive da linha (Figura 3.6).

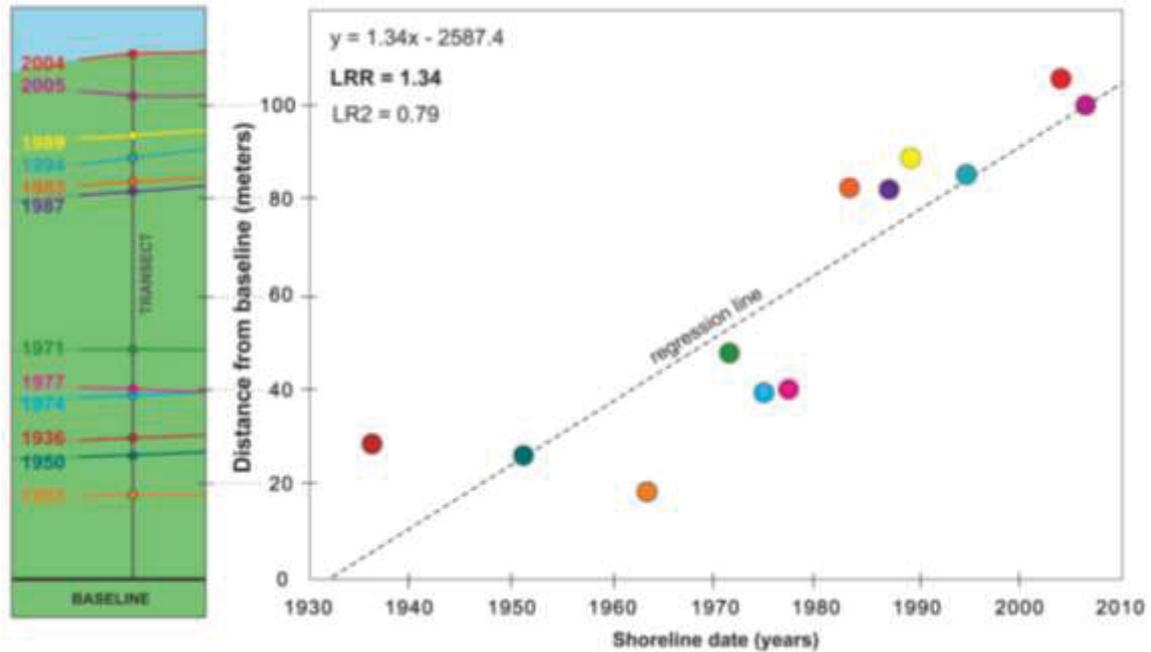


Figura 3.6 - Croqui explicativo sobre o conceito da rotina LRR. Retirado de Thieler et al., 2009

O método de regressão linear do DSAS inclui os seguintes recursos:

- São usados todos os dados, independentemente de mudanças de tendência ou precisão;
- O método é puramente computacional;
- O cálculo é baseado em conceitos estatísticos aceitos;
- O método é fácil de empregar (DOLAN et al., 1991).

No entanto, o método de regressão linear é susceptível a desvios extremos e também tende a subestimar a taxa de variação em relação a outras estatísticas, tais como o EPR (DOLAN et al., 1991; GENZ et al., 2007). Em conjunto com a taxa de regressão linear, o erro padrão da estimativa (LSE), o erro padrão da inclinação com intervalo de confiança selecionado pelo usuário (LCI), e o valor de R-quadrado (LR2) são relatados.

Mesmo subestimando as taxas encontradas, a Taxa de Regressão Linear pode ser considerada mais ajustada aos dados, pois oferece o erro padrão da estimativa e o R-quadrado, fundamentais para estabelecer a confiança dos dados. O intuito de usar esta análise da taxa de variação da linha de costa neste trabalho fundamenta-se por ser uma variável no cálculo do risco, que é uma probabilidade.

Então, quanto mais bem determinada a variável estatisticamente, melhor será o resultado de modelagens.

INSERÇÃO NO DSAS

As linhas de costa interpretadas foram inseridas no software ArcGIS®, dentro de um *geodatabase* criado para esta modelagem. Estes dados fazem parte de um SIG, ambiente que possui ferramentas de análise que permitem determinar o estágio evolutivo dentro de um intervalo de tempo estudado.

Estas linhas de costa foram unificadas pelos anos de coleta: 1951,1980, 2003, 2009 e 2016. A linha de costa coletada em campo foi inserida no mesmo banco de dados, tendo como referência o ano de 2016.

O aplicativo DSAS permite que seja definida uma data de aquisição das linhas de costa. Por não ter a data exata da aquisição das imagens de todos os anos, optou-se por padronizar a data de aquisição como 01/01/ANO para cada linha, em todas as datas.

A *baseline* usada para o lançamento dos transectos foi derivada da linha de costa de 2003, com um recuo de 150m para o continente a partir desta linha.

Foram criados os transectos a partir da *baseline*, equidistantes 100m em cada arco de praia, sendo que na praia central o espaçamento é de 50m, em função do menor tamanho desta praia. Foi realizada uma conferência dos transectos, usando somente aqueles que cruzavam todas as linhas de costa de período. Também foram retirados dos cálculos os transectos finais de cada trecho por cruzarem com outros transectos, para evitar distorções na média dos dados.

Após definido o ano de cada linha de costa, foi realizado o processamento das *shorelines* por trecho de praia, sendo estes denominados de praia Mansa, Brava, Central e Riviera, como mostra a figura 3.7. Depois de analisados os resultados, percebeu-se que ainda podem haver separações dentro dos segmentos praias, sendo que os processamentos sobre cenários futuros da linha de costa pautaram-se nestas diferenças, utilizando as quebras naturais dos dados para separar os segmentos da linha de costa usada para compor os cenários.



Figura 3.7 – Indicação de segmentos de praia para a análise. Sentido Sul – Norte os trechos foram denominados Mansa, Brava, Central, Riviera e Costa Azul. (Fonte: elaborado pela autora sobre imagens de Google Inc.)

Mesmo com o cuidado de proceder com as premissas já aventadas anteriormente em relação ao mapeamento das linhas de costas retiradas através de sensores remotos e interpretação em tela, se reconhece a importância da análise de erro que está embutido nestas operações, que serão discutidos no próximo capítulo, principalmente relacionado ao R2 calculado para a taxa de variação da linha de costa calculada por regressão linear.

Para atribuir o valor das taxas de variação da linha de costa calculadas aos setores censitários foi realizada uma separação dos transectos de acordo com os limites dos setores, e calculada uma média dos resultados destes transectos. Este procedimento permite que a taxa de variação de linha de costa seja limitada aquela posição geográfica, garantindo um resultado mais fidedigno para cada setor censitário, contribuindo para uma distribuição de resultados de variáveis compatível com a unidade de análise final deste estudo. Ressalta-se que o número de transectos por setor censitário é variável, porque isto depende do formato geométrico e da relação espacial dos setores com os transectos criados. Esta característica não deforma os cenários de cada setor censitário, mas reforça a relação espacial dos componentes analisados refletindo nos valores obtidos pelas médias.

DISTÂNCIA ENTRE EDIFICAÇÕES E LINHA DE COSTA

A taxa de variação da linha de costa, obtida para o conjunto de linhas extraídas para o município de Matinhos não indica valores em relação às edificações da orla, somente entre linhas de costa, conforme já explicado anteriormente. Porém, dentro das estatísticas fornecidas pelo software DSAS existe o algoritmo SCE, anteriormente descrito, que calcula a distância entre linhas de costa, sem considerar a data. Este cálculo resulta numa distância simples entre duas linhas de costa, medindo em metros o intervalo entre estas linhas. Partindo deste princípio, foi mapeado o limite entre a infraestrutura da orla, como arruamento ou edificações, e a praia propriamente dita, seja com restinga ou areia, resultando numa feição gráfica linear, denominada aqui de linha de edificações.

Do mesmo modo como foram inseridas as linhas de costa mapeadas para as praias analisadas no DSAS, criou-se outro arquivo *geodatabase* composto pela linha de edificações e a linha de costa do ano de 2016, além dos mesmos transectos usados para a rotina LRR. Estas duas linhas foram processadas em ambiente DSAS, e, a partir do algoritmo SCE, foram determinadas as distâncias entre a linha de costa atual e a linha de edificações.

Este produto complementa o resultado encontrado com as taxas de variação da linha de costa porque a partir destas duas variáveis foi possível prever cenários

em diferentes intervalos de tempo. E isto é fundamental tratando-se do risco de erosão costeira em frentes urbanas.

Do mesmo modo como foram atribuídas as taxas de variação nos setores censitários, foram separados os transectos em acordo com o limite dos setores e calculada uma média dos resultados e colocado como atributo de cada setor. Isto garante que a média da distância das edificações seja coerente em cada setor censitário.

ÍNDICE DE VULNERABILIDADE FÍSICA

A partir das variáveis taxa de variação da linha de costa e distância das edificações foi criado o Índice de Vulnerabilidade Física ou à Erosão Costeira. O IVF é calculado a partir da normalização destas variáveis e do cálculo da média simples destes valores, indicando a relação entre a distância dos imóveis e a variação da linha de costa.

Apesar da normalização da taxa de variação da linha de costa contemplar tanto valores positivos como negativos, também foi gerado um índice sem considerar os valores positivos desta variação, pois, teoricamente, não seriam locais afetados pela erosão costeira, tendo sido considerado vulnerabilidade zero para estas situações. Deste modo, serão discutidos no próximo capítulo os resultados com taxas positivas de variação da linha de costa e com vulnerabilidade zero para as variáveis da variação da linha de costa positivas.

3.3 CÁLCULO DO RISCO À EROSÃO COSTEIRA

Conforme abordado em capítulo anterior, o conceito do risco a erosão costeira nesta tese é a relação entre a periculosidade da ameaça e a vulnerabilidade da população, traduzidas respectivamente pelos índices de vulnerabilidade do meio físico e o índice de vulnerabilidade socioeconômica.

Assim, com os resultados de cada índice, foram calculados em SIG os valores de risco para cada setor censitário. Estes valores foram obtidos em operação de álgebra entre atributos das tabelas que continham os valores dos

índices, sem ponderações, por não haver nenhuma variável com maior ou menor importância.

$$R = IVS \times IVF$$

Onde: R = risco a erosão costeira, IVS = índice de vulnerabilidade socioeconômica e IVF = índice de vulnerabilidade física.

Em função do índice da vulnerabilidade a erosão costeira ter contemplado valores positivos, interpretados como progradação, no cálculo do risco foram usados os dois índices para traçar os cenários de risco a erosão costeira. Deste modo serão apresentadas duas situações de risco, uma considerando proporcionalmente os valores de progradação e outra considerando que os locais onde existe progradação a vulnerabilidade é zero. Os resultados destes cálculos são apresentados no próximo capítulo.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O trecho do litoral paranaense analisado apresenta diferentes praias com diferentes morfodinâmicas e diferentes ocupações, resultando numa análise preliminar separada por arco praial. Esta separação evidencia as particularidades de cada praia, principalmente em relação ao padrão de ocupação e relação espacial com a dinâmica costeira, mas também mostra que este litoral pode apresentar características semelhantes, quando tratado regionalmente.

Para uma análise de risco a erosão costeira, baseada nos aspectos socioeconômicos em confronto com características morfodinâmicas examinadas, os setores censitários mostraram-se uma unidade adequada para a investigação do tema. Eles preservam as características socioeconômicas e são facilmente correlacionáveis à dinâmica praial a que estão expostos. Assim, os resultados desta tese, apesar de estarem separados por arcos praias pré-definidos, tem como unidade de análise final, cada setor censitário da orla do município de Matinhos, de acordo com os parâmetros já estabelecidos nos métodos de pesquisa.

Neste capítulo são analisados os dados socioeconômicos através das variáveis população e renda, retiradas do censo 2010, e a estimativa do preço das

edificações derivada da planta genérica de valores. Estas variáveis foram fundidas no índice Socioeconômico, usado para o cálculo do risco a erosão.

Foi analisado também o resultado do processamento da movimentação das linhas de costa e a distância em relação à linha atual. Nos resultados obtidos, percebe-se a atuação das refrações e a geração de correntes transversais e longitudinais que promovem uma variação no balanço de sedimentos de todas as praias aqui estudadas, sendo que esta variação é confirmada com a mudança de posição da linha de costa ao longo do tempo. Além disso, feições erosivas e acrescionais observadas confirmam estas variações no balanço de sedimentos.

As taxas de variação da linha de costa, em m/a, analisadas derivam do algoritmo de Regressão Linear do aplicativo DSAS. O fator de erro R2 deste cálculo também foi analisado e os resultados variaram de acordo com características dos dados. Quando a diferença entre as linhas de costa analisadas é muito pequena, o R2 da regressão linear diminui, provavelmente porque a pequena diferença métrica entre as linhas analisadas não reflete um único sentido erosivo ou deposicional. Nos lugares onde houve uma variação positiva da linha de costa bem expressiva, também o erro é maior. Isto pode ser explicado pela dificuldade do algoritmo interpretar dois ciclos distintos de erosão e deposição que foram presentes no período analisado.

Nos locais onde a taxa de variação da linha de costa é nitidamente negativa, acredita-se que desde o início do período analisado houve uma progressão da erosão, a regressão explica mais de 85% dos dados analisados.

Os dados da variação da linha de costa também foram usados para gerar cenários futuros do posicionamento da linha de costa, que seguem nesta tese em formato de artigo. Os resultados da variação da linha de costa medida e os cenários gerados devem ser considerados como uma tentativa de quantificação, que visa melhorar acurácia desta amplitude, colaborando para estudos temporais de maneira mais precisa.

4.1. POPULAÇÃO E RENDA

Os setores censitários do município de Matinhos analisados são todos do tipo urbano, totalizando uma população de 29.083 hab, com renda mensal média variando de R\$ 490,70 até R\$ 3.863,79. Em relação à densidade populacional do território de Matinhos, os setores censitários mais populosos estão localizados na parte interior do município, próximos a Serra da Prata e no entorno da rodovia PR 508, entrada para a área urbana do município. Em contrapartida, os setores menos populosos estão na orla do município, principalmente na praia Mansa e na porção sul da praia Brava.

Analisando espacialmente a variável renda a situação tende a ser o inverso da variável população, quando observamos o município de modo geral. Todavia, a área central do município apresenta cifras equivalentes à algumas porções da orla, igualmente como setores localizados na entrada do município pela BR 508. Além disso, setores mais afastados, próximos ao limite com Pontal do Paraná também apresentam uma renda mais baixa que a porção central e da orla de Matinhos.

Aqui cabe ressaltar que, no caso de Matinhos como em outras cidades com população sazonal de verão, não são totalmente contabilizados na contagem populacional e na renda média os domicílios particulares permanentes de uso ocasional, ou casas de veraneio. Deste modo, a situação social refletida na análise dos dados não corresponde à população flutuante do verão. Mas ainda assim, reflete a condição financeira mais privilegiada da população que possui imóveis na orla de alguns trechos do litoral, principalmente em relação aos imóveis de maior valor na PGVI. Ao considerar os moradores ocasionais, a análise varia, pois a situação econômica destas pessoas é mais estável do que os moradores permanentes, visto que o fato de possuir uma segunda residência já aumenta sua resiliência financeira em face de desastres provocados pela erosão costeira.

PRAIA MANSA

A praia Mansa conta com 4 setores censitários, que foram considerados na totalidade de dados, pois as áreas urbanas estão completamente inseridas no que foi considerado orla do município. A população total nesta praia é de 352 pessoas, com renda média de R\$ 2.137,20 (figura 4.1)

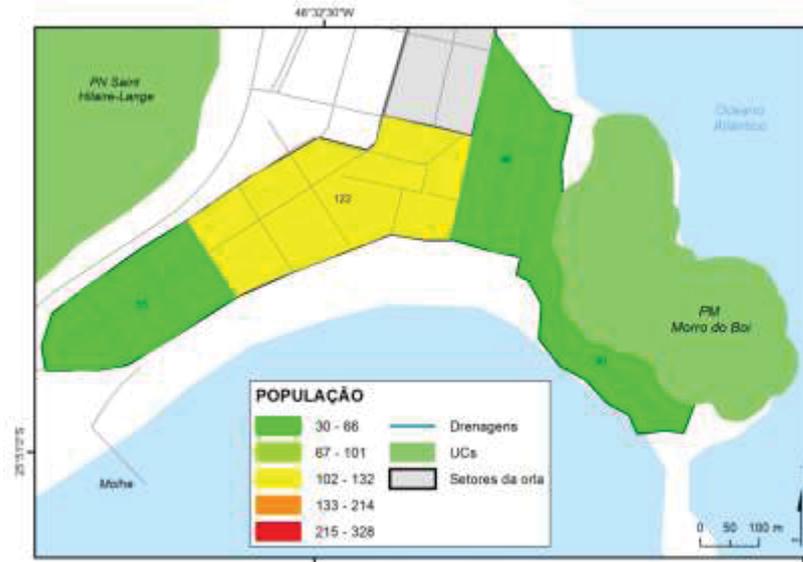


Figura 4.1: Setores censitários classificados de acordo com a variável População para a praia Mansa.

O setor de número 39, mais a oeste deste trecho, é o que tem maior renda média – R\$ 3.260,00 e menor população, com 30 pessoas residentes nesta área, Já o setor 42, o mais a leste do trecho tem a menor renda – R\$ 1.498,00, e uma população de 103 pessoas. O maior setor em área é também o mais populoso e localiza-se no trecho central desta orla, contando com 121 pessoas e renda média de R\$ 2.079,68 (figura 4.2). Deste modo, os dados para a praia Mansa aparentemente apontam uma concentração de renda alta na porção oeste, com o menor número de pessoas vulneráveis neste trecho.

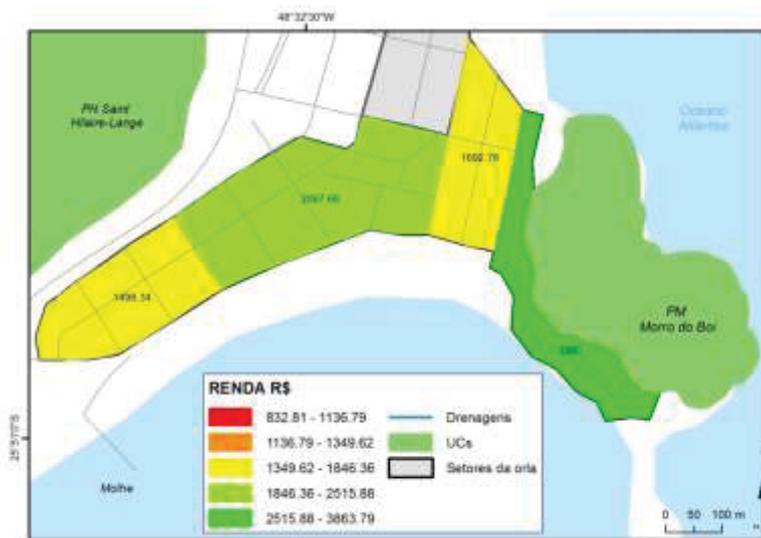


Figura 4.2: Setores censitários classificados de acordo com a variável Renda para a praia Mansa.

PRAIA BRAVA

Analisando espacialmente a população da praia Brava de modo geral, a maior concentração de pessoas está longe da orla, com setores internos indicando mais que o dobro de moradores do que setores próximos à orla. Este comportamento corrobora a ideia de que a orla tem mais casas de veraneio do que residências fixas, mesmo apresentando um padrão de residência adensado, com mais edifícios do que casas. Para tentar suavizar este efeito de tamanho da área do setor e abrangência na orla da praia, os valores de população analisados são proporcionais ao tamanho da área urbana em relação ao total da área urbana do setor. Assim, a população total aqui analisada da orla da praia Brava é de 1.212 habitantes, distribuídas em 14 setores censitários limítrofes com o mar (Figura 4.3).

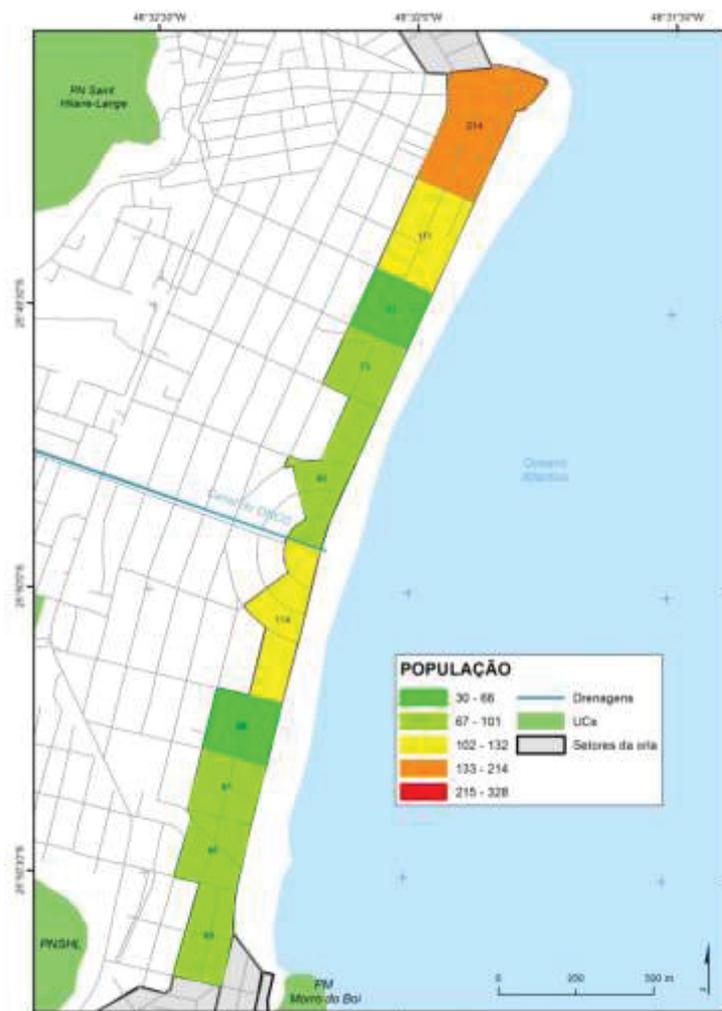


Figura 4.3: Setores censitários classificados de acordo com a variável População para a praia Brava.

O setor mais populoso é o do extremo norte da praia, 214 pessoas, mostrando proporcionalmente outra tendência geral, que é de uma maior densidade quanto mais próxima da área central do município (figura 4.4). Além da proximidade com o centro de Matinhos, os setores ao sul, perto do “centro” de Caiobá, e os localizados nas laterais do canal do DNOS também apresentam uma maior concentração de pessoas. Assim, nas áreas entre estes setores ficam as taxas populacionais mais baixas.



Figura 4.4: Setores censitários classificados de acordo com a variável Renda para a praia Brava.

Em relação a renda, os setores censitários desta praia apontam valores entre R\$ 1.196,39 e R\$ 3.863,79. Especialmente as maiores rendas se relacionam quase que diretamente com as áreas mais populosas, concentrando-se em três pontos principais – próximo ao centro de Matinhos e ao centro de Caiobá e nas proximidades do Canal DNOS. E nas áreas intermediárias a estes pontos estão as menores rendas, sendo que os setores localizados no norte-sul é que apresentam os menores valores para a praia Brava.

PRAIA CENTRAL

A praia Central de Matinhos tem dois setores censitários analisados, também usando a proporcionalidade de área (figura 4.5). Assim, nesta orla foram contados 963 pessoas, sendo que o setor norte é mais populoso que o setor sul, com aproximadamente 20% a mais pessoas.

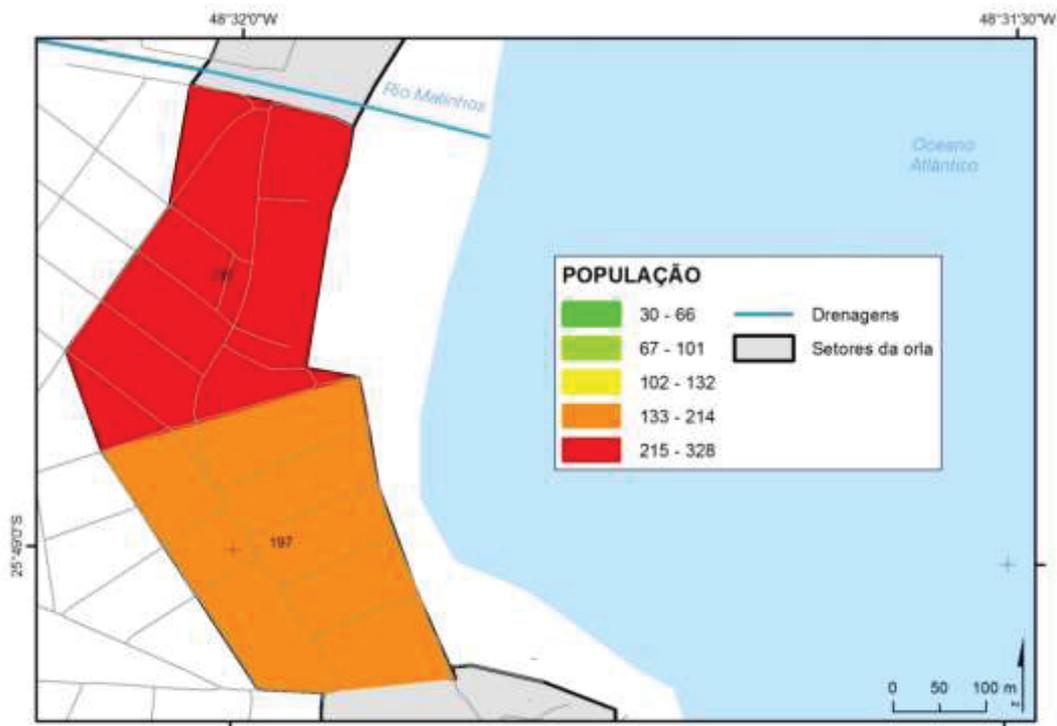


Figura 4.5: Setores censitários classificados de acordo com a variável População para a praia Central

A renda observada nestes setores é inversamente proporcional aos valores de população, sendo que o setor sul tem renda média de R\$ 2.421,12 e o setor norte tem R\$ 1.075,29 na média, sendo o quinto mais baixo do município (figura 4.6).

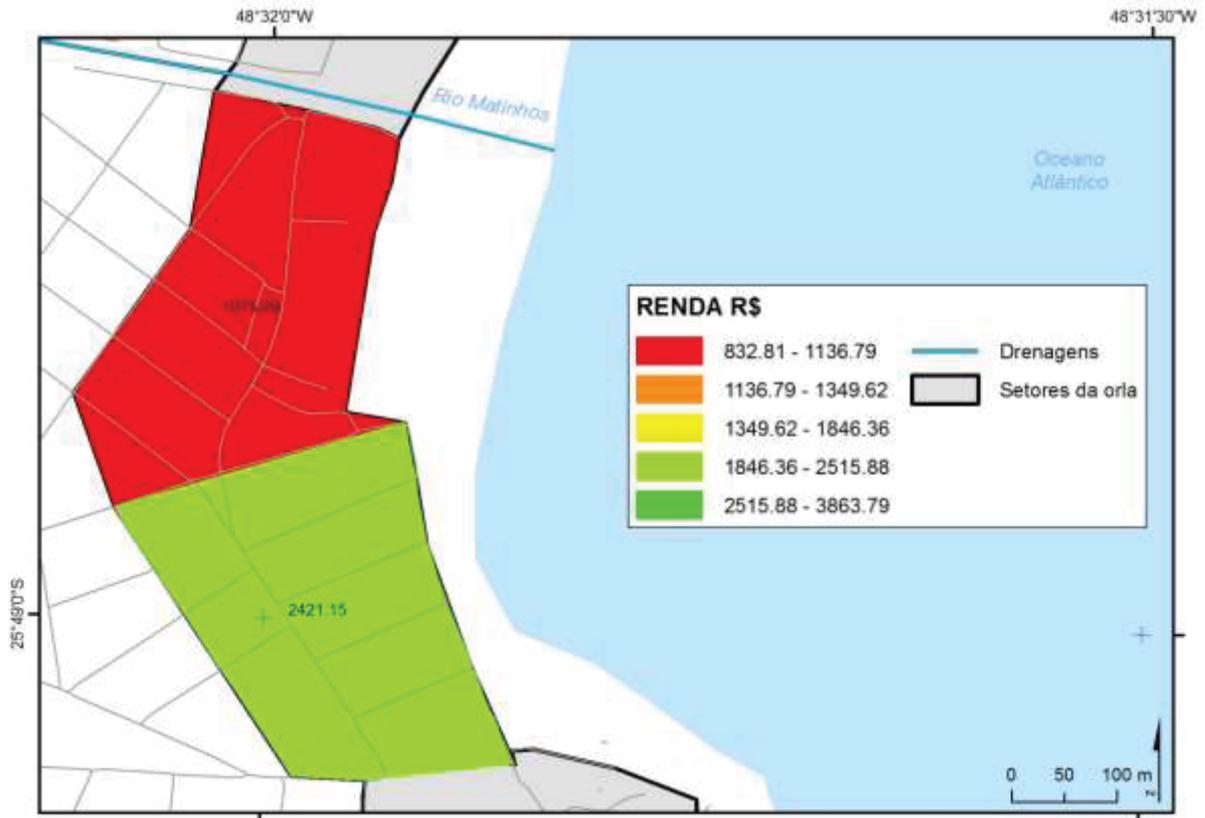


Figura 4.6: Setores censitários classificados de acordo com a variável Renda para a praia Central.

PRAIA RIVIERA

A praia da Riviera tem na orla uma população de aproximadamente 1669 pessoas, sendo o setor mais populoso o localizado as margens do Rio Matinhos e conta com 328 pessoas (figura 4.7). A população aparentemente não possui uma distribuição geográfica ordenada, mostrando setores populosos contíguos a setores mais vazios. Isto pode indicar que fora da abrangência do núcleo central de Matinhos, a população se concentra próxima a balneários com mais infraestrutura, sem obedecer um raio decrescente a partir da zona central.

Em relação a renda, como mostra a figura 4.8, os setores que apresentaram maior média estão localizados na porção centro-sul deste trecho, sendo a maior média equivalente a R\$ 1.549,22. Apesar de ser a maior média deste grupo de setores, o valor equivale somente a 40% da maior renda da orla, localizada na Praia Mansa. O setor 23 apresenta a menor renda deste trecho, com valor de R\$ 998,07, sendo que este setor é o mais populoso, quando analisado na totalidade, indicando uma situação de vulnerabilidade social desta área.

4.7



4.8

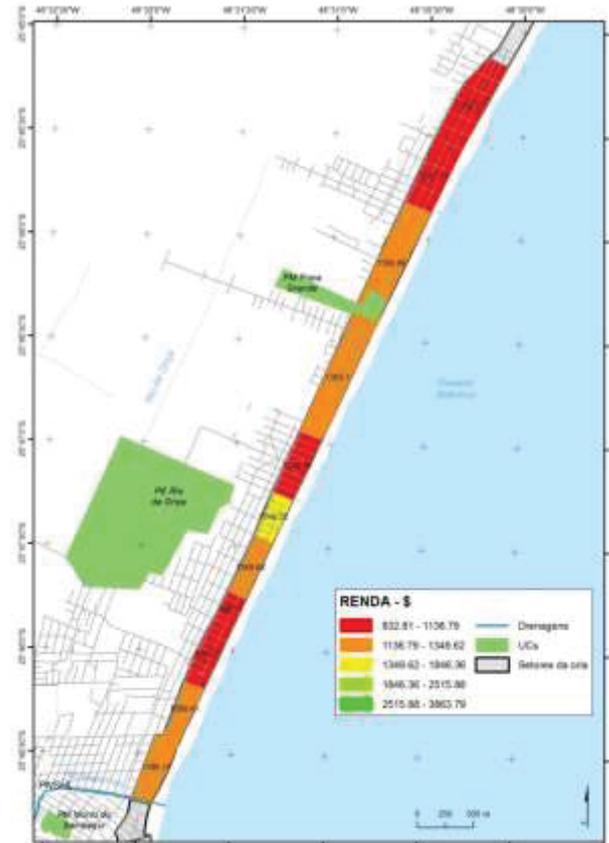


Figura 4.7: Setores censitários classificados de acordo com a variável População para a praia Riviera e Figura 4.8: Setores censitários classificados de acordo com a variável Renda para a praia Riviera.

PRAIA COSTA AZUL

Na praia Costa Azul foram contabilizadas 657 pessoas, distribuídas em 4 setores censitários. Os setores menos populosos são os centrais, com aproximadamente 100 pessoas cada um.

O setor mais populoso proporcionalmente deste trecho é também o mais populoso dentre os analisados na orla do município, e tem aproximadamente 245 pessoas em valores proporcionais à área (figura 4.9). Este setor é também o que apresenta menor renda média dentre os setores analisados para o município com cifras de R\$ 832,81 - menor que o salário mínimo atual (figura 4.10). Este valor pode ser influenciado pela população de baixa renda que vive num loteamento dentro deste setor, indicando uma vulnerabilidade social não necessariamente localizada na orla.

4.9



4.10

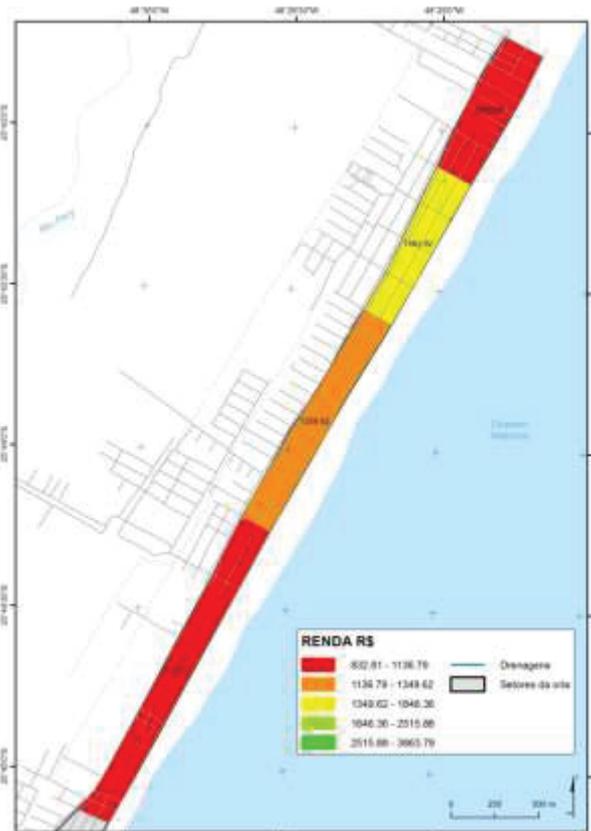


Figura 4.9: Setores censitários classificados de acordo com a variável População para a praia Costa Azul e Figura 4.10: Setores censitários classificados de acordo com a variável Renda para a praia Costa Azul.

4.2. PLANTA GENÉRICA DE VALORES IMOBILIÁRIOS

A Planta Genérica de Valores Imobiliários é instrumento legal que determina o valor das construções de cada município para fins de tributação. Esta informação é fundamental para calcular o valor médio das propriedades que estão sob ameaça da erosão costeira. Neste trabalho se considerou o valor indicado em reais da orla do município, equivalente ao primeiro arruamento na beira-mar. Esta consideração é importante porque os valores da primeira quadra do mar por vezes variam para mais em relação às quadras mais internas, mas como serão os primeiros a serem atingidos, a cifra usada é a da face voltada para o mar. Importante perceber também a diferença de valores dos imóveis no município, e a valorização de áreas na orla. O valor mais alto do m² encontrado no município fica na praia Mansa, e equivale a R\$

1.050,00 enquanto o menor fica na chamada Vila Progresso, área interna e afastada do centro, e equivale a R\$ 7,00 o m², sendo esta diferença de 150 vezes. Ressalta-se que nem sempre os valores encontrados na PGVI são os praticados para venda dos imóveis, pois, como já citado, a conservação e material das estruturas contam substancialmente para o preço final de um imóveis.

PRAIA MANSA

Para a praia Mansa foram estabelecidos dois valores para os imóveis à beira-mar. As edificações localizadas na porção extrema oeste, já no limite do município, e foram fixados em R\$ 700,00 o m², mesmo valor das ruas internas desta praia (figura 4.11). O restante da orla da praia mansa apresenta cifra de R\$ 1.050,00 o m², o mais alto do município.

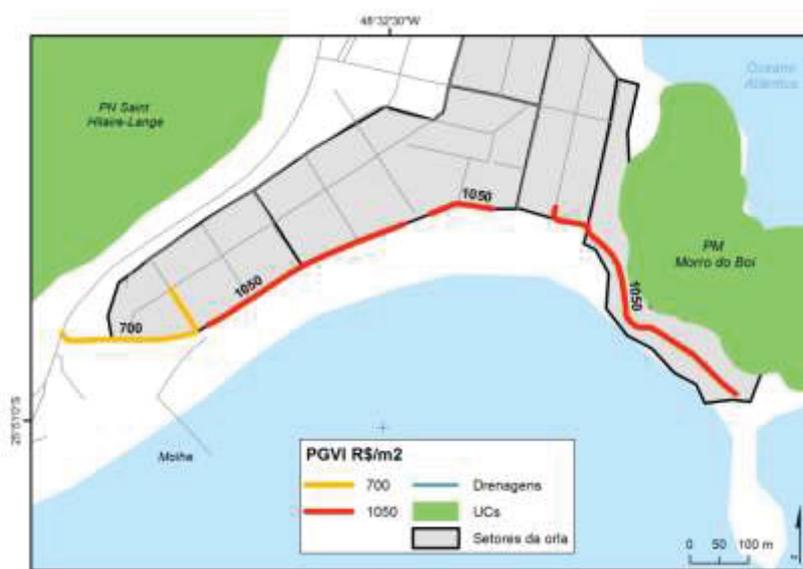


Figura 4.11: Valores em reais por m² apontados na PGVI para a praia Mansa.

As edificações da praia Mansa apresentam um alto padrão construtivo, com muitos edifícios de poucos pavimentos entremeados a casas bem estruturadas, todos com fachadas bem cuidadas. Notam-se casas da década de 1950/1960 reformadas, com linhas arquitetônicas preservadas, resultando numa integração agradável. Porém, nem sempre as primeiras ocupações são preservadas, resultando na substituição destas casas por edifício de traços mais modernos. Este é o padrão apresentado pelas faces de quadra com valor de R\$ 1.050,00/m², exemplificado pela fotografia 4.1. As cifras de R\$ 700,00 concentram-se na ponta oeste da praia, constituindo-se de cinco casas de veraneio e o segundo prédio mais alto da praia

Mansa. Somente três condomínios de edifícios, construídos entre 1980 e 1990 tem mais de 10 pavimentos, indicando aparente preferência por edifícios mais baixos (fotografia 4.1). Convém ressaltar que grande parte das residências da praia Mansa é de veraneio.



Fotografia 4.1: Aspecto das edificações avaliadas R\$ 1.050,00 o m², contemplando um prédio mais moderno coexistindo com casas antigas reformadas. Fotografado pela autora em abril/2016.

As cifras elevadas para a Planta Genérica de Valores da praia Mansa podem ter origem na infraestrutura aparentemente bem mantida. As calçadas são niveladas, os passeios têm canteiros e flores, lixeiras são bem distribuídas e os meios-fios estão sinalizados.

PRAIA BRAVA

A praia Brava apresenta quatro setores na PGVI, variando entre R\$ 700,00 no extremo sul à R\$ 280,00 no extremo norte, conforme mostra a figura 4.12. Estas diferenças talvez sejam em função da infraestrutura que cada trecho apresenta, como será detalhado a seguir.

O primeiro está na porção sul da praia e tem valor de R\$ 700,00. Nesta porção os edifícios de veraneio são predominantes na orla, coexistindo com alguns comércios do tipo restaurantes e pequenas lojas. Em observações de campo constatou-se que no ano de 2017 o governo estadual realizou obras de revitalização desta orla e foram implantados canteiro e passeio novos, assim como reforma de

calçadas e guias. Restringiu-se a pista de veículos, tornando de mão única, com duas ciclovias paralelas a esta pista (fotografia 4.2). Também foram instalados postes de iluminação de sinalização, contribuindo provavelmente para o alto valor de PGVI neste trecho. A seguir são mostrados os aspectos de edificações e infraestruturas encontradas no trecho sul da praia Brava.



Figura 4.12: Valores em reais por m² apontados na PGVI para a praia Brava.



Fotografia 4.2: Aspectos da infraestrutura e edificações na praia Brava, no trecho avaliado em R\$ 700,00 o m². Fotografado pela autora em abril/2016.

O segundo trecho, contíguo ao anterior é avaliado em R\$ 560,00 e corresponde as quadras centrais da praia, que apresentam formato semicircular, onde deságua um canal pluvial no centro do trecho. Apesar do valor indicado na PGVI ser o mesmo para ambos lados do canal, em observação local nota-se que somente o trecho sul tem infraestrutura renovada, em igual condições desde a última revitalização da orla, sendo o lado oposto em condições de manutenção aparentemente menor, sem o mesmo padrão que as últimas obras de revitalização citadas (fotografia 4.3). Em relação às edificações, ambos os trechos são semelhantes, com edifícios de até 10 pavimentos e poucas casas, predominando habitações usadas para veraneio.



Fotografia 4.3: Aspecto da infraestrutura e edificações na praia Brava, no trecho avaliado em R\$ 560,00 o m², porção norte. Fotografado pela autora em abril/2016.

O terceiro trecho estende-se por aproximadamente 900m² e apresenta infraestrutura semelhante sem revitalização, tendo seu valor fixado em R\$ 420,00. As edificações são aparentemente semelhantes às encontradas nos trechos anteriores, porém os edifícios são mais espaçados e as casas mais presentes (fotografia 4.4). As calçadas podem apresentar pedras soltas e as guias estão com sinalização falha, assim como a ciclovia existente, que não apresenta as faixas sinalizadas.

O último trecho, no extremo norte da praia Brava tem o valor indicado pela PGVI de R\$ 280,00. Neste trecho o acesso à praia é difícil, com uma diferença de nivelamento da praia até o passeio de quase dois metros. As calçadas podem apresentar pedras soltas, as guias não estão completas e a ciclovia continua sem sinalização (figura 4.5). As edificações são mais esparsas, ainda com prédios baixos e casas, porém com fachadas menos conservadas, coexistindo com algumas lanchonetes.



Fotografia 4.4: Aspecto do trecho da praia Brava, com edificações avaliadas em R\$ 420,00 o m^2 . Fotografado pela autora em abril/2016.



Fotografia 4.5: Aspecto do trecho da praia Brava, com edificações avaliadas em R\$ 280,00 o m^2 . Fotografado pela autora em abril/2016.

PRAIA CENTRAL

A praia Central apresenta um valor único de PGVI, equivalente a R\$ 77,00 m² (figura 4.13). Este valor é quase quatro vezes menor que o valor mais baixo da praia Brava, e quase 10 vezes menor que o maior valor da praia Brava.

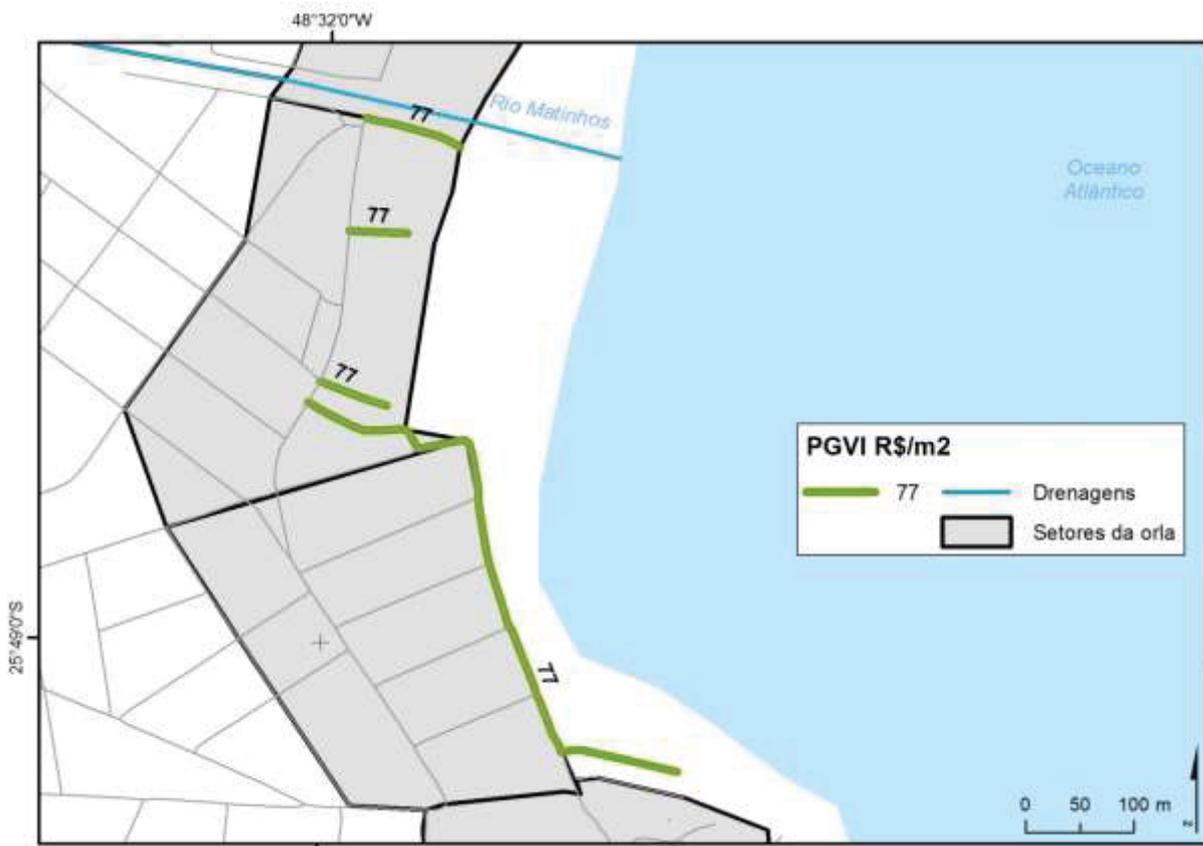


Figura 4.13: Valores em reais por m² apontados na PGVI para a praia Central.

Em relação às edificações, normalmente são casas ou sobrados destinados comércio de alimentos, como restaurante, lanchonete, além do mercado de peixe e poucas casas de moradores. A calçada tem pavimento de concreto, sendo que este já foi refeito inúmeras vezes por ter sido destruído em ressacas. Não existe nenhum tipo de via de circulação para carros nem ciclovia estabelecida, sendo o trânsito majoritário de pedestres (fotografia 4.6).



*Fotografia 4.6: Aspecto da orla da praia Central, com edificações avaliadas em R\$ 77,00 o m².
Fotografado pela autora em abril/2016.*

PRAIA RIVIERA

Na praia Riviera os valores apontados na PGVI estão entre R\$ 46,00 e R\$ 80,00 o m², variando respectivamente de sul para norte, e divididos em quatro trechos (figura 4.14). No trecho mais ao sul, no limite com o rio Matinhos o valor indicado pela PGVI é de R\$ 46,00, como mostra a fotografia 4.7.



Fotografia 4.7: Aspecto da infraestrutura da porção sul da praia da Riviera, com edificações avaliadas em R\$ 46,00 o m² na PGVI. Fotografado pela autora em julho/2016.



Figura 4.14: Valores em reais por m^2 apontados na PGVI para a praia Riviera.

Neste trecho as edificações presentes são majoritariamente casas, sendo inexistente calçadas ou via de circulação entre os limites dos terrenos e a areia da praia, conforme ilustrado pela fotografia a seguir. Provavelmente o baixo valor de PGVI nesta porção seja em função da precariedade da infraestrutura de tráfego.

No trecho seguinte, o valor sobe para R\$ 53,00 o m², apesar das edificações serem aparentemente do mesmo nível em termos de materiais e acabamentos. Alguns edifícios podem ser notados, porém a maioria das habitações é de casas térreas (fotografia 4.8). A diferença de valor pode estar relacionada ao arruamento existente, mesmo que em condições precárias, com pavimentação de saibro ou areia. As calçadas são praticamente inexistentes, e notam-se pedras entre a via e a praia, resultado de obras para contenção de erosão.



Fotografia 4.8: Aspecto das condições de infraestrutura do trecho com edificações avaliadas em R\$ 53,00 o m² na PGVI, praia Riviera. Fotografado pela autora em abril/2016.

Adiante o valor sobe novamente, de R\$ 70,00 o m², menor que o da praia Central de Matinhos. Nesta porção a infraestrutura é um pouco mais conservada, provavelmente porque a distância das edificações até a linha de costa é maior, diminuindo a influência das ressacas no local, inclusive com a formação de uma vegetação incipiente (fotografia 4.9). As edificações normalmente são casas térreas que coexistem com edifícios de até 5 pavimentos. As fachadas são cuidadas, mas não é um padrão, assim como os canteiros do passeio, o que pode refletir que uma maior conservação depende mais da vontade dos moradores do que do poder público. As calçadas podem apresentar pedras soltas e as guias nem sempre são completamente corretas e sinalizadas, assim como a pavimentação asfáltica, que também pode apresentar irregularidades. A ciclovia volta a parecer na infraestrutura, porém sem sinalização.



Fotografia 4.9: Aspecto das condições de infraestrutura do trecho sul da praia da Riviera, com edificações avaliadas em R\$ 70,00 o m² na PGVI. Fotografado pela autora em abril/2016.

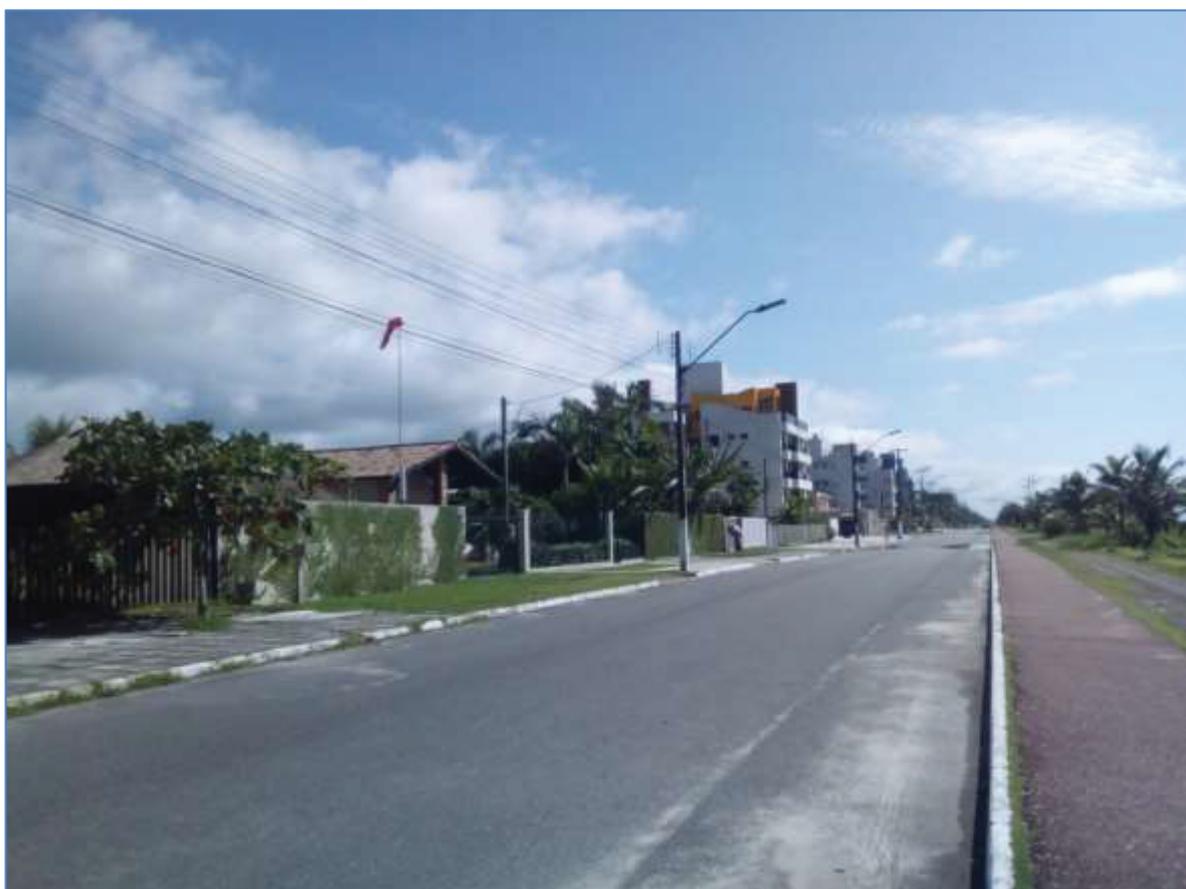
No trecho onde a PGVI aponta valores de R\$ 80,00 o m², a restinga é proeminente, sendo uma proteção natural da infraestrutura e edificações, resultando em uma melhor conservação destes elementos. Percebe-se também uma manutenção maior da vegetação de restinga quando há interesse dos moradores em preservar jardins, como mostrado na fotografia 4.10. O padrão de edificações é semelhante ao trecho anterior, apresentando as mesmas características, não indicando uma razão concreta para a diferença de R\$ 10,00 o m² entre os segmentos.



Fotografia 4.10: Aspecto das condições de infraestrutura e edificações da praia Riviera, na porção sul do trecho avaliado em R\$ 80,00 o m² na PGVI. Fotografado pela autora em abril/2016.

PRAIA COSTA AZUL

Esta praia apresenta dois valores distintos na PGVI – R\$ 80,00 e R\$ 100,00 o m². O trecho mais ao sul é semelhante em edificações e infraestrutura do último trecho analisado da praia de Riviera, inclusive mantendo a mesma cifra. Deste modo, as características são de calçadas e pavimento asfáltico com algumas falhas, e as edificações são compostas por edifícios baixos e casas e sobrados. A preservação de fachadas e canteiros dos passeios também parece depender mais dos moradores do que do poder público. A ciclovia continua presente, porém não tem sinalização.



Fotografia 4.11 - Aspecto das condições de infraestrutura e edificações na Praia Riviera, trecho com edificações avaliadas em R\$ 100,00 o m² na PGVI. Fotografado pela autora em abril/2016.

O trecho com edificações avaliadas em R\$ 100,00 o m² também tem como características de infraestrutura calçadas com conservação mediana e pavimento asfáltico com alguns buracos. A ciclovia é presente, porém mal sinalizada, como ilustra a fotografia 4.11.

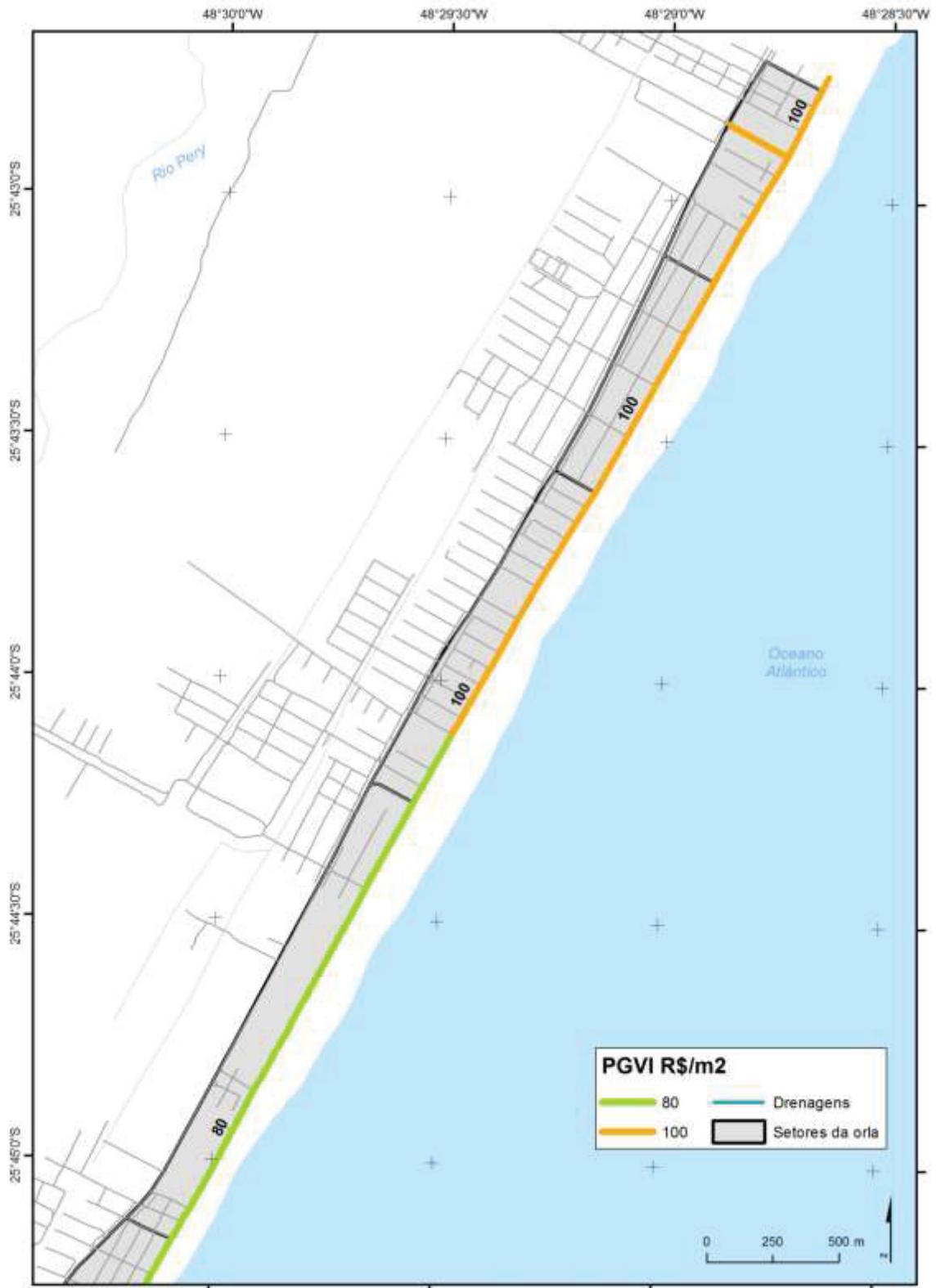


Figura 4.15: Valores em reais por m² apontados na PGVI para a praia Costa Azul.

4.3. ÍNDICE DE VULNERABILIDADE SOCIOECONÔMICA

Para o cálculo do risco em relação à erosão costeira foi estabelecido que as variáveis renda, população e valor dos imóveis devem estar presentes na equação. Deste modo, estas variáveis compõem o denominado Índice de Vulnerabilidade Socioeconômica (IVS), que é o resultado da média dos valores normalizados destas variáveis e mostrado na figura 4.16.



Figura 4.16 - Espacialização dos resultados do índice de vulnerabilidade socioeconômica IVS.

Os valores de vulnerabilidade socioeconômica variam de 0,29 a 0,63, e o que chama a atenção quando se observa o IVS da orla é que não existe uma relação espacial entre estes, ou seja, setores com maior IVS podem estar próximos de setores com menores índices, dependendo da composição dos valores das variáveis.

A seguir são descritas as principais características da distribuição do IVS por praia.

PRAIA MANSA

De modo geral a vulnerabilidade social da praia Mansa é alta, principalmente em função das elevadas cifras de PGVI em toda sua extensão, que podem apresentar valores até 10x maiores do que em outros trechos da orla. Mas também apresenta um valor mais baixo de 0,50, no setor 39 na ponta leste, porque este setor tem a segunda maior renda e a menor população do município, mesmo combinado com o alto valor de PGVI. No setor 40, na parte central da praia, o valor de vulnerabilidade socioeconômica é o maior do município porque a população e os preços dos imóveis são elevados e a renda é mediana.

PRAIA BRAVA

A praia Brava apresenta diferentes valores para o índice socioeconômico, variando de 0,28 – no setor 36, o menor valor do município até 0,56 no setor 31, um dos mais elevados. Interessante notar que na porção sul desta praia é onde se localizam os valores mais extremos, diretamente influenciados pela renda destes setores, conforme discutido no detalhamento desta variável, visto que sua população e valor de imóveis são parecidos. Os setores 30 e 31, no centro sul da praia Brava, apresentam altos valores de IVS porque a renda é baixa e os imóveis são caros. Na porção norte da praia os valores do IVS são mais baixos, diretamente influenciados pelos valores menos elevados de PGVI, com exceção do setor 02 da ponta norte, com valor de 0,48, índice influenciado pela população elevada e com renda mais baixa.

PRAIA CENTRAL

Os dois setores da praia Central apresentam valores distintos no índice socioeconômico, sendo que o setor 10, ao sul tem valor de 0,35 e o setor 04, ao norte, apresenta 0,55. Como ambos os setores tem mesmo valor de PGVI estas diferenças estão diretamente ligadas à menor população e maior renda maior ao sul, mais pessoas com renda baixa no setor ao norte.

PRAIA RIVIERA

A praia da Riviera mostra uma condição mista no IVS, que varia de 0,35 a 0,62. O setor mais vulnerável em relação a fatores socioeconômicos é o 10, que se localiza no extremo sul, e este valor está relacionado principalmente com a população elevada de renda mais baixa, visto que os imóveis neste trecho são desvalorizados de acordo com a PGVI. Esta praia apresenta valores de PGVI muito semelhantes, sendo a diferença encontrada no IVS diretamente ligada a renda e população. Os setores menos vulneráveis são aqueles que apresentam uma população menor, com renda levemente superior ou setores mais vulneráveis, que em contrapartida apresentam maior população com renda mais baixa.

PRAIA COSTA AZUL

A praia de Costa Azul apresenta diferentes valores para o IVS, variando de 0,58 a 0,37. Esta diferença também é calcada principalmente em relação à renda e a população desta praia, pois os valores de imóveis, mesmo tendo uma diferença absoluta, na normalização desta variável tem influência baixa no valor final do índice. O setor com maior vulnerabilidade é o 46, no sul deste trecho, e o valor está associado a menor renda do município, com alta população. Interessante notar que os setores centrais deste trecho apresentam uma vulnerabilidade socioeconômica de média a baixa, refletindo a baixa população residente neste trecho, com renda ligeiramente superior que outros setores da mesma praia.

4.4. TAXA DE VARIAÇÃO DA LINHA DE COSTA

PRAIA MANSA

A média da razão entre a distância do movimento da linha de costa em relação ao tempo passado entre a linha de costa mais antiga (1951) e a linha de costa mais recente da série analisada (2016) para o grupo de linhas de costa analisadas na praia Mansa é 0,34m por ano, com um desvio padrão de 0,18m. Isto significa que na praia Mansa foi constatado um processo de sedimentação contabilizando a praia de modo geral no período analisado. A menor razão encontrada foi de 0,10m/ano, que pode ser considerada quase como uma razão de estabilidade, e a maior razão é de 0,70m/ano, especialmente situada no transecto mais a oeste, próximo ao molhe construído para aumentar o pós-praia.

Transectos	12
Menor taxa LRR	0,10 m/ano
Maior taxa LRR	0,70 m/ano
Média	0,34 m/ano
Desvio Padrão	0,18m

Quadro 4.1 – Resumo das principais estatísticas encontradas na análise da variação da linha de costa da praia Mansa.

Atualmente a praia Mansa tem a faixa de pós-praia extensa, chegando a aproximadamente 50m. A fotografia 4.12 mostra o panorama atual da Praia Mansa, a partir do mole. Vale ressaltar que este molhe, além de gabiões na porção oeste da praia, faz parte de um conjunto de intervenções antrópicas realizadas com intuito de acumular sedimentos, e é o que vem acontecendo na praia Mansa, corroborado pelos resultados apresentados. Os dados sobre a movimentação da linha de costa (NSM) apontam que em nenhum transecto houve valor negativo, ou seja, a linha de costa mais nova está sempre em posição mais distante da *baseline* do que a linha mais antiga, mesmo que esta diferença seja de apenas 4m. Porém, os valores entre linhas de costa, sem considerar as datas, apresenta valores de pelo menos 18m. Isto é explicado pela distância da linha de costa de 1980, período de ápice erosivo desta praia, que é a mais próxima da linha base. Deste modo, pode-se concluir que, mesmo apresentando uma taxa positiva – ou seja, com acúmulo de sedimentos,

esta praia esteve em condição de erosão, já controlada por obras de contenção de sedimentos.



Fotografia 4.12 – Aspecto atual da praia Mansa. Fotografado pela autora em abril/2016.

Analisando os dados de maneira espacial percebe-se claramente que o trecho da praia que mais acumulou sedimentos foi a parte oeste, sendo que a parte leste apresentou taxas de sedimentação menores, como pode ser visto na figura 4.2. A grande diferença entre a maior e a menor taxa de variação da linha de costa mostra que esta praia tem uma morfodinâmica diferente para cada final do seu arco. Na porção oeste, junto ao molhe, estão as maiores acumulações de sedimentos. Na porção leste, estão as taxas mais baixas, e é onde foi notada, ao longo do tempo, a menor largura do pós-praia, mostrando que existe influência de uma corrente de deriva litorânea de leste para oeste. Além disso, neste final de praia também existe uma importante drenagem de águas pluviais que modifica o aporte e a deposição de sedimentos neste local. Um desvio padrão de 52% do valor da média mostra estatisticamente este comportamento diferente de cada extremo desta praia.

Para fins de cálculo do risco, a praia Mansa deverá ser tratada como dois segmentos independentes, para que as grandes taxas de sedimentação que

ocorrem numa porção não subestimem as menores taxas encontradas no lado oposto, quando realizada uma média. Este procedimento ajudará a diminuir o desvio padrão de cada trecho e tende a mostrar mais claramente as porções de praia mais suscetíveis à erosão, em relação a outros.

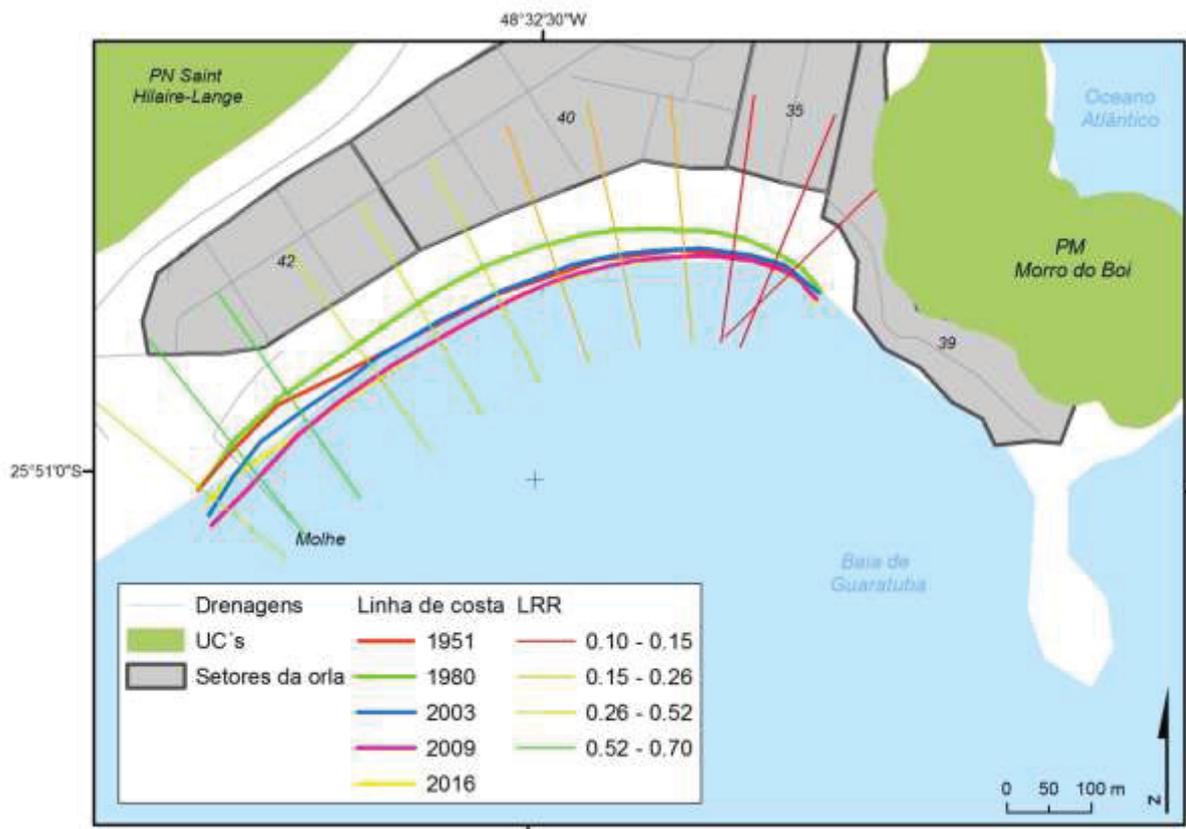


Figura 4.17 - Transectos classificados, por quebras naturais, usando o resultado LRR, que reflete a taxa de movimentação da linha de costa, em m/ano, naquela direção para a Praia Mansa.

Fato que deve ser sempre lembrado é que esta praia passou por obras para que o processo erosivo fosse estancado e, pelos dados apresentados, a obra parece cumprir a função. Outro aspecto a ser lembrado é que, apesar das taxas positivas e a visível e calculada deposição de sedimentos, o mar continua atuante, pois é capaz de destruir a passarela construída sobre o molhe, como mostrado na fotografia 4.13.



Fotografia 4.13 - Molhe da praia Mansa no verão de 2018. Notar que a passarela é destruída pela ação marítima. Fotografado pela autora em abril/2016.

PRAIA BRAVA

As linhas de costa interpretadas para a praia Brava apresentaram taxa média de movimentação da linha de costa de $-0,09\text{m/ano}$, indicando uma leve erosão, com tendência a estabilidade. O desvio padrão para estes dados é de $0,57$, e este alto valor pode ser interpretado como a diferença de comportamento da própria praia, evidenciado quando se analisam estes dados de maneira espacial. Já a média não reflete necessariamente o comportamento morfológico total da praia, que nitidamente apresenta duas situações distintas na análise temporal das linhas de costa. A média pode ser considerada baixa se levarmos em conta o histórico de destruição da porção norte desta praia, e subestimada considerando a acreção da porção sul. Este comportamento diferente das porções norte e sul da praia pode ser comprovado quando se analisa a maior taxa negativa de movimentação da linha de costa que ficou em $-0,78\text{ m/ano}$ em um transecto na porção norte da praia, em relação a maior taxa positiva de movimentação que foi de $0,93\text{m/ano}$ em um transecto na porção centro sul da praia.

Transectos	32
Menor taxa LRR	-0,78 m/ano
Maior taxa LRR	0,93 m/ano
Média	-0,09 m/ano
Desvio Padrão	0,57

Quadro 4.2 – Resumo das principais estatísticas encontradas na análise da variação da linha de costa da praia Brava entre os anos analisados.

Especialmente as taxas de variação da linha de costa negativas estão na porção norte desta praia, corroborando com o histórico de destruição nestes locais. As taxas neste trecho apontam uma erosão, mas que pode estar subestimada em função da estabilização da linha de costa por antropização. Esta diferença poderia ser identificada com perfis de praia, porém este monitoramento não foi feito, dificultando a constatação de uma taxa mais acurada deste trecho através da análise temporal das linhas de costa.

Já as taxas maiores – positivas, são encontradas na porção centro-sul desta praia, onde nitidamente se vê uma acreção da praia nos últimos 16 anos, com inclusive formação de vegetação (fotografia 4.14.). Em função da dualidade já comentada deste trecho de praia, corroborada pelo alto desvio-padrão, as taxas de sedimentação deste trecho podem também ser subestimadas. Todos os transectos na extremidade sul da praia Brava, tem valores positivos para as taxas calculadas, mostrando que o algoritmo de regressão linear, apesar de poder subestimar os resultados mostra com eficiência o processo morfodinâmico que atuou e atua naquele trecho. A sedimentação da porção sul – que é atuante até hoje, se dá pela difração do clima de ondas que é desviado pelo morro do Boi (Angulo, 1993).



Figura 4.18 – Transectos classificados, por quebras naturais, usando o resultado LRR, que reflete a taxa de movimentação da linha de costa, em m/ano, naquela direção, para a praia Brava.



Fotografia 4.14- Vegetação de restinga formada entre a linha de costa antiga, antropizada e a determinada hoje. Notar que a sedimentação foi tão intensa e que houve formação de dunas frontais. Fotografado pela autora em abril/2016.

O resultado expressivo de 0,57 do desvio padrão neste trecho, provavelmente está associado a grande sedimentação ao sul da praia. Este valor tende a ser mais baixo se a praia Brava for analisada como dois sistemas independentes, visão já consagrada por Angulo (1993), em função da diferença de ângulo que as ondas chegam nesta praia, oriundos da influência dos deltas de maré vazante da baía de Guaratuba. A difração, por um lado, proporciona a sedimentação ao sul, e por outro pode ajudar a erosão na porção norte. No trecho norte, apesar do mapa mostrar uma tendência erosiva, basta comparar as imagens de satélite mais recentes para perceber que no local pode estar havendo um processo de sedimentação.

A comparação de imagens a seguir (Figura 4.19) mostra que em 2001 os gabiões, usados como estruturas para impedir o avanço da erosão, são bem aparentes. Já em 2012 a imagem não mostra mais os gabiões naquele local. Isto mostra que estas estruturas provavelmente foram enterradas pela areia que

sedimentou ali, mesmo não mudando a linha de costa do lugar. Este fato poderia ser corroborado por perfis de praia, porém, não houve monitoramento neste período, dificultando a análise no caso da confecção de um perfil atual.



Figura 4.19 – Comparação de trecho de praia. Observar os gabiões na primeira imagem, de 2001 e a falta dos mesmos em 2012, evidenciando o acúmulo de sedimentos neste trecho. Elaborado pela autora com dados do Google Earth.

Através das análises também é possível ver que o posicionamento das linhas de costa mais atuais ao longo do tempo é semelhante na porção norte desta praia, mostrando que a linha está estabilizada em função de obras de contenção de erosão. Neste caso, novamente, somente os perfis de praia poderiam comprovar e calcular com mais acurácia as taxas de erosão ou sedimentação neste trecho da praia. Indícios de erosão existem como, por exemplo, a não fixação de vegetação na areia da praia e a linha de maré de sizígia muito próxima ao enrocamento de pedra (fotografia 4.15).

Assim, o trecho norte da praia pode tanto indicar uma sedimentação, em função dos gabiões enterrados, como um processo erosivo, denunciadas pela linha de maré alta e falta de vegetação. Portanto, neste trecho norte da praia Brava o parecer de um processo balanço positivo de sedimentos até o momento é

inconclusivo. Além do mais, a invasão da Avenida Beira-Mar em área de praia pode influenciar no balanço negativo de sedimentos neste trecho.



Fotografia 4.15 –Atuação da maré de sizígia na linha de costa na porção norte da praia Brava. Fotografado pela autora em abril/2016.

PRAIA CENTRAL

Na praia Central de Matinhos a média da taxa de variação da linha de costa é de $-0,34\text{m/ano}$, indicando um processo de erosão neste trecho. A menor taxa encontrada é de $0,01\text{m/ano}$ e a maior é de $-0,/\text{ano}$, com desvio padrão de $0,21$ (quadro 4.3). Espacialmente, em relação à distribuição da frequência, pode-se perceber duas situações distintas neste arco praiial, com taxas mais baixas encontradas ao sul e taxas maiores, no trecho norte, podendo indicar que o trecho norte da praia está mais suscetível à erosão do que o trecho sul, que tende a ser mais estável, como mostra a figura 4.20. Isto pode ser interpretado primeiramente em função da linha de costa estabilizada no sul desde a década de 1950. Já no trecho norte, a linha de costa não está estabilizada e possui a desembocadura do rio

Matinhos, que teve a foz fixada através de muros de contenção após a década de 1960 (fotografia 4.16).

Transectos	19
Menor taxa LRR	0,01 m/ano
Maior taxa LRR	-0,69 m/ano
Média	-0,34 m/ano
Desvio Padrão	0,21

Quadro 4.3 – Resumo das principais estatísticas encontradas na análise da variação da linha de costa da praia Central



Fotografia 4.16 – Foz do rio Matinhos, limite das praias Central e Riviera. Notar os enrocamentos que fixaram a foz deste rio. Fotografado pela autora em julho/2016.

As taxas encontradas na porção sul e central da praia central sugerem uma quase estabilização da linha de costa neste trecho, no entanto podem estar subestimadas em função da fixação da linha de costa pela urbanização local (fotografia 4.16). Nesse caso, o uso de perfis de praia é fundamental para entender a morfodinâmica local. Mesmo que não exista um histórico de perfis, talvez seja a única maneira de valorar a variação de volume de areia neste trecho da praia, visto que a modelagem do DSAS pode não representar corretamente as taxas de variação da linha de costa neste trecho.



Figura 4.20 – Transectos classificados, por quebras naturais, usando o resultado LRR, que reflete a taxa de movimentação da linha de costa, em m/ano, naquela direção, para a praia Central.

Já na porção norte desta praia onde a urbanização da orla, que apesar de intensa, não fixou a linha de costa, os valores mostram uma tendência erosiva ao longo do tempo analisado. Isto pode refletir uma propensão geral para erosão nesta praia. A erosão pode estar relacionada à refração de ondas provocada pelo maciço rochoso da ponta de Matinhos, já que, observando a imagem de satélite, nota-se que o ponto de inflexão da praia é exatamente no ponto de dissipação destas ondas, conforme ilustrado a seguir (figura 4.21). Este fenômeno pode ter alta influência no balanço de sedimentos desta praia, sendo que os resultados da análise multitemporal desta linha de costa ficaram aquém do esperado para corroborar esta hipótese.



Fotografia 4.17 – Situação atual da praia Central de Matinhos, em dia de maré de sizígia. Notar que não existe mais faixa de areia nessa situação de maré, sendo que a linha de costa está completamente fixada antropicamente. Fotografado pela autora em julho/2016.



Figura 4.21 – Detalhe da direção da frente de onda (em preto) coincidente com a inflexão da praia (linhas amarelas representam a direção principal da linha de costa). Fenômeno da refração de ondas na praia Central de Matinhos (Elaborado pela autora sobre imagem do Google Earth 2014).

PRAIA RIVIERA

A praia de Riviera mostra uma aparente tendência erosiva em toda a sua extensão, apresentando taxa média de variação da linha de costa de -0,44m/ano, com desvio padrão de 0,38. Os valores extremos de variação de linha de costa encontrados são de -1,24m/ano no trecho sul da praia e 0,03m/ano na porção norte da praia Riviera. Mas, apesar de mais de 90% dos transectos apontarem valores negativos, a frequência de distribuição mostra que 40% deste transectos têm taxas com tendência a estabilidade, ficando entre -0,02 e 0,02 m por ano.

Transectos	72
Menor taxa LRR	0,03 m/ano
Maior taxa LRR	-1,24m/ano
Média	-0,44 m/ano
Desvio Padrão	0,38

Quadro 4.4 – Resumo das principais estatísticas encontradas na análise da variação da linha de costa da praia Riviera entre os anos analisados.

Deste modo, podem ser distinguidos ao menos dois compartimentos nesta praia, quando analisadas as taxas de variação da linha de costa. Um claramente erosivo na porção mais ao sul, próximo à foz do rio Matinhos, e outro com tendência à estabilidade no terço norte desta praia. É importante notar que quanto mais preservada a restinga natural, menores as taxas de variação da linha de costa, podendo ser inferido que de fato a proteção natural de dunas e vegetação contribui para o equilíbrio do balanço sedimentar das praias (fotografia 4.18).

As taxas negativas ao sul podem ter sido influenciadas pela desembocadura do rio, que no ano de 1951 não estava fixada. Além disso, outro fator que deve ser considerado como causador de erosão no local é a Avenida Beira-Mar, que foi construída na década de 1970. Esta obra, segundo Angulo (1993), invadiu a linha de costa natural da região, sendo responsável por um déficit de areia em eventos de tempestade, provocando um efeito em cascata de erosão neste local (fotografia 4.19). Migrando sentido norte, a tendência é de estabilização e taxas pequenas de movimentação positiva e negativa da linha de costa.



Fotografia 4.18 – Aspecto atual da porção sul do trecho denominado Riviera. Notar a porção pós-praia maior do que o trecho oposto ao rio Matinhos. Fotografado pela autora em julho/2016.



Fotografia 4.19 – Diferença de posicionamento da linha de costa na praia Riviera. Notar que onde a Avenida Beira-Mar foi construída, houve destruição de obras, e onde não houve interferência antrópica e a linha de costa recuou. Fotografado pela autora em julho/2016.



Figura 4.22 - Transectos da praia Riviera, classificados por quebras naturais usando o resultado LRR, que reflete a taxa de movimentação da linha de costa, em m/ano, naquela direção, para a praia Riviera

As movimentações negativas detectadas estão relacionadas ao trecho que a Avenida Beira-Mar invade a linha de costa. Neste local é visível a erosão atuante,

principalmente em marés de sizígia, e/ou com sistemas frontais atuantes (fotografia 4.20).



Fotografia 4.20 – Aspecto da praia Riviera, em maré de sizígia, no segmento onde a avenida Beira-Mar invade a linha de costa. Fotografado pela autora em julho/2016.

Ao passo que se segue ao norte, as taxas de movimentação da linha de costa tendem a ficar estáveis, e em alguns trechos, mostram-se positivas. Uma hipótese para isto é que a Avenida Beira-Mar “corta” a linha de costa somente na parte sul desta praia. Ao norte, a linha de costa mantém-se preservada, mas mesmo assim, é possível verificar alguns pontos com feições erosivas, principalmente atreladas a desembocaduras de águas pluviais, mapeadas e mostradas acima na figura 4.22.

PRAIA COSTA AZUL

Nesta praia a média da taxa de variação da linha de costa é de $-0,006\text{m/ano}$, mostrando uma tendência à estabilidade geral neste trecho. A maior taxa negativa encontrada é de $-0,14\text{m/ano}$, e a maior taxa positiva é de $0,07\text{m/ano}$, e o desvio padrão da média mostra que os valores não apresentam grande variabilidade. A frequência de distribuição também mostra que os valores mais presentes no grupo de dados são de fato muito próximos à média, sendo valores extremos,

principalmente negativos, exceção no grupo. Especialmente também não é possível estabelecer um padrão de maior ou menor erosão em algum setor da praia.

Transectos	55
Menor taxa LRR	0,07m/ano
Maior taxa LRR	-0,14m/ano
Média	-0,006 m/ano
Desvio Padrão	0,04

Quadro 4.5 – Resumo das principais estatísticas encontradas na análise da variação da linha de costa da praia Costa Azul entre os anos analisados.

Os dados são distribuídos quase de maneira aleatória, mostrando que as diferenças de taxa de movimentação de linha de costa estão mais associadas ao erro de aquisição das linhas do que propriamente a movimentação na série temporal analisada.



Fotografia 4.21 – Desembocadura de águas pluviais na praia Costa Azul. Notar o recuo de indicadores de linha de costa em direção à saída de água. Fotografado pela autora em abril/2016.

A exceção, novamente, fica por conta de valores extremos, principalmente os negativos, que estão normalmente associadas espacialmente a desembocaduras

de águas pluviais, mapeadas e mostradas na figura 4.23 a seguir, e onde o aporte de sedimento pode variar de maneira diferente a sazonalidade da praia (fotografia 4.21). Além do mais, é reconhecido pela literatura que linhas de costa em desembocaduras são tidas como de alta variação, corroborando com os valores extremos, encontrados na praia Costa Azul.



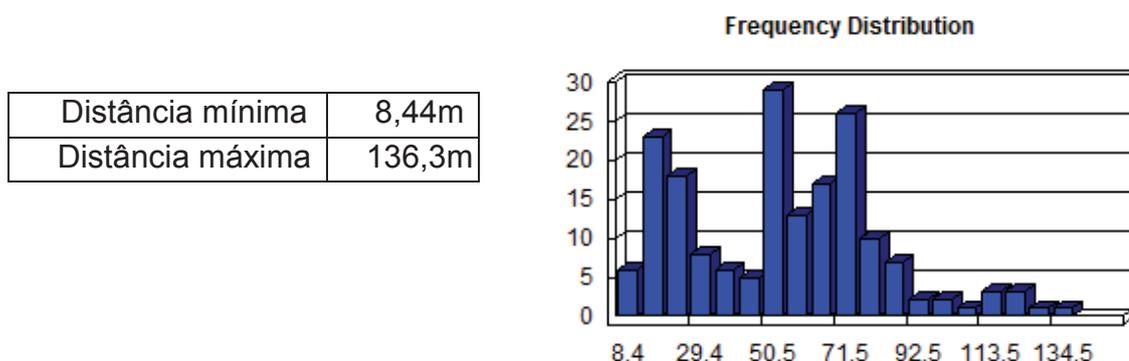
Figura 4.23 – Transectos classificados, por quebras naturais, usando o resultado LRR, que reflete a taxa de movimentação da linha de costa, em m/ano, naquela direção, para a praia Costa Azul

4.5. DISTÂNCIA DE EDIFICAÇÕES

Conforme explicado, o processamento da distância das edificações foi feito de modo integral para o município, conforme mostra o gráfico sobre a frequência das distâncias (quadro 4.6), ressaltando na análise a seguir as particularidades de cada praia. Na figura 4.24 a seguir é mostrada a espacialização das distâncias encontradas no processamento da rotina SCE pelo DSAS.



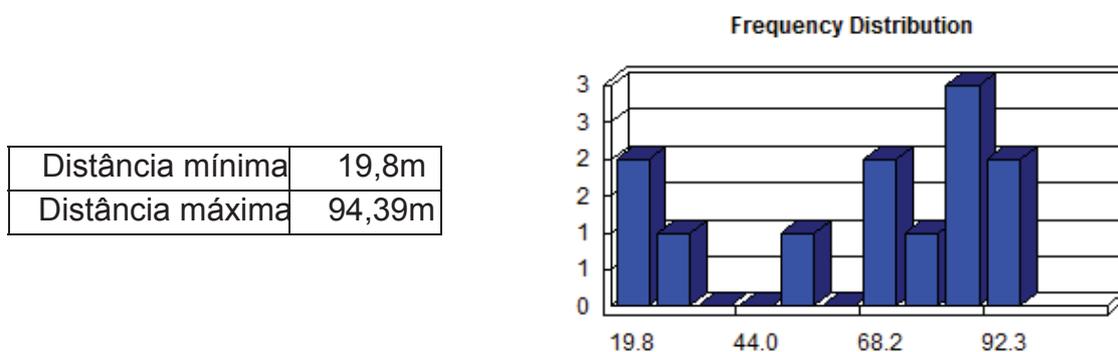
Figura 4.24 – Transectos classificados, por quebras naturais, usando o resultado SCE, que reflete a distância total entre a linha de edificações e a linha de costa de 2016 naquela direção.



Quadro 4.6: Frequência de distribuição das distâncias de edificações em relação à linha de costa de 2016 para o município de Matinhos.

PRAIA MANSA

Na praia Mansa a maior distância entre a linha de costa de 2016 é de 94,39 m e a menor distância é de 19,8 m, apresentando uma diferença de até 75 m entre eles. A parte oeste da praia tem as maiores distâncias detectadas, enquanto o terço final do lado oposto mostra as menores. Apesar da distribuição espacial destas distâncias mostrar certa ordem em valores decrescentes, no extremo oposto há uma quebra nesta proporcionalidade, podendo demonstrar uma compartimentação nos dados.



Quadro 4.7: Frequência de distribuição das distâncias de edificações em relação à linha de costa de 2016 para a praia Mansa.



Fotografia 4.22: Aspecto da distância das edificações e a linha de costa, na porção central da praia Mansa. Fotografado pela autora em abril/2016.

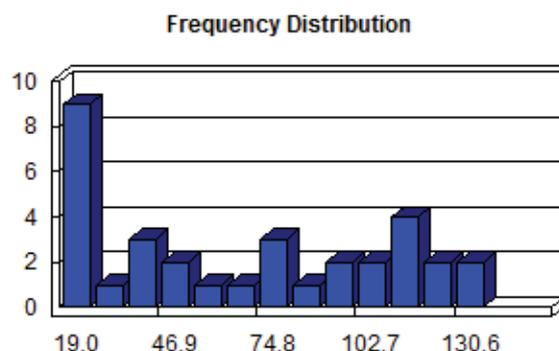
PRAIA BRAVA

A praia Brava aparenta ter uma distribuição espacial proporcional das distâncias ao longo da orla. O trecho ao sul é o que apresenta as maiores distâncias entre edificações e linha de costa de 2016, com valor máximo de 136,37 m. Ressalta-se que o extremo sul da praia brava tem um arco praiar acentuado, com algumas distâncias menores do que a média apresentada pela metade sul da praia, configurando uma exceção nesta proporcionalidade. No trecho norte estão as menores distâncias medidas, com valor mínimo de 19 m. Apesar da aparente distribuição normal destas distâncias, principalmente no posicionamento geográfico, 30% das medidas encontradas nesta praia são próximas ao valor mínimo, mostrando que o trecho norte tem um segmento mais crítico em relação à distância das edificações e a linha de costa.



Fotografia 4.23: Trecho sul da praia Brava, com destaque para o pós-praia extenso, com formação de gramíneas, indicando distância entre as edificações e a linha de costa. Fotografado pela autora em abril/2016.

Distância mínima	19,0m
Distância máxima	136,3m



Quadro 4.8: Frequência de distribuição das distâncias de edificações em relação à linha de costa de 2016 para a praia Brava.

PRAIA CENTRAL

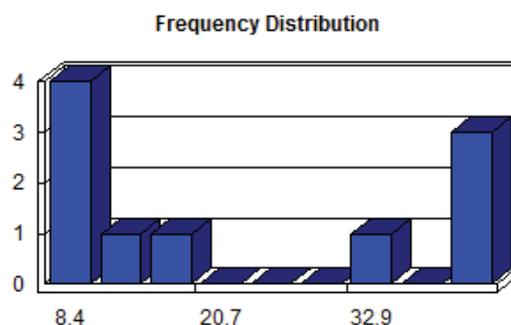
Nesta praia, a menor distância medida entre edificações e linha de costa é de 8,44m, localizada na parte centro sul da orla, trecho sempre castigado em eventos de ressacas. Esta também é a menor distância encontrada em todo o litoral do município de Matinhos. Já no trecho mais ao norte foram determinadas as maiores distâncias desta praia, com valor máximo de 43,71 m, coincidindo espacialmente com o local de concentração das canoas dos pescadores, que atracam neste segmento. Vale ressaltar que neste trecho a linha de costa não está estabilizada por não haver construções “duras” na orla.



Fotografia 4.24: Notar a variação das distâncias das edificações na praia Central de Matinhos, que a norte é maior e a sul aproxima-se da linha de costa. Fotografado pela autora em abril/2016.

Apesar de as medidas tornarem-se crescentes no sentido norte, após o trecho central as distâncias dobram de valor, mostrando uma segmentação nos dados e comportamento da praia.

Distância mínima	8,44m
Distância máxima	43,71m

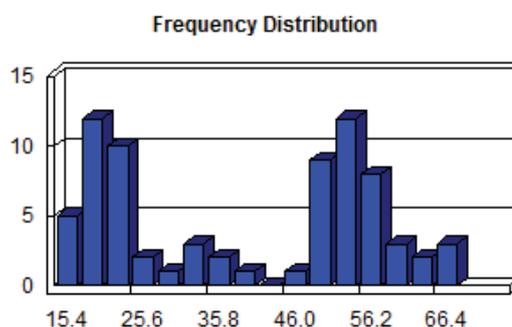


Quadro 4.9: Frequência de distribuição das distâncias de edificações em relação à linha de costa de 2016 para a praia Central.

PRAIA RIVIERA

A menor distância determinada na praia da Riviera é de 15,43 m, localizada na porção sul da praia, mas não no extremo sul, coincidindo com o final da Avenida Beira-Mar, já citada anteriormente e provável causa da erosão identificada no local. O extremo sul desta praia não tem a linha de costa fixada por nenhuma infraestrutura e apresenta valores médios de 25 m desde as edificações até a linha de costa mapeada para 2016.

Distância mínima	15,43m
Distância máxima	67,41m



Quadro 4.10: Frequência de distribuição das distâncias de edificações em relação a linha de costa de 2016 para a praia Riviera.

Contíguo a esta área existe um terreno sem edificações, sendo que a infraestrutura mais próxima é a PR408, distando mais de 100m da linha de costa, e que é usado como espaço público, com barracas de vendedores ambulantes e aparentemente uma obra embargada. Deste modo, para esta frente de terreno que

tem aproximadamente 300m, foi considerada a média dos transectos contíguos a norte e sul considerando que, mesmo sem uma edificação estabelecida, o terreno está sujeito à mesma ameaça.

O valor máximo de distância encontrado é de 67,41m, localizado no trecho norte da praia (fotografia 4.25). Apesar da distribuição de frequência dos dados mostrar dois grupos de dados, próximas a 20 m e 50 m cada um, especialmente não é possível compartimentar a praia, pois aparentemente ela mostra uma proporcionalidade de crescimento das distâncias no sentido norte.

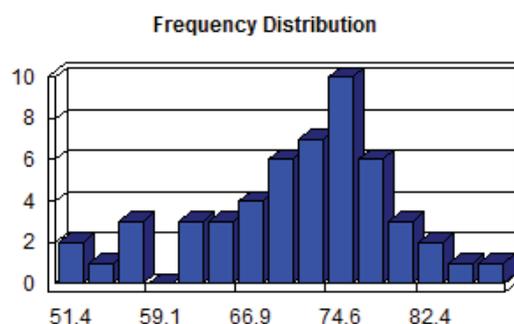


Fotografia 4.25 Aspecto da distância das edificações e a linha de costa, na porção norte da praia Riviera. Fotografado pela autora em abril/2016

PRAIA COSTA AZUL

A praia de Costa Azul apresenta a maior média de distância das edificações em relação à linha de costa, com valor de 71,99 m, e o menor desvio padrão detectado, 8,14 m. Isto mostra uma distribuição equilibrada entre as distâncias medidas. A menor distância encontrada é 51,37 m no extremo sul da praia, e a maior no extremo norte, mas isto não se configura um padrão, pois o trecho central apresenta medidas próximas a máxima e a mínima. Isto pode decorrer do posicionamento da linha de costa, que neste trecho é influenciada por lançamentos de águas pluviais, modificando a dinâmica da linha de costa a influenciando nestes valores de distância.

Distância mínima	51,37m
Distância máxima	87,84m



Quadro 4.11: *Frequência de distribuição das distâncias de edificações em relação a linha de costa de 2016 para a praia Central.*



Fotografia 4.26: *Aspecto da distância das edificações e a linha de costa, na porção centro-norte da praia Costa Azul. Fotografado pela autora em abril/2016.*

CENÁRIOS PREDITIVOS DA LINHA DE COSTA

A partir das taxas de variação da linha de costa e das distâncias das edificações encontradas no litoral do município de Matinhos, foram elaborados cenários preditivos do posicionamento da linha de costa em concordância com os preceitos do PROCOSTA. Os resultados desta modelagem são apresentados neste item e foram publicados em forma de artigo na língua espanhola.

O Programa Nacional para a Conservação da Linha de Costa - PROCOSTA é um programa do Governo Brasileiro que tem entre objetivos a projeção da linha de

costa e a identificação de perigos. O PROCOSTA propõe medições e compilações de dados para estabelecer a definição exata da linha de costa do país, além de uma base de dados que possa ser utilizada em modelagens do sistema costeiro para definir prováveis modificações na linha de costa no futuro e a quantificação dos perigos que a zona costeira estará sujeita. Neste programa perigos são definidos como "fenómenos naturais que podem resultar em danos materiais e humanos. Assim, possíveis perigos a ser identificados são: a elevação do nível médio do mar, grandes tempestades, ondas gigantes, marés meteorológicas, processo de erosão e progressão costeira" (PROCOSTA, 2018). Também há menção de que os dados que estão disponíveis atualmente não são suficientes para a geração de cenários na escala nacional. Ademais, existe a dificuldade da análise integrada em função das diferentes metodologias que se aplicam em estudos de âmbito regional.

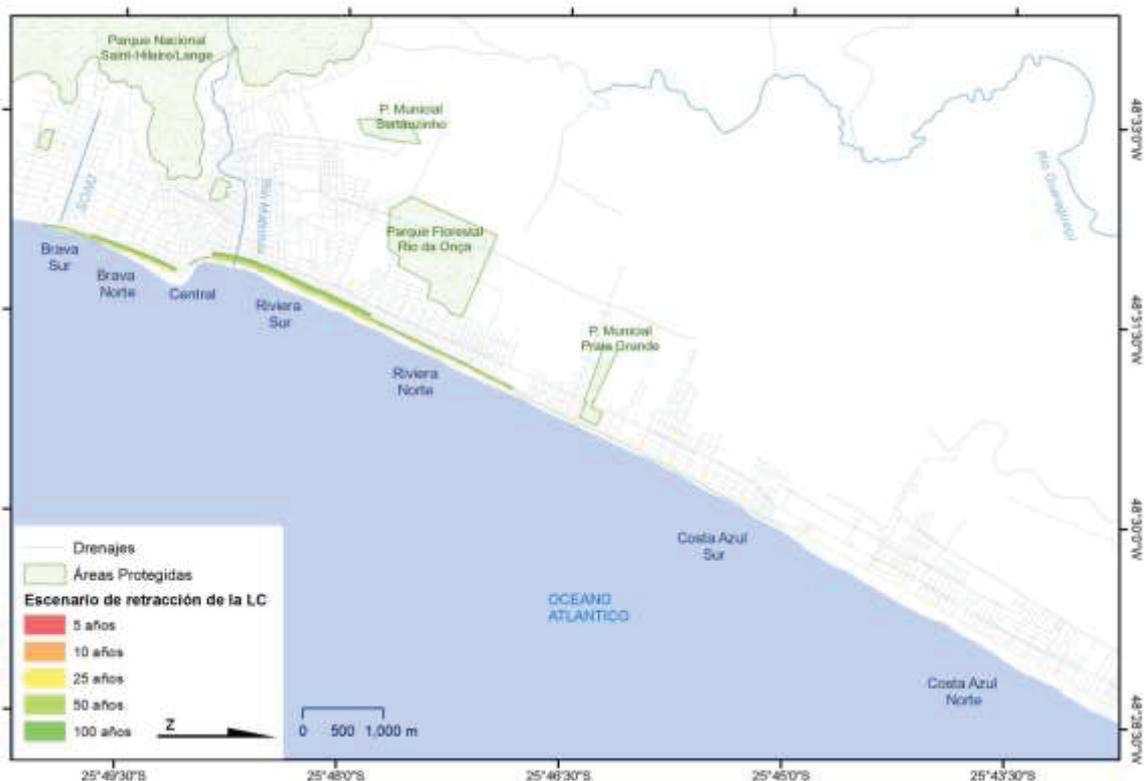


Figura 4.25 - Cenários de retração da linha de costa

Os cenários aqui produzidos são definidos conforme intervalos propostos pelo PROCOSTA sejam 5, 10, 25, 50 e 100 anos, e tem a pretensão de subsidiar políticas públicas para ordenamento territorial com base em técnicas de análises espaço-temporais. São também indicadas algumas soluções para os problemas

provenientes da erosão costeira baseadas em Townend et al., (1991), Van de Graaff et al., (1991), Lima, (2008) e Freire (2011).

Os dados usados para a modelagem dos cenários preditivos do litoral de Matinhos são os de variação da linha de costa obtidos para esta tese, calculados por Regressão Linear, e classificados em 5 classes baseadas em quantile, resultando em 7 setores distintos (figura 4.25).

Estes setores foram nomeados e foi calculada a média dos valores de LRR dos transectos (quadro 4.12), atribuindo este valor a linha de costa mais recente.

Segmento de praia	Valores de LLR m/a	Valor médio em m/a
Costa Azul Norte	-0,07 até 0,07	-0,0046
Costa Azul Sul	-0,23 até 0,03	-0,1200
Riviera Norte	-0,59 até -0,29	-0,4440
Riviera Sul	-1,24 até -0,62	-0,9480
Praia Central	-0,5 até -0,21	-0,2580
Brava Norte	-0,78 até -0,59	-0,7120
Brava Central	-0,5 até -0,27	-0,3680

Quadro 4.12 – Segmentos de praia com valores máximos e mínimos das TVLC e o valor da média usada no cálculo dos cenários preditivos.

Com os valores médios atribuídos a linha de costa atual, foram geradas áreas em direção ao continente, por ferramenta buffer, multiplicando a taxa de variação da linha de costa anual pelos cenários propostos pelo PROCOSTA. Estas áreas foram sobrepostas a imagens de 2016, em alta resolução, mostrando a relação espacial entre os cenários calculados e as áreas edificadas sujeitas ao avanço da linha de costa.

Cenário e recomendações Costa Azul Norte

Este segmento localiza-se ao norte de Matinhos e tem 5,13km de extensão. A vegetação de restinga é bem conservada no local, com uma largura média de 40m. A distancia das edificações apresentam média de 73m. A variação da linha de costa apresentou um valor médio de 0,004m/ano, indicando uma pouca variabilidade no posicionamento da linha de costa. Esta média representa provavelmente uma praia com ciclos de erosão e sedimentação variáveis sazonalmente, pois se

encontram valores centimétricos positivos e negativos, mostrando uma estabilidade ao longo do tempo analisado.

Os cenários analisados mostram valores pouco expressivos de perda de área, indicando que estas edificações não tendem a ser alcançadas pela erosão costeira, desde que mantidas as condições atuais. A variação máxima no cenário para 100 anos é de um metro, positivo ou negativo, não alcançando nenhuma edificação ou infraestrutura. É importante ressaltar que as condições atuais precisam ser mantidas e as desembocaduras de águas pluviais adequadas, para evitar a fuga de sedimentos nestes pontos. Portanto, recomenda-se também a preservação e monitoramento de área de restinga,

Cenário e recomendações Costa Azul Sul



Figura 4.26 - Cenário gerado para o trecho Costa Azul Sul. Composição sobre imagens do Google Earth.

Este trecho está ao sul do anterior e estende-se por 3,8km. As edificações estão distantes 56m em média e as taxas de variação da linha de costa indica uma estabilidade neste trecho, com média de 0,12m/ano. Apesar de ser maior que o trecho anterior, esta praia pode ser considerada estável ao longo do tempo analisado, visto que no cenário para 100 anos apresenta um movimento de 12m em

direção ao continente. É possível observar que a largura da restinga diminui em sentido sul, coincidindo com os valores mais elevados da TVLC, podendo alcançar - 0,16m/ano na porção sul (figura 4.26).

As recomendações para este trecho são conservação e monitoramento da área de restinga, construção de passarelas de acesso a praia e adequação do fluxo de águas pluviais.

Cenário e recomendações Riviera Norte

Este trecho tem aproximadamente 2km de extensão com início coincidente com o lugar onde a restinga começa a mostrar irregularidades em sua largura. Em certos trechos a restinga é completamente inexistente, porém ainda pode ser vista a parte arenosa da praia. As maiores TVLC são coincidentes com estes locais e também com a já conhecida desembocadura de águas pluviais. O limite sul deste segmento coincide com o início dos enrocamentos feitos para conter a erosão costeira local (figura 4.25).



Figura 4.27 - Cenário gerado para o trecho Riviera Norte. Composição sobre imagens do Google Earth

A TVLC média para este trecho é de 0,44m/ano, e a média das distâncias das edificações e a linha de costa é de 30m, mas com valores que varia, de 50m ao

norte e 18m ao sul. Esta combinação faz com que a projeção da linha de costa possa alcançar infraestruturas e edificações num cenário de 100 anos, com a linha de costa avançando 44m em direção ao continente, expondo metade das infraestruturas expostas neste limite. Os valores também mostram que a partir de 40 anos a linha de costa projetada alcança o valor mínimo de distância das infraestruturas na porção sul deste trecho, como pode ser visto na figura 4.27.

As sugestões para este trecho são a recomposição da vegetação de restinga para criar uma barreira natural frente a eventos climáticos mais intensos. As recomendações para o controle do fluxo de águas superficiais com drenagens também é mantida, além da engorda de praia que pode melhorar a paisagem do local e também dispor de uma área maior para a recomposição da restinga.

Cenário e recomendações Riviera Sul

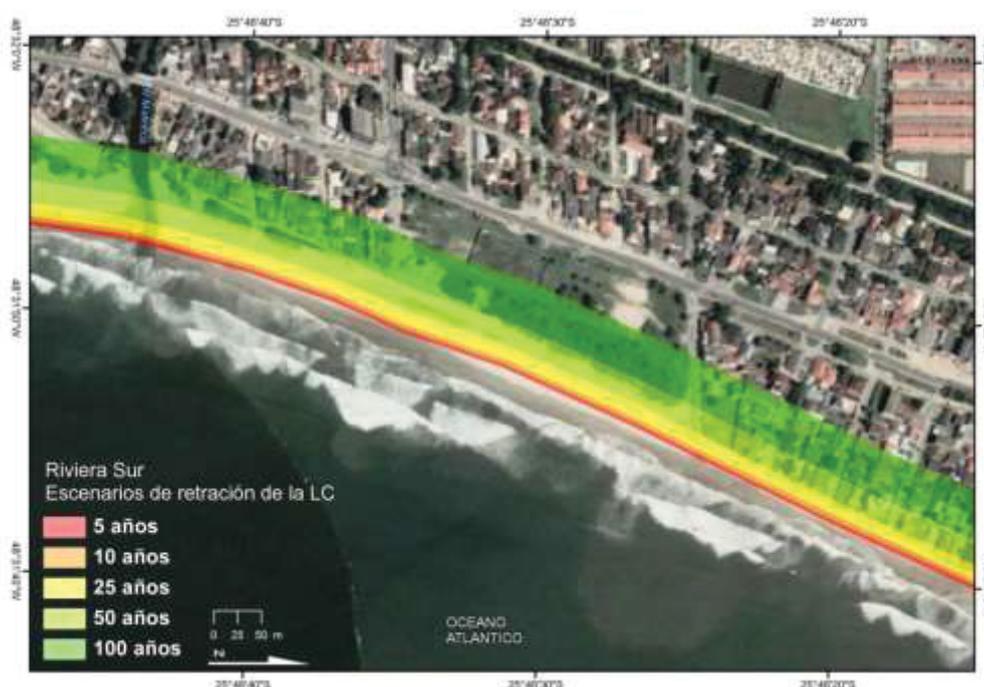


Figura 4.28 - Cenário gerado para o trecho Riviera Sul. Composição sobre imagens do Google Earth.

O limite norte deste trecho coincide com o início do enrocamento de pedras para conter a erosão e ao sul com a inflexão da praia central de Matinhos, englobando a desembocadura do rio Matinhos, totalizando 2,1km. É o trecho de praia com a maior média de TVLC, com -0.95m/ano . A média das distâncias de infraestruturas e edificações é de aproximadamente 23m, podendo ocorrer trechos

com 43m ao norte e 15m ao sul, próxima a desembocadura do rio Matinhos, onde o backshore não tem acumulo de areia. A porção central deste segmento tem os problemas mais severos em relação a infraestrutura afetada pela ação do mar, podendo ser observada a degradação da orla. A porção sul do trecho é usada pelos pescadores da região e, como já abordada, não possui a linha de costa fixada, tão pouco infraestruturas como calçadas ou ruas.

Os cenários elaborados para este segmento, vistos na figura 4.28, mostram que na projeção para 50 anos 100% das infraestruturas e edificações provavelmente serão afetadas. Na porção central o cenário de 25 anos está no limite da infraestrutura, afastando-se progressivamente para o norte.

A questão da invasão da avenida Beira-Mar na linha de costa, com seu auge exatamente neste trecho corrobora o cenário destrutivo. Este trecho não apresenta boas condições para o bem-estar populacional, podendo causar preocupação e ansiedade na população quando se preveem eventos extremos. A recomposição da restinga é imprescindível, e a engorda de praia deve ser considerada, principalmente em relação aos benefícios visuais e psicológicos que uma maior faixa de areia traz aos habitantes. Esta ação deve ser combinada com obras de retenção de areia com geotêxtil, conforme detalhados em Freire (2011). Uma construção de recife artificial pode ser de grande benefício se bem modelada. Mesmo que na porção sul deste trecho as edificações não sejam afetadas as recomendações são as mesmas, principalmente em relação a ampliação e conservação das restingas.

Cenário e recomendações Praia Central

É o menor segmento produzido nesta análise, com 353m de extensão, e inicia na inflexão da praia central e vai até o início das pedras do Pico de Matinhos. Neste trecho a linha de costa é completamente fixada por infraestruturas que são constantemente afetadas por eventos climáticos intensos como ressacas, e que resultam em danos. As edificações estão a uma média de 12,5m, sendo que é possível observar a faixa de areia somente em períodos favoráveis a acumulação de areia. A média da TVLC é de -0,26m/ano, mas como já abordada, pode não representar adequadamente o fenômeno neste local. Mesmo assim, os cenários apontam para um alcance das edificações em menos de 50 anos, como mostra a figura 4.29.

Assim, para este trecho de praia também se recomenda ações como fixação de areia com geotêxtil nos mesmos moldes que o trecho anterior, além do estudo da expansão da faixa de areia com engorda de praia.



Figura 4.29 - Cenário gerado para o trecho Praia Central. Composição sobre imagens do Google Earth.

Cenário e recomendações Praia Brava Norte

Este trecho, muito significativo para o município, se estende desde as rochas ao sul do pico de Matinhos por 1,14km, até cerca de 400m do canal do DNOS (figura 4.30). A média das distâncias das edificações neste trecho é de 12,5m e além da diferença de altura entre a rua e a areia é possível observar que o *backshore* é praticamente inexistente. Além disso, a TVLC detectada é de -0,71m/ano. Os cenários projetados e visualizados na figura 4.26 indicam que a infraestrutura pode ser alcançada em 25 anos e em 50 anos das edificações serão afetadas. Num cenário para 100 anos quase toda a primeira quadra do mar pode ser alcançada.

As recomendações para minimizar os efeitos da erosão neste local já foram amplamente discutidas em estudos de diferentes fontes como o Plano Diretor realizado pelo governo local em 2001 e 2014, e o Plano Orla de 2006, além de estudos como Angulo (1982), Freire (2011) e Gandor et al. (2009). As propostas incluem desde a contração de gabiões e enrocamentos de pedras até contenções com areia em geotêxtil, recifes artificiais e contenção da praia.

O trabalho de Gandor et al., (2009) recomenda um recife artificial para barrar a incidência de ondas e criar acumulação de areia que, junto com a contenção da praia poderia solucionar a erosão local. No primeiro plano diretor a recomendação é a desocupação das primeiras quadras da orla na porção norte, com propósito de criar mais área de recuperação da praia em caso de ressaca. Um projeto de melhora da orla prevê a construção de um promontório na ponta norte deste trecho com propósito de freiar os sedimentos da corrente de deriva litorânea que tem sentido sul-norte, resultante do predomínio de ondas de frente sul.



Figura 4.30 - Cenário gerado para o trecho Brava Norte. Composição sobre imagens do Google Earth.

Cenário e recomendações Praia Brava Central

Este trecho corresponde a porção central da praia Brava, diretamente influenciada pela descarga do canal do DNOS. Apresenta 610m de extensão e a média da TVLC é de $-0,37\text{m/ano}$. A distância das edificações varia de 50 a 80m e é possível encontrar formações vegetais secundárias, em conjunto com uma incipiente restinga e um *backshore* mais desenvolvido. O problemas encontrados em relação a erosão são menos intensos que os encontrados na porção norte da praia Brava e os cenários mostram que em 100 anos as infraestruturas podem ser afetadas, porém a praia neste trecho pode apresentar uma tendência a estabilização (figura 4.31).

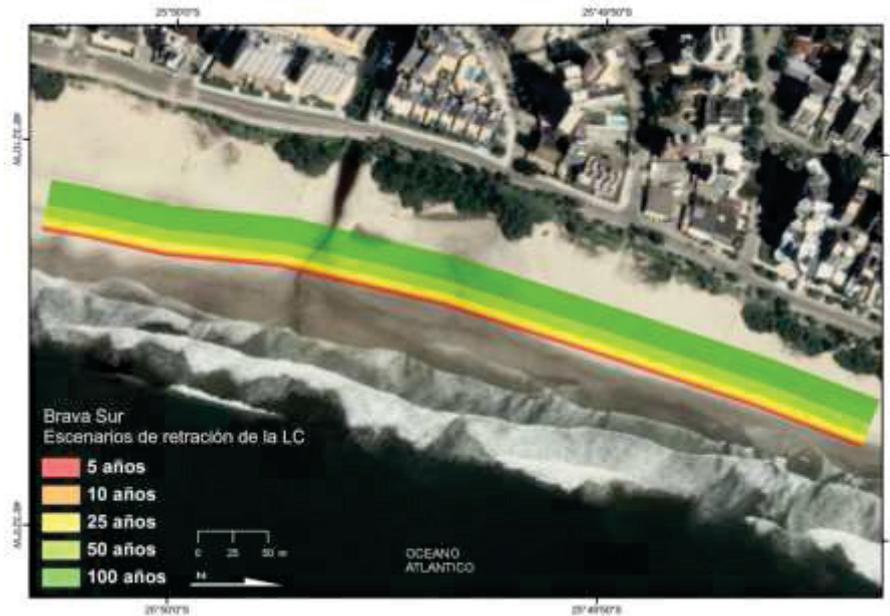
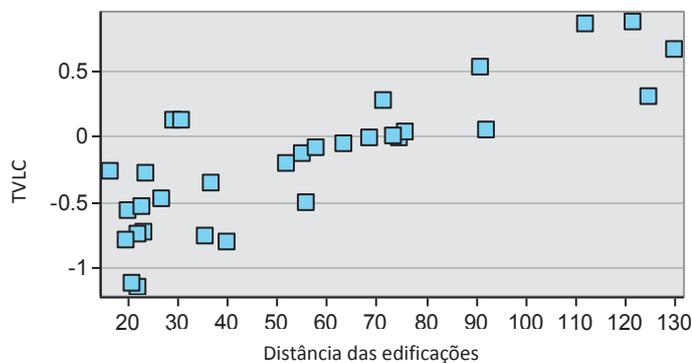


Figura 4.31 - Cenário gerado para o trecho Brava Norte. Composição sobre imagens do Google Earth.

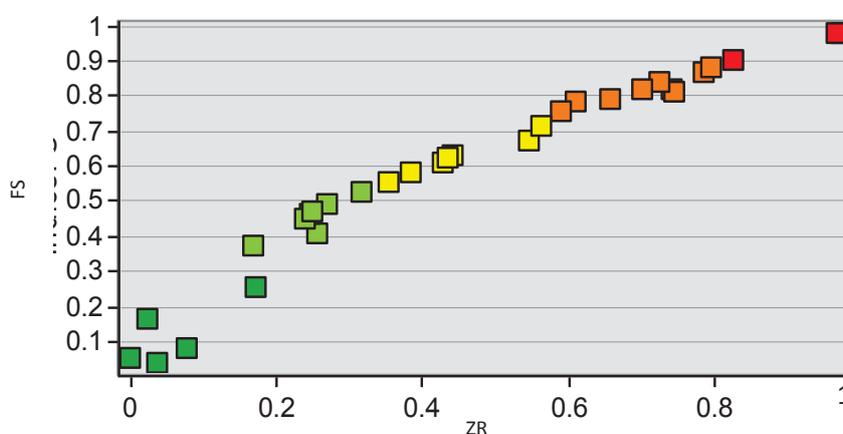
4.6 ÍNDICE DE VULNERABILIDADE FÍSICA

O índice de vulnerabilidade física ou a erosão costeira reflete a relação entre as taxas de variação da linha de costa e a distância das edificações em relação à linha de costa de 2016. Em função destas duas variáveis apresentarem uma boa correlação, como mostrado na figura a seguir (Quadro 4.13), a espacialização do IVF tem uma distribuição espacial semelhante à encontrada na espacialização destas variáveis. Assim, ao norte do município a vulnerabilidade é baixa e próximo à foz do rio Matinhos é elevada, assim como na ponta norte da praia Brava, e torna-se baixa novamente ao sul da praia Brava e na praia Mansa.



Quadro 4.13: Gráfico Scatter plot com a relação entre a distância das edificações e a taxa de variação da linha de costa, por setor censitário.

Este índice foi calculado de duas maneiras. A primeira considerando no cálculo a taxa de variação da linha de costa positiva e a segunda considerando que, quando existem taxas positivas – ou seja, teoricamente não haveria erosão, a vulnerabilidade tende a zero, diminuindo o valor deste índice de modo geral. Quando analisamos a correlação entre os índices, percebe-se que, mesmo com esta diferença, a correlação é mantida, principalmente nos setores onde as taxas são negativas, conforme mostrado no gráfico do quadro 4.14. Isto mostra que a proporcionalidade destas variáveis no índice físico se mantém, modificando os valores absolutos de probabilidade ao final dos cálculos.



Quadro 4.14: Gráfico Scatter plot com a relação entre o índice de vulnerabilidade física considerando a proporcionalidade da progradação no eixo X (FS) e levando a zero estes valores no eixo Y (ZR), por setor censitário.

Os valores encontrados para a vulnerabilidade a erosão costeira tendo em vista a proporcionalidade da progradação variam de 0,03 a 0,97, e considerando zero em trecho de progradação, ou seja, supondo como parte da vulnerabilidade somente a distância, os valores variam de 0 a 0,97 (figura 4.32). Este índice, então, mostra que setores onde a taxa de variação da linha de costa é negativa e a distância das edificações é pequena, a vulnerabilidade é elevada e setores onde a distância é grande e as taxas são positivas a vulnerabilidade é baixa. A exceção deste comportamento está na praia Mansa onde, apesar das taxas positivas da variação da linha de costa, a pequena distância dos imóveis em relação à linha de costa de 2016 aumenta a vulnerabilidade.

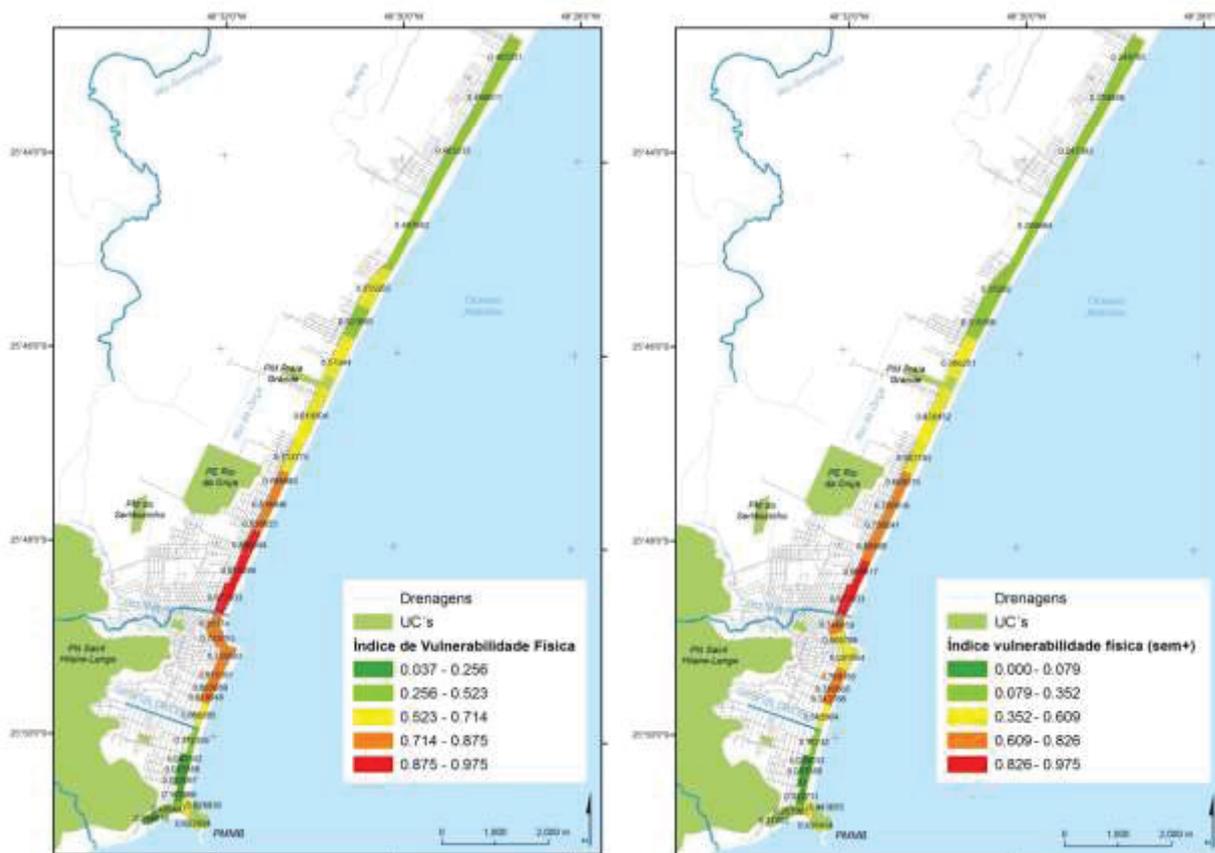


Figura 4.32: Mapa com a espacialização dos resultados do índice de vulnerabilidade física – ou a erosão costeira, considerando ou não a proporcionalidade por setores censitários.

PRAIA MANSA

Na praia Mansa, mesmo apresentando taxas positivas em relação à movimentação da linha de costa, a vulnerabilidade física se mostra mediana principalmente na porção leste, setores 35 e 39, porque as distâncias dos imóveis em relação à linha de costa de 2016 são pequenas. Os valores gerais do IVF variam de 0,44 no setor 35 e 0,17 no setor 42 a oeste, quando não é considerada a progradação, ou seja, a erosão tende a zero. Os valores têm aumento proporcional quando as taxas positivas de variação da linha de costa são consideradas, variando de 0,62 e 0,25 respectivamente para os mesmos setores. Assim, os valores do índice físico na praia mansa refletem principalmente a influência da distância dos imóveis em relação à linha de costa de 2016.

PRAIA BRAVA

A praia Brava apresenta dois cenários distintos para o índice de vulnerabilidade a erosão costeira, com valores menores ao sul e valores maiores ao

norte. Se considerada a progradação o menor valor de vulnerabilidade é de 0,03 no setor 31 do centro sul e o maior de 0,87 no setor 05 ao norte da praia. Já se considerarmos vulnerabilidade 0 para trechos com progradação os valores da praia brava variam de 0 para o setor 32 - que apresenta a maior distância dos imóveis para todo o município, e de 0,79 no setor 05. Assim, o índice reflete as condições morfodinâmicas desta praia, conforme discutido na descrição das variáveis, com dois cenários distintos.

PRAIA CENTRAL

Os valores de vulnerabilidade física, ou à erosão costeira, nos dois setores são considerados medianos a altos, variando de 0.609 no setor 01 ao sul e de 0.746 no setor 04 ao norte, sem considerar a proporcionalidade dos valores de progradação que ocorrem no município. Já quando esta condição é considerada os valores mudam para 0,77 e 0,81 respectivamente de sul para norte. Os valores encontrados no IVF refletem as condições vulneráveis a erosão que a praia central se encontra, principalmente considerando a menor distância detectada no município do setor 01 e uma das maiores taxas de variação da linha de costa do município no setor 04.

PRAIA DA RIVIERA

Neste trecho do litoral de Matinhos são encontrados os maiores valores de vulnerabilidade a erosão costeira. Considerando valores de progradação o IVF varia de 0,97 no setor 10, limítrofe com a foz do rio Matinhos, a 0,52 no setor 44 ao norte deste trecho, e se considerado como não vulneráveis locais com taxas de variação da linha de costa positivas os valores variam de 0,97 a 0,31 nos mesmos setores. Os resultados deste índice para a praia da Riviera, considerando as duas situações de cálculo, vão gradativamente diminuindo no sentido norte da praia, em concordância com os aspectos morfodinâmicos já comentados na descrição das variáveis distância das edificações e variação da linha de costa.

PRAIA COSTA AZUL

Os IVFs na Costa Azul estão entre os mais baixos do município, conforme esperado em função das características encontradas nas variáveis que definem este índice. Neste trecho os valores variam de 0,44 no setor 49 e 0,48 no setor 46

considerando a progradação e 0,26 e 0,23 respectivamente para os mesmos setores, sem considerar os valores positivos de variação da linha de costa.

4.7 ANÁLISE DO RISCO À EROSÃO COSTEIRA

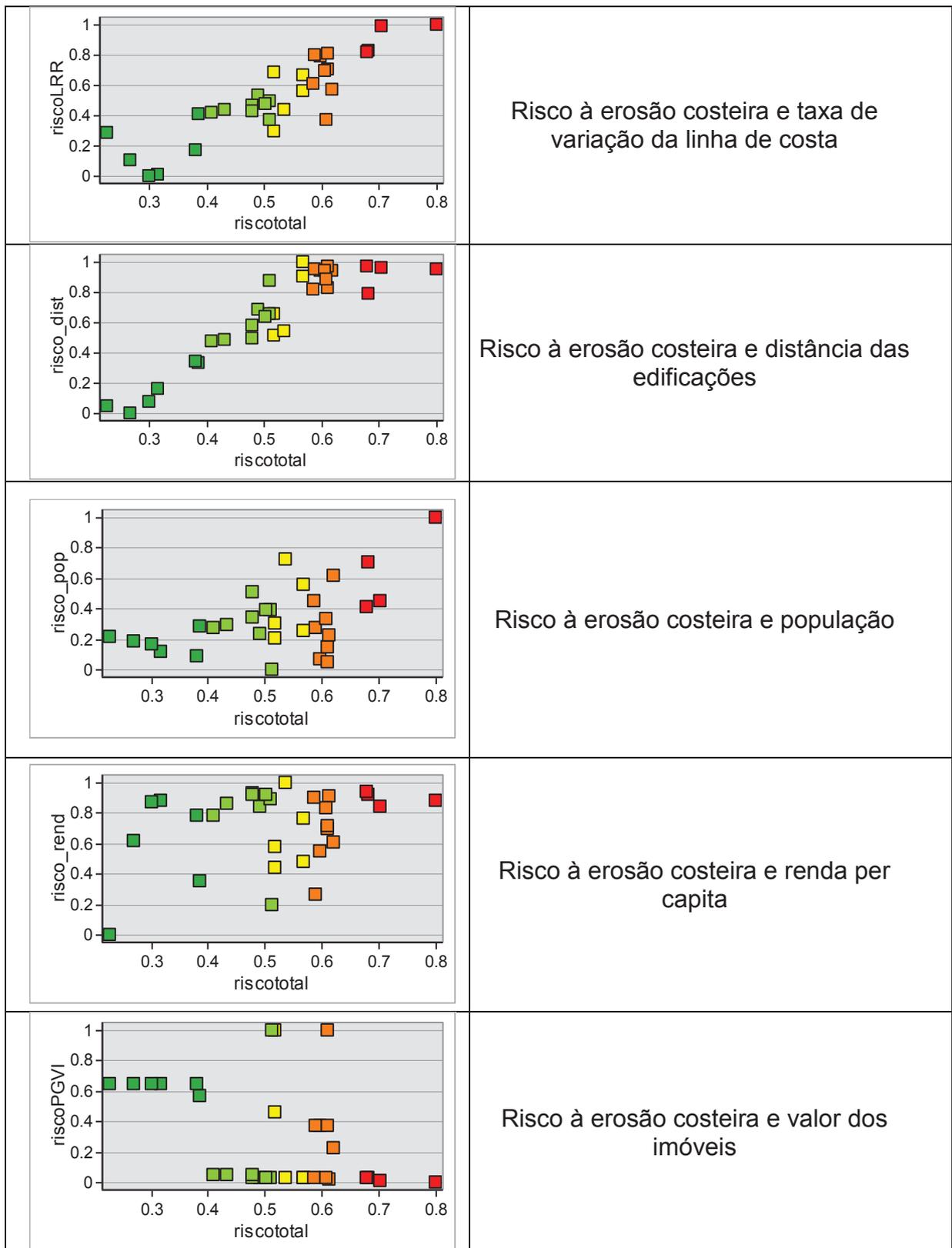
A análise do risco à erosão costeira compara o resultado da relação entre a vulnerabilidade socioeconômica e a vulnerabilidade física. Para compreensão dos resultados e para a análise da influência entre variáveis e o valor encontrado para o risco a erosão costeira são apresentados gráficos do tipo scatter plot, onde os setores censitários estão representados por quadrículas e os eixos dos gráficos relacionam os atributos. Os primeiros gráficos relacionam as variáveis e o risco calculado. A seguir são mostradas as relações dos índices entre si, bem como dos índices e o risco total calculado.

CORRELAÇÃO DAS VARIÁVEIS COM O RISCO TOTAL

Os gráficos mostrados no quadro 4.15 permitem analisar a correlação das variáveis usadas no cálculo do risco a erosão costeira com o próprio resultado do risco. Também serão mostrados somente os gráficos do risco total considerando a proporcionalidade da progradação, visto que é mantida a correlação espacial entre os dois cenários, conforme já discutido.

É possível observar uma correlação direta entre o risco à erosão e as taxas de variação da linha de costa, possivelmente pela natureza contínua dos valores desta variável, assim como ocorre com a distância das edificações, pela mesma razão.

O risco a erosão costeira e a população exibem uma correlação mediana, sendo que os pontos com menor correlação do risco em relação à população estão relacionados a setores situados na praia Mansa e na praia Brava, refletindo a influência do PGVI que nesses casos eleva o risco, mesmo com uma população menor. É interessante notar que, de modo geral, a proporcionalidade da ocupação populacional nos setores está abaixo de 0,6, independente dos valores do risco a erosão costeira. Isto mostra que a orla aparentemente não é populosa a ponto de ser um fator preponderante de risco para a erosão costeira.



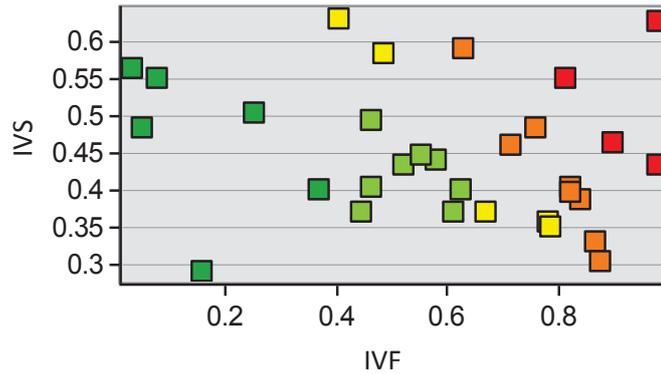
Quadro 4.15: Gráfico Scatter plot relacionando cada variável (eixo Y) com o resultado do risco (eixo X).

Em relação à renda, a correlação é menos evidente. Quando são observados valores de renda alta associados a risco de erosão também elevado referem-se ao setor 05 no norte da praia Brava e, com um valor mediano o setor 39 a leste da praia Mansa. No caso da praia Mansa tem a influência do valor alto dos imóveis e pequena distância destes em relação à linha de costa. No caso da praia Brava pesou no cálculo as altas taxas negativas de variação da linha de costa aliadas a uma pequena distância destes imóveis em relação a linha de costa de 2016. Já em relação a baixos valores de risco, mas com baixa renda são em especial os setores 31 e 32 da praia Brava, que tem a favor uma grande distância dos imóveis em relação a linha de costa e taxas positivas nas taxas de variação da linha de costa. De modo geral, a proporcionalidade de rendas mais baixas é maior no município, com pelo menos 90% dos valores superiores a 0,6.

A variável que apresenta a menor correlação em relação ao risco à erosão costeira é o valor dos imóveis, determinados pela planta genérica de valores imobiliários - PGVI. A maioria dos setores apresenta baixa vulnerabilidade para valores de PGVI, que mostra uma irregularidade na distribuição espacial. Os setores que tem vulnerabilidade para PGVI na casa de 0.6 estão localizados no setor sul da praia Brava, onde a resiliência financeira e as taxas positivas de variação da linha de costa não deixam os valores do risco a erosão costeira se elevarem. Já imóveis situados na praia Mansa, que possuem os maiores valores de PGVI e nos setores a leste apresentam pequenas distâncias destes imóveis em relação à linha de costa atual, elevam os valores de risco à erosão.

CORRELAÇÃO ENTRE ÍNDICES

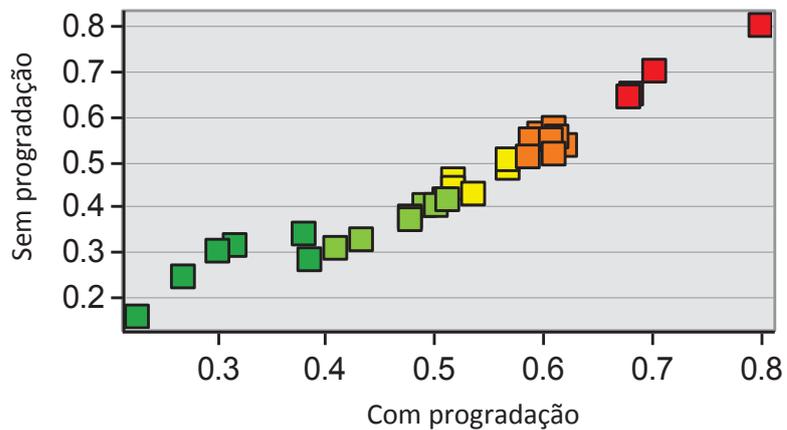
Percebe-se no gráfico mostrado no quadro 4.16 que os índices IVF e IVS não apresentam uma correlação direta, sendo que setores com baixo índice de vulnerabilidade física podem apresentar alta vulnerabilidade social e vice-versa. Isto provavelmente ocorre em função da natureza diferente das variáveis analisadas, como por exemplo, as variáveis do meio físico serem de natureza contínua no espaço e as do meio socioeconômico, serem discretas.



Quadro 4.16: Gráfico Scatter plot relacionando os índice de vulnerabilidade socioeconômica IVS (eixo Y) e o índice de vulnerabilidade física IVF (eixo X)

CORRELAÇÃO ENTRE RISCO COM E SEM PROGRADAÇÃO

Existe uma correlação direta entre o cálculo do risco considerando taxas positivas de variação da linha de costa e considerando estas taxas como zero no cálculo do índice de vulnerabilidade física (Quadro 4.17). Isto significa que as variáveis continuam se comportando proporcionalmente do mesmo modo, modificando os valores de risco, indicando maior ou menor probabilidade de desastre em caso de erosão costeira de modo proporcional, mas mantendo os mesmos setores críticos e os setores mais estáveis do ponto de vista espacial.

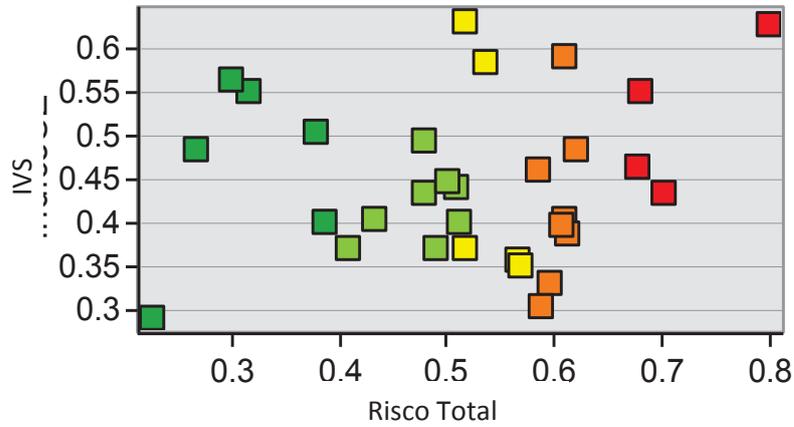


Quadro 4.17: Gráfico Scatter plot com os resultados do risco a erosão calculado com a progradação (eixo X) e sem progradação (eixo Y)

CORRELAÇÃO ENTRE RISCO A EROSÃO E ÍNDICES

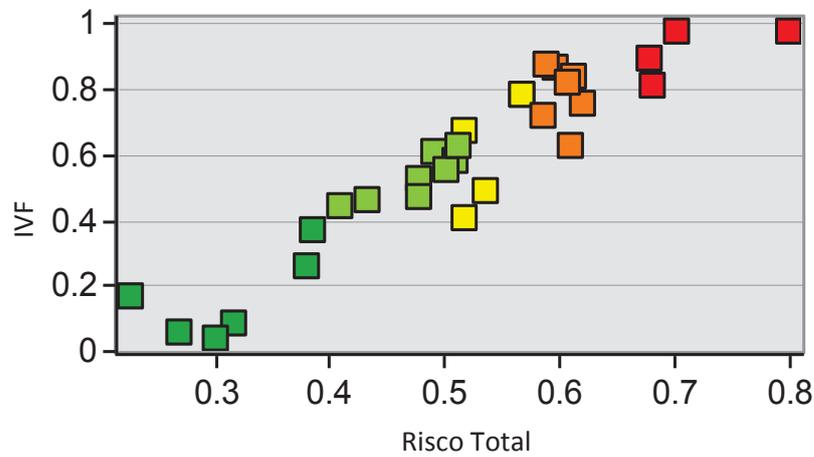
O risco à erosão costeira e o índice de vulnerabilidade socioeconômica não apresentam uma correlação direta, sendo que alta vulnerabilidade socioeconômica não necessariamente indica um alto risco associado à erosão costeira (quadro 4.18).

Isto pode acontecer por causa da variabilidade espacial, atrelada com a grande diferença proporcional em variáveis, principalmente com os valores dos imóveis.



Quadro 4.18: Gráfico Scatter plot relacionando os índice de vulnerabilidade socioeconômica IVS (eixo Y) e o risco a erosão costeira (eixo X)

Risco total e índice de vulnerabilidade física tem uma correlação direta mais evidente (gráfico 4.19). Isto pode ocorrer porque as variáveis deste índice têm valores contínuos no espaço, e mantém entre si uma alta correlação e uma gradação natural.



Quadro 4.19: Gráfico Scatter plot relacionando os índice de vulnerabilidade física IVF (eixo Y) e o risco a erosão costeira (eixo X)

ANÁLISE DO RISCO POR TRECHO DE PRAIA

PRAIA MANSA

Na praia Mansa os valores de risco à erosão variam de 0,609 a 0,380 considerando a proporcionalidade dos trechos com progradação e de 0,516 a 0,338 não considerando, como mostra a tabela 4.1 a seguir.

Sector	População	VPop	Renda R\$	VRenda	PGVI R\$	VPGVI	LRR m/a	VLRR	VLLRO	Distância média	VDist	ISE	IF	IF sem +	Risco à Erosão	Risco sem +
35	46	0,054	1692,78	0,716	1050,00	1,000	0,125	0,370	0,000	29,07	0,887	0,590	0,629	0,444	0,609	0,517
40	122	0,309	2097,68	0,582	1050,00	1,000	0,270	0,299	0,000	71,59	0,514	0,630	0,406	0,257	0,518	0,444
42	55	0,084	1498,34	0,780	700,00	0,650	0,534	0,168	0,000	90,97	0,344	0,505	0,256	0,172	0,380	0,338
39	30	0,000	3260,00	0,199	1050,00	1,000	0,120	0,373	0,000	30,72	0,873	0,400	0,623	0,436	0,511	0,418

Tabela 4.1 – Resultados para os setores censitários da praia Mansa.

A praia Mansa, apesar de ter inteiramente valores positivos para taxa de variação da linha de costa possui os imóveis mais caros do município que, aliado a pequena distância, eleva os valores de risco à erosão costeira. O setor com maior risco na praia Mansa é o 35 e apresenta 60% de probabilidade de haver um problemas em relação à erosão costeira, fortemente influenciado pelo preço dos imóveis e a distância em relação a linha de costa de 2016 (Figura 4.33).

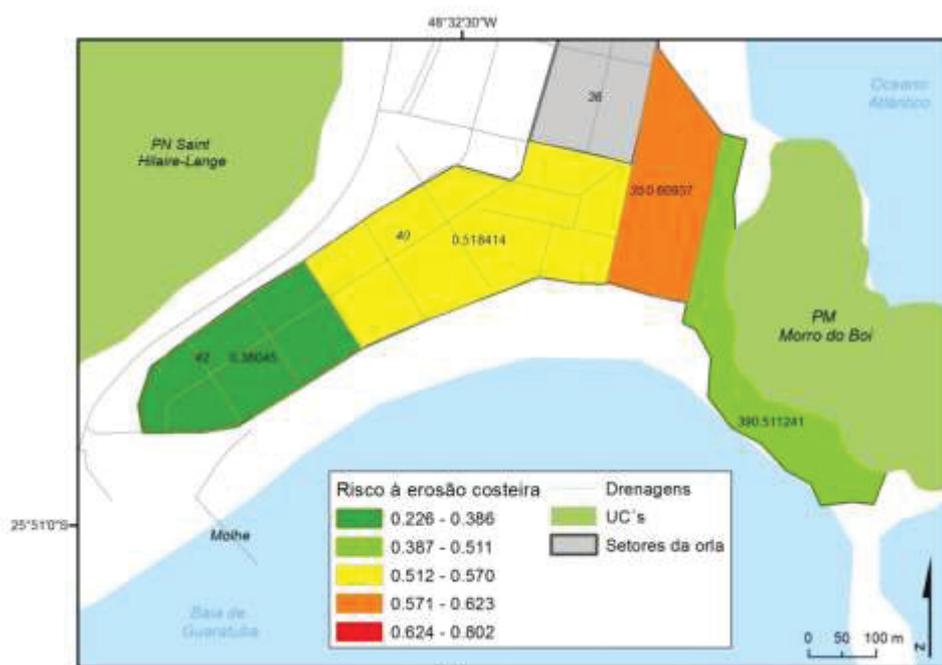


Figura 4.33 – Setores censitários da praia Mansa com os valores calculados para o risco à erosão costeira, classificado por quebras naturais.

PRAIA BRAVA

A praia Brava apresenta valores para risco a erosão costeira que variam de 0,620 a 0,226 considerando a progradação e sem considerar variam de 0,558 a 0,156, atestando a grande diferença de cenários nesta praia (tabela 4.2). Os resultados corroboram as diferenças sociais e de dinâmica praial já mostradas na análise das variáveis, sendo que os valores de menor risco estão associados aos setores da porção sul da praia, e os valores maiores para o risco estão associados aos setores da porção norte da praia, com destaque para o setor 02 (figura 4.34). Faz-se notar a pequena diferença nos valores de risco calculado com progradação e sem progradação nos setores 02, 05 e 11, influenciados pela diferença em relação as cifras de PGVI e renda, onde o setor 05 tem valor maior de renda e o setor 02 valor menor para PGVI proporcionalmente em relação aos outros.



Figura 4.34 –Setores censitários da praia Brava com os valores calculados para o risco à erosão costeira, classificado por quebras naturais.

Setor	População	VPop	Renda R\$	VRenda	PGVI R\$	VPGVI	LRR m/a	VLRR	VLLRO	Distância média	VDist	ISE	IF	IF sem +	Risco à Erosão	Risco sem +
11.000	51.000	0.070	2196.200	0.550	420.000	0.370	-0.730	0.793	0.633	23.205	0.939	0.330	0.866	0.786	0.598	0.558
12.000	73.000	0.144	1757.210	0.695	420.000	0.370	-0.755	0.805	0.654	35.240	0.833	0.403	0.819	0.744	0.611	0.573
2.000	214.000	0.617	2029.210	0.605	280.000	0.230	-0.287	0.574	0.245	23.276	0.938	0.484	0.756	0.592	0.620	0.538
5.000	111.000	0.272	3048.320	0.269	420.000	0.370	-0.746	0.800	0.647	21.947	0.950	0.304	0.875	0.798	0.589	0.551
21.000	90.000	0.201	2515.880	0.444	504.000	0.460	-0.508	0.683	0.438	55.698	0.654	0.369	0.668	0.546	0.518	0.457
24.000	114.000	0.282	2805.130	0.349	616.000	0.570	0.045	0.410	0.000	92.018	0.335	0.400	0.372	0.167	0.386	0.284
30.000	66.000	0.121	1196.390	0.880	700.000	0.650	0.865	0.005	0.000	112.160	0.158	0.550	0.082	0.079	0.316	0.315
31.000	81.000	0.171	1230.730	0.868	700.000	0.650	0.875	0.000	0.000	121.650	0.075	0.563	0.037	0.037	0.300	0.300
32.000	85.000	0.185	1999.620	0.615	700.000	0.650	0.660	0.106	0.000	130.170	0.000	0.483	0.053	0.000	0.268	0.242
36.000	95.000	0.218	3863.790	0.000	700.000	0.650	0.303	0.282	0.000	124.990	0.045	0.289	0.164	0.023	0.227	0.156

Tabela 4.2 – Resultados para os setores censitários da praia Brava.

PRAIA CENTRAL

A praia central tem dois valores distintos para risco à erosão costeira como mostra a figura 4.35. O setor 01 apresenta 0,567 e 0,482 e o setor 04 apresenta 0,681 e 0,648 respectivamente para risco considerando a progradação e sem considerá-la. Novamente os resultados, mostrado em detalhe na tabela 4.3, corroboram o padrão encontrado nas variáveis, separando claramente duas situações nesta praia, o que também é verificado em campo. Uma mais consolidada, com maior renda, menor população e linha de costa fixada e o outro setor com uma taxa de variação da linha de costa negativa aliada a maior população com menor renda, resultado num risco a erosão maior. Assim, o setor 04 é o que apresenta a maior probabilidade, na casa de 65%, de um desastre em relação a erosão costeira.

Setor	População	VPop	Renda R\$	VRenda	PGVI R\$	VPGVI	LRR m/a	VLRR	VLLRO	Distância média	Vdist	ISE	IF	IF sem +	Risco à Erosão	Risco sem +
1	197	0.560	2421.15	0.476	77.00	0.030	-0.258	0.560	0.220	16.230	1.000	0.355	0.780	0.610	0.568	0.483
4	239	0.701	1075.29	0.920	77.00	0.030	-0.810	0.832	0.703	40.000	0.791	0.550	0.812	0.747	0.681	0.649

Tabela 4.3 – Resultados para os setores censitários da praia Central.

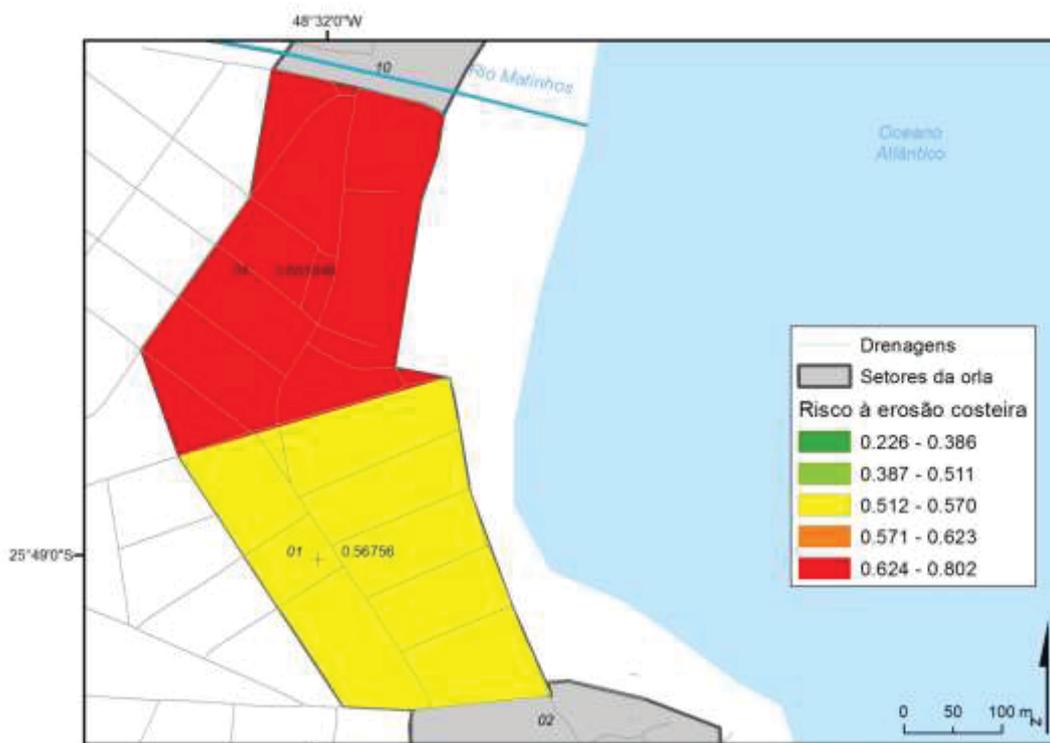


Figura 4.35 – Setores censitários da praia Central com os valores calculados para o risco à erosão costeira, classificado por quebras naturais.

PRAIA RIVIERA

Na praia da Riviera estão os maiores valores de risco a erosão encontrados em todo o município de Matinhos. Estes valores estão localizados no extremo sul deste trecho, sendo o setor 10 o mais exposto ao risco de erosão costeira, atingindo um valor de 0,801. Os outros setores têm valores de risco que variam de 0,704 na porção sul (setor 20) a 0,479 (setor 44) na porção norte desta praia (tabela 4.4). Os resultados apontam que a porção sul deste trecho está mais exposta ao risco de erosão costeira, com valores superiores a 0,65, que o trecho intermediário apresenta um risco intermediário, entre 0,65 e 0,5, e os setores mais ao norte apresentam valores mais baixos de risco, com cifras menores que 0,5 (Figura 4.36). Resta evidente duas situações distintas na praia Riviera, um com maior probabilidade de ocorrer um desastre em relação a erosão costeira e outro mais resiliente a este fenômeno. A situação encontrada em campo reflete as mesmas condições verificadas pela metodologia aqui apresentada, sendo que em áreas onde a vegetação e as dunas frontais de praia foram preservadas o processo de erosão não é tão evidente. Além disso, os dados socioeconômicos apontam que poucas pessoas vivem neste trecho, e mesmo que sua renda seja proporcionalmente menor

que áreas como praia Mansa e Brava, o preço dos imóveis equivale a 3% do valor dos imóveis encontrados na praia Mansa, diminuindo substancialmente o risco nestes locais.



Figura 4.36 –Setores censitários da praia Riviera com os valores calculados para o risco à erosão costeira, classificado por quebras naturais.

Setor	População	VPop	Renda R\$	VRenda	PGVI R\$	VPGVI	LRR m/a	VLRR	VLLRO	Distância média	Vdist	ISE	IF	IF sem +	Risco à Erosão	Risco sem +
10	328	1.000	1199.14	0.879	46.00	0.000	-1.150	1.000	1.000	21.714	0.952	0.626	0.976	0.976	0.801	0.801
20	163	0.446	1299.41	0.846	53.00	0.010	-1.127	0.989	0.980	20.793	0.960	0.434	0.974	0.970	0.704	0.702
23	153	0.413	998.07	0.945	77.90	0.030	-0.786	0.820	0.682	19.439	0.972	0.463	0.896	0.827	0.679	0.645
27	96	0.221	1087.10	0.916	70.00	0.020	-0.560	0.709	0.484	19.800	0.969	0.386	0.839	0.726	0.612	0.556
29	128	0.329	1349.62	0.829	77.50	0.030	-0.530	0.694	0.458	22.603	0.944	0.396	0.819	0.701	0.607	0.548
34	107	0.258	1549.22	0.763	80.00	0.030	-0.475	0.667	0.409	26.815	0.907	0.351	0.787	0.658	0.569	0.504
38	164	0.450	1136.79	0.899	80.00	0.030	-0.357	0.608	0.306	36.722	0.820	0.460	0.714	0.563	0.587	0.511
41	101	0.238	1303.10	0.845	80.00	0.030	-0.205	0.533	0.173	51.816	0.688	0.371	0.611	0.430	0.491	0.401
43	148	0.396	1166.98	0.889	80.00	0.030	-0.135	0.499	0.112	54.956	0.660	0.438	0.579	0.386	0.509	0.412
44	132	0.342	1044.45	0.930	80.00	0.030	-0.062	0.463	0.048	63.573	0.584	0.434	0.524	0.316	0.479	0.375
45	148	0.396	1082.23	0.917	80.00	0.030	-0.088	0.476	0.071	57.821	0.635	0.448	0.555	0.353	0.502	0.400

Tabela 4.4 – Resultados para os setores censitários da praia Riviera.

PRAIA COSTA AZUL

A praia Costa Azul tem valores de risco a erosão costeira entre 0,535 e 0,426 no setor 46 e 0,408 e 0,305 no setor 49, respectivamente, para cenários com progradação e sem progradação (tabela 4.5). Estes resultados mostram que esta praia tem baixas taxas de risco a erosão costeira, com valores próximos a alguns setores da praia mansa e setores do sul da praia Brava. O risco a erosão costeira identificado neste trecho está intimamente ligado às condições sociais da população, que apresentam rendas muito baixas em relação às outras praias (figura 4.37). Em função disto, o destaque para o risco nesta praia é o setor 46, que apresenta a menor renda com a maior população deste trecho. Aliado a baixa renda, o preço dos imóveis, proporcionalmente, é 5% do valor dos imóveis na praia Mansa. Assim, mesmo que a população fosse maior, o risco ainda torna-se baixo porque proporcionalmente os valores dos imóveis nesta praia são muito baixos. Isto pode ser considerado como um alerta pois, caso as taxas de variação da linha de costa apontem um processo erosivo, a população desta área é vulnerável do ponto de vista econômico.

Setor	População	VPop	Renda R\$	VRenda	PGVI R\$	VPGVI	LRR m/a	VLRR	VLLRO	Distância média	Vdist	ISE	IF	IF sem +	Risco à Erosão	Risco sem +
46	245	0.721	832.81	1.000	80.00	0.030	-0.007	0.436	0.000	68.67	0.540	0.584	0.488	0.270	0.536	0.427
48	118	0.295	1259.82	0.859	96.00	0.050	-0.017	0.440	0.009	74.80	0.486	0.401	0.463	0.247	0.432	0.324
49	113	0.279	1483.82	0.785	100.00	0.050	0.034	0.415	0.000	75.72	0.478	0.371	0.447	0.239	0.409	0.305
50	181	0.507	1062.98	0.924	100.00	0.050	0.002	0.431	0.000	73.25	0.500	0.494	0.465	0.250	0.479	0.372

Tabela 4.5 – Resultados para os setores censitários da praia Costa Azul.



Figura 4.37 – Setores censitários da praia Costa Azul com os valores calculados para o risco à erosão costeira, classificado por quebras naturais.

Na tabela 4.6 é apresentado um resumo dos setores analisados, em ordem crescente, com valores dos índices de vulnerabilidade física e socioeconômica e de Risco a Erosão, para uma conclusão geral.

Setor	Praia	ISE	IF	IF sem +	Risco sem +	Risco à Erosão
10	Riviera	0.626	0.976	0.976	0.801	0.801
20	Riviera	0.434	0.974	0.970	0.702	0.704
4	Central	0.550	0.812	0.747	0.649	0.681
23	Riviera	0.463	0.896	0.827	0.645	0.679
12	Brava	0.403	0.819	0.744	0.573	0.611
11	Brava	0.330	0.866	0.786	0.558	0.598
27	Riviera	0.386	0.839	0.726	0.556	0.612
5	Brava	0.304	0.875	0.798	0.551	0.589
29	Riviera	0.396	0.819	0.701	0.548	0.607
2	Brava	0.484	0.756	0.592	0.538	0.620
35	Mansa	0.590	0.629	0.444	0.517	0.609
38	Riviera	0.460	0.714	0.563	0.511	0.587
34	Riviera	0.351	0.787	0.658	0.504	0.569
1	Central	0.355	0.780	0.610	0.483	0.568
21	Brava	0.369	0.668	0.546	0.457	0.518
40	Mansa	0.630	0.406	0.257	0.444	0.518
46	Costa Azul	0.584	0.488	0.270	0.427	0.536
39	Mansa	0.400	0.623	0.436	0.418	0.511
43	Riviera	0.438	0.579	0.386	0.412	0.509
41	Riviera	0.371	0.611	0.430	0.401	0.491
45	Riviera	0.448	0.555	0.353	0.400	0.502
44	Riviera	0.434	0.524	0.316	0.375	0.479
50	Costa Azul	0.494	0.465	0.250	0.372	0.479
42	Mansa	0.505	0.256	0.172	0.338	0.380
48	Costa Azul	0.401	0.463	0.247	0.324	0.432
30	Brava	0.550	0.082	0.079	0.315	0.316
49	Costa Azul	0.371	0.447	0.239	0.305	0.409
31	Brava	0.563	0.037	0.037	0.300	0.300
24	Brava	0.400	0.372	0.167	0.284	0.386
32	Brava	0.483	0.053	0.000	0.242	0.268
36	Brava	0.289	0.164	0.023	0.156	0.227

Tabela 4.6 – Síntese de resultados dos índices de vulnerabilidade física e socioeconômica para o município de Matinhos, por setor censitário.

Assim, as análises mostram que o setor com maior risco a erosão no município de Matinhos é o 10, situado na praia da Riviera. Este setor apresenta 80% de probabilidade de haver um desastre relacionado à erosão costeira. Esta probabilidade foi definida principalmente em função das altas taxas erosivas, pequena distância das edificações em relação à linha de costa atual e uma população elevada e de baixa renda.

O setor com menor risco em relação à erosão costeira é o 36, que se situa na porção sul da praia Brava e apresenta um valor de 22% de probabilidade de haver danos em função da erosão costeira. Este valor é definido principalmente em função da grande distância das edificações em relação à linha de costa atual e das taxas positivas da variação da linha de costa, aliadas a uma população pequena e com boa renda per capita.

A praia Central de Matinhos, apesar do visual deteriorado e das ressacas frequentes, não mostrou os maiores valores de risco a erosão. Neste trecho a probabilidade de um acidente em relação à erosão costeira é de 68%, número considerado ainda alto e definido principalmente pelo baixo valor dos imóveis expostos da orla. Talvez se os imóveis deste trecho do município fossem mais valorizados o risco ali seria maior e o poder público já teria tomado providências mais efetivas para resguardar o patrimônio particular. Aliás, este *non sense* é muito bem identificado nesta tese, mostrando que a especulação imobiliária acaba criando um círculo de investimentos públicos para resguardar o patrimônio particular de pessoas que possuem alta renda.

Portanto, apesar da alta correlação entre as variáveis do meio físico em relação ao risco final, setores com alta vulnerabilidade socioeconômica podem sobressair no resultado final, com observado na praia Mansa, principalmente por causa da proporcionalidade em relação ao preço dos imóveis.

CAPÍTULO 5. CONCLUSÕES

É reconhecida a relação entre aspectos físicos e sociais das vulnerabilidades, sendo que a física depende do posicionamento geográfico e das condições ambientais do fenômeno analisado, e a social indica a capacidade relativa individual para responder a este fenômeno. Em consonância com Santos e Ventorino (2017), os dados, resultados, análises e discussões aqui apresentados constituem-se em uma proposta metodológica para mapear e analisar áreas vulneráveis a ocorrência de desastres naturais e sua relação com a população que habita este espaço, visto que estes dependem de um recorte espaço-temporal, pois a realidade é dinâmica e a disposição dos fenômenos é heterogênea.

Neste sentido as ferramentas dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) mostraram-se eficiente para uma análise holística de variáveis, tanto sociais como físicas. Oferece vantagens por padronizar e integrar as variáveis elegidas, além de permitir a espacialização destas informações no território analisado. Levine et al., (2007) ressaltam que as pesquisas sobre habitação relacionada a desastres são parcas, e as intrincadas relações demandam abordagens mais holísticas e menos fragmentadas.

A metodologia foi pautada em estudos atuais, em diversas partes do mundo, e levou em consideração a premissa de ser simples, usando poucas variáveis para o cálculo do risco. Mesmo com a simplicidade metodológica, que prezou pelo uso de dados públicos e poucas variáveis, permite-se observar o comportamento das diferentes variáveis, estas transformadas em índices, e que retrataram relações diretas através do resultado das análises espaciais e consequentemente do risco. Estas relações ficaram evidentes nos gráficos tipo *scatter plot* criados para as diferentes relações de dados analisados.

Foram levantados e espacializados dados multitemporais das linhas de costa, o valor médio dos imóveis, a distância em relação à linha de costa e também dados sobre a quantidade da população e sua renda média, para a orla do município de Matinhos. Esta gama de dados possibilitou diferentes formas de análises e resultados.

Os resultados obtidos com o aplicativo DSAS obtiveram baixos índices de erro, pois usando a rotina *Linear Regression Rate*, apesar das taxas resultantes serem conservadoras, a regressão linear ajusta os dados e diminui a margem de erro embutida no mapeamento das linhas ao longo do tempo analisado. O processamento dos dados com o aplicativo DSAS teve como resultado mais interessante valores numéricos para o trecho estudado do litoral. Importante notar que estes dados são inéditos para o litoral do Paraná. A metodologia apresentada mostra que é possível obter dados quantitativos sobre erosão de praias, ao longo do tempo, de maneira eficiente.

Foi possível reconhecer os lugares onde as taxas de variação da linha de costa tendem a ser negativas, como no início da praia Riviera, e também mostrou os locais onde as taxas tendem a serem positivas, principalmente em praias que sofreram intervenções antrópicas justamente para diminuir a erosão no local, além de mostrar uma pequena variação das taxas quando são influenciadas por escoamento de águas pluviais. É possível que a variação morfológica notada na série temporal produzida neste trabalho também seja resultado do efeito das correntes transversais atuantes neste litoral, porém o objetivo deste estudo foi quantificar este valor e determinar um alcance desta variável, e não concluir como se processa.

As taxas de variação de linha de costa também quantificam o fenômeno da erosão e da deposição, tendo sido possível modelar estes valores em relação à distância das edificações na linha de costa, com resultados mostrados em forma de artigo. Em função da temporalidade dos dados, foram criados cenários a partir das taxas de variação da linha de costa, respeitando os intervalos determinados no Programa Nacional da Conservação da Linha de Costa – PROCOSTA. Este item atende o objetivo de trazer respostas para desenvolvimento de projetos de gerenciamento costeiro e para o estudo da dinâmica sedimentar. Adicionalmente, os mapas indicando as regiões com maiores taxas negativas de movimentação de linha de costa e quais as características da população exposta ao fenômeno da erosão é um importante subsídio para o gerenciamento costeiro do município de Matinhos, que possui locais bastante urbanizados e onde a atividade de turismo está se desenvolvendo com muita intensidade.

Neste contexto é cada vez maior a demanda de conhecimento das variações na linha de costa em diferentes escalas de tempo e espaço, através de métodos que possibilitem obter dados precisos, de forma rápida e que permitam atualização constante na identificação de áreas de risco e minimizar impactos negativos. Ferramentas como os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), aliadas ao Sensoriamento Remoto, se demonstraram eficientes e são hoje a melhor maneira de se avaliar mudanças temporais e espaciais e classificar elementos geomorfológicos na zona costeira e já mencionados por Chaaban et al. (2012) e Farias (2010).

Para a variável distância da linha de costa, aparentemente quanto mais ao norte da desembocadura da baía de Guaratuba, maiores vão tornando-se estas distâncias, e em contrapartida, linhas de costa próximas a desembocaduras, mesmo que pluviais, apresentam uma maior variação de movimentação, corroborando estudos que afirmam uma maior mobilidade morfológica em desembocaduras.

Conclui-se também que os resultados dados por arco de praia e com análises no nível de setor censitário são suficientemente detalhados para um melhor ordenamento territorial mesmo com características intrínsecas apresentadas em alguns trechos.

Na questão socioeconômica, os dados mapeados demonstram bem a localização geográfica da população residente e sua condição financeira. Os valores de renda per capita mostram-se coerentes com o observado em campo em relação ao preço dos imóveis, estabelecendo-se uma relação direta entre renda mais alta e imóveis mais valorizados, com raras exceções. A quantidade de pessoas residente varia no espaço, observando-se uma leve tendência de maior aglomeração onde os imóveis têm valores mais baixos. Conclui-se que os dados derivados de setores censitários são eficientes e mostram-se compatíveis com a escala adotada para um ordenamento territorial.

O índice da vulnerabilidade física expressou a combinação das duas variáveis que o compõe: variação da linha de costa e distância das edificações em relação à linha de costa atual. O índice de vulnerabilidade social expressou a combinação entre o valor dos imóveis à beira-mar, a população afetada e sua resiliência financeira. Assim, os valores de risco a erosão costeira ainda que

apresentem os mesmos valores absolutos, estes podem derivar de diferentes vulnerabilidades.

Também é possível concluir que as variáveis socioeconômicas e do meio físico não mantêm uma correlação espacial, nem entre si, e que provavelmente esta situação se dá porque suas naturezas são distintas. As variáveis socioeconômicas são discretizadas e as do meio físico são contínuas em relação ao espaço.

Então, conclui-se que as cifras da PGVI, mesmo não mantendo correlação direta nem com o índice socioeconômico, nem com o risco final, são bastante sensíveis no resultado final de ambos os cálculos. Isto se dá porque na normalização das cifras é identificada uma grande diferença absoluta nestes valores. Assim, setores localizados na praia Central e na Riviera podem apresentar alta vulnerabilidade em relação à população e sua renda, junto com taxas de movimentação da linha de costa negativas, mas a probabilidade do risco é menor porque o preço dos imóveis é muito baixo. Esta relação mostra a espacialização da especulação imobiliária, onde imóveis localizados em áreas consideradas nobres têm valores tão superiores em relação a outros imóveis da orla, que estes desvalorizados não exigem uma preocupação do Estado para diminuir a vulnerabilidade física, tão pouco melhorar as condições da população que ali reside.

Com o desenvolvimento deste trabalho foi possível classificar o trecho de litoral paranaense escolhido como área de teste da aplicação da metodologia ora proposta onde, através da determinação do cenário atual e da projeção de cenários de evolução da linha de costa, usando as taxas de movimentação da linha de costa determinadas, aliadas à distância das edificações da linha de costa, a população e renda dos habitantes da orla, e o preço das edificações, permitindo identificar áreas de risco a ocupação urbana frente à erosão costeira, relacionadas geograficamente aos espaços definidos como setores censitários. Assim, esta tese também objetivou o reconhecimento e verificação de padrões de distribuição espacial destas dinâmicas que possam auxiliar na gestão do espaço.

Como considerações finais, também se compreende falhas de análise que podem ser derivadas da metodologia apresentada como, por exemplo, a subestimação de taxas de variação de linha de costa ou falha na quantidade de residentes, em função da alta sazonalidade de algumas praias. Isto evidencia que os

índices disponíveis atualmente nem sempre mostram completamente a vulnerabilidade social e física, além de todas suas interações complexas, resultando em análises nem sempre impecáveis. Mas o esforço para refinar estas variáveis e como devem ser integradas, podem e devem ser aperfeiçoados.

Apesar das geotecnologias permitirem um bom levantamento histórico das linhas de costa e suas movimentações, de quase sete décadas, estes dados talvez não sejam suficientes para um modelamento coerente, que reflita cenários futuros com precisão. É importante que se tenha como premissa a necessidade de monitoramento constante das praias para que os modelos gerados sejam cada vez mais fidedignos a realidade e assim possibilitarem previsões mais assertivas sobre erosão e o risco associado a este fenômeno.

Esta metodologia é passível de replicação, auxiliando órgãos gestores a projetar um cenário e tomar medidas cabíveis para que os danos sejam minimizados em setores que apresentam maior risco à erosão costeira.

A erosão costeira é um fenômeno mundial e, mesmo estando relacionada ou não à elevação do nível do mar, o reconhecimento como fator decisivo na determinação do uso e ocupação da orla marítima reduz riscos, e por isso deveria ser incorporado de forma efetiva nas diretrizes pertinentes ao gerenciamento costeiro.

REFERÊNCIAS

ADAMS, J., **Risk: the policy implications of risk compensation and plural rationalities**. London, UCL Press.1995.

ALCÁNTARA CARRIÓ, J.,CORREA ARANGO, I.D., ISLA DE MEDY, F.I., ALVARADO, M. O., KLEIN, A.H.F., CABRERA HERNÁNDEZ, A., SANDOVAL, R. B. (Eds). **Métodos En Teledetección Aplicada A La Prevención De Riesgos Naturales En El Litoral**. Servicio De Publicaciones Del Programa Iberoamericano De Ciencia e Tecnología Para El Desarrollo. Madrid, Espanha. 297 p. 2009.

ALVES, F., TAVEIRA PINTO, F., FERREIRA, J. C. **A Análise Da Vulnerabilidade E Do Risco Na Zona Costeira Como Contributo Para A Tomada De Decisão**. III Congresso Da Geografia Portuguesa, Porto – Portugal. Edições Colibri, Lisboa 1999. 559-556 pp. 1997.

ALVES, H. P. F. Vulnerabilidade socioambiental na metrópole paulistana: uma análise sociodemográfica das situações de sobreposição espacial de problemas e riscos sociais e ambientais. **R. bras. Est. Pop. São Paulo**. v23, n1. P.43-59. 2006.

ALVES, J. H. G. de M. **Refração do espectro de ondas oceânicas em águas rasas: aplicações à região costeira de São Francisco do Sul, SC**. Dissertação De Mestrado. Engenharia Ambiental, Uso R Proteção De Ambientes Costeiros, Universidade Federal De Santa Catarina, Florianópolis. 89p. 1996.

ANGULO, R. J., ANDRADE, J. J. **Viabilidade de controle de erosão nas praias de Caiobá e Guaratuba**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Brasília. V3. pp.681-693. 1982.

ANGULO, R. J. **Geologia da Planície Costeira do Estado Do Paraná**. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, Brasil, 334 P. 1992.

ANGULO, R. J. A ocupação urbana do litoral paranaense e as variações da linha de costa. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, 41:73-81. 1993.

ANGULO, R. J. Problemas na Terminologia de Ambientes e Subambientes Litorâneos Clásticos Dominados por Ondas. **Boletim Paranaense de Geociências**. Curitiba. 44:51-57. 1996.

ANGULO, R. J., ARAÚJO, A.D. Classificação da Costa Paranaense com base na sua Dinâmica, como Subsídio à Ocupação da Orla Litorânea. **Boletim Paranaense Geociências**. 44, 7–17. 1996.

ANGULO, R. J.; SOUZA M. C. de. **Rapid Changes In The Coast Line Of Paraná State And Northern Santa Catarina State (Brazil)**. In: Rapid Coastal Changes In The Late Quaternary: Processes, Causes Modelling, Impacts On Coastal Zones. Abstracts. Corinto E Samos, Grecia, Igcp Project 367/Inqua International Quaternary Association. P. 2-3. 1998.

ALFREDINI, P.; ARASAKI, E. **Obras e gestão de portos e costas: a técnica aliada ao enfoque logístico e ambiental**. São Paulo: Blucher, 2009.

BAPTISTA, P., CUNHA, T., BERNARDES, C., GAMA, C. FERREIRA, O., DIAS, A. A precise and efficient methodology to analyse the shoreline displacement rate. **Journal of Coastal Research** 27 (2). 223-232. Publicado por Coastal education and research Foundation. 2011.

BARMAN, N. B., CHATTERJEE, S., KHAN, A., Trends of Shoreline Position: An Approach to Future Prediction for Balasore Shoreline, Odisha, India. **Open Journal of Marine Science**, v5, p.13-25. 2015.

BERNATCHEZA, P., FRASERB, C., LEFAIVREC, D., DUGASB, S., Integrating anthropogenic factors, geomorphological indicators and local knowledge in the analysis of coastal flooding and erosion hazards. **Ocean e Coastal Management**.V. 54, Issue 8, 621–632 p.p. 2011.

BERTALANFY, L. V. **Teoria Geral dos Sistemas**. Rio de Janeiro, Editora Vozes, 1973, 351p. 1973.

BESSA Jr, O. **Interferência entre a ocupação urbana e a dinâmica natural no litoral sul do Paraná**. Curitiba, 2003. 153p. Tese de Doutorado, Geologia UFPR. 2003.

- BETTANINI, T. **Espaço E Ciências Humanas**. Rio De Janeiro: Paz E Terra, 1982.
- Bigarella, J. J. **Matinho: Homem e terra Reminiscências...** Matinhos. Pref. Mun. Matinhos/ADEA. 212p. 1991.
- BIRD Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento. **Coastal geomorphology: an introduction**, 2nd edn. Wiley, Chichester) 2008.
- BOAK, E. H., TURNER, I. L. Shoreline definition and detection: A review. **Journal of Coastal Research**. 214:688-703. Publicado por Coastal Education and research Foundation. 2005.
- BOATENG, I. An application of GIS and coastal geomorphology for large scale assessment of coastal erosion and management: a case study of Ghana. **Journal of Coastal Conservation Planning and Management** V. 16 Issue 3. pp 383-397. 2012.
- BORGES, R. F., BORGES, F. A., BRITO, J, L, S., NISHIYAMA, L., **Mapeamento de áreas úmidas através de dados de sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento na bacia hidrográfica do ribeirão Bom Jardim – MG**. XIII Simp. Bras. Geografia Aplicada. Viçosa, MG. 20p. 2009.
- BORUFF, B. J., EMRICH, C., CUTTER, S. L. Erosion Hazard Vulnerability of US Coastal Counties. **Journal of Coastal Research**: Volume 21, Issue 5: pp. 932 – 942. 2005.
- BRAGA, T. M., OLIVEIRA, E. L. de, GIVISIEZ, G. H. N. **Avaliação de metodologias de mensuração de risco e vulnerabilidade social a desastres naturais associados à mudança climática**. São Paulo em Perspectiva. Fund. SEADE. V20, n1. p81-95. 2006
- CALLIARI, L. J., KLEIN, A. H. **Características Morfodinâmicas e Sedimentológicas das Praias Oceânicas entre Rio Grande d Chuí, RS**. Pesquisas, 20(1): 48-56. 1993.
- CARDONA, O. D. **The need for rethinking the concepts of vulnerability and risk from a holistic perspective: a necessary review and criticism for effective risk management**. In: Bankoff , G.; Frerks, G.; Hilhorst, D. (Eds.). Mapping vulnerability: disasters, development, and people. London: Earthscan Publications, p. 37-51. 2004.
- CARVALHO, P. B. **Curso de Direito Tributário**. 23. ed. São Paulo: Saraiva, p. 358. 2011.
- CASTRO, C. M. De, PEIXOTO, M. N. De O., PIRES DO RIO, G. A., **Riscos Ambientais E Geografia: Conceituações, Abordagens E Escalas**. Anuário Do Instituto De Geociências – Ufrj Issn 0101-9759 Vol. 28-2. P. 11-30. 2005.
- CATALÃO, A. T. M. **Estudo do mercado imobiliário de Aveiro**. Dissertação de mestrado. Secção Autónoma de Ciências Sociais, Jurídicas e Políticas, Universidade de Aveiro, Portugal. 134p. 2010
- CHAABAN, F., DARWISHE, H., BATTIAU-QUENEY, Y., LOUCHE, B., MASSON, E., EL KHATTABI, J., CARLIER, E., Using ArcGIS Modelbuilder and Aerial Photographs to Measure Coastline Retreat and Advance: North of France. **Journal of Coastal Research**: V 28, Issue 6: pp. 1567 – 1579. 2012.

CHERDVONG, S., SOMCHAI, C., THITIMA, N., Coastal erosion through integrated management: A case of Southern Thailand. **Ocean e Coastal Management**. V 52, Issue 6, p 307–316. 2009.

COELHO, C. **Riscos De Exposição De Frentes Urbanas Para Diferentes Intervenções De Defesa Costeira**. Tese De Doutorado. Departamento De Engenharia Civil. Universidade De Aveiro. 404 p. 2005.

COOPER, J. A. G., MCLAUGHIN, S. Contemporary Multidisciplinary Approches To Coastal Classification And Environmental Risks Analysis. **Journal Of Coastal Research** 14 (2): 512-524. 1998.

COOPER, J. A. G. MCKENNA, J. **Social justice in coastal erosion management: The temporal and spatial dimensions**. Geoforum - Elsevier. v.39.p 294-306. 2007.

CROWELL, M., LEATHERMAN, S. P., BUCKLEY M. K., Historical Shoreline Change: Error Analysis Dnd Mapping Accuracy. **Journal of Coastal Research**, V7, N3, p.839-852.1991.

CROWELL, M., LEATHERMAN, S. P.,BUCKLEY, M. K., Shoreline change rate analysis: long term versus short term data. **Shore and Beach** V.61, p 13-20. 1993.

CUTTER, S. L., A ciência da vulnerabilidade: modelos, métodos e indicadores. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, ed especial Riscos, Vulnerabilidade Social e cidadania. v93 p59-69.2011.

DAGNINO, R. de S., CARPI Jr, S. 2007. **Risco Ambiental: Conceitos e Aplicações**. **Climatologia e estudos da Paisagem**. Rio Claro. V.2. p50.

DAVIES, R. A. E HAYES, M. O. 1984. What Is A Wave-Dominated Coast? **Marine Geology**, 60: 313-329.

DEAN, R.G. **Heuristic models of sand transport in the surf zone**. In: Proceedings of conference on engineering dynamics in the surf zone, 1973, Proceedings... Sydney, p. 208-214. 1973.

DEAN, R. Beach Nourishment – Theory and Praticce. **Advanced Series on Ocean Engineering**. V18. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltda. London, UK. 399p. 2002

DEAN, R. G. E DALRYMPLE, R. A. **Coastal Processes With Engineering Applications**. Cambridge University Press, Cambridge UK, 475 P. 2002.

DEBOUDT, P., MEUR-FEREC, C., MOREL, V., Coastal risks in France: an integrated method for evaluating vulnerability. **Journal of Coastal Research**. V. 24.2. p 178. 2008.

DESCHAMPS, M. V.; KLEINKE, M. de L. U.; MOURA, R.; WERNECK, D. Z. **Afinal, O Que Induz O Crescimento Nas Aglomerações Litorâneas?**In: Anais Do Xii Encontro Da Abep. Caxambu.Abep.Cd. 2000.

DEL RIO, L.,GARCIA, J. Error determination in the photogrammetric assessment of shoreline changes. **Nat Hazards**, 65:2385–2397. Springer Science+Business Media Dordrecht. 2013.

DIAS, J.A.M., FERREIRA, Ó., PEREIRA, A.R. Estudo Sintético de Diagnóstico da Geomorfologia e da Dinâmica Sedimentar dos Troços Costeiros entre Espinho e Nazaré. 1994, Edição electrónica (2005). Disponível em <[HTTP://W3.UALG.PT/~JDIAS/JAD/EBOOKS](http://w3.ualg.pt/~jdiias/jad/ebooks)>, acesso em dezembro de 2015.

- DI PAOLA, G., IGLESIAS, J., RODRÍGUEZ, G., BENASSAI, G., AUCELLI, P., PAPPONE, G., Estimating Coastal Vulnerability in a Meso-Tidal Beach by Means of Quantitative and Semi-Quantitative Methodologies. In: Micallef, A. (ed.), MCRR3-2010 Conference Proceedings, **Journal of Coastal Research**, Special Issue, No. 61, pp. 303–308. Grosseto, Tuscany, Italy. 2011.
- DOLAN, R., FENSTER, M. S., HOLME, S. J., Temporal Analysis of Shoreline Recession and Accretion. **Journal of Coastal Research**: volume 7. Issue 3. pp 723-744. 1991.
- DUHL, T.R., GUENTHER, A., HELMIG, D. Estimating urban vegetation cover fraction using Google Earth® images. **Journal of Land Use Science**, 7(3), 311- 329. 2012.
- ELFRINK, B. e BALDOCK, T., Hydrodynamics and sediment transport in the swash zone: a review and perspectives. **Coastal Engineering**, 45:142-167. 2002.
- ELLIOTT, T., Deltas. IN: H. G. Reading (ed.) **Sedimentary Environmentals and facies**. 2nd ed. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 113-54. 1986.
- ESRI. 2011. ArcGIS Desktop: Release 10. (Environmental Systems Research Institute).
- FARIAS, G. G. E.; MAIA, L. P. Uso de técnicas de Geoprocessamento para a análise da evolução da linha de costa em ambientes litorâneos do Estado do Ceará, Brasil. **Revista de Gestão Integrada da Zona Costeira**, v. 10, n. 4, p. 521-544. 2010.
- FREIRE, L. F. Erosão Costeira: **Alternativas de proteção e proposta de solução – Matinhos, PR**. Dissertação de Mestrado, LACTEC-UFPR. 68p. 2011.
- GANDOR, M.; MARONE, E.; ROLAND, A.; DAHLEM, G.; ZANKE, U. Erosion control of the sandy beaches by the submerged reef method: example Matinhos beach, Paraná state, Brazil. In: **Brazil-Germany Cooperation on Marine Sciences Status Seminar**, Curitiba. 2009
- FABBRIA, K. P., A methodology for supporting decision making in integrated coastal zone management. **Ocean e Coastal Management** Volume 39, Issues 1–2, 1, Pages 51–62. 1998.
- FERREIRA, A. B. H. **Dicionário Aurélio**. Ed. Positivo. 5ª ed. 208p. 2014.
- FONTOURA, J. A. S. **Hidrodinâmica costeira e quantificação do transporte longitudinal de sedimentos não coesivos na zona de surfe das praias adjacentes aos molhes da barra do Rio Grande, RS, Brasil**. Tese De Doutorado. Instituto De Pesquisas Hidráulicas, UFRGS, Porto Alegre. 282 p. 2004.
- GALVIN, C. J., Breaker-type classification on three laboratory beaches. **Journal of Geophysical Research** 73, 3651-9. 1968.
- GENZ, A. S., FLETCHER, C. H., Dunn, R. A., Frazer, L. N. Rooney, J. J., The Predictive Accuracy of Shoreline Change Rate Methods and Alongshore Beach Variation on Maui, Hawaii. **Journal of Coastal Research**: Volume 23, Issue 1: pp. 87-105. 2007.
- Glossário das Zonas Costeiras. **Journal of Integrates Coastal Zone Management**. <http://www.aprh.pt/rgci/glossario/velquedaadim.html> acesso em 04/10/2015.
- GONZÁLEZ, M.; MEDINA, R.; LOSADA, M. On the design of beach nourishment projects using static equilibrium concepts: Application to the Spanish coast. **Coastal Engineering** V 57, Issue 2, p, 227-240. 2010.

GORNITZ, M.V., DANIELS, R.C., WHITE, T.W., BIRDWELL K.R. The development of a coastal risk assessment database: vulnerability to sea-level rise in the U.S. southeast. **Journal of Coastal Research**, Special Issue 12, pp. 327–338. 1994.

GORNITZ, M.V., BEATY, T.W., DANIELS, R.C. **A coastal hazards data base for the U.S. West Coast**. ORNL/CDIAC-81, NDP-043C, Oak ridge national laboratory, Oak ridge, Tennessee, 162 pp. 1997.

GRUBER, N. L. S., BARBOZA, E. G., NICOLODI, J. L., Geografia dos Sistemas Costeiro e Oceanográficos: Subsídios para a **Gestão Integrada da Zona Costeira**. Gravel UFRGS, V1. 81-89 pp. 2003.

HOEFEL, F. G. **Morfodinâmica De Praias Arenosas Oceânicas: Uma Revisão Bibliográfica**. Universidade Do Vale Do Itajaí. 1ª Edição. Editora Da Univali. Itajaí, Sc. 92p. 1998.

HOLMAN, R. A., GUZA, R.T. Measuring run-up on a natural beach. **Coastal Engennier.**, 8, 129-140p. 1984

HORN F, N.O.; RUHLAND, J.; INUI, R.Z.; CERUTTI, R.L.; HAUFF, S.N.; LUZ, V.J.P.; GRÉ, J.C.R.; HOERHAN, E.L.S. **Mapeamento Geológico do Cenozóico do Litoral Norte de Santa Catarina - Folhas Garuva e São Francisco do Sul**. In: Simpósio Sul brasileiro de Geologia, 5, Curitiba, Resumos e Programa. Curitiba. pp. 39-40. 1993.

HOUAISS, A. **Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro, Ed. Objetiva, 2001.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010**: Manual do Recenseador – CD 1.09. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

ISNARD, H., O espaço Geográfico. Rio de Janeiro: **Boletim Geográfico** n.258-259. 36p.1978.

JANUZZI. P. M., **Considerações sobre o uso, mau uso e abuso dos indicadores sociais na formulação e avaliação de políticas públicas municipais**. RAP Rio de Janeiro n.36 v.1. pp.51-72. 2002.

KLEIN, A. H. F.; prado, M. F. V.; DALINGHAUS, C. **Metodologia para quantificação de perigos costeiros e projeção de linhas de costa futuras como subsídio para estudos de adaptação das zonas costeiras: litoral norte da Ilha de Santa Catarina e entorno**. Florianópolis, 2016. 206p. (Relatório Técnico Final). 2016.

KOMAR, P. D., **The longshore transport of sand beaches**. Ph D Thesis, University of California, San Diego, 141p.1969.

KOMAR, P. D., **Beach Processes and Sedimentation**. College of Oceanic e Atmospheric Sciences. Oregon State Universty. Prentice Hall Press, New Jersey. 544p.1976.

KOMAR, P.D.**Environmental Controls on Littoral Sand Transport**, 21st International Coastal Engineering Conference, American Society of Civil Engineers. pp 1238-1252. 1988.

KRAUS, N. C., ISOBE, M., IGARASHI, H., SASAKI, T.O.e HORIKAWA, K., **Field experiments on longshore sand transport in the surf zone**. Proceedings of the

18th Coastal Engineering Conference, American Society of Civil Engineers, 969-988. 1983.

LACOSTE, Y. **A Geografia serve, em primeiro lugar, para fazer a Guerra.** 2. ed. Campinas: Papirus, 1989, p. 142-151. 1982.

LINDORTH, G. 1982 **Praia Mansa de Caiobá: um modelo em recuperação e proteção contra a erosão marítima.** Curitiba: EMOPAR.

LEATHERMAN, S. P. **Historical and projected shoreline mapping.** *Proceedings of the Coastal Zone '83* (San Diego, California), pp. 2902–2910. 1983.

LEVINE, J. N., ESNARD, A. M., SAPAT, A. Population Displacement and Housing Dilemmas Due to Catastrophic Disasters. **Journal of Planning Literature**, V. 22, n.1.15p.2007.

LIMA, R. E. **Desastres e riscos geológicos em Curitiba e Litoral.** In: 44 Congresso Brasileiro de Geologia, Curitiba. Desastres e riscos geológicos em Curitiba e Litoral, 2008.

LIMBERGER, L. 2006. Abordagem sistêmica e complexidade na geografia. **Geografia** - v. 15, n. 2, jul./dez. 2006.

LINS-DE-BARROS, F., M. Risco, vulnerabilidade física à erosão costeira e impactos sócio-econômicos na orla urbanizada do Município de maricá, Rio de Janeiro. **Rev. Bras. de Geomorfologia.** Ano 6, n2, p 83-90. 2005.

LINS-DE-BARROS, F., M. **Contribuição metodológica para análise local da vulnerabilidade costeira e riscos associados: estudo de caso da Região dos Lagos, Rio de Janeiro.** Tese de Doutorado, Pós-Graduação em Geografia. UFRJ. 289p. 2010.

LISNIEWSKI, M. A. **Concentração De Sedimentos Transportados Em Suspensão E Taxas De Transporte Longitudinal No Litoral Do Paraná, Brasil.** Dissertação de Mestrado. Departamento de Geologia. UFPR. 111p. 2009

LORENZO, F., ALONSO, A., PAGÉS, J. L., Erosion and Accretion of Beach and Spit Systems in Northwest Spain: A Response to Human Activity. **Journal of Coastal Research:** Volume 23, Issue 4: pp. 834 – 845. 2007.

MACE, T. H. (editor). **Environmental monitoring.** In: Manual of photographic interpretation. 2nd edition. Chapter17. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, p. 591-612. 1997

MAIA, G.; FEITOSA NETO, L.; TAVARES, V.; FERNANDES, L.; FONSECA, M. Estudo dos métodos de proteção e reabilitação das praias no litoral do Ceará. *Revista Tecnologia.* V.38, n. 2, p1-13. 2017

MARONE, E., CARNEIRO, J. C., CINTRA, M., RIBEIRO, A., CARDOSO, D., STELLFELD, C., **Extreme sea level events, coastal risks, and climate changes: informing the players.** In: Wyss, M., Peppoloni, S. (Eds.), *Geoethics: Ethical Challenges and Case Studies in Earth Science.* Elsevier, Waltham, Massachusetts, pp. 273–302. 2015.

MARONE, E., CAMARGO, R. de, **Marés meteorológicas no litoral do estado do Paraná: o evento de 18 de agosto de 1993.** Ed. UFPR. **Nerítica** v8 (1-2) p. 73-85. 1994.

MAZZER A. M. **Proposta Metodológica de Análise de Vulnerabilidade da Orla Marítima à Erosão Costeira: Aplicação da Costa Sudeste da Ilha de Santa Catarina, Florianópolis-SC, Brasil.** Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação Em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 169 p. 2007.

MAZZER, A. M.; SOUZA, C. R. G. ; DILLENBURG, S. R. A Method to Determinate Coastal Cells In Southeast Coast of Santa Catarina Island, South of Brazil. **Journal of Coastal Research**, v. SI, p. 98-102. 2009.

MENDES, J. M., TAVARES, A. O., CUNHA, L., FREIRIA, S., A vulnerabilidade social aos perigos naturais e tecnológicos em Portugal. **Rev. Crítica de Ciências Sociais**. V.93, 95-128p. 2011.

MENESES, P. R. **Fundamentos de Radiometria Óptica Espectral.** In: Meneses, P. R.; Netto, J. S. M. Sensoriamento Remoto: Reflectância dos alvos naturais. Brasília, DF: UnB; Planaltina: Embrapa Cerrados. 2001.

MMA, BRASIL. **Panorama da erosão costeira no Brasil [recurso eletrônico].** Org. Dieter Muller. Ministério do Meio Ambiente, Gestão Ambiental Territorial. Brasília, DF. 2018

MILLER, R. L., **Role of vortices in surf zone prediction: sedimentation and wave forces.** Symposium Beach and nearshore sedimentation, Dallas, USA. 1976.

MOORE, L. J. Shoreline mapping techniques. **Journal of Coastal Research**, V16 N1, p.111–124. 2000.

MOORE, J. L., RUGGIERO, P., LIST, J. H., Comparing Mean High Water and High Water Line Shorelines: Should Proxy-Datum Offsets be Incorporated into Shoreline Change Analysis? **Journal of Coastal Research**: Volume 22, Issue 4: pp. 894 – 905. 2006.

MORRIS, W., VIERRA, K., MASTROIANNI, M., WILSON, J. **Surf and Coastal Area Measurement Platform (Scamp).** USACE Demonstration Survey, Final Report, 29p. 2000.

MORTON, R. A., SPEED, F. M. Evaluation of Shorelines and Legal Boundaries Controlled by Water Levels on Sandy Beaches. **Journal of Coastal Research**, Volume 14, No. 4. pp. 1373-1384. 1998.

MOURA, M. R. **Dinâmica costeira e vulnerabilidade à erosão do litoral dos municípios de Caucaia e Aquiraz,** Ceará. Tese de doutorado. Pós-Graduação em Geografia – Universidade Federal do Ceará. 210p. 2012.

MOURA, R.; WERNECK, D. K. Ocupação contínua litorânea do Paraná: uma leitura do espaço. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, Curitiba: IPARDES, n.99, p.61-82. 2000.

NASCIMENTO, F. R. do, SAMPAIO, J. L. F. Geografia Física, Geossistemas e Estudos Integrados da Paisagem. Ver. **Casa da Geografia de Sobral**. V.6/7. p.167-179. 2005.

O'RIORDAN, T. **Precautionary Principle.** in: Tolba , M.K. (Ed.). Encyclodia of Global Environmental Change. Ed. John Wiley Chichester, UK. v. 4. 2002.

OLIVEIRA, M. Z. de, VERONEZ, M. R., TURANI, M., REINHARDT, A. O., SILVA, R. M. da, **Imagens do google earth para fins de planejamento ambiental: uma**

análise de exatidão para o município de São Leopoldo/RS. Cong.Luso-brasileiro PLURIS. Universidade do Algrave. Portugal. 12p. 2010.

PAJAK, M.J., LEATHERMAN, S., The high water line as shoreline indicator. **Journal of Coastal Research**, v18, n2, p. 329-337.2002.

PAREDES-HERNÁNDEZ, C. U.,SALINAS-CASTILLO, W. E.,GUEVARA-CORTINA, F., MARTÍNEZ-BECERRA, X. Horizontal Positional Accuracy of Google Earth's Imagery Over Rural Areas: A Study Case In Tamaulipas, Mexico. **Boletim de Ciências Geodésicas**Sec. Artigos, Curitiba, v. 19, p.588-601. 2013.

PERUCCACCI, S., BRUNETTI, M.T., LUCIANI, S., VENNARI, C., GUZZETTI, F. Lithological and seasonal control on rainfall thresholds for the possible initiation of landslides in central Italy. **Geomorphology**, 139-140, 79-90.2012.

POLETTE, M. REBOUÇAS, G. N. M., FILARDI, A. C. L., VIEIRA, P. F. Rumo à gestão integrada e participativa de zonas costeiras no Brasil: Percepções da comunidade científica e do terceiro setor. **Gestão Costeira Integrada**5. Ano 4. p. 43-48. 2006.

PRATA, P. M. **Variação Textural dos sedimentos da praia de Camburi, Vitória – ES após o engordamento artificial.** Monografia. Oceanografia. UFES. 75p. 2005.

QUADROS, C. J. L. **Variações Morfológicas e Volumétricas Associadas à Incidência De Sistemas Frontais Em Duas Praias Arenosas do Litoral Paranaense.** Dissertação de Mestrado, Pós-Graduação em Geologia Ambiental, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 57 p.2002.

REIS, M. E. O. **Evolução Da Linha De Costa E Defesa Das Zonas Costeira – Análise Custo/Benefício.** Dissertação De Mestrado. Departamento De Engenharia Civil. Universidade De Aveiro, 105 p.2010.

RIBEIRO, H. I. **Histórico da ocupação do balneário de Caiobá: um relato sob a perspectiva da história ambiental.** Anais IV Encontro Nac. ANPPAS. Brasília – DF. 18p.2008.

ROCHA, C. P da; ARAÚJO, T. C. M.; MENDONÇA, F. J. B., 2010. **Monitoramento De Linha De Costa Usando Posicionamento 3d-GPS.** III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação Recife - PE, 27-30 de Julho de 2010 p. 001 – 008.

RUGGIERO, P., KAMINSKY, G. M., GELFENBAUM, G., Linking Proxy-Based and Datum-Based Shorelines on a High-Energy Coastline: Implications for Shoreline Change Analyses. **Journal of Coastal Research**.Special Issue n. 38. Shoreline Mapping and Change Analysis: Technical Considerations and Management Implications. pp. 57-82. 2003.

RUGGIERO, P., LIST, J. H., Improving Accuracy and Statistical Reliability of Shoreline Position and Change Rate Estimates. **Journal of Coastal Research:** Volume 25, Issue 5: pp. 1069 – 1081. 2009.

RUIZ, L. A., PARDO-PASCUAL, J. E., CABALLER, J. A., VASQUEZ, J. P. Automatic extraction of shorelines from Landsat TM and ETM+ multi-temporal images with subpixel precision. **Remote Sensing of Environment**.V. 123 1-11p.2012.

RYABCHUK, D., SPIRIDONOV, M., ZHAMOIDA, V., NESTEROVA, E., Sergeev, A. Long term and short term coastal line changes of the Eastern Gulf of Finland.

Problems of coastal erosion **Journal of Coastal Conservation**.V. 16, Issue 3, pp 233-242. 2012.

SANTOS, T. G., VENTORINI, S. E. Análise Multicritério: modelos de interesse ambiental e de áreas propícias à expansão urbana na bacia do córrego do Lenheiro. **Caminhos da Geografia**, Uberlândia, MG. V. 18. n.64, p60-77. 2017.

SOARES, C. R.;BORZONE, C. A.; SOUZA, J. R. B., Variações morfológicas e sedimentológicas ao longo de um ciclo anual em uma praia no sul do Brasil. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. III, p. 245-258.1996.

SOUSA, N. F. P. (2015) **Dinâmica da linha de costa e vulnerabilidade à erosão no setor não artificializado do arco Caparica-Espichel**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Lisboa. 171p.

SHORT, A. D., WRIGHT, L. D., Beach systems of the Sydney Region, **Australian Geographer**, 15, 8-16.1981.

SHORT, A. D., Rip current type, spacing and persistence, Narrabeen Beach, Australia.**Marine Geology**, 65, 47-71p.1985.

SHORT, A. D., **Hanbook of Beach and Shoreface Morphodynamics**. John Wiley And Sons Ltda. West Sussex, Chichester England. 379p. 1999.

SILVA, R. C. A. F da.**Avaliação experimental e Numérica de parâmetros associados a modelos de evolução da linha de costa**. Tese de Doutorado, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto. Portugal. 544p. 2010.

SONU, C. J. Three-dimensional beach changes, **The Journal of Geology**. 81, 42 – 64p.1973.

SOTCHAVA, V. B. O estudo de Geossistemas. **Métodos em Questão**. São Paulo: USP/ IG, n. 16.1977.

SOUZA, W. F. de. **Sensoriamento remoto e SIG aplicados à análise da evolução espaçotemporal da linha de costa do município de Icapuí, Ceará – Brasil**. Dissertação de mestrado, Pós-graduação em Geografia, UFC. 135p.2016.

THIELER, E. R., HIMMELSTOSS, E. A., ZICHICHI, J. L., e ERGUL, A.,Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0 An ArcGIS extension for calculating shoreline change: U.S. **Geological Survey Open-File Report** 2008-1278.2009,

TOMINAGA L. K.,**Avaliação de metodologias de análise de risco a escorregamentos: aplicação de um ensaio em Ubatuba, SP**. Tese de Doutorado, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, USP, 220p.2007.

TOWNEND, I. H.; FLEMING, C. A. Beach nourishment and socio-economic aspects. **Coastal Engineering**, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam v16. p. 115-127. 1991

VAN RIJN, L. C., **Principles of Sediment Transport in Rivers, Estuaries and Coastal Seas**. Aqua Publications, Amsterdam.1993.

VANHONI, F., MENDONÇA, F. A., O clima do litoral do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Climatologia**. v. 3/4, p. 49 – 63.2008.

VARNES, D J., **Landslide hazard zonation: a review of principles and practice**. **International Association of Engineering Geology**.Commission on Landslides and

Other Mass Movements on Slopes. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Paris, France. 63p.1984.

VELOSO-GOMES, F., TAVEIRA-PINTO, F. "A Opção "Protecção" Para A Costa Oeste Portuguesa"; **Colectânea De Ideias Sobre A Zona Costeira De Portugal, Associação Eurocoast-Portugal**, Pp. 163-190.1997.

VON BODUNGEN, B. e TURNER, R. K. (Eds) Science and Integrated Coastal Management. Dahlem Workshop Report 85, Dahlem University Press, Berlin, 1-14. 2001.

VOSE, D. **Risk Analysis – A Quantitative Guide**. Terceira Edição. John Wiley e Sons Ltda. West Sussex, Inglaterra. 735 p.2008.

WIDMER, W. M. A Importância da Abordagem Experimental para o Progresso da Gestão Costeira Integrada. **Journal of Integrated Coastal Zone Management UNIVALI**. 9(1):7-16. 2009.

WILCHES - CHAUX, G. Auge, caída e levantada de Felipe Pinillo, mecánico e soldador o e o voy a correr el riesgo: Guía de La Red para la gestión local del riesgo. **Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina** (La Red); 1998. 103 p.1998.

WRIGHT, L. D.; SHORT, A. D., Morphodynamic variability of surf zones and beaches: A synthesis. **Marine Geology**, 56, 93-118.1984.

XUE, Z., FENG, A., e IN P., XIA, D., 2009. Coastal Erosion Induced by Human Activities: A Northwest Bohai Sea Case Study. **Journal of Coastal Research: Volume 25, Issue 3: pp. 723 – 733**.

ZUQUETTI, L. **Disciplina de Análise de Risco**, Pós-graduação em Geologia, UFPR, Curitiba. Anotações de Aula e Comunicação Verbal.2012.