

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

Damísia Carla Cunha Lima

APLICAÇÃO DE IMAGEM DO SATÉLITE LANDSAT TM5 E DE  
FOTOGRAFIAS AÉREAS VERTICAIS PARA O MAPEAMENTO  
DOS RECIFES COSTEIROS E ANÁLISE DOS PROCESSOS  
FÍSICOS LITORÂNEOS RELACIONADOS.

TAMANDARÉ – PE – BRASIL

Dissertação de Mestrado  
2003

DAMÍSIA CARLA CUNHA LIMA

Engenheira Civil, Escola Politécnica de Pernambuco – Universidade de Pernambuco, 1998

APLICAÇÃO DE IMAGEM DO SATÉLITE LANDSAT TM5 E DE FOTOGRAFIAS AÉREAS  
VERTICAIS PARA O MAPEAMENTO DOS RECIFES COSTEIROS E ANÁLISE DOS  
PROCESSOS FÍSICOS LITORÂNEOS RELACIONADOS - TAMANDARÉ, PE, BRASIL.

Dissertação que apresentou ao Programa de Pós-Graduação em Geociências do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, orientada pela Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Tereza C. M. Araújo e co-orientada pelo Prof. Dr. José Carlos Sícoli Seoane, em preenchimento parcial para obter o grau de Mestre em Geociências, área de concentração Geologia Sedimentar e Ambiental, defendida e aprovada em 03/06/2003.

RECIFE, PE

2003

“A mente que se abre a uma nova idéia,  
jamais voltará ao seu tamanho original.”

Einstein

## APRESENTAÇÃO

As grandes alterações provocadas aos ambientes costeiros, principalmente aos recifes de corais devido à expressiva ocupação urbana presente nas áreas litorâneas em todo o mundo, assim como a possibilidade de gerar ações de conservação nessas áreas foram motivos incentivadores para realização do estudo ora apresentado.

Este trabalho fará uma abordagem sobre a aplicação de técnicas de sensoriamento remoto – imagens do satélite Landsat TM5 e fotografias aéreas verticais – para o mapeamento dos recifes costeiros de Tamandaré, Pernambuco – Brasil, assim como relacionar a presença desses recifes aos processos físicos litorâneos locais.

Acredita-se que este trabalho possibilitará um avanço nas ações locais de gestão ambiental já existentes, por possibilitar um maior refino nos dados de geo-referenciamento, além de fornecer subsídios para estudos futuros de mapeamento em áreas recifais.

## RESUMO

A zona costeira, reconhecidamente uma área crítica, é um dos ambientes mais complexos e sensíveis da natureza, apresentando grande diversidade de ecossistemas, dentre eles, os recifes de corais. A expressiva ocupação urbana presente nas áreas litorâneas em todo o mundo faz com que esses ambientes sofram grande pressão antrópica e fortes alterações ambientais.

O presente trabalho objetiva realizar o mapeamento dos recifes costeiros de Tamandaré, PE – Brasil, utilizando imagem do satélite Landsat TM5 e fotografias aéreas verticais, como também a análise dos processos físicos litorâneos relacionados à presença desses recifes. Como classes de mapeamento, foram considerados: recifes mapeados por fotointerpretação sobre imagem de satélite e sobre fotomosaico, recifes mapeados por GPS e canais percorridos.

A partir de materiais de sensoriamento remoto com resolução espacial diferenciada, observou-se que, apesar de fornecer uma interpretação visual mais rica em cores e texturas, a imagem do satélite Landsat TM5 correspondeu em resolução espacial de forma mais limitada, gerando uma carta-imagem compatível com a escala de 1:50.000. Já a fotografia aérea, apesar de ser um produto pancromático, pôde responder satisfatoriamente para um mapeamento mais detalhado, obtendo-se uma carta-imagem na escala de 1:10.000. Unindo-se o que cada técnica oferecia de melhor, ou seja, a maior resolução espectral da imagem de satélite e a maior resolução espacial das fotografias aéreas (em formato de fotomosaico), gerou-se a fusão entre os dois produtos, resultando em uma carta-imagem na escala de 1:10.000 bastante rica em informações.

O processo de fotointerpretação utilizado como método para o mapeamento dos recifes costeiros de Tamandaré – PE respondeu adequadamente ao que foi proposto, obtendo-se valor de precisão igual a 82,19%. Deve-se considerar, entretanto, que o valor de precisão obtido tem como referencial de verdade terrestre a média das áreas mapeadas por fotointerpretação nos diferentes materiais de sensoriamento remoto e está, conseqüentemente, sujeito à influência dos fatores limitantes da pesquisa

A metodologia de caminhamento nas bordas dos recifes aflorantes com uso de GPS na função *averaging*, em horários de níveis de marés em torno de 10cm em relação ao nível do mar, com erro associado de 1 a 10 metros, demonstrou ser satisfatória por fornecer

dados tanto para o início dos trabalhos, ou seja para o geo-referenciamento da imagem de satélite, como para delimitar áreas de recifes expostos em horários de marés conhecidas.

No que se relaciona aos processos físicos litorâneos, aliando dados de caracterização locais, foi possível confirmar as alterações nos padrões de ondas e correntes provocadas pela presença dos recifes. Essas alterações são diretamente refletidas à faixa arenosa e a existência de áreas recifais mostra-se como um dos fatores chave para a menor susceptibilidade erosional dessas áreas e como fator condicional para geomorfologia local.

A partir dos resultados deste estudo poderão ser realizadas ações de gestão ambiental com maior precisão cartográfica, como por exemplo a delimitação de áreas de impedimento temporário para pesca, “berçários”, e áreas de livre pesca, aumentando a biodiversidade local e nas áreas de entorno, trazendo consigo os benefícios ambientais decorrentes.

## ABSTRACT

The coastal area is one of the most complex and sensitive environments of nature, presenting great ecosystem diversity, coral reefs among them, and is widely recognized to be approaching a critical situation. The modern expressive urban occupation of coastal areas all over the world causes great pressure and marked alterations to these environments.

The present work aims to accomplish the mapping of the coastal reefs of Tamandaré, Pernambuco - Brazil, using images of the Landsat TM5 satellite and vertical aerial photography, as well as the analysis of coastal physical processes related to the presence of those reefs. The following mapping classes were considered: mapped reefs from satellite imagery and mosaiced aerial photography, by photo-interpretation processes, mapped reefs from GPS, and traveled channels.

Starting from remote sensing images with different spatial resolution, it was observed that, in spite of supplying a richer visual interpretation of colors and textures, the Landsat image had more limited spatial resolution, generating a map-image compatible with the 1:50.000 scale. Aerial photography, despite of being a monochrome product, allowed satisfactorily for more detailed mapping, resulting in a map-image compatible with the 1:10.000 scale. Joining the best of each technique, major spectral resolution in satellite imagery and major spatial resolution in verticals aeriels photographs, through the fusion between the two products, resulting in a map-image in the 1:10.000 scale, with much information.

The photo-interpretation process adopted for reef mapping responds satisfactorily to the purpose, with a precision value equal to 82,19%. Such precision however, is determinated from the average of the areas mapped by photo-interpretation, being thus relative.

The process of walking the borders of the emerging reefs with a GPS turned on, in the averaging function, at fixed tide levels of about +10cm in relation to the mean sea level, proved to be satisfactory both to supply data at the beginning of the work – satellite imagery geo-referring – and to defining exposed reefs areas.

Regarding coastal physical processes, it was possible to confirm alterations in the pattern of waves and currents caused by the presence of the reefs. Such presence is directly related to sandy strip width and shown to be one of the main factors leading to smaller erosional susceptibility, also being a conditional factor for local geomorphology.

Starting from the results of this study, environmental management can be accomplished with better cartographic precision, e.g., the delimitation of areas of temporary impediment for fishing, establishing "nurseries", and areas of free fishing, thus increasing local biodiversity and causing other environmental benefits.

## ÍNDICE

Apresentação .....	iv
Resumo .....	v
Abstract .....	vii
Lista de Figuras .....	xiii
Lista de Fotografias .....	xv
Lista de Tabelas .....	xvi
Siglas e Abreviações .....	xvi
Capítulo I – INTRODUÇÃO .....	01
1.1 A ESCOLHA DO TEMA .....	01
1.1.1 As Áreas Costeiras e O Homem .....	01
1.1.2 Os Recifes de Corais no Mundo .....	01
1.1.3 Os Recifes de Corais no Nordeste do Brasil .....	03
1.1.4 A APA Costa dos Corais .....	04
1.2 O PROJETO DE PESQUISA .....	06
1.2.1 Considerações Iniciais e Justificativa .....	06
1.2.2 Objetivos .....	06
1.2.3 Trabalhos Anteriores .....	07
1.2.4 Apoio Logístico e Fonte de Financiamento .....	10
Capítulo II – REVISÃO DE LITERATURA .....	11
2.1 TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO .....	11
2.1.1 Imagens de Satélite .....	11
2.1.2 Fotografias Aéreas .....	12
2.1.3 Sistemas de Posicionamento por Satélites (GPS/DGPS) .....	14
2.2 PROCESSOS FÍSICOS LITORÂNEOS .....	16
2.2.1 Introdução .....	16
2.2.2 O Ambiente Praial .....	16

2.2.3 Processos Físicos Litorâneos em Águas Rasas .....	20
2.2.3.1 Ondas .....	20
2.2.3.2 Refração e Difração das Ondas .....	20
Capítulo III – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	25
3.1 LOCALIZAÇÃO .....	25
3.2 FATORES ABIÓTICOS RELEVANTES .....	26
3.2.1 Hidrografia .....	26
3.2.2 Clima .....	26
3.2.2 Ventos .....	26
3.2.3 Ondas .....	27
3.2.4 Marés .....	27
3.2.5 Geologia e Geomorfologia .....	27
3.3 FATORES BIÓTICOS RELEVANTES .....	30
3.3.1 Vegetação .....	30
3.3.2 Recifes de Corais .....	30
3.4 FATORES ANTRÓPICOS RELEVANTES .....	32
3.4.1 Economia Local .....	32
3.4.2 Caracterização da Faixa Litorânea .....	33
3.4.2.1 Delimitação da Linha de Costa .....	33
3.4.2.2 Zoneamento da Faixa Litorânea .....	33
3.4.2.3 Classificação da Faixa Litorânea – Nível de Impacto Negativo .....	37
Capítulo IV - MATERIAIS E MÉTODOS .....	39
4.1 DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	39
4.1.1 Aquisição das Imagens de Satélite e das Fotografias Aéreas Verticais .....	39
4.1.1.1 Imagens de Satélite .....	39
4.1.1.2 Fotografias Aéreas Verticais .....	40
4.2. PROCESSAMENTO DIGITAL .....	40
4.2.1 Imagem de Satélite .....	40
4.2.2 Geração do Fotomosaico a partir das Fotografias Aéreas Verticais .....	44

4.2.3 Geração da Fusão a partir da Imagem de Satélite e do Fotomosaico .....	47
4.3 TRABALHO DE CAMPO .....	49
4.3.1 Levantamento de Pontos em Áreas Recifais .....	49
4.3.2 Definição da Linha Limite entre Áreas de Recifes Expostos e Submersos .....	50
4.4 INTERPRETAÇÃO VISUAL E MAPEAMENTO DOS RECIFES .....	52
4.4.1 Considerações Iniciais .....	52
4.4.2 Imagem de Satélite .....	53
4.4.3 Fotografias Aéreas Verticais .....	53
CAPÍTULO V – RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	56
5.1 GERAÇÃO DA CARTA-IMAGEM .....	56
5.1.1 Carta-Imagem a partir da Imagem de Satélite .....	56
5.1.2 Carta-Imagem a partir do Fotomosaico .....	57
5.1.3 Carta-Imagem a partir da Fusão .....	58
5.2. COMPARAÇÃO DAS ÁREAS MAPEADAS NAS DIFERENTES CARTAS-IMAGEM ...	58
5.2.1 Nível de Maré .....	59
5.2.2 Data de Obtenção .....	60
5.2.3 Escala de Trabalho .....	60
5.2.4 Variação das Áreas Mapeadas .....	60
Área 1: Batêncio e Culumim .....	61
Área 2: Manguinhos .....	63
Área 3: Caieira e Batêncio dos Queirós .....	64
Área 4: Pedra Preta .....	65
Área 5: Ilha do Norte .....	66
Área 6: Pirambu do Norte .....	67
Área 7: Val das Campas .....	68
Área 8: Pirambu .....	69
Área 9: Ilha do Meio .....	70
Área 10: Ilha do Sisco .....	71
Área 11: Ilha da Barra .....	72
Área 12: Baixó e Mamucaba .....	73

5.3. A PRESENÇA DOS RECIFES COSTEIROS E A FAIXA LITORÂNEA .....	74
Trecho 1: Do ponto 18S ao 12S – Praia de Tamandaré .....	74
Trecho 2: Do ponto 12S ao 15N – Centro Urbano de Tamandaré .....	75
Trecho 3: Do ponto 15N ao 27N – Praia de Campas .....	75
5.4 CONFIABILIDADE DO MAPEAMENTO .....	77
5.4.1 Considerações Iniciais .....	77
5.4.2 Determinação dos Valores de Erro e Precisão .....	79
CAPÍTULO IV – CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	82
6.1 CONCLUSÕES .....	82
6.2 RECOMENDAÇÕES .....	84
AGRADECIMENTOS .....	86
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	87
ANEXO I .....	95
Tabela 01 – Dados coletados através de GPS – 11.novembro.2000 .....	96
Tabela 02 – Dados coletados através de GPS – 12.novembro.2000 .....	97
Tabela 03 – Dados de caracterização da faixa litorânea de Tamandaré, com seus respectivos pontos .....	98
Tabela 04 – Dados de caracterização da faixa litorânea de Tamandaré, com seus respectivos pontos .....	99
Tabela 05 – Resultados dos níveis de impacto e distância para todos os trechos do litoral de Tamandaré .....	100
ANEXO II .....	101
TÁBUA DE MARÉS – JUNHO.2002 .....	102
TÁBUA DE MARÉS – AGOSTO.2002 .....	106
TÁBUA DE MARÉS – SETEMBRO.2002 .....	110
TÁBUA DE MARÉS – OUTUBRO.2002 .....	114
ANEXO III .....	118
Tabela 01 – Fração da amplitude expressa em centésimos, correspondente ao intervalo de tempo entre o instante considerado e a preamar ou baixa-mar mais próxima .....	119
Tabela 02 – Correção à altura da preamar ou baixa-mar mais próxima, em função da fração de amplitude calculada com auxílio da Tabela 10 .....	120