



Universitat de Barcelona
Programa de Doctorado de Ciencias del Mar
Departament d'Ecologia
Departament d'Estratigrafia i Paleontologia

EVOLUCIÓN ACTUAL DEL LITORAL DE
NATAL – RN (BRASIL) Y SUS APLICACIONES
A LA GESTIÓN INTEGRADA

EVOLUÇÃO ATUAL DO LITORAL DE
NATAL – RN (BRASIL) E SUAS APLICAÇÕES
A GESTÃO INTEGRADA

Eugenio Marcos Soares Cunha

Tesis Doctoral

2004

**EVOLUCIÓN ACTUAL DEL LITORAL DE
NATAL – RN (BRASIL) Y SUS APLICACIONES
a la Gestión Integrada**

**EVOLUÇÃO ATUAL DO LITORAL DE
NATAL – RN (BRASIL) E SUAS APLICAÇÕES
A GESTÃO INTEGRADA**

Memoria de la Tesis Doctoral que Eugenio Marcos Soares Cunha presenta para la obtención del grado de Doctor en Ciencias del Mar.

Esta tesis se ha realizado bajo la dirección del Dr. Jordi Serra i Raventós (UB), en el Departamento d'Estratigrafia i Paleontologia.

Tesis Doctoral adscrita al Departament d'Ecologia, Facultat de Biologia,
Universitat de Barcelona.

Programa Doctorado de Ciencias del Mar
(Bienio 1996 - 1998)

Barcelona, Enero de 2004.

RESUMO

RESUMEN

ABSTRACT

AGRADECIMENTOS

ÍNDICE

PÁGINA

I - INTRODUÇÃO

1 - APRESENTAÇÃO	26
2 - OBJETIVOS	28
3 - METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO	29
3.1 - Trabalhos Iniciais	29
3.2 - Trabalhos de Campo	30
3.3 - Etapas Laboratoriais	40
3.4 - Interpretação e Avaliação dos Dados	45

II - CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA

1 - ASPECTOS GEOAMBIENTAIS	50
1.1 - Enquadre Geológico e Geomorfológico Regional	50
1.1.1 - Geologia e Geomorfologia Continental	58
1.1.1.1 - Margem Continental Brasileira	58
1.1.1.2 - Caracterização Geológica da Costa do Nordeste do Brasil	60
1.1.1.3 - Caracterização Geológica da Costa do Estado do Rio Grande do Norte	63
1.1.1.4 - Evolução Paleogeográfica	67
1.2 - Enquadre Geológico e Geomorfológico Local	68
1.2.1 - Formação Barreiras	68
1.2.2 - Unidades Quaternárias	70

1.2.2.1 - Depósitos Eólicos	70
1.2.2.2 - Depósitos de Praia	71
1.2.2.3 - Arenitos de Praia	72
1.2.2.4 - Depósitos Fluviais	73
1.2.2.5 - Depósitos Fluvio-marinhos	73
1.3 - Enquadre Geomorfológico Local	74
1.3.1 - Terraços Holocênicos	75
1.3.2 - Dunas	76
1.3.3 - Praias	77
1.3.4 - Recifes	78
1.3.5 - Planície Fluvial	79
1.3.6 - Planície Fluvio-marinha	80
2 - CONSIDERAÇÕES CLIMÁTICAS	81
2.1 - Aspectos Regionais	81
2.2 - Clima Local	83
2.3 - Ventos	84
2.4 - Temperatura do Ar	88
2.5 - Precipitação	89
2.6 - Umidade Relativa	91
2.7 - Nebulosidade e Insolação	92
2.8 - Pressão Atmosférica	93
3 - HIDROGRAFIA	93
3.1 - Rio Potengi	95
3.2 - Rio Jundiá	98
3.3 - Rio Doce	99
4 - SOLOS	99

5 - COBERTURA VEGETAL	103
5.1 - Ecossistemas terrestres	103
5.1.1 - Vegetação Nativa	103
5.1.2 - Vegetação Antrópica	106
5.2 - Ecossistema de Transição	106
5.2.1- Manguezal	106
6 - OCUPAÇÃO URBANA	111
6.1 - O Porto e a Região Metropolitana de Natal	113
6.2 - Dinâmica Populacional do entorno do Porto	115
6.3 - Transformações Urbanas	120
III - CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A ZONA COSTEIRA	
1 - ZONA COSTEIRA	126
1.1 - Praias - Espaço Natural	126
1.2 - Caracterização da Costa Brasileira	127
1.3 - Intervenções Antrópicas	129
2 - SITUAÇÃO ATUAL DAS REGIÕES COSTEIRAS	130
2.1 - Erosão Costeira	130
2.1.1 - Causas Naturais	131
2.1.2 - Causas Antrópicas	132
2.1.3 - Flutuações do Nível do Mar	133
3 - ESTUÁRIOS	136
3.1 - Classificação dos Estuários de acordo com a Geomorfologia	137
3.2 - Classificação dos Estuários pela Circulação das Águas	138
3.3- Importância Econômica dos Estuários	140
3.4 - Principais Impactos Ambientais	142

4 - MANGUEZAIS	143
4.1 - Os Manguezais e Seus Recursos: Repercussões e Utilizações	143
4.1.1 - Tendências Sócio-econômicas	144
4.1.2 - Pesca	145
4.1.3 - Aqüicultura	146
4.1.4 - Salinas	147
5 - LEGISLAÇÃO COSTEIRA	148
5.1 - Resumo dos Aspectos Legais	148
5.2 - Legislação Geral sobre Meio Ambiente e Recursos Naturais	149
5.3 - Legislação Referente ao Uso e Ocupação do Solo e Proteção dos Recursos Naturais	151
5.4- Legislação específica do Estado do Rio Grande do Norte e do Município de Natal	152

IV - DINÂMICA LOCAL DOS SISTEMAS COSTEIROS

1 - FRENTE LITORÂNEA	156
1.1 - Morfologia da Plataforma na Área de Estudo	156
1.2 - Clima de Ondas	158
1.2.1 - Ondas de Curto Período	159
1.2.2 - Ondas de Médio Período	167
1.3 - Transporte Gerado Pelas Ondas	168
1.4 - Transporte Longitudinal de Sedimentos	170
1.5 - Limitações a Ocupação Costeira	173
2 - ESTUÁRIO DO RIO POTENGI	175
2.1 -Morfologia Marinha Atual	175
2.1.1 - Formas Batimétricas e Condicionantes Morfológicos	176
2.1.2 - Comparação de Cartas Batimétricas	182

2.1.3 - Interpretação de Dados Sísmicos de Alta Resolução	197
2.2 - Maré	202
2.2.1 - Observações Maregráficas	205
2.2.1.1 - Posto mareográfico PM-01- Banco das Velhas	205
2.2.1.2 - Posto mareográfico PM-02- Cais do Porto de Natal	205
2.2.1.3 - Posto mareográfico PM-03- Ponte de Igapó	206
2.2.1.4 - Posto mareográfico PM-04- Guararapes	206
2.2.1.5 - Posto mareográfico PM-05- Entrada do Estuário	206
2.2.1.6 - Posto mareográfico PM-06- Areia Preta	208
2.3 - Observações Limnimétricas	208
2.3.1 - Estação Limnimétrica de Macaíba	208
2.3.2 - Estação Limnimétrica de Barreiros	209
2.4 - Correntes de Maré	209
2.5 – Circulação Estuarina	210
2.6 - Influência Estuarina na Circulação Costeira	210
2.7 - Evolução do Prisma de Maré	211
2.8 - Comportamento das Correntes no Estuário do Rio Potengi	212
2.9 - Comportamento da Salinidade	214
2.9.1 - Distribuição Horizontal	215
2.9.2 - Distribuição Vertical	216
2.10 - Temperatura	217
2.10.1 - Distribuição Horizontal	218
2.10.2 - Distribuição Vertical	218
2.11 - Transparência	218
2.12 - Oxigênio Dissolvido	219
2.13 - Distribuição do pH	219
2.14 - Material em Suspensão	220
2.14.1 - Distribuição Horizontal	222
2.14.2 - Distribuição Vertical	223
2.14.3 - Comportamento Geral do Material em Suspensão	223

2.15 - Sedimentos	227
2.15.1 - Distribuição Textural	229
2.15.1.1 - Cascalho	230
2.15.1.2 - Areia	231
2.15.1.3 - Lama	232
2.15.2 - Parâmetro Estatístico	233
2.15.2.1 - Diâmetro Médio	233
2.16 - Distribuição do Carbonato de Cálcio	234
2.17 - Distribuição de Matéria Orgânica	236

V - INTERVENÇÕES ANTRÓPICAS E SUAS CONSEQÜÊNCIAS AMBIENTAIS

1 - ESTUÁRIO DO POTENGI	240
1.1 - Antecedentes Históricos	241
1.2 - Influência das Obras	256
1.2.1 - Dragagem	256
1.2.2 - Derrocagem	257
1.2.3 - Enrocamento	261
2 - ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DO ESTUÁRIO	263
2.1 - Modificações Morfológicas	263
2.1.1 - Evolução da Forma em Planta e Perfil	264
2.1.2 - Evolução do Banco das Velhas	273
2.1.3 - Evolução do Canal de Acesso do Porto	291
2.1.4 - Evolução da Barra	292
3 - FRENTE LITORÂNEA	298
3.1 - Evolução da Linha de Costa (1974-1997)	298
3.2 - Características Granulométricas dos Sedimentos	304
3.2.1 - Praia dos Artistas, Praia do Meio e Praia do Forte	304

3.3 - Análise das Intervenções Urbanas e Suas Repercussões na Frente Litorânea	311
3.3.1 - Praia de Areia Preta	311
3.3.2 - Praia do Forte	327
3.3.3 - Praias da Redinha (Redinha Velha e Nova)	343

VI – PROPOSTA DE GESTÃO INTEGRADA DA FRENTE MARÍTIMA DE NATAL

1 - Proposta de Gestão Integrada da Frente Marítima de Natal	356
--	-----

VII - CONSIDERAÇÕES FINAIS

1 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	368
1.1 – Estuário Potengi	370
1.2 – Praia de Areia Preta	373
1.3 – Praia do Forte	376
1.4 – Praias da Redinha e Redinha Nova	378

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA	384
--------------------	-----

Nº	FIGURAS	PÁGINA
01	Mapa de localização da área de estudo	28
02	Material utilizado em campo para levantamento de dados de perfil de praia	31
03	Desenho esquemático das armadilhas utilizadas. (a) Integração e (b) Discretização	33
04	Estação meteorológica eletrônica Davis Instruments	35
05	Esquema do procedimento do levantamento batimétrico. Recepção de sinal para correção de posicionamento em tempo real da estação fixa para a móvel. E, medidas da profundidade de subsuperfície	38
06	Arranjo do sistema de medidas de maré e correntes fluviais	39
07	Fluxograma com a representação das etapas de análise granulométrica	41
08	Forma conjugada dos diagramas ternário de composição ternária RGB e Triângulo de Shepard (1954)	42
09	Esquema de ensaio para a obtenção dos teores de CaCO ₃ em sedimentos, Calcímetro de Bernard (modificado)	44
10	Mapa Geológico e Geomorfológico da área de estudo	51
11	Esquema explicativo das seqüências de deposição do Barreiras. (Maia 1998)	69
12	Esquema de movimentação dos sedimentos eólicos sobre a forma de dunas. A erosão ocorre na face a barlavento e deposição na face a sotavento. (modificado de Pinheiro, 2000)	71
13	Atuação dos ventos sobre a Praia do Forte, atividade eólica impondo sedimentos à Avenida do Forte	76
14 a	Vista aérea das praias de Natal-RN	77
14 b	Formato das Praias do Forte e Praia do Meio, devido os efeitos de difração ocasionado nas ondas incidentes que ultrapassam a linha de recifes	79
15	Exposição predominante dos mangues do estuário do Rio Potengi	80
16	Evolução da temperatura em anos de <i>El Niño</i>	83

17	Padrão dos ventos na região de Natal ao longo do primeiro semestre de 2000	85
18	Padrão dos ventos na região de Natal ao longo do segundo semestre de 2000	86
19	Comportamento das temperaturas médias mensais, no período de 1999-2002	88
20	Precipitações médias mensais no período de 1960-1990	89
21	Precipitação em Natal nos anos de 1998 (verde), 1999 (azul) e 2000 (vermelho)	90
22	Anomalias de precipitação no período de 1998 a 2000	91
23	Comportamento da umidade relativa média mensal do ar no período de 1999-2001	92
24	Comportamento da insolação média mensal e da nebulosidade média diária mensal no período de 2000-2001	92
25	Comportamento da pressão média mensal ao longo do ano no período de 2000-2002	93
26	Mapa de Bacias e Sub-bacias Hidrográficas	94
27	Mapa de uso e ocupação do solo. Natal – RN	102
28	Vista aérea do estuário do Rio Potengi - entrada do Porto de Natal – RN	130
29	Curva das flutuações do nível do mar para a costa leste do Brasil (Martin et al., 1979)	134
30	Histograma da altura significativa no período de 1998 -1999	160
31	Correlação entre a energia e altura significativa de onda na praia de Areia Preta	164
32	Correlação entre maré e a altura significativa (Hs) das ondas em frente à localidade de Areia Preta. Linha de cor preta corresponde a de tendência polinomial para Hs.....	165
33	Correlação entre maré e altura significativa (Hs) das ondas no estuário do Rio Potengi	166
34	Correlação entre a energia de onda e a altura significativa (Hs) em mar	

	aberto, em frente a Praia de Areia Preta (setembro de 2001)	166
35	Correlação entre a energia de onda e a altura significativa (Hs) em área protegida do estuário do Rio Potengi (setembro de 2001)	167
36	(a) – Vista da ocupação antrópica na praia de Areia Preta. (b) Ação dos processos erosionais destruindo uma ponte, interrompendo a passagem de pedestres. (c) Vista aérea das praias de Natal apresentando o avanço da ocupação humana na região costeira	175
37	Observações maregráficas durante os levantamentos batimétricos. Para o dia 27 os trabalhos de batimetria se iniciaram as 14:00h e prosseguiram até as 18:00h, no dia 28 os trabalhos iniciaram as 5:00h seguindo até as 11:00h. Para cada dia foi desenvolvida uma equação da curva de maré	176
38	Representação batimétrica do Estuário do Rio Potengi (2001)	179
39	Ocorrência de recifes no acesso ao estuário do Rio Potengi	181
40	Divisão da área para fácil interpretação das análises. Carta de 1977	182
41	Máscara para a subdivisão para modelagem setorizada	183
42	Exemplo de modelo de superfície (cone), parâmetros tomados para o cálculo de volume, o nível de referência (Lower Surface) como superfície limítrofe entre valores positivos e negativos. O ponto A está localizado numa área sujeita a grandes distorções causadas por efeito de borda	185
43A	Modelo Batimétrico de 1905	188
43B	Modelo Batimétrico de 1918	189
43C	Modelo Batimétrico de 1925	190
43D	Modelo Batimétrico de 1929	191
43E	Modelo Batimétrico de 1941	192
43F	Modelo Batimétrico de 1947	193
43G	Modelo Batimétrico de 1949	194
43H	Modelo Batimétrico de 1977	195
43I	Modelo Batimétrico de 1999	196
44	Registros sísmicos (A-B-C) , demonstrando uma mudança no comportamento das feições de fundo	201

45	Níveis de maré referidos a zero hidrográfico de EX-DNPVN, no período de 1998 -1999	204
46	Níveis de maré no período de 1977-2001	207
47	Localização dos postos correntométricos no Rio Potengi.....	213
48	Direções e velocidades de correntes no estuário do Rio Potengi. a) Banco das Velhas 28/10/2000, b) Próximo ao farol 19/09/2001	214
49	Mapa do Material em suspensão	224
50	Mapa de Distribuição dos Sedimentos.....	228
51	(a) Relação entre os teores (em porcentagem) de lama, areia e cascalho. (b) Distribuição das classes sedimentares presentes. Predomínio da fração arenosa sobre toda a área estudada ao longo do Rio Potengi até o mar	229
52	Mapa de Distribuição de carbonato de cálcio	235
53	Mapa de Distribuição de materia orgânica	237
54	Planta Batimétrica 1867	242
55	Acesso ao Estuário do Rio Potengi.....	243
56	Representação da Alternativa 1	252
57	Representação da Alternativa 2	253
58	Representação da Alternativa 3	254
59	Representação da Alternativa Final	255
60	Traçado do canal de acesso	258
61	Recife submerso da entrada do Estuário Potengi.....	259
62	Perfil da porção submersa do recife de Natal	260
63	Perfis da entrada do estuário	260
64	Localização das obras fixas implantadas no Estuário Potengi - Natal/RN	262
65	Modelamento das ondas que sofrem o processo difração ao passar pelos recifes da embocadura (Diagrama Mike 21)	263
66	Seções e Perfis definidos para o levantamento do estudo	264
67	Perfil Esquemático	265
68	Localização dos perfis	267

69	Variação do Perfil 1 (1905 - 1929)	268
70	Variação do Perfil 1 (1941 - 1999)	268
71	Variação do Perfil 2 (1905 - 1929).....	268
72	Variação do Perfil 2 (1941 - 1999)	269
73	Variação do Perfil 3 (1905 - 1929)	269
74	Variação do Perfil 3 (1941 - 1999)	269
75	Variação do Perfil 4 (1905 - 1929)	270
76	Variação do Perfil 4 (1941 - 1999)	270
77	Variação do Perfil 5 (1905 - 1929)	270
78	Variação do Perfil 5 (1941 - 1999)	271
79	Banco das Velhas 1905	276
80	Banco das Velhas 1918	277
81	Banco das Velhas 1925	278
82	Banco das Velhas 1929	279
83	Banco das Velhas 1941	280
84	Banco das Velhas 1947	281
85	Banco das Velhas 1949	282
86	Banco das Velhas 1977	283
87	Banco das Velhas 1999	284
88	Banco das Velhas	285
89	Banco das Velhas – Anos de 1921, 1931 e 1936	286
90	Alinhamento do canal e levantamento das seções	291
91	Comparação do canal de acesso	292
92	Evolução da Coroa dos Macacos	293
93	Localização das seções transversais	294
94	Configuração em 3D da área da desembocadura	297
95	Evolução da linha de costa (contornos de aerofotos de 1974 e 1997, sobre imagem IKONOS de 2003)	300
96	Evolução da linha de costa das Praias do Forte, do Meio e dos Artistas	301
97	Evolução da linha de costa da Praia da Redinha Velha	302

98	Evolução da linha de costa da Praia de Areia Preta	303
99	Vista dos trabalhos de engorda na Praia de Areia Preta	327
100	Visão da Praia do Forte em primeiro plano e da praia da Redinha em segundo plano	328
101	Os principais mecanismos de transporte eólico: <i>saltação</i> , <i>arraste</i> e <i>suspensão</i> ..	332
102	Relação do tipo potência entre a área de exposição e o volume das dunas ..	339
103	Metodologia utilizada para tratamento dos dados de transporte eólico resultante da utilização de armadilhas. (a) Dados brutos; (b) Dados tratados com modelo de transporte representado	341
104	Hotel localizado no ponto de maior erosão da praia da Redinha	344
105	Batimetria da Praia da Redinha localizando o quebra-mar projetado	347
106	Distribuição sedimentológica das praias da Redinha e Redinha Nova	350
107	Seção transversal para o quebra mar	352
108	Seção transversal para a ponte de acesso	352
109	Habitação sub-normal às margens do Estuário Potengi	357
110	Limites do município e adensamento urbano nas margens do estuário	358
111	Área de intervenção da Fachada Estuarina	361

Nº	TABELAS	PÁGINA
01	Referências técnicas da Estação Fixa RIBac-NATAL para correção diferencial de levantamento apoiado por GPS	37
02	Estatística dos parâmetros climáticos no período de 1 ano –2001	87
03	Estatística dos parâmetros climáticos discretizado por mês	88
04	População Residente	111
05	Taxas de crescimento anual	112
06	Evolução da População Rio Potengi - Zona Leste	118
07	População - Domicílios Ocupados Rio Potengi - Zona Leste	118
08	Densidade Demográfica / Área Territorial Rio Potengi - Zona Leste	118
09	Evolução da População Rio Potengi - Zona Norte	119
10	População - Domicílios Ocupados Rio Potengi - Zona Norte	119
11	Densidade Demográfica / Área Territorial Rio Potengi - Zona Norte	119
12	Classe de Renda por Chefe de Domicílio Rio Potengi - Zona Leste e Zona Norte	119
13	Localização do camarão cultivado em 2001	147
14	Classificação dos tipos de ondas observadas utilizando a esbeltez (Ho/Lo)	161
15	Distribuição direcional e sazonal dos limites de variação da altura significativa e do período médio	162
16	Representação dos limites de variação das alturas máximas observadas	162
17	Parâmetros pertinentes para as ondas na Praia de Areia Preta (1º semestre 2001)	163
18	Parâmetros pertinentes para as ondas na Praia de Areia Preta e estuário do Rio Potengi (2º semestre 2001)	164
19	Distribuição direcional da altura significativa das ondas	168
20	Diagrama de dispersão entre a altura significativa e o período médio	168
21	Transporte longitudinal potencial para uma costa orientada norte-sul	172
22	Transporte longitudinal potencial para uma costa com direção 340º az	173

23	Parâmetros Morfométricos do Estuário do Rio Potengi	177
24	Altura das Marés	204
25	Resultados de Cálculos dos Prismas de Maré	212
26	Evolução das Obras no Estuário Potengi de 1902 a 1982	249
27	Volume dragado no período de 1902 a 2000	257
28	Varição Volumétrica do Banco das Velhas	274
29	Dados Pluviométricos e Meteorológicos	287
30	Transporte Fluvial potencial para diversos valores de vazões	289
31	Varição volumétrica das seções da desembocadura	295
32	Varição volumétrica em potencial	295
33	Local de coleta das amostras	305
34	Resultados das análises granulométricas dos sedimentos de praia	306
35	Parâmetros Estatísticos das areias coletadas	307
36	Resultado da análise morfoscópica das amostras de Areia Preta	308
37	Resultados da análise morfoscópica das amostras da Praia dos Artistas	309
38	Porcentagem (%) de minerais pesados nas amostras da praia de Areia Preta	310
39	Porcentagem (%) relativa de minerais pesados nas amostras da praia dos Artistas	311
40	Inclinações definidas pelos perfis topográficos na Zona Emersa (E) e Submersa (S)	318
41	Características granulométricas dos sedimentos da porção emersa dos perfis da praia de Areia Preta	319
42	Características granulométricas dos sedimentos da porção submersa dos perfis da praia de Areia Preta	320
43	Parâmetros estatísticos das amostras coletadas na plataforma	321
44	Cálculo do volume de material a ser regenerado e as larguras atuais da praia	325
45	Processos de sedimentação eólica. Tomazelli, (1994) in Rodrigues (1999)..	334

46	Calculo das áreas/volumes para as dunas frontais	339
47	Procedimento adotado durante os ensaios com as armadilhas de integração	340
48	Transporte eólico potencial distribuído ao longo do ano	343

RESUMO

A análise da evolução costeira recente da região de Natal (Estado do Rio Grande do Norte – Brasil) é delineada nesta tese de doutorado que tem como objetivo primeiro fornecer subsídios à gestão ambiental desta parcela territorial já bastante urbanizada. O presente estudo compreende: a caracterização geológica-geomorfológica da zona costeira, a identificação, caracterização e quantificação dos agentes dinâmicos e seus respectivos processos ambientais. Estes estudos se realizaram dentro de uma ampla perspectiva científica, sendo de fundamental importância conhecer o funcionamento dos agentes costeiros, as inter-relações dos processos, as respostas às interferências externas e a influência nos diversos ecossistemas existentes na área, tais como estuários, mangues, praias, dunas, recifes e falésias.

Os principais agentes identificados e analisados como responsáveis pela evolução costeira são: os ventos, que geram o transporte eólico; as ondas e correntes costeiras, que controlam o transporte de sedimentos ao longo da costa, e as marés que influenciam a dinâmica estuarina e a dinâmica litorânea. As interações espaço-temporal entre os agentes, fatores e processos ambientais foram caracterizados de forma detalhada, permitindo a elaboração de um modelo conceitual de evolução costeira. Este modelo, quando analisado a luz de informações históricas disponíveis, além de permitir avaliar as mudanças ocorridas ao longo deste trecho costeiro, tanto devido à atuação humana, oriundas das intervenções portuárias e urbanas ocorridas a partir do início do século, como por variações climáticas, fornece elementos fundamentais para as medidas mitigadoras necessárias. Como exemplo da aplicação deste modelo de evolução costeira, se apresenta como parte deste estudo os Projetos de Proteção e Recuperação de Areia Preta e de Proteção da Redinha Nova.

Finalmente, este trabalho se propõe como um elemento básico de avaliação para futuros planos de desenvolvimento regional, projetos específicos de intervenções costeiras e principalmente, como instrumento chave para a implementação de um plano de gestão costeira integrada.

Palavras chave:

Natal, Rio Grande do Norte, Estuário Potengi, Areia Preta, Dinâmica litoral, Gestão costeira, Redinha.

RESUMEN

El Análisis de la evolución costera reciente de la región de Natal (Estado de Rio Grande do Norte – Brasil) es llevado a cabo en esta tesis de doctorado, que tiene como objetivo primero proveer los elementos necesarios para la gestión ambiental de este territorio bastante urbanizado en su mayor parte. El presente estudio comprende: la caracterización geológica-geomorfológica, la identificación, caracterización y cuantificación de los agentes dinámicos y sus respectivos procesos ambientales. Estos estudios se han realizado bajo una amplia perspectiva científica, siendo de fundamental importancia conocer el funcionamiento de los agentes costeros, las interrelaciones de los procesos, las respuestas a las interferencias externas y la influencia en los diversos ecosistemas existentes en el área, tales como estuarios, manglares, playas, dunas, arrecifes y acantilados.

Los principales agentes identificados y analizados como responsables por la evolución costera son: los vientos, que generan el transporte eólico, las olas y las mareas que influyen la dinámica estuarina y la dinámica litoránea. Las interacciones espacio-temporal entre los agentes, factores y procesos ambientales fueron caracterizadas de forma detallada, permitiendo la elaboración de un modelo conceptual de evolución costera. Este modelo, analizado desde el punto de vista de las informaciones históricas disponibles, además de permitir evaluar los cambios ocurridos a lo largo de este trecho costero, tanto debido a la actuación humana, intervenciones portuarias y urbanas ocurridas a partir del inicio del siglo, como por variaciones climáticas, provee elementos fundamentales para las medidas mitigadoras necesarias. Como ejemplo de la aplicación de este modelo de evolución costera, se presentan como parte de este estudio los Proyectos de Protección y Recuperación de Areia Preta y de Protección de Redinha Nova.

Finalmente, este trabajo se propone este como elemento básico de evaluación para futuros planos de desarrollo regional, proyectos específicos de intervenciones costeras, y principalmente, como instrumento clave para la implementación de un plan de gestión costera integrado.

Palabras clave:

Natal, Rio Grande do Norte, Estuario Potengi, Areia Preta, Dinámica litoral, Gestión costera, Redinha.

ABSTRACT

Coastal evolution of the Natal city region analysis (Rio Grande do Norte state – Brazil) is made in this doctorate thesis, whose aim is to provide helping tools for an environmental management of this already much-urbanized tract of land. This study encompasses the geological-geomorphological characterization of the coastal zone, the identification, and quantification of the dynamic agents and the synergy of the environmental processes. These studies were carried out from a wide scientific perspective, since knowing the way the coastal agents work, the process inter-relations, the responses to external interferences and the influence on the many existing ecosystems in the area, such as estuaries, swamps, beaches, dunes, reefs and cliffs are of the main importance.

The main agents identified and analyzed as accountable for the coastal evolution are: the winds, which generate sand transportation and shape the coastal dunes when it blows; the waves and coastal currents which control the transportation of sediments along the coast, the ebb and flow of the tide which influence the estuary and beach dynamics. The space-time interaction between the agents, environmental factors and processes are characterized in detail, allowing us to build a conceptual model for the coastal evolution over at least the last century. This model, when analyzed with the help of available historical information, not only permits one to evaluate the changes which have occurred in this coastal tract of land due to human intervention by means of ports, urbanization and to weather variations, but also provides the main elements to make the policy measures needed for a correct coastal zone management. As an example of this model of coastal evolution being put into practice is the orientation to form the basis for the Projeto de Proteção e Recuperação de Areia Preta and the Projeto de Proteção da Redinha Nova.

In the same fashion, this model is a basic element for the evaluation of future plans for regional development, specific projects and coastal interventions and, mainly, as a key instrument for the implementation of a plan following new concepts on the integrated coastal zone management (ICZM).

Key words:

Natal, Rio Grande do Norte, Estuário Potengi, Areia Preta, Littoral dynamic, Coastal management, Redinha.

AGRADECIMENTOS

Antes de tudo, quero expressar os mais sinceros agradecimentos ao Doutor Jordi Serra i Raventós do Departamento de Estratigrafia e Paelontologia da Universidade de Barcelona, pela disposição, sugestões e tempo destinados à orientação desta Tese.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo apoio financeiro através da Bolsa e ao Departamento de Oceanografia e Liminologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, pela liberação para o Doutorado.

Aos Doutores Luís Parente Maia (UFC), Paulo da Nóbrega Coutinho (UFPE), Gilberto Macedo Tavares Dias (UFF), pelas discussões técnicas, incentivos, sempre com uma postura amiga, contribuindo significativamente para a realização desta tese.

Aos Professores e Funcionários da Universidade de Barcelona, em especial aos dos Departamentos de Estratigrafia e Paleontologia e de Ecologia, pelo apoio técnico e logístico prestado durante a realização deste doutorado.

Aos colegas, doutores e/ou mestres, José Antônio Beltrão Sabadia (UFC), Jeovah Meireles (UFC), Virgínio Neuman (UFPE), Graco Aurélio Câmara de Melo Viana (UFRN), que estiveram presentes em diversos momentos importantes ao longo do doutorado, contribuindo com sugestões e, sobretudo com amizade.

Aos companheiros que me ajudaram bastante nas viagens de campo e impressão final da tese: Roberto Luiz Curioso, Leão Xavier Neto, Leonardo Hisley, Silvânia Magalhães, Glauber Nóbrega, Domingos Neto, Keila Moraes da Silva, Ronaldo Diniz, Rosa Pinheiro, Paulo Eduardo Cunha, pelo seu apoio e sugestões.

À Prefeitura de Natal (RN), pelo apoio prestado durante as visitas técnicas do Professor Orientador desta Tese de Doutorado, Dr. Jordi Serra, a Natal, para conhecimento da área de estudo e acompanhamento de trabalhos de campo.

À minha esposa Rute Pinheiro e ao meu filho Gregório, aos meus pais Waldemiro e Dalva, e aos meus sogros Waldson e Osválita.

E a todos que contribuíram de forma direta e indireta com este trabalho.