

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

**MUSEU NACIONAL
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA E PALEONTOLOGIA**



**AVALIAÇÃO DA DINÂMICA DO CAMPO DE DUNAS EM
ATAFONA, SÃO JOÃO DA BARRA (RJ), COMO
REQUISITO PARA INTERPRETAÇÃO DO PROCESSO DE
EROSÃO COSTEIRA**

GILBERTO PESSANHA RIBEIRO

Rio de Janeiro
Abril 2007

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

**MUSEU NACIONAL
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA E PALEONTOLOGIA**

**AVALIAÇÃO DA DINÂMICA DO CAMPO DE DUNAS EM
ATAFONA, SÃO JOÃO DA BARRA (RJ), COMO
REQUISITO PARA INTERPRETAÇÃO DO PROCESSO DE
EROSÃO COSTEIRA**

GILBERTO PESSANHA RIBEIRO

Orientador: JOÃO WAGNER DE ALENCAR CASTRO

Avaliadores:

**RENATO RODRIGUEZ CABRAL RAMOS, DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA E
PALEONTOLOGIA, UFRJ
JOSÉ CARLOS SÍCOLI SEOANE, DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA, UFRJ**

Rio de Janeiro
Abril 2007

FICHA CATALOGRÁFICA

Ribeiro, Gilberto Pessanha.
Avaliação da dinâmica do campo de dunas estabelecido em Atafona, São João da Barra (RJ), como requisito para interpretação do processo de erosão costeira/ Gilberto Pessanha Ribeiro. – Rio de Janeiro: UFRJ/MN/DGP, 2007.
VII, 139f, il.; 31 cm.
Orientador: João Wagner de Alencar Castro
Monografia (especialização): UFRJ/MN/DGP / Programa de Pós-Graduação em Geologia do Quaternário, 2007.
Referências Bibliográficas: f. 83– 93.
1. Dunas. 2. Erosão. I. Ribeiro, Gilberto. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Museu Nacional, Departamento de Geologia e Paleontologia, Programa de Pós Graduação em Geologia do Quaternário III. Título

Resumo:

São apresentados os resultados obtidos no mapeamento digital de parte do campo de dunas estabelecido em Atafona, São João da Barra (RJ) e discutidas as suas relações com a evolução do processo erosivo marinho em curso nessa zona litorânea. Análise granulométrica dos sedimentos e morfoscópica de minerais de dez amostras de sedimentos foi feita no sentido de averiguar sobre a origem dos sedimentos que compõem as dunas. O mapeamento teve como apoio a execução de levantamentos geodésicos com uso do Sistema de Posicionamento Global (GPS) no modo relativo e cinemático, com rastreadores de uma frequência (L1) Ashtech Reliance® e GTR-A TechGeo®. Foram georreferenciadas fotografias históricas aéreas métricas para as épocas de 1954, 1964, 1974, 1976 e 2000, permitindo posteriormente a extração da linha d'água e informações sobre as dunas, com o propósito de comparação de sua configuração espacial para diferentes épocas. Imagens mosaicadas IKONOS® para o ano de 2001 que cobrem o município foram georreferenciadas para permitir sobre elas a plotagem das estações levantadas com GPS. Os resultados foram produzidos e organizados graficamente no sistema SURFER8® e no sistema SPRING4.3.1® onde foram gerados mapas que permitiram estudos da ação eólica modelando as feições praias, em função da ação agressiva de ondas, amplificadas pelos ventos NE→SW. Associar esses objetos geográficos aos agentes dos processos costeiros lá presentes nos últimos anos torna-se importante para o conhecimento da dinâmica na foz do rio e no litoral imediatamente localizado em sua parte meridional, onde as dunas estão estabelecidas há, aproximadamente, 20 anos.

Palavras-chave: Dunas, Erosão, Atafona, Sedimentologia, Geologia, Cartografia.

Résumé:

Le travail présente les résultats obtenus par la cartographie digitale du champs de dunes d'Atafona, dans la municipalité de São João da Barra, État de Rio de Janeiro. On y présente également la relation existante entre ce paysage et le processus d'érosion marine en cours dans cette zone littorale. Une analyse granulométrique et morphoscopique de minéraux a été effectuée sur dix échantillons de sédiments avec un objectif de recherche sur l'origine des sédiments qui composent les dunes. La cartographie a été réalisée en tant qu'élément d'appui aux relevés géodésiques utilisant le Système de Positionnement Global (GPS) de mode relatif et cinématique, avec des releveurs de fréquence (L1) Ashtech Reliance® et GTR-A TechGeo®. Des photographies aériennes métriques, historiques des années 1954, 1964, 1974, 1976 et 2000 ont été géoréférencées, permettant par la suite l'établissement du niveau de l'eau et fournissant des informations sur les dunes pour la comparaison de leurs configurations spatiales à ces diverses époques. Les mosaïques d'images IKONOS® de 2001, couvrant la municipalité, ont été géoréférencées pour permettre la localisation des endroits relevés au GPS. Les résultats ont été produits et organisés graphiquement par les systèmes SURFER8® et SPRING4.2®, avec la génération de cartes permettant l'étude de l'action éolienne des vents NE→SW qui modèlent le paysage des plages en amplifiant l'action agressive des vagues. L'association de ces objets géographiques aux agents du processus côtier au cours de ces dernières années est important pour la compréhension de la dynamique de l'embouchure du fleuve Paraiba do Sul et du littoral situé dans sa partie méridionale proche, où les dunes sont présentes depuis une quinzaine d'années.

Mots clés: dunes, érosion, Atafona, sédimentologie, géologie, cartographie.

Abstract:

The results gotten in the digital mapping of part of the dune field are presented established in Atafona, São João da Barra (RJ) and argued its relations with the evolution of the marine erosive process in course in this littoral zone. Grain sized analysis of the sediments and morfoscopy of minerals of ten samples of sediments was made in the direction to inquire on the origin of the sediments that compose dunes. The mapping had as support the execution of geodesic surveys with use of the Global Positioning System (GPS) in the relative and kinematic way, with dredges of a frequency (L1) Ashtech Reliance® and GTR It TechGeo®. Metric aerial historical photographs for the times of 1954, 1964, 1974, 1976 and 2000 had been georeferenced, allowing later to the extration of the line of water and information on dunes, with the intention of comparison of its space configuration for different times. IKONOS® images for the year of 2001 that they cover the coastal zone had been georeferenced to allow on them the plot of the stations with GPS. The results had been produced and organized graphically in system SURFER8® and system SPRING4.3.1®, where maps had been generated that had allowed studies of the aeolian action shaping the beach features, by aggressive action of waves, amplified for winds NE→SW. To associate these geographic objects to the agents of the coastal processes gifts in recent years becomes there important for the knowledge of the dynamics in the estuary of the river and the coast immediately located in its southern part, where the dunes are established have, approximately, 20 years.

Word-key: Dunes, Erosion, Atafona, Sedimentology, Geology, Cartography.

Lista de siglas

CBERS	China-Brazil Earth Remote Sensing
CIDE	Fundação Centro de Informações e Dados do Governo do Estado do Rio de Janeiro
CNPq	Conselho Nacional de Pesquisa – Ministério da Ciência e Tecnologia
GPS	Sistema de Posicionamento Global
GTR-A	Modelo de rastreador GPS TechGeo
IBAMA	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente – Ministério do Meio Ambiente
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IKONOS	Sistema imageador estadunidense (Sensoriamento Remoto)
LAGEMAR	Laboratório de Geologia Marinha
LANDSAT	Sistema imageador estadunidense (Sensoriamento Remoto)
SAD-69	South American Datum 1969
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SIRGAS-2000	Sistema de Referência Geocêntrico da América do Sul 2000
SPOT	Sistema imageador francês (Sensoriamento Remoto)
SPRING4.3.1®	Sistema de Processamento de Informação Georreferenciada
SURFER8®	Surface Mapping System
UERJ	Universidade do Estado do Rio de Janeiro
UFF	Universidade Federal Fluminense
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro

Lista de Figuras

FIGURA 1: LOCALIZAÇÃO DA ZONA COSTEIRA E ÁREA DE ESTUDOS.....	21
FIGURA 2: VISÃO GERAL DO PONTAL ARENOSO DE ATAFONA (IMAGEM IKONOS, ANO 2001).	23
FIGURA 3: LOCALIZAÇÃO DE PARTE ESTUDADA DO CAMPO DE DUNAS EM ATAFONA (IMAGEM IKONOS, ANO 2001).	23
FIGURA 4: EXEMPLO DE CADASTRAMENTO DE CASA FEITO NO AMBIENTE DO SISTEMA ARCGIS9®	24
FIGURA 6: LOCALIZAÇÃO DAS DUAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO AMBIENTAL PROPOSTAS E EM CRIAÇÃO PELO IBAMA/ESCRITÓRIO REGIONAL DE CAMPOS DOS GOYTACAZES (RJ).	28
FIGURA 7: MACROZONEAMENTO DO PLANO DIRETOR DE SÃO JOÃO DA BARRA (RJ) (FONTE: WWW.PLANODIRETORSJB.CEFETCAMPOS.BR).....	30
FIGURA 7A: PONTAL DE ATAFONA, CENÁRIO DE 1987 (UFF/LAGEMAR).....	33
FIGURAS 8 E 9: VISÃO PANORÂMICA DO PONTAL DE ATAFONA E ÁREA URBANA AFETADA PELA EROSÃO MARINHA (1961-08/05/2003).....	33
FIGURAS 10 E 11: VISÃO PANORÂMICA DO PONTAL DE ATAFONA E ÁREA URBANA AFETADA PELA EROSÃO MARINHA (08/05/2003-04/10/2003).....	34
FIGURAS 12 E 13: VISÃO PANORÂMICA DO PONTAL DE ATAFONA E ÁREA URBANA AFETADA PELA EROSÃO MARINHA (08/05/2003-02/05/2004).....	34
FIGURA 14: ETAPAS METODOLÓGICAS PARA GERAÇÃO DOS RESULTADOS DO MAPEAMENTO DO PONTAL E DE PARTE DO CAMPO DE DUNAS, COM ANÁLISE GEOGRÁFICA INTEGRADA.	39
FIGURA 15: VARIAÇÃO DA LINHA DE COSTA ENTRE 1954 A 2004.	41
FIGURA 16: VARIAÇÃO DA LINHA DE COSTA ENTRE 1954 E 2005.	41
FIGURA 16A: LEVANTAMENTO GPS DA LINHA D'ÁGUA NO PONTAL ARENOSO DE ATAFONA (ALUNO DO CURSO DE GEOGRAFIA DA UFF ANDRÉ CALDAS).	43
FIGURA 17: VARIAÇÃO DA LINHA D'ÁGUA A PARTIR DE LEVANTAMENTOS MENSIS EXECUTADOS COM GPS EM 2004, NO PONTAL ARENOSO DE ATAFONA.....	44
FIGURA 18: APRESENTAÇÃO DA VARIAÇÃO MENSAL DA LINHA DE COSTA NO PONTAL ARENOSO DE ATAFONA, A PARTIR DE LEVANTAMENTOS GPS, NO MODO RELATIVO E CINEMÁTICO.	45
FIGURA 19: DISTRIBUIÇÃO DOS PONTOS DE CONTROLE GPS NA ZONA DE MAIOR INTERESSE EM ATAFONA.	46
FIGURA 20: VARIAÇÃO POSICIONAL DO PONTAL ARENOSO PARA ÉPOCAS JÁ ESTUDADAS.	47
FIGURA 21: MAPA DA DESTRUIÇÃO PARA CENÁRIO EM 1990 (AZEVEDO, 2004) SOBRE FOTO DE 2000.	49
FIGURA 22: MAPA DE CRISTAS DE PALEOPRAIAS CONTIDAS NA PARTE MERIDIONAL DA PLANÍCIE COSTEIRA DO RIO PARAÍBA DO SUL.	52
FIGURA 23: CRISTAS E CAVAS DE PALEOPRAIAS AINDA PARCIALMENTE PRESERVADAS NA PLANÍCIE (FOTO: FELÍCIO ANTONIO MEDEIROS VALIENGO/DEFESA CIVIL - SÃO JOÃO DA BARRA, 26/02/2007).	53
FIGURA 24: CRISTAS E CAVAS DE PALEOPRAIAS AINDA PARCIALMENTE PRESERVADAS NA RESTINGA (FOTO: FELÍCIO ANTONIO MEDEIROS VALIENGO/DEFESA CIVIL - SÃO JOÃO DA BARRA, 26/02/2007).	54
FIGURA 25: PONTOS GPS PARA CONTROLE AZIMUTAL DOS LEVANTAMENTOS GEODÉSICOS COM ESTAÇÃO TOTAL.	55

FIGURA 26: MODELO 3D DE ÁREA URBANA EM ATAFONA.....	56
FIGURA 26A: FOTOGRAFIA DA PRAIA DE ATAFONA, CENÁRIO DE 1987 (UFF/LAGEMAR).	57
FIGURA 26B: FOTOGRAFIA DA PRAIA DE ATAFONA, CENÁRIO DE 1987 (UFF/LAGEMAR).....	58
FIGURA 27: VISÃO PANORÂMICA DO MANGUEZAL DO PONTAL DE ATAFONA (FOTO: EMANUEL DE JESUS, 28/11/06).	59
FIGURA 28: VISÃO PANORÂMICA DO PONTAL DE ATAFONA (FOTO: EMANUEL DE JESUS, 28/11/06).....	60
FIGURA 29: VISÃO GERAL DE PARTE DO CAMPO DE DUNAS, ÁREA DE ESTUDOS (FOTO: ALEXANDRE MOISÉS HABER, SETEMBRO/2005).....	61
FIGURA 30: VISÃO PANORÂMICA DA ÁREA DE ALTO RISCO À EROSÃO MARINHA, COM NÍTIDA IDENTIFICAÇÃO DE SOTERRAMENTO DA PISTA DA AV. ATLÂNTICA E DE CASAS (FOTO: ALEXANDRE MOISÉS HABER, SETEMBRO/2005).....	62
FIGURA 31: EQUIPE DE ALUNOS DA UERJ E DA UFF, COM SUPERVISÃO DO AUTOR, DURANTE A EXECUÇÃO DE LEVANTAMENTOS GPS NAS DUNAS EM 14/10/2006.....	63
FIGURA 32: VISÃO PANORÂMICA DAS DUNAS COM SOTERRAMENTO DA AV. ATLÂNTICA E CASAS, CENÁRIO DE 26/08/2006.	64
FIGURA 33: VISÃO PANORÂMICA DE PARTE DO CAMPO DE DUNAS FRONTAIS EM ATAFONA (ÁREA DE ALTO RISCO) (FOTO: EMANUEL DE JESUS, 28/11/2006).	65
FIGURA 34: VISÃO PANORÂMICA DE PARTE DO CAMPO DE DUNAS FRONTAIS EM ATAFONA (ÁREA DE ALTO RISCO) (FOTO: EMANUEL DE JESUS, 28/11/2006).	66
FIGURA 35: VISÃO PANORÂMICA DE PARTE DO CAMPO DE DUNAS OBLÍQUAS EM ATAFONA (ÁREA DE ALTO RISCO) (FOTO: FELÍCIO ANTONIO MEDEIROS VALIENGO/DEFESA CIVIL - SÃO JOÃO DA BARRA, 26/02/2007).	67
FIGURA 36: VISÃO PANORÂMICA DO CAMPO DE DUNAS EM ATAFONA (FOTO: FELÍCIO ANTONIO MEDEIROS VALIENGO/DEFESA CIVIL - SÃO JOÃO DA BARRA, 26/02/2007). .	68
FIGURA 37: VISÃO PANORÂMICA DO CAMPO DE DUNAS EM ATAFONA (FOTO: JEFFERSON ANTONIO MARQUES FIGUEIRA DE MELLO-IBAMA/CAMPOS DOS GOYTACAZES, 26/02/2007).....	69
FIGURA 38: VISÃO PANORÂMICA DO CAMPO DE DUNAS EM ATAFONA (FOTO: JEFFERSON ANTONIO MARQUES FIGUEIRA DE MELLO-IBAMA/CAMPOS DOS GOYTACAZES, 26/02/2007).....	70
FIGURAS 37 E 38: DESMONTE REALIZADO EM 11/11/2006 DE PARTE DAS DUNAS FRONTAIS OBLÍQUAS PELA AÇÃO DO ESTADO (PREFEITURA DE SÃO JOÃO DA BARRA), COM O ACOMPANHAMENTO DO IBAMA/CAMPOS.	71
FIGURA 39: CAMPO DE DUNAS TOTAL EM ATAFONA VETORIZADO SOBRE IMAGEM IKONOS.	72
FIGURA 40: PARTE DO CAMPO DE DUNAS ESTUDADO EM ATAFONA VETORIZADA SOBRE IMAGENS IKONOS DE 2001.	73
FIGURA 41: FALÉSIA PARA ÉPOCAS DISTINTAS (LOCALIZADAS NA ÁREA DE ALTO RISCO) SOBRE ORTOFOTOGRAFIAS DE 2000.	75
FIGURA 42: LOCALIZAÇÃO DA MALHA DE PONTOS GPS DE 15/01/2006 SOBRE O CAMPO DE DUNAS EM ATAFONA (ENSAIO).	76
FIGURA 45: LOCALIZAÇÃO DA MALHA DE PONTOS GPS DE 01/07/2006 SOBRE O CAMPO DE DUNAS EM ATAFONA.	77
FIGURA 46: LOCALIZAÇÃO DA MALHA DE PONTOS GPS DE 27/08/2006 SOBRE O CAMPO DE DUNAS EM ATAFONA.	78
FIGURA 47: LOCALIZAÇÃO APROXIMADA DO PONTO AMOSTRAL P18.	82

FIGURA 48: LOCALIZAÇÃO DA AMOSTRA 1 COLETADA E ANALISADA POR ALMEIDA E COLABORADORES (2004).	84
FIGURA 49: LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS AMOSTRAIS 6 E 7 COLETADAS E ANALISADAS POR ALMEIDA E COLABORADORES (2004) E O PONTO AMOSTRAL P18 (GONÇALVES, 2004).	85
FIGURA 50: LOCALIZAÇÃO APROXIMADA DOS 5 PONTOS DE COLETA DE SEDIMENTOS REALIZADA EM 23/02/2007.	87
FIGURA 51: LOCALIZAÇÃO DO PONTO AMOSTRAL 1 - COLETA DE SEDIMENTOS REALIZADA EM 23/02/2007.	88
FIGURA 52: LOCALIZAÇÃO APROXIMADA DOS 5 PONTOS DE COLETA DE SEDIMENTOS REALIZADA EM 26/02/2007.	89
FIGURA 53: ESTAÇÃO BASE Pousada Mediterrâneo, REFERÊNCIA PARA LEVANTAMENTOS GPS.	96
FIGURA 54: ESTAÇÃO BASE Casa Atafona, REFERÊNCIA PARA LEVANTAMENTOS GPS.	97
FIGURA 55: DETALHE DO PIQUETE DE MADEIRA DA ESTAÇÃO BASE PARA LEVANTAMENTOS GPS.	98
FIGURA 56: MAPA DE ISOLINHAS E MODELO NUMÉRICO DO TERRENO GERADOS COM O MÉTODO DE INTERPOLAÇÃO KRIGING, PARA O LEVANTAMENTO EXECUTADO NO DIA 22 DE JANEIRO DE 2006.	102
FIGURA 57: MAPA DE ISOLINHAS E MODELO NUMÉRICO DO TERRENO GERADOS COM O MÉTODO DE INTERPOLAÇÃO KRIGING, PARA O LEVANTAMENTO EXECUTADO NO DIA 18 DE FEVEREIRO DE 2006.	103
FIGURA 58: MAPA DE ISOLINHAS E MODELO NUMÉRICO DO TERRENO GERADOS COM O MÉTODO DE INTERPOLAÇÃO KRIGING, PARA O LEVANTAMENTO EXECUTADO NO DIA 1º DE JULHO DE 2006.	104
FIGURA 59: MAPA DE ISOLINHAS E MODELO NUMÉRICO DO TERRENO GERADOS COM O MÉTODO DE INTERPOLAÇÃO KRIGING, PARA O LEVANTAMENTO EXECUTADO NO DIA 27 DE AGOSTO DE 2006.	105
FIGURA 60: LEVANTAMENTO EXECUTADO NO MÊS DE JANEIRO DE 2006. PONTOS EM VERMELHO MARCANDO O INÍCIO DE CADA FAIXA PARA CRIAÇÃO DE PERFIL.	106
FIGURA 61: PERFIL DA 1ª SEÇÃO, DO LEVANTAMENTO EXECUTADO EM 22 DE JANEIRO DE 2006.	107
FIGURA 62: PERFIL DA 2ª SEÇÃO, DO LEVANTAMENTO EXECUTADO EM 22 DE JANEIRO DE 2006.	107
FIGURA 63: PERFIL DA 3ª SEÇÃO, DO LEVANTAMENTO EXECUTADO EM 22 DE JANEIRO DE 2006.	108
FIGURA 64: PERFIL DA 4ª SEÇÃO, DO LEVANTAMENTO EXECUTADO EM 22 DE JANEIRO DE 2006.	108
FIGURA 65: LEVANTAMENTO EXECUTADO NO MÊS DE FEVEREIRO DE 2006. PONTOS EM VERMELHO MARCANDO O INÍCIO DE CADA FAIXA PARA CRIAÇÃO DE PERFIL.	109
FIGURA 66: PERFIL DA 1ª SEÇÃO, DO LEVANTAMENTO EXECUTADO EM 18 DE FEVEREIRO DE 2006.	110
FIGURA 67: PERFIL DA 2ª SEÇÃO, DO LEVANTAMENTO EXECUTADO EM 18 DE FEVEREIRO DE 2006.	110
FIGURA 68: PERFIL DA 3ª SEÇÃO, DO LEVANTAMENTO EXECUTADO EM 18 DE FEVEREIRO DE 2006.	111

FIGURA 69: PERFIL DA 4ª SEÇÃO, DO LEVANTAMENTO EXECUTADO EM 18 DE FEVEREIRO DE 2006.	111
FIGURA 70: LEVANTAMENTO EXECUTADO NO MÊS DE JULHO DE 2006. PONTOS EM VERMELHO MARCANDO O INÍCIO DE CADA FAIXA PARA CRIAÇÃO DE PERFIL.	112
FIGURA 71: PERFIL DA 1ª SEÇÃO, DO LEVANTAMENTO EXECUTADO EM 1º DE JULHO DE 2006.	113
FIGURA 72: PERFIL DA 2ª SEÇÃO, DO LEVANTAMENTO EXECUTADO EM 1º DE JULHO DE 2006.	113
FIGURA 73: PERFIL DA 3ª SEÇÃO, DO LEVANTAMENTO EXECUTADO EM 1º DE JULHO DE 2006.	114
FIGURA 74: PERFIL DA 4ª SEÇÃO, DO LEVANTAMENTO EXECUTADO EM 1º DE JULHO DE 2006.	114
FIGURA 75: LEVANTAMENTO EXECUTADO NO MÊS DE AGOSTO DE 2006. PONTOS EM VERMELHO MARCANDO O INÍCIO DE CADA FAIXA PARA CRIAÇÃO DE PERFIL.....	115
FIGURA 76: PERFIL DA 1ª SEÇÃO, DO LEVANTAMENTO EXECUTADO EM 27 DE AGOSTO DE 2006.	116
FIGURA 77: PERFIL DA 2ª SEÇÃO, DO LEVANTAMENTO EXECUTADO EM 27 DE AGOSTO DE 2006.	116
FIGURA 78: PERFIL DA 3ª SEÇÃO, DO LEVANTAMENTO EXECUTADO EM 27 DE AGOSTO DE 2006.	117
FIGURA 79: PERFIL DA 4ª SEÇÃO, DO LEVANTAMENTO EXECUTADO EM 27 DE AGOSTO DE 2006.	117
FIGURA 80: VISÃO DAS DUNAS EM ESTUDO EM CENÁRIO DE 15/01/2006, FALÉSIA POUCO EVIDENTE E COM DECLIVIDADE BAIXA.	122
FIGURA 81: VISÃO DAS DUNAS EM ESTUDO EM CENÁRIO DE 14/10/2006, FALÉSIA EVIDENTE E COM DECLIVIDADE ALTA.	123

Lista de Tabelas

TABELA 1: NÚMERO DE ESTAÇÕES LEVANTADAS COM O SISTEMA GPS.....	37
TABELA 2: EROÇÃO E PROGRADAÇÃO DA LINHA DE COSTA A PARTIR DOS MAPEAMENTOS (RIBEIRO, 2005).....	42
TABELA 3: PRECISÕES ALCANÇADAS NOS LEVANTAMENTOS GPS, MODO RELATIVO E CINEMÁTICO NO CAMINHAMENTO NO PONTAL ARENOSO EM ATAFONA.	50
TABELA 4: PRECISÕES ALCANÇADAS DURANTE OS LEVANTAMENTOS GPS DOS PONTOS DE CONTROLE, NO MODO RELATIVO E ESTÁTICO (BASES CURTAS).	51
TABELA 5: RESULTADOS DE PARTE DO PÓS-PROCESSAMENTO DE DADOS GPS 01/07/2006. ..	79
TABELA 6: VALORES MEDIDOS POR GONÇALVES (2004) – ESTAÇÃO P18.	80
TABELA 7: COORDENADAS UTM DAS AMOSTRAS COLETADAS E ANALISADAS POR ALMEIDA E COLABORADORES (2004).	83
TABELA 8: RADIOATIVIDADE (C/S), TOTAL DE PESADOS (%) E TOTAL MINERAIS (%) (ALMEIDA <i>ET AL.</i> , 2004)	83
TABELA 9: MINERALOGIA E GRANULOMETRIA DAS AMOSTRAS DE ALMEIDA (2004) E GONÇALVES (2004).	86
TABELA 10: INTERVALOS GRANULOMÉTRICOS E CLASSIFICAÇÃO NOMINAL.	90
TABELA 11: MINERALOGIA E GRANULOMETRIA DAS 5 AMOSTRAS COLETADAS EM 23/02/2007.	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
TABELA 12: MINERALOGIA E GRANULOMETRIA DAS 5 AMOSTRAS COLETADAS EM 26/02/2007.	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
TABELA 13: COMPARAÇÃO ENTRE AS AMOSTRAS.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
TABELA 14: COORDENADAS APROXIMADAS DAS ESTAÇÕES AMOSTRAIS DE 23/02/2007.....	95
TABELA 15: COORDENADAS APROXIMADAS DAS ESTAÇÕES AMOSTRAIS DE 26/02/07.....	95
TABELA 17: EVOLUÇÃO DA PARTE CONTINENTAL DA PISTA DE VENTO EM ATAFONA.....	99
TABELA 18: VOLUME DE SEDIMENTO QUE COMPÕE PARTE DO CAMPO DE DUNAS (FEV. E AGO./2006).....	120
TABELA 19: VOLUME DE SEDIMENTO QUE COMPÕE PARTE DO CAMPO DE DUNAS (JAN. E JUL./2006).	120

Eu sou a terra, eu sou a vida.
Do meu barro primeiro veio o homem.
De mim veio a mulher e veio o amor.
Veio a árvore, veio a fonte.
Vem o fruto e vem a flor.

Eu sou a fonte original de toda vida.
Sou o chão que se prende à tua casa.
Sou a telha da cobertura de teu lar.
A mina constante de teu poço.
Sou a espiga generosa de teu gado
e certeza tranqüila ao teu esforço.

Sou a razão de tua vida.
De mim vieste pela mão do Criador,
e a mim tu voltarás no fim da lida.
Só em mim acharás descanso e Paz.

Eu sou a grande Mãe Universal.
Tua filha, tua noiva e desposada.
A mulher e o ventre que fecundas.
Sou a gleba, a gestação, eu sou o amor.

A ti, ó lavrador, tudo quanto é meu.
Teu arado, tua foice, teu machado.
O berço pequenino de teu filho.
O algodão de tua veste
e o pão de tua casa.

E um dia bem distante
a mim tu voltarás.
E no canteiro materno de meu seio
tranqüilo dormirás.

Plantemos a roça.
Lavremos a gleba.
Cuidemos do ninho,
do gado e da tulha.
Fatura teremos
e donos de sítio
felizes seremos.

O cântico da terra
Cora Coralina

Dedicatória

À minha inesquecível e saudosa avó Anna Cabral Pessanha.

À minha mãe Ilza, pelo carinho e apoio eternos.

Aos meus filhos – muito, mutíssimos preciosos - Pedro Ivo (*Rico*) e Sofia (*Plin*).

Aos amigos recém conquistados nessa minha recente trajetória no Museu Nacional/UFRJ, em especial Mônica Nicola, Ricardo Flório, Antônio Carlos Guimarães, Mariana Beauclair e Carolina Caram. A eles atribuo os créditos por me tornar uma pessoa melhor e mais feliz. Todos são deste planeta, são terrestres! E melhor, vivem o mundo que vivo hoje. Muito bom tê-los presentes em minha vida...

À memória de Maria de Lourdes Coelho Anunciação, aprendemos muito com ela...

Aos ventos e às águas da foz do rio Paraíba do Sul, seus murmúrios, mistérios, segredos e mitos. Fontes de inspiração para a vida de hoje, e de sempre.

Ao mundo que virá. Sim, aquele que queremos, e onde seremos melhores.

Agradecimentos

Aos alunos da UFF, importantes para que esta pesquisa esteja sendo desenvolvida por tanto tempo e com o empenho deles: Aline Paraná Pereira, Bruno Garbéro Pinna, Anderson Gomes de Almeida, Christiane dos Santos Oliveira, Bruno Ferraz Bartel, Stephanie dos Santos Salles e Renan da Silva Gomes.

Aos alunos da UERJ, que juntos têm viabilizado as pesquisas em curso sobre o norte-fluminense e o seu litoral em Atafona, Grussaí e Açú: Claudio Quaresma Pereira, André Escovino da Silva, Thiago da Silva Rocha e Tadeu Corrêa Pinheiro.

À toda equipe de alunos do curso de Mídia da UFF, que junto com o professor Miguel Freire (Departamento de Estudos Culturais e Mídia/Instituto de Arte e Comunicação Social da UFF), puderam viabilizar a execução do mais recente produto midiático: um curta-metragem sobre Atafona, realizado no período de 22 a 29/11/2006, sobre aspectos científicos, ambientais e sociais desse fenômeno geográfico dinâmico, ainda presente no ambiente do delta do rio Paraíba do Sul. Agradeço também à Dona Nelite, Marcelle e Júlia, atrizes do documentário/ficção.

Aos alunos do curso de mestrado em Geomática/UERJ Fernanda Augusta Pinto Teixeira, Hugo da Costa Fioravante e Leonardo Scharth Loureiro Silva. Ao aluno do curso de mestrado em Engenharia Cartográfica/IME Patrick Calvano Kuchler. Todos acreditaram em pesquisas aplicadas inovadoras no norte e nas baixadas litorâneas fluminenses.

Aos biólogos Rosa Maria Cordeiro Wekid Castello Branco e Jefferson Antonio Marques Figueira de Mello, pelos apoios incondicionais em pesquisas na planície costeira do rio Paraíba do Sul. Sempre tive o suporte necessário e importante do IBAMA/Escritório Regional de Campos dos Goytacazes.

Aos amigos Jair Vieira e sua esposa Dona Neli, pelas agradáveis conversas. São exemplos de dedicação à memória cultural e visual do pontal de Atafona.

Ao amigo e jornalista João Noronha, com tantas histórias e percepções sobre o ambiente do delta do rio Paraíba do Sul, sua gente e seus agentes. Sempre com seus justos argumentos preservacionistas, e com aquele caráter invejável.

Ao prof. Dr. Aristides Arthur Soffiati Netto, pela produção constante em investidas em estudos científicos – sempre éticos e coerentes - sobre as históricas intervenções humanas na planície do rio Paraíba do Sul.

Ao prof. PhD. João Antonio Lorenzetti, pela conversa sobre estudos oceanográficos interessantíssimos na foz do rio São Francisco.

Aos prof. Antonio Carlos Sequeira Fernandes, Marcelo de Araujo Carvalho, Rita Scheel-Ybert e Renato Rodriguez Cabral Ramos pelos exemplos concretos de dedicação e competência no ensino e em pesquisas acadêmicas, com temas tão relevantes e empolgantes.

À profa. Dra. Vera Maria Medina da Fonseca do Museu Nacional-UFRJ, pelo seu exemplo de notável brilhantismo acadêmico e sua dedicação acadêmica.

À profa. Dra. Tania Andrade Lima do Museu Nacional-UFRJ, pelo esplêndido empenho acadêmico. Fui por ela contaminado pela visão arqueológica em pesquisas geográficas. Exemplo incrível de que a ciência arqueológica é fundamental para entender melhor o mundo e o homem.

À aluna do curso de Geografia da UFF Tatiana Quintana Freire no suporte aos levantamentos topográficos executados em 2005 com estação total em Atafona.

Aos amigos Corbiniano Silva e Fabiana Gobbo, pelas horas muito agradáveis de convívio, recheadas de discussões sobre pesquisas acadêmicas, numa amizade conquistada para sempre.

À profa. Dra. Marli Cigagna, sempre muito dedicada às nossas investidas acadêmicas onde tenho seu apoio freqüente. Ao Roland Wiefels pelo empenho na tradução do resumo.

À profa. Dra. Loiva Lizia Antonello pelo suporte na análise morfoscópica dos minerais contidos nas amostras de sedimentos. À Danielle Scherer pelo apoio na análise granulométrica do conteúdo dessas amostras.

Ao prof. Dr. Wagner de Alencar Castro, meu orientador e parceiro em pesquisas acadêmicas.

E, finalmente, à Vania de Oliveira Nagem e Denise T. Penna Firme, conquistas também importantes na minha vida. Serão sempre muito especiais. Penso sempre na nossa amizade, mesmo sabendo que ainda posso fazer mais por elas.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	18
2. MOTIVAÇÃO, JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS.....	25
3. METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO.....	32
3.1. MATERIAIS E MÉTODOS.....	35
3.2. ETAPAS METODOLÓGICAS.....	35
4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	40
4.1. EROSÃO E PROGRADAÇÃO COSTEIRAS	40
4.2. PONTAL ARENOSO DE ATAFONA	42
4.3. PALEOPRAIAS NA PARTE MERIDIONAL DA PLANÍCIE DO RIO PARAÍBA DO SUL.....	51
4.4. MAPEAMENTO DA ÁREA URBANA DE ALTO RISCO AMBIENTAL	55
4.5. IMAGENS FOTOGRÁFICAS DO CAMPO DE DUNAS.....	56
4.6. MAPEAMENTO DO CAMPO DE DUNAS.....	71
4.7. TRABALHOS JÁ PUBLICADOS EM 2004 COM DADOS SEDIMENTOLÓGICOS EM ATAFONA.....	79
4.8. ANÁLISES SEDIMENTOLÓGICAS REALIZADAS NA ZONA COSTEIRA EM ATAFONA.....	86
4.9. CARTOMETRIA APLICADA AO CAMPO DE DUNAS	96
5. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS.....	118
6. CONCLUSÕES	124
7. OBRAS CITADAS.....	128
8. OBRAS CONSULTADAS.....	132
ANEXOS.....	135

“Só na foz do rio é que se ouvem os murmúrios de todas as fontes”
(Guimarães Rosa)

1. Introdução

Diante da experiência acumulada desde 2003 e da competência na execução de mapeamento digital, com suporte fundamental de alunos universitários que tenho orientado, venho aqui explorar nesta pesquisa um tema relevante como desdobramento de um projeto de pesquisa mais abrangente que trata dos fenômenos de erosão e de progradação costeiras.

Escolher o recorte espacial na praia de Atafona, tão conhecida regionalmente pelos seus atrativos turísticos e também nacionalmente pelos aspectos dramáticos marcados pela destruição de casas, conduziu para uma reflexão e posterior percepção de como o fenômeno é complexo e pode ser melhor explicado. O campo de dunas estabelecido nesta praia constitui uma feição geográfica gerada por evento paralelo que indiretamente parecia ter relação com o déficit de sedimentos na zona da borda continental do canal meridional da foz do rio Paraíba do Sul. Em 24/10/1999 o jornal Folha da Manhã de Campos dos Goytacazes já noticiava, numa abordagem mais científica, aspectos dos processos costeiros em curso (FOLHA DA MANHÃ, 1999a) e, em 03/12/1999, o fenômeno da dinâmica das dunas (FOLHA DA MANHÃ, 1999b) e seus problemas sociais.

Na história geológica de formação das planícies costeiras brasileiras durante o Holoceno e o Pleistoceno (Quaternário) observou-se, em alguns casos ao longo do litoral, a influência fluvial marcante nos processos dinâmicos que se desenvolvem em desembocaduras de rios, alterando de forma natural as formas das feições deltaicas (DOMINGUEZ *et al.*, 1983). O caso do rio Paraíba do Sul é caracterizado por uma sucessão de processos erosivos marcados pelas ações marinha e fluvial, onde é encontrada hoje uma série de indícios desses eventos. Parte deles ainda encontra-se preservada na planície, capazes de ser identificados por meio de análise morfométrica detalhada sobre imagens sensoriais (RIBEIRO, 2005).

Recentemente, exatamente no ano de 2000, foi executado um vôo fotogramétrico que, com mais detalhe do que a maioria dos sensores orbitais (LANDSAT, SPOT e CBERS), permitiu disparar pesquisas voltadas para estabelecer a configuração espacial dessas feições e, a partir desse mapeamento, começar a inferir sobre a que condições ambientais elas foram submetidas ao longo do tempo, com base em fatores oceanográficos e astronômicos, essencialmente ventos, ondas e marés. Com a recente aquisição de imagens de alta resolução do sistema orbital IKONOS do ano 2001, viável se torna o mapeamento temático geomorfológico com capacidade de retratar a configuração espacial das feições geográficas de interesse no delta e nas praias adjacentes.

Compreender a influência dessas forçantes naturais sobre as feições costeiras requer análise de séries históricas e associá-las às suas formas espaciais predominantes atuais. Um caso típico é a investigação sobre o comportamento das correntes litorâneas no desenho da linha de costa e também sobre as formas das duas lagunas lá encontradas (Grussaí e Iquipari). A interpretação é uma tarefa difícil, por ser relativamente complexa, uma vez que não se dispõe hoje de dados completamente suficientes para modelar historicamente essa dinâmica com detalhe e, de forma científica, prever como o cenário atual ainda poderá ser alterado pelos agentes nos próximos anos e décadas.

A dinâmica costeira observada nessa zona litorânea, exatamente na parte meridional da foz do rio Paraíba do Sul, no norte-fluminense, tem sido objeto de investigação, estudos e recentes pesquisas aplicadas. No período de janeiro de 2004 e dezembro de 2005 foi desenvolvido projeto de pesquisa, financiado pelo CNPq, liderado pelo Departamento de Geologia da UFF, em parceria formal com o Departamento de Engenharia Cartográfica da UERJ, no qual foram produzidos mapas temáticos que retrataram a tendência da variação da linha de costa, numa extensão aproximada de 8 km, compreendendo áreas urbanas das praias de Atafona e de Grussaí, ambas localizadas no município de São João da Barra (RJ).

Na ocasião objetos foram extraídos de imagens digitais, essencialmente fotografias aéreas métricas históricas. Foram eles analisados e associados às

feições costeiras importantes para a busca de entendimento sobre os processos costeiros envolvendo erosão¹ (degradação ou retrogradação) e progradação² (acréscimo ou engordamento) observado nessas praias já com processo de urbanização presente, com uma particular ocupação bem acelerada, caracterizada, principalmente, por veranistas (população temporária).

Os agentes naturais, por exemplo, as forças oceanográficas, têm atuado nesta zona litorânea com frequência e intensidade variáveis ao longo do tempo. A frequência, direção e intensidade dos ventos, o regime de ondas e as marés são fatores contribuintes diretamente nesses processos.

Estudos sistemáticos sobre pluviometria e vazão na bacia do rio Paraíba do Sul poderão explicar em que medida o molhe hidráulico fluvial na foz tem contribuído para diminuir o efeito energético das ondas do mar sobre as ilhas, o pontal e a praia de Atafona, imediatamente ao sul da foz (COSTA, 1994).

A foz do rio Paraíba do Sul, onde a área de estudo se localiza, é tratada, segundo grande parte dos autores, como delta em cúspide, dominado por ondas (SUGUIO, 2003). DIAS em 1984 havia afirmado que, aparentemente, o fator que provoca erosão em Atafona é o desequilíbrio do balanço entre o aporte sedimentar e a deriva litorânea. O fenômeno erosivo vem sendo estudado através de pesquisas especializadas nas áreas de Geologia e Geomorfologia, com fundamental apoio de levantamentos geodésicos supervisionados e executados pelo autor nos últimos 3 anos.

Este trabalho de monografia contribui com a apresentação de resultados conclusivos a partir da aplicação de métrica sobre feições costeiras, especialmente o pontal arenoso de Atafona e o campo de dunas, estabelecido nesta zona costeira há, pelo menos, 20 anos. Registros no IBAMA/Escritório Regional de Campos dos Goytacazes apontam uma estimativa do início de sua formação no final dos anos 80 (BRANCO, 2007).

¹ Erosão consiste num mecanismo de subtração de área praial com remoção de sedimentos, com observada variação da linha d'água, pela ação energética das ondas, geralmente associada a eventos de tempestades (adaptada a partir de BEER, 1983).

² Progradação consiste num mecanismo associado à recuperação gradual de praias durante períodos de calmarias, caracterizada pela construção de área praial perdida durante episódios associados a tempestades, geralmente com ocorrência de bermas. (adaptada a partir de BEER, 1983).

A relação efetiva das dunas com os indícios de déficit sedimentar no pontal e a própria erosão são ainda objetos de estudo, não esgotados. Evidências na planície costeira apontam que tais fenômenos têm origem em épocas distintas - tempo geológico - e os caracteriza como eventos naturais.

A figura a seguir ilustra a área de estudos (recorte espacial), localizada no município de São João da Barra (RJ), compreendendo as citadas praias, tendo como pano de fundo uma composição colorida de imagens do sistema CBERS (RGB324) para o ano de 2004.

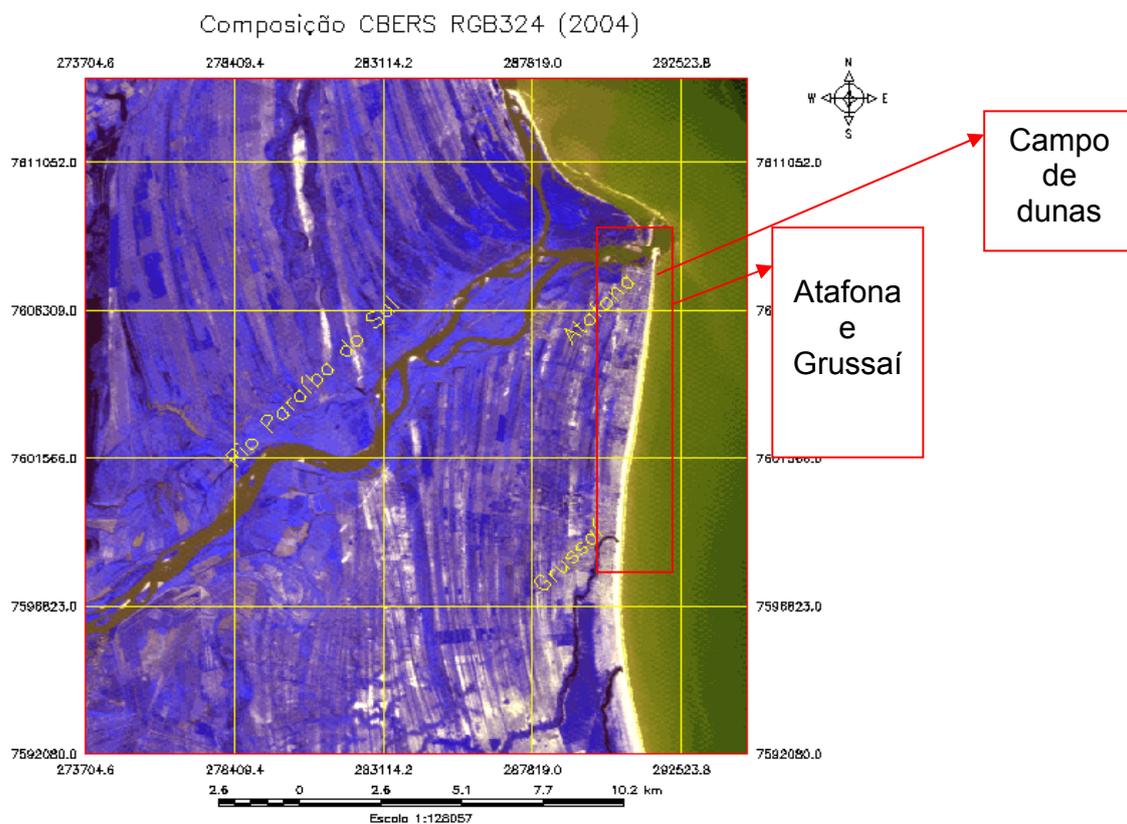


Figura 1: Localização da zona costeira e área de estudos.

Dentre as causas naturais da erosão costeira há aquelas relacionadas com circulação costeira; morfodinâmica praial; aporte sedimentar ineficiente com retenção de sedimentos na plataforma continental e/ou nos campos de dunas; modificações na deriva litorânea; balanço sedimentar negativo; elevação do nível do mar; e, por último, fatores tectônicos (SOUZA *et al.*, 2005). Resta saber em que medida os fatores que atuam hoje e atuaram nos últimos anos e décadas na área

de estudo influenciaram os cenários analisados, tendo como base as épocas em que se extraíram os valores a partir das fotografias aéreas.

Para as épocas de 1954, 1964, 1974 e 2000 foi extraída, de fotografias aéreas georreferenciadas, a linha de costa que sofreu variações de posição espacial. Essas fotos foram registradas no banco de dados do SPRING4.3.1® a partir de pontos de controle, medidos com o sistema GPS no campo, no modo relativo e estático. A complexidade desse conjunto de fatores que modificam o cenário estimula pesquisas aplicadas que discutem cenários, direcionam idéias e testam hipóteses sobre as causas e os prováveis futuros efeitos sobre a área urbana atual e também sobre o cotidiano da população local.

O Plano Diretor Municipal e projetos técnicos associados às diretrizes de ocupação e uso do solo se tornam beneficiados com esta pesquisa. Atividades extensionistas têm sido coordenadas, planejadas e executadas pelo autor, junto à comunidade local, informando, através de mapas temáticos impressos, sobre o comportamento dos processos costeiros lá em curso. Essa etapa foi iniciada naturalmente em 2004, na forma de um projeto de extensão, como um desdobramento da pesquisa aplicada já citada, e que pode ter seus resultados disponíveis e acessados no seguinte *website*: www.uff.br/atafona.

As figuras a seguir ilustram o pontal de Atafona e a área de concentração dos estudos no campo de dunas, respectivamente, tendo como apoio imagem IKONOS ano 2001.

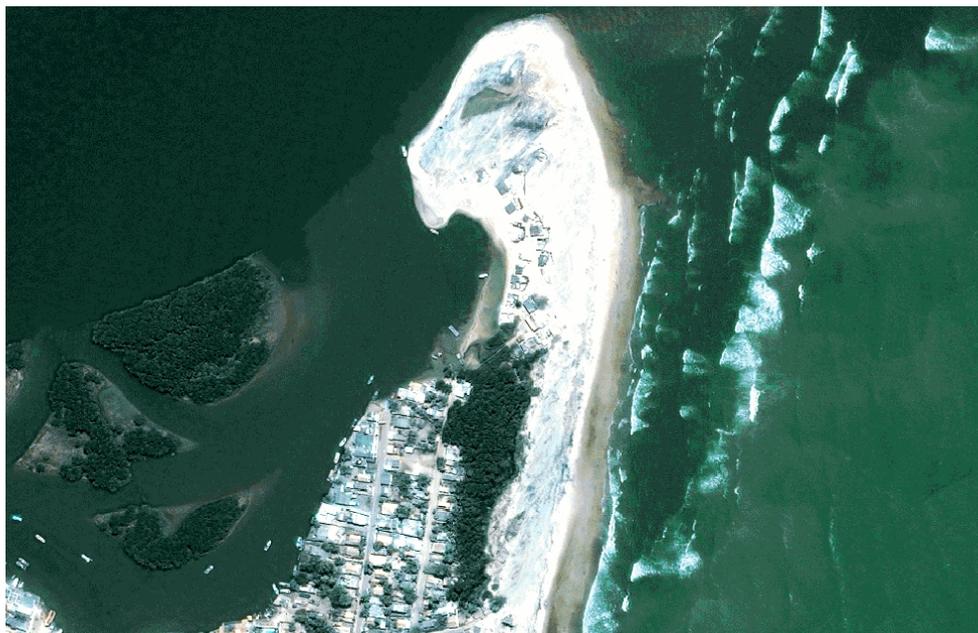


Figura 2: Visão geral do pontal arenoso de Atafona (imagem IKONOS, ano 2001³).



Figura 3: Localização de parte estudada do campo de dunas em Atafona (imagem IKONOS, ano 2001⁴).

³ Imagem IKONOS gentilmente cedida pela empresa Space Imaging do Brasil Ltda..

⁴ Imagem IKONOS gentilmente cedida pela empresa Space Imaging do Brasil Ltda..

Diante da importância de monitoramento da dinâmica dos processos erosivos e da mobilidade das dunas, nesta zona costeira em Atafona de alto risco ambiental foram cadastradas aproximadamente 300 casas no sistema ArcGIS9®⁵. Destaque é dado para o exemplo de parte da infra-estrutura urbana representada pelas caixas d'água e posto policial localizados próximos às dunas frontais em estudo (figura 4). A criação deste banco de dados foi feita por OLIVEIRA *et al.* (2006). Este cadastramento foi uma das últimas atividades iniciadas e executadas em 2005 no contexto do projeto de pesquisa que originou assuntos que fomentaram também o desenvolvimento desta monografia.

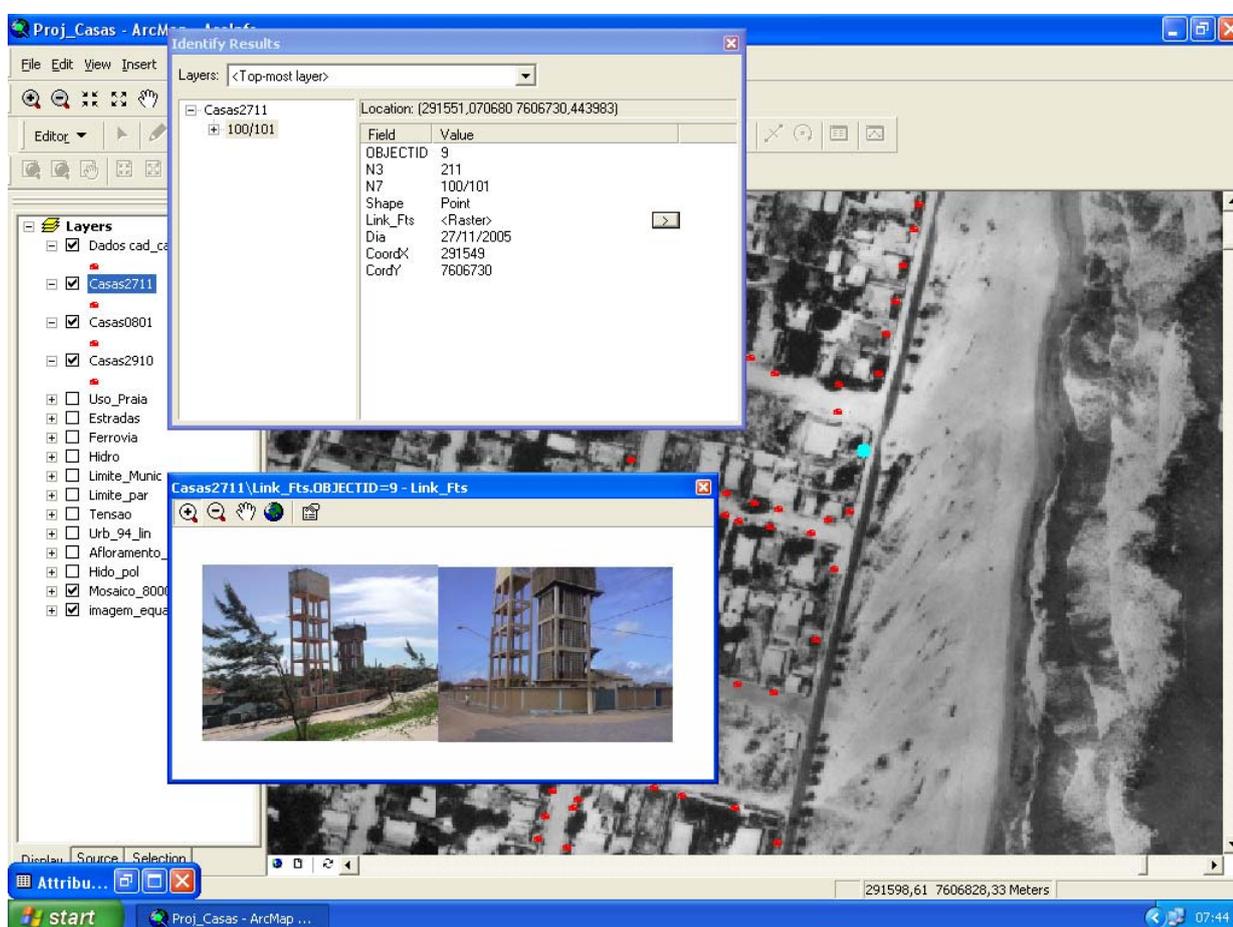


Figura 4: Exemplo de cadastramento de construções feito no ambiente do sistema ArcGIS9®⁶.

⁵ Com o apoio da empresa Imagem Ltda..

⁶ Com o apoio da empresa Imagem Ltda..

“A água na beira do cais, vai e volta, volta e meia vem e vai”
(Vevê Calazans e Jorge Portugal)

2. Motivação, justificativa e objetivos

Há 10 anos observa-se no local de estudos uma tensão social entre a comunidade local (residentes e veranistas) e o Estado (prefeitura municipal, órgãos ambientais estaduais e o IBAMA), no que diz respeito ao possível manejo das dunas frontais localizadas na praia de Atafona.

O propósito aqui é contribuir para o entendimento sobre o fenômeno de formação e evolução das dunas, assim como sua relação indireta com o processo erosivo marinho em curso nessa praia, considerada área de alto risco ambiental.

Diante deste cenário apresentado em linhas gerais e do dramático histórico vivido em Atafona, com a destruição, desde a década de 50, pela ação efetiva e agressiva das ondas, de 183 construções, distribuídas em 14 quadras (AZEVEDO, 2004), a população local, seus dirigentes e administradores públicos indagam sobre suas causas e sua evolução para os próximos anos. A velocidade com que a erosão tem atuado na área de estudos chegou a alcançar uma taxa de 7,8m/ano, em pontos mais críticos, no extremo nordeste do pontal arenoso, imediatamente na parte meridional da foz do rio Paraíba do Sul (RIBEIRO, 2005). Essa velocidade foi mensurada a partir do mapeamento do pontal tendo como referências fotografias aéreas dos anos de 1954 e de 2000.

Segundo o Programa Nacional do Meio Ambiente há prevista a implementação de um sistema de informações para o gerenciamento costeiro que inclui tarefas de uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) (COVRE & CALIXTO, 1995). O presente trabalho contribui para reflexões sobre análise de requisitos para o zoneamento por cartas temáticas que possam informar sobre a dinâmica local e regional em áreas de alto risco ambiental.

Em 1985 já houve a iniciativa do Governo do Estado do Rio de Janeiro em estabelecer áreas tombadas como áreas de preservação (INEPAC, 1985), destacadas na figura a seguir. Os manguezais localizados na foz do rio Paraíba do Sul têm sofrido constantes agressões em função da ocupação humana e da

erosão marinha. O campo de dunas estabelecido hoje numa zona de, aproximadamente 3,5 km, existe há 20 anos, e este trabalho monográfico tem motivação uma vez que há a hipótese dos sedimentos que compõem as dunas estarem associados aos sedimentos do pontal arenoso, há soterramento de infraestrutura urbana gerando crise social e a erosão marinha continua em ação. Desta forma, numa primeira análise, é possível raciocinar que os sedimentos das dunas deveriam estar contidos no pontal, engordando a praia, mas parte deles lá não mais estão. Esta é a hipótese inicial deste trabalho, justificada pela necessidade de monitoramento do campo de dunas, compreendendo que este representa um obstáculo natural à erosão, e que tem sido um sério problema para o equipamento urbano local, que, por sua vez, sofre com a destruição do patrimônio imobiliário e também com o soterramento de construções históricas, com traços arquitetônicos de estilo ibérico, pelos sedimentos.

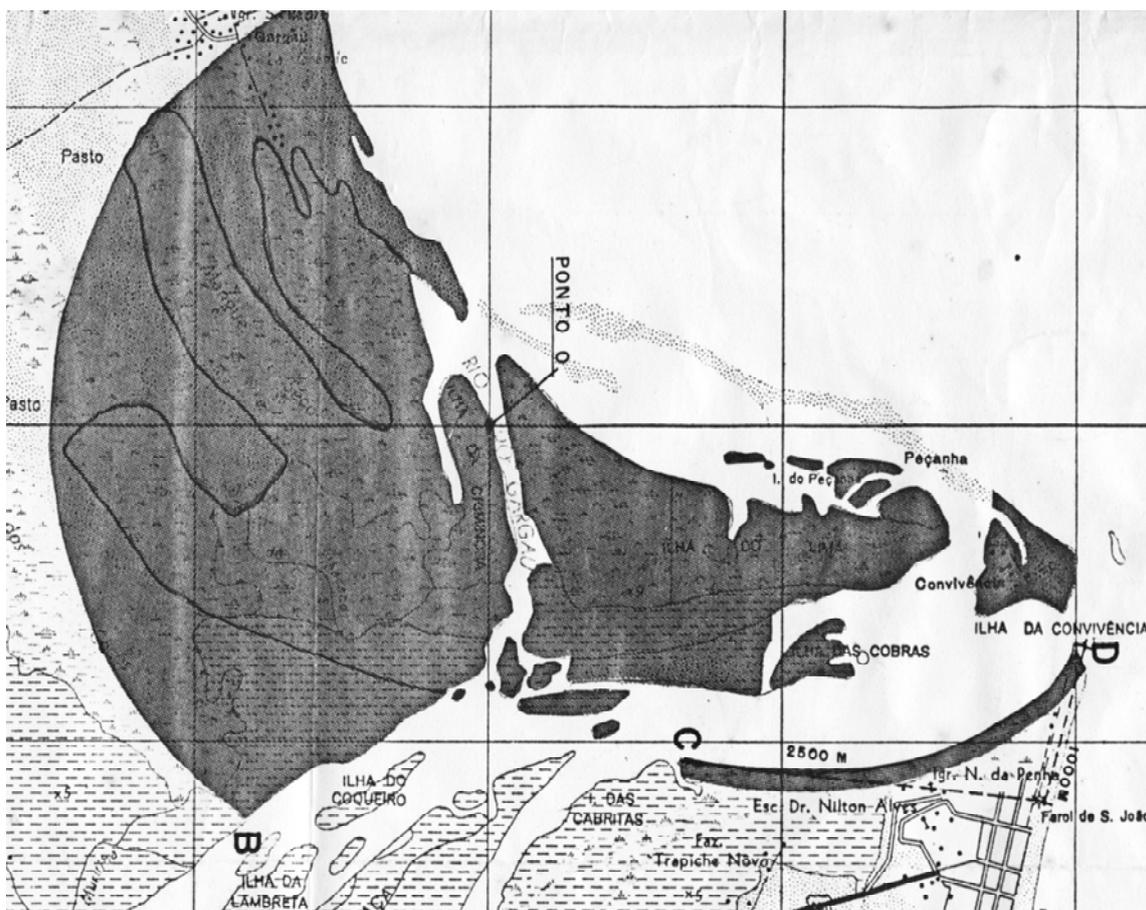


Figura 5: Área do manguezal tombada pelo Governo Estadual em 1985, localizada na foz do rio Paraíba do Sul (INEPAC, 1985).

A planície costeira do rio Paraíba do Sul possui duas unidades de conservação que atualmente estão sendo criadas pelo IBAMA, a saber: (a) Reserva Extrativista dos Manguezais da Foz do rio Paraíba do Sul; e (b) Área de Proteção Ambiental do Complexo Lagunar de Grussaí, Iquipari, Salgado e Açú (figura 6) (IBAMA, 2003). No contexto dessa última unidade é que está incluído o pontal arenoso e o campo de dunas em estudo.

O campo de dunas é naturalmente definido aqui, com base no estabelecido em regras normativas do IBAMA, como Área de Preservação Permanente (APP), uma vez que possui vegetação natural destinada a atenuar a erosão e a fixar os sedimentos transportados pela ação eólica, e está hoje estabelecido e em

movimento na praia atual modificando os cenários em função da ação constante dos ventos muito persistentes e marcantes do micro-clima local.

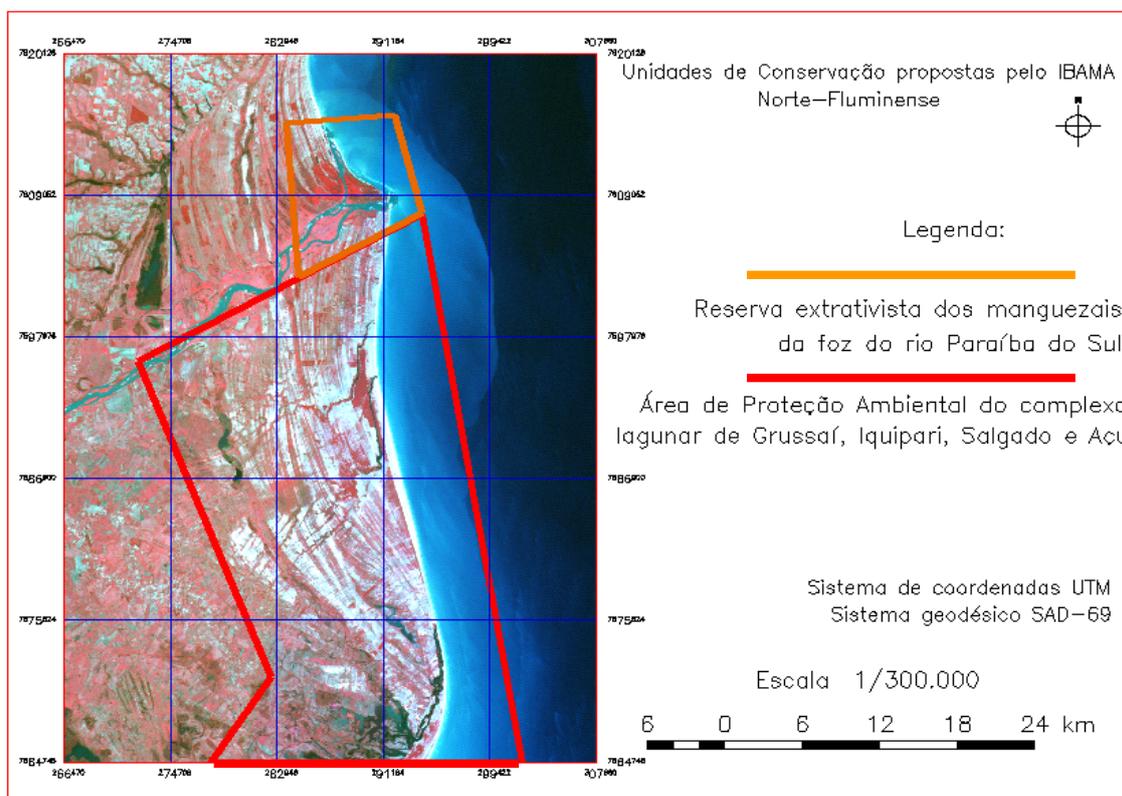


Figura 6: Localização das duas unidades de conservação ambiental propostas e em criação pelo IBAMA/Escritório Regional de Campos dos Goytacazes (RJ).

A inexistência de dados físico-ambientais completos, contínuos, distribuídos em série históricas confiáveis não possibilita hoje ainda uma análise definitiva para compreensão mais segura e exata dos fenômenos (erosão e progradação). Estudos sobre os ventos, por exemplo, ainda são insuficientes para uma retratação mais precisa do contexto regional nos últimos anos geológicos, pelo menos para os últimos 1000 anos AP. NASCIMENTO (2006) apontou um estudo interessante sobre o comportamento das ondas para análise do processo erosivo em Ponta do Retiro, a alguns poucos quilômetros ao norte de Atafona. O comportamento das ondas por ele modeladas não foi capaz de inferir exatamente sobre a dinâmica dos ventos sobre a zona costeira em Atafona.

Mas, iniciativas de definir a possível tendência da variação da linha de costa, a partir do uso de imagens digitais georreferenciadas foi possível ser feita. Para os anos de 1954, 1964, 1974, 1976 e 2000, foi feita a extração de objetos através de sua geometria, e permitida a realização de análise da tendência da variação da linha de costa, para essas épocas específicas (RIBEIRO *et al.*, 2005).

RIBEIRO (2007) apontou aspectos sobre a dinâmica das dunas, tratando esta feição como importante para estudo local e regional permanente e detalhado, a partir de experiências científicas em aplicação de modelos em sistemas de dunas no nordeste brasileiro.

Ainda como motivação a temática se insere no contexto do Plano Diretor Municipal, uma vez que no planejamento de São João da Barra há um macrozoneamento proposto (figura a seguir) que aponta iniciativas e ações que possuem desdobramentos sobre zonas costeiras em escala maior. Alguns eventos costeiros ainda têm dinâmica relativamente desconhecida. O monitoramento de processos litorâneos permitirá maior segurança ao planejamento e à execução de obras, e outras intervenções humanas propostas na área e também na região norte-fluminense.

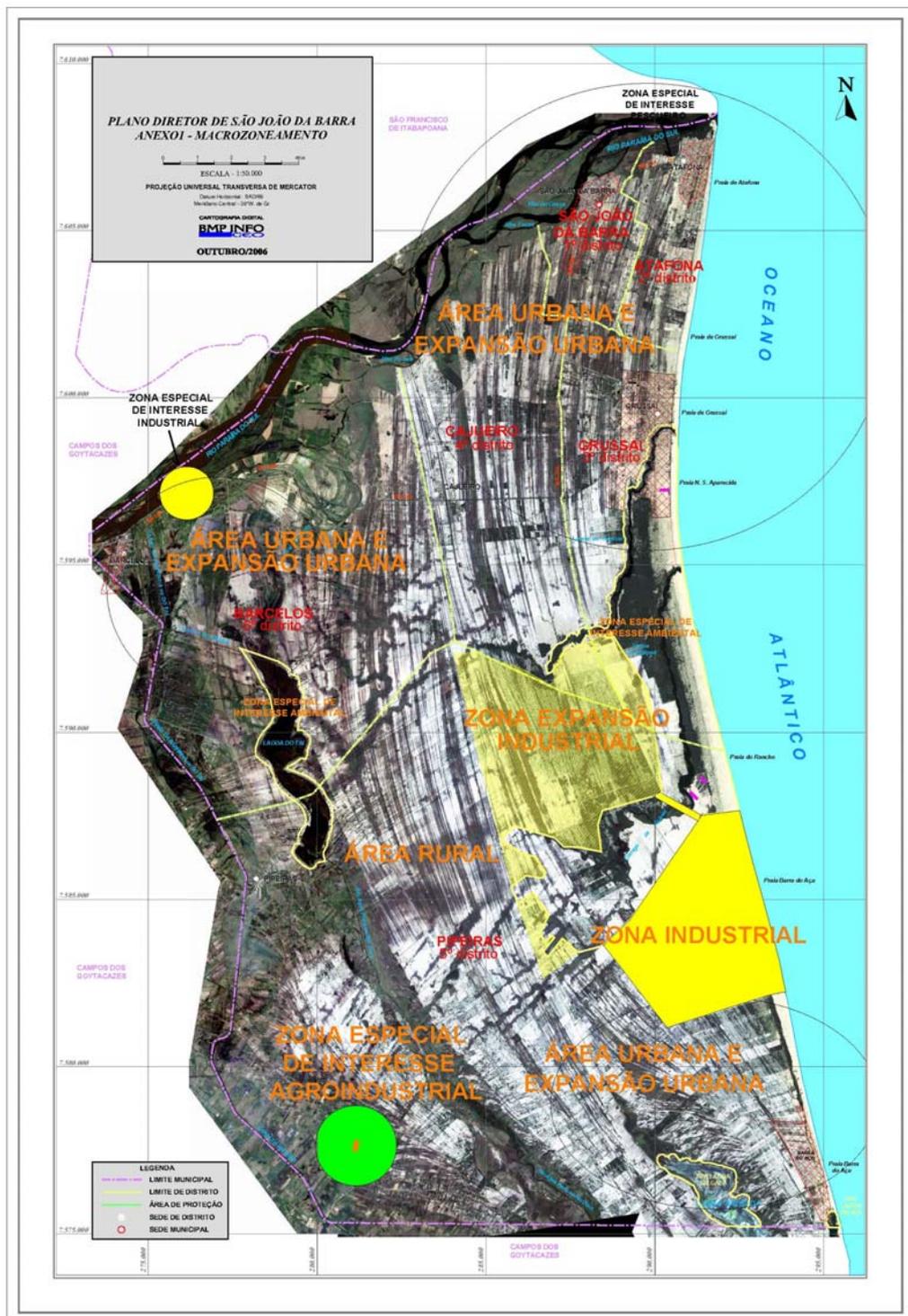


Figura 7: Macrozoneamento do Plano Diretor de São João da Barra (RJ) (Fonte: www.planodiretorsjb.cefetcampos.br).

O objetivo geral é apresentar, através de mapas temáticos, a evolução dos processos de erosão e progradação na zona litorânea entre Atafona e Grussaí, trazendo o contexto no qual o campo de dunas se insere nesses processos. Em síntese, esta monografia representa pesquisa aplicada que consiste na discussão sobre origem e relação entre o campo de dunas estabelecido na praia de Atafona, município de São João da Barra (RJ), e sua relação com a erosão marinha em curso nessa zona litorânea.

Como objetivos específicos há:

Do ponto de vista das áreas de Cartografia e de Geoprocessamento:

- (a) Descrição sucinta das etapas adotadas no processo de georreferenciamento de imagens digitais;
- (b) Descrição do processo de tratamento das imagens de forma que garanta métrica segura;
- (c) Conectar a dinâmica do pontal com as formas e mobilidade das dunas de Atafona;
- (d) Estabelecer a configuração espacial de parte do campo de dunas, com uso do sistema GPS, nos modos relativo e cinemático; e
- (e) Apresentação gráfica dos resultados em mapas temáticos.

Do ponto de vista das áreas de Geologia e de Geomorfologia:

- (a) Interpretação dos resultados obtidos sobre o pontal e o campo de dunas, com foco nos processos costeiros;
- (b) Medir parâmetros físicos e geométricos do pontal e de parte do campo de dunas apresentado em mapas temáticos para as épocas de verão (clima úmido) e de inverno (clima seco) no ano de 2006;
- (c) Associar aspectos sedimentológicos (granulométricos e morfoscópicos) do pontal e das dunas para interpretações sobre a possível origem genética e maturidade dos sedimentos que compõem as dunas; e
- (d) Analisar em que medida é possível associar a métrica feita no campo de dunas ao déficit sedimentar no pontal de Atafona.

“Amores são águas doces. Paixões são águas salgadas. Queria que a vida fosse. Essas águas misturadas” (Roberto Mendes e Jorge Portugal)

3. Metodologia e desenvolvimento

A planície Quaternária do rio Paraíba do Sul é limitada por terraços Pleistocênico e depósitos Holocênicos (CPRM, 2001). É caracterizada por feições costeiras marcantes do processo de evolução do delta, a saber, cordões arenosos compostos por cristas e cavas distribuídas por feixes com divergências ou discordâncias em sua orientação. Esses cordões são paleopraias que sofreram no passado geológico a ação de agentes que provocaram outros episódios erosivos, semelhantes ao atual, durante a formação da planície deltaica.

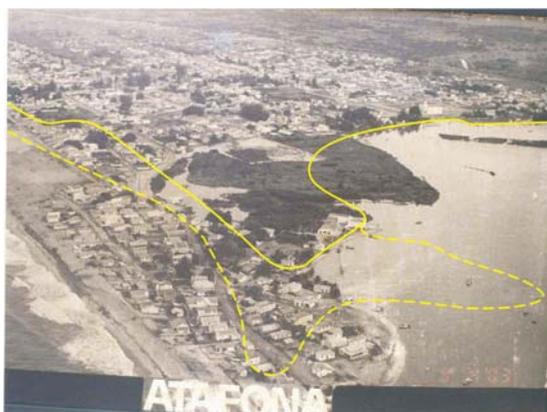
Diante das fotografias aéreas e do uso de tecnologias digitais de geoprocessamento (GPS e SPRING4.3.1®) foi possível determinar a configuração espacial da linha de costa e compará-las entre si. No período de 2004 a 2005 foram realizadas medidas com GPS, no modo relativo cinemático, das posições da linha d'água e da falésia ativa (escarpa erosiva) com precisão geodésica. O propósito foi a determinação posicional da tendência da linha de costa (RIBEIRO, 2005).

Criou-se em 2006 um banco de dados no ambiente do sistema SPRING4.3.1® contendo as posições espaciais dessas feições e imagens digitais georreferenciadas, tendo como referências o sistema terrestre de coordenadas geodésicas e UTM, referidos ao sistema geodésico SAD-69. Em função de metodologia validada por RIBEIRO (2005) foram executados os processamentos das imagens previamente e a elaboração dos mapas representativos da dinâmica dos fenômenos estudados.

A seguir são apresentadas fotografias aéreas recentes panorâmicas tomadas pelo autor, com apoio do IBAMA-Campos, onde se observa o processo erosivo em curso na área urbana de Atafona. Apesar de não terem o mesmo centro de perspectiva, de forma aproximada permite retratar os cenários e as modificações expressivas na forma do pontal arenoso. A linha tracejada em amarelo indica na figura 8 (1961) a linha d'água observada na figura 9 (2003).



Figura 7a: Pontal de Atafona, cenário de 1987 (UFF/Lagemar).



Adquirida em
1961 (DNOS)

Adquirida em 08/05/2003
pelo autor



Figuras 8 e 9: Visão panorâmica do pontal de Atafona e área urbana afetada pela erosão marinha (1961-08/05/2003).



Adquirida em
08/05/2003 pelo autor



Adquirida em
04/10/2003 pelo IBAMA

Figuras 10 e 11: Visão panorâmica do pontal de Atafona e área urbana afetada pela erosão marinha (08/05/2003-04/10/2003).



Adquirida em
08/05/2003 pelo autor



Adquirida em
02/05/2004 pelo autor

Figuras 12 e 13: Visão panorâmica do pontal de Atafona e área urbana afetada pela erosão marinha (08/05/2003-02/05/2004).

3.1. Materiais e métodos

- a) Apoio na experiência bem sucedida nos métodos cartográficos de mapeamento de duna em Portugal com uso do sistema GPS (REBÊLO *et al.*, 2000) e também em zona praial no Brasil em Matinhos (PR) (KRUEGER, 2002) e de processo erosivo na ilha do Mel (PR) (SOUZA *et al.*, 2002).
- b) Rastreadores do sistema GPS GTR-A (L1), nos modos de operação relativo, estático e cinemático.
- c) Mapas temáticos regionais da Fundação CIDE (escala 1/100.000): base cartográfica, uso do solo e condicionantes físico-ambientais.
- d) Mapas topográficos do IBGE (escala 1/50.000): São João da Barra e Muçurepe.
- e) Imagens sensoriais: mosaico de ortofotografias⁷ na escala 1/30.000 (ano 2000), fotografias aéreas⁸ na escala 1/8.000 (ano 2000), IKONOS⁹ (ano 2001), CBERS (ano 2004), SPOT¹⁰ (2000) e LANDSAT (ano 1997¹¹ e ano 1999¹²).
- f) Uso dos sistemas Ashtech Solution®, Util®, EZSurv® (PosProcessor® e Graphics®) para o pós-processamento de dados GPS.
- g) Uso dos sistemas computacionais SURFER8® e SPRING4.3.1® para geração dos modelos 3D e mapas temáticos.

3.2. Etapas metodológicas

3.2.1. Levantamento de dados existentes (imagens sensoriais e dados vetoriais – bases cartográficas)

Foram feitos levantamentos sobre dados cartográficos institucionais, assim como de imagens fotográficas disponíveis.

Dados Vetoriais:

- Mapeamento topográfico; uso do solo; e de condicionantes físico-ambientais: escala 1/100.000 - Fundação CIDE.

⁷ Mosaico de ortofotografias gentilmente cedido pela empresa Ampla.

⁸ Fotografias aéreas gentilmente cedidas pela empresa Ampla.

⁹ Imagens IKONOS gentilmente cedidas pela empresa Space Imaging do Brasil Ltda..

¹⁰ Gentilmente cedida pelo CEFET-Campos dos Goytacazes.

¹¹ Imagem LANDSAT (ano 1997) gentilmente cedidas pela Fundação IBGE (Departamento de Cartografia).

- Mapeamento topográfico: escala 1/50.000 – IBGE.
- Mapeamento temático¹³ do projeto Atafona da UFF/LAGEMAR e UERJ.

Dados de imagens sensoriais:

- LANDSAT5, ano 1997.
- LANDSAT7 ETM+, todas as bandas (B1, B2, B3, B4, B5, B61, B62, B7 e B8), ano 1999.
- SPOT, 8 bits/pixel, ano 2000.
- IKONOS, ano 2001.
- Fotografias tomadas em missões de helicóptero (crédito do autor, tomadas em 2003 e 2004, em parceria com o IBAMA; e UFF/Lagemar).
- Fotografias tomadas de ultra-leve em 28 de novembro de 2006 (crédito de Emanuel de Jesus, com apoio do Corpo de Bombeiros do Estado do Rio de Janeiro).

3.2.2. Planejamento dos trabalhos de campo com o sistema GPS

O planejamento dos levantamentos de campo com o uso do sistema GPS foi feito com base na análise da configuração espacial das dunas sobre o mosaico de ortofotografias na escala 1/30.000, ano 2000. As imagens foram georreferenciadas previamente por meio de estações GPS estáticas estabelecidas na zona costeira entre as praias de Atafona e de Grussaí (RIBEIRO, 2005). Os quantitativos dos levantamentos relativos às dunas estão dispostos na tabela 1 a seguir.

3.2.3. Execução dos levantamentos GPS

Para a geração de coordenadas UTM (referidas ao sistema geodésico SAD-69) dos pontos que compõem a malha que cobre parte do campo de dunas foram

¹² Gentilmente cedidas pelo CEFET-Campos dos Goytacazes.

¹³ Mapas gentilmente cedidos pelo projeto de pesquisa liderado pelo Departamento de Geologia da UFF denominado ATAFONA, RJ: AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE EROSÃO MARINHA (CNPq), em parceria com o Departamento de Engenharia Cartográfica da UERJ.

executados levantamentos geodésicos com uso de rastreadores GPS GTR-A, no modo relativo cinemático.

Os levantamentos GPS foram realizados com taxa de armazenamento de dados de 2^s, janela/máscara de observação de 10° e com o mínimo de 4 satélites. Esses parâmetros foram previamente configurados nos rastreadores GPS GTR-A (TechGeo®) com uso do sistema computacional Util®.

3.2.4. Pós-processamento de dados GPS

O pós-processamento dos dados GPS foi feito imediatamente após a execução dos levantamentos de campo em Atafona.

Foram utilizados os sistemas computacionais que compõem o pacote de software EzSurv®, de origem canadense: PosProcessor® e Graphics®.

Foram executadas 4 campanhas da parte selecionada de campo de dunas de interesse nas seguintes datas apresentadas na tabela 1.

Datas (ano 2006)	Número de estações processadas
15 de janeiro ¹⁴	1360
22 de janeiro	3424
18 de fevereiro	4547
1° de julho	5541
27 de agosto	3978

Tabela 1: Número de estações levantadas com o sistema GPS.

O número de estações levantadas foi suficiente para retratar, numa malha regular, o comportamento do relevo e suas variações de altitude.

3.2.5. Geração de modelos digitais do terreno no sistema SURFER8®

¹⁴ Campanha executada como ensaio de uso dos equipamentos e treinamento de alunos do curso de Engenharia Cartográfica da UERJ e de Geografia da UFF.

No sistema SURFER8® foram gerados mapas representativos do relevo, com a visão em 2D dos pontos ocupados, e visão 3D na forma de bloco e na forma de mapa de isolinhas (curvas de nível).

3.2.6. Geração de banco de dados no SPRING4.3.1®

Com o processamento de dados feito no ambiente computacional do sistema SURFER8® foi possível gerar arquivos nos formatos SRF e DXF contendo as plotagens 2D e 3D.

No sistema SPRING4.3.1® foi feita a importação dos arquivos 2D e 3D no formato DXF (Release12), dentro dos parâmetros padronizados (sistema de coordenadas e sistema geodésico) em uma categoria apropriada definida previamente no seu Modelo de Dados, associada a Planos de Informação (PI) específicos.

3.2.7. Geração de mapas temáticos

Foram gerados mapas temáticos com a apresentação das seguintes situações:

- a) Mapa contendo plotagem 2D das estações ocupadas para os levantamentos GPS executados no verão e no inverno de 2006.
- b) Mapa contendo plotagem 3D com a apresentação do relevo em cores hipsométricas.
- c) Mapa de localização do campo de dunas e da parcela estudada.
- d) Mapa indicativo do aumento relativo de volume de sedimentos para o verão e o inverno de 2006.
- e) Mapa indicativo do avanço das dunas sobre a área urbanizada.
- f) Mapa indicativo da localização das estações onde foram feitas as coletas de sedimentos.

3.2.8. Diagrama da metodologia

O arcabouço metodológico adotado para a geração dos resultados está sucintamente apresentado no diagrama a seguir.

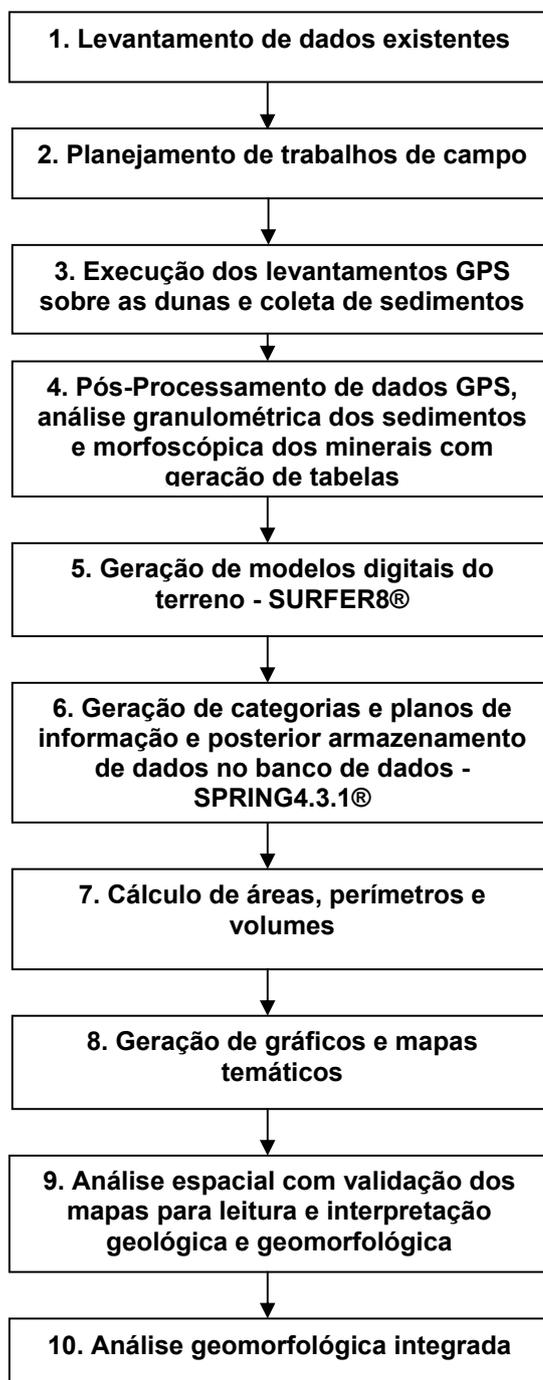


Figura 14: Etapas metodológicas para geração dos resultados do mapeamento do pontal e de parte do campo de dunas, com análise geográfica integrada.

“Mar sonoro, mar sem fundo, mar sem fim... Dentro do mar tem rio”
(Sophia de Mello Breyner)

4. Apresentação dos resultados

Os seguintes resultados foram gerados:

- Quantificação da taxa de transporte eólico de sedimentos – análise da ação mecânica das ondas sobre os sedimentos praias com estudos granulométricos.
- Investigação sobre origem dos sedimentos que constituem as dunas – análise morfooscópica dos minerais encontrados nos sedimentos.
- Análise da maturidade dos sedimentos nas dunas e sua relação com o déficit sedimentar na parte meridional da foz do rio Paraíba do Sul.
- Dinâmica das dunas em função de clima úmido e seco (verão e inverno).
- Produção de gráficos e mapas temáticos.

Para permitir melhor organizar a análise e interpretação dos resultados obtidos são expostos a partir de agora itens importantes dos produtos gerados.

4.1. Erosão e progradação costeiras na zona litorânea entre Atafona e Grussaí

Foram divulgados por RIBEIRO (2005) mapas indicativos da erosão e progradação costeiras observadas na zona costeira que contém o campo de dunas. A seguir são apresentados mapas com a retratação desses fenômenos para as épocas de 1954, 2004 e 2005.

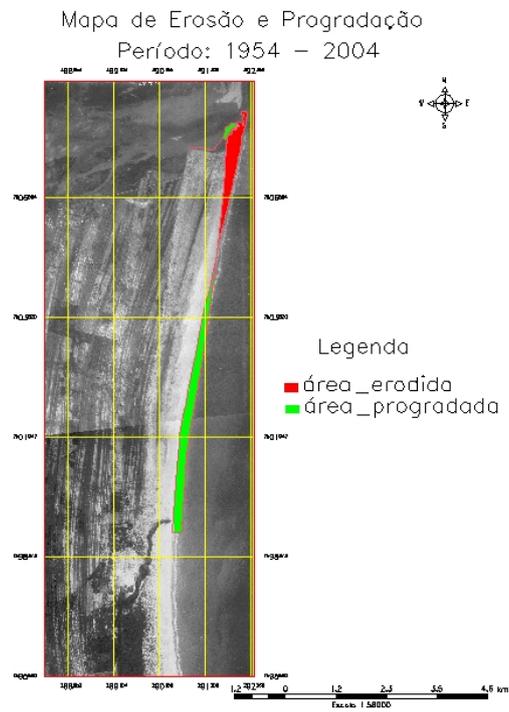


Figura 15: Variação da linha de costa entre 1954 a 2004.

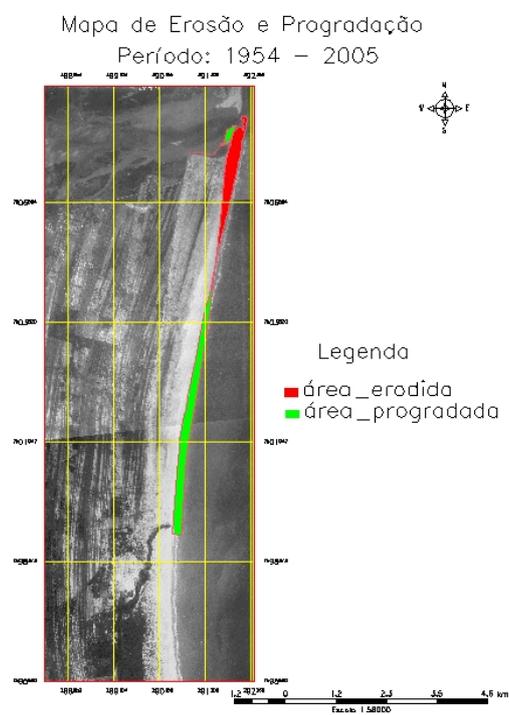


Figura 16: Variação da linha de costa entre 1954 e 2005.

As duas figuras anteriores possuem a linha de costa de 2004 e de 2005 plotadas nos mapas a partir dos levantamentos GPS executados no campo, nos modos relativo e cinemático, com precisão na ordem de $5\text{mm} \pm 5\text{ppm}$. Foi utilizada a taxa de 2^{s} para o armazenamento de coordenadas nos rastreadores GPS Ashtech Solution® e com máscara de elevação de 10° . A variação da linha de costa, nesta zona litorânea de aproximadamente 8 km, produziu os valores medidos de erosão e progradação apresentados nos quadros a seguir.

A tabela 4 a seguir mostra as áreas erodidas e perímetros correspondentes aos polígonos vetorizados, tendo como referência o cenário de 1954 em relação a outras datas posteriores. Valores expressos em função de erosão e de progradação da linha de costa.

Ano	Erosão (retrogradação)		Progradação	
	Área (m ²)	Perímetro (m)	Área (m ²)	Perímetro (m)
1964	13.978	6.135	546.549	26.014
1974	73.157	3.611	1.456.685	23.960
1976	243.577	7.779	689.672	18.567
2000	919.082	8.581	1.725.906	23.258
2004	562.910	7.514	1.110.602	14.425
2005	584.462	8.039	1.053.747	13.978

Tabela 2: Erosão e progradação da linha de costa a partir dos mapeamentos (RIBEIRO, 2005).

4.2. Pontal arenoso de Atafona

Outra frente de trabalho desenvolvida foi a execução do mapeamento com GPS (figura a seguir) do pontal de Atafona, com o propósito de registrar a forte mobilidade da linha de costa, que teve sua forma muito alterada ao longo desses últimos dois anos (2004 e 2005).



Figura 16a: Levantamento GPS da linha d'água no pontal arenoso de Atafona (aluno do curso de Geografia da UFF André Caldas).

Para o monitoramento da linha de costa no pontal arenoso de Atafona foram medidas com o sistema GPS, no modo relativo e cinemático, as posições da linha d'água. Comprovou-se o caráter efêmero e dinâmico do contorno do pontal ao longo do tempo. A figura a seguir indica, como exemplo, a posição da linha d'água associada aos levantamentos mensais executados durante o ano de 2004. As trajetórias percorridas a cada mês estão apresentadas através de linhas contínuas coloridas.

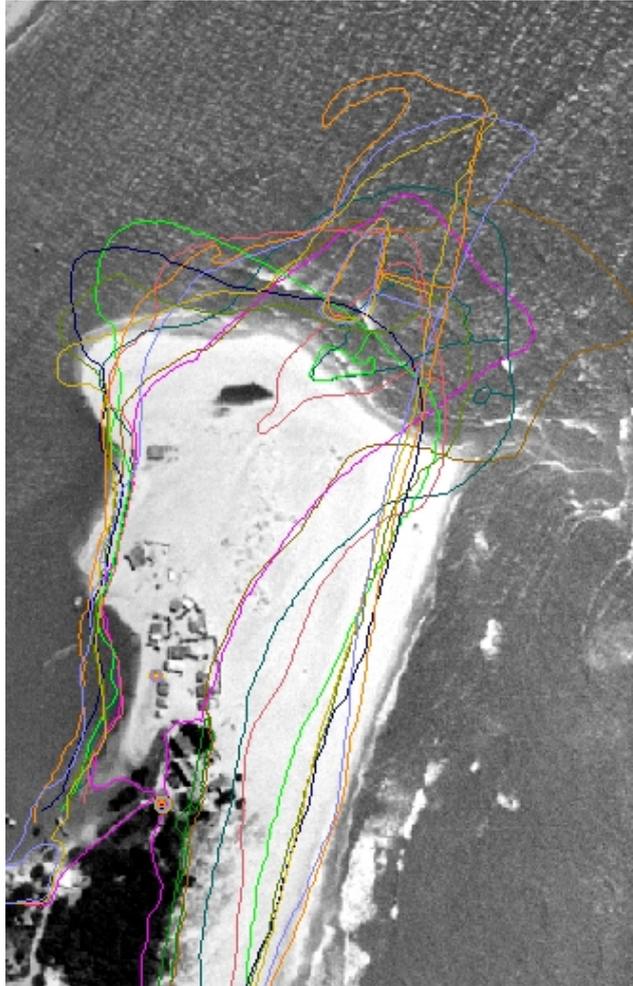


Figura 17: Variação da linha d'água a partir de levantamentos mensais executados com GPS em 2004, no pontal arenoso de Atafona.

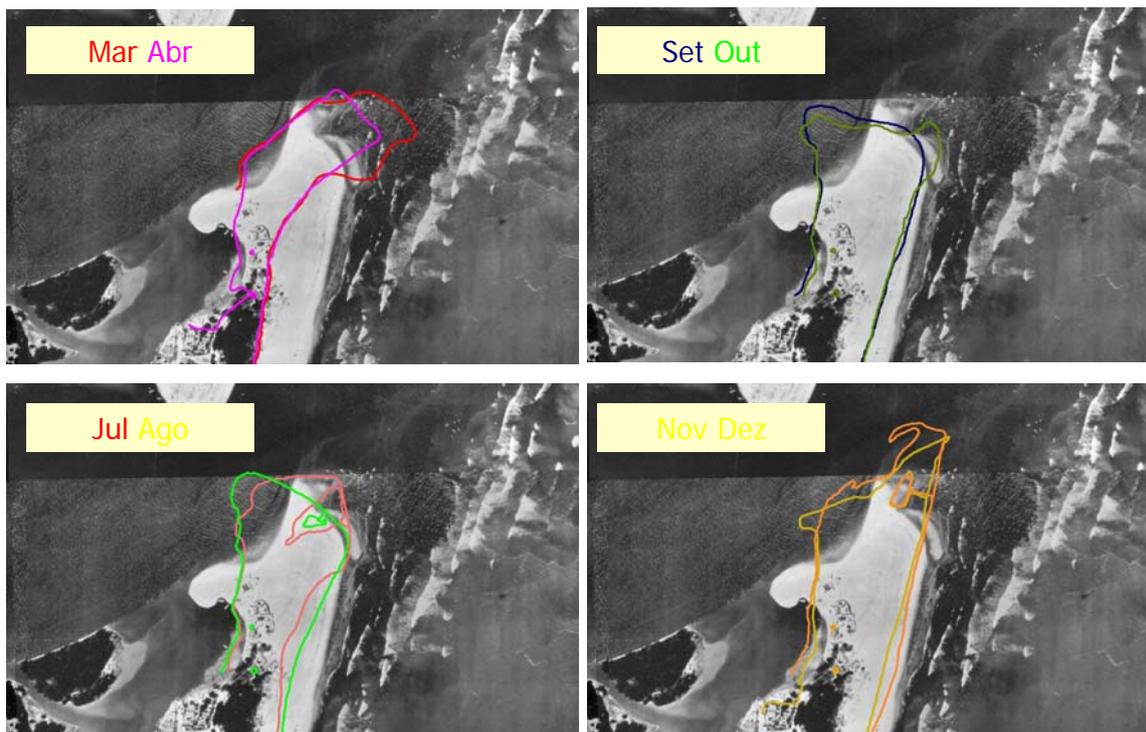


Figura 18: Apresentação da variação mensal da linha de costa no pontal arenoso de Atafona, a partir de levantamentos GPS, no modo relativo e cinemático.

Ao longo dos anos estudados o pontal arenoso se apresentou com formas diferentes, caracterizando erosão e progradação em épocas específicas (1954, 1964, 1974, 1976 e 2000) (figura 20). As condições ambientais a que se submeteu nas épocas são ainda desconhecidas, mas há os agentes fluvial e marinho presentes com influência marcante da ação de ondas e de variação hidrodinâmica do rio. Na década de 70 (especificamente em 1974 e 1976) houve progradação do pontal, o que estimulou, na ocasião, a sua ocupação por casas simples, quiosques e bares, além de construções populares. De 2000 até os dias de hoje a escarpa erosiva está localizada sobre construções de classe média, predominantemente de veranistas. A estratégia de ocupação futura deve levar em conta essa história recente de variação da linha de costa, permitindo identificar áreas de alto risco à população local.

Para a exatidão dos mapas produzidos tendo como base imagens sensoriais, foram executados trabalhos de campo com rastreadores GPS Reliance Ashtech® no modo relativo e estático, configurando a seguinte distribuição de

pontos de controle na zona costeira de maior interesse para monitoramento do processo de erosão em Atafona (figura 16).

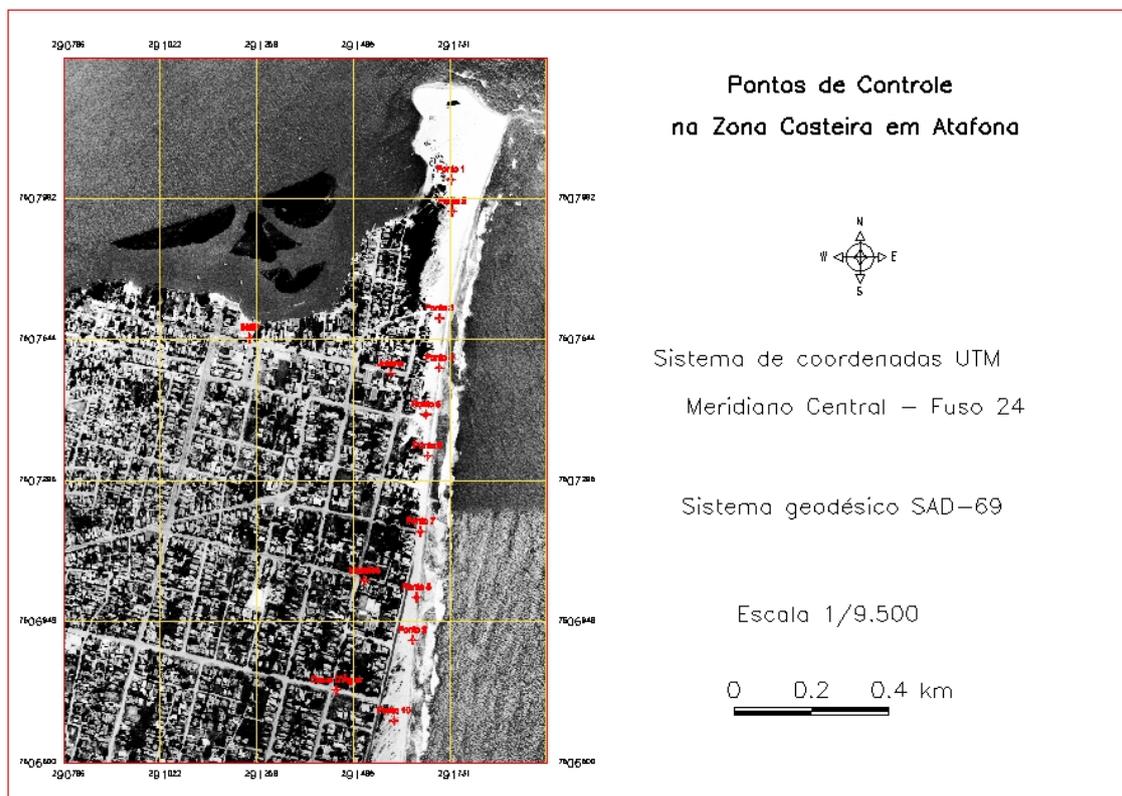


Figura 19: Distribuição dos pontos de controle GPS na zona de maior interesse em Atafona.

DINÂMICA DO LITORAL EM ATAFONA

Sistema de coordenadas UTM. Sistema geodésico SAD – 69.

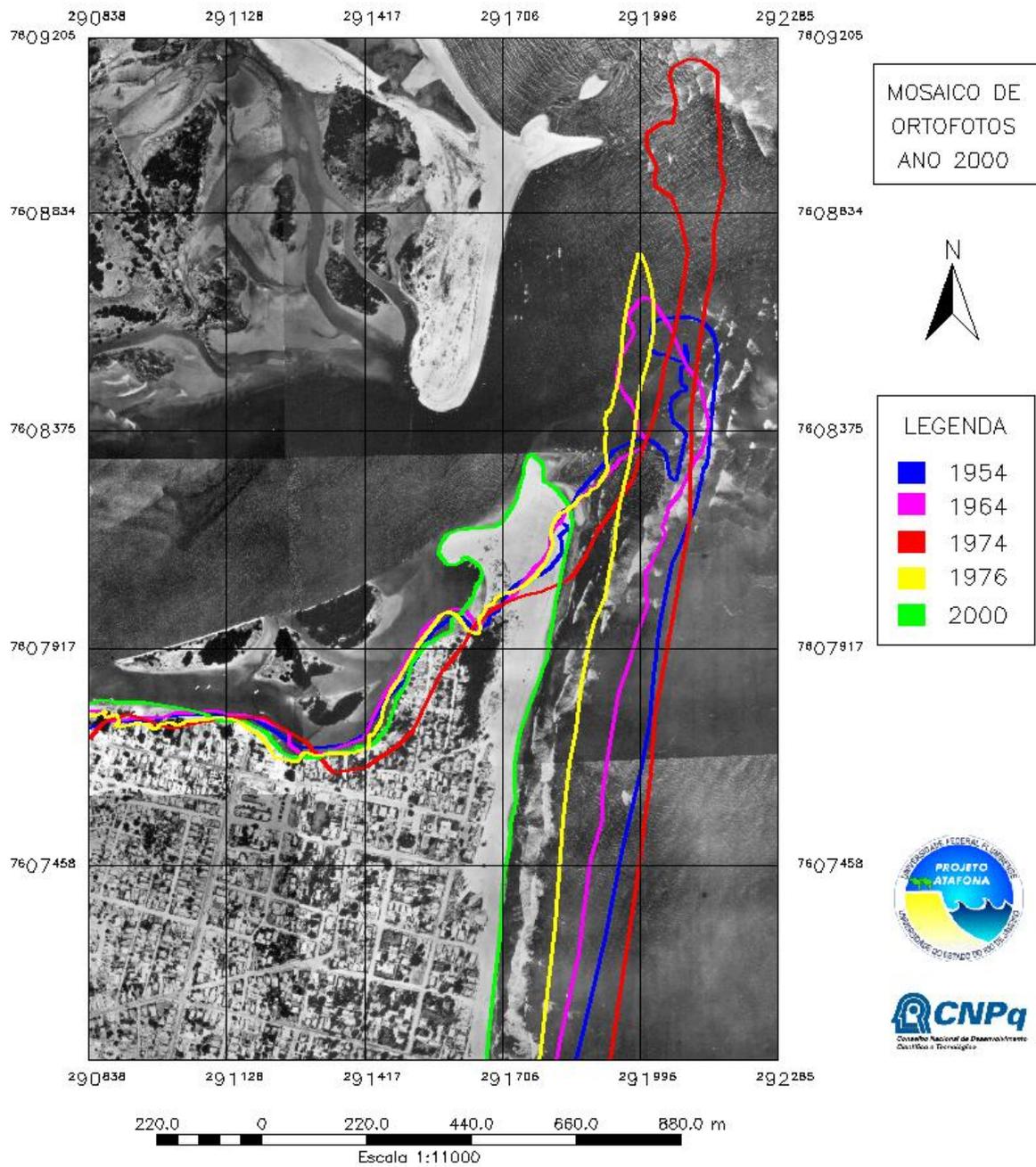


Figura 20: Variação posicional do pontal arenoso para épocas já estudadas.

A velocidade de erosão observada na parte entre o pontal arenoso, entre a foz do rio e Chapéu de Sol (onde se localizam o balneário, a recém-inaugurada Estação da Ciência, o Camping e o Corpo de Bombeiros), numa extensão de 3,5 km aproximadamente, foi variável e diminui em direção ao Sul. Associar as velocidades com o comportamento do relevo, do ponto de vista altimétrico (declividade), é uma tarefa importante para avaliar a evolução do processo para os próximos anos. Para isso foram executados levantamentos topográficos e geodésicos, com estação total e GPS respectivamente, com o propósito de conhecer a declividade do terreno na área urbana, atualmente localizada na frente erosiva de alto risco. A partir de pontos de referência foram executados levantamentos de campo que puderam gerar modelos numéricos do terreno que configurassem o relevo. Assim foi possível constatar que a velocidade de erosão é maior quando a declividade é baixa. Na frente erosiva, onde se localizam as duas caixas d'água, que abastecem o balneário de Atafona, observa-se uma velocidade de 2,7m em praticamente 1 ano de levantamentos de campo realizados com GPS, executados em janeiro de 2004 e em fevereiro de 2005 (RIBEIRO *et al.*, 2005). O cenário atual é preocupante, uma vez que o processo de erosão está presente e torna as áreas adjacentes de alto risco - áreas nobres - que têm risco de destruição nos próximos anos, se as condições ambientais se mantiverem como têm sido nos últimos anos. A figura a seguir apresenta a área urbana destruída no pontal de Atafona configurada para 1990 (AZEVEDO, 2004) sobre mosaico de fotografias aéreas de 2000.

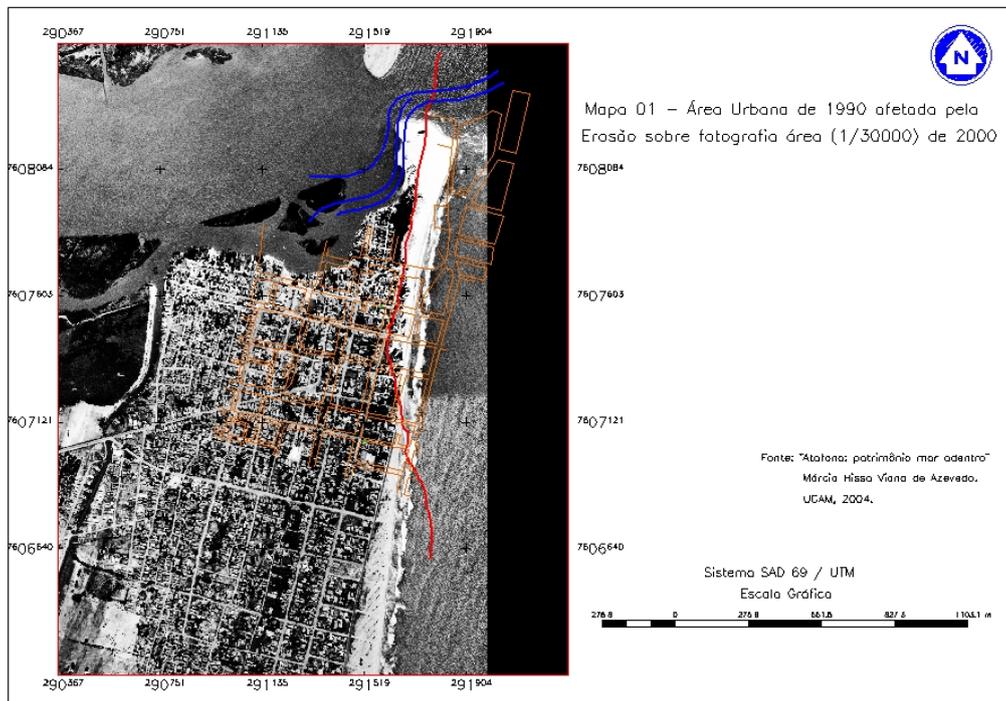


Figura 21: Mapa da destruição para cenário em 1990 (AZEVEDO, 2004) sobre foto de 2000.

A tabela a seguir apresenta as precisões alcançadas nos levantamentos GPS, modo relativo e cinemático no caminhamento feito no pontal arenoso em Atafona.

Data			PDOP ¹⁵	RMS-lat (cm)	RMS-lon (cm)	RMS-h (cm)
26	Mar	2004	2,5	1,8	3,2	2,5
17	Abr	2004	1,3	2,6	3,9	4,1
22	Mai	2004	2,5	2,3	2,0	3,0
18	Jun	2004	1,9	2,1	3,0	4,1
17	Jul	2004	2,6	1,9	1,9	2,8
20	Ago	2004	1,3	2,0	2,5	3,0
18	Set	2004	2,4	1,7	2,8	4,2
23	Out	2004	1,7	2,2	2,4	2,9

Tabela 3: Precisões alcançadas nos levantamentos GPS, modo relativo e cinemático no caminhar no pontal arenoso em Atafona.

A tabela a seguir apresenta valores das precisões alcançadas durante os levantamentos GPS dos pontos de controle indicados na figura 25, no modo relativo e estático (bases curtas).

¹⁵ Valor indicativo da precisão planialtimétrica relativo ao sistema GPS no momento dos levantamentos de campo, onde são consideradas a geometria dos satélites e a determinação da pseudo-distância. O valor limite (tolerância) admitido para determinações geodésicas é 3.

Estação	Tempo (min)	Dist. (m)	PDOP ¹⁶	RMS-lat (mm)	RMS-lon (mm)	RMS-h (mm)
1	18,50	19,200	1,4	0	0	2
2	14,83	151,260	2,1	2	2	4
3	11,13	258,258	1,6	2	2	4
4	12,27	413,837	1,5	2	2	4
5	13,80	535,358	1,6	2	2	4
6	11,83	576,710	1,3	3	3	4
7	8,97	704,792	1,5	2	3	2
8	10,57	634,382	1,4	2	2	4

Tabela 4: Precisões alcançadas durante os levantamentos GPS dos pontos de controle, no modo relativo e estático (bases curtas).

4.3. Paleopraias na parte meridional da planície do rio Paraíba do Sul

O fenômeno de erosão tem relação com a própria formação gradual do delta do rio Paraíba do Sul. Eventos dessa natureza já ocorreram no passado geológico e há cicatrizes ainda evidentes deles na planície costeira. Analisando fotografias aéreas do ano de 2000 observou-se, com detalhe melhor do que imagens LANDSAT ou CBERS, a existência de uma série de cordões arenosos que foram praias do passado geológico (paleopraias), onde algumas continham dunas em sua zona litorânea como resultado de processos costeiros (agentes fluvial e marinho). A figura a seguir ilustra um conjunto de cristas de praia vetorizadas a partir dessas fotografias, caracterizando feixes que possuem orientações distintas (ALMEIDA *et al.*, 2004).

¹⁶ Valor indicativo da precisão planialtimétrica relativo ao sistema GPS no momento dos levantamentos de campo, onde são consideradas a geometria dos satélites e a determinação da pseudo-distância. O valor limite (tolerância) admitido para determinações geodésicas é 3.

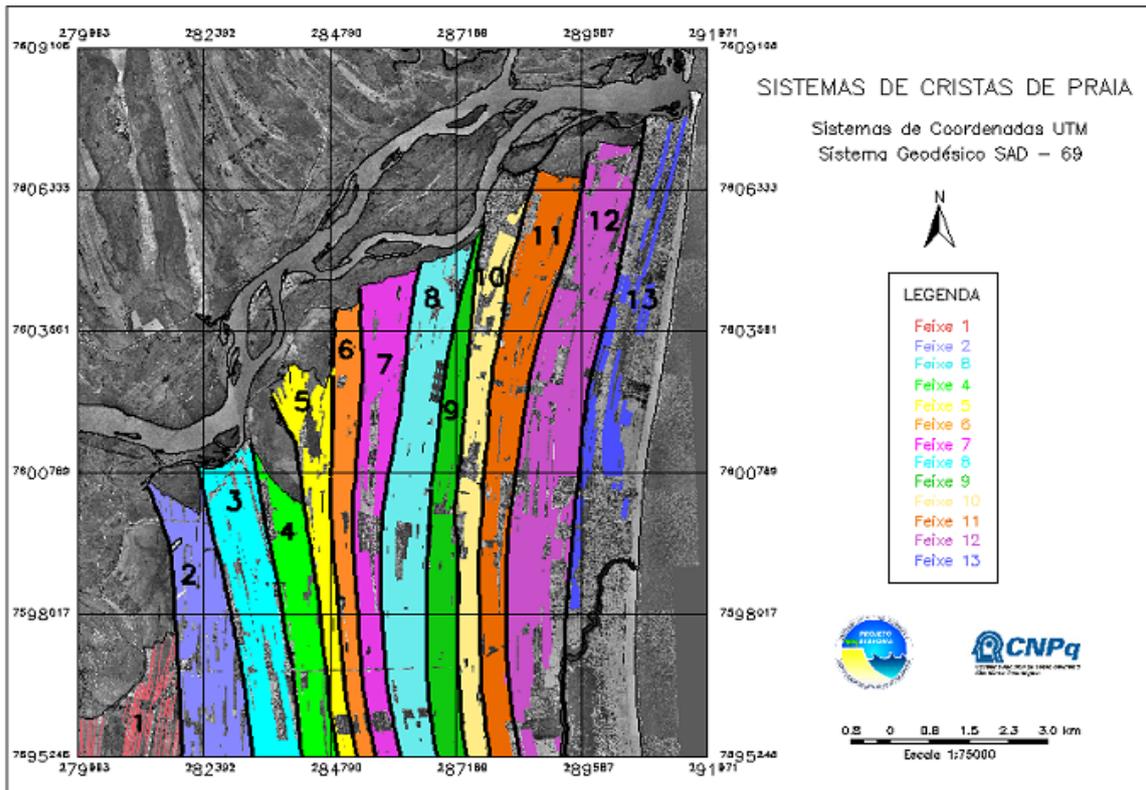


Figura 22: Mapa de cristas de paleopraias contidas na parte meridional da planície costeira do rio Paraíba do Sul.

Já as figuras a seguir ilustram exemplos de feições geomorfológicas importantes. Trata-se de cordões litorâneos formados por cristas e cavas (cavados) contidos na planície do rio Paraíba do Sul. A próxima figura apresenta as áreas de depressão evidenciadas com o preenchimento e permanência ainda de água de chuvas de janeiro/2007. É uma área caracterizada por uso do solo pela classe pasto para o gado. Tal cenário se localiza vizinho à área urbana na sede do município. A outra figura, que vem a seguir a esta, ilustra as formas citadas presentes na restinga, em área mais ao sul da sede do município. É uma área de restinga com menos intervenção humana do que a anterior.



Figura 23: Cristas e cavas de paleopraias ainda parcialmente preservadas na planície (Foto: Felício Antonio Medeiros Valiengo/Defesa Civil - São João da Barra, 26/02/2007).



Figura 24: Cristas e cavas de paleopraias ainda parcialmente preservadas na restinga (Foto: Felício Antonio Medeiros Valiengo/Defesa Civil - São João da Barra, 26/02/2007).

4.4. Mapeamento da área urbana de alto risco ambiental

As próximas duas figuras ilustram parte da área urbana mapeada em 3D, sendo que as áreas no rio Paraíba do Sul e oceânicas não obtiveram dados amostrais, o que as torna áreas sem possibilidade de interpretações. Os levantamentos foram executados com estação total e tiveram apoio de estações de controle azimuthal com GPS.

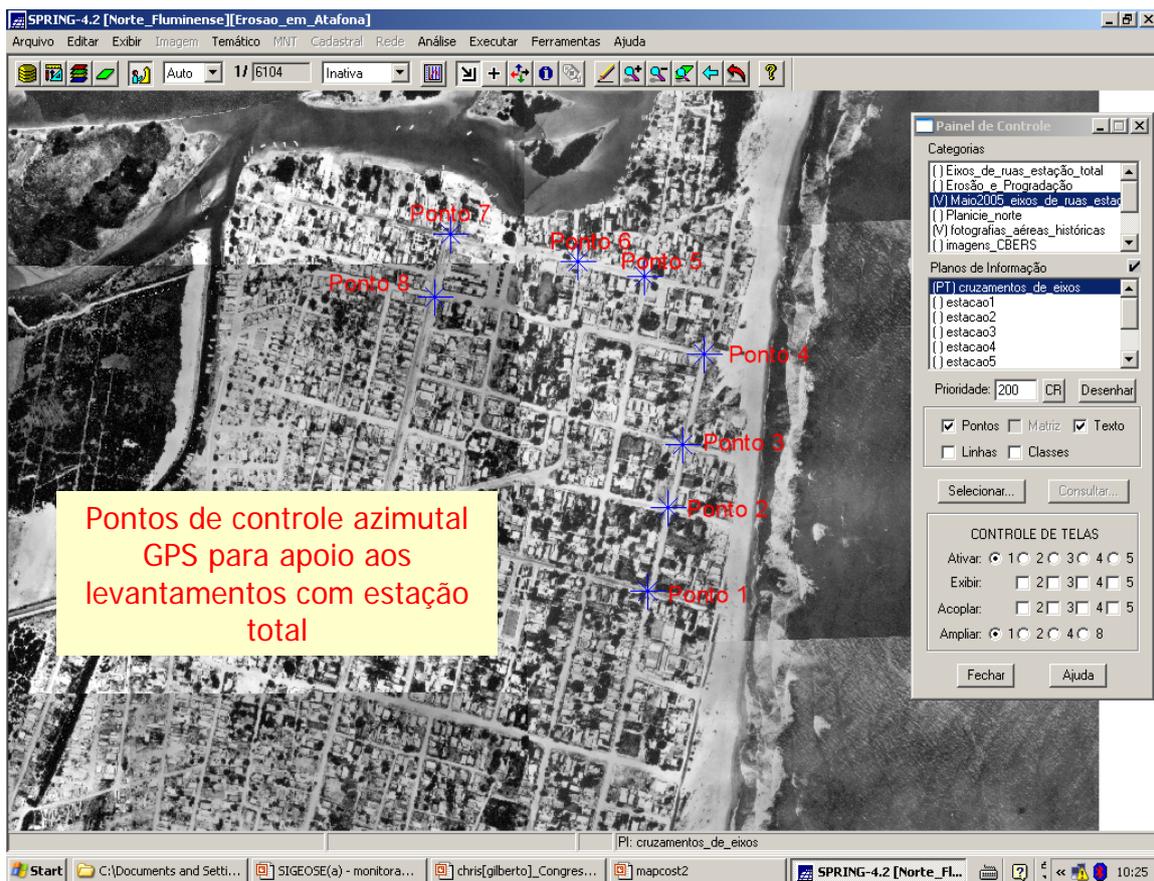


Figura 25: Pontos GPS para controle azimuthal dos levantamentos geodésicos com estação total.

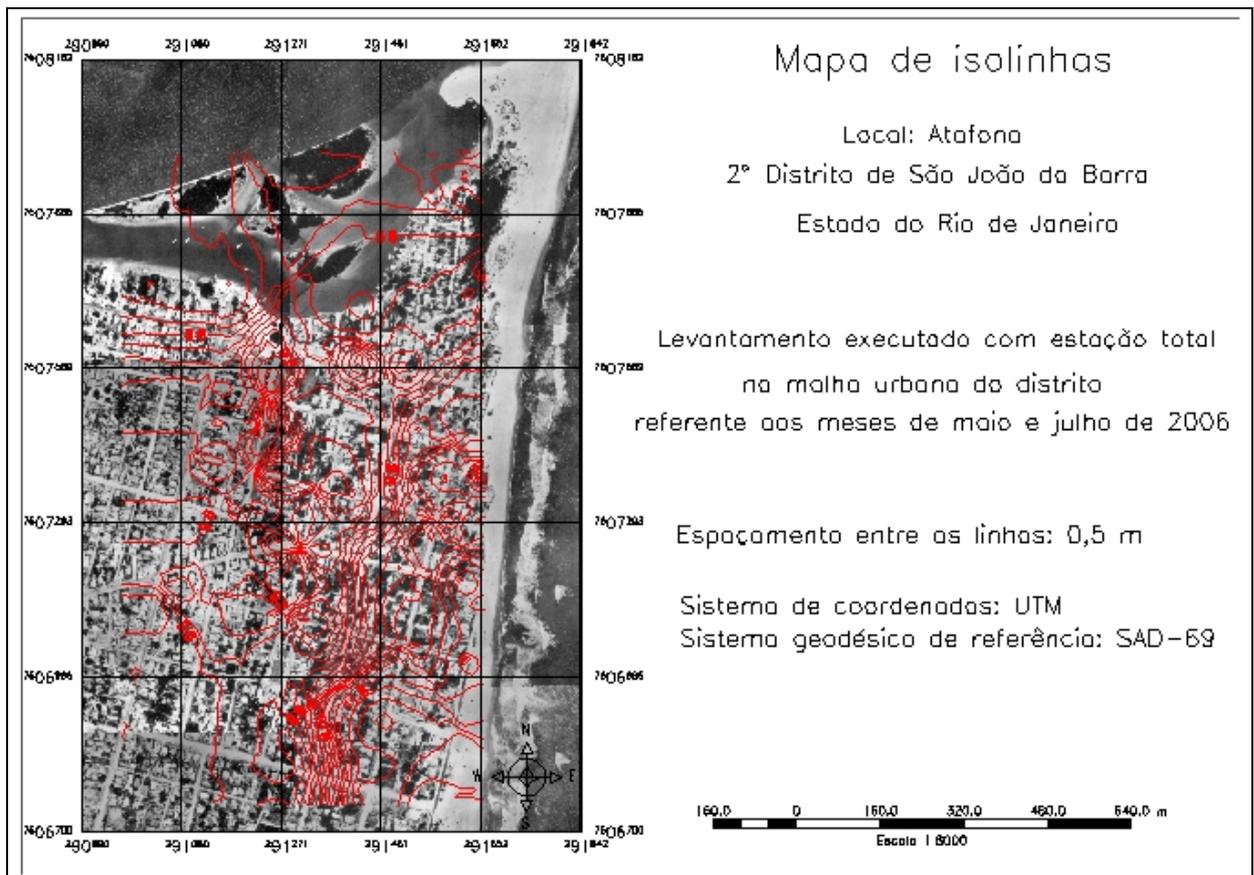


Figura 26: Modelo 3D de área urbana em Atafona.

4.5. Imagens fotográficas do campo de dunas

Os registros fotográficos aéreos panorâmicos mais antigos da praia de Atafona são de 1987. As figuras a seguir mostram o cenário sobre o qual o campo de dunas muito provavelmente se desenvolveu, onde está indicado, na primeira elevação pós-praia, um indício de formação de dunas vegetadas na zona onde se localiza hoje o Corpo de Bombeiros.



Figura 26a: Fotografia da praia de Atafona, cenário de 1987 (UFF/Lagemar).



Figura 26b: Fotografia da praia de Atafona, cenário de 1987 (UFF/Lagemar).

O campo de dunas na zona estudada tem sua configuração estendida desde o pontal de Atafona até a zona do Corpo de Bombeiros. As figuras a seguir ilustram trechos das dunas localizadas ao norte da zona estudada, próximas à foz do rio Paraíba do Sul.

O propósito da apresentação destas fotos é de, além de ilustrar o objeto da pesquisa, também permitir comparações entre cenários distintos, em especial com foco em sua dinâmica.

Esses registros fotográficos servirão de referência para futuras configurações do campo de dunas.



Figura 27: Visão panorâmica do manguezal do pontal de Atafona (Foto: Emanuel de Jesus, 28/11/06).



Figura 28: Visão panorâmica do pontal de Atafona (Foto: Emanuel de Jesus, 28/11/06).

Os créditos das fotografias são de Emanuel de Jesus, a bordo de ultra-leve, em missão executada em 28/11/2006, com apoio do Corpo de Bombeiros do estado do Rio de Janeiro (piloto Marco Antônio as Silva, o "Careca").



**Fotografias:
Emanuel de Jesus**

As figuras anteriores ilustram a parte norte do sistema de dunas estabelecido em Atafona.

Para efeito de comparação com as fotos obtidas recentemente em novembro/2006 são a seguir apresentadas fotografias panorâmicas obtidas com perspectiva no topo de uma das caixas d'água, tomadas na ocasião da execução dos levantamentos GPS com alunos do curso de Engenharia Civil da Universidade Veiga de Almeida em setembro/2005. Observa-se o soterramento parcial da av. Atlântica e início do soterramento de parte das casas nela endereçadas.



Figura 29: Visão geral de parte do campo de dunas, área de estudos (Foto: Alexandre Moisés Haber, setembro/2005).



Figura 30: Visão panorâmica da área de alto risco à erosão marinha, com nítida identificação de soterramento da pista da av. Atlântica e de casas (Foto: Alexandre Moisés Haber, setembro/2005).

A seguir são apresentadas fotografias ilustrativas dos levantamentos de campo com GPS, do campo de dunas provocando o soterramento de casas e a intervenção da prefeitura de São João da Barra no desmonte de parte das dunas recentemente realizado.



Figura 31: Equipe de alunos da UERJ e da UFF, com supervisão do autor, durante a execução de levantamentos GPS nas dunas em 14/10/2006.



Figura 32: Visão panorâmica das dunas com soterramento da av. Atlântica e casas, cenário de 26/08/2006.



Figura 33: Visão panorâmica de parte do campo de dunas frontais em Atafona (área de alto risco) (Foto: Emanuel de Jesus, 28/11/2006).



Figura 34: Visão panorâmica de parte do campo de dunas frontais em Atafona (área de alto risco) (Foto: Emanuel de Jesus, 28/11/2006).



Figura 35: Visão panorâmica de parte do campo de dunas oblíquas em Atafona (área de alto risco) (Foto: Felício Antonio Medeiros Valiengo/Defesa Civil - São João da Barra, 26/02/2007).



Figura 36: Visão panorâmica do campo de dunas em Atafona (Foto: Felício Antonio Medeiros Valiengo/Defesa Civil - São João da Barra, 26/02/2007).



Figura 37: Visão panorâmica do campo de dunas em Atafona (Foto: Jefferson Antonio Marques Figueira de Mello-IBAMA/Campos dos Goytacazes, 26/02/2007).



Figura 38: Visão panorâmica do campo de dunas em Atafona (Foto: Jefferson Antonio Marques Figueira de Mello-IBAMA/Campos dos Goytacazes, 26/02/2007).

As duas figuras anteriores com mais clareza ilustram o estágio atual do campo de dunas na sua parte mais setentrional em Atafona. A evolução da posição espacial da franja da duna indica que a infra-estrutura urbana estará comprometida em função do seu soterramento nos próximos anos.

Em função das constantes tensões sociais instaladas em função das dunas a seguir são apresentadas fotografias que ilustram a última ação intervencionista do Estado no cenário local (prefeitura de São João da Barra), diante da problemática do avanço das dunas sobre a área urbana, tão relatada na imprensa local.



Figuras 37 e 38: Desmorte realizado em 11/11/2006 de parte das dunas frontais oblíquas pela ação do Estado (prefeitura de São João da Barra), com o acompanhamento do IBAMA/Campos.

4.6. Mapeamento do campo de dunas

O campo de dunas instalado na atual praia também é objeto de investigação e foi mapeado com tecnologias digitais de geoprocessamento. A partir do processo de vetorização no SPRING4.3.1® foi possível, sobre o mosaico de imagens IKONOS, extrair o contorno do campo de dunas total (figura 39).

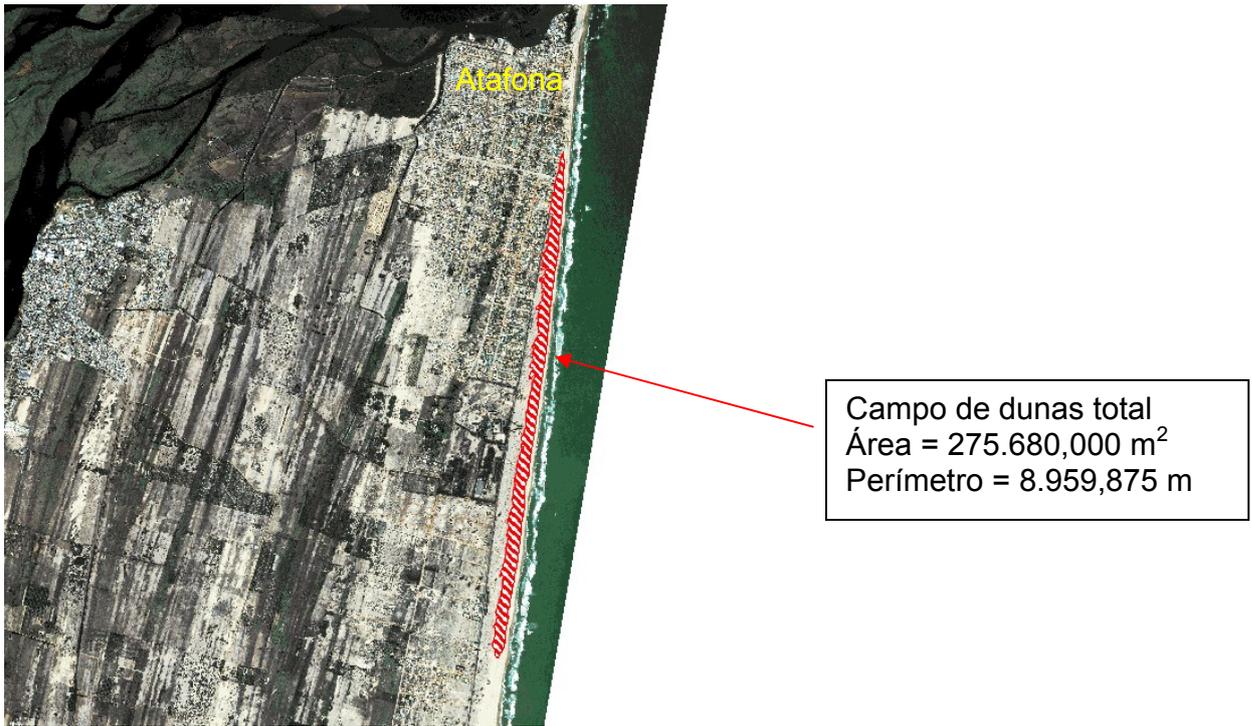


Figura 39: Campo de dunas total em Atafona vetorizado sobre imagem IKONOS.

Relatório gerado no SPRING4.3.1®:

Cálculo de Áreas (m²) / Perímetro (m)

- Relatório por Polígono:
- Plano de Informação: campo_de_dunas_total
- Representação: Vetor

Polígono	Classes	Área	Perímetro
1	Dunas	275680.000000	8959.875461

* Área total das classes: 275680.000000
 * Perímetro total das classes: 8959.875461

Foi feita com este recorte a execução de ensaios laboratoriais relativos ao processo de modelagem numérica do terreno, onde foi produzido mapa 3D, com a

configuração do terreno, para um cenário de fevereiro de 2005. Os levantamentos de campo foram executados com rastreadores GPS GTR-A, cedidos gentilmente pela UFF/Lagemar. A figura a seguir ilustra o recorte espacial nas dunas (PEREIRA, 2007), tendo como uma malha amostral de 2,5m x 2,5m, aproximadamente, a partir de dados GPS no modo relativo e cinemático.

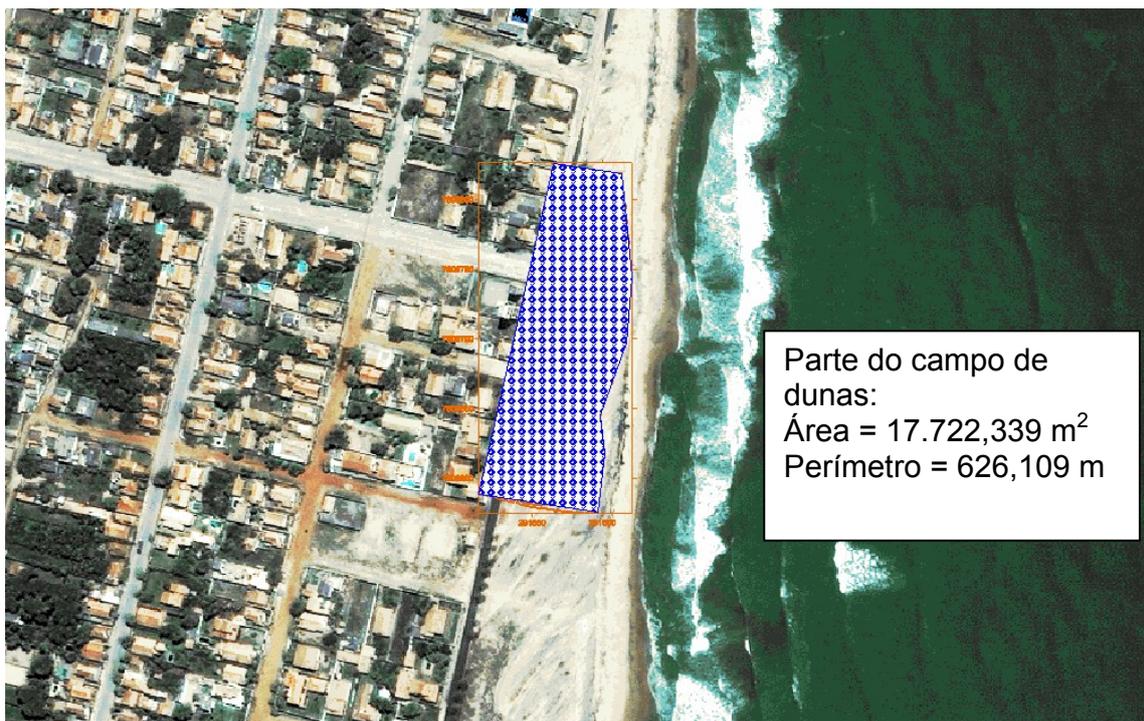


Figura 40: Parte do campo de dunas estudado em Atafona vetorizada sobre imagens IKONOS de 2001.

Relatório gerado no SPRING4.3.1®:

Cálculo de Áreas (m²) / Perímetro (m)

- Relatório por Polígono:
- Plano de Informação: area_e_perimetro
- Representação: Vetor

Polígono	Classes	Área	Perímetro
1	area_e_perimetro	17722.339844	626.109775

- * Área total das classes: 17722.339844
- * Perímetro total das classes: 626.109775

A área da parte estudada do campo de dunas (figura 40) representa 6,4 % do campo de dunas total (figura 39). Esse percentual parece pouco representativo, mas o comportamento dinâmico do campo total de dunas é semelhante ao da parcela estudada. Os fatores (ventos, ondas e marés) que exercem influência sobre as partes que compõem as dunas são os mesmos, e pelas fotografias aéreas panorâmicas essa tendência no comportamento é constatada.

A erosão observada nesta zona costeira foi monitorada por RIBEIRO *et al.* (2005) através de levantamentos geodésicos com GPS da posição espacial da falésia ativa, onde foi determinada a velocidade de erosão na ordem de 1,7 m, valor este calculado para o período de janeiro/2004 a fevereiro/2005 (figura a seguir). A dinâmica observada nessa zona específica, onde as dunas representam barreiras naturais, é bem acentuada. Além disso, tradicionalmente há retirada de sedimentos da pista na av. Atlântica (estrada João Batista de Almeida) com frequência, antes do período de veraneio, pela Secretaria de Meio Ambiente, a pedido dos moradores locais, que querem suas casas com acesso livre, antes parcialmente soterradas. Esta ação sofre constante enfrentamento do IBAMA/Campos, que tem orientado a retirada de sedimentos somente da pista, alegando desta forma não cometer crime ambiental. Esta polêmica não é o foco desta monografia, mas aqui é citada pelo autor para que lembre que o campo de dunas (área de preservação permanente) tem gerado constantes tensões sociais.

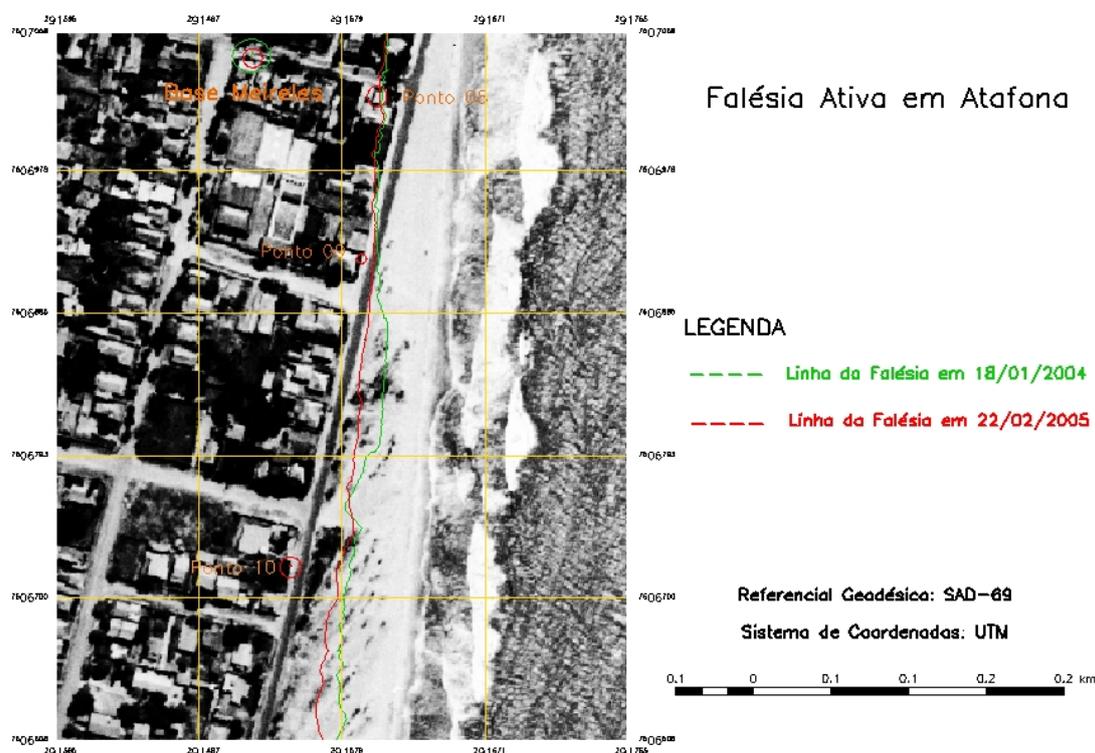


Figura 41: Falésia para épocas distintas (localizadas na área de alto risco) sobre ortofotografias de 2000.

As próximas figuras exemplificam e ilustram a malha de pontos amostrais nas dunas medidas com GPS onde o limite a leste é a linha d'água local instantânea. Em 15 de janeiro de 2006 foi feito um ensaio com os equipamentos sobre o campo de dunas numa malha menor do que as das outras épocas. Foi verificado que o espaçamento adotado entre os pontos amostrais, para os outros casos das figuras, deveria ser na ordem de 2,5m, de forma que a representação no modelo fosse mais fiel à realidade. Essa estratégia foi adotada em função do próprio comportamento do relevo, no que diz respeito à altimetria (variação encontrada nos desníveis entre as estações).

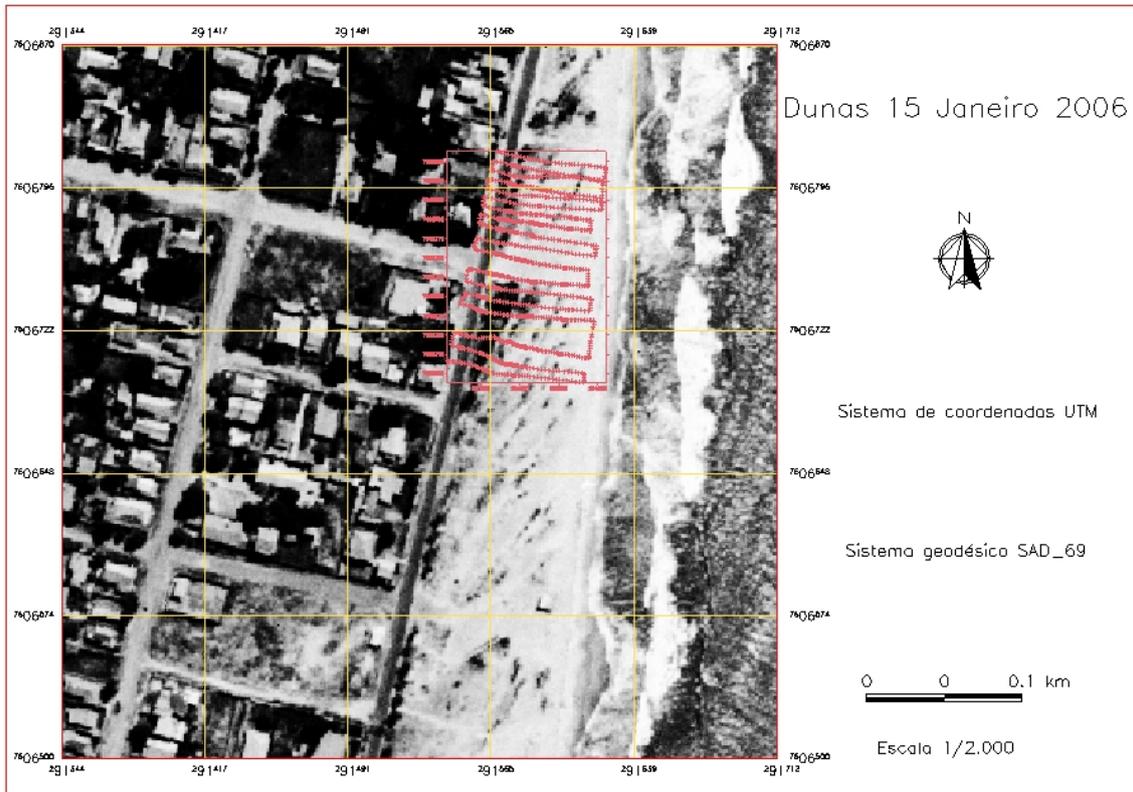


Figura 42: Localização da malha de pontos GPS de 15/01/2006 sobre o campo de dunas em Atafona (ensaio).

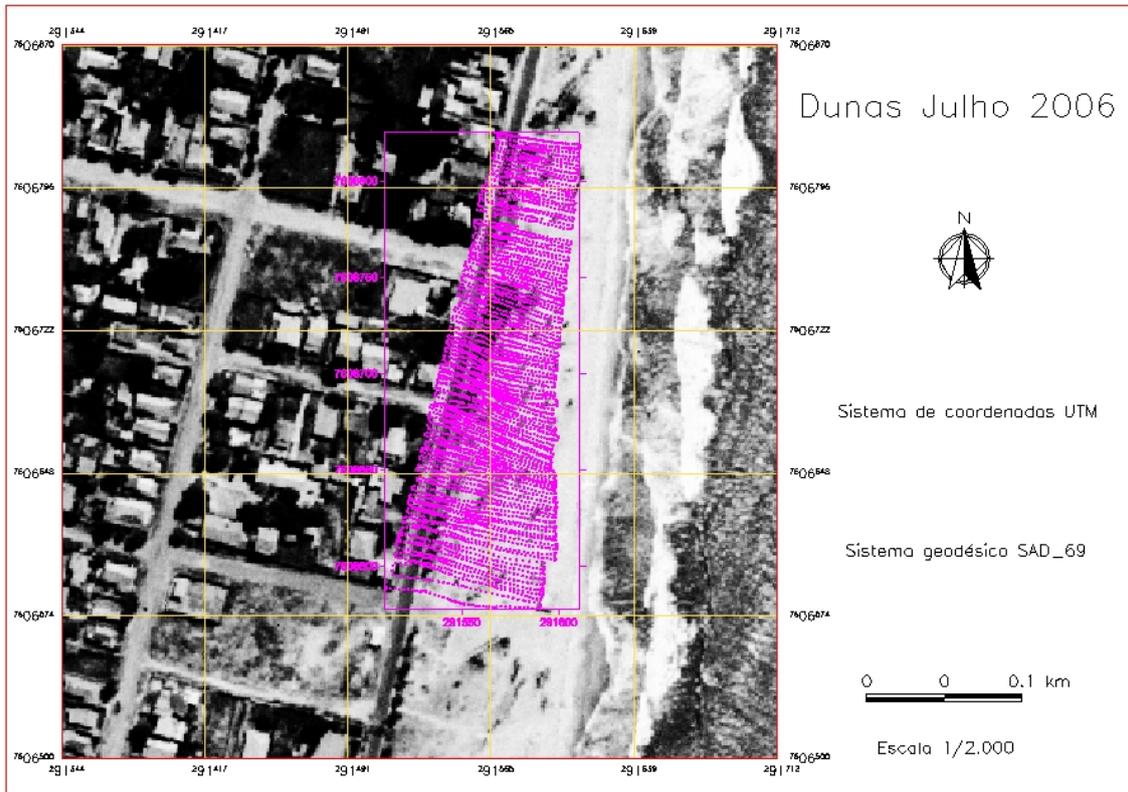


Figura 45: Localização da malha de pontos GPS de 01/07/2006 sobre o campo de dunas em Atafona.

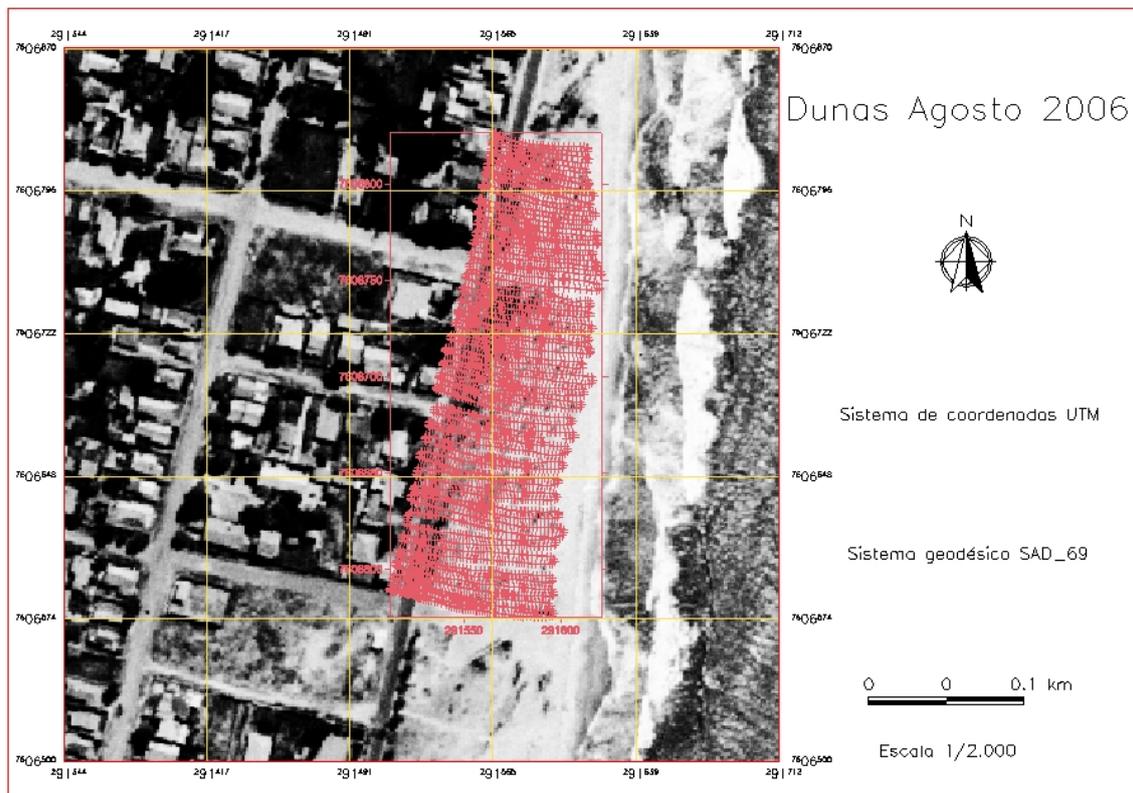


Figura 46: Localização da malha de pontos GPS de 27/08/2006 sobre o campo de dunas em Atafona.

Os dados GPS provenientes do pós-processamento foram estruturados com os seguintes campos, julgados importantes para o próprio processo de modelagem numérica e também para análise de sua qualidade posicional:

- Identificador do ponto
- Data
- Hora
- Coordenada (abscissa) UTM Leste (E) (m)¹⁷
- Coordenada (ordenada) UTM Norte (N) (m)¹⁸
- Altitude elipsoidal (m)
- PDOP
- Sigma (σ) latitude (m)

¹⁷ No sistema geodésico SAD-69, fuso de projeção 24.

¹⁸ No sistema geodésico SAD-69, fuso de projeção 24.

- Sigma (σ) longitude (m)
- Sigma (σ) altitude (m)

A seguir é apresentada tabela contendo exemplo com os 20 primeiros registros como resultados do pós-processamento de dados GPS para o mês de julho/2006:

ID	DATA	HORA	E (m)	N (m)	H (m)	PDOP	σE (mm)	σN (mm)	σalt (mm)
1	7/1/06	55:16.0	291571,136	7606751,457	14,686	3,31	2,114	1,850	5,133
2	7/1/06	55:18.0	291571,143	7606751,456	14,684	3,31	2,114	1,850	5,135
3	7/1/06	55:20.0	291571,150	7606751,458	14,689	3,31	2,115	1,849	5,137
4	7/1/06	55:22.0	291571,173	7606751,448	14,683	3,31	2,116	1,849	5,140
5	7/1/06	55:24.0	291571,193	7606751,455	14,681	3,31	2,116	1,849	5,142
6	7/1/06	55:26.0	291571,184	7606751,475	14,685	3,32	2,117	1,848	5,144
7	7/1/06	55:28.0	291571,181	7606751,470	14,682	3,32	2,117	1,848	5,147
8	7/1/06	55:30.0	291571,223	7606751,446	14,679	3,32	2,118	1,848	5,149
9	7/1/06	55:32.0	291571,255	7606751,453	14,687	3,32	2,119	1,848	5,151
10	7/1/06	55:34.0	291571,243	7606751,441	14,685	3,32	2,119	1,847	5,153
11	7/1/06	55:36.0	291571,255	7606751,445	14,687	3,32	2,120	1,847	5,156
12	7/1/06	55:38.0	291571,249	7606751,431	14,680	3,33	2,121	1,847	5,158
13	7/1/06	55:40.0	291571,179	7606751,464	14,687	3,33	2,121	1,846	5,160
14	7/1/06	55:42.0	291571,178	7606751,453	14,675	3,33	2,122	1,846	5,163
15	7/1/06	55:44.0	291571,151	7606751,461	14,656	3,33	2,122	1,846	5,165
16	7/1/06	55:46.0	291571,160	7606751,458	14,655	3,33	2,123	1,846	5,167
17	7/1/06	55:48.0	291571,162	7606751,459	14,658	3,33	2,124	1,845	5,170
18	7/1/06	55:50.0	291571,173	7606751,443	14,663	3,34	2,124	1,845	5,172
19	7/1/06	55:52.0	291571,137	7606751,420	14,651	3,34	2,125	1,845	5,174
20	7/1/06	55:54.0	291571,139	7606751,421	14,657	3,34	2,126	1,844	5,177

Tabela 5: Resultados de parte do pós-processamento de dados GPS 01/07/2006.

4.7. Trabalhos já publicados em 2004 com dados sedimentológicos em Atafona

GONÇALVES (2004) em seu estudo sobre proveniência e distribuição de minerais pesados no complexo deltaico do rio Paraíba do Sul coletou amostra de sedimentos na praia de Atafona próximo às ruínas (estação P18 - ruínas¹⁹: latitude

¹⁹ Não foi divulgado pela autora o sistema geodésico de referência por ela adotado em 2004. Sendo assim, aqui foi empregado o sistema SAD-69 como referência.

= 21° 37' 18,5" S e longitude = 41° 00' 46,4" W; E = 291650 m, N = 7607684 m) encontrando os seguintes resultados:

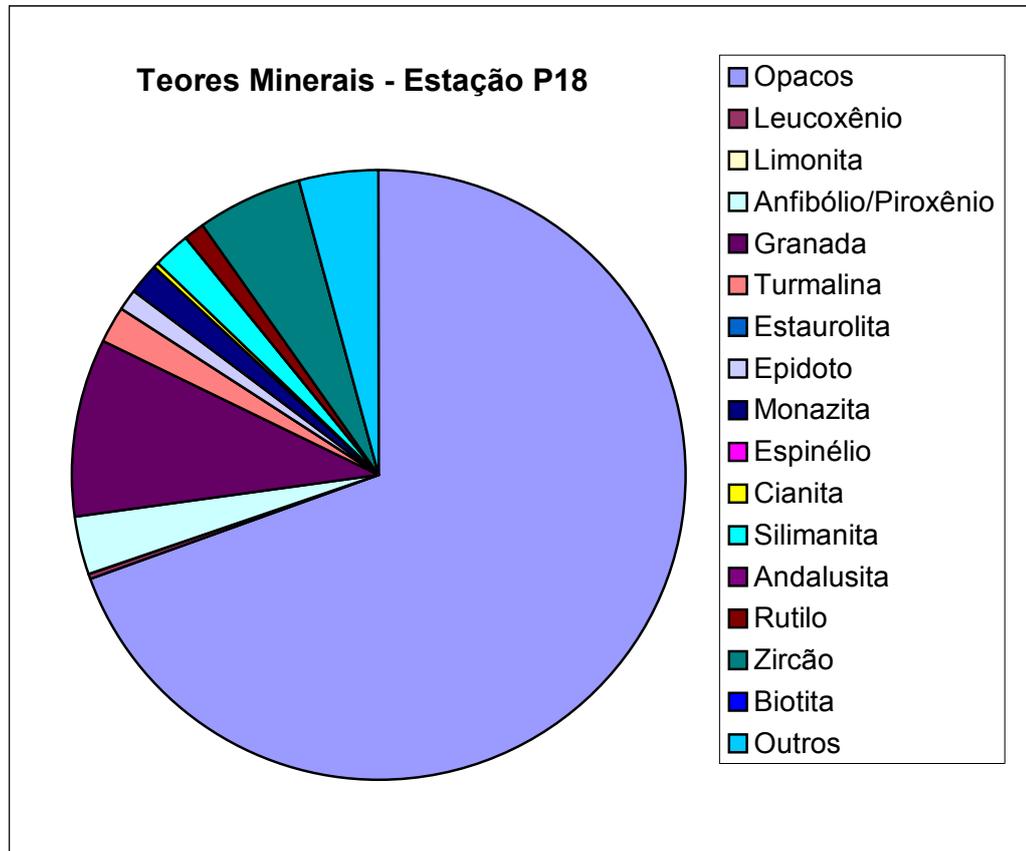
Mineral	Ocorrências minerais	
	Percentuais	Número de grãos
Opacos ²⁰	69,3	179
Leucoxênio	0,39	1
Limonita	0	0
Anfibólio/Piroxênio	3,1	8
Granada	9,3	24
Turmalina	1,94	5
Estaurolita	0	0
Epidoto	1,16	3
Monazita	1,55	4
Espinélio ²¹	0	0
Cianita	0,39	1
Silimanita	1,94	5
Andalusita	0	0
Rutilo	1,16	3
Zircão	5,43	14
Biotita	0	0
Outros	4,26	11
Totais	100	258

Tabela 6: Valores medidos por GONÇALVES (2004) – estação P18.

²⁰ Ilmenita, magnetita, hematita.

²¹ As espinelas ou espinélios, constituem um grupo de minerais que cristalizam no sistema cúbico, com hábito octaédrico. A sua fórmula geral é $(X)(Y)_2O_4$, onde X representa cátions que ocupam posições tetraédricas e Y cátions que ocupam posições octaédricas. Cátions divalentes, trivalentes e tetravalentes podem ocupar as posições X e Y, incluindo magnésio, zinco, ferro, manganês, alumínio, crômio, titânio e silício. Os ânions de oxigênio formam uma estrutura cúbica (<http://pt.wikipedia.org/wiki/Espin%C3%A9lio>). Como a magnetita é do grupo das espinelas é feita aqui uma correção, agrupando os espinélios como minerais desse tipo.

Gráfico 1: Teores minerais – estação P18 (GONÇALVES, 2004).



A amostra foi classificada pela média como AG, apresentando os valores abaixo por intervalos – classificação por frequência simples:

Cascalho	0,079
AMG	3,971
AG	52,233
AM	42,023
AF	1,484
AMF	0,192
Silte	0,018
AR	0,000

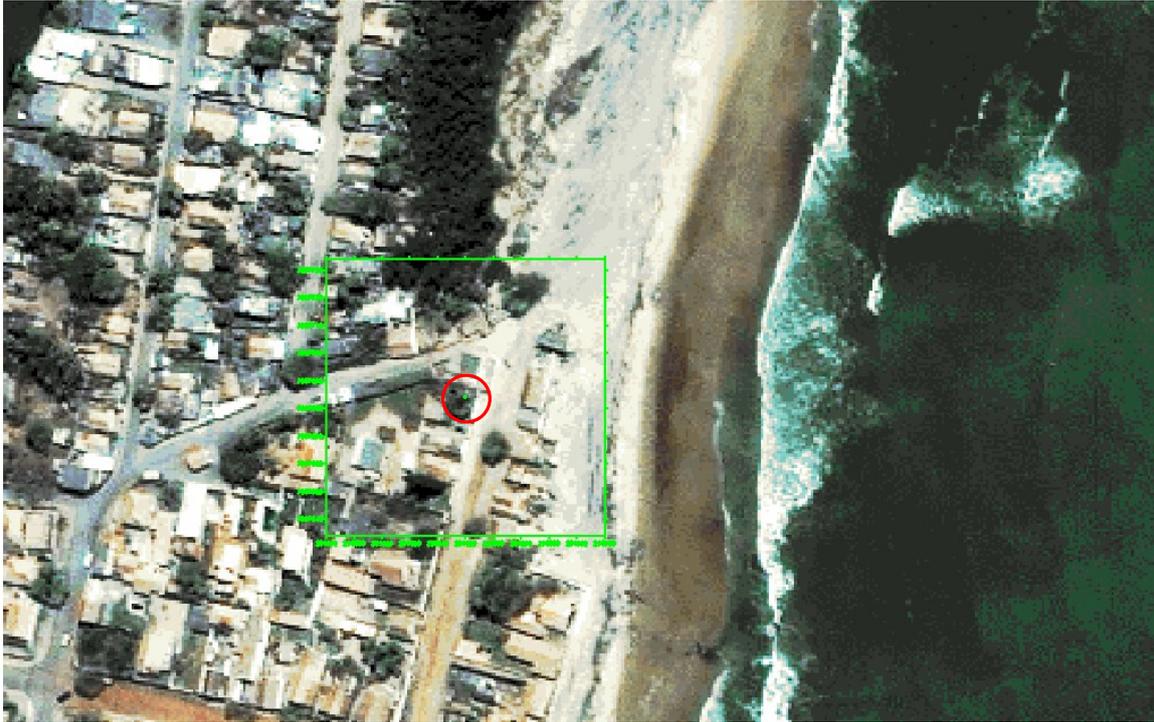


Figura 47: Localização aproximada do ponto amostral P18.

Ainda a autora GONÇALVES (2004) no mesmo estudo também coletou amostra de sedimentos na praia de Atafona próximo às dunas (estação P19: E = 291555 m, N = 7606624 m), mas os resultados não foram divulgados.

ALMEIDA e colaboradores em 2004 estudaram radiometria e minerais pesados associados à erosão em Atafona produzindo a seguinte tabela a partir de amostras de sedimentos coletadas ao longo da costa entre Atafona e Grussaí. A amostra 1 em destaque na tabela se localiza no pontal de Atafona. Os pontos, ordenados de norte para sul, têm a seguinte seqüência: 6, 7, 1, 2, 3, 4 e 5.

Amostra	Coordenadas UTM ²²	
	E (m)	N (m)
1 – dunas	291699,6	7608044
2	291700,0	7607955
3	291607,3	7606782
4	290642,5	7598700
5	291059,4	7602428
6 – pontal	291228,5	7603664
7 - pontal	291351,8	7604572

Tabela 7: Coordenadas UTM das amostras coletadas e analisadas por ALMEIDA e colaboradores (2004).

Amostra		1	2	3	4	5	6	7
C/S		350	2000	80	10	60	70	410
Total Pesados		31	28	6	2	30	36	86
Opacos	Ilmenita	34,87	46,48	35,47	12,56	45,28	39,90	54,18
	Hematita	7,18	6,10	3,94	1,51	11,79	17,62	19,52
	Magnetita	7,18	13,62	7,39	2,01	6,60	5,70	5,18
Leucóxênio		0	0,47	0	0,50	0	0	0
Limonita		0	0	0	4,02	0	0	0
Hornblenda		2,56	1,41	14,78	29,65	6,13	3,63	0,40
Granadas		5,64	6,10	2,46	4,52	1,89	8,29	3,59
Anfibólios		4,10	1,88	6,40	12,06	3,30	1,55	0
Piroxênios		1,54	0	1,48	7,04	2,36	2,59	0,40
Turmalina		1,54	2,35	1,48	6,53	0	0,52	0
Estaurolita		0	0	0	0,50	0,94	0,52	0,40
Epidoto		1,54	4,23	0,99	2,01	1,89	0,52	0,80
Monazita		6,15	4,23	1,97	0	0	2,59	4,78
Espinélio		0	0	1	0	1,42	0	0
Cianita		4,10	1,41	4,93	5,53	1,89	2,59	0,40
Silimanita		7,18	1,88	6,90	6,03	2,36	3,11	0,80
Andalusita		0	0,94	0,49	0	2,36	0,52	0
Rutilo		2,56	0,47	0,99	0,50	0,94	1,55	0,40
Zircão		8,72	5,63	6,40	0,50	6,13	4,15	7,57
Titanita		0,51	0	0	0,50	0	0	0
Xenotímio		0,51	0	0	0	0	0	0
Outros		4,10	2,82	2,96	4,02	4,72	4,66	1,59
Granulometria		AF	AM	AM	AF	AF	AM	AF

Tabela 8: Radioatividade (c/s), total de pesados (%) e total minerais (%) (ALMEIDA *et al.*, 2004)

²² Referidas ao sistema geodésico SAD-69, fuso de projeção 24.

Como a magnetita é do grupo das espinelas é feita aqui uma correção nesta tabela apresentada, agrupando os espinélios como minerais desse tipo (magnetita).



Figura 48: Localização da amostra 1 coletada e analisada por ALMEIDA e colaboradores (2004).

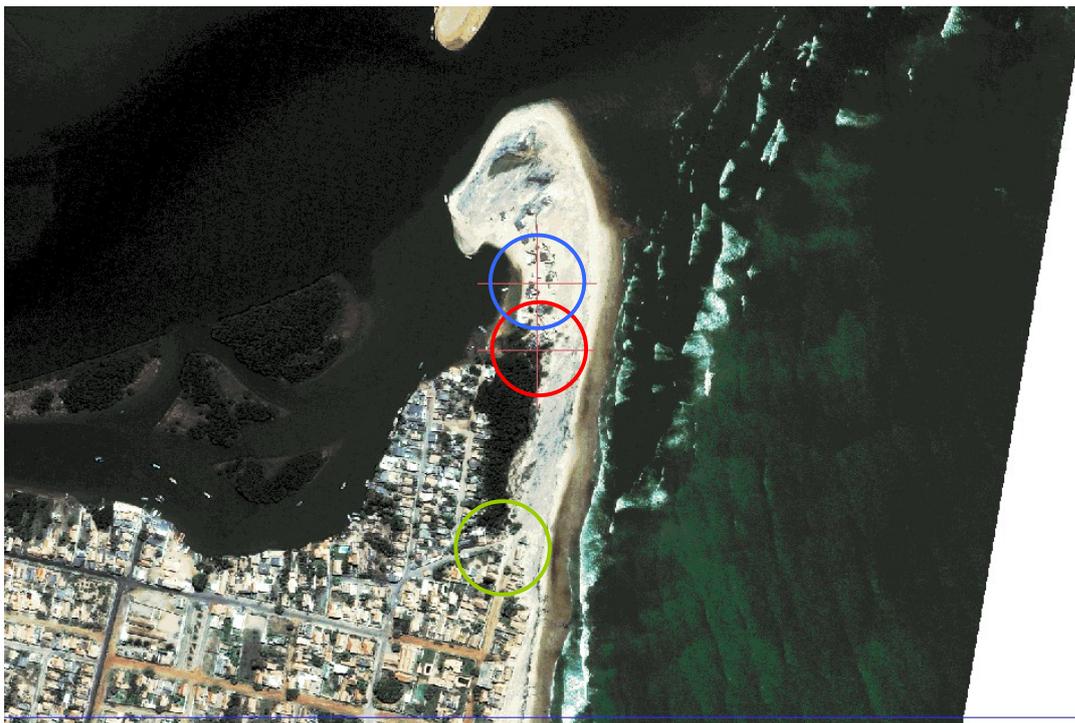


Figura 49: Localização dos pontos amostrais 6 e 7 coletadas e analisadas por ALMEIDA e colaboradores (2004) e o ponto amostral P18 (GONÇALVES, 2004).

A tabela a seguir reúne os dados relativos à ocorrência mineral nas quatro amostras que aqui neste trabalho servirão de referência para análises e interpretações.

Amostra - (%)		1 - dunas	6 - pontal	7 - pontal	P18 - ruínas
Opacos	Ilmenita	34,87	39,90	54,18	69,3
	Hematita	7,18	17,62	19,52	
	Magnetita	7,18	5,70	5,18	
	Total	49,23	63,22	78,88	
Leucocônio		0	0	0	0,39
Limonita		0	0	0	0
Hornblenda		2.56	3,63	0,40	(*)
Granadas		5.64	8,29	3,59	9,3
Anfibólios		4.10	1,55	0	3,1
Piroxênios		1.54	2,59	0,40	
Turmalina		1.54	0,52	0	1,94
Estauroлита		0	0,52	0,40	0
Epidoto		1.54	0,52	0,80	1,16
Monazita		6.15	2,59	4,78	1,55
Cianita		4.10	2,59	0,40	0,39
Silimanita		7.18	3,11	0,80	1,94
Andalusita		0	0,52	0	0
Rutilo		2.56	1,55	0,40	1,16
Zircão		8.72	4,15	7,57	5,43
Titanita		0.51	0	0	(*)
Xenotímio		0.51	0	0	(*)
Outros		4.10	4.66	1.59	4.26
Granulometria		AF	AM	AF	AG

(*) Mineral não relatado de forma discriminada por Gonçalves em sua pesquisa de 2004.

Tabela 9: Mineralogia e granulometria das amostras de ALMEIDA (2004) e GONÇALVES (2004).

4.8. Análises sedimentológicas realizadas na zona costeira em Atafona

O propósito das coletas de sedimentos é a análise granulométrica dos sedimentos e morfoscópica dos minerais e também a conexão dos sedimentos das dunas com aqueles existentes na praia e no pontal de Atafona. Desta forma será possível associar os sedimentos das dunas geneticamente com as outras amostras distribuídas na zona litorânea de estudo. A figura a seguir indica a localização dos pontos de coleta sobre imagem IKONOS.



Figura 50: Localização aproximada dos 5 pontos de coleta de sedimentos realizada em 23/02/2007.



Figura 51: Localização do ponto amostral 1 - coleta de sedimentos realizada em 23/02/2007.



Figura 52: Localização aproximada dos 5 pontos de coleta de sedimentos realizada em 26/02/2007.

Foi utilizada a seguinte tabela de referência para a análise granulométrica dos sedimentos, adaptada a partir de TEIXEIRA e colaboradores (2000):

Intervalo granulométrico (mm)	Classificação nominal		
	> 256	CASCALHO	Matacão
256 - 64	Bloco ou calhau		CA
64 - 4,0	Seixo		SE
4,0 - 2,0	Grânulo		GR
2,0 - 1,0	AREIA	Areia muito grossa	AMG
1,0 - 0,50		Areia grossa	AG
0,50 - 0,250		Areia média	AM
0,250 - 0,125		Areia fina	AF
0,125 - 0,062		Areia muito fina	AMF
0,062 - 0,031	SILTE	Silte grosso	SG
0,031 - 0,016		Silte médio	SM
0,016 - 0,008		Silte fino	SF
0,008 - 0,004		Silte muito fino	SMF
< 0,004	ARGILA	Argila	AR

Tabela 10: Intervalos granulométricos e classificação nominal.

A partir desses dados coletados por outros autores, e com base nos resultados das análises das 10 amostras coletadas em 23 e 26/02/2007 foi possível inferir sobre a proveniência dos sedimentos das dunas. A seguir são apresentadas figuras ilustrativas com descrição de alguns minerais localizados nas amostras 1 e 10.

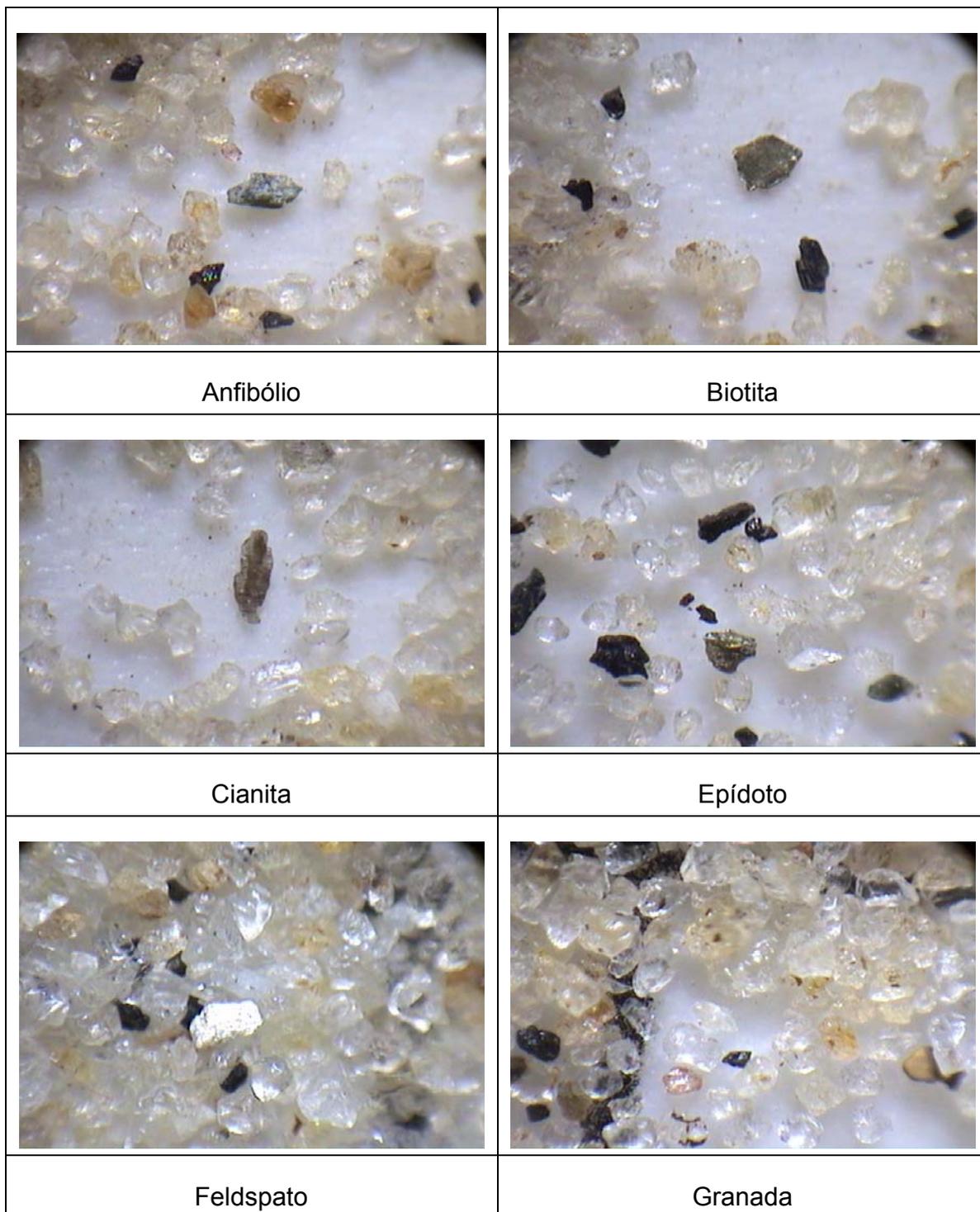


Figura 53: Minerais encontrados na amostra 1 coletada em 26/02/2007 (parte 1).

	
Hornblenda	Ilmenita
	
Leucoxênio	Magnetita
	
Nódulo ghetítico	Rutilo

Figura 54: Minerais encontrados na amostra 1 coletada em 26/02/2007 (parte 2).

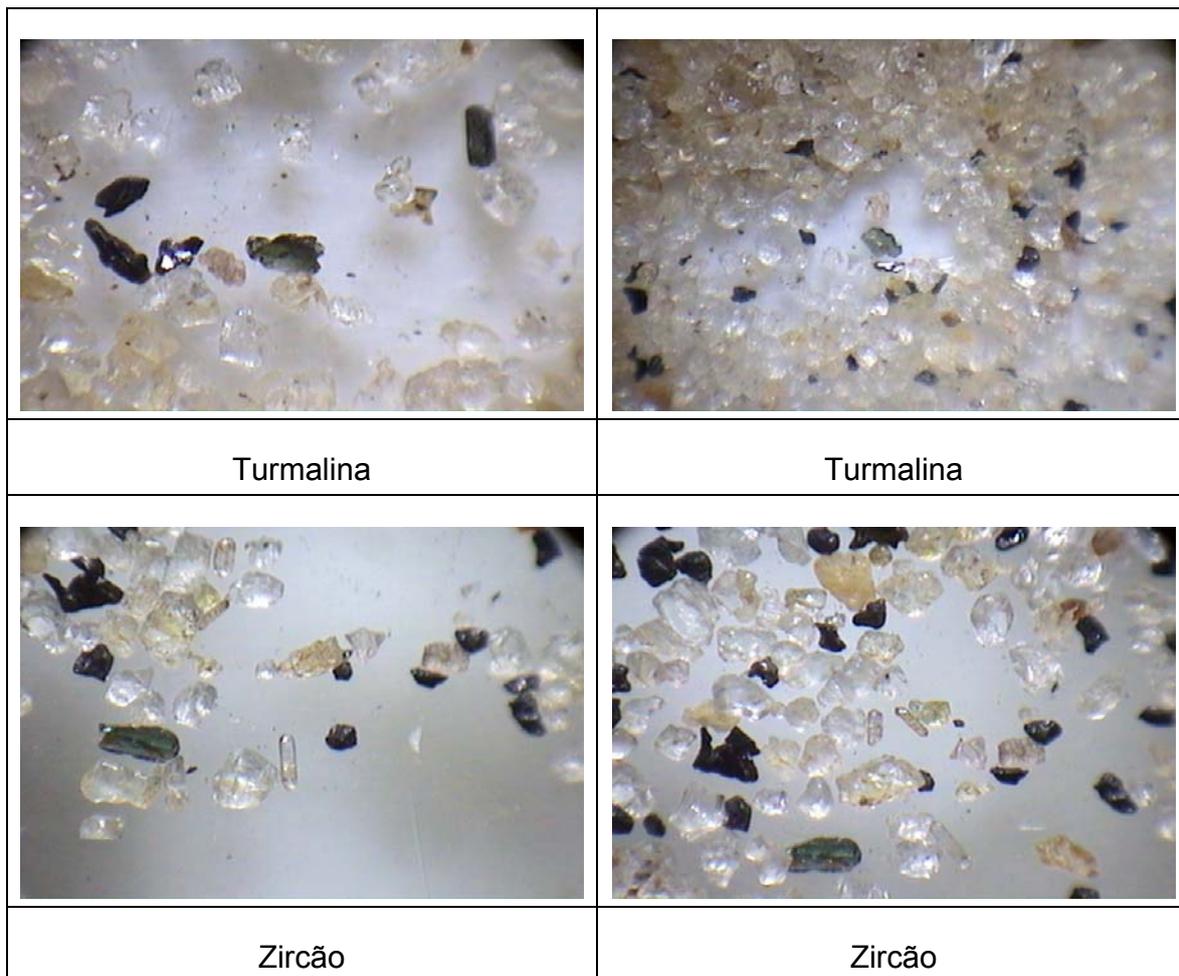


Figura 55: Minerais encontrados na amostra 1 coletada em 26/02/2007 (parte 3).

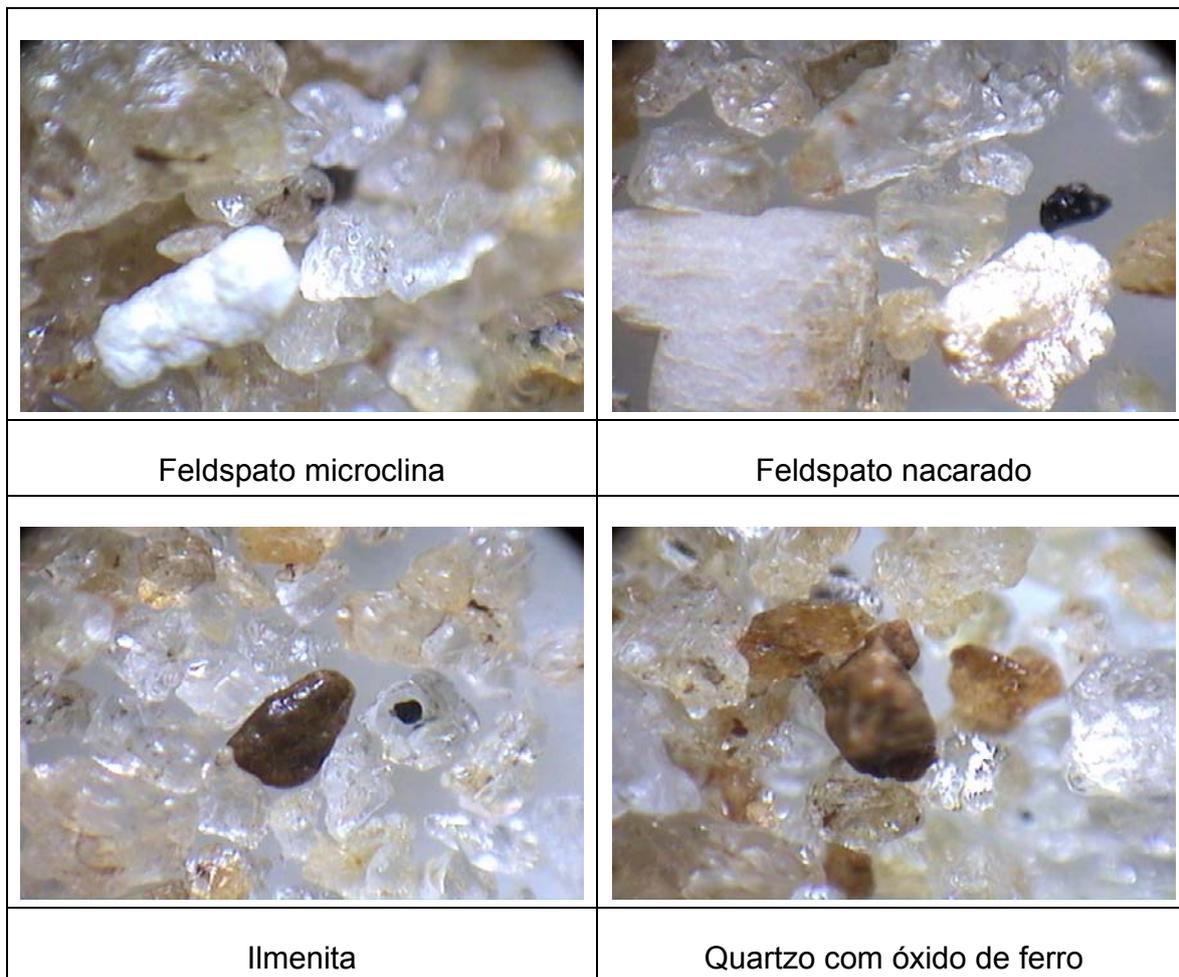


Figura 56: Minerais encontrados na amostra 10 coletada em 26/02/2007.

Essas 10 estações de coleta foram assim georreferenciadas:

Em 23/02/2007 foram feitas coletas de 5 amostras de sedimentos ao longo das dunas frontais na zona das caixas d'água e da praia em Atafona, devidamente etiquetadas, georreferenciadas com o sistema GPS, onde foi feito um reconhecimento prévio dos locais das sondagens, com posicionamento feito com rastreador de navegação Garmin 45XL e cada amostra coletada com peso médio de 0,5 kg.

Amostra 23/02/07	Descrição	Coordenadas aproximadas ²³			
		UTM ²⁴		Geodésicas	
		E (m)	N (m)	Latitude (S)	Longitude (W)
1	Crista de duna	291588.470	7606699.593	-21° 37' 50.2"	-41° 00' 48.9"
2	Crista de duna	291555.363	7606725.304	-21° 37' 49.3"	-41° 00' 50.0"
3	Crista de duna	291551.213	7606745.450	-21° 37' 48.6"	-41° 00' 50.2"
4	Praia	291589.014	7606871.891	-21° 37' 44.6"	-41° 00' 48.8"
5	Praia	291615.252	7606990.458	-21° 37' 40.7"	-41° 00' 47.9"

Tabela 14: Coordenadas aproximadas das estações amostrais de 23/02/2007.

Em 26/02/2007 foram coletadas outras 5 amostras de sedimentos no pontal de Atafona utilizando o mesmo método de planejamento para a aquisição.

Amostra 26/02/07	Descrição	Coordenadas aproximadas ²⁵			
		UTM ²⁶		Geodésicas	
		E (m)	N (m)	Latitude (S)	Longitude (W)
6	Praia	291634.067	7607038.824	-21° 37' 57.5"	-41° 02' 49.4"
7	Praia	291673.023	7607290.636	-21° 37' 59.4"	-41° 02' 50.8"
8	Pontal	291672.085	7607620.353	-21° 54' 11.3"	-40° 59' 06.4"
9	Pontal	291704.338	7607832.272	-21° 54' 13.2"	-40° 59' 08.6"
10	Pontal	291798.036	7608018.252	-21° 54' 13.9"	-40° 59' 12.1"

Tabela 15: Coordenadas aproximadas das estações amostrais de 26/02/07.

²³ Referidas ao sistema geodésico SAD-69.

²⁴ Fuso de projeção 24.

²⁵ Referidas ao sistema geodésico SAD-69.

²⁶ Fuso de projeção 24.

4.9. Cartometria aplicada ao campo de dunas

Os levantamentos GPS executados em 2006 e em 2007, nos modos relativo e cinemático, tiveram com pontos base estações localizadas:

- a) Pousada Mediterrâneo, localizada na Rua Felicíssimo Alves, 808 em Atafona. As coordenadas deste ponto base foram determinadas no dia 15/01/2006, tendo como referência a estação da igreja Nossa Senhora da Penha em Atafona (PEREIRA, 2007):

Base Pousada Mediterrâneo²⁷:

Latitude geodésica = $21^{\circ} 38' 30,97400''$ S

Longitude geodésica = $41^{\circ} 01' 07,70340''$ W

Altitude elipsoidal = 12,099 m



Figura 53: Estação base Pousada Mediterrâneo, referência para levantamentos GPS.

²⁷ Informações referidas ao sistema geodésico SAD-69.

b) No jardim/garagem da casa de veraneio do autor em Atafona, com o endereço na rua José Carneiro Terra, nº 42 [Tel.: (22) 2741-2273], parque Alfredo Pomada, Atafona, conforme ilustrado nas próximas figuras. As coordenadas deste ponto base foram determinadas no dia 08/03/2007, tendo como referência a estação da igreja Nossa Senhora da Penha em Atafona (RIBEIRO, 2005):

Base Casa Atafona²⁸:

Latitude geodésica = $21^{\circ} 38' 06,27336''$ S

Longitude geodésica = $41^{\circ} 01' 16,83913''$ W

Altitude elipsoidal = 11,729 m



Figura 54: Estação base Casa Atafona, referência para levantamentos GPS.

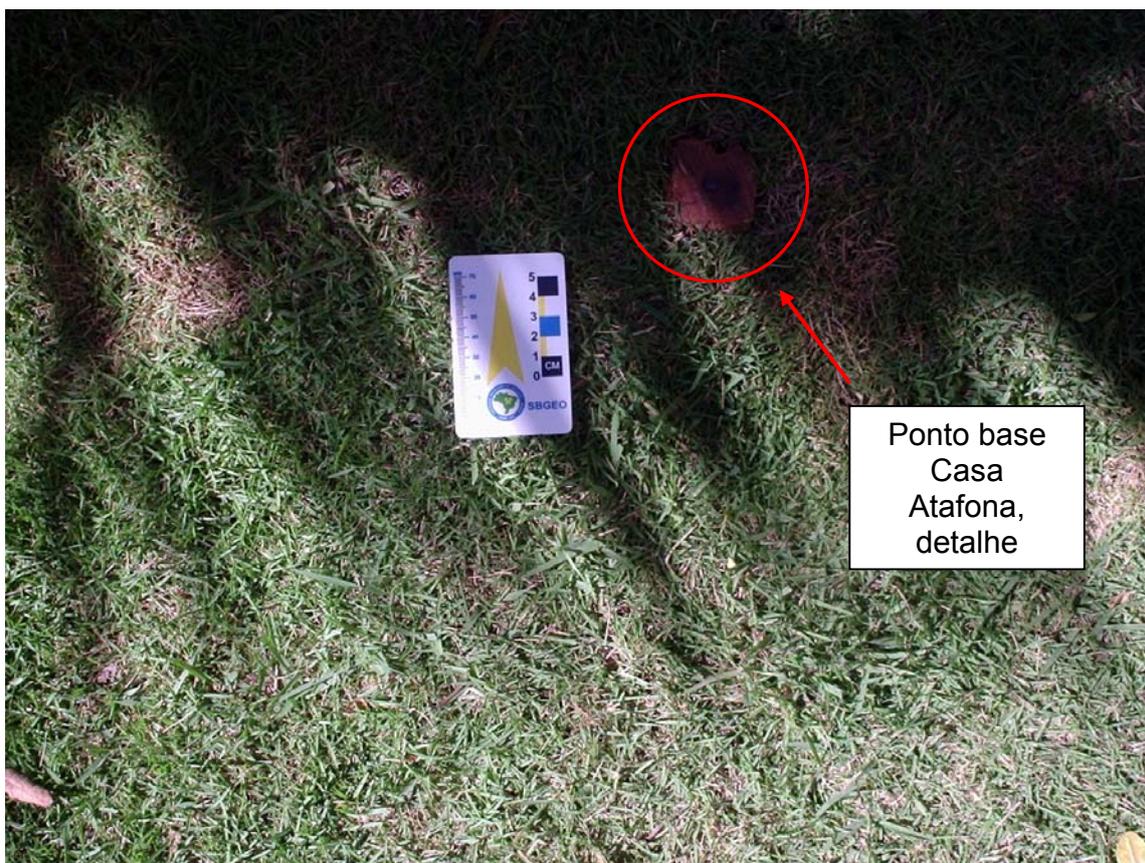


Figura 55: Detalhe do piquete de madeira da estação base para levantamentos GPS.

²⁸ Informações referidas ao sistema geodésico SAD-69.

O modelo de evolução geomorfológica proposto por CASTRO (2001) pôde ser aqui aplicado, de forma parcial, ao caso das dunas de Atafona, com a configuração das seguintes zonas que caracterizam subsistemas:

- Alimentação: pontal e praia de Atafona (figura 30)
- Entrada (planície de deflação): pista de vento (*fetch*) (figura 30)
- Retenção: dunas oblíquas (figura 28)
- Saída: soterramento da área urbana (figuras 29 e 32)

Essas zonas caracterizam subsistemas sobre os quais as dunas se estabelecem e evoluem. Analisando as fotografias aéreas históricas de 1954, 1964, 1974, 1976 e 2000, e a partir de relatos na imprensa local é observado que as dunas são jovens, isto é, existem há aproximadamente 20 anos em Atafona. Os principais fatores que permitiram a sua existência estão associados à disponibilidade de sedimentos retrabalhados pela ação física dos ventos diretamente relacionada com sua intensidade e frequência. Desta forma a pista de vento que, após a erosão no pontal com destruição de bloqueios (construções), foi ampliada.

É possível afirmar que o desenvolvimento morfológico do campo de dunas de retaguarda em Atafona ocorreu após a construção do pontal arenoso. Tal fato deve-se à ampliação da pista de vento da referida feição.

Extraíndo valores geométricos (distâncias Euclidianas) de fotografias aéreas históricas e imagens IKONOS (2001) no banco de dados do SPRING4.3.1® foi possível conhecer a evolução da parte continental (praia) da pista de vento, correspondente às zonas de alimentação e de entrada (deflação):

Ano	Extensão aproximada (m)
1954	1682
1964	1644
1974	2223
1976	1755
2000	1206
2001	1130

Tabela 17: Evolução da parte continental da pista de vento em Atafona.

Para geração da modelagem de dados GPS no mapeamento 3D para cada levantamento de dados GPS foram feitos ensaios com três tipos de interpoladores no ambiente do sistema SURFER8®: curvatura mínima, inverso da distância ponderada e Kriging. Os resultados foram produzidos para efeito de comparação. A seguir são apresentadas as modelagens 3D das dunas para as épocas estudadas com uso do interpolador Kriging, numa projeção com centros de perspectiva (campo de visão) equivalentes.

A produção de mapas temáticos tem contribuído para a retratação de cenários em escalas regional e local. A partir da experiência no uso do sistema SPRING4.3.1, com apoio do sistema GPS, observou-se alta produção de documentos cartográficos diversos, indiscutivelmente importantes para as interpretações geomorfológicas dos processos costeiros em curso na zona litorânea. Mesmo diante do quadro de mapas produzidos, há parâmetros físico-ambientais ainda desconhecidos. Uma vez vencida a etapa de produção dos mapas, surge a necessidade paralela de reunir e analisar esses dados ainda ausentes ou incompletos e associá-los aos aspectos de localização, distribuição e extensão dos fenômenos dinâmicos em questão. A possibilidade das interpretações complexas está diretamente dependente desses dados mais expressivos.

A seguir são apresentados os resultados finais da geração de modelos 3D para as épocas estudadas. A interpretação visual dos modelos permitirá uma análise comparativa dos resultados tendo como base a retratação mais fiel do relevo das dunas.

Como as amostras são homogêneas e suficientemente densas para representar a variação do relevo, os modelos finais dependerão da eficiência do interpolador e dos desvios-padrão (σ) encontrados no pós-processamento dos dados GPS exemplificados na tabela 17 já apresentada.

Houve resultados diferentes de desvios-padrão para cada levantamento GPS, como conseqüência das condições dos levantamentos e do sistema GPS no momento da execução dos rastreamentos.

Para ser possível comparar os resultados foi preciso promover a geração de resultados variados, dentro das funcionalidades do sistema SURFER8®.

Além dos modelos 3D as figuras também apresentam o mapa de isolinhas, com a indicação de linhas contínuas de mesma altitude elipsoidal. Entende-se aqui que os valores absolutos – altitudes - pouco importam, o que interessa são os desníveis entre as estações levantadas com o rastreador GPS para cada época. Essa estratégia se deu em função de alguns pós-processamentos apresentarem inconsistências em altitudes geradas nos sistemas EzSurv® e Graphics®. Uma hipótese mais provável poderá ter sido o uso de versões distintas de firmware instalados nos rastreadores GPS GTR-A. Esse assunto não foi explorado neste trabalho. As inconsistências não provocaram problemas nos resultados, uma vez que o cálculo de volume, por exemplo, não depende de valores absolutos de altitudes elipsoidais. Como o comportamento dos σ após processamento não foi igual para cada um dos levantamentos GPS, com certeza as precisões foram diferentes, mas dentro do esperado para os métodos de levantamentos GPS empregados.

Os casos de fevereiro/2006 e agosto/2006 foram considerados mais expressivos a partir da modelagem numérica. Apresentaram melhores resultados tanto nos levantamentos de campo, configurado uma malha amostral mais homogênea e consistente, como nos processamentos feitos com o próprio interpolador Kriging. Os volumes de sedimento determinados para as análises foram calculados com base nesses casos específicos.

Interpolador: Kriging

Data do levantamento: 22 de janeiro de 2006

Sistema de coordenadas: UTM

Sistema Geodésico de Referência: SAD-69

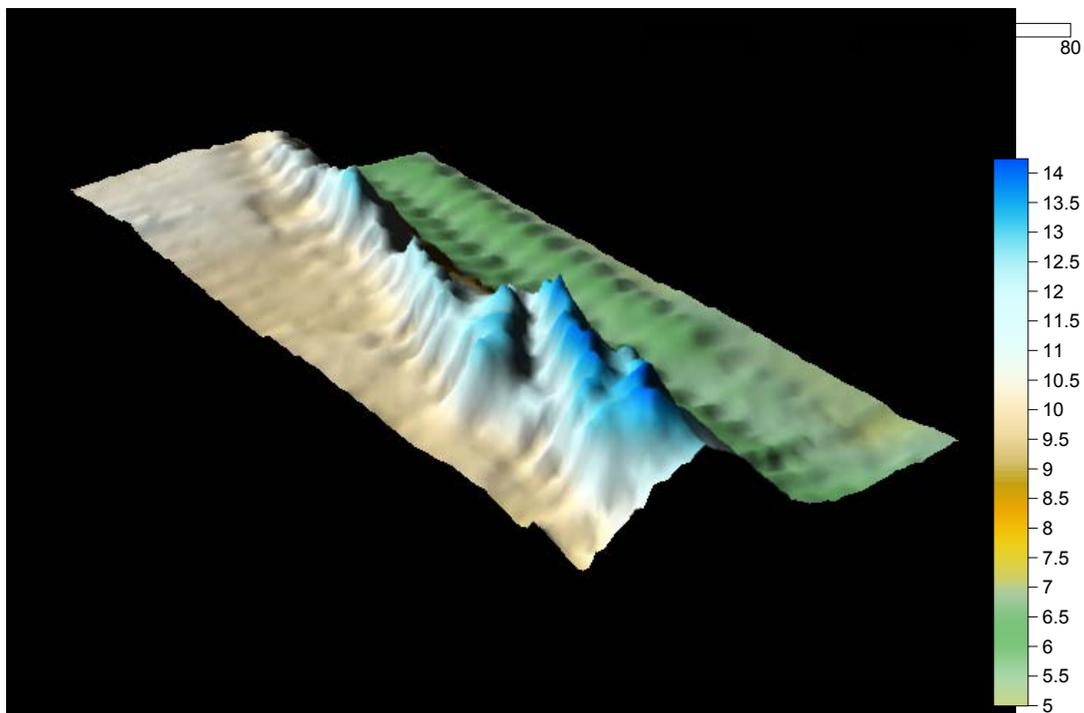
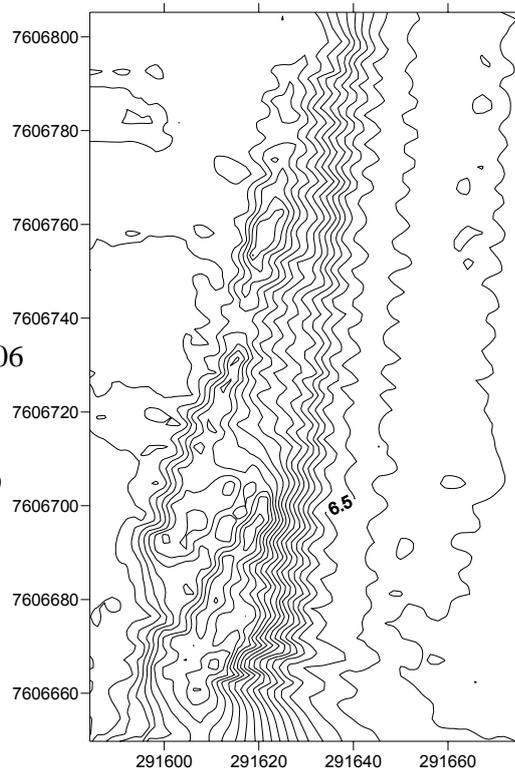


Figura 56: Mapa de isolinhas e modelo numérico do terreno gerados com o método de interpolação Kriging, para o levantamento executado no dia 22 de janeiro de 2006.

Interpolador: Kriging

Data do levantamento: 18 de fevereiro de 2006

Sistema de coordenadas: UTM

Sistema Geodésico de Referência: SAD-69

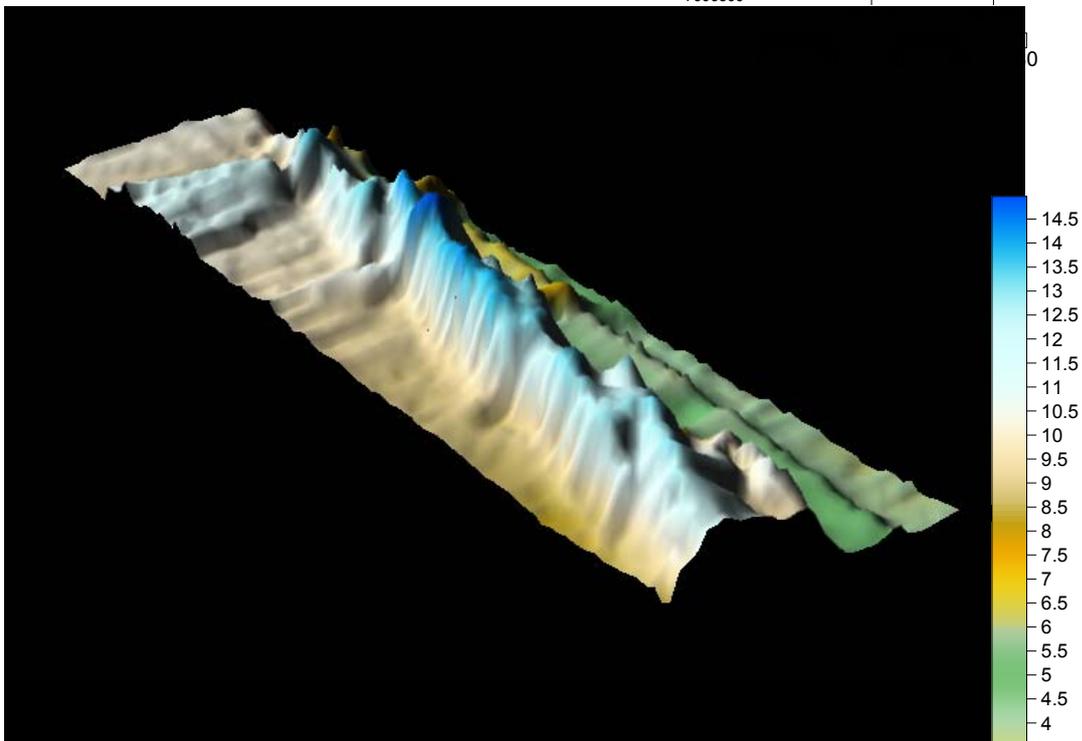
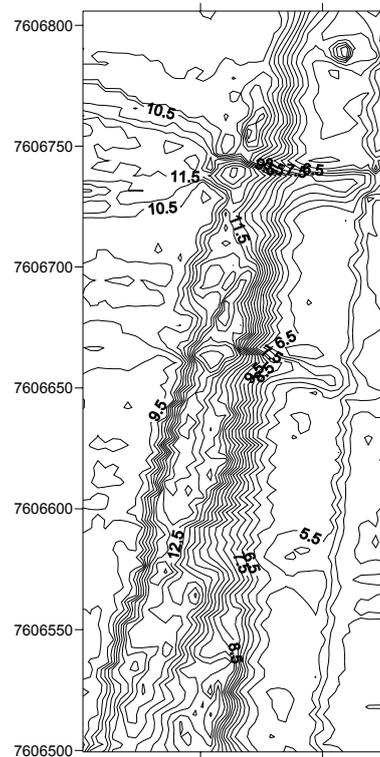


Figura 57: Mapa de isolinhas e modelo numérico do terreno gerados com o método de interpolação Kriging, para o levantamento executado no dia 18 de fevereiro de 2006.

Interpolador: Kriging

Data do levantamento: 01 de julho de 2006

Sistema de coordenadas: UTM

Sistema Geodésico de Referência: SAD-69

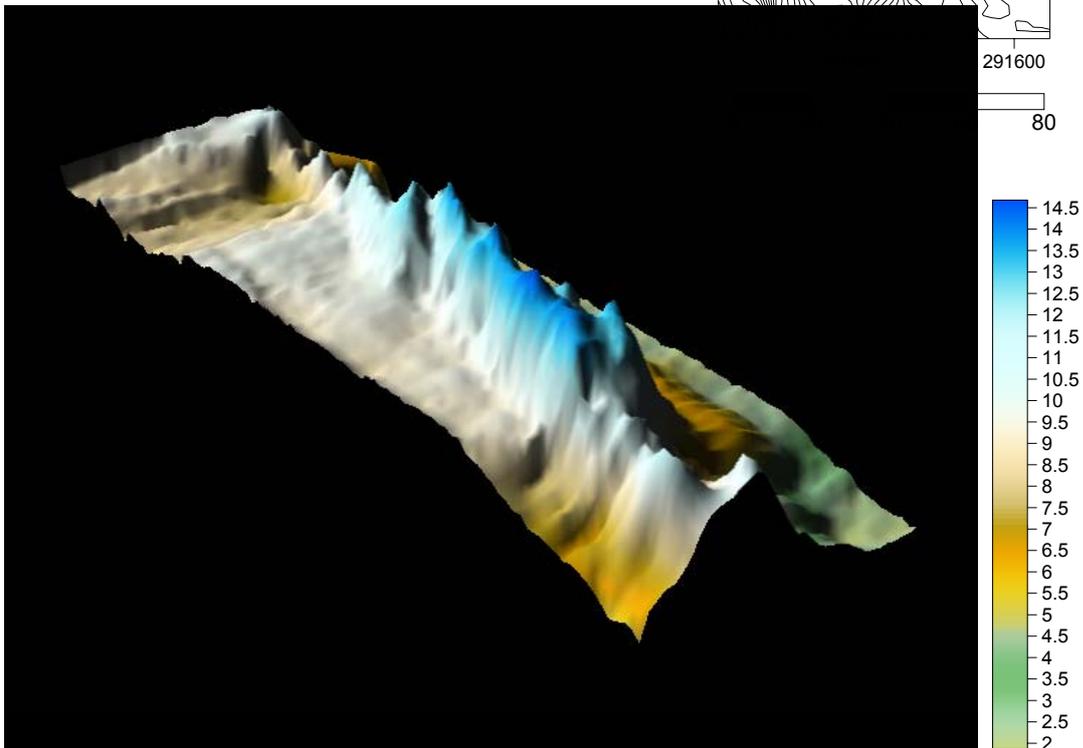
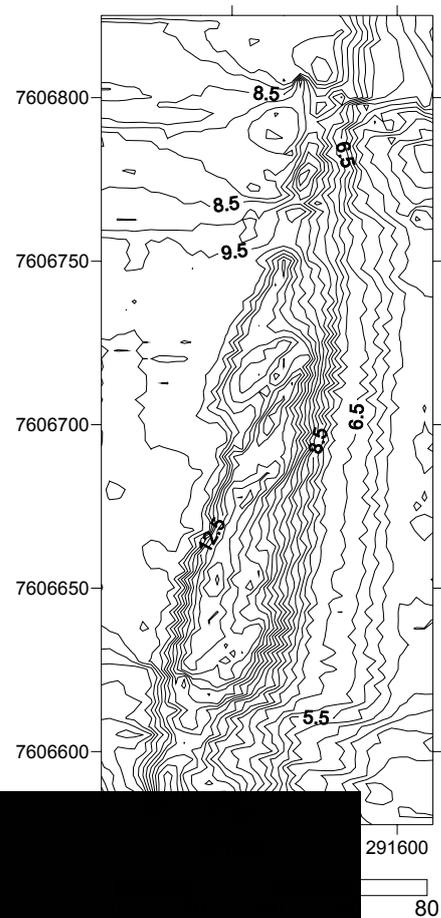


Figura 58: Mapa de isolinhas e modelo numérico do terreno gerados com o método de interpolação Kriging, para o levantamento executado no dia 1º de julho de 2006.

Interpolador: Kriging

Data do levantamento: 27 de agosto de 2006

Sistema de coordenadas: UTM

Sistema Geodésico de Referência: SAD-69

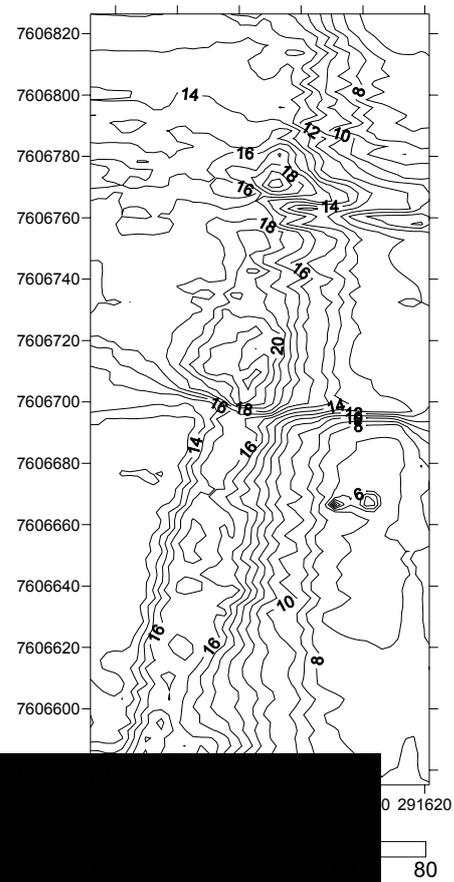


Figura 59: Mapa de isolinhas e modelo numérico do terreno gerados com o método de interpolação Kriging, para o levantamento executado no dia 27 de agosto de 2006.

A seguir serão apresentados perfis gerados com o sistema SURFER8®, sendo que os mesmos foram criados com o recurso de grade retangular e método de interpolação Kriging. As seções utilizadas para criação dos perfis foram selecionadas a partir do “transect” em quatro faixas com espaçamento aproximadamente igual. Os pontos em vermelho na plotagem de cada um dos levantamentos indicam o início de cada faixa. E a numeração das seções começa do ponto mais ao norte (ponto inicial comum aos levantamentos GPS).

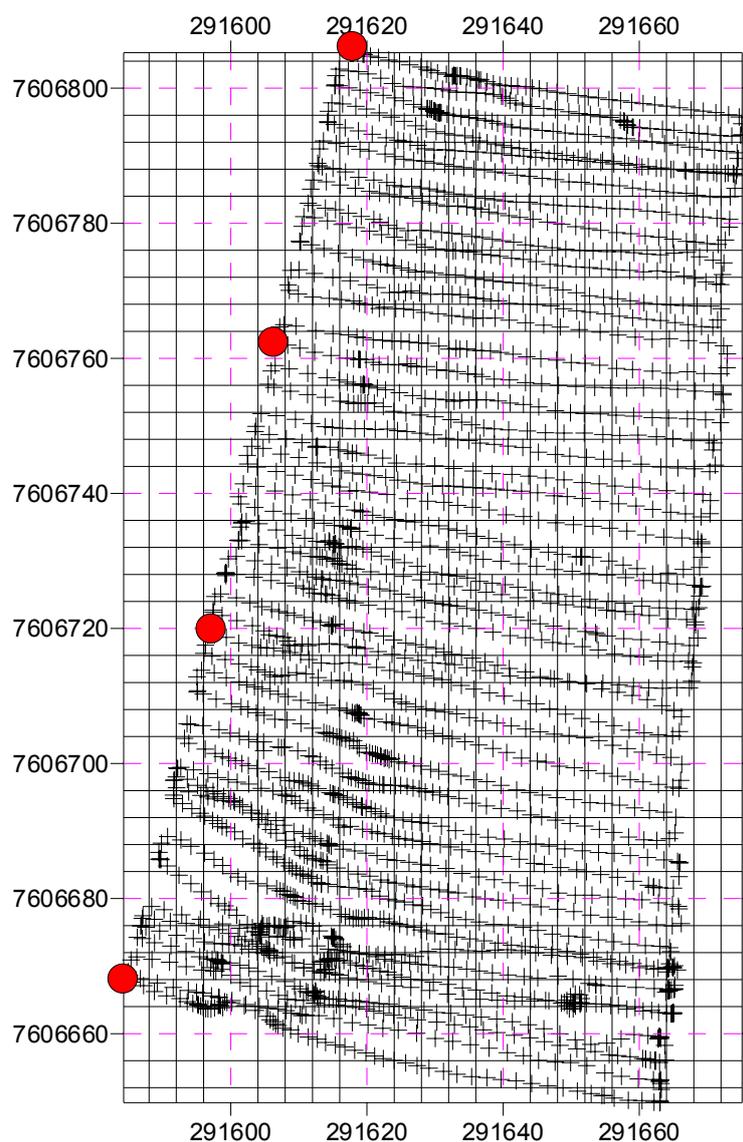


Figura 60: Levantamento executado no mês de janeiro de 2006. Pontos em vermelho marcando o início de cada faixa para criação de perfil.

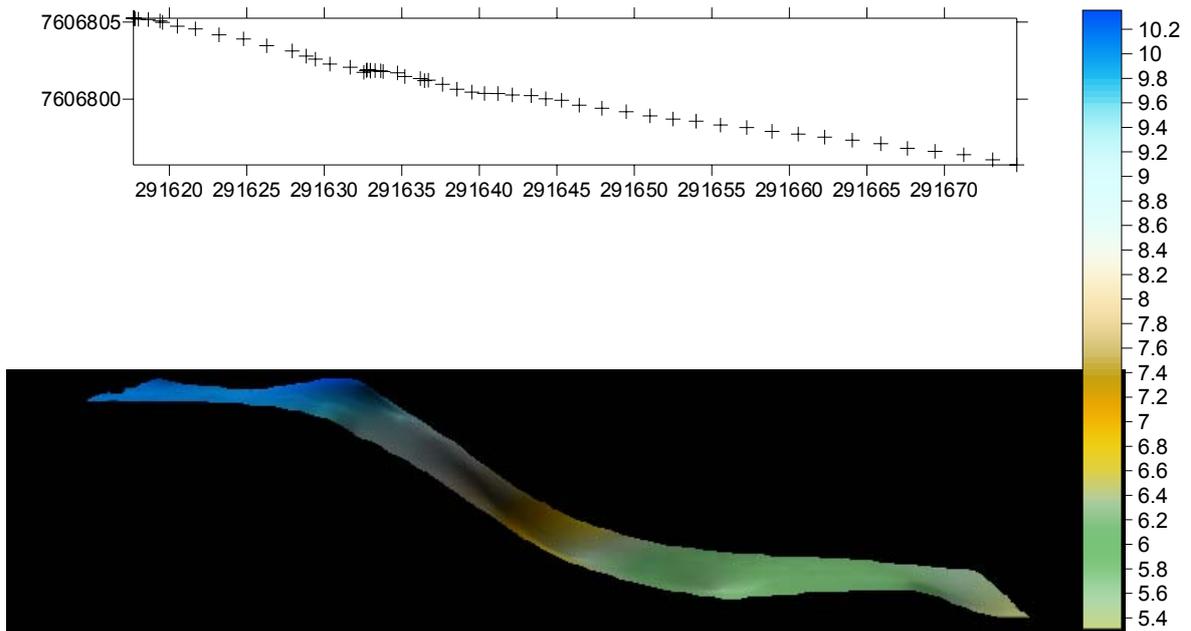


Figura 61: Perfil da 1ª seção, do levantamento executado em 22 de janeiro de 2006.

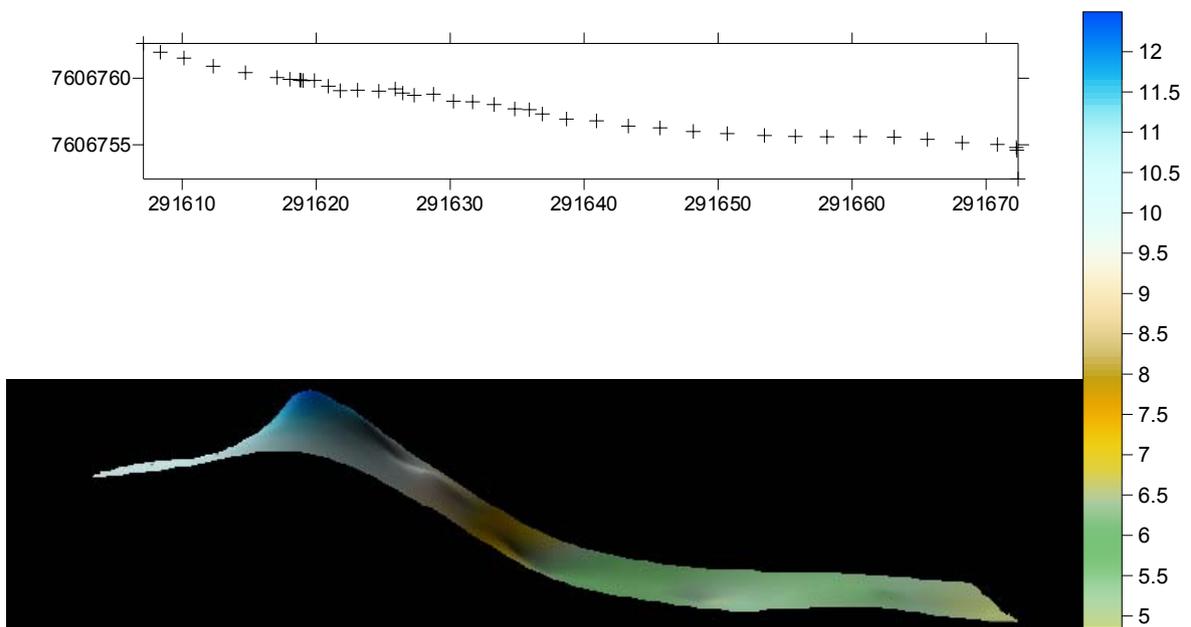


Figura 62: Perfil da 2ª seção, do levantamento executado em 22 de janeiro de 2006.

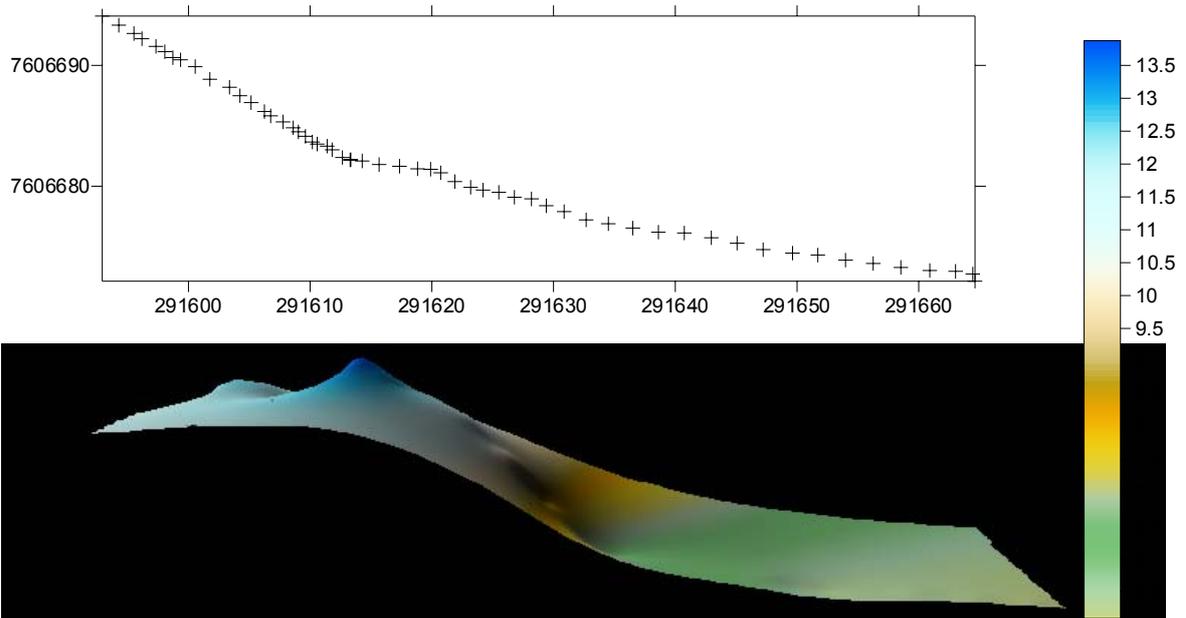


Figura 63: Perfil da 3ª seção, do levantamento executado em 22 de janeiro de 2006.

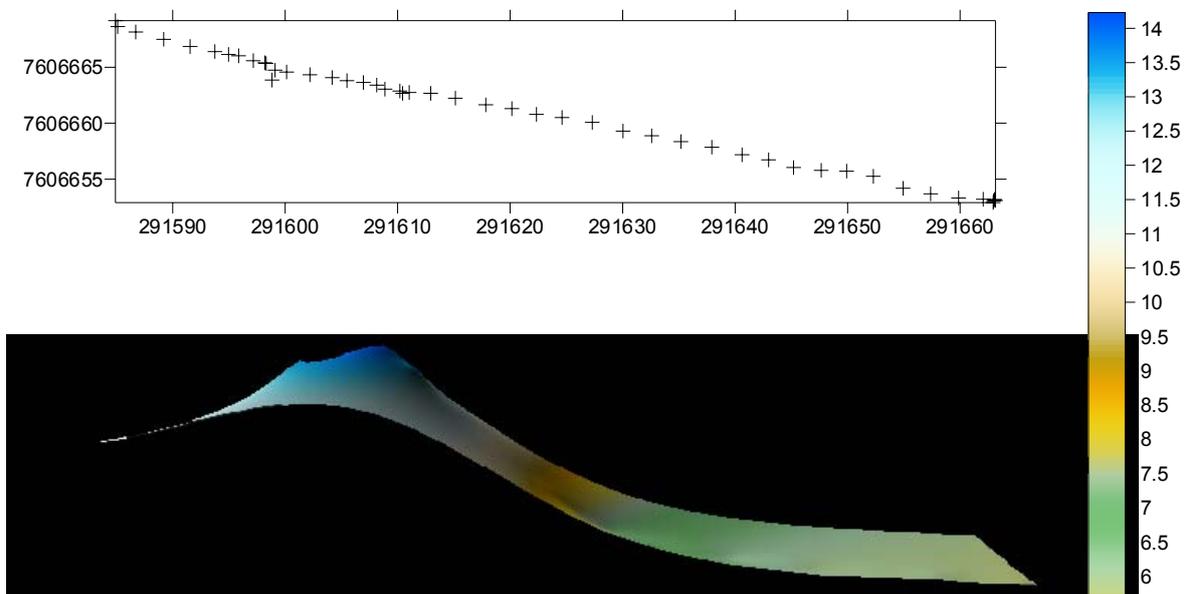


Figura 64: Perfil da 4ª seção, do levantamento executado em 22 de janeiro de 2006.

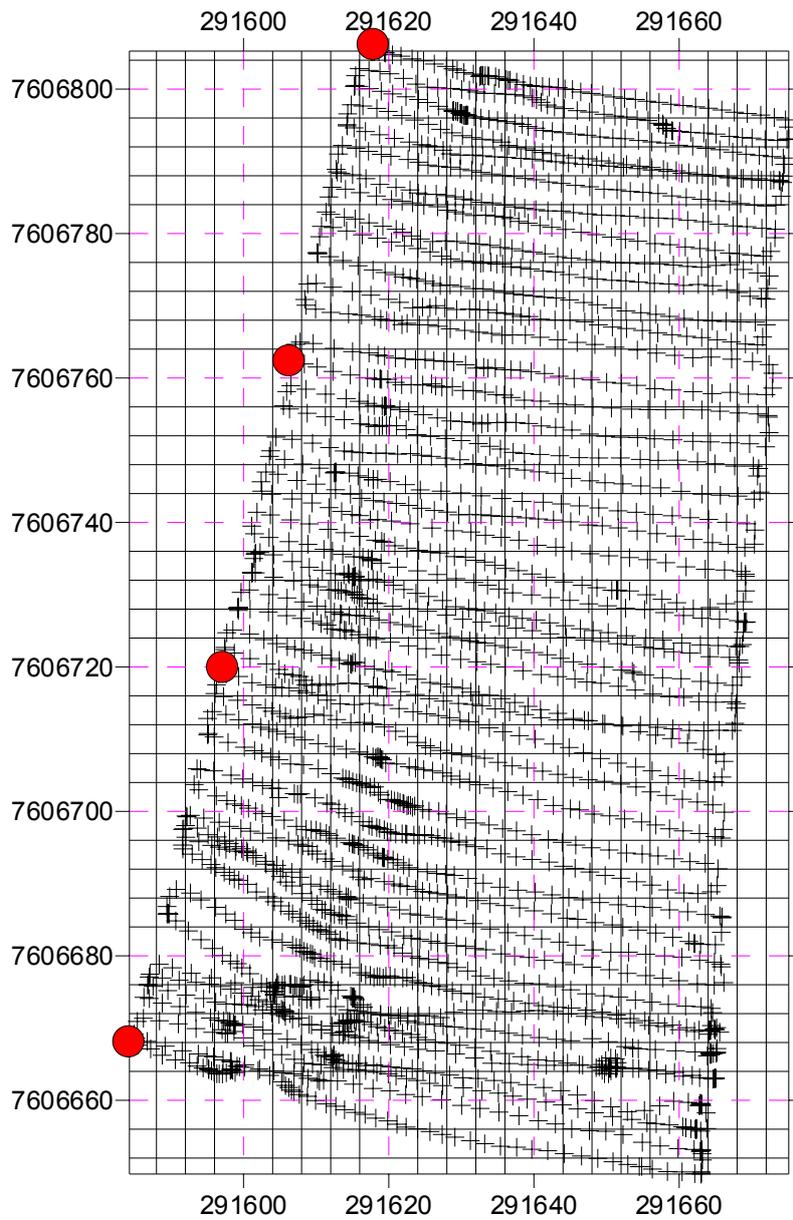


Figura 65: Levantamento executado no mês de fevereiro de 2006. Pontos em vermelho marcando o início de cada faixa para criação de perfil.

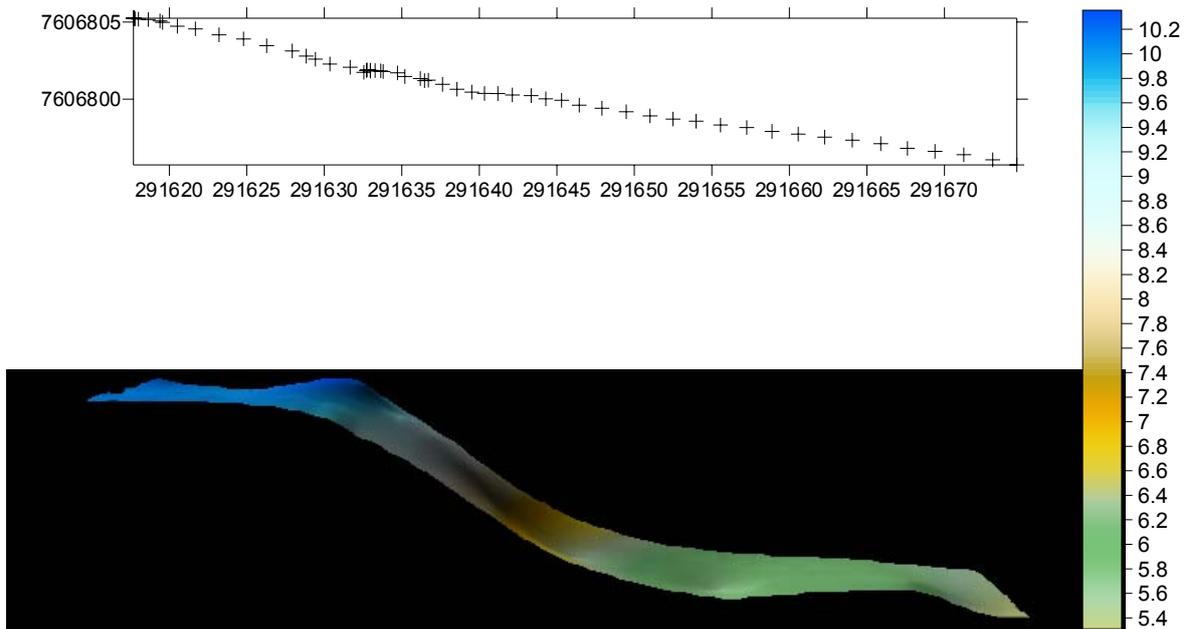


Figura 66: Perfil da 1ª seção, do levantamento executado em 18 de fevereiro de 2006.

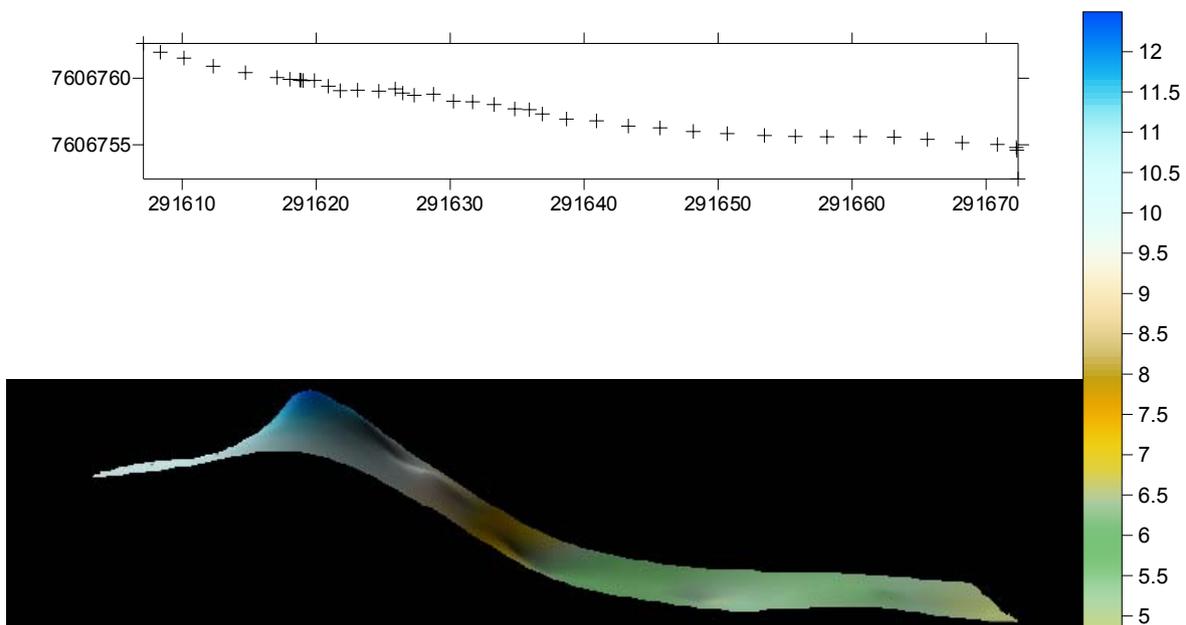


Figura 67: Perfil da 2ª seção, do levantamento executado em 18 de fevereiro de 2006.

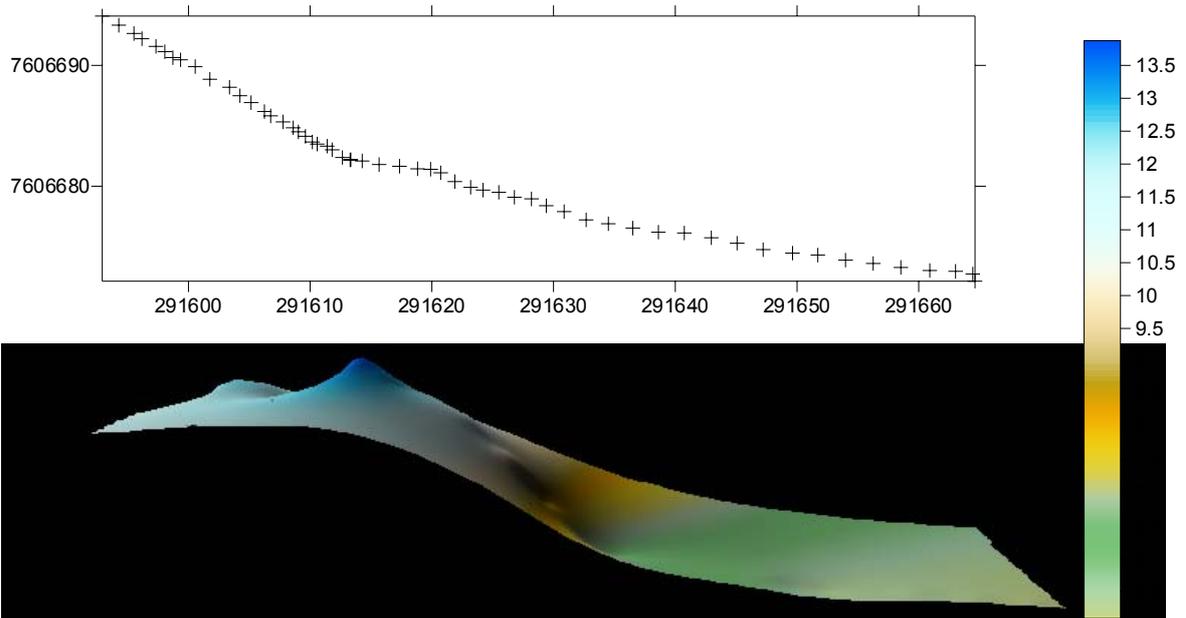


Figura 68: Perfil da 3ª seção, do levantamento executado em 18 de fevereiro de 2006.

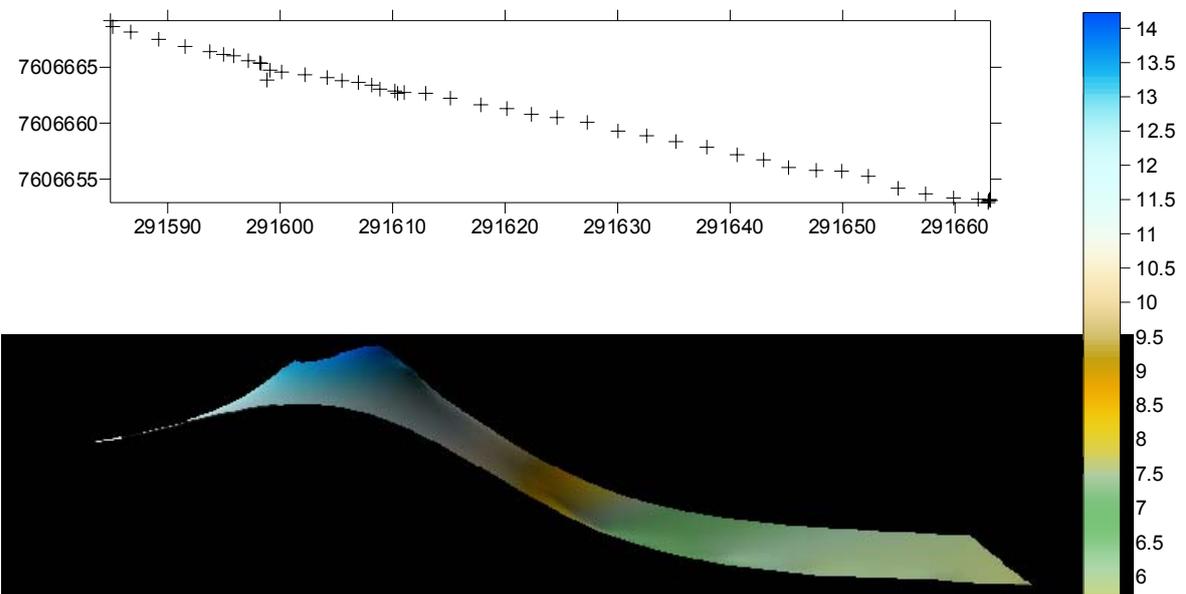


Figura 69: Perfil da 4ª seção, do levantamento executado em 18 de fevereiro de 2006.

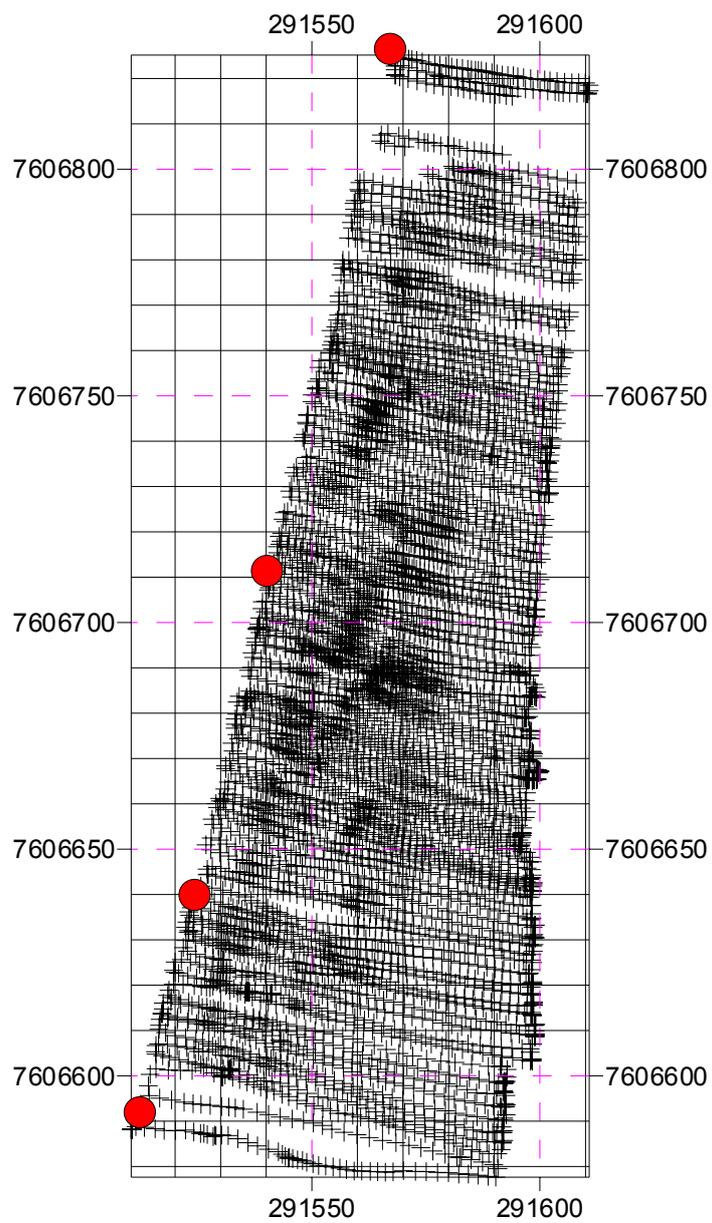


Figura 70: Levantamento executado no mês de julho de 2006. Pontos em vermelho marcando o início de cada faixa para criação de perfil.

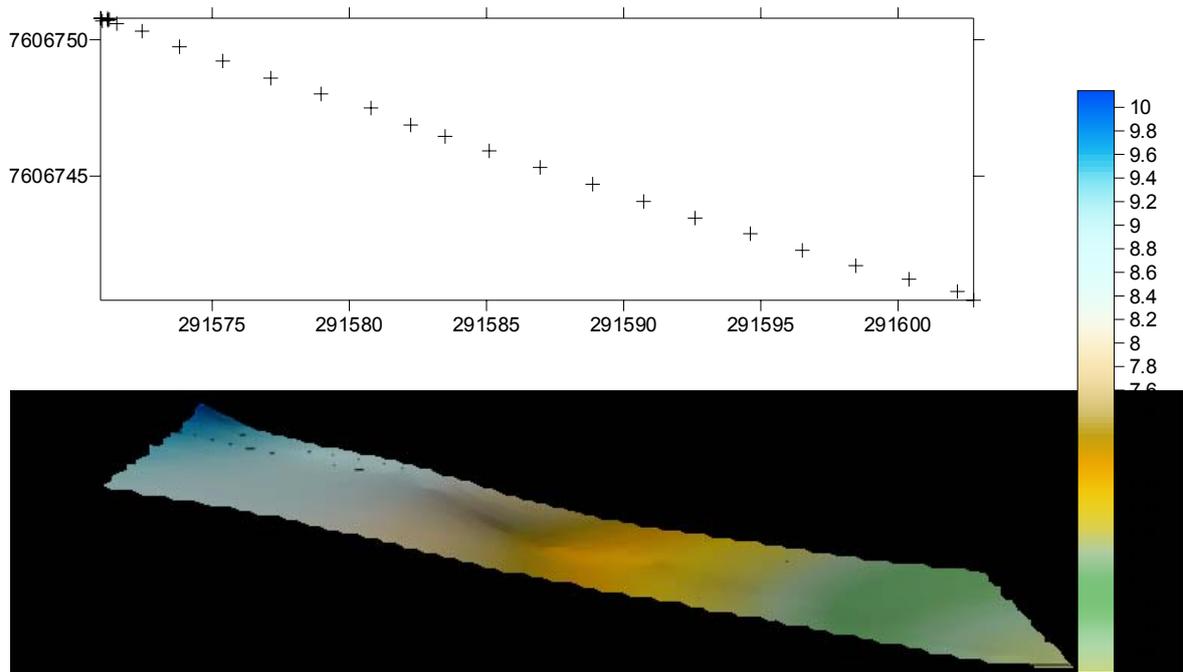


Figura 71: Perfil da 1ª seção, do levantamento executado em 1º de julho de 2006.

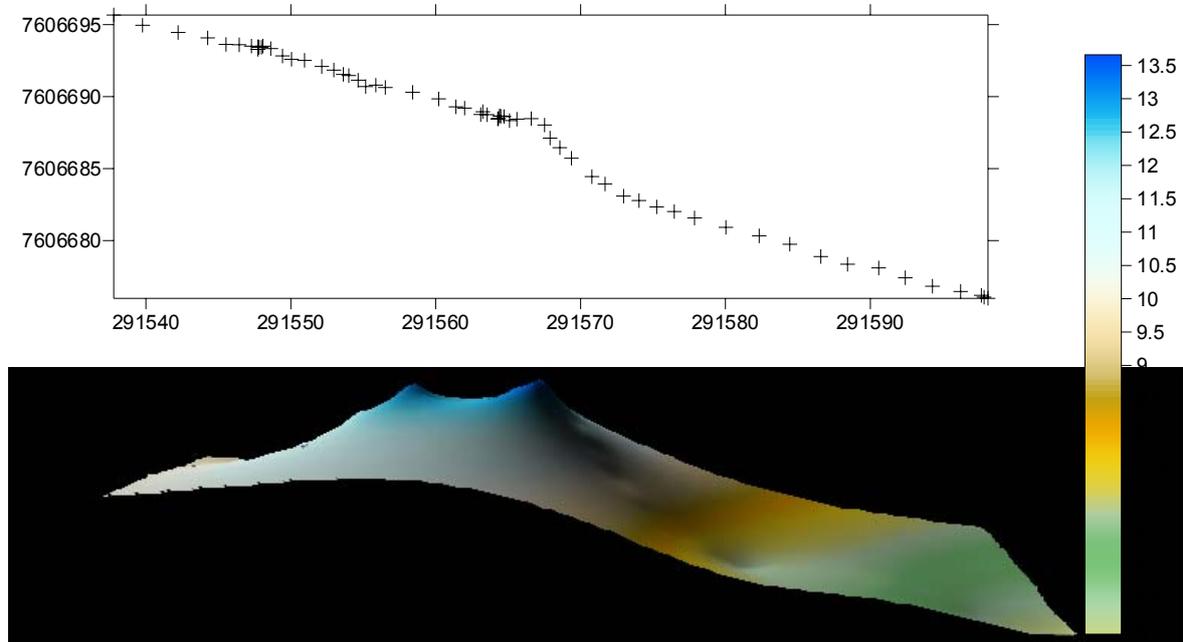


Figura 72: Perfil da 2ª seção, do levantamento executado em 1º de julho de 2006.

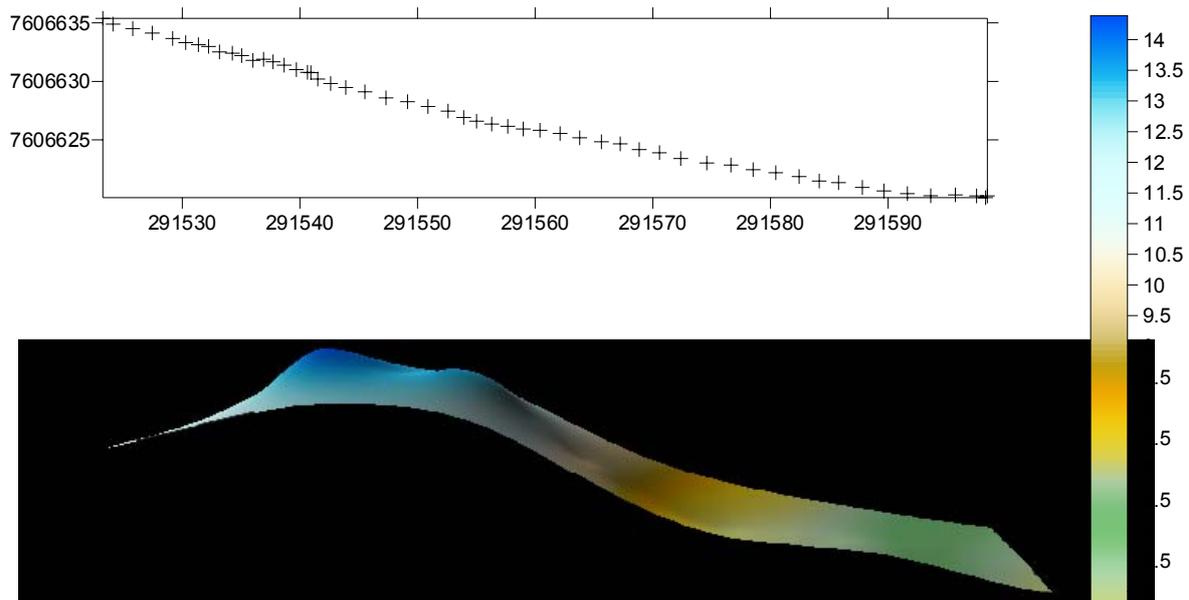


Figura 73: Perfil da 3ª seção, do levantamento executado em 1º de julho de 2006.

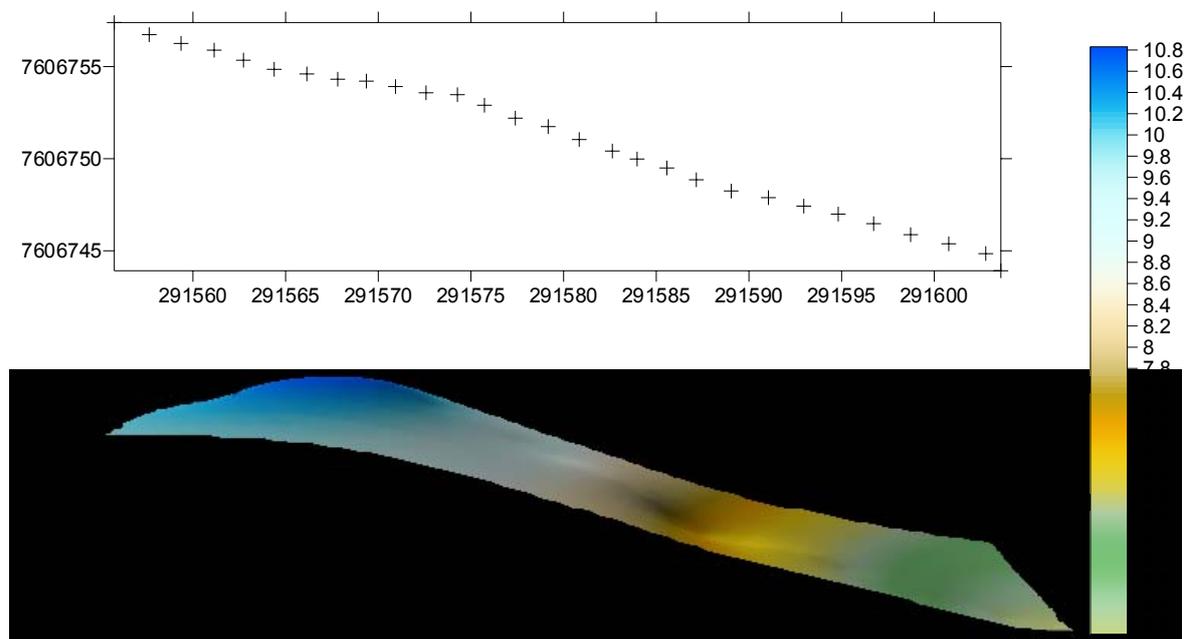


Figura 74: Perfil da 4ª seção, do levantamento executado em 1º de julho de 2006.

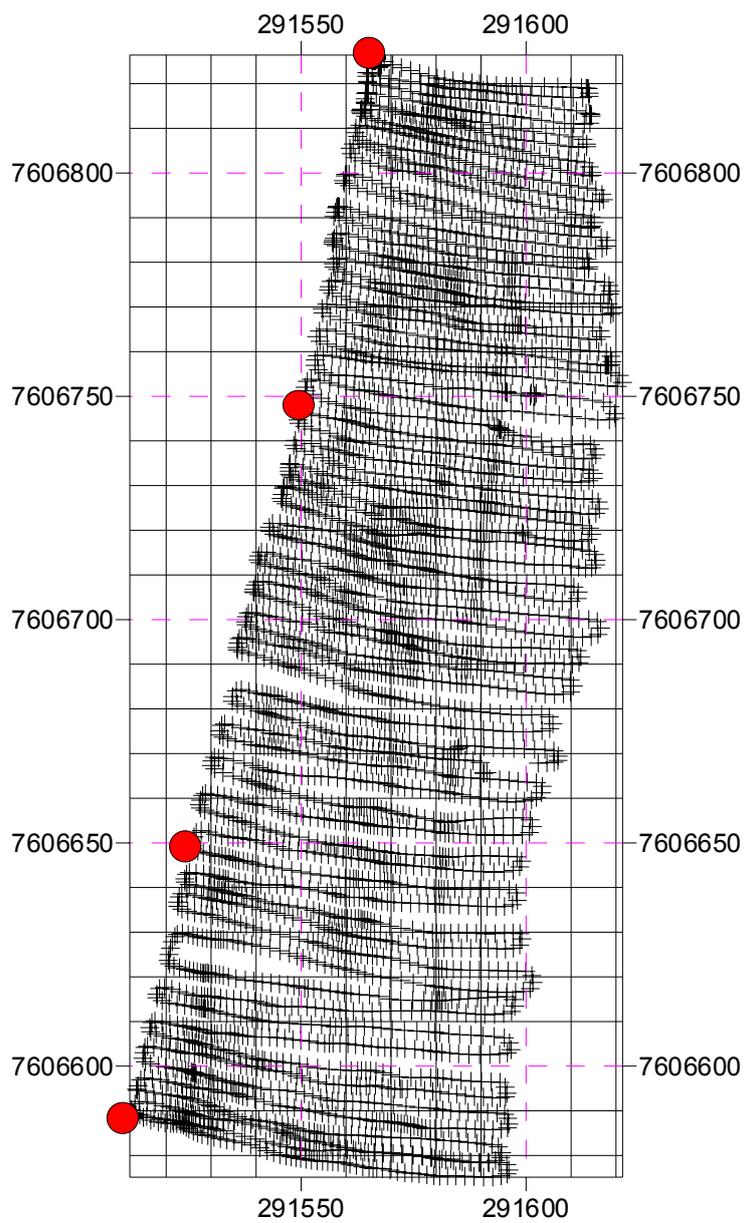


Figura 75: Levantamento executado no mês de agosto de 2006. Pontos em vermelho marcando o início de cada faixa para criação de perfil.

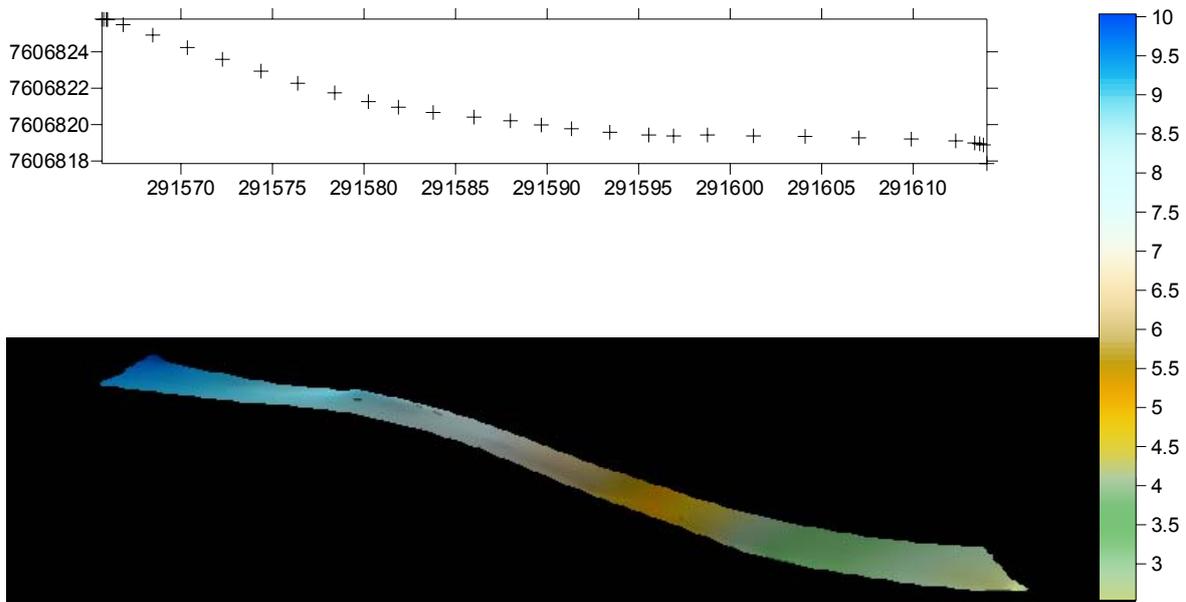


Figura 76: Perfil da 1ª seção, do levantamento executado em 27 de agosto de 2006.

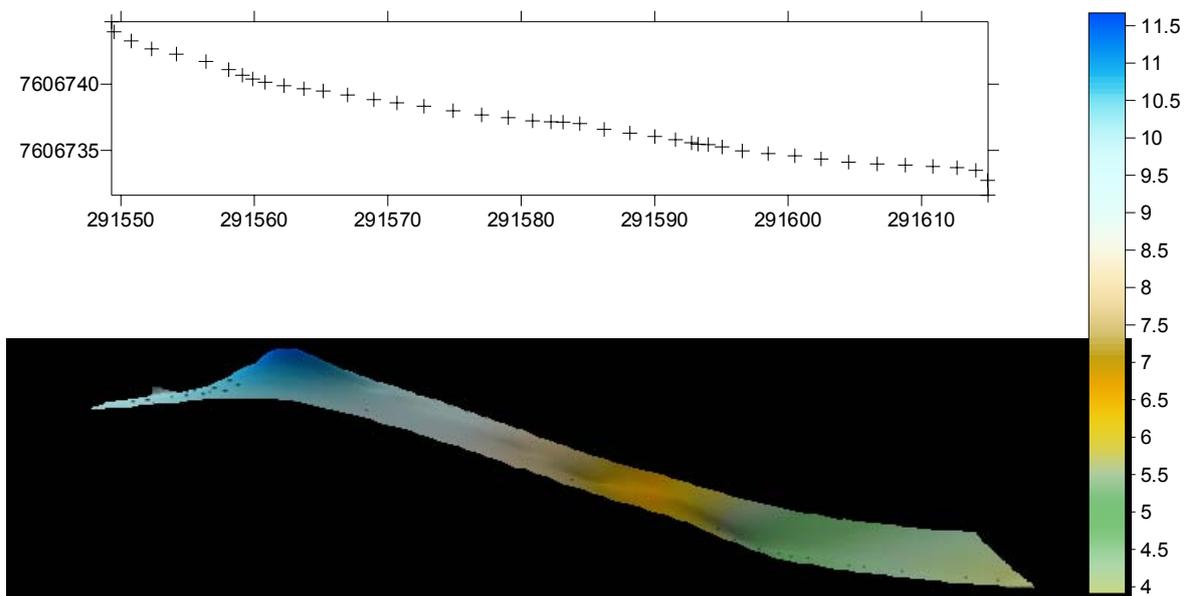


Figura 77: Perfil da 2ª seção, do levantamento executado em 27 de agosto de 2006.

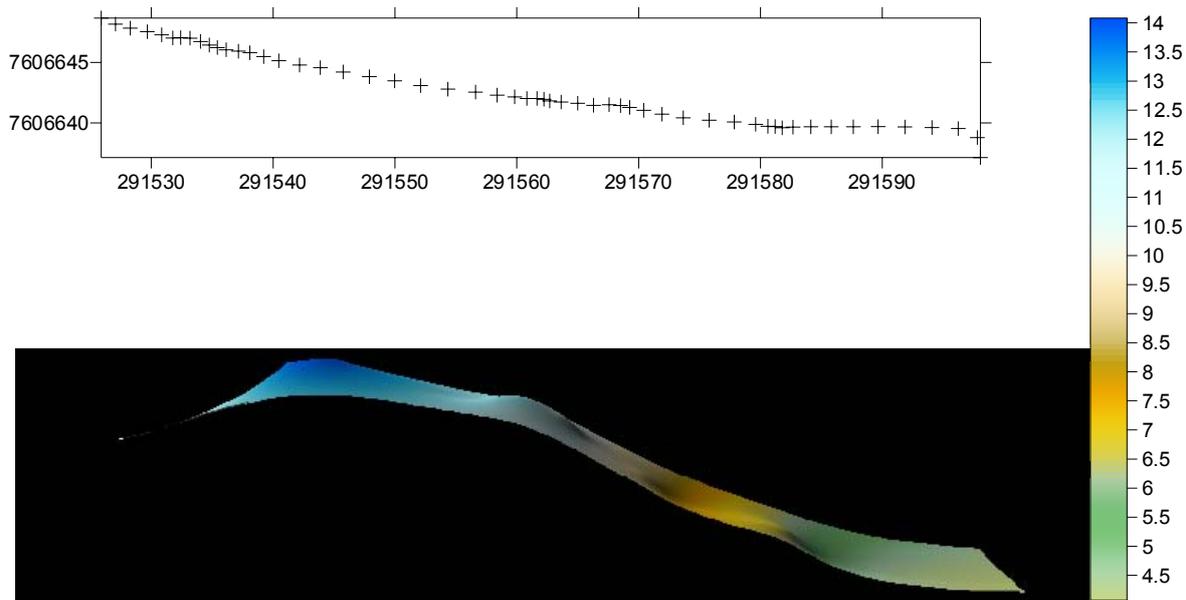


Figura 78: Perfil da 3ª seção, do levantamento executado em 27 de agosto de 2006.

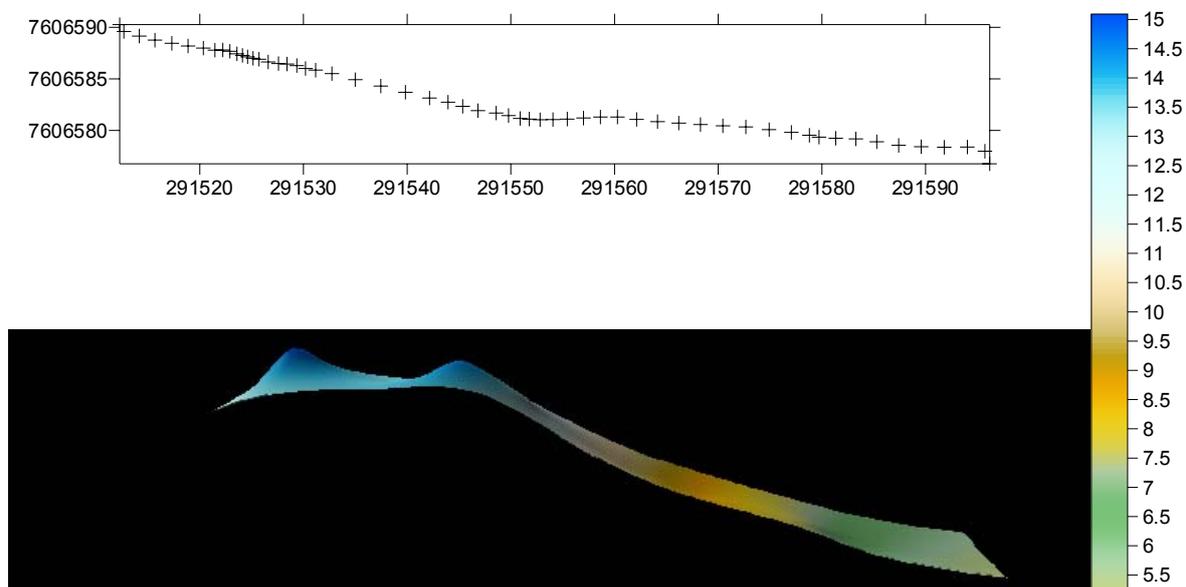


Figura 79: Perfil da 4ª seção, do levantamento executado em 27 de agosto de 2006.

A geração dos perfis topográficos permitirá analisar o comportamento das dunas em seções individuais e compará-las entre si para cada época.

“Quando eu morrer voltarei para buscar os instantes que não vivi junto ao mar”
“Através do teu coração passou um barco que não pára de seguir sem ti o seu caminho”
(Sophia de Mello Breyner)

5. Análise e interpretação dos resultados

Para a análise dos resultados foi adotado o mesmo recorte espacial nos dados medidos com GPS nos meses de fevereiro e agosto/2006. Esses meses foram considerados representativos da situação das dunas para o verão e o inverno no ano de 2006.

Foram feitos testes e ensaios com os dados GPS pós-processados na geração do modelo 3D com o sistema SURFER8®. O interpolador Kriging se mostrou mais adequado para o contexto dos dados coletados com GPS, por estarem distribuídos de forma homogênea e por estarem com boa densidade, isto é, foram nos meses em questão estabelecidas malhas regulares, com número de pontos amostrais bem representativos (PEREIRA, 2007). Além disso, aqui comprova-se, nestes estudos de caso a aplicabilidade imperativa deste interpolador, recomendando-o para um uso extensivo em modelagem numérica de terreno comparativa dessa natureza.

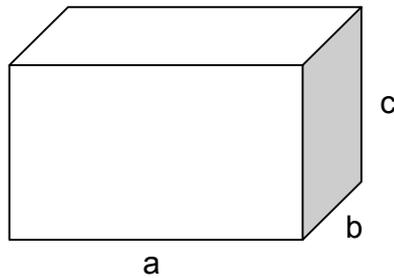
Os testes no sistema SURFER8® mostraram que o sistema possui funcionalidades que atendem aos requisitos da aplicação. A precisão nos levantamentos geodésicos planialtimétricos com o sistema GPS gerou os seguintes desvios-padrão (σ) nos levantamentos executados em 2006:

Janeiro	→	0,013 m
Fevereiro	→	0,075 m
Julho	→	0,607 m
Agosto	→	0,450 m

Para avaliar a precisão alcançada no cálculo do volume de sedimento aplicou-se a lei de propagação de variâncias e co-variâncias por cálculo diferencial (derivadas parciais) (GEMAEL, 1994):

$$V = a \cdot b \cdot c$$

V : volume



$$\delta^2 V/\partial abc = (\partial V/\partial a) \cdot \delta_a^2 + (\partial V/\partial b) \cdot \delta_b^2 + (\partial V/\partial c) \cdot \delta_c^2$$

δ_a^2 : variância de a

δ_b^2 : variância de b

δ_c^2 : variância de c

$$(\partial V/\partial a) = b \cdot c$$

$$(\partial V/\partial b) = a \cdot c$$

$$(\partial V/\partial c) = a \cdot b$$

O desvio-padrão do volume de sedimento calculado para cada campanha realizada em 2006 foi:

Janeiro → ±2753,703 m³ → 2,31%

Fevereiro → ±14590,340 m³ → 4,53%

Julho → ±9600,056 m³ → 4,76%

Agosto → ±19950,091 m³ → 5,60%

Os valores percentuais foram determinados considerando o volume total para cada massa de dados mensal.

Foram calculados os volumes de sedimentos que compõem a parte estudada do campo de dunas, para os meses de janeiro, fevereiro, julho e agosto/2006, com base na cota mínima de 10m, mesmo valor dado para a cota arbitrada do ponto origem (estação de partida) dos levantamentos:

Volume de sedimentos em m ³	Fevereiro/2006	Agosto/2006
	322.341,741	356.400,259

Tabela 18: Volume de sedimento que compõe parte do campo de dunas (fev. e ago./2006).

Volume de sedimentos em m ³	Janeiro/2006	Julho/2006
	119.105,038	201.481,984

Tabela 19: Volume de sedimento que compõe parte do campo de dunas (jan. e jul./2006).

A diferença de volume de sedimentos entre fevereiro/2006 e agosto/2006 foi de 34.058,5192 m³. Considerando que um caminhão padrão de areia possui, aproximadamente, 6 m³, esse volume corresponde, de forma estimada, a 5.600 caminhões de areia. O sistema de dunas em Atafona é positivo, isto é, está em franca alimentação.

A pista de ventos na região possui uma extensão continental mínima de 1 km (tabela 17) e encontra-se completamente desimpedida, isto é, sem obstáculos naturais ou artificiais que impeçam a ação eólica sobre os sedimentos da praia (ilha, tômbolo, promontório, montanha, casas, etc...). Houve no passado, e tem tido ainda disponibilidade de sedimentos com tamanho suficiente que permite o seu transporte completamente aéreo. CASTRO (2001) aponta a velocidade limite de 15m/s para permitir o transporte por suspensão. Os transportes por rastejamento (ou arraste) e por saltação não devem ser desprezados no sistema, e provavelmente este último é o mais marcante em Atafona. CASTRO afirma que o tamanho fino dos sedimentos é alcançado principalmente, via de regra, pelo processo físico da ação eólica, mas a ação mecânica das ondas também pode contribuir, mas em menor proporção. A deposição de sedimentos na plataforma continental se dá de forma rotineira na foz. As ondas e correntes litorâneas (induzidas por ondas e marés) favorecem à deposição de sedimentos na praia. A ação mecânica dos ventos sobre eles provoca a diminuição de seu tamanho, permitindo o transporte por suspensão. Esses sedimentos originais, que estavam

contidos na praia de Atafona, provenientes do rio Paraíba do Sul, são aqueles que nos últimos anos têm configurado as dunas.

Dentre os requisitos das aplicações em Geologia e Geomorfologia Costeiras está a eficiência do uso de sistemas computacionais (tecnologias digitais de geoprocessamento) com funcionalidades testadas à exaustão. As ferramentas SURFER8® e SPRING4.3.1® apresentaram ótimo desempenho na geração de resultados espaciais, cartograficamente com controle adequado, o que os tornam confiáveis. Esta afirmativa só torna-se completamente válida e verdadeira quando é lembrado que os dados de campo também devem ser metodologicamente validados, com o controle criterioso dos processos de mapeamento digital.

Os perfis topográficos apresentados indicam a mudança de declividade entre os meses do verão e inverno de 2006, em função da subtração de sedimentos na praia e também na base (raiz) das dunas. As figuras a seguir ilustram essas situações:



Figura 80: Visão das dunas em estudo em cenário de 15/01/2006, falésia pouco evidente e praia com declividade baixa.



Figura 81: Visão das dunas em estudo em cenário de 14/10/2006, falésia evidente e praia com declividade alta.

6. Conclusões

Fazer uso de tecnologias digitais de geoprocessamento que dêem conta do mapeamento da linha de costa e sua flutuação nos últimos anos consiste numa metodologia adequada, dentro das limitações das imagens sensoriais utilizadas e da precisão dos rastreadores GPS utilizados. No modo relativo obteve-se precisão centimétrica, o que permitiu na escala de 1/8.000 representar a configuração espacial das feições de imediato interesse. Fazer uso de modelagem numérica do terreno para retratação de parte do campo de dunas e monitorar o seu volume tornou-se importante para as investidas sobre pesquisa da dinâmica costeira associada ao vento. Analisar as variações altimétricas do terreno, especialmente na área urbana em Atafona, possibilitou associar a maior velocidade de erosão à baixa declividade.

O estágio atual do processo erosivo em Atafona é marcado pela ação ainda agressiva das ondas. Não há indícios hoje de que o processo está estagnando. Interpretar o fenômeno do ponto de vista geomorfológico induz a entender que esse fenômeno geográfico dinâmico possui causas naturais e pode ser monitorado com tecnologias de geoprocessamento. A planície costeira ainda representa cenário para outras investigações, pois há temas como deriva litorânea, ação dos ventos e regime de ondas que devem ser estudados com mais profundidade. A modelagem desses dados requer um conhecimento de séries históricas de dados observacionais. As taxas de erosão conhecidas ao longo da costa são pontuais, isto é, com a continuidade da geração das linhas de costa por GPS é possível determinar a taxa estimada por ponto estudado ao longo da linha de costa. Determinar limites para áreas de construções leves e pesadas é uma saída para direcionar e orientar a ocupação atualmente. Medidas preventivas são bem vindas, diante do cenário crônico que hoje se vive, essencialmente em Atafona. Como a erosão está diretamente associada ao ataque das ondas, que por sua vez tem sua intensidade e direção definidas e alteradas pelos ventos, é imprescindível

monitorar o seu comportamento ao longo do tempo. Séries históricas estão sendo alvos de levantamentos e análise atualmente. A modelagem de ondas poderá dar uma indicação do seu comportamento sobre a praia nos últimos anos, mas há parâmetros ainda desconhecidos do passado recente, especificamente para os últimos 100 anos. O investimento no monitoramento a partir de dados ambientais é o que poderá dar suporte às futuras interpretações do fenômeno que hoje atuam nesse litoral. Objetivando uma futura recuperação ou restituição do patrimônio histórico imobiliário, possível de ser perdido pela ação das ondas, foi feito o cadastramento de, aproximadamente, 300 casas na frente erosiva e na área urbana compreendida entre o pontal de Atafona e o Corpo de Bombeiros, distribuídas numa extensão de 4 km. O cadastramento consistiu no posicionamento com GPS da casa com fotografia panorâmica digital com perspectiva frontal. Essa tarefa está em curso e faz parte do banco de dados espacial criado no ambiente do SPRING4.3.1® para o desenvolvimento desta monografia.

Em função da significativa contribuição observada no transporte e deposição de sedimentos que têm alimentado o campo de dunas situado na zona costeira entre o pontal e região do balneário de Atafona, trabalhos de demarcação com rastreadores GPS geodésicos, no modo relativo e cinemático, serão em 2007 executados com o propósito de monitoramento do fenômeno. O objetivo foi conhecer a taxa e o volume que tem sido depositado em direção a sotavento nas dunas, já comprometendo a infra-estrutura urbana presente (figura 32). Foi medida, na parcela estudada das dunas, onde se localizam as caixas d'água, entre fevereiro e agosto de 2006, uma diferença positiva de volume e na ordem de 34 mil m³.

Os sedimentos das dunas têm origem principal no pontal de Atafona, confirmado com esta pesquisa a partir das análises sedimentológicas e geomorfológicas. Os sedimentos nas dunas estão distribuídos de forma direcional oblíqua e têm tido um avanço acelerado sobre as construções na av. Atlântica. A partir deste cenário é possível afirmar hoje que:

1. O desenvolvimento do campo e dunas é consequência de processos costeiros, como resultado dos efeitos associados a condicionantes naturais;
2. Há disponibilidade de sedimentos retrabalhados pela ação mecânica dos ventos, com tamanho favorável que tem permitido o transporte por suspensão;
3. A ampla pista de vento, sem obstáculos, configurada nos últimos 20 anos, é um fator fundamental que contribuiu para o desencadeamento do processo do transporte e de deposição;
4. A direção e o sentido predominante dos ventos é NE → SW, o que está explícito e registrado na orientação das cristas das dunas; e
5. A migração das dunas sobre a área urbana é provocada principalmente por fatores naturais.

Diante do entendimento que as dunas são feições costeiras que se estabelecem, via de regra, por causas naturais, uma vez que os fatores podem ser conhecidos, devem ser informados e orientados aos administradores públicos que as intervenções humanas sobre este processo podem desencadear modificações nas causas e nas configurações das dunas, tornado o sistema desequilibrado. Ações para inibir ou tentar frear a movimentação dos sedimentos na praia já foram aplicadas em casos brasileiros e em outros países, nem sempre com sucesso comprovado. Estudos sobre dinâmica de dunas requerem investigações científicas mais aprofundadas e o monitoramento no local é imprescindível para o conhecimento de sua evolução para os próximos meses e anos.

Do ponto de vista ambiental, as feições vegetais nativas que recobrem as dunas conferem a elas a condição de Área de Preservação Permanente (APP) conforme Art. 2º da Lei Federal 4.771/65 (Código Florestal). Representam uma barreira natural que tem contribuído para retardar o próprio efeito da erosão marinha em Atafona. As intervenções por meio de técnicas de engenharia sobre seu formato e sua vizinhança poderão gerar impactos nocivos sobre o ambiente praiar, num sistema fechado de movimentação de sedimentos pelo vento conhecido por modelos consagrados na literatura. Em Atafona não se tem ainda certeza se é um caso de um sistema fechado, isto é, se os sedimentos retornam

para a praia por transporte aéreo ou por meio aquoso (fluvial – canal ou rio, ou escoamento superficial pluvial). Enquanto não forem conhecidos os principais itens que envolvem o sistema de dunas de Atafona, não é pelo autor indicada nenhuma intervenção antrópica sobre ele.

São recomendados estudos permanentes e criteriosos, com fundamentação científica nas áreas de Cartografia, Geologia e Oceanografia, com suporte obrigatório de levantamentos geodésicos e análises laboratoriais, para retratar contextos históricos do campo de dunas diante do processo erosivo em curso. Os ensaios executados e coordenados pelo autor sugerem mais esforços no sentido de investir em estudos técnicos especializados que dêem sustentação às questões que envolvem as afirmativas e dúvidas, contribuindo efetivamente para minimizar as tensões sociais sobre a área urbana onde o campo de dunas se instalou.

7. Obras citadas

- AZEVEDO, M. V. H. **Atafona, patrimônio mar adentro: formação, planejamento e destruição do balneário de Atafona – RJ** Dissertação de mestrado em Planejamento Regional e Gestão de Cidades Universidade Candido Mendes, Campos dos Goytacazes (RJ), 102p., 2004.
- ALMEIDA, A. G. *et al.* **Radiometria e minerais pesados associados à erosão costeira, Atafona, São João da Barra (RJ)** Anais do XLII Congresso Brasileiro de Geologia, Araxá, MG, 2004.
- BEER, T. **Environmental oceanography. An introduction to the behavior of coastal waters** Pergamon Press, Camberra, Australia, 1983.
- BRANCO, R. M. C. W. C. **Comunicação oral** em 05/03/2007.
- CASTRO, J. W. A. **Geomorfologia do sistema sedimentar eólico de Paracuru – Ceará** Tese de doutorado, Instituto de Geociências, UFRJ, 2001.
- COSTA, G. **Caracterização histórica, geomorfológica e hidráulica do estuário do rio Paraíba do Sul**, Dissertação de mestrado, Engenharia Oceânica, UFRJ, 1994.
- COVRE, M. & CALIXTO, R. J. **O Sistema de Informações do Gerenciamento Costeiro no âmbito do Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro** Programa Nacional de Meio Ambiente, 1995.
- CPRM **Relatório e mapas temáticos - Rio de Janeiro** CDROM, 2001.
- DIAS, G. T. M. **A frente deltaica do rio Paraíba do Sul** XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia, 1984.
- DOMINGUEZ, J. M. L.; BITTENCOURT, A. C. S. P. & MARTIN, L. **O papel da deriva litorânea de sedimentos arenosos na construção das planícies costeiras associadas às desembocaduras dos rios São Francisco (SE-AL), Jequitinhonha (BA), Doce (ES) e Paraíba do Sul (RJ)** Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, 13(2):98-105, junho, 1983.

- FOLHA DA MANHÃ **A planície do fundo do mar** matéria jornalística edição 24/10/1999a.
- FOLHA DA MANHÃ **Areia sobre avenida deve retornar às dunas. Geógrafo analisa dunas de Atafona** matéria jornalística edição 3/12/1999b.
- FUNDAÇÃO CIDE Mapas na escala 1/100.000 **Base cartográfica, uso do solo e condicionantes físico-ambientais**, 1994.
- FUNDAÇÃO IBGE Cartas topográficas na escala 1/50.000 **São João da Barra e Muçurepe**, 1971.
- GEMAEL, C. **Introdução ao ajustamento de observações**, UFPR, 1994.
- GONÇALVES, C. Z. **Proveniência e distribuição dos minerais pesados no complexo deltaico do rio Paraíba do Sul** Dissertação de mestrado Lagemar/UFF, 2004.
- IBAMA/Escritório Regional de Campos dos Goytacazes **Mapa de Gestão de Mosaicos – Unidades de Conservação – Norte e Noroeste Fluminenses**, 2003.
- INEPAC **Foz do rio Paraíba do Sul/litoral fluminense: descrição/localização - divisa com os municípios de São João da Barra e São Francisco do Itabapoana - foz do rio, manguezal, ilha da Convivência e outras vizinhas** N° do processo - E-18/300.459/85 Tombo provisório - 1985 / Tombamento definitivo - 11.05.1987.
- KRUEGER, C. P. *et al.* **Determinação da linha de costa na região de Matinhos (PR) através de diferentes métodos** Simpósio Brasileiro de Geomática, Presidente Prudente (SP), 2002.
- NASCIMENTO, K. A. **Caracterização do processo de erosão marinha nas falésias da ponta do Retiro, litoral norte do RJ** Dissertação de mestrado Lagemar/UFF, 2006.
- OLIVEIRA, C. S; KUCHLER, P. C. & RIBEIRO, G. P. **Cadastramento de casas na frente erosiva em Atafona através do sistema ArcGIS9** Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário e Gestão Territorial, COBRAC2006, 2006.

- PEREIRA, C. Q. **Modelagem numérica do terreno a partir de dados de estação total e GPS em aplicações geomorfológicas** Monografia de final de curso Engenharia Cartográfica UERJ, 2007.
- PEREIRA, C. Q.; SILVA, A. E.; ROCHA, T. S.; PINHEIRO, T. C. & RIBEIRO, G. P. **Campo de dunas em Atafona, São João da Barra (RJ), instalado nos últimos 15 anos na zona costeira de alto risco ambiental e sua relação indireta com o processo erosivo marinho em curso** Pôster VI Encontro do Instituto de Geociências - GEOUFF'2006, Universidade Federal Fluminense, 2006.
- REBÊLO, L. P.; BRITO, P. O. E MONTEIRO, J. H. **Monitoring the Cresmina dune evolution (Portugal) using differential GPS** Journal of Coastal Research Special Issue 36, 2000.
- RIBEIRO, G. P. **Tecnologias digitais de geoprocessamento no suporte à análise espaço-temporal em ambiente costeiro.** Tese de doutorado Programa de Pós-Graduação em Geografia UFF, 215p., 2005.
- RIBEIRO, G. P.; FIGUEIREDO JR., A. G.; BARTEL, B. F. E OLIVEIRA, C. S. **Mapeamento da tendência morfodinâmica mensal (período: 2004-2005) da linha de costa entre Atafona e Grussaí, São João da Barra (RJ) com suporte do sistema GPS e fotografias aéreas** XXII Congresso Brasileiro de Cartografia, Macaé (RJ), 2005.
- RIBEIRO, G. P. **Levantamentos geodésicos e resultados da configuração espacial do campo de dunas de Atafona, São João da Barra (RJ)** Carta Secretaria de Meio Ambiente, São João da Barra, 2007.
- SOUZA, E. C. B. **Análises temporais e de alta precisão com o GPS para avaliação das variações volumétricas ocorridas no istmo da ilha do Mel** GIS Brasil – VIII Show de Geotecnologias – II Mostra de Talento Científico, 2002.
- SOUZA, R. C. *et al.* **Praias arenosas e erosão costeira** Quaternário do Brasil, Holos Editora, 2005.
- SUGUIO, K. **Geologia sedimentar** Editora Edgard Blücher Ltda., 2003.

TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M.; FAIRCHILD, T. R. & TAIOLI, F **Decifrando a Terra** USP Oficina de Textos, 2000.

www.planodiretorsjb.cefetcampos.br com acesso em 25/02/2007.

8. Obras consultadas

- ARGENTO, M. S. F. **The Paraíba do Sul Retrogradation and the Atafona environmental impact** Coastlines of Brazil.
- BARBOSA, L. M. & DOMINGUEZ, J. M. L. **Coastal Dune fields at the São Francisco river strandplain, northeastern Brazil: morphology and environmental controls** Earth Surface Processes and Landforms 29, 443-456, 2004.
- BASTOS, A. C. & SILVA, C. G. **Caracterização morfodinâmica do litoral Norte Fluminense, RJ, Brasil** Revista Brasileira de Oceanografia, 48(1): 41-60, 2000.
- CASSAR, J. C. M. **Estudo de transporte litorâneo da costa norte-fluminense** Projeto de Final de Curso, Engenharia Civil, Escola de Engenharia, UFRJ, 1990.
- DIAS, G. T. M. & GORINI, M. A. **Morfologia e dinâmica de evolução do delta atual do rio Paraíba do Sul.**
- DOMINGUEZ, J. M. L. **Deltas dominados por ondas: críticas às idéias atuais com referência particular ao modelo de Coleman & Wright** Revista Brasileira de Geociências 20(1-4):352-361, março/dezembro, 1990.
- DOMINGUEZ, J. M. L.; BITTENCOURT, A. C. S. P. & MARTIN, L. **Controls on Quaternary costal evolution of the east-northeastern coast of Brazil: roles of sea-level history, trade winds and climate,** Sedimentary Geology, 80 (1992) 213-232.
- FUNDAÇÃO IBGE **Mapeamento topográfico na escala 1/50.000** 1971.
- HOEFEL, F. G. **Morfodinâmica de praias arenosas oceânicas: uma revisão bibliográfica,** UNIVALE, 1999.
- IBAMA/ESCRITÓRIO REGIONAL DE CAMPOS DOS GOYTACAZES **Mapa de Gestão de Mosaicos – Unidades de Conservação – Norte e Noroeste Fluminenses,** 2003.

- MARQUES, F. **As praias perdidas. Erosão e recuo do mar redesenham o litoral brasileiro** Revista FAPESP 92, 2003.
- MARTIN, L. & SUGUIO, K. **Variation of coastal dynamics during the last 7,000 years recorded in beach-ridge planis associated with river mouths: example from the central Brazilian coast** Palaeoclimatology, 1992.
- MARTIN, L.; FLEXOR, J. M. & SUGUIO K. **Enregistrement des périodes de fortes et faibles énergies à l'embouchure d'un fleuve. Le cas du Rio Paraíba do Sul (Brésil). Implications climatiques.** C. R. Acad. Sc. Paris, t. 299, Série II, n. 10, 1984.
- MARTIN, L.; FLEXOR, J. M. & SUGUIO, K. **Possible changes in the Holocene wind pattern recorded on Southeastern Brazilian coast** Boletim IG-USP Publ. Esp., 8: 117-131, 1991.
- MIRANDA, L. B.; CASTRO, B. M. & KJERFVE, B. **Princípios de oceanografia física de estuários** EDUSP, 2002.
- MMX MINAS-RIO MINERAÇÃO E LOGÍSTICA LTDA. **Mineroduto Minas-Rio Estudo de Impacto Ambiental**, 2006a.
- MMX MINAS-RIO MINERAÇÃO E LOGÍSTICA LTDA. **Relatório de Impacto Ambiental. Instalação e Operação de Mineroduto**, 2006b.
- NORONHA, J. **Uma dama chamada Atafona** Cultura Goitacá Editora, 2003.
- PEREIRA, C. Q.; SILVA, A. E.; ROCHA, T. S.; PINHEIRO, T. C. & RIBEIRO, G. P. **Campo de dunas em Atafona, São João da Barra (RJ), instalado nos últimos 15 anos na zona costeira de alto risco ambiental e sua relação indireta com o processo erosivo marinho em curso** Pôster VI Encontro do Instituto de Geociências - GEOUFF'2006, Universidade Federal Fluminense, 2006.
- PEREIRA, T. G. *et al.* **Considerações sobre a morfodinâmica de praia na porção meridional da planície costeira do rio Paraíba do Sul** Anais do Simpósio de Geologia da Região Sudeste, 2005.
- SOUZA, E. C. B. **Análises temporais e de alta precisão com o GPS para avaliação das variações volumétricas ocorridas no istmo da ilha do**

MeI GIS Brasil – VIII Show de Geotecnologias – II Mostra de Talento Científico, 2002.

SUGUIO, K. Tópicos de Geociências para o desenvolvimento sustentável: as regiões litorâneas Geologia USP Série Didática.

SUGUIO, K.; MARTIN, L.; BITTENCOURT, A. C. S. P.; DOMINGUEZ, J. M. L.; FLEXOR, J. M. & AZEVEDO, A. E. G. **Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário Superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira** Revista Brasileira de Geociências, Vol. 15, 1985.

www.uff.br/atafona com acesso em 01/03/2007.

ANEXOS

1. Modelo de arquivo <.spr> para entrada de dados no software SPRING4.3.1®

```
SAMPLE
INFO
//Amostras de Modelagem Numérica
//Arquivo ASCII gerado pelo Sistema SPRING
//Projeto: Erosao_em_Atafona - Plano de informação: agosto_2006
//Categoria: Campo_de_dunas_GPS - Modelo: DIGITALMODEL
PROJECTION      UTM/SAD69, HEMIS 1, ORIG.LAT n 0  0  0.00, ORIG.LONG o
39 0  0.00, LAT1 n 0  0  0.00, LAT2 n 0  0  0.00
DATUM      SAD69, Prd 6378160.000000, Pflt 0.003353, Pdx 0.000000, Pdy 0.000000,
PdZ 0.000000
OFFSETX 500000.000000 OFFSETY 10000000.000000 SCALEFACTOR 0.999600
BOX 203611.683311, 7564421.435123, 321063.452927, 7682403.046809
UNITS Metros
SCALE      5080.000000
INFO_END
POINT3D
291567.163  7606823.605  11.106
291567.153  7606823.735  11.488
291567.381  7606823.877  12.426
291567.637  7606823.953  12.774
291567.827  7606824.141  12.539
291567.842  7606824.249  10.975
291566.297  7606825.876  11.004
291566.09   7606826.173  11.135
291566.186  7606826.17   11.054
291566.156  7606826.159  10.743
291566.142  7606826.207  10.303
291566.128  7606826.22   10.267
291566.145  7606826.219  9.833
291566.09   7606826.281  9.634
291566.045  7606826.31   9.538
291566.097  7606826.354  9.541
291566.149  7606826.392  9.488
291566.203  7606826.406  9.531
291566.304  7606826.38   9.699
291566.458  7606826.345  9.932
291566.503  7606826.336  10.086
291566.58   7606826.344  10.267
291566.655  7606826.308  10.464
291566.712  7606826.221  10.526
291566.708  7606826.135  10.527
291566.68   7606826.035  10.544
```

291566.668 7606825.927 10.446
291566.653 7606825.829 10.349
291566.642 7606825.74 10.317
291566.686 7606825.659 10.463
291566.736 7606825.676 10.498
291566.76 7606825.707 10.589

END

END

Relatórios para cálculo de volume referentes aos meses de fevereiro e agosto/2006, gerados no software SURFER®

2. Relatório referente ao mês de fevereiro/2006 (em destaque o volume das dunas):

Grid Volume Computations

Tue Jan 02 20:12:35 2007

Upper Surface

Grid File Name:

C:\claudio\uerj\projetos\atafona\dados_dunas\GPS_fevereiro_2006_dunas\desniveis_10m\kriging\tabela_surfer_sem_pdop_acima5_desniveis_10m.grd

Grid Size: 100 rows x 41 columns

X Minimum: 291551.723

X Maximum: 291675.019

X Spacing: 3.08239999999993

Y Minimum: 7606499.433

Y Maximum: 7606805.888

Y Spacing: 3.095505050505058

Z Minimum: 3.5010055004718

Z Maximum: 14.970856557291

Lower Surface

Level Surface defined by Z = 0

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: 322341.53796102
Simpson's Rule: 322365.28693415
Simpson's 3/8 Rule: 322361.15017435

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 322341.74009427
Negative Volume [Fill]: 0
Net Volume [Cut-Fill]: 322341.74009427

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 37784.675680001
Negative Planar Area [Fill]: 0
Blanked Planar Area: 0
Total Planar Area: 37784.675680001

Surface Areas

Positive Surface Area [Cut]: 38641.225423871
Negative Surface Area [Fill]: 0

3. Relatório referente ao mês de agosto/2006 (em destaque o volume das dunas):

Grid Volume Computations

Tue Jan 02 20:15:21 2007

Upper Surface

Grid File Name:

C:\claudio\uerj\projetos\atafona\dados_dunas\GPS_agosto_2006_dunas\de
sniveis_10m\kriging\tabela_surfer_sem_pdop_acima_5_desniveis_10m.grd

Grid Size: 100 rows x 44 columns

X Minimum: 291511.927
X Maximum: 291621.444
X Spacing: 2.546906976744

Y Minimum: 7606575.155

Y Maximum: 7606826.406
Y Spacing: 2.5378888888905

Z Minimum: 2.3422740623875
Z Maximum: 22.315328626495

Lower Surface

Level Surface defined by $Z = 0$

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: 356400.48201021
Simpson's Rule: 356478.77256831
Simpson's 3/8 Rule: 356468.14368695

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 356400.25922054
Negative Volume [Fill]: 0
Net Volume [Cut-Fill]: 356400.25922054

Areas

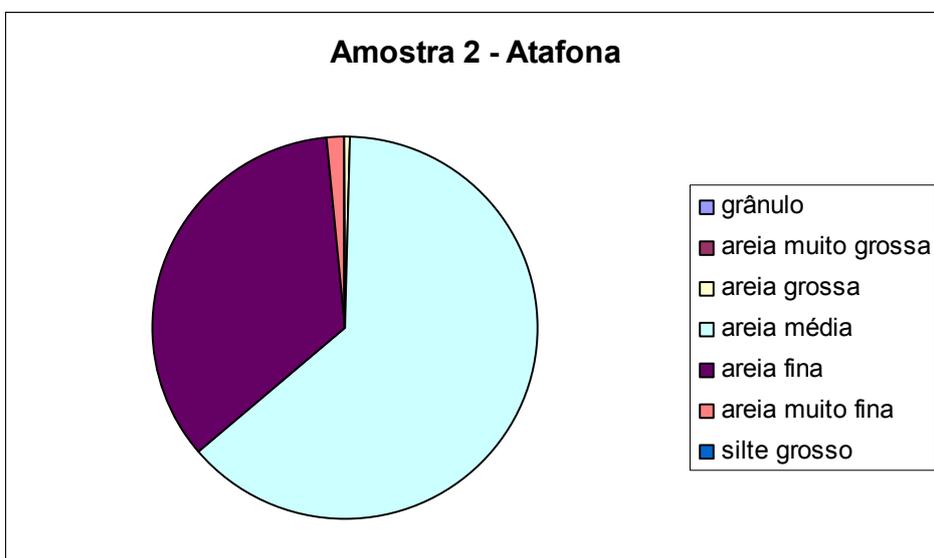
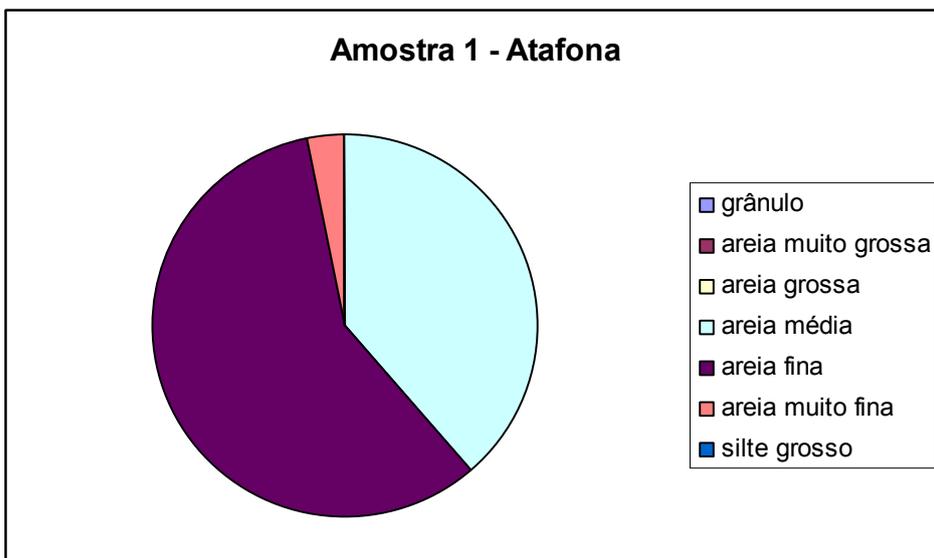
Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 27516.255767016
Negative Planar Area [Fill]: 0
Blanked Planar Area: 0
Total Planar Area: 27516.255767016

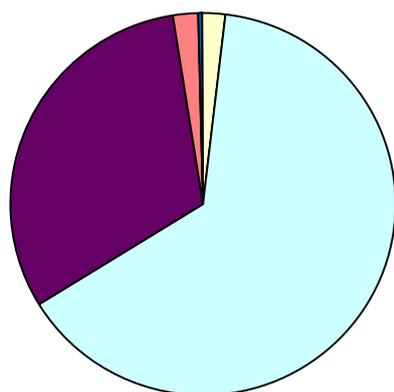
Surface Areas

Positive Surface Area [Cut]: 28698.840401453
Negative Surface Area [Fill]: 0

3. Resultados da análise granulométrica das amostras coletadas em 23 e 26/02/2007 - escala Wentworth (Danielle Scherer):

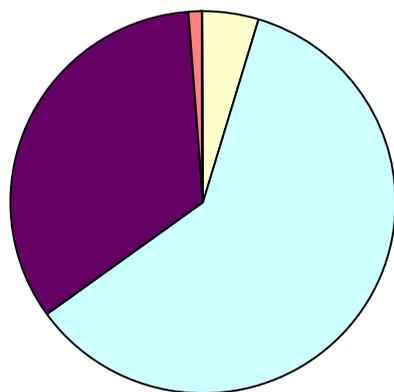


Amostra 3 - Atafona



- grânulo
- areia muito grossa
- areia grossa
- areia média
- areia fina
- areia muito fina
- silte grosso

Amostra 4 - Atafona



- grânulo
- areia muito grossa
- areia grossa
- areia média
- areia fina
- areia muito fina
- silte grosso

Amostra 5 - Atafona

