

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS E DA INFORMAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO



DEIVID CRISTIAN LEAL ALVES

ANÁLISE DA VULNERABILIDADE NOS BALNEÁRIOS QUERÊNCIA-ATLÂNTICO
SUL E HERMENEGILDO (RS) A PARTIR DE INDICADORES
GEOMORFOLÓGICOS E ANTRÓPICOS

ORIENTADOR:
PROF. DR. ULISSES ROCHA DE OLIVEIRA

RIO GRANDE
2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS E DA INFORMAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA



DEIVID CRISTIAN LEAL ALVES

ANÁLISE DA VULNERABILIDADE NOS BALNEÁRIOS QUERÊNCIA-ATLÂNTICO
SUL E HERMENEGILDO (RS) A PARTIR DE INDICADORES
GEOMORFOLÓGICOS E ANTRÓPICOS

Dissertação apresentada como requisito parcial
para a obtenção do título de Mestre pelo
Programa de Pós-Graduação em Geografia da
Universidade Federal do Rio Grande.

Banca examinadora:
Prof. Dr. Ulisses Rocha de Oliveira (Orientador)
Prof. Dr. João Luis Nicolodi
Prof. Dr. Miguel da Guia Albuquerque
Prof. Dr. Pedro de S. Quevedo Neto (Suplente)

RIO GRANDE
2013

*Dedico este trabalho à Lennon Ney,
que lutou bravamente contra as
adversidades do câncer. Descanse
em paz amigo.*

AGRADECIMENTOS

Foram muitos que de algum modo contribuíram para que este trabalho tomasse forma. Seja por meio de incentivos, auxílio com o referencial teórico ou com as ferramentas utilizadas, existem muitas pessoas a agradecer. Quero agradecer primeiramente a minha esposa Marlize que há nove anos me apoia através de seu amor e companheirismo. Agradecer pelo apoio vindo das palavras da minha mãe Iara, da minha tia Maria, do meu tio Júlio e da minha sogra Marianita. Vocês são minhas melhores referências.

Agradeço aos amigos que estiveram sempre dispostos a ajudar, a ouvir e compartilhar bons momentos nessa caminhada: Leon, Gabriele, Marlene, Patrick, Luana e Renatinho. Aos amigos da FURG, que mais do que colegas foram confidentes das frustrações e realizações da minha pós-graduação: Raquel Dumith, Raquel Duarte, Gisele e Bruno. Aos amigos e colegas da turma de Geoprocessamento do IFRS: Carlos “Cavi”, Eduardo, Francieli, Tamires, Bruna, Ruan e Diego.

Meu muito obrigado ao professor Ulisses Oliveira pela orientação, pela confiança no meu trabalho e pelos esclarecimentos sobre os processos que se estabelecem na paisagem costeira. Ao professor Miguel Albuquerque pela decisiva contribuição no andamento deste trabalho a partir dos levantamentos topográficos e apoio metodológico. Ao professor Jean Spinoza por suas importantes sugestões sobre as técnicas empregadas. Aos professores João Nicolodi e Pedro Quevedo pelas valiosas e instigantes considerações feitas na banca de qualificação.

Meus agradecimentos aos colegas de profissão Christian Enríquez do Laboratório de Gerenciamento Costeiro (IO-FURG) e Paulo Salati do Laboratório de Topografia (EE-FURG) pelo auxílio com as imagens de satélite. A Daiane Marques da Secretaria Municipal do Meio Ambiente do Rio Grande pela ajuda com a legislação municipal. Ao Renato Carvalho do Núcleo de Educação e Monitoramento Ambiental (NEMA) pela documentação sobre o plano de manejo de dunas. A Maria Trugillo do escritório regional do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) com os dados demográficos. Obrigado a todos pela gentileza e presteza com a qual me atenderam.

Obrigado à turma 2011 de Geografia Física do Brasil pela colaboração durante as aulas de estágio docência. Aos funcionários da FURG, em especial aos da secretaria do Programa de Pós-Graduação em Geografia (ICHI-FURG) e do setor de viaturas, que sempre se mostraram solícitos às necessidades da pesquisa. Ao senhor Luiz e sua esposa Lena pela hospitalidade durante os trabalhos de campo no Balneário Hermenegildo. Por fim, agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos, recurso imprescindível para a minha permanência em Rio Grande.

Muito obrigado a todos.

RESUMO

Esta dissertação de mestrado em Geografia analisa as principais vulnerabilidades existentes nos balneários Querência-Atlântico Sul e Hermenegildo, a partir de indicadores geomorfológicos e antrópicos. Os dois recortes espaciais do estudo estão inseridos na Província Costeira do Rio Grande do Sul e fazem parte dos municípios do Rio Grande e de Santa Vitória do Palmar. Para efetivar a análise foram utilizados como referencial teórico-conceitual os pressupostos da geomorfologia ambiental, vertente do estudo do relevo que objetiva a interpretação integrada de elementos morfológicos e antrópicos. Essa proposta integrada de análise também está presente nos conceitos de vulnerabilidade e suscetibilidade empregados. Para tanto, foram selecionados seis indicadores de avaliação do estado do ambiente: evolução da linha de costa, configuração de dunas, elevação do terreno, estruturas de contenção costeira, distância média da faixa urbana e densidade da ocupação. As análises destes indicadores foram realizadas por meio de imagens da superfície terrestre e levantamentos topográficos, acompanhados de uma revisão bibliográfica com a finalidade de compilar dados de apoio ao estudo. Esses dados alimentaram uma tabela de checagem com atribuição de três níveis associados à baixa, intermediária e alta suscetibilidade, conforme metodologia consultada. De forma paralela, foram elaboradas estimativas de crescimento da ocupação dos balneários através de um recorte temporal de dez anos. Como resultado, constatou-se que no Balneário Querência-Atlântico Sul a linha de costa vem migrando em direção ao oceano, havendo ocorrência de dunas frontais expressivas entre a área urbana e o mar, que agem como uma proteção natural. A ocupação no balneário está situada predominantemente entre as cotas de 3 a 5 metros acima do nível relativo do mar, a uma distância média de 269,48 metros do fronte das dunas. Já no Balneário Hermenegildo, a linha de costa migra em direção ao continente, que juntamente com o crescimento urbano, suprimiram as dunas frontais, expondo a área urbana à ação marinha, o que ocasionou a construção de estruturas de contenção. A ocupação do balneário está situada predominantemente entre as cotas de 3 a 5 metros, com média de 28,83 metros de distância das estruturas de contenção/escapa das dunas. A partir da avaliação dos indicadores no Balneário Querência-Atlântico Sul, foi constatado que a vulnerabilidade no recorte está, principalmente, relacionada às características morfológicas do sítio urbano e seu rápido crescimento (80% entre 2002 e 2012). Episódios de inundação provocados por marés de tempestade estão associados à baixa topografia e pequena declividade do terreno adjacente a descontinuidades do cordão de dunas frontais. Há também ocorrência de pontos de alagamento na área urbanizada, fruto de características morfológicas do sítio que são agravadas pelo processo de ocupação. No Balneário Hermenegildo, a vulnerabilidade é primariamente correlacionada à retração da linha de costa e a ocupação defrontante a praia. A ausência de uma zona de amortecimento natural impulsionou a construção de estruturas de contenção. Essas intervenções minimizam o impacto iminente, mas trazem problemas indiretos ao balanço sedimentar que se estabelece na costa.

Palavras-chave: análise integrada; vulnerabilidade; geoindicadores; urbanização costeira.

ABSTRACT

This dissertation in Geography analyzes the main vulnerabilities in the coastal settlements of Querência-Atlântico Sul and Hermenegildo using geomorphological and anthropogenic indicators. Both spatial delimitations of the study are included in the Província Costeira do Rio Grande do Sul and they are part of the municipalities of Rio Grande and Santa Vitória do Palmar. To conduct the analysis, we used as theoretic-conceptual guide the assumptions of the environmental geomorphology, which points to an integrated interpretation of morphological and anthropogenic elements. This integrated proposal of analysis is also present in the concepts of vulnerability and susceptibility employed. Thus, we selected six indicators to assess the environment state: evolution of the shoreline, dunes configuration, terrain elevation, coastal containment structures, medium distance of the urban track and occupation density. The analyses of these indicators were performed using images of the land surface and surveying, together with a literature review in order to gather data to support the study. These data fueled a table check with three levels attribution, associated with low, intermediate and high susceptibility, according to the methodology. In parallel, estimations of occupation growth were drawn up for the two areas across a period of ten years. As a result, it was found that the shoreline of Balneário Querência-Atlântico Sul is migrating towards the ocean, with significant occurrence of frontal dunes between the urban area and the sea, which act as a natural protection. The occupation in the same area is located predominantly between the elevations of 3-5 meters above the relative sea level, with an average distance of 269.48 meters from the front of the dunes. Oppositely, in Balneário Hermenegildo, the shoreline migrates toward the mainland, which along with urban growth suppressed the frontal dunes, exposing the urban area to marine action, which led to the construction of containment structures. The occupation of this area is located predominantly between the elevations of 3-5 meters, with an average of 28.83 meters away from containment structures / the dunes escarpes. The evaluation of the indicators in Balneario Querência-Atlântico Sul revealed that the spatial delimitation vulnerability is mainly related to morphological characteristics of the urban site and its rapid growth (80% between 2002 and 2012). Episodes of inundating caused by storm surges are associated with low topography and small slope of the adjacent land near of the discontinuities of the dune front. There are also points of inundating in the urbanized area, as the result of morphological characteristics of the site that are aggravated by the occupation process. In Balneário Hermenegildo, vulnerability is primarily correlated to the shrinkage of the shoreline and beachfront occupation. The lack of natural damping zone impelled the construction of containment structures. These interventions minimize the imminent impact, but bring indirect problems to the sediment balance that occurs on the coast.

Keywords: integrated analysis; vulnerability; geoindicators; coastal urbanization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01:	Mapa de localização dos balneários analisados.....	15
Figura 02:	Delimitação da área urbanizada do Balneário Cassino (perímetro amarelo e vermelho). Destaque para o Balneário Querência-Atlântico Sul (apenas o perímetro vermelho). Fonte: Google Earth, 2013.....	16
Figura 03:	Mapa de planejamento das ações do Plano de Manejo de Dunas Costeiras do litoral do Município do Rio Grande – Praia do Cassino. Fonte: NEMA, 2008.....	16
Figura 04:	Evolução da área urbana do Balneário Hermenegildo (em vermelho) a partir de imagens fotogramétricas de 1947, 1964 e imagem de satélite de 2005. Fonte: Koerner, 2009.....	18
Figura 05:	Configuração da Província Costeira do Rio Grande do Sul. Fonte: Tomazelli; Villwock, 2005.....	20
Figura 06:	Fisiografia típica das dunas costeiras da região analisada. Dunas frontais A; dunas “hummock” B; e planos arenosos C. Fonte: Seeliger, 1998.....	21
Figura 07:	Província Costeira do Rio Grande do Sul com destaque para os embaiamentos e projeções da costa. Fonte: adaptado de Dillenburg & Hesp, 2009.....	22
Figura 08:	A – montagem do GPS geodésico sobre marco RN na estação CORSAN/Cassino; B – GPS geodésico sobre marco RN na Praça Central do Hermenegildo (Fonte: Albuquerque, 2013); C – coleta de pontos com antena móvel no modo <i>stop and go</i>	29
Figura 09:	A – Distribuição dos perfis do levantamento topográfico para o recorte Querência-Atlântico Sul; B – Distribuição dos perfis do levantamento topográfico para o recorte Hermenegildo. Pontos verdes representam as coletas feitas na base das feições frontais (dunas, escarpas e estruturas de contenção).....	30
Figura 10:	Esquema da delimitação de orla para fins de gestão costeira. Fonte: Brasil, 2006.....	41
Figura 11:	Evolução e tendência da variação da linha costa na faixa litorânea entre o Molhe Oeste (Rio Grande) e o Farol do Verga (Santa Vitória do Palmar). Fonte: adaptado de Esteves, 2006.....	47
Figura 12:	Evolução e tendência da variação da linha costa na faixa litorânea entre o Farol do Verga (Santa Vitória do Palmar) e a Barra do Chuí (Santa Vitória do Palmar). Fonte: adaptado de Esteves, 2006.....	50

Figura 13:	Ocorrência e distribuição das dunas frontais e campo de dunas no Balneário Querência-Atlântico Sul.....	51
Figura 14:	Ocorrência e distribuição das dunas frontais/campo de dunas e dunas interiores no Balneário Querência-Atlântico Sul.....	52
Figura 15:	Ocorrência de dunas frontais no Balneário Hermenegildo.....	54
Figura 16:	Trecho com dunas frontais (foto A) e invasão de areia sobre as edificações no Balneário Hermenegildo (foto B).....	55
Figura 17:	Elevação do recorte Querência-Atlântico Sul com a classificação da suscetibilidade com base nas cotas altimétricas.....	56
Figura 18:	Episódios de maré meteorológica positiva na praia do Cassino. Fonte: foto A Parise, 2007; foto B Jornal Zero Hora, 2011; foto C Ulisses Oliveira; e foto D Jornal Agora, 2011.....	57
Figura 19:	Modelo Digital de Elevação (MDE) tridimensional do recorte Querência-Atlântico Sul com extrapolação dos valores de Z.....	58
Figura 20:	Elevação do recorte Hermenegildo com a classificação da suscetibilidade com base nas cotas altimétricas.....	58
Figura 21:	Canais de drenagem associados a suscetibilidade do balneário de cotas baixas e exposição à intrusão de água do mar.....	59
Figura 22:	Modelo Digital de Elevação (MDE) do recorte Hermenegildo com extrapolação dos valores de Z.....	60
Figura 23:	Ocorrência e tipo de estruturas costeiras presentes na orla do Balneário Hermenegildo.....	63
Figura 24:	Foto A – impacto das ondas sobre as estruturas de contenção. Foto B – rochas que faziam parte de uma estrutura e foram desagregados durante a maré de tempestade.....	64
Figura 25:	Polígonos vermelhos representam as ocupações do Balneário Querência-Atlântico Sul e pontos amarelos representam as ocupações selecionadas.....	66
Figura 26:	Pontos amarelos representam as edificações e pontos azuis correspondem às amostras do fronte das dunas.....	66
Figura 27:	Pontos amostrais e linhas médias da ocupação e do fronte das dunas do Balneário Querência-Atlântico Sul.....	67
Figura 28:	Polígonos vermelhos representam às ocupações do Balneário Hermenegildo e pontos amarelos as ocupações selecionadas.....	68
Figura 29:	Pontos amarelos representam as edificações e pontos azuis correspondem as amostras da escarpa erosiva/estruturas de	

	contenção do Balneário Hermenegildo.....	69
Figura 30:	Pontos amostrais e linhas médias da ocupação selecionada e da escarpa erosiva/estruturas de contenção.....	69
Figura 31:	Pontos amostrais da ocupação projetados além da linha média da escarpa erosiva/estruturas de contenção do Balneário Hermenegildo....	70
Figura 32:	Densidade da ocupação no Balneário Querência-Atlântico Sul.....	71
Figura 33:	Densidade da ocupação no Balneário Hermenegildo.....	72
Figura 34:	Ocupação do Balneário Querência-Atlântico Sul – imagem 2002.....	74
Figura 35:	Ocupação do Balneário Querência-Atlântico Sul – imagem 2006.....	75
Figura 36:	Ocupação do Balneário Querência-Atlântico Sul – imagem 2009.....	75
Figura 37:	Ocupação do Balneário Querência-Atlântico Sul – imagem 2012.....	75
Figura 38:	Sobreposição dos vetores para a identificação das áreas de expansão da ocupação no Balneário Querência-Atlântico Sul. Polígonos azuis representam a ocupação 2002 e polígonos vermelhos a ocupação 2012.....	76
Figura 39:	Estimativa do crescimento da ocupação do Balneários Querência-Atlântico Sul entre os anos de 2002, 2006, 2009 e 2012.....	76
Figura 40:	Edificações e delimitação de lotes sobre o campo de dunas do Balneário Atlântico Sul no prolongamento da Avenida Cassino (foto A. Fonte: Souza, 2003); Ocupação atual na mesma via adjacente ao campo de dunas (foto B).....	77
Figura 41:	Topografia do sítio urbano do recorte Querência-Atlântico Sul.....	78
Figura 42:	Trecho consolidado da ocupação com edificações assentadas sobre dunas (fotos A e B); Trecho em expansão com corte de dunas para o assentamento (fotos C e D).....	79
Figura 43:	Ocorrência de áreas alagadiças no reverso do antigo cordão de dunas regressivas.....	80
Figura 44:	Lotes localizados no reverso do antigo cordão de dunas (foto A); Lote mais baixo que a via (foto B).....	80
Figura 45:	Ocupação do Balneário Hermenegildo – imagem 2000.....	82
Figura 46:	Ocupação do Balneário Hermenegildo – imagem 2005.....	82
Figura 47:	Ocupação do Balneário Hermenegildo – imagem 2007.....	82
Figura 48:	Edificações destruídas na orla do Balneário Hermenegildo. Fonte: Teixeira, 2007 (fotos A, B e C).....	83
Figura 49:	Ocupação do Balneário Hermenegildo – imagem 2010.....	84
Figura 50:	Sobreposição dos vetores para a identificação das áreas de expansão	

	da ocupação no Balneário Hermenegildo.....	84
Figura 51:	Estimativa do crescimento da ocupação do Balneário Hermenegildo entre os anos de 2000, 2005, 2007 e 2010.....	84
Figura 52:	Composição de layers destacando a suscetibilidade topográfica referente a presença de canais de drenagem.....	85
Figura 53:	Mapa com os dados dos indicadores de suscetibilidade do Balneário Querência-Atlântico Sul e localização dos perfis topográficos. À direita, gráfico dos perfis topográficos com correção ortométrica da altitude (H).....	91
Figura 54:	Mapa com os dados dos indicadores de suscetibilidade do Balneário Hermenegildo e localização dos perfis topográficos. À direita, gráfico dos perfis topográficos com correção ortométrica da altitude (H).....	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 01:	Relação de imagens/sensores utilizados.....	27
Tabela 02:	Coordenadas das referências de nível.....	29
Tabela 03:	Lista de checagem dos indicadores ambientais para conferência. Fonte: Adaptado de Bush et al., 1999 e Souza et al. 2012.....	33
Tabela 04:	Estágios do desenvolvimento urbano e seus possíveis impactos negativos. Fonte: Adaptado de Araújo, 2007 e Nordstrom, 2000.....	44
Tabela 05:	Quadro comparativo da avaliação dos indicadores, estimativa de crescimento da ocupação e vulnerabilidade.....	86

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 01:	Modelo Geoidal de Elevação.....	30
Equação 02:	Distância Euclidiana.....	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CORSAN	<i>Companhia Riograndense de Saneamento</i>
ENOS	<i>El Niño Oscilação Sul</i>
FEPAM	<i>Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler</i>
FURG	<i>Universidade Federal do Rio Grande</i>
GERCO	<i>Programa de Gerenciamento Costeiro</i>
GNSS	<i>Global Navigation Satellite Systems (Sistema Global de Navegação por Satélite)</i>
GPS	<i>Global Positioning System (Sistema de Posicionamento Global)</i>
IBGE	<i>Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística</i>
IFRS	<i>Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul</i>
IUGS	<i>International Union of Geological Sciences (União Internacional de Ciência Geológica)</i>
MDE	<i>Modelo Digital de Elevação</i>
NEMA	<i>Núcleo de educação e monitoramento Ambiental</i>
RIMA	<i>Relatório de Impacto Ambiental</i>
RMS	<i>Root mean square (Valor Quadrático Médio)</i>
RN	<i>Referência de Nível</i>
SEC	<i>Secretaria Especial do Cassino</i>
SIRGAS	<i>Sistema de Referencia Geocêntrico para as Américas</i>
SOE	<i>Reporting state of environment (Relatório estado do ambiente)</i>
TIFF	<i>Tagged Image File Format</i>
TSM	<i>Temperatura da superfície do mar</i>
UTM	<i>Universal Transverse Mercator coordinate system (sistema de coordenadas Universal Transversa de Mercator)</i>

SUMÁRIO

	Dedicatória.....	iii
	Agradecimentos.....	iv
	Resumo.....	vi
	Abstract.....	vii
	Lista de figuras.....	viii
	Lista de tabelas.....	xii
	Lista de equações.....	xiii
	Lista de abreviaturas e siglas.....	xiv
	Sumário.....	xv
1.	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	Justificativa.....	2
2.	OBJETIVOS.....	3
2.1	Objetivo geral.....	3
2.2	Objetivos específicos.....	3
3.	REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
3.1	Geomorfologia Costeira.....	4
3.2	Geomorfologia Ambiental e Ocupação Costeira.....	7
3.3	Orla como unidade espacial de análise: suscetibilidades e vulnerabilidade.....	9
3.4	Uso de indicadores para a avaliação ambiental.....	12
4.	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	15
4.1	Localização dos balneários.....	15
4.2	Geologia e geomorfologia regional.....	19
4.3	Clima regional e morfodinâmica costeira.....	22
5	MATERIAIS E MÉTODOS.....	26
5.1	Revisão bibliográfica e compilação de dados.....	26
5.2	Delimitação do recorte espacial e trabalhos de campo.....	26

5.3	Elaboração da base cartográfica.....	27
5.4	Levantamento e tratamento dos dados topográficos.....	28
5.5	Avaliação do estado do ambiente através de indicadores.....	32
5.5.1	Descrição dos indicadores selecionados e lista de checagem.....	34
5.5.1.1	Indicador <i>evolução da linha de costa</i>	34
5.5.1.2	Indicador <i>configuração de dunas</i>	35
5.5.1.3	Indicador <i>elevação do terreno</i>	37
5.5.1.4	Indicador <i>estruturas de contenção costeira</i>	38
5.5.1.5	Indicador <i>distância média da faixa urbana</i>	40
5.5.1.6	Indicador <i>densidade da ocupação</i>	43
5.6	Estimativa de crescimento da ocupação.....	45
6.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
6.1	Avaliação dos indicadores	46
6.1.1	Indicador <i>evolução da linha de costa</i>	46
6.1.2	Indicador <i>configuração de dunas</i>	51
6.1.3	Indicador <i>elevação do terreno</i>	55
6.1.4	Indicador <i>estruturas de contenção costeira</i>	60
6.1.5	Indicador <i>distância média da faixa urbana</i>	65
6.1.6	Indicador <i>densidade da ocupação</i>	71
6.2	Crescimento da ocupação e vulnerabilidade nos balneários	73
6.2.1	Balneário Querência-Atlântico Sul.....	73
6.2.2	Balneário Hermenegildo.....	81
6.3	Quadro comparativo e síntese da análise nos balneários.....	86
7	CONCLUSÕES	93
	REFERÊNCIAS	96