



**Universidade
Federal de Pernambuco**

**Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-graduação
Programa de Pós-graduação em Gestão
e Políticas Ambientais**

Tecnologias da Geoinformação no Monitoramento da Erosão Costeira Estudo a partir de Olinda

Marcia Cristina de Souza Matos Carneiro

Orientadora

Prof. Dr^a Lucilene Antunes Correia Marques de Sá

Co-orientador

Prof. Dr. Paulo da Nóbrega Coutinho

Recife PE

maio/2003





UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROTOCOLO LUSO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE
MESTRADO EM GESTÃO E POLÍTICAS AMBIENTAIS

TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO NO MONITORAMENTO DA EROÇÃO COSTEIRA –ESTUDO A PARTIR DE OLINDA

MARCIA CRISTINA DE SOUZA MATOS CARNEIRO

ORIENTADORES:

Prof. Dra. Lucilene Antunes Correia Marques de Sá

CO-ORIENTADOR

Prof. Dr.. Paulo da Nóbrega Coutinho

**RECIFE
MAIO / 2003**

Marcia Cristina de Souza Matos Carneiro

TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO NO MONITORAMENTO DA EROSÃO COSTEIRA –ESTUDO A PARTIR DE OLINDA

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em Gestão e Políticas Ambientais: Coordenação de Meio Ambiente da Universidade Federal de Pernambuco, vinculado a Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-graduação, integrante da Rede Luso-Brasileira de Estudos Ambientais, como requisito parcial para obtenção do título de mestre Sc.

Área de concentração: Gestão e Políticas Ambientais.
Linha de Pesquisa: Tecnologia Ambiental para o Desenvolvimento Sustentável.

Orientadores:

Prof. Dr^a. Lucilene Antunes Correia Marques de Sá

Prof. Dr. Paulo da Nóbrega Coutinho

**Recife
MAIO/2003**



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROTOCOLO LUSO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE
MESTRADO EM GESTÃO E POLÍTICAS AMBIENTAIS

Dissertação de Mestrado:

**TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO NO MONITORAMENTO
DA EROSÃO COSTEIRA – ESTUDO A PARTIR DE OLINDA**

POR

MARCIA CRISTINA DE SOUZA MATOS CARNEIRO

Esta dissertação foi submetida como um dos requisitos para obtenção do grau de mestre em **Gestão e Políticas Ambientais** na Universidade Federal de Pernambuco.

componentes da banca examinadora:

Prof. Dr^a. Lucilene Antunes Correia Marques de Sá

Prof. Dr^o. Joaquim Correia Xavier de Andrade Neto

Prof. Dr^a. Edvânia Torres Aguiar Gomes

Prof. Dr^o. Paulo da Nóbrega Coutinho

Recife, 30 de maio de 2003

A Carolina e José Matos pais muito amado, sem vocês eu não existiria, e Maria Carolina e Pedro Henrique filhos queridos, razão da minha vida, a vocês dedico esta dissertação.

É justamente
a possibilidade de realizar
um sonho que torna
a vida interessante

Paulo Coelho – o Alquimista

Agradecimentos

A busca incessante pelo conhecimento em todas as suas nuances, nos liga uns aos outros. Por isso, gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos:

A Deus "Pai de amor infinito e de imensa misericórdia";

Aos meus pais Carolina e José Matos pelo incentivo e dedicação em todos os momentos de crescimento; e, principalmente, por terem me ensinado o caminho da perseverança. Um especial agradecimento a meu pai que me acompanhou de perto e fez excelentes contribuições na construção desta dissertação e durante todo o caminho do mestrado e da minha vida.

Aos meus filhos Carolina e Pedro pelo novo sentido que deu a esse caminho. Obrigado pela paciência e compreensão nos momentos de ausência;

A Henrique Carneiro, pela força e encorajamento principalmente nessa caminhada, sem falar nas horas de dedicação, instalando programas necessários na construção da dissertação;

A minha irmã Ana Claudia, pelo carinho e ajuda imprescindível, durante todo o processo de construção desta pesquisa.

As minhas irmãs Cecília e Andréa por vocês existirem; e, meus queridos e amados sobrinhos Daniel, Bruno, Júlia e Eduardo que tão bravamente me fizeram acreditar que na vida devemos sempre conjugar o verbo ACREDITAR E LUTAR, jamais desistir.

A Prof. Dr. Lucilene Antunes Correia Marques de Sá pelo carinho com que acolheu o trabalho já em andamento, pela credibilidade depositada. Assim como pelo apoio, leituras, correções, críticas e sugestões que foram de fundamental contribuição na minha formação e desenvolvimento deste estudo. Sempre disposta a discutir tanto minhas idéias, quanto minhas angústias, em quem encontrei não apenas uma orientadora, mas uma amiga. Admiro sua postura acadêmica e ofereço-lhe a minha mais pura amizade.

Ao Prof. Dr. Paulo Coutinho pela orientação fornecida de fundamental importância para elaboração desta dissertação.

A Prof. Dr. Edvânia Torres Aguiar Gomes pelo estímulo, amizade e dedicação durante as aulas, assim como na caminhada do mestrado, admiro sua dedicação acadêmica.

Aos Professores Drº Joaquim Correia, Prof. Dr. Maria do Carmo Sobral, Prof. Drª Eugênia Cristina Pereira, Prof. Lucivânio Jatobá, Prof. Dr. Andréas Krell, Prof. Dr. Tânia Bacelar de

Araújo, Prof. Jan Bitoun os quais com tanta dedicação contribuíram de sobremaneira na ampliação do meu conhecimento acadêmico.

A Solange pela amizade, dedicação, atenção e competência demonstrada na secretaria da Pós-Graduação.

Ao Prof. Msc. Adeildo Antão meu eterno e querido professor um especial obrigado por sua valiosa ajuda em processar os dados da base e da linha de costa, assim como pelo constante interesse em sempre auxiliar junto com Cláudio David, que colaborou também durante todo levantamento de campo.

Ao Prof. Dr. Valdir Manso pelas orientações, apoio e empréstimo de material bibliográfico.

Aos Engenheiros Silvane Karoline Silva Paixão e Aramis Leite pela imenso auxílio na manipulação dos dados - *software* SURFER.

Ao prof. Jaime Mendonça pela contribuição e dedicação durante toda parte prática da Rede local GPS e no levantamento da linha de costa.

Prof. Dr. Claudia Pereira Krueger, da Universidade Federal do Paraná, pelo carinho, orientação e dedicação durante a realização da rede GPS e levantamento da linha de costa, mesmo diante de tantos compromisso profissionais no Paraná, veio a Recife nos repassar conhecimento e experiência.

Aos colegas Miguel Pedro, Helder Barros, Flávio Antão Elaine Cristine B. de Souza e Paulo Henrique B. Alencar pelo auxílio e contribuição no levantamento de campo.

Michael e Mara Arno pela tradução para língua inglesa do resumo desta dissertação.

Ao Eng^o Kleber e Arquiteta Karla pelas aulas de ArcView que foram de grande relevância na construção e conclusão desta pesquisa.

A Prof. Dr^a. Verônica Romão, por possibilitar a participação no intercâmbio com a Universidade do Paraná e de Hannover, e principalmente na liberação dos equipamentos utilizados na parte prática da pesquisa na área de GPS (*Global Positioning System*).

Ao Prof. Cláudio Neves da Área de Engenharia Costeira e Oceanográfica Programa de Engenharia Oceânica - COPPE – UFRJ pelo incentivo e contribuição no preenchimento de questionário que foi de grande valia na escolha das variáveis utilizadas na dissertação. Assim como, aos professores: Antônio Guerra, Roberto Fernandes (UFRJ), Gilberto (UFRJ), Susana Beatriz Vinzós e Miguel Arraes.

Aos Engenheiros João Lucena e Jader Leite pelo apoio, amizade, empréstimo de equipamentos e repasse de tecnologia durante a pesquisa.

Aos amigos queridos Kátia Duarte (IBGE), Sylvio Pinho (IBGE), Eng^o Nilo Coelho (IBGE), Prof. Manoel, Geógrafa Regina Coutinho (IBGE), Gen. Armindo, Prof. Seixas, Geógrafa Terezinha Uchoa, Eng^o Maria Carolina (SECTMA), Eng^a Edilce Burity, Eng^{os} Silvana e Romualdo Potengy, Prof. Heber Compasso, Geógrafa Cilene Compasso, e Marcio Frascino (IBGE) porque sempre torceram por mim e me fizeram acreditar que nunca é tarde para realiza um sonho.

A Eliane Almeida Melo, João Rosendo, Marco Queiroz colegas de trabalho, pelo apoio manifestado no dia-a-dia.

A Jainiton Pereira, Maria da Paz Melo, Graça Wanderley, Beth e Edméia pelo apoio e prestezas na disponibilização das publicações do IBGE.

Dra. Sony Cortese Caneparo da UFPA enviou a tese de doutorado que foi de grande valia para pesquisa.

Engenheiros cartógrafos: Ângela, Paulo Carvalho e Orlando Valios pelo apoio, amizade e cessão de todo acervo e consultas bibliográficas da FIDEM.

A Rita, Claudia, Valéria e Ana Paula, assim como Shirly, Janice, Estela, Antônio, Karla, Kleber e Lino colegas de caminhada do mestrado e super especiais, com vocês passei momentos encantadores de aprendizado e amizade.

Simone, Ligia, Luiza, Tatiana, Fernanda, Selma, Lena, Silvana, Ângela, Mara e Sandra minha amigas irmãs de Coração.

Minhas queridas tias que sempre torceram por mim: Moyselita, Dulcinéia, América, Argentina e Ismênia (*in memoriam*).

As instituições que colaboraram com o desenvolvimento deste projeto: UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO (UFPE-BRASIL); UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ (UFPR-BRASIL); INSTITUT FÜR ERDMESSUNG (IFE/UNIV. HANNOVER-ALEMANHA); IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; 3^a DL – 3^a Divisão de Levantamentos do Exército (em Olinda); Telebrás (em ALDEIA Pernambuco); o condomínio do Edifício “Estação Olinda” (em Olinda); Condomínio do Edifício Solar de Camaragibe (Jaboatão dos Guararapes – Candeias); SIGHT – GPS; Telebrás Telecomunicações do Brasil e a FIDEM – Fundação de Desenvolvimento do Estado de Pernambuco.

Aqueles que de maneira ou outra colaboraram na execução desta dissertação.

A superfície da terra oferece os mais variados aspectos de difícil classificação, representação e interpretação. Conhecer a topologia do terreno é de vital importância para a preservação do meio ambiente. A representação do espaço físico pela Cartografia fornece excelentes contribuições para os planos de Gestão Costeira Sustentável, principalmente em áreas que sofrem ações antrópicas a partir da ocupação humana, como por exemplo, a erosão costeira em área urbana, objeto desta pesquisa. O estudo teve como objetivo gerar dados espaciais que permitam o planejamento preventivo e corretivo em zonas costeiras, de modo que sejam asseguradas a potencialidade ambiental e a vocação turística, bem como o desenvolvimento econômico dos habitantes locais. Para tanto, foi selecionado um recorte das praias de Casa Caiada e Rio Doce, que ficam localizadas no município de Olinda, estado de Pernambuco (Brasil). A metodologia emprega os conceitos de Cartografia Digital, partindo do pressuposto que a ocupação dos espaços pelo homem deveria ocorrer com base no planejamento físico-territorial. Neste caso, primeiro é necessário conhecer a área, o que é possível através da formulação da base de dados espaciais. Na aquisição dos dados espaciais são empregadas Tecnologias da Geoinformação, particularmente na presente investigação, utilizou-se o Posicionamento Geodésico por Satélite, assim como, dados populacionais. Os Sistemas de Informações Geográficas - SIG são alimentados pela base de dados espaciais, e sobre esta, são efetuadas análises espaciais, bem como simulações no espaço físico. O processo de erosão costeira, em Olinda, intensificou-se no início do século passado. Para mostrar as alterações que ocorreram na área foi necessário recuperar a conformação, executar o monitoramento de eventos através de documentos cartográficos pretéritos, tendo sido estudado o avanço do mar e a evolução da ocupação urbana. A pesquisa resultou na produção de documentos cartográficos, como séries temporais (1943, 1974, 1984, 1996 e 2000), compostas pelos seguintes planos de informação: linha de costa, sistema viário, hidrografia e morfologia urbana; e do Modelo Digital do Terreno – MDT referente ao ano de 1974.

Abstract

The surface of the Earth provides the most variable aspects of difficult classification, representation and interpretation. The knowledge of the topology of the terrain is of vital importance for the preservation of the environment. The physical representation of the area through Cartography provides excellent contributions for planning in distinct areas. The objective of this research is the coastal erosion in urban areas (contributions from Geoinformation Technology – in the research of coastal erosion) and the sustainable coastal management, specifically in areas where there are antropic effects due to human occupancy. This study aims to generate spatial data that will allow the preventive and corrective planning in coastal zones, to ensure the environmental potential and the tourism, as well as the economic development of the local inhabitants. Selected for this study, were parts of the beaches of Casa Caiada and Rio Doce, located in the City of Olinda, State of Pernambuco, Brazil. The methodology applies concepts of digital cartography, assuming that man's use of the space should happen based on the physical-territorial planning. In this case, it is necessary first to know the area, which is possible through the creation of a spatial data base. Geoinformation Technology is used in the acquisition of spatial data, for this specific research, the global positioning systems and population data. The geographic information systems (GIS) receive and analyse the spatial data, perform spatial analysis as well as providing simulations in the physical space. In order to demonstrate that the process of coastal erosion in Olinda was intensified in the beginning of last century it was necessary to recover the configuration, execute the monitoring of events through past cartographic documents, analyse the onward progress of the sea and the evolution of human occupation. The investigation produced cartographic documents such as series (1943, 1974, 1984, 1996 and 2000) and with the following information layers: coastal line, transport system, hydrographic system, urban morphology and the Digital Terrain Model (DTM) related to the year 1974.

Sumário

RESUMO	x	
ABSTRACT	xi	
LISTA DE FIGURAS	xvi	
LISTA DE FOTOGRAFIAS	xviii	
LISTA DE GRÁFICOS	xix	
LISTA DE QUADROS	xix	
LISTA DE TABELAS	xx	
LISTA DE SIGLAS	xxi	
INTRODUÇÃO	24	
1	CAPÍTULO	
	Tecnologias da Geoinformação na Gestão Costeira	
1.	Cartografia, Sistema de Informações Geográficas – SIG e Posicionamento por Satélite	30
1.1	Sistema de Projeções Cartográficas	32
1.1.1	Projeções Plana ou Azimutal	33
1.1.2	Projeção Cônica	33
1.1.3	Projeções Policônica	34
1.1.4	Projeção Cônica Normal de Lambert (com dois paralelos padrões)	36
1.1.5	Projeção Cilíndrica Transversa de Mercator (Tangente)	36
1.1.6	Projeção Cilíndrica Transversa de Mercator (Secante)	36
1.2	Sistema de Referência	39
1.2.1	Construção de um Sistema de Referência	39
1.2.2	Principais Sistemas de Referências no Brasil	41
1.3	Sistema de Informações Geográficas SIG	42
1.3.1	Componentes do Sistema de Informações Geográficas	44
1.4	Aquisição de Dados Espaciais	46
1.4.1	Entrada de Dados espaciais	47
1.4.2	Dados Descritivos	47
1.4.3	Entrada de Dados espaciais	48
1.4.4	Erro na Aquisição de Dados Espaciais	49
1.5	Estrutura de Dados Espaciais	49
1.5.1	Vetorial	49
1.5.2	Raster	50

1.6	Gerenciamento de Dados	51
1.7	Análise de Dados	52
1.8	Visualização Cartográfica	52
1.9	Monitoramento de Eventos	54
1.9.1	Técnicas de Monitoramento de Eventos	56
1.10	Posicionamento Geodésico por Satélite	57
1.10.1	Sistema de Posicionamento Global	57
1.10.2	Receptores	61
1.10.3	Programas	62
1.10.4	Fatores de Precisão	64
1.10.5	Método de Posicionamento GPS	66
1.10.6	Redes Ativas	70
1.11	Aplicações Ambientais das Tecnologias da Geoinformação	76
1.11.1	Tecnologia da Geoinformação Aplicada na Zona Costeira	77
1.12	Modelo Digital do Terreno	81
1.12.1	Tipo, Meio de aquisição e Armazenamento de dados	83
1.12.2	Procedimentos de Interpolação	84
1.12.3	Módulos Auxiliares para produzir Informações complementares	86
1.12.4	Perfis Longitudinais e Seções	86
1.13	Metodologia para o Mapeamento de Linha de Costa	87
1.13.1	Monitoramento da Linha de Costa	87
1.13.2	Determinação da linha de costa	88
1.13.3	Seleção da Técnica	93
1.13.4	Estudo de Caso em Maryland	97
1.14	Tendência do Processo de Ocupação Antrópica e Urbanização do Litoral	98
1.14.1	Dinâmica Populacional da Zona Costeira Brasileira	100
1.14.2	Urbanização do litoral brasileiro	104
2	CAPÍTULO	
	Zonas Costeiras	
2.	Ambiente Costeiro	107
2.1	Sistema Costeiro	108
2.2	Caracterização do Ambiente Praial	110
2.2.1	Divisão, Morfologia e Sedimentologia do Ambiente Praial	110
2.3	Característica dos Parâmetros Físicos	114
2.3.1	Ventos	114
2.3.2	Ondas	114
2.3.3	Marés	115
2.3.4	Correntes Costeiras	116
2.4	Erosão Costeira	117
2.4.1	A Gestão do problema	118
2.4.2	Métodos de Controle e Proteção Costeira	119
2.4.4	Reabilitação por processos artificiais	123

2.5	Procedimentos Técnicos para o Estudo da Erosão Costeira	124
2.5.1	Metodologia para avaliação da erosão costeira	124
2.5.2	Levantamento Hidrodinâmico	125
2.5.3	Levantamento Batimétrico	126
2.5.4	Levantamento com sonar de varredura lateral	126
2.5.5	Levantamento sísmico monocanal	127
2.6	O litoral de Olinda – Ação do Mar e Intervenções do homem	127
2.6.1	Morfologia Praial de Olinda	130
2.6.2	Vulnerabilidade	131
2.6.3	Movimentação Costeira	131
2.6.4	Estudos para Revitalização da Orla	133
2.6.5	Deslocamento da Linha de Costa de Olinda	137
2.6.6	Causa da Erosão de Olinda	138
2.6.7	Proteção contra os riscos costeiros	139
3	CAPÍTULO	
	Área de Estudo: O Município de Olinda	
3.	Município de Olinda	140
3.1	Litoral de Olinda	143
3.1.1	Praias de Casa caiada e Rio Doce	143
3.2	Aspectos Físico-Ambiental	145
3.2.1	Clima	145
3.2.2	Hidrografia	145
3.2.3	Vegetação	145
3.2.4	Geologia	146
3.2.5	Saneamento	147
3.3	Aspectos Sócio-Econômicos	152
3.3.1	Características Demográficas	152
3.3.2	Atividades Econômicas	154
4	CAPÍTULO	
	Monitoramento da Linha de Costa empregando Tecnologias das Geoinformações no recorte costeiro entre praias de Casa Caiada e Rio Doce	
4.	Metodologia da Pesquisa	155
4.1	Equipamentos e Programas	157
4.1.1	Equipamentos	157
4.1.2	Programas	157
4.2	Levantamento e Conversão dos Documentos Cartográficos	158
4.2.1	Aquisição de Dados Espaciais	158
4.2.2	Tratamento dos dados Espaciais	159
4.3	Levantamento dos Dados em Campo	160
4.3.1	Planejamento de Campo	160

4.4.2	Implantação da Rede Local	161
4.4	Processamento dos Dados da Rede	170
4.4.1	Determinação das Coordenadas utilizando o Programa GEONAP-K	170
4.4.2	Determinação das Coordenadas utilizando o Programa GPSurvey	173
4.5	Análise dos Dados Espaciais	179
4.5.1	Comparação do Mapa de 1943 e Fotografias Aéreas	179
4.5.2	Monitoramento Cartográfico	180
4.5.3	Geração da Base de Dados Espaciais	183
4.6	Estudo da Tendência do Deslocamento da Linha de Costa	188
	CONCLUSÕES	192
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	196