

GILBERTO PESSANHA RIBEIRO

TECNOLOGIAS DIGITAIS DE GEOPROCESSAMENTO NO SUPORTE À ANÁLISE
ESPAÇO-TEMPORAL EM AMBIENTE COSTEIRO.

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em
Geografia da Universidade Federal Fluminense,
como requisito parcial para obtenção do Grau de
Doutor. Área de concentração: Planejamento e
Ordenamento Territorial e Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Reiner Olíbano Rosas

Niterói
2005

R484 Ribeiro, Gilberto Pessanha
Tecnologias digitais de geoprocessamento no suporte à
análise espaço-temporal em ambiente costeiro/Gilberto
Pessanha Ribeiro. – Niterói : s.n., 2005.

224 p.
Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal
Fluminense, 2005.

1. Gerenciamento costeiro. 2. Mapeamento digital.
3. Sistemas de informação geográfica. 4. Gestão ambiental.
I. Título.

CDD 333.917

GILBERTO PESSANHA RIBEIRO

TECNOLOGIAS DIGITAIS DE GEOPROCESSAMENTO NO SUPORTE À ANÁLISE
ESPAÇO-TEMPORAL EM AMBIENTE COSTEIRO.

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em
Geografia da Universidade Federal Fluminense,
como requisito parcial para obtenção do Grau de
Doutor. Área de concentração: Planejamento e
Ordenamento Territorial e Ambiental.

Aprovada em 15 de abril de 2005.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Reiner Olíbano Rosas
Universidade Federal Fluminense

Prof. Dr. Cleverson Guizan Silva
Universidade Federal Fluminense

Prof. Dra. Sandra Baptista da Cunha
Universidade Federal Fluminense

Prof. Dra. Claudia Robbi Sluter
Universidade Federal do Paraná

Prof. Dr. Dieter Carl Ernst Heino Muehe
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Niterói
2005

À saudosa memória de minha avó Anna Cabral Pessanha.

À minha família Ilza, Osmane e Maria Rosane.

Aos meus filhos ... muito preciosos ... Pedro Ivo (Rico) e Sofia (Plin).

Aos meus mais recentes amigos ... muito especiais ... também aprendo muito com eles: Anderson Gomes de Almeida e Bruno Ferraz Bartel.

Aos outros grandes amigos conquistados nessa parte importante de minha trajetória acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Aristides Arthur Soffiati Netto pelo apoio em pesquisas bibliográficas destinado às alunas Aline Paraná Pereira e Cintia Faria de Sousa – Geografia UFF - que contribuíram para esta pesquisa de forma exemplar.

Ao IBAMA-Campos, em especial à Rosa Maria Wekid Castello Branco, à Maria de Lourdes Anunciação e ao Jefferson Figueira de Mello, pelas permissões e execuções dos vôos de helicóptero, além de conversas esclarecedoras sobre aspectos ambientais e sociais relacionados à Atafona.

À arquiteta Márcia Hissa, pelo suporte fundamental na quantificação das perdas imobiliárias em Atafona.

Ao Prof. M.Sc. Mauro Pereira de Mello, pelo estímulo freqüente no desenvolvimento desta pesquisa, acreditando sempre em mim.

À Profa. Dra. Marli Cigagna, por acreditar sempre na grande capacidade da universidade pública, e pelos estímulos freqüentes durante esta e outras pesquisas realizadas.

À Universidade Federal Fluminense e à Universidade do Estado do Rio de Janeiro, pelo fundamental suporte instrumental nos ensaios e experimentos computacionais.

Ao Engenheiro M.Sc. José Duarte Corrêa, pelo convívio harmonioso e inesquecível aprendizado, na ocasião de minha trajetória profissional na Fundação IBGE. Lá comecei minha trajetória profissional, e com ele.

Ao Prof. PhD. Alberto Garcia de Figueiredo Jr., pelo admirável exemplo e amizade, além do efetivo apoio por ele proporcionado no desenvolvimento de parte importante desta pesquisa.

Aos meus alunos e ex-alunos da Universidade Federal Fluminense e da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, onde tenho tido grandes alegrias e muitas amizades.

À dama chamada Atafona e ao seu aliado, o vento nordeste, que lá vive e a transforma, em suas histórias, estórias, poesias, crenças e descobertas.

“Lá no pontal
Onde o rio encontra o mar
Era o leito nupcial
Quando Atafona no cio
Na louca ânsia de amar
Se encontrava com o rio.
Foi crime passional
Deste mar louco bravio
Destruir o pontal
Por ciúme deste rio”

(Pontal de Atafona, Jair Vieira, 2003)

SUMÁRIO

	Pág.
1. Introdução	15
2. A informação geográfica digital como propriedade de objeto geográfico: recentes iniciativas de sua padronização visando intercâmbio entre instituições produtoras/ provedoras e usuárias	30
2.1. Apresentação geral de alguns padrões de conteúdo de metadados que coexistem hoje	41
2.2. CONCERT: um sistema, do tipo protótipo, desenvolvido para gerenciar metadados	47
2.3. Bibliotecas geográficas digitais	54
2.3.1. Considerações gerais sobre bancos de dados geoespaciais e bibliotecas digitais	55
2.3.2. Biblioteca Digital Alexandria	57
3. Tecnologias de informação geográfica: o potencial tecnológico em uso na gerência de imagens adquiridas por sistemas orbitais (Sensoriamento Remoto)	70
3.1. Caracterização de imagem de satélite e de bancos de dados para imagem	76
3.2. Aspectos relevantes sobre processamento digital de imagens de satélites	79
3.3. Alguns modelos de metadados para imagens de satélites	83
3.4. Bancos de dados espaço-temporais	88
3.5. Bancos de dados gráficos e alfa-numéricos integrados	92
3.6. Aspectos sobre linguagens de consultas geográficas envolvendo imagens de satélites	94
4. Sistema de Informação Geográfica (SIG) como tecnologia digital de Geoprocessamento	103
4.1. Geoprocessamento	106
4.2. Sistemas de Informação Geográfica (SIG)	109
4.3. Sensoriamento Remoto	114
4.4. Aplicações geográficas	117

5. Análise geográfica integrada: monitoramento de erosão ativa e ordenamento do espaço geográfico ao longo do tempo em ambiente costeiro	124
5.1. Características gerais da parte sul da planície deltaica do rio Paraíba do Sul	125
5.2. Cartografia como instrumento para estudos em ambiente costeiro	136
5.3. Resultados no ambiente do sistema SPRING 4.1	144
6. Comentários e conclusões	201
Referências bibliográficas	207

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figuras	Descrição	Pág.
Fig. 1	Diagrama do modelo de dados geomorfológicos.	39
Fig. 2	Notação gráfica das classes do modelo OMT.	40
Fig. 3	Componentes responsáveis pela manipulação de metadados geográficos digitais na federação (ambiente de bancos de dados múltiplos).	52
Fig. 4	Solução de arquitetura para o sistema aberto para armazenamento de objetos abstratos e acesso a metadados geográficos digitais.	53
Fig. 5	Arquitetura geral da Biblioteca Digital Alexandria.	65
Fig. 6	Estrutura de classes de tempo no contexto do SAIF.	92
Fig. 7	Componentes estruturais de um SIG (Antenucci, 1990).	111
Fig. 8	Três aspectos dos SIG como tecnologia computacional.	117
Fig. 9	Mapa da planície de cristas de praia ao sul do rio Paraíba do sul, baseados em fotos aéreas DRM (1976), na escala original 1:20.000 (BASTOS, 1997).	126
Fig. 10	Mapa de localização da área de estudo. Composição colorida a partir de imagens do sistema LANDSAT (CD Brasil – EMBRAPA – aquisição: ano 2001).	128
Fig. 11	Fotografia aérea panorâmica do pontal de Atafona – ano de 1961 (DNOS).	130
Fig. 12a	Fotografia aérea panorâmica tomada pelo autor, do pontal de Atafona – época: 8 de maio de 2003.	131
Fig. 12b	Fotografia aérea panorâmica tomada pelo autor, do pontal de Atafona – época: 4 de outubro de 2003.	131
Fig. 13a	Fotografia aérea panorâmica tomada pelo autor, do pontal de Atafona – época: 2 de maio de 2004.	132
Fig. 13b	Fotografia aérea panorâmica do pontal de Atafona – época: ano de 2004.	133
Fig. 13c	Fotografia aérea panorâmica do pontal de Atafona – época: 4 de outubro de 2003.	133
Fig. 14	Mosaico de ortofotos de parte da planície deltaica do rio Paraíba do Sul (ano 2000).	135
Fig. 15	Recorte de imagem LANDSAT (RGB345).	146/7
Fig. 16	Recorte de imagem LANDSAT (RGB354).	148/9
Fig. 17	Recorte de imagem LANDSAT (RGB423).	150/1
Fig. 18	Recorte de imagem LANDSAT (RGB432).	152/3
Fig. 19	Onze sistemas de discordâncias (apresentados por cores distintas) compostos pelas cristas de praia preservadas na parte meridional da planície deltaica do rio Paraíba do Sul.	154
Fig. 20	Recorte de imagem CBERS (RGB243).	156/7
Fig. 21	Recorte de imagem CBERS (RGB342).	158/9
Fig. 22	Recorte de imagem CBERS (RGB423).	160/1
Fig. 23	Recorte de imagem CBERS (RGB432).	162/3
Fig. 24	Base cartográfica do IBGE sobre imagem colorida do sistema	165/6

	LANDSAT7ETM+.	
Fig. 24a		168
Fig. 24b		169
Fig. 25	Imagem de ilhas vetorizadas.	170
Fig. 26	Resultado da plotagem de linhas d'água mensais no pontal de Atafona, compreendendo o período de janeiro a dezembro de 2004.	173
Fig. 27	Resultado do levantamento planimétrico da falésia para janeiro de 2005 (linha em cor laranja).	175
Fig. 28	Área erodida entre 1954/2004 (imagem).	177
Fig. 29	Área erodida entre 1954/2004 (mapa).	177
Fig. 30	Área erodida entre 1974/2004 (imagem).	177
Fig. 31	Área erodida entre 1974/2004 (mapa).	177
Fig. 32	Área erodida entre 1964/2004 (imagem).	178
Fig. 33	Área erodida entre 1964/2004 (mapa).	178
Fig. 34	Área erodida entre 1976/2004 (imagem).	178
Fig. 35	Área erodida entre 1976/2004 (mapa).	178
Fig. 36	Evolução da linha de costa de 1954 a 2000, tendo como base um mosaico de ortofotos (data do vôo: ano 2000).	182
Fig. 37	Evolução da linha de costa entre 1954 (foto) e 1964 (imagem).	183/4
Fig. 38	Evolução da linha de costa entre 1954 (foto) e 1974 (mapa).	185/6
Fig. 39	Evolução da linha de costa entre 1954 (foto) e 1976 (imagem).	187/8
Fig. 40	Evolução da linha de costa entre 1954 (foto) e 2000 (mapa).	189/0
Fig. 41	Evolução da linha de costa entre 1954 (foto) e 2004 (imagem).	191/2
Fig. 42	Evolução da linha de costa entre 1954 (foto) e 2005 (foto).	193/4
Fig. 43	Linha d'água do ano de 2004 sobre mosaico de fotografias aéreas do ano de 2000.	197
Fig. 44	Falésia do ano de 2004 sobre mosaico de fotografias aéreas do ano 2000.	198

LISTA DE TABELAS

Tabelas	Descrição	Pág.
TABELA 1 -	Uma visão geral das áreas do conhecimento e de aplicações em Geoprocessamento.	55
TABELA 2 -	Metadados AVHRR (tabela adaptada a partir de Anderson (1994)).	74
TABELA 3 -	Metadados LANDSAT7 ETM+ (LANDSAT, 2005).	75
TABELA 4 -	Metadados parciais para imagens CBERS com aquisição 3/4/2004.	76
TABELA 5 -	Metadados parciais para imagens CBERS com aquisição 16/7/2004.	76
TABELA 6 -	Metadados para imagens geradas por composição colorida do sistema CBERS.	76
TABELA 7 -	Tipos de dados, levantamentos e (novas) tecnologias em Geoprocessamento.	97
TABELA 8 -	Tipos de dados e levantamentos em Geoprocessamento.	103
TABELA 9 -	Uma visão geral das classes e subclasses de áreas de aplicação dos SIG (RAMIREZ, 1994).	109
TABELA 10 -	Sistema de classificação de uso e cobertura, adaptado a partir de As Grandes Classes de Uso Atual da Terra - Manual Técnico de Uso da Terra, Número 7, Fundação IBGE, 1999.	110
		113
TABELA 11 -	Escala de tempo e dados cartográficos disponíveis (imagens).	126
TABELA 12 -	Coordenadas geodésicas das estações em Atafona e Grussaí com as respectivas precisões.	128
TABELA 13 -	Altitudes elipsoidais das estações em Atafona e Grussaí (Centro de Fase das Antenas = 0,061m).	129
TABELA 14 -	Coordenadas UTM das estações em Atafona e Grussaí.	129
TABELA 15 -	Vetores processados no GPS cinemático.	130
TABELA 16 -	Vetores processados - distâncias.	131
TABELA 17 -	Precisão relativa da rede de pontos ocupados.	132
TABELA 18 -	Áreas erodidas para as épocas estudadas.	170
TABELA 19 -	Áreas erodidas e perímetros correspondentes aos polígonos vetorizados, tendo como referência o cenário de 1954 em relação a outras datas posteriores.	185
TABELA 20 -	Áreas progradadas e perímetros correspondentes aos polígonos vetorizados, tendo como referência o cenário de 1954 em relação a outras datas posteriores.	186
TABELA 21 -	Escala de tempo e dados cartográficos disponíveis (imagens).	186

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

AVHRR	Advanced Very High Resolution Radiometer
BD	Banco de Dados
CEN	Comitê Europeu de Normalização
CIDE	Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro
EDUCA SeRe	Projeto Educação em Sensoriamento Remoto
FGDC	Federal Geographic Data Committee
GPS	Global Positioning System - Sistema de Posicionamento Global
IBGE	Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IKONOS	High Resolution Satellite Imagery
IMPIMA	Componente do sistema SPRING com função de importação de imagens
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPLOT	Componente do sistema SPRING com função de plotagem de mapas e resultados
IPP	Instituto Pereira Passos da Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro
LANDSAT7 ETM+	Land Satellite 7 Enhanced Thematic Mapper Plus
MDT	Modelo Digital do Terreno
MGD	Metadados Geoespaciais Digitais
MNT	Modelo Numérico do Terreno
MTD	Mapoteca Topográfica Digital
NCGIA	National Centre of Geographic Information and Analysis
PDI	Processamento Digital de Imagens
PEC	Padrão de Exatidão Cartográfica
SAIF	Standard Archive Interchange Format
SCARTA	Componente do sistema SPRING com função de preparação de documentos cartográficos (mapas e cartas digitais)
SGBD	Sistema Gerenciador de Banco de Dados
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SPOT	Sistema imageador orbital – Earth Observation Satellites
SPRING	Sistema de Processamento de Informação Georeferenciada
UERJ	Universidade do Estado do Rio de Janeiro
UFF	Universidade Federal Fluminense
UFPR	Universidade Federal do Paraná
USGS	United States Geological Survey

RESUMO

A pesquisa consiste no desenvolvimento, apresentação e aplicação de metodologia para análise espacial e temporal apoiada por tecnologias de Geoprocessamento (Sistema de Informação Geográfica – SIG e Sistema de Posicionamento Global – GPS), de forma sistemática e institucional, aplicável à avaliação de processos de fenômenos geográficos, como um requisito para execução de projeto técnico de gerenciamento costeiro em gestão territorial e ambiental. Será apresentada a informação geográfica como propriedade de objeto geográfico e sua representação digital, além de iniciativas recentes de sua padronização visando o intercâmbio entre instituições produtoras/provedoras e usuárias de dados e informações geográficas. Tecnologias da informação geográfica associadas a técnicas de processamento digital de imagens de Sensoriamento Remoto são apresentadas e discutidas. Será apresentado o potencial dos SIG, em especial o sistema SPRING4.1, como tecnologia de Geoprocessamento, assim como do uso de métodos de determinação de coordenadas de estações terrestres por meio do Sistema de Posicionamento Global (GPS). É entendido pelo autor que planejar e ordenar o espaço geográfico exige aplicação de metodologia eficiente, tendo em vista a complexidade da área geográfica no tratamento digital de dados geográficos. Experimentos foram realizados através dessas tecnologias contemporâneas, tendo como foco a temática erosão em Atafona, localizada no município de São João da Barra (RJ), com o propósito de validação das ferramentas e seus conceitos permitindo o encorajamento do seu uso mais extensivo em atividades gerenciais e decisórias por administradores públicos, em processos de ordenamento do espaço geográfico, que têm relação direta com gestão territorial. Resultados relativos à morfologia de feições costeiras foram obtidos e permitiram a análise espaço-temporal do fenômeno erosivo em curso.

RÉSUMÉ

La recherche consiste au développement, à la présentation et à l'application d'une méthodologie pour l'analyse spatiale et temporelle soutenue par des technologies de traitement géographique SIG (Système d'Information Géographique) et GPS (Global Positioning System - Système de Positionnement Global), d'une façon systématique et institutionnelle, applicable à l'évaluation de processus de phénomènes géographiques comme un préalable à l'exécution d'un projet technique d'aménagement côtier en gestion territoriale et environnementale. L'information géographique, en tant que propriété d'un objet géographique et sa représentation digitale, est présentée. Nous présentons également les initiatives récentes de sa standardisation ayant pour but les échanges entre institutions productrices/ fournisseuses et utilisatrices de données et d'informations géographiques. Les technologies d'information géographique associées au traitement digital d'images de télédétection sont également présentées et discutées. Le potentiel des SIG, en particulier celui du système SPRING 4.1, en tant que technologie de traitement géographique, est également présenté, ainsi que l'utilisation de méthodes de détermination des stations terrestres au travers du système GPS. L'auteur pense que la planification et la gestion de l'espace géographique exigent la mise en oeuvre de méthodologies efficaces au vu de la complexité de l'aire géographique dans le traitement digital des données géographiques. Des expériences ont été réalisées au travers de ces technologies contemporaines, ayant pour thème central l'érosion à Atafona, dans la municipalité de São João da Barra (RJ), et pour objectif la validation des outils et de leurs concepts, permettant ainsi l'encouragement de son utilisation plus extensive dans des activités de gestion et de décision par des administrateurs publics, dans les processus de gestion de l'espace géographique ayant un lien direct avec la gestion territoriale. Les résultats concernant la morphologies des aspects côtiers ont été obtenus et ont permis l'analyse spatiale et temporelle du phénomène érosif.

1. Introdução

Notadamente nos últimos anos a informação digital tem predominado em ambientes acadêmicos e empresariais, onde há projetos de cunho geográfico em pleno desenvolvimento, e coordenados por especialistas de diversas áreas do conhecimento. Em especial esta pesquisa se insere nas Ciências da Terra, onde e quando é comum monitorar fenômenos e fatos desta natureza, descrevê-los e analisar o seu comportamento ao longo do tempo, com suporte de tecnologias digitais de Geoprocessamento¹, analisando o seu efetivo potencial em ambiente costeiro. Compreender como tais projetos se apóiam em conceitos geográficos e sistemas computacionais para a solução de problemas de monitoramento desses fenômenos, é uma atividade relevante e requer a execução de tarefas complexas. Mas alcançar a sua completa compreensão, não é uma tarefa trivial, principalmente em se tratando de gestão do território e gerenciamento de problemas costeiros relativos à dinâmica dos objetos e atores sociais que lá se localizam e interagem entre si. A análise morfométrica de feições geográficas, associada a esses objetos torna-se imperativa quando se busca a compreensão integral de tais fenômenos e prever seu comportamento futuro.

O domínio sobre conceitos geográficos e a avaliação do estado da arte dos sistemas computacionais predominantes em uso atualmente, com propósitos de suportar aplicações geográficas complexas, requer êxito no entendimento sobre definições

¹ Geoprocessamento representa um conjunto de tecnologias que permitem processar dados geográficos de naturezas diferentes, predominantemente em ambiente digital. Essas tecnologias estão associadas a Sistema de Informação Geográfica (SIG), Sistema de Posicionamento Global (GPS), Sensoriamento Remoto, Fotogrametria, Geodésia e outras áreas técnicas cartográficas e geográficas.

associadas ao processo de modelagem de dados, e sobre o efetivo potencial das ferramentas tecnológicas e computacionais existentes e disponíveis no mercado brasileiro. Agregado a esses itens há, também, a necessidade de integrar dados de formatos e naturezas diferentes, produzidos por métodos distintos, preferencialmente em um ambiente computacional único. Problemas de processamento de dados geográficos contidos em bases de dados heterogêneas e problemas inerentes aos sistemas de informação capazes de gerenciar esses dados em ambiente distribuído é um desafio permanente.

Diante do que tem sido estudado e pesquisado nos últimos anos na área da recente Ciência da Geoinformação (CÂMARA et al., 2000) e das tradicionais Ciências da Terra, do ponto de vista dos fundamentos geográficos clássicos, é imperativa uma intervenção para refletir sobre o processo de modelagem de dados, com o propósito de realização de uma análise circunstanciada e, em alguns casos, preferencialmente, conclusiva nas aplicações, que retrate o real e possível potencial tecnológico na representação computacional de aspectos do espaço geográfico, diante das dificuldades ainda enfrentadas na operação e desenvolvimento de sistemas de informação, quando utilizados, principalmente, para a produção expressiva de plantas, mapas e cartas temáticas digitais dinâmicas.

A associação e assimilação de conceitos cartográficos aos ambientes de trabalho dos projetos citados, onde são analisados processos de intervenção humana na configuração de espaço geográfico, é mandatório, e contribui de forma significativa no sucesso para o alcance dos resultados desejados. É perigoso não entender que conceitos ditos geoespaciais (RIBEIRO, 2001) são imprescindíveis na análise da qualidade dos

modelos de dados produzidos. O vocabulário associado à sua semântica, em cada área de aplicação, pode ser muito especializado. A compreensão das taxonomias e dos sistemas de classificação de uso e cobertura do solo, por exemplo, é uma tarefa importante e deve ser criteriosamente analisada. Fenômenos rotineiros que ocorrem na zona costeira como erosão, representam assuntos ricos e complexos (FIGUEIREDO Jr. et al. (b), 2004), e, neste caso, monitorar o fenômeno requer a geração de banco de dados espaciais com capacidade de armazenamento e recuperação de informações consistentes, e, além disso, com recursos que permitam a gerência do tempo, isto é, a gerência das configurações espaciais dos objetos geográficos em séries históricas, com o apoio permanente de imagens de satélites e fotográficas.

No cenário geral das áreas de aplicação que utilizam tecnologias digitais de Geoprocessamento são requeridas soluções sofisticadas, fazendo uso também da tecnologia de banco de dados espaciais e de suas funcionalidades (persistência, concorrência, transações, recuperação, consultas, integridade, segurança e desempenho) (GÜTING, 1994). No contexto desse conjunto de tecnologias são projetados sistemas computacionais especializados, denominados globalmente por Sistemas de Informação Geográfica (SIG) que possuem como propósitos adquirir, organizar, transformar e gerar resultados, manipulando normalmente um grande volume de dados complexos espaciais (como, por exemplo, mapas e imagens de satélite) e não espaciais (dados alfanuméricos) provenientes de estudos de fenômenos geográficos, com relacionamentos temporais, e também com recursos para a descrição de suas características geométricas e topológicas (RIBEIRO, 2001).

As aplicações geográficas apresentam várias características que compõem uma problemática complexa, do ponto de vista de gerenciamento de dados geográficos. Essas características são sinalizadas por GÜNTHER (1997) e envolvem os seguintes itens:

- A quantidade de dados a serem processados é, freqüentemente, muito grande o que ocasiona problemas no gerenciamento dessas bases de dados. Além disso, esses dados podem possuir fontes diversas e estar em formatos diferentes, dificultando o integral intercâmbio de dados geográficos por meios eletrônicos. Exemplos típicos dessas aplicações são aquelas na área de ambiente e aquelas relativas ao planejamento e ordenamento urbano e rural;
- O gerenciamento desses dados é, normalmente, muito distribuído. Esses dados são, via de regra, adquiridos, processados e armazenados por um conjunto de agências do governo e por outras instituições distribuídas no território nacional, podendo ir além de suas fronteiras. Os problemas neste contexto surgem na modelagem e gerenciamento de bases distribuídas, gerenciamento de transações de consulta e atualização distribuídas sobre aquelas bases de dados;
- O gerenciamento desses dados é extremamente heterogêneo, do ponto de vista de plataformas de software e de hardware. Esses dados são normalmente organizados de acordo com uma variedade de modelos de dados específicos das aplicações. Há vários problemas em aberto nesta área com relação à proposição de modelos de dados geográficos canônicos, ou modelos de dados espaço-temporais canônicos, que venham a contemplar todas as possíveis modelagens de dados nas aplicações em Geoprocessamento;

- Os objetos geográficos possuem uma estrutura interna complexa, isto é, eles consistem de sub-objetos que correspondem a componentes também complexos, na maioria das vezes;
- Os objetos geográficos possuem aspectos espaciais (geometria e topologia) e temporais, isto é, possuem uma localização geográfica e uma extensão temporal, e se transformam mudando o seu estado ao longo do tempo. No entanto, a dimensão temporal ainda não está plenamente incorporada a nenhum SIG disponível comercialmente, o que obriga os desenvolvedores e projetistas a implementar sempre uma camada temporal sobre eles. As informações temporais em SIG tradicionais são tratadas como parte dos metadados², ou seja, descrevem parte dos dados, não sendo, portanto, parte efetiva presente da informação em si;
- Dados geográficos são freqüentemente incertos. Técnicas estatísticas e de inteligência artificial podem ser empregadas para gerenciar essa incerteza, comumente utilizando no desenvolvimento de sistemas especialistas tendo como base a lógica nebulosa (*fuzzy*). Na área de Sensoriamento Remoto, por exemplo, esta técnica tem sido estudada de forma crescente, uma vez que objetos-alvos representam um foco de investigação sobre suas propriedades (TEIXEIRA, 2004); e
- Dados geográficos exigem um tratamento diferenciado dos convencionais em relação ao seu gerenciamento (persistência, atualização e consulta *ad hoc*

² Metadados são bancos de dados descritivos e representam tecnologia inovadora na gerência de dados geográficos e estatísticos, também explorado no desenvolvimento de sistemas de consulta e atualização de bases de dados em ambiente heterogêneo e distribuído.

eficiente) e tratamento. Além disso, o processamento de consultas pelo usuário requer linguagens específicas de apresentação e de visualização científica desses dados.

Surgem outros problemas relativos ao gerenciamento de fluxos de transações, por exemplo, entre diversos processos também na área de aplicações geográficas. Estes problemas surgem a partir de complexos fluxos de trabalhos entre pessoas, ou atores, que desempenham diversos papéis nas organizações que utilizam tecnologias de Geoprocessamento. Estes atores podem optar por trabalhar cooperativamente, levando não só a necessidade de gerenciar os fluxos das suas transações, como também gerenciar a interoperação entre elas. Estas transações podem ter linguagens e solicitações bem diversas, porém com objetivo comum, devido à multidisciplinaridade inerente à aplicação geográfica.

Outra questão interessante surge quanto ao tratamento das transações. Limitando somente a uma plataforma gerenciadora não distribuída, a gerência de transações em Geoprocessamento tem que permitir que elas possam ser longas, recursivas e complexas, com semântica espacial e temporal, além de permitir a realização de grande quantidade de consultas e atualizações sobre os dados armazenados nas bases. Estas transações são normalmente disparadas em processos de análises (análise geográfica: espacial; temporal; estatística; numérica; etc...) e simulações com a base de dados, muitas das vezes servindo como modelo do mundo real, assim requerendo consultas à quase totalidade dos dados contidos nas bases de dados³. Essa situação aplica-se à gerência de dados no âmbito

³ Bases de dados representam repositórios de dados estruturados.

institucional, o que ocorre com as empresas produtoras de dados geográficos no Brasil: IBGE, DSG, DHN, ICA, EMBRAPA, INPE, DRM-RJ, CPRM, IEF-RJ, etc....

Estes problemas vêm sendo de difícil solução devido à natureza dos dados geográficos, dos quais podemos ter uma aproximação interpretando a tabela seguinte onde é apresentada uma classificação geral, em dois níveis, das áreas de aplicação mais comuns em Geoprocessamento, adaptadas a partir de RAMIREZ (1993):

ÁREAS DE PROJETOS TÉCNICOS	ÁREAS DE APLICAÇÃO
Ocupação Humana	Planejamento e Gerenciamento Urbano e Regional
	Educação, Ação Social e Análises Sócio-Econômicas
	Saúde
	Transportes
	Turismo, Cultura, Lazer e Desporto
Atividades Econômicas	Marketing
	Indústrias
Uso da Terra	Agroindústria
	Irrigação e Drenagem
	Cadastro Urbano e Rural
Uso dos Recursos Naturais	Extrativismo Vegetal
	Extrativismo Mineral
	Fontes de Energia
	Recursos Hídricos
	Oceanografia
Meio Ambiente	Ecologia
	Climatologia
	Gerenciamento Florestal e Costeiro
	Poluição
Mapeamento Cartográfico	Geodésia e Topografia
	Sensoriamento Remoto
	Fotogrametria

TABELA 1: Uma visão geral das áreas do conhecimento e de aplicações em Geoprocessamento.

Sendo assim, torna-se necessário e importante o desenvolvimento de soluções para os problemas citados de forma que possam ser incorporadas em um conjunto de ferramentas, oferecendo um suporte adequado para uma manipulação sistemática de dados geográficos a partir de bases heterogêneas e distribuídas. Esse cenário complexo encontra-se presente no gerenciamento costeiro, área de aplicação contemplada nesta pesquisa na realização de experimentos e adotada para explorar soluções diante de suas exigências sobre as tecnologias digitais de Geoprocessamento.

Objetos geográficos são dinâmicos e devem ser monitorados ao longo do tempo através de sua geometria e de sua topologia. Deste modo, ferramentas podem ser aplicadas a diversas áreas que têm em comum o interesse por objetos do mundo real, com respeito à sua localização e à sua distribuição espacial. Objetos geográficos como falésia, linha d'água, campo de dunas, cava, planície costeira e berma representam feições importantes quando se investe no monitoramento da erosão ativa em áreas litorâneas, através de suas mudanças de configuração e seu comportamento temporal.

A presente pesquisa apresentará e discutirá padrões da informação geográfica digital que normalizam procedimentos e normatizam a representação computacional, com diminuição de esforços no tratamento de dados geográficos por sistemas de informação especializados e bancos de dados volumosos. Essa tarefa faz parte da hipótese teórica da pesquisa que induz afirmar que tais padrões são necessariamente importantes diante das especificidades das aplicações em gerenciamento costeiro, onde há presente o monitoramento de feições geográficas através do uso de tecnologias digitais de geoprocessamento em busca de soluções de conhecer sua dinâmica por meio de sua configuração espacial ao longo do tempo. A outra parte da hipótese é que o potencial

dessas tecnologias atende grande parte do que é necessário no processo de produção dos mapas temáticos digitais, o que força pesquisar sobre as etapas do próprio processo de produção e a qualidade desses documentos cartográficos finais. Planejar e ordenar o espaço geográfico exige aplicação de metodologia eficiente, tendo em vista a complexidade dos objetos que nele estão contidos no tratamento de dados geográficos.

Aplicações em gerenciamento costeiro exigem projetos técnicos onde essas ferramentas desempenham papel imprescindível em decisões por administradores públicos e também por especialistas das áreas das Ciências da Terra. O uso sistemático de GPS e SIG no monitoramento de fenômenos geográficos requer emprego de metodologia apropriada, com apoio do método científico em busca de soluções.

O crescente número de usuários na área de Geoprocessamento e a busca de eficiência diante das exigências das aplicações geográficas têm encorajado pensar sobre em que, de fato, tais tecnologias contribuem na solução de problemas do cotidiano junto aos especialistas responsáveis pela produção de mapas e cartas digitais.

Para a execução do gerenciamento costeiro projetos técnicos são criados no sentido de proporcionar aos especialistas condições de gerir territórios. Comumente bacias hidrográficas têm sido consideradas como unidades geográficas de trabalho, uma vez que elas representam de forma integral a problemática ambiental. Isso requer zoneamento a partir de fatores físicos atuantes no espaço geográfico, envolvendo aspectos geológicos, geomorfológicos e geográficos. Entender fenômenos costeiros localizados em áreas urbanizadas e em expansão exige dos especialistas correlacionar dados de tipos e fontes diversas, com o propósito de descrever o seu comportamento ao longo do tempo e identificar áreas críticas de risco. Representar em ambiente digital a realidade geográfica

não é uma tarefa trivial, uma vez que há complexidade no mapeamento dos fatores que modificam frequentemente as formas das feições costeiras. Retratar essa mudança é tarefa dos SIG com apoio do sistema GPS, que são tecnologias digitais de Geoprocessamento que contribuem para potencializar as análises geográficas e quantificar parâmetros relativos aos objetos.

Investir na organização e no estabelecimento de uma bancada de trabalho é a saída para execução do processamento de dados geográficos, que no caso estudado refere-se a fenômenos associados ao ambiente costeiro no norte-fluminense, em especial numa faixa litorânea com extensão de, aproximadamente, 7,5 km.

Esta pesquisa apresenta um comprometimento com uma revisão sobre iniciativas institucionais de padronização da informação geográfica. Na tentativa de estabelecer padrões digitais dessa informação os seguintes itens devem ser considerados, ainda em se tratando de uma bancada de trabalho, onde:

- Análise sobre a heterogeneidade semântica dos SIG comerciais que compartilham bases de dados distribuídas;
- A interoperabilidade entre modelos de dados geográficos, plataformas e sistemas aplicativos;
- A especificação de itens sobre a qualidade e referência espacial compreende tópicos fundamentais no contexto da padronização; e
- Estudo sobre padrões da informação geográfica que coexistem hoje.

O processo de modelagem conceitual de dados geográficos requer uma análise do domínio das aplicações a serem contempladas com o modelo a ser produzido. A qualidade desse modelo está diretamente vinculada ao processo e técnica de modelagem dos dados.

Para uma avaliação rigorosa e criteriosa do modelo é necessário compreender por completo o processo da modelagem analisando todos os fatores utilizados em sua concepção. Esses fatores são responsáveis pela boa qualidade do processo de modelagem e são fortemente apoiados em métodos e ferramentas de software empregados durante a modelagem dos dados. Iniciativas de uso desses fatores existem em projetos diversos, são bem sucedidas e apontam como uma alternativa essencial para garantir boa qualidade do modelo. Aspectos sobre esse uso serão também referenciados.

Essas tentativas de estabelecimento de fatores que auxiliam a alcançar a boa qualidade do modelo mostram que, quando adotados em modelos de dados orientados a objetos, se tornam mais apropriados diante da complexidade dos dados geográficos. Especialistas que implementam ferramentas de software e camadas de aplicativos de SIG, com o propósito de torná-los mais operacionáveis, levam-nos à reflexão sobre a capacidade dos modelos permitirem a solução de conflitos semânticos das aplicações. Com a tendência atual do desenvolvimento de SIG em ambiente de multi-bancos de dados, onde há grandes volumes de dados armazenados em bases de dados geográficos heterogêneas e distribuídas, os modelos de dados procuram ser mais abrangentes e estar apoiados em padrões de metadados. Os requisitos das aplicações impõem certa flexibilidade sobre os SIG de forma que este atenda às necessidades das operações e consultas sobre ele feitas pelo usuário. Esses padrões tornam a tarefa de modelagem dos dados mais otimizada e menos árdua.

A análise criteriosa dos requisitos para o processo de modelagem dos dados é fundamental para a qualidade do modelo. Além disso, há vários aspectos a serem considerados: consistência e qualidade dos dados; discretização do espaço contínuo;

propriedades geométricas; propriedades topológicas; conjunto de operações (seleções, junções e transformações) e relacionamentos espaciais (topológicos, direcionais e métricos); capacitação para análise de rede e recursos para apresentação visual dos resultados.

Padrões de metadados são estabelecidos e testados em aplicações geográficas. Sobre esses padrões incidem fatores (associados a critérios pré-estabelecidos) fundamentais no sentido de permitir boa qualidade dos metadados. Eles também são aplicáveis ao processo de modelagem de dados, a saber: estrutura e clareza; compreensividade; consistência; abrangência; flexibilidade e facilidade de uso (WEBER, 1998).

É proposta uma discussão sobre o uso prático desses fatores no processo de modelagem de dados temáticos vinculados a aplicações clássicas que fazem uso de SIG: fitoecologia; uso potencial da terra; aptidão agrícola de solos; geomorfologia; geologia; exploração de solos; e, por último escolhido pelo autor como área aplicada, o gerenciamento da dinâmica de feições geográficas vinculado a projetos de pesquisa em ambiente costeiro.

A presente pesquisa tem como objetivo geral produzir e avaliar resultados com uso de tecnologias digitais de Geoprocessamento que contribuem potencialmente para analisar a configuração dos objetos do espaço geográfico ao longo do tempo, com apoio de imagens de satélites e aéreas. Serão apresentados e discutidos padrões da informação geográfica digital que normalizam procedimentos e normatizam a representação computacional, com diminuição de esforços no tratamento de dados geográficos por sistemas de informação especializados e bancos de dados volumosos.

Os objetivos específicos tratados nesta pesquisa são:

- Apresentar a informação geográfica digital como propriedade de objeto geográfico e suas recentes iniciativas de padronização;
- Apresentar o potencial de tecnologias da informação geográfica e de Geoprocessamento com foco na gerência de imagens adquiridas por sensores orbitais (Sensoriamento Remoto);
- Análise do suporte de alguns sistemas computacionais na avaliação do processo de erosão costeira em Atafona pela quantificação de propriedades das formas litorâneas, isto é, morfometria das feições geográficas envolvidas, com discussão sobre o potencial das tecnologias de Geoprocessamento (essencialmente SIG e GPS) na geração de bancos de dados variados que tratam, por meio de representações gráficas, as propriedades dos objetos geográficos ao longo do tempo. Estudos geomorfológicos costeiros dependem dessa retratação;
- Estabelecimento da configuração de objetos geográficos costeiros pela locação por meio do sistema GPS no modo relativo (estático e cinemático), produzindo uma nuvem de pontos com coordenadas geodésicas precisas. Sistemas computacionais especializados (“TrackMaker”, “Reliance Processor” e “Ashtech Solution”/“Project Manager”) e o SIG SPRING permitiram tratar esses dados de forma a correlacioná-los com bases de dados cartográficas e imagens digitais. O potencial desses sistemas depende dos métodos utilizados na aquisição dos dados e de suas transformações, produzindo relatórios, gráficos e mapas variados; e

- Recomendações sobre investimento no estabelecimento de sistemas de monitoramento apoiado por tecnologias de Geoprocessamento com efetiva contribuição para o gerenciamento de problemas costeiros, normalmente com forte associação à ocupação humana acelerada e desordenada.
- Outro objetivo é atingir os beneficiários diretos desta pesquisa, que são os especialistas da área de Ciências da Terra, os gestores públicos e a comunidade científica. Não está excluída como beneficiária a comunidade local que indiretamente vivencia os problemas em zonas litorâneas, uma vez que é ela que sofre, frente a frente, as conseqüências dos processos erosivos e outros fenômenos geográficos importantes. Gestão territorial e ambiental exige projeto de gerenciamento costeiro integrado com os municípios envolvidos, de forma empreendedora com o auxílio potencializado de tecnologias de Geoprocessamento.

No capítulo 2 iniciativas recentes de padronização da informação geográfica são apresentadas, visando contextualizar a evolução do cenário atual que envolve o intercâmbio dessas informações entre instituições produtoras e provedoras, e aquelas outras que as usam rotineiramente em projetos.

O potencial tecnológico em uso, na gerência de imagens adquiridas por sistemas orbitais – Sensoriamento Remoto, é apresentado no capítulo 3. Esse assunto torna-se imperativo e imprescindível na gerência de projetos costeiros, principalmente em função do avanço de veículos espaciais munidos de sensores de alta resolução.

O Sistema de Informação Geográfica (SIG) como tecnologia de Geoprocessamento é apresentado no capítulo 4. Esse tema é julgado essencial do ponto de

vista das análises complexas sobre os dados quando se monitora ao longo do tempo o comportamento das feições geográficas de interesse, em função da escala.

Contemplando as dificuldades enfrentadas no gerenciamento costeiro são apresentados aspectos relevantes da análise geográfica integrada, onde o monitoramento de erosão ativa e o ordenamento do espaço geográfico ao longo do tempo são assuntos de discussão. O capítulo 5 trata desse assunto, tendo como apoio uma aplicação enriquecida de situações favoráveis para pesquisas científicas, onde foram empregadas tecnologias digitais de Geoprocessamento na avaliação do processo de erosão ativa nas localidades de Atafona e Grussaí, praias localizadas no município de São João da Barra (RJ), no norte-fluminense. Tal temática geográfica relaciona-se com o objeto do projeto de pesquisa iniciado em dezembro de 2003, financiado pelo CNPq, onde o autor dessa tese é o seu vice-coordenador, com etapas iniciais já executadas pelo Departamento de Geologia - Laboratório de Geologia Marinha da Universidade Federal Fluminense (UFF), que contou com o suporte técnico do Departamento de Engenharia Cartográfica da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).

As conclusões estão localizadas no capítulo 6.

2. A informação geográfica digital como propriedade de objeto geográfico: recentes iniciativas de sua padronização visando o seu intercâmbio entre instituições produtoras/provedoras e usuárias

A informação geográfica, relativa aos fenômenos geográficos que possuem referência espacial, consiste em informação quantitativa e qualitativa relativa a objetos e fenômenos de natureza física e humana, distribuída espacialmente pela superfície terrestre (FONSECA, 1994). A manipulação e o tratamento da informação geográfica em um contexto de Bancos de Dados e SIG não é tarefa trivial, principalmente diante do volume e da complexidade dos dados geográficos (MARTIN et al., 1991). Pesquisas recentes na área de Informática, especialmente na linha de Banco de Dados, apontam algumas soluções para a manipulação desses dados. Dentre essas pesquisas destacam-se: banco de dados temporais, interfaces adaptativas de banco de dados, mineração de dados, trabalho cooperativo e fluxo de tarefas em um ambiente de bancos de dados múltiplos, dificuldades na interoperabilidade entre sistemas de gerência de banco de dados, aspectos de heterogeneidade (conflitos) entre bases de dados distribuídas e impacto do estabelecimento de padrões de metadados nas arquiteturas internas de bancos de dados.

As questões levantadas e que motivam o desenvolvimento de parte dessa pesquisa são as seguintes: quais são os requisitos necessários para recuperação de dados por um gerenciador de metadados? Em que arquitetura deve esse gerenciador operar? De que forma deve ser medido o desempenho do sistema? Como integrar metadados geográficos

em um ambiente distribuído e heterogêneo? O sistema a ser descrito nesse trabalho pode ser desenvolvido, em atendimento às necessidades das aplicações SIG e à complexidade dos dados geográficos. Não há pretensão de exploração desse tema de forma exaustiva, o propósito é contextualizar iniciativas que se encarregam de estabelecer padrões de dados, numa visão computacional.

Um aspecto muito importante para o desenvolvimento de bases de dados de utilização por diversos grupos de usuários, com múltiplos interesses, é a documentação de seu conteúdo. Sem documentação apropriada torna-se difícil para os usuários localizar os dados necessários para as suas aplicações, bem como entender o seu significado. Uma vez encontrados os dados, normalmente é necessário conhecer como foram coletados e que acurácias possuem. As descrições desses dados armazenados são comumente denominadas de metadados.

Um dicionário de dados pode ser usado para organizar os metadados. Ele poderá conter uma seção descrevendo, numa visão geral, como os dados são subdivididos em arquivos, que campos de registros se relacionam, e possuir tópicos tais como convenções adotadas em sua definição. Uma seção principal desse dicionário de dados pode conter os metadados assim como as descrições de cada campo. Para cada campo, os seguintes itens poderiam ser incluídos (JACOBSON, 1994): nome do campo; descrição do campo; tipo de dados; formato; métodos da coleção de dados; acurácia; unidades; ou qualquer outra informação que julgue relevante.

Organizações nos Estados Unidos, no Canadá e na Europa, por exemplo, já estabeleceram padrões uniformes de Metadados Geoespaciais Digitais (MGD). Esses padrões cobrem conteúdo e semântica dos metadados, incluindo sua documentação

detalhada e também sua representação digital. Esses metadados são atualmente utilizados com níveis variados de detalhes, abordando, numa visão geral, os seguintes tópicos:

- Controle de qualidade: metadados detalhados são essenciais para permitir a garantia de qualidade da informação nas organizações que produzem e mantêm grandes bases de dados. Os metadados documentam por completo o ciclo-de-vida dos dados, incluindo sua coleção, pré-processamento e manutenção. Esse tipo de metadados normalmente é muito pormenorizado;
- Intercâmbio de dados: devido ao alto custo na coleta e aquisição de dados geográficos, por meio de levantamentos específicos, o intercâmbio desses dados é encorajado pelas organizações e promovido pelos produtores desses dados, tornando-se uma regra geral no processamento da informação geoespacial. Os dados geográficos que faltam ou que são mal interpretados, representam uma das fontes de erros e de incertezas quando se trata do uso de Bancos de Dados externos às organizações. Os detalhes encontrados nos metadados, relativos a grandes bases de dados, contribuem para evitar esses tipos de problema; e
- Diretórios de dados: a necessidade de reuso (reutilização) de conjuntos de dados caros motiva o estabelecimento de diretório de dados. Eles permitem que os usuários conheçam e acessem as descrições de conteúdo de conjuntos de dados, sem ser necessário acesso aos dados propriamente ditos a partir de sua base. Um exemplo típico: usuários estão interessados em conhecer e localizar dados para uma determinada região geográfica. Diretórios devem ser criados pelas organizações contendo descrições do conteúdo dos metadados de bibliotecas

digitais a partir de suas fontes. Esses metadados tipicamente requerem um nível baixo de minúcias.

Os metadados se ocupam com os requisitos relativos ao armazenamento e à consulta, independentemente dos dados primários contidos nas suas bases. Os SIG normalmente oferecem meios de armazenamento de algumas descrições das bases de dados. Essas descrições são referentes à lista de temas e suas regiões ou localizações geográficas. Estudos têm sido feitos no sentido de encontrar um melhor entendimento e clareza dos requisitos básicos de um gerenciador de metadados geográficos, de um modelo apropriado para representação desses dados e de um sistema de armazenamento de dados eficiente. Quais são os requisitos para recuperação desses dados por um gerenciador? Em que contexto de arquitetura deve esse gerenciador operar? Como pode um SGBD ser estendido para atender a esses requisitos? BLOTT et al. (1996) propõem respostas a essas perguntas.

O volume e a complexidade dos dados geográficos em geral, relativos às diversas aplicações SIG, contribuem para a tendência mundial direcionada ao estudo e ao estabelecimento de padrões da informação geográfica e de conteúdos de metadados para esse propósito. Esses dados, normalmente, provém de levantamentos de dados de relevo (Sensoriamento Remoto, Topografia, Geodésia, Fotogrametria, Sistema de Posicionamento Global, etc...), de população (censos econômicos, agropecuários, demográficos, etc...) e de ambiente (coleta de dados físicos meteorológicos, etc...).

FRENCH (1992) apresenta duas classes gerais de metadados, que descrevem:

- Características físicas ou estruturais dos dados: permite decodificar bits em valores inteiros, reais e outras estruturas. Por exemplo, conversão de um arquivo

no formato binário (linguagem de máquina) para o formato ASCII, sem perda de informação, destinado à impressão;

- Interpretação lógica dos dados: necessidade de localizar dados, em um determinado contexto, e de permissão para a sua interpretação.

Podem ser propostos: conteúdo, qualidade, formatos e condições de uso de dados geográficos, necessários para o desenvolvimento de projetos multidisciplinares para o uso em SIG. Esses padrões especificam o conteúdo das informações da base de metadados para um conjunto de dados geográficos digitais. Padrões já foram e estão sendo propostos em países de economia avançada, como os Estados Unidos e o Canadá, e benefícios concretos têm surgido com a sua adoção. Os padrões a serem, de forma introdutória, comentados aqui e alguns de seus elementos especificados se referem à informação de conteúdo para um conjunto de dados geográficos digitais. O propósito para o estabelecimento desses padrões é fornecer terminologia e definições comuns para conceitos relacionados a esses metadados geográficos.

Um ponto de partida para coordenar a aquisição e o acesso a dados geográficos pode estar na determinação de uma infraestrutura de dados espaciais, a princípio em âmbito nacional, mas com possibilidade de globalização, num esforço conjunto pelas instituições depositárias desses dados. Várias aplicações e organizações podem ser beneficiadas por esses padrões. A ordem na qual os elementos dos dados são avaliados pelas empresas e a relativa importância dos elementos dos dados não serão as mesmas para todos os usuários, ou para todos os projetos que usam os metadados. Usuários de diferentes projetos, ou em diferentes estágios de avaliação, podem requerer ou preferir

que um conjunto de informações esteja disponível, a diferentes níveis de abstração, ou em diferentes formas.

A função desses padrões de MGD será, basicamente, fornecer as definições e formar uma rede para automatizar registros de propriedades e dados cadastrais, em uma forma padrão, em todos os níveis governamentais e também no setor privado. Os padrões resultantes poderão acomodar a automação dos dados exatamente como eles se encontram no registro público. No caso específico estudado de erosão em Atafona há interesse do Estado em contabilizar as perdas imobiliárias e conhecer o prejuízo acarretado até hoje com o fenômeno. Foram 183 construções, distribuídas em 14 quadras, perdidas até o momento nesta praia.

Os objetivos dos MGD são obter resultados onde se procura:

- Fornecer definições comuns para a informação cadastral encontrada em registros públicos para facilitar o seu uso efetivo, o seu entendimento e, obviamente, a automação desses registros de propriedades;
- Valores de atributos padronizados permitindo um bom compartilhamento de dados;
- Resolver discrepâncias relacionadas ao uso de homônimos e sinônimos em sistemas de registro de propriedades federais para minimizar duplicação com e entre aqueles sistemas;
- Fornecer guia e direção através da documentação de atributos padronizados e definições para aperfeiçoar a criação, gerência e uso de registro de propriedades;
- Usar de forma participativa os padrões e se envolver, direta e indiretamente, com o desenvolvimento de padrões para que possam ser alcançadas as organizações

em geral, além de sensibilizar as organizações não governamentais e encorajá-las a desenvolver aplicações baseadas nesses padrões;

- Desenvolver procedimentos padronizados e processos para coleção de dados cadastrais minimizando a duplicação de esforços individuais e coletivos; e
- Desenvolver um perfil cadastral para metadados geográficos digitais permitindo a inclusão de dados cadastrais nas agências federais de dados espaciais.

Para a modelagem dos dados geográficos relativos às áreas temáticas geográficas clássicas (por exemplo: fitoecologia, uso potencial da terra, aptidão agrícola dos solos, geomorfologia, geologia e exploração de solos) é necessário adotar uma análise criteriosa da metodologia que dê suporte ao processo de modelagem. Uma proposta de análise e estudo de como adaptar e representar a realidade geográfica por meio de um modelo conceitual é utilizado a técnica de modelagem por objetos (OMT - Object Modeling Technique) (BORGES, 1997).

Preliminarmente, na fase de conhecimento dos dados envolvidos nas aplicações e de domínio de suas características, há uma etapa que envolve o modelo conceitual a ser estabelecido para posterior representação digital. Primeiramente analisa-se os conteúdos de cartas temáticas a serem produzidas, do ponto de vista de representação gráfica dos temas específicos nelas tratados. Categorias e sub-categorias da informação cartográfica e geográfica são definidas na composição dessas cartas temáticas. Essas categorias são próprias para cada tema e representam classes de dados, quando tratados no contexto de modelagem de dados temáticos dessas cartas num ambiente digital. A elaboração de um esquema (diagrama) destinado à visão parcial da modelagem conceitual desses dados, envolvendo quatro temas geográficos, foi feita e é apresentada a seguir (Figura 1). A base

cartográfica (representação do relevo: planimetria e altimetria) utilizada tem o apoio nos padrões do mapeamento sistemático.

A metodologia referida está fundamentada em TIMPF et al. (1997), consolidada e validada por RIBEIRO (1997) onde foram considerados os seguintes fatores no processo de modelagem conceitual de dados geográficos:

- Estrutura e clareza: a descrição da estrutura hierárquica das classes de dados temáticos deve ser clara e objetiva;
- Compreensividade: as relações de representações diferentes devem ser feitas de forma clara e compreensível pelos especialistas das áreas temáticas geográficas envolvidas;
- Consistência: no estabelecimento do modelo conceitual devem ser evitadas inconsistências na definição de tipos e na falta, ou redundância, de relacionamentos;
- Abrangência (completeza ou completude): as representações devem ser, por si só, as mais completas possíveis. Esse critério pode ainda não ser totalmente satisfeito, por exemplo, algumas definições como tipo de feição geográfica e tipo de atributo podem faltar no modelo;
- Flexibilidade: considerando a diversidade dos dados envolvidos na aplicação geográfica de interesse, o modelo deve ser muito flexível principalmente no estabelecimento de classes de dados obrigatórias e opcionais. Nesses casos o modelo deve direcionar para soluções de representação bem flexíveis; e
- Facilidade de uso: as idéias apresentadas no modelo do ponto de vista de operações, estruturas e comportamentos dos objetos geográficos devem atender ao

propósito e o seu uso deve ser encorajado desde que o modelo permita facilidade de seu uso.

O emprego da técnica OMT é conclusivo para uma boa compreensão dos dados envolvidos nas aplicações e é adotada a seguinte notação na representação completa das classes georreferenciadas OMT (DAVIS, 1998):

Figura 2: Notação gráfica das classes do modelo OMT.

Nome da classe de dados	
Atributos gráficos	Atributos alfanuméricos
Operações espaciais	
Observações relevantes	

Serão imprescindíveis investigações sobre a estrutura e as funcionalidades desses bancos de dados a partir do seu esquema conceitual para o objetivo da análise. Devem ser descritas as funcionalidades no contexto da análise espacial das aplicações geográficas de interesse. As instâncias das classes são os próprios objetos geográficos, que, em tratando-se de ambiente costeiro, relacionam-se diretamente com as feições do tipo: planície fluvial, cordão arenoso, pontal arenoso, duna, praia, rio, cristas de praia preservadas, linha de costa, falésia, berma, etc...

Do ponto de vista da aplicação da técnica de modelagem OMT em aplicações geográficas, é imprescindível pesquisar e estabelecer modelos conceituais que implementem operações, estruturas e comportamentos dos objetos geográficos.

Os modelos conceituais proporcionam organizar dados que serão posteriormente estruturados, tornando os SIG a eles associados ferramentas de suporte à análise espacial que retratam a realidade geográfica a ser modelada de forma mais eficiente.

Avaliar erosão costeira em Atafona requer métrica das formas litorâneas, isto é, morfometria das feições geográficas. As tecnologias de Geoprocessamento (essencialmente SIG e GPS) proporcionam geração de bancos de dados variados que tratam, por meio de representações gráficas, as propriedades dos objetos geográficos ao longo do tempo. Estudos geomorfológicos dependem dessa retratação. A configuração desses objetos pode ser locada por meio do sistema GPS, onde a cada 2^s de tempo, no modo relativo e/ou cinemático, onde se produz uma seqüência de pontos com coordenadas geodésicas precisas. Sistemas computacionais especializados (“TrackMaker”, “Reliance Processor”, “Ashtech Solution” ou “Project Manager”) e SIG permitem tratar esses dados de forma a correlacioná-los com bases de dados cartográficos e imagens digitais. O potencial de uso desses sistemas depende dos métodos utilizados na aquisição dos dados e de suas transformações, produzindo relatórios, gráficos e mapas variados. Esse potencial e os resultados do mapeamento digital serão tratados de forma exaustiva no capítulo 7.

2.1. APRESENTAÇÃO GERAL DE ALGUNS PADRÕES DE CONTEÚDO DE METADADOS QUE COEXISTEM HOJE

Padrões de metadados foram propostos e estabelecidos na década de 90 em países de economia avançada. Documentação disponíveis sobre esses padrões definem seções de dados considerados imprescindíveis para organizar descrições dos dados relevantes em

aplicações geográficas. Serão apresentados a seguir os padrões canadense SAIF, estadunidense SDTS e o europeu CEN.

(a) SAIF (*Spatial Archive and Interchange Format*):

Spatial Archive and Interchange Format (SAIF) foi desenvolvido por um órgão governamental canadense (Surveys and Resource Mapping Branch - Ministry of Environment, Lands and Parks - MELP) como um meio de compartilhamento de dados espaciais e espaço-temporais. Segundo este órgão seus objetivos principais se relacionam com um padrão que deve:

- Ser apropriado para modelar e mover dados, isto é, deve ser capaz de lidar com informações espaço-temporais e tradicionais;
- Manipular virtualmente qualquer tipo de dado geográfico, incluindo aqueles com ou sem descrição de atributos, e com geometria definida por estruturas vetoriais ou matriciais, em duas ou em três dimensões;
- Endereçar tempo de forma que eventos temporais e relacionamentos possam ser manipulados;
- Endereçar requisitos de gerência de dados tais como: suportar atualizações, habilidade de integração com dados multimídia, aplicabilidade para manipular grandes e pequenos volumes de dados, habilidade para uma interface boa com consultas de bancos de dados e compatibilidade com desenvolvimento de catálogos;
- Ser adaptável para operações efetivas em ambientes de redes de comunicação de dados, tão bem como apropriado para ser usado com um sistema de transferência de arquivos convencional por meio ótico ou magnético;

- Ser de fácil uso e de baixo custo, além de possuir fácil manutenção e extensão, em resposta para as necessidades do usuário e mudanças de tecnologia; e
- Ser capaz de possuir compatibilidade e harmonia com novos desenvolvimentos de consultas de Bancos de Dados e aplicações SIG, tão bem como outros padrões geográficos.

SAIF está num formato orientado a objetos e foi originalmente desenvolvido para modelar, armazenar, recuperar e permitir intercâmbio de dados espaço-temporais. Dentre suas características, destacam-se:

- Permite herança múltipla no modelo de dados;
- É extensível, permitindo aos usuários definir classes e herança a partir de muitas classes clássicas que são definidas em sua especificação;
- Reconhece que a única maneira prática de processar grandes volumes de dados em tempo real é através do uso do paralelismo, isto é, computação paralela;
- Habilita os chamados *Binary Large Objects* (BLOB's), como imagens, sons ou animações, a se “encaixar”, isto é, a serem tratados eficazmente em um conjunto de dados;
- É independente da plataforma, isto é, um único conjunto de dados pode ser usado sobre múltiplas plataformas de hardware e software; e
- Os conjuntos de dados SAIF têm uma densidade de informação muito alta resultando em uso eficiente de armazenamento e transmissão de dados a partir de suas fontes.

O modelo de dados do SAIF, como já foi dito, permite o uso de herança múltipla, no paradigma de orientação a objetos, permitindo aos usuários facilmente criar classes

usando técnicas de orientação a objetos, assim como acontece com linguagens de programação orientadas a objetos. Ele apresenta um modelo genérico conceitual com 300 classes de objetos geográficos envolvendo dados gráficos e não gráficos.

(b) SDTS (*Spatial Data Transfer Standard*):

Já para o estabelecimento do padrão estadunidense *Spatial Data Transfer Standard* (SDTS), foi formado um comitê por instituições governamentais dos EUA, dentre elas: Departamentos de Estado, Comércio, Defesa, Energia, Desenvolvimento Urbano, Interior, Agricultura, Transportes, Agências de Proteção de Meio Ambiente, de Gerência de Emergência Federal, Biblioteca do Congresso, Administração Espacial e Aeronáutica Nacional (NASA) e Administração Nacional de Registros e Arquivos.

Esforços conjuntos levaram à constituição de um padrão para os metadados geográficos digitais através desse comitê. Os maiores usos desses metadados, analisados a partir dos padrões já estabelecidos, são, em resumo:

- Auxiliar na organização e manutenção de investimentos internos em dados espaciais;
- Fornecer informação sobre dados da organização através de catálogos e agências de coleta, distribuição de informação e atendimento a usuários; e
- Fornecer informação para processar e interpretar dados, recebidos através de um sistema, a partir de uma fonte externa.

A informação a ser incluída nesses padrões deve ser selecionada com base em quatro características que definem parte dos metadados:

- Disponibilidade: dados necessários para determinar os conjuntos de dados que existem para uma localização geográfica;

- Adequabilidade: dados necessários para determinar se um conjunto de dados satisfaz a uma necessidade especificada;
- Acesso: dados necessários para adquirir um conjunto especificado de dados; e
- Transferência: dados necessários para transferência, processamento e uso de um conjunto de dados.

Essas características levam o usuário a determinar que dados estão disponíveis, a avaliar a adequabilidade dos dados para o uso, e, por último, a transferir e processar dados em geral.

(c) CEN (*Comité Européen de Normalisation*):

O propósito básico da padronização no campo da informação geográfica, segundo o CEN, é o fornecimento de informação geográfica, para qualquer localização geográfica, através de mecanismos de acesso por usuários, fornecedores, aplicações e sistemas diferentes.

Isso requer uma maneira padrão de definir e descrever a informação geográfica, um método padrão para estruturá-la e codificá-la, além de uma maneira padrão para acessá-la, transferi-la e atualizá-la por meio de mecanismos de funções de processamento e de comunicação.

Estabelecer padrões para esse propósito traz benefícios tais como:

- Um entendimento maior da informação geográfica;
- Harmonização de conceitos relativos ao uso da informação geográfica;
- Permitir integração da informação geográfica;
- Incrementar a disponibilidade da informação geográfica;
- Declaração da informação geográfica para diferentes aplicações;

- Permitir transferência da informação geográfica;
- Incrementar oportunidades de mercado;
- Reutilização da informação geográfica para diferentes propósitos; e
- Harmonização de métodos para o acesso à informação geográfica.

Para o desenvolvimento dos padrões foi estabelecido um sistema que:

- Descreve os conceitos básicos no campo da informação geográfica;
- Identifica os itens específicos a serem tratados na padronização; e
- Permite novos componentes a serem capaz de estender o campo da informação geográfica.

O *Comité Européen de Normalisation* (CEN) já propõe, no contexto das aplicações geográficas, um modelo composto por seções que descrevem os seguintes itens:

- Modelo de referência: descrevendo o contexto sobre o qual são desenvolvidas as aplicações geográficas;
- Esquema espacial: onde são apresentados aspectos de geometria;
- Qualidade dos dados: onde são tratados aspectos qualitativos que induzem à classificação em função de seu uso;
- Metadados;
- Transferência de dados;
- Posição espacial (georreferência);
- Consulta e atualização; e
- Identificadores espaciais.

Alguns pseudocódigos são apresentados e existe um modelo de referência para descrever dados geográficos onde são tratados os seguintes assuntos, por exemplo:

- Sistema de referência espacial;
- Tipo de objeto abstrato;
- Dados de fontes;
- Acurácia;
- Qualidade; e
- Atualidade dos dados.

Esse padrão tem sido referência para os estudos e trabalhos voltados para o estabelecimento de padrões de conteúdo para metadados geográficos.

2.2. CONCERT: UM SISTEMA, DO TIPO PROTÓTIPO, DESENVOLVIDO PARA GERENCIAR METADADOS

Como exemplo de um sistema de gerenciamento de metadados pode ser citado o CONCERT (BLOTT et al., 1995). Esse sistema consiste de uma extensão de banco de dados voltada para o armazenamento de metadados baseado em objetos abstratos. Os objetivos desse sistema são alcançar um entendimento melhor dos requisitos básicos para um gerenciador de metadados e testar ao máximo um modelo de armazenamento avaliando o seu desempenho.

As questões levantadas e que motivaram o desenvolvimento do protótipo CONCERT são as seguintes: quais são os requisitos necessários para recuperação de dados por um gerenciador de metadados? Em que arquitetura deve esse gerenciador operar? A solução de arquitetura (modelo OMT) encontrada por aquele autor pode ser

vista na Figura 2. O projeto, o estudo e a análise desse sistema apresentam contribuições nas seguintes direções:

- Introdução de mecanismos para indexação e consulta a dados externos, para o projeto físico e sobre os dados dos repositórios externos;
- Introdução de um mecanismo simples, “semelhante” para tipos desconhecidos, que forneça um tratamento mais uniforme aos tipos de dados abstratos em bancos de dados, através de um número restrito de conceitos; e
- Discussão do impacto sobre as arquiteturas dos bancos de dados internos, dando uma demonstração prática do caso estudado através do próprio exemplo de extensão do sistema.

De fato, a administração de metadados coloca exigências especiais aos gerenciadores, o que faz os bancos de dados tradicionais serem incapazes de resolvê-los facilmente. Os seguintes pontos, no desenvolvimento do trabalho daquele referido autor, estão sendo alvo de estudos:

- Qualquer categoria de informação (gráfica ou não) deve ser descrita nos padrões propostos e previamente estabelecidos;
- Qualquer consulta deve ser apoiada por metadados;
- Dados “semelhantes” devem ser suportados pelo modelo de dados; e
- Necessidade de criar instrumentos para que sirvam de apoio na “junção” de dados ditos “semelhantes”.

É eminente a necessidade de se conhecer melhor o desempenho de sistemas já desenvolvidos ou em desenvolvimento com objetivos de gerenciar metadados geográficos

digitais. O protótipo CONCERT mostra uma solução alternativa na gerência dos metadados.

Uma alternativa para solução desse problema pode ser testada com o apoio de um sistema gerenciador de banco de dados orientado a objetos, como por exemplo, o sistema francês O2.

Além disso, os padrões propostos pelo SDTS e SAIF devem ser avaliados criteriosamente como proposto por CRISPIM (1991), segundo dois objetivos: o objetivo “utilizabilidade” para construção (aplicabilidade, expressividade, facilidade de aprendizado para construção e facilidade de uso) e o objetivo “utilizabilidade” para avaliação (verificabilidade e valabilidade). Essa avaliação global dos padrões deve ser feita de forma aprofundada, e torna-se decisiva para a adoção parcial ou total dos padrões de conteúdo para os MGD, para a realidade brasileira dos Bancos de Dados Federais, em um ambiente distribuído e heterogêneo. ANDJELIC et al. (1996) apresentam, por exemplo, um gerenciamento de versões para SIG distribuídos em um ambiente de bancos de dados múltiplos. A solução proposta por esse autor realça a necessidade da manutenção da consistência dos dados e a integração entre os SIG e os sistemas de bancos de dados múltiplos, além de integração dos ambientes das transações. A implementação de um modelo de integração é por ele apresentada em seu recente trabalho.

Bancos de Dados tradicionais são alvos de pesquisas há vários anos no Brasil, principalmente para aplicações comerciais. Em aplicações científicas estudos têm surgido, há algum tempo, no sentido de analisar as características dos requisitos básicos para o desenvolvimento de Bancos de Dados para suportar sistemas aplicativos de informação não convencionais (RIBEIRO, 1995a).

Bancos de Dados para as aplicações geográficas são alvos de investigações por técnicos especializados em Informática. Esta atual pesquisa não pretende, de forma alguma, esgotar uma discussão sobre os padrões comentados.

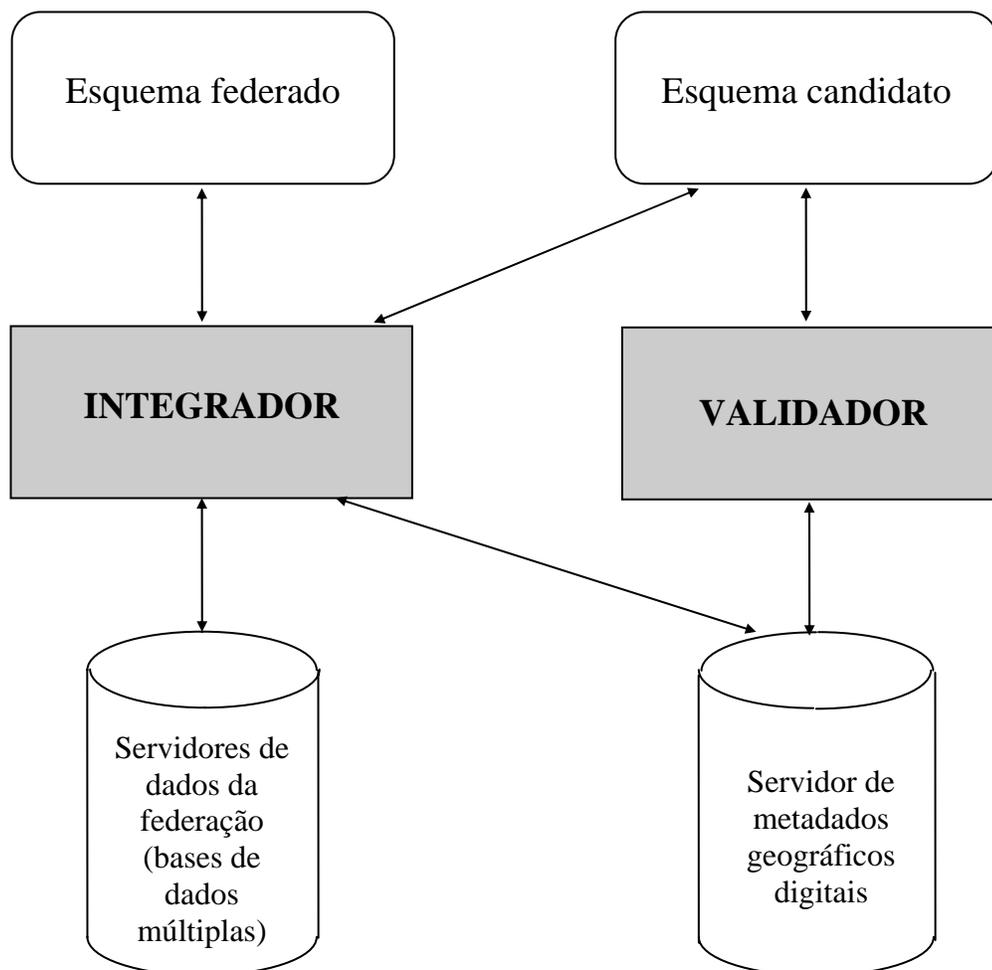
Questões importantes serão abordadas agora, relacionadas à organização, ao acesso e ao uso efetivo dos dados geográficos, além de proporcionar discussões que possam levar a um amadurecimento de tópicos relativos ao tema, sempre de forma cooperativa.

Instituições federais responsáveis pela manutenção de Bancos de Dados Geográficos e Cartográficos podem e devem receber a colaboração de outras instituições governamentais (estaduais e municipais) e também do setor privado. Parece ser viável a criação de um comitê nacional que se responsabilize pela manutenção dos metadados e delibere tecnicamente sobre questões levantadas sobre essa tecnologia. Maiores aprofundamentos sobre os conceitos e as definições referentes às especificações dos metadados geográficos digitais poderão ser feitos.

Uma infraestrutura de dados geográficos no Brasil pode ser estabelecida nos moldes da realidade brasileira. Essa infraestrutura pode ter como base aquela proposta por MSC (1991) que foi validada para os Estados Unidos. Alguns tópicos importantes a serem levantados e discutidos são: o estado atual das instituições brasileiras provedoras de dados geográficos; geração de dados urbanos e rurais cadastrais; compartilhamento de dados desse tipo e apontar soluções parciais para intercâmbio de dados por meios eletrônicos. Recomendações podem surgir a partir de reuniões técnicas de grupos categorizados de trabalho. Por exemplo, os dados cartográficos podem ser classificados nas seguintes categorias, como sugere IBGE (1995): hipsografia, limite, ponto de referência, hidrografia, vegetação, localidade, sistema viário e obra e edificação. Os grupos de

trabalho poderão se envolver com temas específicos, como já estabelecido por FGDC (1995), conforme Tabela 1.

Bibliotecas cartográficas digitais têm sido desenvolvidas no sentido de solucionar problemas de gerência de dados geográficos e de acesso a bases de dados em um ambiente distribuído, por meio de redes de comunicação de dados. O Projeto Alexandria é um exemplo estadunidense que pode ser referência para outros projetos semelhantes a serem desenvolvidos no Brasil (SMITH, 1995).



Principais serviços:

- Consulta e atualização de dados
- Transferência de dados

FIGURA 3: Componentes responsáveis pela manipulação de metadados geográficos digitais na federação (ambiente de bancos de dados múltiplos).

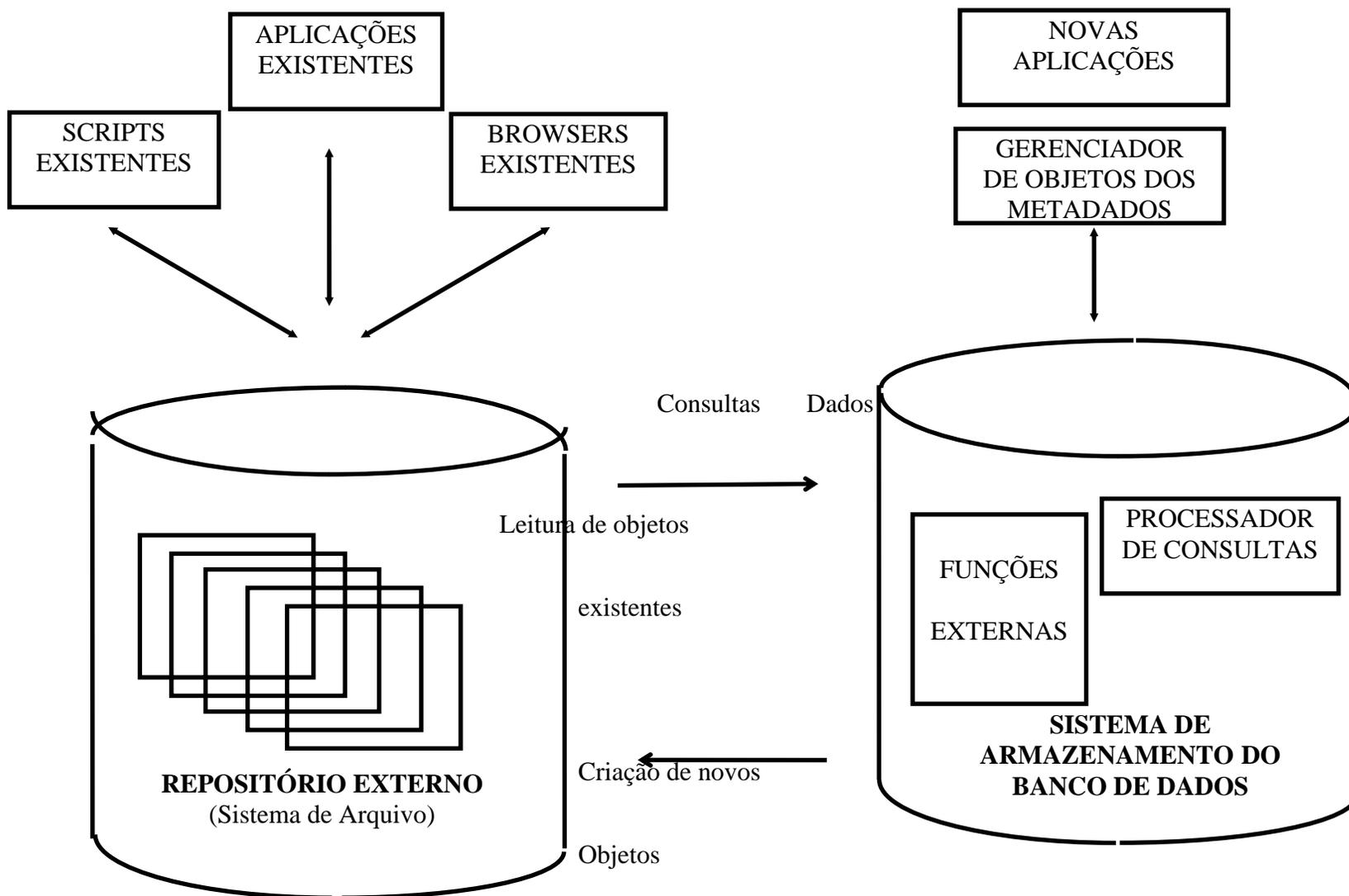


Figura 4: Solução de arquitetura para o sistema aberto para armazenamento de objetos abstratos e acesso a metadados geográficos digitais.

2.3. BIBLIOTECAS GEOGRÁFICAS DIGITAIS

O desenvolvimento de projetos de bancos de dados para suportar o armazenamento e a recuperação de dados geográficos tem crescido bastante nos últimos anos. Atualmente, a partir do desenvolvimento de tecnologias relativas a esses bancos de dados geoespaciais e de bases de dados geográficas heterogêneas e distribuídas, estudos têm apontado algumas soluções parciais na gerência desses dados. Diante da grande demanda em gerenciar esses dados de forma eficiente e segura, observa-se forte tendência de uso dessas tecnologias em aplicações geográficas, onde é exigida a manipulação de objetos complexos em diferentes tipos e formatos.

O manuseio de dados com referência físico-espacial implica no tratamento tanto dos mais diversos elementos gráficos quanto das inúmeras, e variadamente complexas, associações entre cada um deles e os mais diversos atributos. Daí decorre a necessidade do adequado estabelecimento de funcionalidades para relações topológicas, tratamento e inteiração temática, associação de domínios espaciais distintos, algoritmos efetivos de compactação e/ou compressão de dados, gerência de banco de dados orientadas a objetos complexos, operabilidade entre bases de dados, etc... Tudo isso desaguando em interfaces amigáveis contidas por ambientes computacionais estáveis. É uma tarefa hercúlea, mas que, aos poucos, vem se corporificando nas resoluções parciais apontadas, atualmente, pelas tecnologias disponíveis relativas a bancos de dados geoespaciais e de bases de dados geográficas heterogêneas e distribuídas.

Um novo “potencial perturbador” está surgindo nesse campo, em decorrência do uso intensivo de redes de comunicação de dados, em especial da Internet, que induzem o surgimento de bibliotecas e mapotecas digitais, as quais, por sua vez, necessitam de bancos de dados geoespaciais para suportá-las.

O desenvolvimento de Mapotecas Topográficas Digitais e Bibliotecas Cartográficas Digitais, em associação com Sistemas de Gerência de Bancos de Dados, torna-se, então, uma eminente necessidade. Com a crescente expansão do uso das redes de comunicação de dados, em especial a Internet, é possível navegar em bases de dados de bibliotecas digitais e consultar mapas, cartas e plantas, em diversas escalas, para algumas regiões do planeta.

Serão apresentados alguns tópicos relevantes e discussões a respeito das funcionalidades desses bancos de dados geoespaciais, além de apresentar características gerais do protótipo da Biblioteca Digital Alexandria (Universidade da Califórnia - EEUU), explorando o uso de ferramentas de consulta e interfaces no atendimento às necessidades dos usuários. Objetiva-se fomentar discussões em torno do desenvolvimento e desempenho de Mapotecas Topográficas Digitais disponíveis para acesso a mapas diversificados, isto é, em diferentes precisões e para aplicações que podem ir desde o Ensino Fundamental até o suporte às aplicações e atividades científicas. Aspectos sobre interoperabilidade entre essas bases de dados geográficas digitais são também rapidamente apresentados.

2.3.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE BANCOS DE DADOS GEOESPACIAIS E BIBLIOTECAS DIGITAIS

Considerando que os dados geográficos possuem características complexas, em comparação com os dados convencionais, os sistemas de gerência de banco de dados devem possuir poder suficiente para manipulá-los de forma eficiente.

As bibliotecas digitais tradicionais nem sempre estão aptas a incorporar algumas das características gráficas dos dados geográficos. Sendo assim, a tendência atual é de alcançar uma maior integração entre tipos de dados geográficos e seus diversos formatos, num ambiente heterogêneo e distribuído. Como o volume de dados desse

tipo, via de regra, é grande, o uso de tecnologias de computação paralela tem sido estendido em atendimento aos requisitos das aplicações geográficas.

No contexto das funcionalidades de bancos de dados geoespaciais os seguintes itens são normalmente analisados pelos seus projetistas:

- Processamento de consultas espaço-temporais (geográficas);
- Garantia de persistência dos dados geográficos;
- Controle de concorrência;
- Execução de transações e controle de versões;
- Armazenamento e recuperação de dados geográficos;
- Integridade dos dados geográficos;
- Garantia de segurança dos dados geográficos; e
- Análise de desempenho.

As Mapotecas Topográficas Digitais devem possuir essas funcionalidades e os seus desempenhos normalmente são avaliados por meio de “benchmarks”. Seaborn (1995) comenta vários aspectos relevantes na gerência de dados espaciais e aponta a necessidade de criação de bibliotecas digitais. Os tópicos envolvidos são:

- Armazenamento de dados espaciais: integridade, atualização e segurança da estratégia a ser usada devem ser analisados;
- Modelo de dados: riqueza e aplicabilidade do modelo de dados são questões fundamentais;
- Concorrência: na mesma área geográfica, deve existir suporte de concorrência de dados onde múltiplos usuários trabalhem sobre mesmos objetos;

- Escalabilidade: o crescimento do sistema e do número de usuários acessando as bases de dados são aspectos importantes a serem tratados;
- Ambiente de desenvolvimento das aplicações: alguns produtos apresentam ambientes amigáveis para o desenvolvimento de suas aplicações;
- Controle de versões: alguns produtos permitem o suporte para múltiplas versões do banco de dados;
- Segurança dos dados: diferentes usuários podem ler e/ou atualizar diferentes visões dos bancos de dados espaciais;
- Bibliotecas de visualização: bibliotecas de apresentação de mapas devem ser projetadas para atender o usuário numa visão de sua área de interesse; e
- Bancos de dados distribuídos: os produtos devem suportar a distribuição dos dados espaciais de forma eficiente.

2.3.2. Biblioteca Digital Alexandria

Projeto Alexandria, que está desenvolvendo a Biblioteca Digital Alexandria (BDA), é um projeto estadunidense destinado a fornecer um serviço de acesso à informação digital georreferenciada. O objetivo principal da BDA é desenvolver um sistema distribuído que forneça uma extensão dos serviços de biblioteca para coleções de informação gráfica indexada espacialmente, incluindo essencialmente mapas digitalizados e imagens. O projeto envolve bibliotecas digitais nos Estados Unidos e as Universidades da Califórnia, Estadual de Nova Iorque e do Maine. Além disso, esse projeto também possui suporte parcial do National Center for Geographic Information and Analysis (NCGIA) daquele país.

As características gerais da BDA são:

- A interface suporta linguagens de consulta baseada na interpretação visual e baseada em texto;
- Permite ao usuário visualizar e editar dados que satisfaçam às suas consultas;
- Permite ao usuário manipular conjuntos selecionados de dados transmitidos para locais de sua escolha;
- Permite o particionamento do processamento entre o nó do cliente e nós dos servidores;
- Possui sistema de catálogo baseado em um SGBD suportando informação que inclui índices e metadados sobre os itens armazenados na biblioteca; e
- Os metadados envolvem descrições textuais abstratas dos dados e conjuntos de dados reduzidos. Além disso, possuem dados indexados espacialmente em muitos diferentes tipos e com uma vasta variedade de representações; e possuem modelo de dados apropriado para organizar os dados e os metadados.

O projeto envolve produtos de alto nível onde há uma plataforma flexível para o desenvolvimento de ferramentas e interfaces de software específicas da aplicação ou do usuário, e produtos de baixo nível onde há organização do armazenamento, esquemas de índices, métodos de acesso e suporte para o acesso distribuído. Permite também reprocessamento de dados para formatos óticos voltados para pesquisa, edição e recuperação de informações.

Testes e ensaios foram realizados com o sistema no sentido de popularizá-lo com coleções de dados gráficos indexados espacialmente, alcançar compatibilização com padrões de dados espaciais digitais, metadados espaciais e bibliotecas digitais, e analisar escalabilidade e desempenho do sistema baseados na estratégia envolvendo

uma arquitetura modular, estruturas e modelos de dados apropriados, suporte de computação paralela e uso de redes de comunicação de dados de alta velocidade. A avaliação do sistema com usuários foi feita baseada em aplicações sistemáticas de técnicas de fatores humanos.

A Biblioteca Digital Alexandria (BDA) dispõe de um sistema onde os seguintes itens compõem e descrevem uma estratégia geral de uso:

- Existe um foco sobre o acesso a várias classes de itens de coleções, incluindo itens não tradicionais, por referência geográfica;
- Desenvolvimento de interfaces para o usuário e componentes de catálogo da arquitetura de Biblioteca Digital;
- Acessibilidade para o catálogo da BDA e coleções, via Internet, para uma vasta variedade de usuários;
- Interação e interoperabilidade próximas com outras atividades de Biblioteca Digital por meio das tecnologias relativas à Internet;
- Processo de desenvolvimento e implementação evolutiva e incremental para a BDA, o que se torna vantajoso para os desenvolvimentos tecnológicos críticos, em especial no que se refere às tecnologias relativas à Internet; e
- Extensões suportadas digitalmente para as funcionalidades da biblioteca tradicional.

No âmbito dos planos de trabalho da BDA há:

- Um “testbed” acessível a qualquer um, por meio da World Wide Web (WWW), já disponível a partir de meados de 1996, e a possibilidade de fornecer acesso a coleções significativas;

- Projeto e construção de um novo componente de interface da BDA, baseado em múltiplos níveis (**Alexandria Atlas**) e que suporta acesso gráfico/geográfico para muitas classes de documentos por referência geográfica;
- Projeto e implementação de modelos avançados de acesso geográfico, utilizando “footprints” (“pegadas”) geográficas, “fuzzy” e complexos;
- Desenvolvimento de um modelo geral de metadados e um catálogo baseado nesse modelo, que integre vários tipos de metadados;
- Desenvolvimento de coleções significativas de mapas, imagens e textos com o objetivo de ter um “million-item”, uma vez que a biblioteca está operacional desde 1997;
- Interoperabilidade com outras Bibliotecas Digitais (Universidade da Califórnia, Universidade de Stanford, Universidade de Illinois, etc...);
- Extensões significativas de funcionalidade de pesquisa baseada em conteúdo, baseada em “gazetteers” (uma espécie de “dicionário” geográfico), além de textura de imagens, cores e imagens multiespectrais; e
- Suporte para uma biblioteca de alto desempenho, baseada na tecnologia de computação paralela.

A BDA apresenta uma arquitetura envolvendo os seguintes componentes de software, conforme ilustrado na Figura 5:

- **CATÁLOGO** distribuído que possui biblioteca de classes e metadados permitindo aos usuários identificar suas informações de interesse;
- **INTERFACE PARA O USUÁRIO** que suporta acesso baseado em texto e em gráfico para os outros componentes da BDA e seus serviços;

- **ARMAZENAMENTO** contendo os conjuntos de dados digitais; e
- **INGEST** que permite aos bibliotecários armazenarem novos conjuntos de dados, extrair metadados a partir desses conjuntos e adicionar metadados ao catálogo.

Esse componente de software apresenta as seguintes funcionalidades e características:

- Permite aos usuários mapearem seus requisitos das informações, na maioria do conjunto apropriado de informação, no contexto de coleções de dados da BDA;
- Uma vez que um sistema de catálogo de biblioteca tradicional (autor-título-assunto) fornece um modelo básico de manipulação, torna-se inadequado, para esse caso, tratar de dados referenciados geograficamente (mapas e imagens);
- Esse componente deve suportar acesso a coleções em termos de suas representações, seus conteúdos e seus aspectos espaço-temporais;
- A tecnologia de Biblioteca Digital oferece grande habilidade em extrair, armazenar e pesquisar novas classes de metadados, estendendo os atuais (correntes) modelos de catálogos e metadados; e
- Para suportar a interoperabilidade de catálogos, a BDA emprega padrões para a representação e intercâmbio de informação de seus catálogos.

A interface com o usuário é composta por “browsers” e mecanismos que permitam efetuar:

- Consultas de pesquisa espacial;
- Exibir objetos referenciados geograficamente, em ambos formatos: matricial e vetorial;

- Editar resultados de pesquisa;
- “Defaults” e opções configuráveis pelo usuário; e
- Recuperação de conjuntos de dados em vários formatos nativos.

O protótipo WP (WWW Protótipo) da BDA opera com as seguintes limitações:

- Implementações correntes dos mecanismos das necessidades da HTML da WWW para apresentação de dados vetoriais e apenas suporta entrada e exibição de informação referenciada geograficamente;
- O HTTP não é declarado e é desenvolvido para rápidas e pequenas transações; e
- Os “browsers” WWW correntes são insuficientemente interativos. Aplicações de “helper” são um paliativo substitutivo para melhorar as comunicações entre o “browser” e o “helper” e/ou “browsers” programáveis.

Com o avanço tecnológico e seguindo as tendências atuais o sistema prevê os seguintes itens:

- Distribuição de um CD-ROM de um protótipo simplificado (rápido) da BDA testado e avaliado por vários produtores e usuários de dados;
- Projeto e implementação de um protótipo para a Web do sistema da BDA acessível a partir da WWW sendo testado por uma variedade de agências;
- Projeto e construção de esquema de metadados para a BDA baseado nos padrões do FGDC e USMARC sendo utilizados por várias organizações;
- Implementação de recuperação baseada em conteúdo no acesso à BDA para mapas digitalizados, com acesso por meio do nome da feição da superfície

da Terra, e para imagens digitalizadas, por meio do nome da feição de textura; e

- Implementação de um “browsing” progressivo e entrega de imagens aos usuários.

No caso especial da BDA são utilizados os padrões **USMARC** e **FGDC**. Esses padrões são apresentados e comentados a seguir.

- **USMARC**: desde final dos anos 60 tem sido um padrão nos EUA para descrições de informações de bibliotecas. Esse padrão inclui campos para dados geográficos analógicos catalogados, assim como campos que podem ser definidos de forma a acomodar dados digitais. A partir de 1995 esses padrões tornaram-se compatíveis com o padrão FGDC.
- **FGDC**: esse comitê promove o desenvolvimento coordenado, uso, compartilhamento e disseminação de levantamentos, mapeamentos e dados espaciais relacionados. Seu padrão de metadados para dados geoespaciais digitais tem sido mantido para uso por todas as agências federais dos EUA.

O padrão **FGDC**, em relação ao **USMARC**, apenas fornece definições para um número pequeno de campos e suas relações lógicas em uma estrutura hierárquica. Enquanto que esses campos são adequados para catalogar dados geoespaciais digitais, eles não são compatíveis para objetos espaciais análogos.

Além disso, o padrão **FGDC** não especifica um formato particular ou estrutura para representação dos metadados. Ele é a resultante em uma variedade de implementações e uma necessidade de funções de importação e exportação genéricas.

Combinando os dois padrões, a BDA é capaz de catalogar todas as formas de dados espaciais possíveis, incluindo imagens de Sensoriamento Remoto, mapas

digitalizados, conjuntos de dados nos formatos matricial e vetorial, textos, vídeos e servidores remotos WWW.

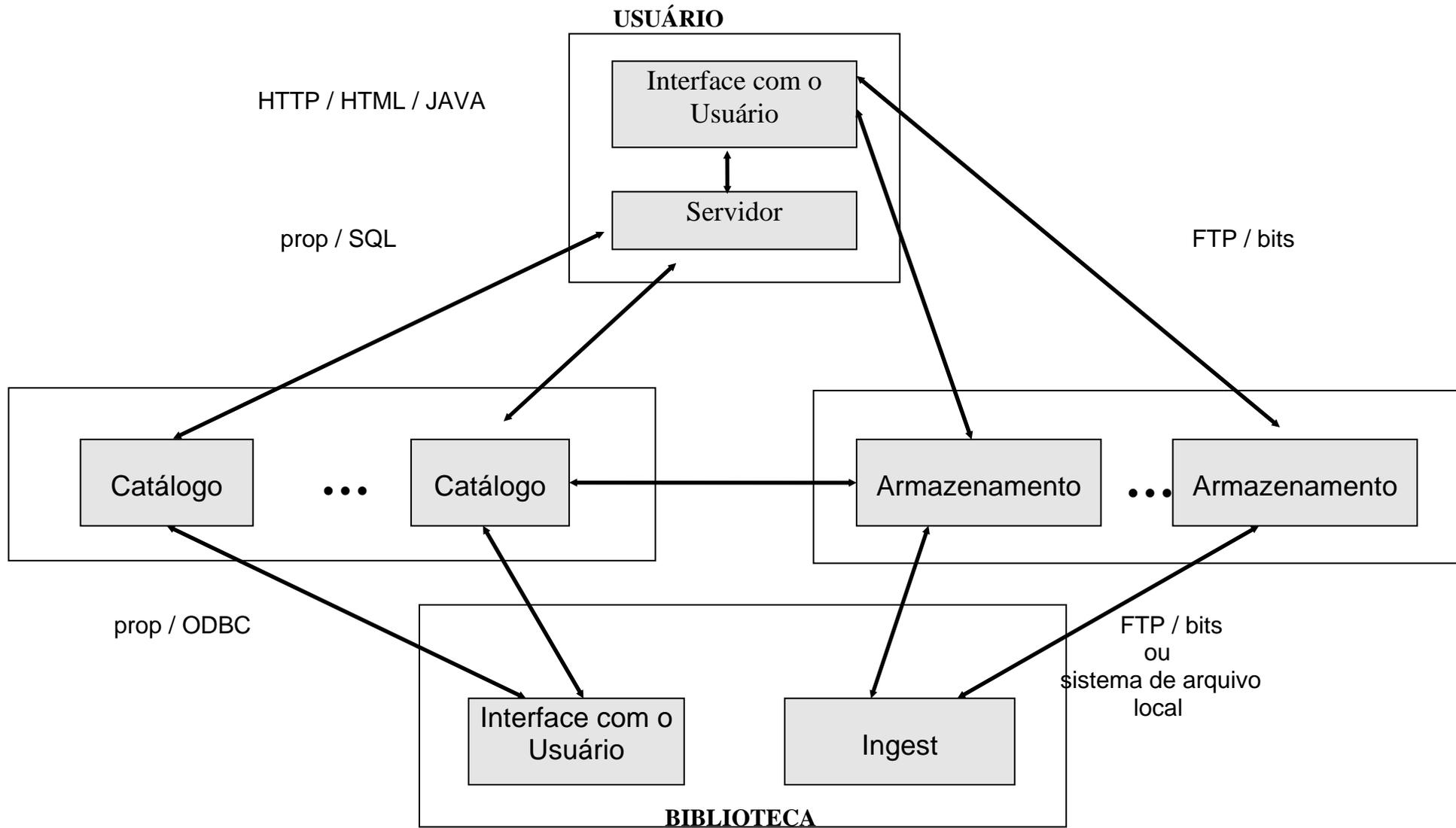
Um novo cenário que está se desenhando, deriva da combinação de paginador Web com servidor Web, na medida em que os servidores Web estão se tornando interativos. Dessa maneira, a Web está prestes a permitir o acesso transparente a bancos de dados, eliminando muitos problemas do desenvolvimento tradicional cliente/servidor, notadamente as atualizações de software e o suporte interplataformas.

Estão surgindo algumas ferramentas, baseadas em servidores Web populares, que ocultam as complexidades da Computação Gráfica Interativa (CGI) e que podem criar a partir de um projeto de um aplicativo (comportamentos e interfaces), os códigos HTML e CGI necessários. Com elas os aplicativos são executados a partir dos clientes e não mais pelo servidor Web.

As interfaces do usuário (caixas de listagem, botões de rádio, barras de menu, etc...) podem ser construídas arrastando e soltando controles GUI de uma paleta, sendo também possível adicionar controles de bancos de dados. O projeto de interface é traduzido, automaticamente, para HTML e a CGI é também incorporada, de modo oculto, para interagir com recursos externos, tais como servidores HTTP.

A lógica do aplicativo, determinante de seu comportamento, é desenvolvida em linguagem de quarta geração orientada a objetos e as ligações internas com bancos de dados são também implementadas de modo transparente.

Figura 5: Arquitetura geral da Biblioteca Digital Alexandria.



O estabelecimento de padrões de metadados para armazenamento de descrições dos dados geográficos contribui para, principalmente, conhecer a qualidade dos dados requeridos para analisar processos erosivos e decidir sobre se eles atendem ou não às especificações do mapeamento digital a ser executado. De forma criteriosa é possível gerar um banco de dados geográficos que dê suporte às análises geográficas complexas, o que exige dos administradores públicos investimentos expressivos em infra-estrutura que dê condições para o monitoramento contínuo.

Dentre os princípios de operação de um esquema para o grupo de trabalho, que comporia esse comitê nacional, deveria se considerar que:

- Metadados usados nesse contexto serão armazenados em meios digitais;
- Novos dados geográficos deverão ser documentados com base nesses padrões;
- Uma fase de adaptação para a inclusão dos dados geográficos poderá ser prevista;
- Produtores de dados geográficos deverão ser responsáveis pela criação dos metadados referentes aos dados que produzem;
- Mecanismos para a disseminação de dados geográficos poderão ser criados por meio de *bureaus* ou agências;
- O esquema poderá fazer uso de padrões de processamento de informação federal, além de suportar o desenvolvimento de novos padrões de dados que herdem o compartilhamento entre dados geoespaciais e a habilidade para formar sociedades de dados geográficos;
- O esquema poderá assegurar acesso aos metadados através de meios eletrônicos, incluindo o uso de redes de comunicação de dados.

Regras e responsabilidades para todos os componentes do grupo de trabalho poderão ser estabelecidas e procedimentos para a documentação e compartilhamento dos dados geográficos poderão ser testados em várias situações pelas instituições. Relatos de experiências no Reino Unido, nesse sentido, podem ser encontrados no trabalho de RHIND (1996). Cada *bureau* poderá determinar individualmente como os produtores de dados geográficos, gerentes de dados, gerentes de SIG, administradores de bibliotecas digitais, especialistas em gerência de fonte de informação, pessoal de assuntos públicos e outros, assegurarão que os objetivos do esquema do grupo de trabalho sejam claramente atingidos.

Acredita o autor que universidades possam contribuir positivamente, enquanto academias geradoras e usuárias de tecnologias e órgãos de pesquisa científica, para os estudos voltados para o estabelecimento de modelos de dados a serem adotados e para o estabelecimento dos padrões desses metadados.

Os modelos do SAIF, do FGDC e do CEN mostram que há conceitos e padrões bem estruturados que podem ser adaptados para as aplicações SIG no Brasil, onde benefícios podem ser extraídos a partir das experiências bem sucedidas daqueles países estrangeiros.

Aspectos como heterogeneidade e interoperabilidade de Sistemas de Gerência de Bancos de Dados (SGBD) para aplicações geográficas devem ser considerados e analisados no estabelecimento desses padrões (STRAUCH, 1996).

O autor ressalta a necessidade de discussão aprofundada sobre conceitos existentes nos padrões estrangeiros já estabelecidos, do ponto de vista do rigor cartográfico. No caso brasileiro é imperativa a geração de um conjunto mínimo de elementos cartográficos

digitais que dê suporte às aplicações geográficas a serem desenvolvidas a partir dos padrões.

GRUPOS	TEMA CENTRAL
Base Cartográfica	Responsável pela coordenação de atividades relacionadas com um determinado tema ou categoria específica de dado geoespacial, incluindo padrões para ortoimagens digitais e dados de elevações (altitudes) digitais. Atividades estas em conformidade com o Plano Cartográfico Nacional.
Batimetria	Em cooperação com a Organização Hidrográfica Internacional (IHO), esse grupo pode ser responsável pelos padrões de acurácia e de qualidade de dados batimétricos.
Cadastro	Descrição e documentação de elementos contidos no tema cadastro, suas definições, seus atributos e seus relacionamentos.
Cultura e Demografia	Dados demográficos e culturais que se encontrem com às necessidades de gerência e planejamento nacionais e com a identificação de esquemas de classificação para esses dados.
Controle Geodésico Federal	Responsável pelos padrões de dados geodésicos, incluindo padrões estabelecidos pelo Sistema Geodésico Brasileiro.
Transportes Terrestres	Responsável pelo desenvolvimento de padrões para facilitar o intercâmbio entre bases de dados geográficos relativas a redes de transporte.
Limites de Fronteiras Internacionais & Soberania Nacional	Responsável pelo desenvolvimento de bases de dados de vizinhança (fronteira) em concordância com o Estado Maior das Forças Armadas (EMFA) e os Ministérios do Exército, Marinha e Aeronáutica brasileiros.

Tabela 1 : No contexto do Comitê Geral FGDC existem sub-comitês destinados ao tratamento da informação geográfica, em âmbito nacional, nos Estados Unidos.

O caso da Biblioteca Digital Alexandria (BDA) é uma ótima referência para se iniciar estudos significativos no Brasil e nos outros países sul-americanos na gerência dos

dados georreferenciados. Um ponto de partida para se estabelecer um estudo mais aprofundado sobre o assunto pode estar na discussão sobre padrões da informação geográfica. Existem outros aspectos importantes no desenvolvimento de projetos deste porte que envolvem conceitos e aprofundamentos das áreas de Informática, Cartografia, Geografia, etc... No contexto da estrutura organizacional da BDA além de diretoria e comitê executivo existem grupos de pessoas envolvidas com o desenvolvimento, biblioteca, avaliação de interfaces, processamento de imagens, sistemas de informação, processamento paralelo, educação e, finalmente, pessoas das áreas legal e econômica.

É fundamental a integração de dados de diversos tipos e formatos no estabelecimento de uma biblioteca digital georreferenciada. Além disso, são necessários investimentos suficientes de forma a manter em funcionamento, de forma eficiente, em atendimento às necessidades dos diversos usuários. No Brasil uma iniciativa já existiu, e está em constante aperfeiçoamento, no sentido de desenvolvimento de Mapoteca Topográfica Digital pelo Projeto INFOCAR do Departamento de Cartografia do IBGE.

Estamos vivenciando transformações contínuas e rápidas atualmente. O surgimento de novas possibilidades é permanente, o que acarreta problemas de vulto, pois tão logo adotamos uma determinada configuração de software, surgem novidades que as ultrapassam. As empresas e, principalmente, os órgãos do poder público não podem assimilar o ritmo alucinante dessas mudanças, apesar dos benefícios por elas carreados.

3. Tecnologias de informação geográfica: o potencial tecnológico em uso na gerência de imagens adquiridas por sistemas orbitais (Sensoriamento Remoto)

A manipulação e o tratamento da informação geográfica, inclusive quando há envolvimento de imagens de satélites, em um contexto de bancos de dados para suportar SIG, não é uma tarefa trivial. A partir da tendência mundial de valorização da informação geográfica, observada nos últimos anos, mais fortemente em países europeus e em outros países de economia avançada, discussões têm sido realizadas sobre o uso dessas tecnologias - bancos de dados e SIG - e sobre a qualidade dos dados geográficos que elas tratam e as suas possibilidades de aplicação. Aspectos organizacionais e administrativos de sistemas geoestatísticos, por exemplo, têm sido tratados em análises e pesquisas geográficas, assim como os estudos sobre o impacto do uso de tecnologias da informação na gerência de dados sócio-econômicos em vários países europeus (LIEV, 1994a) (LIEV, 1994b) (LIEV, 1994c).

A partir de WORRBOYS (1994) é observado que as interfaces entre os SIG, a análise espacial e a política pública são temas predominantes em discussões sobre o uso de novas tecnologias, inclusive SIG e Sensoriamento Remoto, em vários setores de administração pública direta e indireta. Assuntos que estão em constante discussão por especialistas da área no contexto são:

- A inexistência de uma adequada integração entre análise espacial e técnicas de modelagem espacial;

- A necessidade de se obter um melhor uso do SIG no gerenciamento estratégico; e
- Barreiras organizacional e humana para alcançar mais sucesso no uso do SIG em planos de ação governamental aplicados à gestão e à organização territorial.

Aspectos da integração entre as imagens de satélite artificiais e os SIG também são temas contemporâneos que têm enriquecido sensivelmente conferências internacionais e eventos nacionais envolvendo áreas correlatas que tratam de mapeamento e uso do solo. BROWN (1994) confirma que as imagens de satélite representam uma fonte rica de informação para a produção e atualização de mapas de uso do solo, por exemplo, e aponta as seguintes dificuldades enfrentadas por técnicos e especialistas que limitam um uso mais extensivo desse recurso:

- Integração com mapas e com outras informações de uso do solo;
- Resolução espacial;
- Disponibilidade e tempo gasto para a aquisição dos dados de imagens; e
- Conversão de dados digitais de uso e cobertura do solo já existentes.

A utilização de Bancos de Dados para SIG vem sendo, cada vez mais, divulgada e pesquisada, principalmente por especialistas da área de Informática e de Cartografia (MEDEIROS, 1994). Os dados geográficos (geoespaciais, ou simplesmente, por alguns autores, denominados espaciais) possuem características próprias quanto aos seus formatos e eficientes formas de armazenamento em um ambiente computacional. Não só o armazenamento como a recuperação de tais dados requer um tratamento diferenciado daquele adotado para os dados convencionais. O panorama geral das aplicações geográficas nos mostra que têm crescido as exigências e técnicas em torno de gerência de dados e de análises espaciais. Dados cartográficos, por exemplo, têm sido alvo de estudos

e pesquisas, no sentido de se criar bancos de dados associados a Mapotecas Digitais, a fim de permitir agilidade, segurança e precisão nas consultas sobre cartas e dados sócio-econômicos a eles geralmente associados (IBGE, 1994). Cartogramas e mapas temáticos atualmente podem ser gerados por meio de um SIG, assim como outros produtos de cunho cartográfico, ou aqueles que necessitem de uma georreferência, isto é, uma referência espacial terrestre.

A análise espacial, em particular a análise regional em projetos de planejamento urbano e de meio ambiente (MOURA, 1993), por exemplo, pode ser realizada com base em um SIG e um banco de dados ambientais integrando dados gráficos e dados textuais de várias naturezas (SILVA, 1991). Outras aplicações de igual importância podem ser citadas, mas esse trabalho não pretende se estender em casos específicos. Ele se voltará a apresentar aspectos gerais sobre alguns dos problemas mais comuns que podem ser enfrentados por um SGBD no armazenamento e recuperação de dados relativos a imagens de satélites artificiais, tão largamente utilizados em projetos de engenharia e geociências em geral.

Há casos onde um banco de dados de imagem eficiente proporciona análises de regiões em função do tempo. O acompanhamento da dinâmica de fenômenos e do espaço geográficos em função de fatores variados pode ser um objetivo especial no contexto de um projeto. O monitoramento desse espaço requer dados sendo atualizados em um banco de dados de forma a viabilizar as análises temporais que podem ser feitas a partir de mapas ou cartas temáticas. Formas diferentes do uso do tempo em análise espacial podem ser encontradas e, com o emprego da tecnologia - SIG - podem-se integrar dados geográficos a dados convencionais, buscando gerar produtos complexos que são,

normalmente, instrumento de trabalho para interpretações no contexto do espaço geográfico.

Usuários diversos possuem, dentre suas atividades em projetos, a necessidade de georreferenciar dados sócio-econômicos, por exemplo, associar imagens de satélite ao crescimento urbano e aos seus problemas. Imagens têm sido geradas representando cenas para épocas distintas e, algumas instituições que se utilizam desses dados, necessitam não só mantê-los, acessá-los e recuperá-los de maneira sistemática, como também analisá-los em função da variável tempo.

Uma imagem de satélite é composta de células denominadas “pixels”. Associado a cada “pixel” é possível ter um número que representa um valor médio de radiância relativa a uma certa área, relativamente pequena, de uma determinada cena. O tamanho dessa área afeta a reprodução do detalhe da cena. Como a área de um “pixel” é reduzida, mais detalhes são preservados na representação digital. Imagens digitais podem ser exibidas em diferentes escalas por meio de sistemas de tratamento de imagens. O tamanho do “pixel” pode ser usado para controlar a escala final de uma imagem a ser tratada e exibida. O trabalho tratará desses aspectos da imagem de satélite e associá-los ao armazenamento em um banco de dados.

Basicamente o tipo de informação, proveniente de uma imagem de satélite, que deve ser armazenado em um Banco de Dados é o “pixel” e os atributos referentes a suas características. Os tipos de operações que podem ser realizadas sobre imagens de satélite podem ser, por exemplo:

- Realce de imagens: utilizam-se operações de realce de contraste e filtros de frequência espacial; e

- Identificação de temas: técnicas de classificação supervisionada que são utilizadas para identificar na imagem temas pré-estabelecidos.

Os problemas enfrentados no armazenamento e na recuperação de imagens de satélite em Bancos de Dados para suportar SIG normalmente são associados ao grande volume de informações tratadas, às capacidades de consulta inadequadas e à falta de definição e organização da informação semântica da imagem. Esses tópicos serão tratados também no contexto desse trabalho.

Uma taxionomia que pode ser adotada para Sistemas de Bancos de Dados de Imagem foi proposta por LU (1993), onde esses sistemas podem ser classificados baseados nas feições usadas para a indexação. Suas classificações podem ser feitas com respeito às representações semânticas usadas para a própria feição. Um tipo diferente de representação semântica acarreta um diferente tipo de método de indexação. A taxionomia proposta para esses bancos de dados é baseada nessas classificações e é descrita a seguir:

- Baseada em atributo: na maioria das vezes os sistemas que suportam objetos de imagens tratam as imagens como objetos complexos. Um SGBD convencional, estendido com capacidade para manipular grandes objetos, pode ser usado para gerenciar imagens. O acesso às imagens não estruturadas é alcançado através de atributos estruturados da imagem. Por isso que nenhum esforço é requisitado para desenvolver a técnica de organização, mecanismos de indexação e métodos de processamento de consultas dos sistemas. Contudo, esse procedimento não é capaz de manipular consultas baseadas em conteúdo de forma amigável;

- Baseada em texto: avanços na pesquisa sobre recuperação têm levado pesquisadores de sistemas de recuperação de documentos a tratar sistemas de bancos de dados de imagem com empenho equivalente.
- Baseada em conteúdo: para facilitar as recuperações baseadas em conteúdo os pesquisadores têm tomado várias direções:
 - Feição de forma: a feição de forma é extremamente útil para sistemas de bancos de dados de imagem;
 - Objetos semânticos: se objetos da imagem são proeminentes e reconhecíveis, então, a recuperação pode ser alcançada baseada nos objetos;
 - Relacionamentos espaciais: uma outra maneira de recuperar imagens é especificar a semântica dos objetos em imagens tão bem como os relacionamentos espaciais entre os objetos.
 - Cores: uma maneira natural para recuperar imagens coloridas seria através das próprias cores que ela contém.

Esse tema de pesquisa tem relação direta com engenharia de sistemas e computação, uma vez que aspectos de armazenamento e recuperação de dados de imagem e outros temas correlacionados têm sido requisitados para serem alvo de análises onde SIG são explorados para esse fim, e bancos de dados de imagem são projetados de forma a suportá-los de maneira satisfatória. Esse tema é considerado importante uma vez que dados gráficos têm sido requisitados por instituições de ensino e pesquisa e por empresas comerciais em geral. Os problemas de armazenamento de tais dados e de sua gerência em um banco de dados são freqüentemente encontrados, uma vez que tem aumentado a

quantidade de dados a gerenciar e têm sido requisitados por usuários dados com alta qualidade. Além disso, a tecnologia da informação e dos SIG podem contribuir em muito em várias áreas do conhecimento, tornando procedimentos convencionais de análises obsoletos, mas, ao mesmo tempo, potencializando essas análises.

3.1. CARACTERIZAÇÃO DE IMAGEM DE SATÉLITE E DE BANCOS DE DADOS PARA IMAGEM

Mapas e imagens digitais são dados baseados em arquivos armazenados no formato “raster”, isto é, matrizes bi-dimensionais compostas por valores inteiros que representam a localização da informação. Os valores armazenados em um mapa podem representar dados por categoria (por exemplo, uso de solo) ou dados contínuos (por exemplo, elevações). Esses valores armazenados em imagens normalmente representam dados contínuos (por exemplo, dados do sensor do satélite). Embora a informação representada por meio dos valores com um mapa ou uma imagem varie, o formato dos dados é o mesmo. Por essa razão, a distinção entre mapas e imagens não existe e o termo mapa pode ser usado, de forma genérica.

Para maior qualidade na representação de uma imagem, o tamanho do pixel exibido é normalmente pequeno, isto é, menor do que 0,1 mm, que corresponde à resolução espacial. Sendo assim, “pixels” individuais não podem ser distinguidos a distâncias normais de visão do usuário em uma estação de trabalho, ou em um monitor de vídeo de um computador pessoal. Para classificar mapas, entretanto, freqüentemente é desejável usar “pixels” de exibição maior para permitir exame e análise visual de objetos.

Em Sensoriamento Remoto o sensor do satélite não mede somente a radiação refletida da superfície terrestre e transmitida para a atmosfera, mas também a radiação que é dispersa

pela atmosfera. O valor de cada “pixel” na imagem de satélite da Terra representa uma quantidade total de radiação alcançada pelo sensor que, por sua vez, é transmitida pela ótica do sensor. A imagem é, então, uma representação da radiância do solo que possui várias utilidades e aplicações em Análise Espacial, por exemplo.

No contexto de sistemas de tratamento de imagens desse tipo há atividades que relacionam os “pixels” com parâmetros da própria imagem. Imagens de satélite artificial correspondem a fotografias tomadas a grandes alturas a partir de sensores remotos localizados em satélites pertencentes a sistemas orbitais como, por exemplo, o Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) nos satélites do National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) do governo dos Estados Unidos. Os dois primeiros canais coletam medições próximas do infravermelho visível e os outros três canais registram medições termais em diferentes resoluções espectrais. O ponto diretamente abaixo do satélite tem um poder de resolução em torno de 1 km. Após os dados serem transmitidos para estações terrestres, os dados são calibrados e corrigidos. Dados são corrigidos geometricamente para reduzir distorções e a informação de georreferência é adicionada (BROWN, 1994).

Essas imagens de satélite são tratadas por sistemas informáticos apropriados e analisadas por usuários especialistas. Pesquisadores de informática focalizam trabalhos sobre estrutura e tratamento de cada imagem como um malha retangular (raster tridimensional). As dimensões para esse conjunto de dados, no exemplo citado, são: 2.889 linhas * 4.587 colunas * 10 níveis de profundidade, banda ou camada. Cada banda é, obviamente, composta de 13.251.843 elementos que correspondem ao produto de 2.889 linhas por 4.587 colunas.

Os SIG são sistemas computacionais de gerência de base de dados que se destinam à aquisição, ao armazenamento, à recuperação, à manipulação, à análise e à exibição de dados espaciais. A aquisição está relacionada à captura desses dados a partir de fontes como mapas, fotografias aéreas, tabelas, imagens de satélites artificiais, etc... Sistemas de bancos de dados representam tecnologias fundamentais e imprescindíveis responsáveis pelo armazenamento e pela recuperação de dados. Quando se relacionam aos dados geográficos, surgem operações e tarefas não triviais durante sua manipulação e análise. Os processos de armazenamento e recuperação englobam a gerência de dados de SIG, garantindo segurança e preservação da integridade das informações.

Sistemas de banco de dados de imagem devem ser claramente distingüidos de sistemas de banco de dados espaciais. Os sistemas de banco de dados de imagem devem incluir técnicas de análises para extração de objetos no espaço a partir de imagens, e oferecem algumas funcionalidades dos bancos de dados. Além disso, esses sistemas também são preparados para armazenar, manipular e recuperar imagens raster como entidades discretas (GÜTING, 1994). Já um sistema de banco de dados espaciais é um sistema onde a informação espacial ou geométrica está na prática conectada com dados não espaciais ou alfa-numéricos, ou ainda, textuais. Esse sistema deve oferecer tipos de dados espaciais em seus modelos de dados e linguagem de consulta. Esses tipos de dados espaciais (por exemplo, ponto, linha e região) fornecem uma abstração fundamental para modelar estruturas de entidades geométricas no espaço, assim como seus relacionamentos e suas operações. Sem esses tipos de dados espaciais um sistema não oferece um adequado suporte na modelagem. Segundo GÜTING (1994) há autores que afirmam que isso nem

sempre é verdadeiro, pois a modelagem para imagens pode ser tão boa que não precise desse tipo de dado.

Além disso, um sistema de banco de dados espaciais deve suportar tipos de dados espaciais em sua implementação, fornecendo, pelo menos, índices espaciais e algoritmos eficientes para a junção espacial. Esse sistema deve também, pelo menos, ser capaz de recuperar dados de uma área particular, a partir de uma grande coleção de objetos georreferenciados, sem ser necessário “scanear” todo o conjunto. Entretanto, indexação espacial é obrigatória. Ele deveria também suportar conexões entre objetos, a partir de diferentes classes de dados, através de alguns relacionamentos espaciais de melhor maneira do que por meio de produto cartesiano, pelo menos para aqueles relacionamentos que são importantes para a aplicação.

Os dados geográficos em forma digital, inclusive aqueles relativos a imagens de satélite, podem ser organizados de maneira que usuários tenham fácil acesso e claro entendimento de seu significado, isto é, de sua semântica, além de poderem ser definidos e formatados sob modelos de dados próprios (relacional ou orientado a objetos, por exemplo). Dicionários de dados para imagens podem ser projetados e metadados digitais podem ser estabelecidos para esse propósito.

3.2. ASPECTOS RELEVANTES SOBRE PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS DE SATÉLITES

Para um melhor entendimento sobre as operações (métodos ou serviços) e consultas que um banco de dados de imagem pode oferecer, é necessária uma apresentação sucinta de outros aspectos relativos ao tratamento de imagens desse tipo.

A exploração de imagens obtidas por detecção remota consiste em obter, a partir delas, informação necessária para um determinado estudo ou análise. A extração dessa informação se faz através de técnicas de tratamento ou processamento numérico de imagens digitais que são (NOVO, 1993):

- Pré-processamento: envolvendo a aplicação de correções dos tipos: radiométrica, geométrica e atmosférica.
- Realce de imagens: utilizam-se operações de manipulação de contraste, filtragem de frequência espacial e rotação de imagens. O objetivo é fornecer para interpretação uma imagem cujas diferenças (de contraste, textura, intervalo entre intensidades de tons de cinza, etc...,) torne a tarefa de interpretação mais fácil.
- Classificação digital: implicando na implementação de um processo de decisão para que o computador possa atribuir certo conjunto de pontos da imagem a uma determinada classe. Essa classificação pode ser unidimensional ou multiespectral.
- Análise digital de dados multitemporais: da mesma forma que é possível manipular um conjunto de imagens em diferentes canais espectrais, utilizando um sistema de análise de dados digitais, pode-se manipular imagens de um mesmo canal em diferentes épocas.
- Identificação de temas: técnicas de classificação supervisionada são utilizadas para identificar na imagem temas pré-estabelecidos. O objetivo desse tipo de tratamento é o de cartografar temas que se apresentam na imagem, com características espectrais semelhantes, em áreas selecionadas.

A utilização integrada de informação geográfica obtida por detecção remota a partir de sistemas sensores e por outros métodos como a Fotogrametria é ainda o modo mais eficiente, e de baixo custo, para se obter informação voltada para o planejamento ordenado do território. A exploração da imagem de satélite em conjunção com a Cartografia disponibiliza um conjunto de dados que se complementam, e em que alguns inconvenientes subjacentes a cada um dos dados são eliminados, como por exemplo, a desatualização da cartografia convencional e a falta de georreferência e de detalhe da imagem de satélite.

A utilização de imagem de satélite no âmbito de um SIG, em que a resolução espacial das imagens tem que ser compatível com a escala da base cartográfica, permite manter o SIG atualizado de modo confortável e pouco dispendioso, avaliar áreas em franca desatualização para planejar aquisição de informação por outros meios. Por outro lado, permite confrontar a imagem com a informação geográfica útil em algumas tarefas de processamento numérico de imagens, como por exemplo, o melhoramento ou refinamento de classificações automáticas, baseadas na eliminação de zonas erradamente pré-classificadas, por aplicação do resultado da classificação de regras de probabilidade de existência de certos temas, em determinados contextos geográficos.

As imagens de satélite começam a aparecer no mercado a custos acessíveis e constituem o tipo de informação mais adequado para o planejamento, pois permitem manter a ocupação do solo sob vigilância, como é o caso de monitoramento de reservas agrícolas e florestais, assim como o caso de gerência de problemas em áreas urbanas. Desta forma elas permitem a avaliação da necessidade de adquirir informação de outro tipo para análises específicas ou mais detalhadas.

Com o advento de sistemas de aquisição de imagens de detecção remota a partir de sensores orbitais, com um grande número de bandas espectrais e de sensores com uma maior resolução espacial (5 a 2 m), é necessário resolver alguns problemas que dificultam a exploração de tão grande quantidade de informação, de um modo integrado, em um ambiente de Bancos de Dados suportando SIG, dentre os quais destacam-se:

- Compilação e criação de conjuntos de dados de alta qualidade e representativos, reais e simulados para teste, e validação de modelos de análise integrada desse tipo de informação;
- Melhoramento dos métodos para a apresentação e visualização de produtos e resultados de análise integrada de informação geográfica;
- Determinação de propriedades dos erros dos produtos de análise integrada de informação geográfica e propagação de erros quando utilizados em modelação;
- Melhoramento de interfaces de equipamento e suporte lógico entre sistemas de tratamento e análise de dados, designadamente, sistemas de tratamento de imagem, SIG, gestão de base de dados, pacotes estatísticos, etc...
- Identificação de estruturas de dados espaciais e estratégias de gestão de dados apropriadas para processar (armazenar e recuperar) grandes quantidades de imagens de satélite, incluindo o uso de SIG para guiar a aquisição de imagens e fazer a escolha de resoluções adequadas;
- Desenvolvimento de linhas de rumo científicas e técnicas, além de padrões de dados para desenvolvimentos futuros de equipamentos e suporte lógico adequado para análise integrada de informação geográfica.

3.3. ALGUNS MODELOS DE METADADOS PARA IMAGENS DE SATÉLITE

No contexto do Projeto Sequoia 2000 (GARDELS, 1993) esforços têm sido feitos no sentido de estudos de padrões geospaciais para acelerar o desenvolvimento e suporte à interoperabilidade entre sistemas de banco de dados. Existem trabalhos feitos nesse sentido, como é o caso do SAIF (Spatial Archive and Interchange Format) (SAFE, 1994(a)) (SAFE, 1994(b)) (SAFE, 1994(c)) e do FGDC (Federal Geographic Data Committee - Content Standards for Digital Geospatial Metadata) (FGDC, 1994) que se destacam entre as contribuições para o OGIS (Open Geodata Interoperability Specification) (ANDERSON, 1994) (OGIS, 1994(a)) (OGIS, 1994(b)). Um estudo mais detalhado sobre iniciativas em estabelecimento de padrões de conteúdo de Metadados Geospaciais Digitais pode ser encontrado em (RIBEIRO, 1995).

Uma imagem pode ser armazenada como parte de um conjunto grande de dados e uma região deve possuir muitos conjuntos de dados desse tipo. Uns metadados podem ser criados para descrever os dados necessários para uma região sobre a qual usuários estejam interessados em trabalhar. Categorias de metadados, para conjuntos de imagens de satélite, podem ser:

- Raster: como foi descrito anteriormente, metadados raster incluem estruturas de malha e informação espaço-temporal;
- Linhagem de dados: inclui o histórico do processamento, algoritmos e parâmetros que foram usados para produzir a imagem. Algoritmos melhores podem ser desenvolvidos para processar imagens, ou anomalias podem ser descobertas em imagens, anos após sua criação. Um pesquisador analisando uma imagem pode querer conhecer as etapas de processamento que criaram uma imagem assim como

informação detalhada sobre os algoritmos utilizados. Esse pesquisador pode querer também identificar todos os “rasters” que foram processados com um determinado algoritmo, talvez reprocessá-los usando um algoritmo diferente;

- Descrição do conjunto de dados: pesquisadores podem querer conhecer que conjuntos de dados estão disponíveis para uma particular localização geográfica, assim como descrição detalhada de cada dado considerado. Catálogos e descrições de conjuntos de dados são normalmente críticos quando são usadas ferramentas de edição de dados. Metadados tipicamente incluem uma determinada localização geográfica, atribuem datas para as coberturas dos conjuntos de dados, pesquisam palavras-chave e disponibilidade de dados e, por último, contactam informação;
- Descrições de objetos: pesquisadores freqüentemente necessitam conhecer a estrutura de uma tabela da base de dados ou as propriedades específicas de um determinado atributo. Por exemplo, latitude pode ser uma variável de ponto flutuante de precisão simples que deve assumir valores compreendidos entre 180°W (hemisfério ocidental) a 180°E (hemisfério oriental). A informação do esquema é também necessária para gerar transferência de arquivos em um formato específico.

É proposto, ainda no contexto do SAIF, metadados para imagem de satélite do tipo AVHRR, que se estende a outros sistemas sensores orbitais também, com algumas características diferentes. Existem os seguintes casos de como usuários deveriam consultar dados raster (ANDERSON, 1994):

- Selecionar todas as imagens AVHRR para a região sul do Brasil entre as épocas de outubro de 1991 a junho de 1992 e classificá-las cronologicamente;

- Procurar a imagem do mapeador temático Landsat mais próxima de 2 de abril de 1992, para a área do estado de Maine (EUA) que está livre de nuvens e possui neve. Mapear a área coberta de neve e apresentar um índice de tamanho de flocos de neve lá encontrados.

As duas consultas necessitam de informação de tempo (data) (para recuperar imagens que se adequam à data especificada) e informação geográfica (para restringir a pesquisa espacial para uma especificada região). A segunda consulta adicionalmente requer informação nas bandas. Em outras palavras, os metadados suportando essas consultas devem incluir informação espacial e temporal tão bem como a própria estrutura do raster.

Uns metadados para suportar essas consultas podem ser organizados da seguinte forma, conforme apresentado na Tabela 2.

METADADOS AVHRR	CARACTERÍSTICAS	
MALHA	Número de linhas	2.889
	Número de amostras	4.587
	Número de bandas	10
	Bandas	AVHRR: canais 1 a 5
		NDVI
		zênite do satélite
		zênite solar
azimute relativo		
	data da fonte do “pixel”	
REGISTRO ESPACIAL	Sistema de projeção do mapa	Azimutal de Lambert
	Latitude (φ) e longitude (λ) do ponto central	100° Oeste de Greenwich 45° Norte do Equador
	Falso Norte e Leste (coordenadas do centro)	0m 0m
	Falso Norte e Leste (coordenadas do canto)	-2.050.000m 752.000m

	Caixa de vizinhança (φ e λ): canto inferior esquerdo canto superior esquerdo canto superior direito canto inferior direito	-119,9722899 e 23,5837576 -128,5300591 e 48,4030555 -65,3946489 e 46,7048989 -75,4163527 e 22,4793919
INFORMA- ÇÃO TEMPORAL	Data de início	04 de janeiro de 1991
	Data do término	17 de janeiro de 1991

Tabela 2: Metadados AVHRR (tabela adaptada a partir de Anderson (1994)).

Esses metadados e suas especificações também permitem prever a incorporação de dados de outros sistemas sensores orbitais que tratam imagens de satélite como:

- Sistema multi-espectral LANDSAT integrado com sistemas sensores de mapeamento temático (EUA); e

METADADOS LANDSAT	CARACTERÍSTICAS	
MALHA	Número de linhas	7.860
	Número de amostras	6.940
	Número de bandas	9
	Bandas	Canais 1, 2, 3, 4, 5, 61, 62, 7 e 8
		WRS_Path: 216
		Starting_Row: 075
		Azimute do Sol: 48°,7998239
		Elevação do Sol: 45°,6862924
Data da fonte do “pixel”		
REGISTRO ESPACIAL	Parâmetros cartográficos	Datum de referência: WGS-84 Elipsóide de referência: WGS-84
	Latitude (φ) e longitude (λ) do ponto central	100° Oeste de Greenwich 45° Norte do Equador
	Resolução espacial	PAN: 15m THM: 60m REF: 30m
	Número de amostras Número de linhas	PAN: 15721; THM: 7861; REF: 3931 PAN: 13881; THM: 6941; REF: 3471

	Caixa de vizinhança (φ e λ): canto inferior esquerdo canto superior esquerdo canto superior direito canto inferior direito	-22°,5888896 -42°,6863230 -20°,7116747 -42°,6388955 -20°,7446724 -40°,3764013 -22°,6251875 -40°,3943828
INFORMAÇÃO TEMPORAL	Data da aquisição	29 de agosto de 1999

Tabela 3: Metadados LANDSAT7 ETM+ (LANDSAT, 2005).

- Sistema CBERS, com câmaras imageadoras dos seguintes tipos: CCD1XS (de alta precisão, com resolução espacial de 20m), IRM (por varredura de média resolução espacial de 80m), e WFI (de amplo campo de visada, com resolução espacial de 260m) (INPE, 2005).

METADADOS CBERS	CARACTERÍSTICAS Data de aquisição: 3/4/2004			
Câmaras imageadoras	Número de colunas	Número de linhas	Resolução espacial	Bandas
CCD1XS	6790	6361	20 m	Canais 2, 3 e 4
IRM	1869	1694	80 m	Canais 1, 2, 3 e 4
WFI	4573	4066	260 m	Canais 1, 2, 3 e 4

Tabela 4: Metadados parciais para imagens CBERS com aquisição 3/4/2004.

METADADOS CBERS	CARACTERÍSTICAS Data de aquisição: 16/7/2004			
Câmaras imageadoras	Número de colunas	Número de linhas	Resolução espacial	Bandas
CCD1XS	6800	6368	20 m	Canais 2, 3 e 4
IRM	1871	1695	80 m	Canais 1, 2, 3 e 4

Tabela 5: Metadados parciais para imagens CBERS com aquisição 16/7/2004.

METADADOS CBERS	CARACTERÍSTICAS	
Composição colorida	Pontos de controle	Código, sistema de coordenadas, precisão, método de aquisição
	Bandas	RGB432, RGB234, RGB342, RGB423
	Data de aquisição	16/7/2004
	Recorte espacial	Coordenadas dos cantos
	Resolução espacial	20 m
	Segmentação/Classificação	Método, Similaridade, Área, Categorias, Classes Temáticas

Tabela 6: Metadados para imagens geradas por composição colorida do sistema CBERS.

A adoção de metadados associados às imagens de satélites ou fotográficas aéreas permite acessar e conhecer aspectos descritivos dos dados e dos métodos que a produziram, além de fazer escolha das imagens que mais se adequam às exigências das aplicações a serem contempladas com as análises geográficas. Institucionalmente gerar bancos de metadados em atendimento às aplicações complexas que envolvam o monitoramento contínuo de feições de objetos extraídos delas é uma solução interessante, também devido ao volume de dados desta natureza a tratar.

3.4. BANCOS DE DADOS ESPAÇO-TEMPORAIS

Problemas existem na manipulação de dados geográficos em função das características próprias dos dados analógicos cartográficos: grandes esforços físicos para o armazenamento de mapas convencionais, atualização desses mapas consomem tempo e alto custo, além da inexistência de um mecanismo que possa garantir eficiência e segurança dos processos de atualização. Além desses elementos há ainda problemas de análise e manipulação de entidades espaciais e o alto custo de reprodução de mapas impressos de forma convencional.

Os SIG são sistemas de informação que têm dentre suas características o aspecto temporal dos dados (BRAYNER, 1994). Há uma vasta bibliografia que aborda vários aspectos sobre Bancos de Dados Temporais em (SOO, 1991) e Espaço-Temporais em (AL-TAHA, 1993). No que se trata a dados de imagem o fator tempo torna-se um parâmetro fundamental a ser considerado na análise espacial. Os SGBD's que se ocupam com o armazenamento e com a recuperação dos dados geográficos devem possuir as seguintes características (CAVALCANTI, 1994):

- Identidade: há duas vertentes: a abordagem baseada em valores (modelo relacional) e a abordagem baseada em identidade (modelo orientado a objetos);
- Diversos tempos: a adoção de modelos de tempo diversos, dependendo da aplicação.
- Diversos formalismos lógicos: o modo como os eventos temporais estão relacionados ao tempo determina a lógica necessária para a dedução temporal;
- Gerenciamento de informação aproximada: o suporte de visões e consultas aproximadas e a gerência da informação associada à precisão;
- Operações de agregação: dando suporte à construção de agregação, à avaliação dos atributos agregados e à operação sobre objetos complexos.

Exemplos de SIG temporais podem ser encontrados na bibliografia (BARRERA, 1991). O primeiro trata de Requisitos para Sistemas Cadastrais envolvendo Sistema de Intervenção Governamental e Sistemas de Registros de Óbitos. Já o segundo exemplo trata de Modelagem de Mudanças Globais do Meio Ambiente através da análise de Modelos de Circulação Geral da Atmosfera. Ambos exemplos necessitam de um suporte de um SIG temporal.

Estudos têm sido feitos para tratar a dimensão do tempo em sistemas de bancos de dados. O conceito de tempo está sendo abordado em pesquisas envolvendo não só bancos de dados como também inteligência artificial e engenharia de software, por exemplo (CRISPIM, 1991).

O tempo é um importante aspecto de todos os fenômenos do mundo real. Um evento é uma ocorrência instantânea que representa algum fato, ação ou condição satisfeita. Eventos ocorrem em instantes específicos no tempo, objetos e seus relacionamentos existem em certos intervalos de tempo ou de forma instantânea. A habilidade para modelar essa dimensão temporal do mundo real é essencial para várias aplicações, inclusive para aplicações SIG. Bancos de dados convencionais representam o estado de um fenômeno em um único momento de tempo. Ainda que os conteúdos de um banco de dados continuem a mudar quando uma nova informação é a ele adicionada, essas mudanças são vistas como modificações de estado, com o dado desatualizado sendo excluído do banco de dados.

Quando se trata de imagens de satélites artificiais observa-se que há uma necessidade eminente na gerência de cenas de regiões representando localizações geográficas. Por exemplo, pode-se imaginar o município do Rio de Janeiro sendo monitorado a partir de dados de Sensoriamento Remoto com o uso de um banco de dados de imagens. Há, normalmente, grande interesse em analisar aspectos relativos a problemas urbanos com o uso dessas tecnologias. É possível haver várias cenas de diversas regiões metropolitanas para épocas distintas. Um banco de dados de Imagem nesse caso se aplica de forma a potencializar as análises e o planejamento urbanos.

Analisando o domínio do tempo, pode-se observar através de (SNODGRASS, 1994) que os elementos envolvidos são:

- Estrutura: inicialmente considerando o tempo como parâmetro de uma dimensão, ele pode ser classificado em relativo e absoluto. Exemplos: 2 de janeiro de 1993 é um tempo absoluto e 9 horas é um tempo relativo, onde o primeiro é instantâneo e o segundo é um intervalo de tempo.
- Dimensionalidade: no contexto de bancos de dados duas dimensões de tempo são de interesse geral: tempo válido que corresponde ao tempo onde um fato foi verdadeiro na realidade, isto é, o tempo que um evento ocorreu no mundo real, independente de seu registro em alguma base de dados; e tempo de transação que corresponde ao tempo em que um fato foi armazenado na base de dados.

O tempo definido pelo usuário é suportado pela maioria de SGBD relacionais comerciais como outro domínio que pode estar associado a atributos. Trata-se de um domínio de atributo de data e tempo não interpretado.

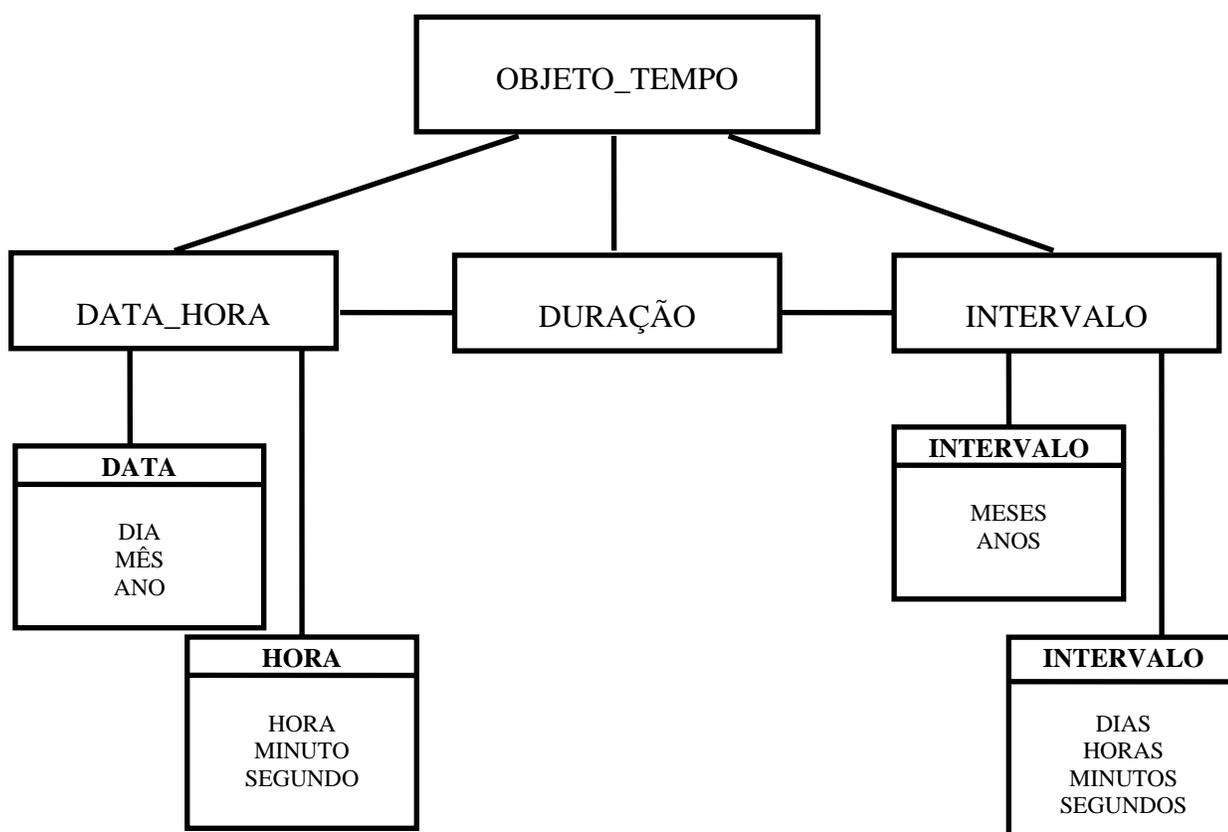
O tempo é um aspecto muito importante dos fenômenos ocorridos no mundo real. Os Sistemas de Banco de Dados (SBD) podem ser classificados, considerando aspectos temporais, da seguinte forma:

- Instantâneo: onde o SBD trata fenômenos do mundo real para um determinado instante, isto é, onde uma nova informação sobrepõe outra informação mais antiga.
- “Rollback”: nesse caso o SBD armazena todos os estados passados do BD utilizando o tempo da transação.

- Histórico: o SBD utiliza o tempo válido como parâmetro para o armazenamento da informação que varia com o tempo.
- Temporal: o SBD combina as propriedades “rollback” e histórico tratando as duas dimensões do tempo: tempo válido e tempo da transação.

As classes temporais, aplicáveis também para dados de imagens de satélite, são definidas através da seguinte estrutura de alto nível, no contexto do SAIF.

Figura 6: Estrutura de classes de tempo no contexto do SAIF.



3.5. BANCOS DE DADOS GRÁFICOS E ALFA-NUMÉRICOS INTEGRADOS

Um ponto em desenvolvimento ainda, em um SGBD, é decidir como integrar a representação de dados espaciais e não espaciais (alfanuméricos) simultaneamente. Há métodos sugeridos por (SAMET, 1994) que independem da arquitetura do sistema. Esse autor classifica essas arquiteturas em:

- Sistemas dedicados: tem como propósito suportar aplicações em um domínio específico sem um entendimento sobre banco de dados, tal como a ausência de facilidades de definição de dados de alto nível. Também esses sistemas não são facilmente extensíveis no senso de que é difícil modificá-los para desempenhar ações não previamente desempenhadas pelos projetistas do sistema. Um caminho alternativo é uma ferramenta de banco de dados geral que suporte uma grande variedade de aplicações freqüentemente sem um completo entendimento dos requisitos de tais aplicações. Em ambos os casos, os defeitos e faltas mencionadas levam a redução em eficiência das capacidades de processamento de dados do sistema.
- Sistemas de arquiteturas duais: são baseados na distinção entre dados espaciais e não espaciais utilizando diferentes modelos de dados para eles. O ARC/INFO é um exemplo. As comunicações entre os sistemas são feitas por meio de identificadores comuns. As desvantagens desse tipo de sistema são relativas às características de bancos de dados tradicionais tais como sincronização, segurança e integridade dos dados. Por exemplo, os resultados de ações no

modelo de dados espacial devem ser refletidos no modelo de dados não espacial.

- Sistemas de arquiteturas integradas ou de arquitetura híbrida: uma arquitetura híbrida é o caso mais geral. Envolve usuários estendendo o SGBD com seus próprios tipos de dados abstratos para fornecer melhor suporte em aplicações espaciais. Essa extensão normalmente faz uso de um SGBD extensível e representa uma tentativa de fornecer um SGBD generalizado que facilite o suporte a aplicações não convencionais tais como BD espaciais. Esses sistemas possuem alguns novos construtores para oferecer melhor poder de modelagem. Entre esses novos construtores há aqueles que tratam de tipos de dados abstratos, objetos complexos, atributos valorados por conjunto, etc... Um importante aspecto que surge no desenvolvimento de sistemas baseados em uma arquitetura integrada é como unir as descrições dos dados espaciais de um objeto ao resto das descrições de objetos não espaciais.
- Sistemas protótipos: há sistemas baseados em extensão do modelo relacional e alguns sistemas implementam uma base de dados espacial sobre um SGBD relacional. Na maioria desses sistemas dados espaciais são tratados no formato relacional o que significa que dados espaciais são manipulados como se eles fossem dados de atributos regulares.

3.6. ASPECTOS SOBRE LINGUAGENS DE CONSULTAS GEOGRÁFICAS ENVOLVENDO IMAGENS DE SATÉLITES

SIG têm partido de sistemas básicos de armazenamento, recuperação e exibição de dados espaciais, para sistemas de modelagem espacial mais poderosos. Essa transição

ocorreu principalmente devido às capacidades robustas de consulta. Linguagens de consulta espacial para dados matriciais podem possuir três classes de operações de mapas, desempenhando funções de células:

- Individuais: recodificação de mapa e “overlay” Booleano.
- Com vizinhanças: geração de filtros e aspecto de inclinação do terreno.
- Com regiões ou zonas: cálculo de áreas.

Essa classificação pode ser tão bem aplicada a operações de processamento de imagem porque esses sistemas, que são baseados em “raster”, trabalham com métodos de análise que são muito similares a algumas dessas operações SIG (BURROUGH, 1986).

Fazendo o uso de conceitos cartográficos clássicos, têm sido desenvolvidas interfaces eficientes de um SGBD para SIG. Por exemplo, as cores podem ser utilizadas para representar depressões e elevações do terreno. Uma legenda é útil para transmitir informação sobre um mapa e operações entre mapas são normalmente desempenhadas por meio de execução de “overlays” de dados. Isso significa que camadas individuais de um mapa deveriam ser simbolizadas e um mecanismo hierárquico deveria ser desenvolvido para facilitar a expressão de seus interrelacionamentos. O ponto chave para isso é estudar o trabalho diário de um engenheiro cartógrafo e observar as necessidades e possibilidades dessa manipulação.

Grandes quantidades de dados têm sido manipuladas por usuários de sistemas geográficos. O conteúdo desses dados é variado e inclui informações sócio-econômicas e gráficas em geral. Dados estão sendo carregados e abastecidos a partir de uma variedade de fontes incluindo levantamentos tradicionais, levantamentos geofísicos e detecção remota de imagens de satélite a partir de sistemas orbitais. Todos esses dados fornecem

informações sobre o mundo real. Eles comumente são usados de forma integrada no contexto de programas e projetos onde são tomadas decisões em planejamento ou gerenciamento de problemas territoriais.

A fim de estabelecer um entendimento comum de conjuntos de dados geográficos, é essencial ter uma maneira comum de descrever objetos geográficos, seus atributos e seus relacionamentos (KUCERA, 1992) (KUCERA, 1993(a)) (KUCERA, 1993(b)). Técnicas de modelagem orientada a objetos são particularmente apropriadas para essa tarefa. Tais técnicas podem refletir diretamente um entendimento inteligente do domínio desses dados, mesmo tratando de dados muito complexos.

Interoperabilidade de BD espaciais heterogêneos serão estabelecidos e mantidos se há modelo geográfico baseado em um modelo semântico comum fornecendo um entendimento unificado de fenômenos geográficos, expressos por meio de um vocábulo consistente e extensível (WORBOYS, 1991). Acessos e análises poderão ser feitos de forma mais simplificada se a informação é compatível em termos de referência temporal e geográfica, qualidade de dados e outros resultados de metadados e, por último, semântica e estrutura. É sabido que o SAIF (Spatial Archive and Interchange Format), que é um padrão canadense para intercâmbio de dados geográficos, foi desenvolvido particularmente para descrever os componentes de grandes e interconectados conjuntos de dados, descrevendo muitos tipos de informação geográfica e não geográfica.

Um SIG necessita, basicamente, de três capacidades, no contexto de suas potencialidades funcionais ao nível de consultas:

- Apresentação de mapas: esse é o mais importante serviço para a maioria dos usuários. Apresentação de mapas inclui a habilidade de mostrar feições

geográficas sobre mapas, assumindo valores de dados e alcances para essas feições, tais como volume de vendas para um determinado distrito, para ampliar ("zoom in") e reduzir ("zoom out") e indicar vários níveis de detalhes além de produzir resultados diversos.

- Uso de mapas como uma ferramenta de organização: mapeamento torna-se um mecanismo pelo qual os usuários podem consultar Bancos de Dados, por exemplo, mostrar as localizações de todas as residências na área metropolitana que foram vendidas no último mês; reorganizar dados em diferentes unidades espaciais, por exemplo, resumir aquelas vendas de residências pela cidade; manter registros de dados espaciais, por exemplo, vendas de lotes por área de atuação; e, finalmente, comparar diferentes feições e informações cruzadas, por exemplo, superposição de vendas de lotes com demanda média por área.
- Análise espacial: esse é o uso dos dados geográficos ou espaciais por modelos matemáticos ou lógicos para propósitos de planejamento e tomada de decisão. Em uma consulta espacial os usuários utilizam o mapa como uma ferramenta de consulta, não apenas como uma escolha de apresentação de dados. Tipicamente, em uma consulta espacial o usuário acessará um BD apontando para uma área de um mapa. O SIG pesquisará, então, para procurar aqueles registros que se encaixam com a janela da consulta e apresentará os resultados de uma pesquisa na forma tabular ou resumida.

Uma linguagem de consulta espacial deve permitir aos usuários consultar sobre dados espaciais e não espaciais, em qualquer operação definida pelo usuário que utiliza a seguinte sentença já familiar do tipo: `SELECT-FROM-WHERE` (SQL).

As consultas devem fornecer soluções seguindo a seguinte forma: seleção de todos os objetos geográficos que estão em relacionamento especificado com outro dado objeto geográfico. Por exemplo (KUCERA, 1994):

Considere uma consulta onde se queira conhecer o nome de todas ilhas de uma determinada área que estão a menos de 5 km a partir da sede municipal. Traduzindo, na linguagem de consulta, tem-se:

```
SELECT ilhas.nome
FROM ilhas, áreas, sede_municipal
WHERE contém (ilhas.localização, áreas.localização)
AND distância (áreas.localização, sede_municipal.localização, km) < 5
```

Essa consulta introduz um operador topológico espacial que é definido usando teoria de conjuntos da Matemática. O operador espacial distância deve também ser definido na linguagem de consulta SQL e é uma função que opera sobre um atributo de localização (geometria) que deveria estar armazenado com qualquer objeto geográfico (KUCERA, 1993(a)) (KUCERA, 1993(b)) (KUCERA, 1994). Note que o operador está funcionalmente a um nível do objeto geográfico assim como está também a informação georreferenciada que é armazenada em um componente do metadados de todo objeto geográfico. A escala, a projeção e unidades de medidas requisitadas para propriamente executar a consulta estão disponíveis diretamente. Isso não seria o caso se a consulta foi executada a um nível do objeto geográfico que é independente da informação dos metadados.

Quando são tratadas as consultas espaço-temporais envolvendo imagens de satélite de forma integrada com dados alfa-numéricos, pode-se ter a seguinte situação, por

exemplo: deseja-se exibir a imagem de satélite mais recente de uma determinada cena, em uma escala pré-definida, relativa a uma localização geográfica, que contenha alguns objetos identificados:

- Na escala 1/1.000.000;
- Pontos ou regiões relativos aos municípios de São João da Barra e São Francisco do Itabapoana;
- Área de Proteção Ambiental;
- Linhas correspondentes ao trecho do rio Paraíba do Sul.

```
SELECT áreas_nome
```

```
FROM áreas_críticas, cenas_escalas
```

```
WHERE contém (cidades.localização, apas.localização, trecho_do_rio.localização)
```

```
AND tempo (cenas.época) < 1995,333
```

Nota-se a complexidade de consultas desse tipo. Em SGBD onde há Banco de Dados de Imagem e Banco de Dados alfa-numéricos separados, esse tipo de consulta se torna uma tarefa dificultosa.

Dados espaciais são geométricos e variáveis, consistindo em pontos, linhas, regiões, polígonos, volumes, tempo e dados até de outras dimensões. Esses dados espaciais normalmente são manipulados em conjunto com dados alfanuméricos, por exemplo, o nome de um rio, o tipo de solo de uma região, o tempo decorrido em um intervalo de tempo, etc.... Dados espaciais podem ser discretos ou contínuos. Quando eles são discretos, eles podem ser modelados usando técnicas de Sistemas de Gerência de Bancos de Dados Relacionais (SGBDR). Quando se trata de dados espaciais contínuos,

está se referindo aos dados referentes a valores de atributos que assumem mais do que apenas um ponto ou uma instância de tempo.

As consultas típicas em um Banco de Dados Geográficos tratam de dados georreferenciados que podem estar nos formatos vetorial ou matricial (raster ou tesselal). Os dados relativos a imagens de satélite estão no formato matricial e, para cada célula de armazenamento, isto é, para cada unidade de armazenamento, associa-se um determinado “pixel” da imagem, como já foi visto na seção 2. Há métodos próprios para o acesso a esses dados propostos por (SALZBERG, 1991) (MEDIANO, 1994), onde as dificuldades no desenvolvimento desses métodos são apontadas por aqueles autores.

Ainda explorando a complexidade das situações práticas, quando são tratados as consultas e o armazenamento de imagens, pode-se haver as seguintes situações:

- Armazenar uma imagem de satélite relativa a uma região para uma época (ou instante);
- Armazenar uma nova imagem de satélite sobre outra relativa a uma mesma região para épocas distintas;
- Recuperar e exibir, através de seus atributos, uma determinada imagem de satélite relativa a uma região para uma época;
- Recuperar e exibir várias imagens de satélite e correlacioná-las com outros dados do BD;
- Recuperar e exibir uma determinada imagem de satélite relativa a uma região;
- Recuperar e exibir várias imagens de satélite de uma mesma região, analisando-as em função do tempo;

- Recuperar e exibir várias imagens de satélite relativas a várias regiões para uma mesma época;

Métodos de segmentação da imagem especializados, que tiram proveito das características da imagem, podem também ser utilizados em sua manipulação. Esses métodos envolvem, desde software para a segmentação automática total, até métodos assistidos por computador semi-automáticos. As vantagens de técnicas de segmentação de imagem influenciam fortemente a estratégia de desenvolvimento do sistema de gerência de imagem para extrair seletivamente a informação da imagem, organizar e armazenar essa informação estipulando uma recuperação eficiente baseada em conteúdo. O processamento de imagens segundo (CHU, 1994) consiste, basicamente, nas seguintes etapas:

- Identificação de objetos nas imagens;
- Detecção de vizinhanças de objetos; e
- Obtenção de feições espaciais e relações dos objetos da imagem.

Os tipos de informação extraída de imagens para responder as consultas são:

- Contornos de objetos: são armazenados como mapas de bits no sistema. Um número de características espaciais de um objeto pode ser derivado do contorno, por exemplo, área, volume, circunferência, caixa de vizinhança e restituição em três dimensões;
- Feições espaciais: tais como tipo, forma, área, volume, diâmetro, comprimento e circunferência, descrevem as características espaciais de um objeto da imagem. Por exemplo, a medida de uma circunferência sobre áreas deflorestadas, o

contorno mostrando sua vizinhança pode ser detectado e o número de “pixels” do contorno é contado e a circunferência da área atingida é obtida;

- Relações espaciais: descreve as relações entre um par de objetos espaciais, incluindo: relações ortogonais referentes a relacionamentos direcionais entre objetos, tais como Leste, Sul ou Sudoeste; e relações de conteúdo referentes às relações de posição e de localização de contatos entre um par de objetos, tais como Invade e Contém.

A partir de experiências exploradas na área médica onde há trabalho importante já feito (CHU, 1994) no sentido de se investigar sobre esse tema, procura-se também aperfeiçoar esses conceitos a objetos espaciais em aplicações geográficas.

O autor verificou alguns aspectos ao nível de considerações finais e conclusões, no contexto de Sistemas de Gerência de Bancos de Dados Geográficos, incluindo aqueles que tratam de Imagens de Satélite:

- É importante em SIG fazer uma consulta usando informações gráfica e textual. Nos sistemas dedicados e, principalmente, nos sistemas duais, essa tarefa não é trivial e de difícil realização;
- Embora importante, gerenciar o aspecto temporal em um Banco de Dados não é uma tarefa simples;
- Embora situações diversas possam ocorrer ao nível de consultas, os SIG não estão preparados para suportá-las de forma genérica, daí a necessidade de existência de um modelo do tipo do SAIF para estabelecer padrões nas definições dos dados geográficos;

- A tecnologia de orientação a objetos ajuda, mas não é totalmente suficiente para resolver os problemas enfrentados na manipulação de dados geográficos;
- Tentativas já existem para solucionar problemas ao nível de consultas, quando há integração de dados mistos (gráficos e não gráficos), mas há ainda barreiras a serem vencidas;
- Metadados geoespaciais digitais podem e devem ser definidos no sentido de se estabelecer padrões para dados raster relativos a imagens de satélite.

4. Sistema de Informação Geográfica (SIG) como tecnologia digital de Geoprocessamento

A informação geográfica, relativa aos fenômenos que possuem referência geográfica, consiste em informação quantitativa e qualitativa relativa a objetos e fenômenos de natureza física (topografia e ambiente) e populacional (humana), distribuída espacialmente pela superfície terrestre. Básica para as atividades e tarefas de planejamento e ordenamento do território, ela pode ser acessada a partir de arquivos estáticos, como as cartas e mapas analógicos ou convencionais, ou em arquivos dinâmicos, caso tratado no contexto dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

Essa informação necessita de constante atualização, que, a par dos métodos convencionais, pode também ser realizada através de imagens obtidas, com grande frequência, por sistemas orbitais que possuem sensores acoplados a satélites artificiais de detecção remota, utilizando, há algumas décadas, técnicas de Sensoriamento Remoto. A manipulação e o tratamento da informação geográfica em um contexto de Bancos de Dados e SIG não é tarefa trivial, diante, principalmente, do volume e da complexidade dos dados geoespaciais ali possíveis de serem transformados.

Informação geográfica é qualquer propriedade de um determinado objeto geográfico. Um objeto geográfico pode ser composto também por outros objetos geográficos. Uma estrada, um rio e uma bacia hidrográfica são exemplos típicos.

Neste trabalho, o termo geoespacial refere-se a geográfico, isto é, geoespacial é considerado, sem ferir qualquer sentido semântico da palavra, sinônimo de geográfico. Mas, uma vez que a literatura clássica de sistemas de informação (incluindo os SIG)

denomina aplicações geográficas, ao invés de aplicações geoespaciais, será mantida a terminologia aplicações geográficas, tratando daquelas aplicações que utilizam informações georreferenciadas e temporais. Muito embora se saiba que o termo geoespacial se refere ao aspecto posicional apenas, e o termo geográfico se refere não só a esse aspecto, como também a outros aspectos, será empregado nesse trabalho o termo geográfico como sinônimo de geoespacial, de maneira geral.

Ainda neste trabalho, quando são tratados temas relacionados a Bancos de Dados, a denominação geoespacial será empregada, uma vez que Bancos de Dados Geoespaciais são especializações de Bancos de Dados Espaciais. Inclusive conceitos existentes em trabalhos publicados no âmbito de aplicações espaciais e científicas, por exemplo, em Medicina, são base também para outras aplicações espaciais, como é o caso de aplicações geográficas.

A Ciência da Tecnologia da Informação tem estudado e aperfeiçoado, ao longo dos tempos, dentre outros temas e tecnologias, os Bancos de Dados e seus Sistemas de Gerência para áreas comerciais. Dentre as aplicações ditas não convencionais, ou ainda, não tradicionais, há pesquisas nas áreas científica e médica onde sistemas computacionais e os SIG podem ser classificados como sistemas de apoio/suporte à tomada de decisão. Essas ferramentas tecnológicas são alvo de estudos avançados, testes e ensaios nos dias de hoje, com notadas tendências de expansão em seu uso.

Existem alguns conceitos associados aos SIG e outras tecnologias que podem estar relacionadas aos SIG: Geoprocessamento, sistema de tratamento de imagens, sistema de processamento de dados geoespaciais, modelos digitais do terreno, Sistema de

Posicionamento Global (GPS), Sensoriamento Remoto, sistemas computacionais destinados à apresentação e à visualização científica de cartas e mapas digitais, etc...

4.1. Geoprocessamento

Inicialmente, no sentido de analisar as tendências atuais de vários autores sobre Geoprocessamento e tecnologias associadas, são apresentadas algumas definições conceituais.

Geoprocessamento, segundo Rodrigues (1987), é: *Tecnologia de coleta de dados e tratamento de informações espaciais e de desenvolvimento de sistemas, onde compreende uma variedade de metodologias associadas aos equipamentos utilizados nas mais diversas aplicações geográficas.*

Ainda segundo aquele autor, é notado que existe um arcabouço metodológico associado ao Geoprocessamento, onde são requisitos básicos para os SIG os seguintes itens, e suas principais necessidades e atividades:

- Coleta de dados: necessidade de informação; valorização da informação; especificação de dados; aquisição de dados; estabelecimento de linhagem de dados; levantamentos de dados de relevo, populacionais e ambientais; e geocodificação; e
- Manipulação de dados: tratamento de dados; gerenciamento de dados; desenvolvimento de modelos digitais de terreno; processamento de imagens e gráficos; e execução de mapeamento por computador.

Numa primeira visão geral, os principais problemas enfrentados pelas tecnologias de Geoprocessamento são:

- Manipular grandes volumes de dados;
- Entender e representar a complexidade dos dados;
- Atender satisfatoriamente às necessidades das aplicações; e
- Desenvolver e aplicar alternativas para solucionar os problemas anteriores, com o uso de Sistemas Gerenciadores de Bancos de Dados (SGBD), tecnologia de processamento paralelo e de aspectos associados à distribuição dos dados.

Usualmente os SIG são empregados, por exemplo, em mapeamento do uso e cobertura do solo, onde há interesse em armazenar, recuperar e visualizar objetos geográficos, e nessa aplicação são realizadas análises e consultas espaço-temporais complexas, envolvendo os aspectos geométricos e topológicos dos objetos geográficos.

A Tabela 7 a seguir mostra uma visão geral do emprego de algumas das novas tecnologias aplicadas à área de Geoprocessamento.

DADOS EM GEOPROCESSAMENTO	TIPOS DE TÉCNICAS DE LEVANTAMENTOS		EMPREGO DE (NOVAS) TECNOLOGIAS
De Relevo (ou Espaciais)	Topografia		Automatização dos registros em cadernetas de campo e instrumentos topográficos de medição informatizados.
	Geodésia	Geométrica, Física, Celeste ou Espacial	Sistemas informáticos têm sido desenvolvidos e sendo gradativamente aperfeiçoados e utilizados em cálculos geodésicos em geral. A adoção de Modelos Potenciais Terrestres associados a Redes Geodésicas tem requerido a utilização de SIG. O Sistema de Posicionamento Global (GPS) é hoje uma tecnologia muito em evidência na determinação, por exemplo, de coordenadas de estações terrestres.

DADOS EM GEOPROCESSAMENTO	TIPOS DE TÉCNICAS DE LEVANTAMENTOS		EMPREGO DE (NOVAS) TECNOLOGIAS
De Relevo (ou Espaciais)	Fotogrametria	Análogica Digital	O procedimento analógico tem sido abandonado e optado por procedimentos analíticos e digitais em fototriangulação e restituição.
	Sensoriamento Remoto		Técnicas avançadas têm sido usadas em tratamento digital de imagens de satélites artificiais.
	Astronomia de Posição		Esta é uma área que não tem sido tão investida em novas tecnologias com aplicação em Cartografia, pois surgiram novos métodos e desenvolvidos sistemas de posicionamento que têm substituído essa técnica.
De População	Relatórios associados a Mercadológicas	Técnicos Pesquisas	Sistemas de Informação têm sido utilizados para integrar a aquisição de dados dessa natureza para posterior análise espacial.
	Censos Populacionais, Econômicos e Agropecuários		Os Censos, por exemplo, têm requerido SIG's distribuídos (em rede) em todas as fases de coleta de dados dessa natureza.
De Ambiente	Relatórios de Impacto Ambiental (RIMA)		O desenvolvimento de Bancos de Dados tem sido feito para os grandes Projetos de Monitoramento do Meio Ambiente.
	Estações de Redes Meteorológicas Regionais e Nacionais		Sistemas informatizados de coleta de dados têm sido desenvolvidos e outros têm sido utilizados nas análises de Redes Meteorológicas.
	Plataformas de Coleta de Dados Climatológicos		Sistemas de coleta de dados têm sido incorporados a técnicas convencionais. Sistemas de registro de dados físicos (temperatura do ar e da água, pressão atmosférica, umidade relativa do ar, etc...) contínuos e autônomos têm sido utilizados acoplados a balões e a estações terrestres.

TABELA 7: Tipos de dados, técnicas de levantamentos e (novas) tecnologias em Geoprocessamento.

O Sistema de Posicionamento Global (GPS) representa também tecnologia digital de Geoprocessamento onde há associados a ela avanços em telemetria, informática,

microeletrônica e intercâmbio por meios eletrônicos. Esse sistema possui complexidade interna, mas do ponto de vista dos usuários permite geração de coleção de coordenadas relativas a estações ocupadas com rastreadores no campo, geração de tempo e velocidade. Pode-se adotar o modo de operação estático (estação estacionada sobre a superfície terrestre) ou cinemático (estações móveis). Além disso é possível escolher o modo posicionamento isolado ou modo relativo ou diferencial (MONICO, 2000).

O potencial de uso dessa tecnologia é amplamente conhecido, cobrindo aplicações científicas muito específicas e aplicações relacionadas ao lazer. Há um emprego intenso dessa ferramenta em engenharias de modo geral, em Ciências da Terra e em navegação. O propósito aqui é explorar o uso em aplicações geodésicas, onde é possível determinar coordenadas terrestres com precisão de, por exemplo, 1 a 3 cm. A aplicação geográfica contemplada nesta pesquisa fez uso dessa tecnologia e resultados são apresentados no capítulo 5.

4.2. Sistemas de Informação Geográfica (SIG)

Existem tentativas, por parte de alguns autores, na definição semântica de um SIG genérico e institucional. No âmbito dos autores da área de Computação, ou com forte relação com essa área, encontram-se as seguintes definições válidas e mais aceitas na comunidade acadêmica de Geoprocessamento no Brasil:

Os SIG são sistemas destinados ao tratamento de dados referenciados espacialmente. Manipulam dados de diversas fontes permitindo recuperar e combinar informações, além de efetuar os mais diversos tipos de análise sobre esses dados (ALVES, 1990).

No senso de sistemas informáticos, os SIG são um conjunto de ferramentas computacionais de hardware, software e procedimentos projetados para dar suporte à aquisição, gerenciamento da persistência, inserção, consulta, alteração, remoção, visualização e apresentação de dados geoespaciais, que descrevem locais na superfície da Terra, entidades e fenômenos geográficos, existentes no mundo real. Eles permitem a realização de transformações, análises e simulações com aqueles dados a fim de solucionar problemas complexos de planejamento e gerenciamento com propósitos específicos (RAMIREZ, 1994).

Antenucci (1990) aponta, em seu livro texto básico, três definições sobre um SIG, baseadas em autores (fontes) diferentes:

- *Um sistema computacional de hardware, software e procedimentos destinados a suportar a captura, gerência, manipulação, análise, modularidade e exibição de dados referenciados espacialmente para solução de problemas complexos de gerenciamento e planejamento (FEDERAL INTERAGENCY COORDINATING COMMITTEE, 1988).*
- *Um sistema que contém dados referenciados espacialmente que podem ser analisados e convertidos para informação para um propósito específico ou aplicação. A feição chave de um SIG é a análise de dados para produzir nova informação (PARENTE, 1988).*
- *Um SIG é qualquer sistema gerenciador de informação que pode: coletar, armazenar e recuperar informação baseada em sua localização espacial; identificar localizações como um ambiente alvo através de critérios específicos; explorar relacionamentos entre conjuntos de dados com o ambiente; analisar os dados relacionados espacialmente como uma ajuda para tomar decisões sobre aquele ambiente; facilitar a seleção e transferência de dados para modelos analíticos da aplicação específica, analisar o impacto de*

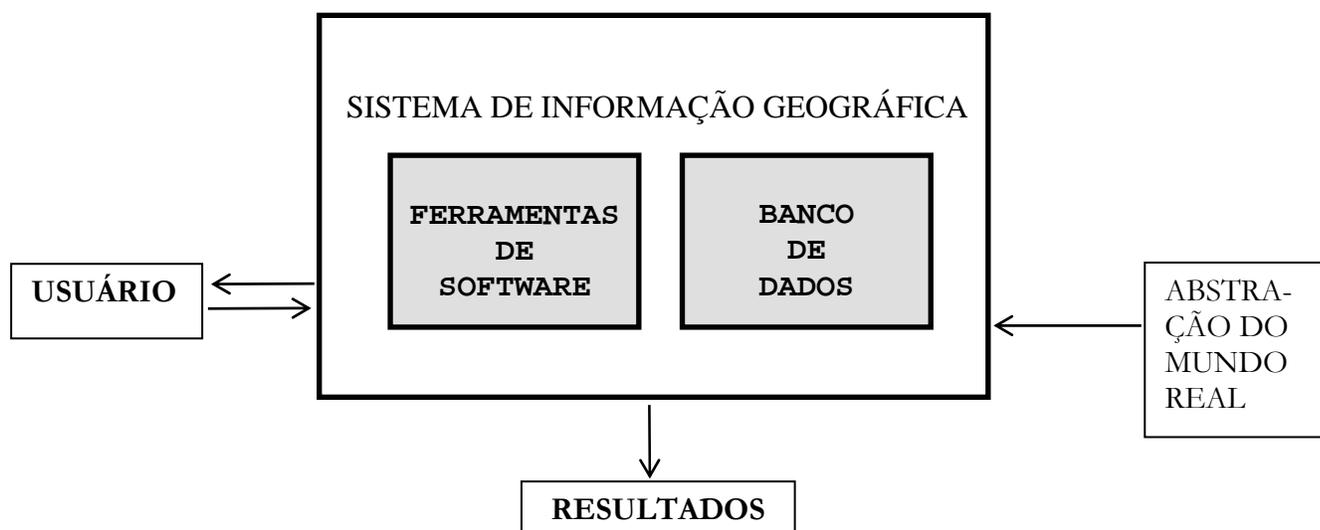
alternativas sobre o ambiente escolhido; e exibir o ambiente selecionado gráfica e numericamente, antes ou depois da análise (HANIGAN, 1988).

Uma definição bem aceita e que se mostra mais completa e abrangente é aqui apresentada, adaptada a partir de RAMIREZ (1994):

SIG são sistemas computacionais desenvolvidos com o propósito de processamento digital da informação geográfica, considerando seus aspectos geométricos, topológicos e temporais. É composto por ferramentas de software desenvolvidas para potencializar a aquisição de dados geográficos, pesquisa e análise espacial de fenômenos e fatos geográficos, além de gerar mapas, cartas, plantas digitais, ou relatórios diversos, alcançando a integração de informações geográficas em vários níveis temáticos. Numa visão sócio-técnica, os SIG estão, em geral, diretamente associados a projetos institucionais, e requerem pessoal qualificado para operá-los, compondo equipes multidisciplinares de trabalho com propósitos específicos e diversos.

Ainda tratando de definições relativas ao SIG, aquele autor ilustra:

Figura 7: Componentes estruturais de um SIG (ANTENUCCI, 1990).



No âmbito da área de Informática existe uma classificação geral de sistemas: sistemas especialistas (que usam conceitos da tecnologia de Inteligência Artificial - regras e bases de conhecimento), sistemas operacionais, sistemas aplicativos e sistemas de informação. Os SIG se enquadram, segundo essa classificação, nesse último grupo de sistemas.

Em Geoprocessamento os dados tratados em projetos com caráter multidisciplinar, usualmente, podem ser classificados em: dados de relevo, dados de população e dados de ambiente (Tabela 8).

Um SIG deve ser capaz de tratar categorias de dados geográficos em camadas: registros de propriedades, limites municipais e estaduais, limites de fronteiras, infraestrutura básica urbana, rodovias, ferrovias, hidrografia, meio ambiente, estrutura urbana, etc...

DADOS EM GEOPROCESSAMENTO	LEVANTAMENTOS INDIRETOS PRODUZIDOS	DIRETOS E DOCUMENTOS
De relevo	Topografia	
	Geodésia	Geométrica Física Celeste
	Fotogrametria	Analógica Digital
	Sensoriamento Remoto	
	Astronomia de Posição	
De população	Relatórios Técnicos	
	Censos Populacionais, Econômicos e Agropecuários	
De ambiente	Relatórios de Impacto Ambiental (RIMA)	
	Estações de Redes Meteorológicas Regionais e Nacionais	
	Plataformas de Coleta de Dados Climatológicos	

TABELA 8: Tipos de dados e levantamentos em Geoprocessamento.

Os SIG devem permitir a operação com múltiplos mapas (ou cartas e plantas), na forma de seus temas geográficos, onde cada camada está geralmente associada a um conjunto de dados com características semelhantes. Esse conjunto é comumente denominado de categoria de dados. Em aplicações voltadas para análise de uso e cobertura do solo, por exemplo, isso é uma tarefa rotineira.

O software para SIG nesta pesquisa utilizado para realização de experimentos e geração de resultados foi o SPRING, em sua versão 4.1. É um sistema de Geoprocessamento que representa um conjunto de ferramentas voltadas para coleta e tratamento de informações espaciais, com recursos de geração de resultados na forma de mapas convencionais, relatórios, arquivos digitais e outros. Possui funcionalidades vinculadas ao armazenamento, gerenciamento, manipulação e análise de dados. O SPRING congrega funções de um SIG e executa processamento digital de imagens digitais de qualquer tipo, o que o torna competitivo no mercado brasileiro e internacional, uma vez que é público e gratuito.

O SPRING possui subsistemas que desempenham a função de:

- IMPIMA: importação de imagens e geração de imagens recortadas em formato GRB;
- SPRING: sistema núcleo onde são feitas as transformações dos dados por meio de funções específicas para manipulação de imagens e operações geométricas e topológicas;
- SCARTA: gerador de mapas, cartas e plantas topográficas e temáticas, com suporte de biblioteca de símbolos, permitindo a produção desses documentos cartográficos segundo padrões e normas internacionais; e

- IPLOT: sistema responsável para impressão de documentos.

Essa ferramenta representa uma perspectiva multidisciplinar em sua utilização, permitindo:

- Integrar, numa única base de dados, informações provenientes de dados cartográficos, dados de censo e cadastro urbano e rural, imagens de satélites, redes e modelos numéricos de terreno; e
- Oferecer mecanismos para combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação e análise, além de ferramentas para consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados geocodificados.

Os tipos de dados que o SPRING suporta são aqueles que normalmente na área de geoprocessamento são tratados, podendo associar bancos de dados convencionais (Dbase, Access, etc...), o que caracteriza uma dualidade nos ambientes dos SIG. Os dados tratados em Geoprocessamento têm como principal característica a diversidade de fontes geradoras e de formatos apresentados. A proposta do SPRING é organizar e restringir tipos de dados em modelos próprios: temático, imagem, numérico (TIN- Rede Irregular Triangular), cadastral e rede.

Tal ferramenta foi adotada para execução dos experimentos computacionais e no capítulo 5 são apresentados os resultados desta investida no âmbito da área de aplicação em ambiente costeiro.

4.3. Sensoriamento Remoto

Na área de Sensoriamento Remoto existem sistemas especializados responsáveis pelo tratamento digital de imagens de satélites. Esses sistemas podem ser considerados

hierarquicamente como um subsistema de um SIG. Há autores que os consideram como SIG de tratamento de imagens.

A exploração de imagens obtidas por detecção remota consiste em obter, a partir delas, informação necessária para um determinado estudo ou análise. A extração dessa informação se faz através de técnicas de tratamento ou processamento numérico de imagens digitais que são (NOVO, 1990):

- Pré-processamento: envolvendo a aplicação de correções dos tipos: radiométrica, geométrica e atmosférica.
- Realce de imagens: utilizam-se operações de manipulação de contraste, filtragem de frequência espacial e rotação de imagens. O objetivo é fornecer para interpretação uma imagem cujas diferenças (de contraste, textura, intervalo de intensidade de tons de cinza, etc...,) torne a tarefa de interpretação mais fácil.
- Classificação digital: implicando na implementação de um processo de decisão para que o computador possa atribuir certo conjunto de pontos da imagem a uma determinada classe. Essa classificação pode ser unidimensional e multiespectral.
- Análise digital de dados multitemporais: da mesma forma que é possível manipular um conjunto de imagens em diferentes canais espectrais, utilizando um sistema de análise de dados digitais, pode-se manipular imagens de um mesmo canal em diferentes épocas.
- Identificação de temas: técnicas de classificação supervisionada que são utilizadas para identificar na imagem temas pré-estabelecidos. O objetivo desse

tipo de tratamento é o de cartografar temas que se apresentam na imagem com características espectrais semelhantes em áreas selecionadas.

Dentro da definição de RAMIREZ (1994) os SIG são completos quando, além de possuir as funcionalidades de um SGBD, eles são capazes de manipular dados gráficos e não gráficos, em qualquer um dos formatos: vetorial e matricial. Sendo assim, os sistemas de tratamento de imagens de satélites não seriam, então, conceitualmente um SIG, pois se restringem às tarefas básicas principais envolvendo realce, georreferenciamento e classificação digital.

Segundo PEUQUET (1990) os SIG são compostos pelos seguintes subsistemas, numa visão basicamente estrutural e funcional:

- Sistema de aquisição de dados: coleta e/ou processamento de dados geográficos derivados de medições de campo por técnicas variadas, ou ainda, coleta a partir de outros mapas ou relatórios existentes;
- Sistema de armazenamento e recuperação de dados: organização dos dados de forma que possam ser acessados de maneira eficiente, rápida e segura, para uma determinada análise, além de permitir atualizações às bases de dados;
- Sistema de manipulação e análise dos dados: regras e parâmetros na determinação do tempo de acesso aos dados, simulações e troca de formatos de dados; e
- Sistema de emissão de relatórios ou mapas: exibição de elementos do Banco de Dados na íntegra ou por partes, visualização dos dados na forma de tabelas ou mapas.

Existem outros autores que apresentam outras definições, mas essa é uma definição clássica que tem sido bem aceita pela comunidade de Geoprocessamento.

Os SIG podem ser vistos, segundo ARONOFF (1990), como sistemas integradores de três aspectos distintos no contexto de tecnologia computacional: um SGBD para dados gráficos e não gráficos; um sistema com capacidades de manipular dados geográficos envolvendo visualização e apresentação de representações gráficas desses dados; e, por último, um sistema que possui algoritmos e técnicas que facilitem e potencializem as análises espaciais (Figura 8).

Figura 8: Três aspectos dos SIG como tecnologia computacional.



O SGBD deve ser capaz de armazenar dados gráficos ou não gráficos, de forma estruturada. Os dados envolvidos podem estar em formatos variados e em ambientes computacionais distintos. A tendência atual na área de Informática é explorar aspectos de computação paralela e distribuição em SIG, uma vez que há aplicações onde torna-se necessária a implementação de sistemas em ambientes distribuídos geograficamente e com muita capacidade para manipular grande volume de dados.

Um problema prático comumente enfrentado por instituições provedoras de informações e mantenedoras de BD tradicionais é o processo de geocodificação. Existem casos onde se torna imprescindível georreferenciar dados não gráficos para aplicações geográficas. Para análise espacial e temporal é necessário esse procedimento.

4.4. Aplicações geográficas

Na Tabela 9 a seguir são apresentadas as aplicações dos sistemas de informação geográficas por classes e subclasses gerais das áreas de aplicação dos SIG, onde podemos observar os múltiplos usos dessa ferramenta na solução de problemas por classes.

CLASSES	SUBCLASSES
Ocupação Humana	Planejamento e Gerenciamento Urbano e Regional
	Educação, Ação Social e Análises Sócio-Econômicas
	Saúde
	Transportes
	Turismo, Cultura, Lazer e Desporto
Atividades Econômicas	Marketing
	Indústrias
Uso da Terra	Agroindústria
	Irrigação e Drenagem
	Cadastro Urbano e Rural
Uso dos Recursos Naturais	Extrativismo Vegetal
	Extrativismo Mineral
	Energia
	Recursos Hídricos
	Oceanografia
Meio Ambiente	Ecologia
	Climatologia
	Gerenciamento Florestal
	Poluição
Geociências	Geodésia e Cartografia Científica
	Geologia
	Geografia

TABELA 9: Uma visão geral das classes e subclasses de áreas de aplicação dos SIG (RAMIREZ, 1994).

Enfatizando, isto é destacando, e especificando mais a classe “Uso da Terra” é apresentada a tabela a seguir onde é possível encontrar categorias de uso e de cobertura do solo, amplamente utilizadas em análises geográficas envolvendo mapeamento, por exemplo, em escalas médias.

CLASSES	NÍVEL II	NÍVEL III
Agricultura	Agricultura de subsistência	Itinerante de vários tipos
	Agricultura tradicional	Culturas permanentes ⁴ Culturas cíclicas ⁵ Cultivo misto ⁶
	Agricultura de transição	Culturas permanentes ⁷ Culturas cíclicas ⁸ Cultivo misto ⁹
	Agricultura modernizada	Cultura permanente ¹⁰ Cultura cíclica ¹¹ Cultivo misto ¹² Cultivo agroflorestal ¹³
	Reflorestamento/Florestamento	Espécies exóticas ¹⁴ Espécies nativas ¹⁵
Pecuária	Sistema de criação extensivo ¹⁶	Corte Corte e leite
	Sistema de criação semi-extensivo ¹⁷	Corte Leite Misto

⁴ Exemplo: manga.

⁵ Exemplo: feijão.

⁶ Exemplos: laranja e feijão.

⁷ Exemplo: café em sistema semimecanizado e com uso de irrigação.

⁸ Exemplo: milho em sistema semimecanizado.

⁹ Exemplo: laranja e feijão.

¹⁰ Exemplo: café.

¹¹ Exemplo: soja.

¹² Exemplo: café e feijão.

¹³ Exemplo: eucalipto e milho.

¹⁴ Exemplo: eucalipto e pinus.

¹⁵ Exemplo: sombreiro.

¹⁶ Gado bovino e caprino.

¹⁷ Gado caprino.

CLASSES	NÍVEL II	NÍVEL III
	Sistema de criação intensivo ¹⁸	Corte Leite Misto
Agropecuária ¹⁹	Plantio de capim colônia Plantio de milho	-
Extrativismo	Vegetal	Babaçu
	Animal	Coleta de mariscos
	Mineral	Garimpagem ²⁰ Lavra de material para construção
Mineração	Céu aberto Sistema subterrâneo	-
Áreas Especiais	Destinação para Reservas	Indígena Extrativista Ecológica Biológica Militar
	Legislação de destinação para Parque	Nacional Estadual Municipal
	Legislação de Destinação para Florestas	Nacional Estadual Municipal Particular
	Legislação de Área de Proteção	Área de Proteção Ambiental
	Legislação para Estação Ecológica	-
Áreas Urbanas	Residencial	-
	Estabelecimentos comerciais e de serviços	-
	Estabelecimentos industriais	-
	Complexos industriais e comerciais	-
	Uso misto	-

TABELA 10: Sistema de classificação de uso e cobertura, adaptado a partir de *As Grandes Classes de Uso Atual da Terra* - Manual Técnico de Uso da Terra, Número 7, Fundação IBGE, 1999.

¹⁸ Gado suíno e bovino.

¹⁹ Gado bovino.

²⁰ Exemplos: ouro e diamante.

As tecnologias digitais de Geoprocessamento enfatizadas (SIG e GPS) contribuíram para a retratação do processo erosivo em Atafona. A metodologia empregada para esse caso aponta um uso mais extensivo dessas ferramentas. A análise do fenômeno geográfico em pauta e de outros em ambiente costeiro nos remete de forma imperativa investir, junto ao Estado, em aparatos tecnológicos que potencializem as análises espaço-temporais.

Diante dos requisitos das aplicações apresentados na introdução dessa pesquisa é correto afirmar que o mapeamento digital regional e local andam juntos. A retratação do fenômeno local requer análise de aspectos geológicos e geomorfológicos em uma área que se estende à planície costeira do rio Paraíba do Sul. É notado que, por exemplo, o mapeamento de feições costeiras - cordão arenoso, pontal arenoso, linha de costa, duna, entre outros – exige a geração de mapa temático para a extração da métrica desses objetos.

Com apoio de MUEHE (2004) é possível adotar uma tipologia adequada para objetos litorâneos, sob os aspectos morfodinâmicos e evolutivos. Desta forma, o entendimento sobre as mudanças provocadas pela dinâmica costeira podem ser configuradas tendo como base esses objetos.

A morfometria associadas às feições é fundamental para conhecimento do comportamento temporal desses objetos. O potencial das tecnologias foi explorado e é descrito no capítulo 5.

No caso estudado de erosão em Atafona nesta pesquisa as seguintes categorias, planos de informação e classes temáticas foram adotadas no modelo de dados do SPRING4.1:

CATEGORIAS	PLANOS DE INFORMAÇÃO	MODELO
LANDSAT7 ETM+	Banda1, Banda2, Banda3, Banda4, Banda5, Banda7	Imagem
Fotografias aéreas históricas	1954, 1964, 1974, 1976, 2000	Imagem
SPOT	Banda	Imagem
CBERS	Banda2, Banda3 e Banda4	Imagem
Ortofotos	Mosaico2000	Imagem
Ilhas	Dinâmica da Ilhas	Classes temáticas: Ilha da Convivência, Ilha do Lima, Ilha do Graça, Ilha do Peçanha, etc...
Feições geomorfológicas	Feições relativas à erosão costeira	Cristas de praia preservadas na planície deltaica, Praia, Linha d'água, Berma, Falésia, etc...
Uso do Solo	Área urbana	Classes temáticas: densa, média e esparsa.
Cobertura Vegetal	Vegetação	Classes temáticas: mangue, restinga, etc...

TABELA 10a: Categorias, planos de informação, modelos e classes temáticas – erosão em Atafona.

A semântica dos dados armazenados no banco de dados está diretamente associada aos temas geográficos de interesse. Modelar dados de forma estruturada, fazendo uso de sistemas de categorias e classes hierárquicas é uma rotina. Sistemas classificatórios de uso do solo e de cobertura vegetal, apesar de aparentemente não estarem diretamente vinculados ao fenômeno erosivo, nos conduz a interpretar o cenário dos objetos distribuídos no espaço geográfico. Categorias lógicas desse espaço (localização, extensão e distribuição) são referidos no processo interpretativo e indiscutivelmente configuram os objetos geográficos contidos nele.

5. Análise geográfica integrada: monitoramento de erosão ativa e ordenamento do espaço geográfico ao longo do tempo em ambiente costeiro

Nas últimas décadas as questões sobre impactos ambientais têm proporcionado discussões na imprensa mundial e nos estudos sobre sua dinâmica, devido sua importância econômica e social. Há assim uma preocupação de planejar e monitorar a ocupação e o uso do espaço costeiro, o que é uma tarefa relativamente recente no Brasil. A interferência humana direta ou indiretamente no balanço de sedimentos costeiros e no avanço da urbanização sobre as áreas que deveriam ser preservadas vem mostrando o quanto é distante o caminho entre intenção e realização, a fim de que se possam minimizar os constantes problemas associados às perdas resultantes dessa interferência.

Em busca da análise da dinâmica costeira e da interferência antrópica no ambiente litorâneo e adjacente, o autor fez escolha dessa área temática para aplicar sua metodologia. Ela diretamente se relaciona com o monitoramento da erosão ativa – retrogradação²¹ - observada e relatada desde antes de 1960, e registrada pela imprensa local a partir de 1975. Tal fenômeno é predominante na parte meridional da foz do rio Paraíba do Sul, localizado no município de São João da Barra, região norte do Estado do Rio de Janeiro.

Os fatores que estão causando a erosão ainda estão sendo discutidos e estudados pela comunidade científica. Devem ser identificados e caracterizados os agentes relativos às forças fluvial, oceânica e climatológica que atuam na área de interesse, onde parte delas está

²¹ Mecanismo de recuo da linha costeira, continente adentro, normalmente pela ação de ondas e correntes litorâneas, que erodem parte dos sedimentos aportados (SUGUIO, 1992).

vinculada muito provavelmente às intervenções antrópicas e outras às causas puramente naturais.

Dados cartográficos da área de trabalho foram reunidos, outros foram executados pelo autor ao longo da pesquisa e, desta forma, foi constituído um acervo de dados geográficos que está tornando possível a geração de um banco de dados espaciais com suporte do sistema SPRING 4.1.

Relatos na imprensa escrita (JORNAL FOLHA DA MANHÃ, 2003) (JORNAL O GLOBO, 2004) mostram que há grande curiosidade da população local sobre o entendimento do fenômeno e, ao mesmo tempo, o avanço do mar em direção ao continente aflige os proprietários das construções na frente erosiva, gerando assim certa tensão na comunidade e apreensão sobre o que fazer diante de um cenário dramático vivido hoje numa faixa litorânea de, aproximadamente, 5 km.

Experiências bem sucedidas de mapeamento de cenários semelhantes serviram de referência para o presente trabalho, com uso de tecnologias de Geoprocessamento relativas ao monitoramento de eventos e feições litorâneas (KRUEGER, 2002) (REBÊLO et al., 2002). Além disso, a morfodinâmica de 13 ilhas fluviais, nomeadas pelo IBGE em seu mapeamento de 1968, de um total atual de 30 ilhas próximas à foz, despertou interesse e também foi foco de estudo nesta pesquisa, do ponto de vista de geração de mapas digitais apoiado por SIG.

5.1. CARACTERÍSTICAS GERAIS DA PARTE MERIDIONAL DA PLANÍCIE DELTAICA DO RIO PARAÍBA DO SUL

A figura a seguir representa a localização da área de estudo, onde estão indicadas as praias de Atafona e de Grussaí, vilas pertencentes ao município de São João da Barra (RJ), na parte meridional da foz do rio Paraíba do Sul, região norte do Estado do Rio de Janeiro.

Nesta ilustração foi utilizado um recorte de imagem composta de satélite do sistema LANDSAT5 (ano de 2001) como auxílio.

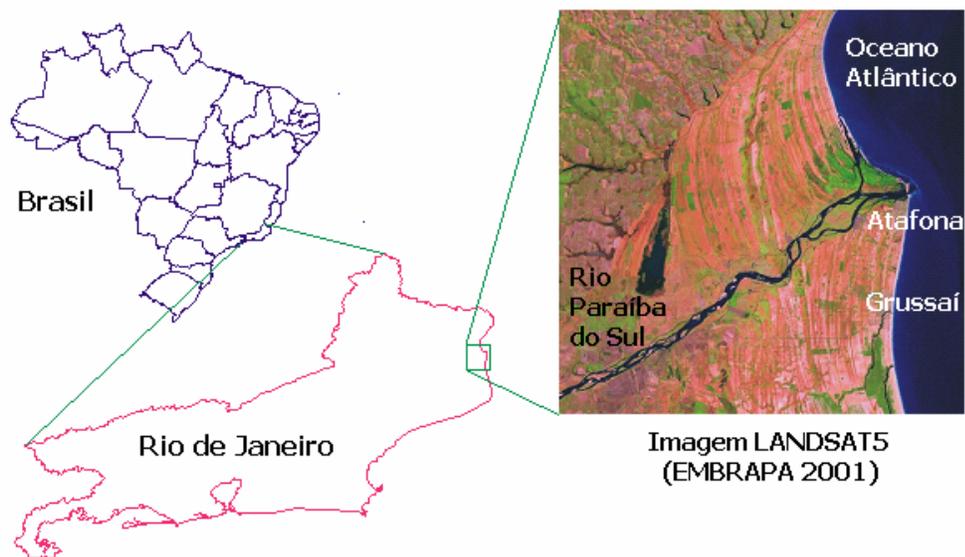


Figura 9: Mapa de localização da área de estudo. Composição colorida a partir de imagens do sistema LANDSAT (CD Brasil – EMBRAPA – aquisição: ano 2001).

O complexo deltaico do rio Paraíba do Sul é uma associação de deltas geológicos e geneticamente relacionados, representando uma área sedimentar que faz parte da porção superficial emersa da bacia sedimentar de Campos, a qual engloba uma superfície de aproximadamente 20.000 km² e é limitada ao norte pelo Arco de Vitória e ao sul pelo Arco de Cabo Frio (DIAS, 1991).

Partindo da premissa que irão ser analisados aspectos da dinâmica do delta do rio Paraíba do Sul, torna-se necessário o conhecimento dos principais aspectos relativos às características geológicas e geomorfológicas desta região. Ao sul da foz desse rio o litoral é bastante retilíneo e no seu interior se desenvolve uma extensa planície cuja principal característica é a de ter um

relevo formado por alternâncias de cristas e cavas, onde cada crista arenosa representa uma posição prévia da orla litorânea. Como foi interpretado por DIAS e GORINI (1980), a planície de cristas de praia ao sul da foz apresenta uma série de sistemas que são separados entre si por discordâncias erosivas marcantes, evidenciadas por orientações gerais distintas dos feixes praias e pelo caráter de suas interrupções. Com base nos mapas elaborados por aqueles autores, foi feita uma nova interpretação por BASTOS (1997), sendo que por esse autor foram reconhecidos oito sistemas, apresentados na figura a seguir, ao invés dos sete propostos anteriormente em 1980.

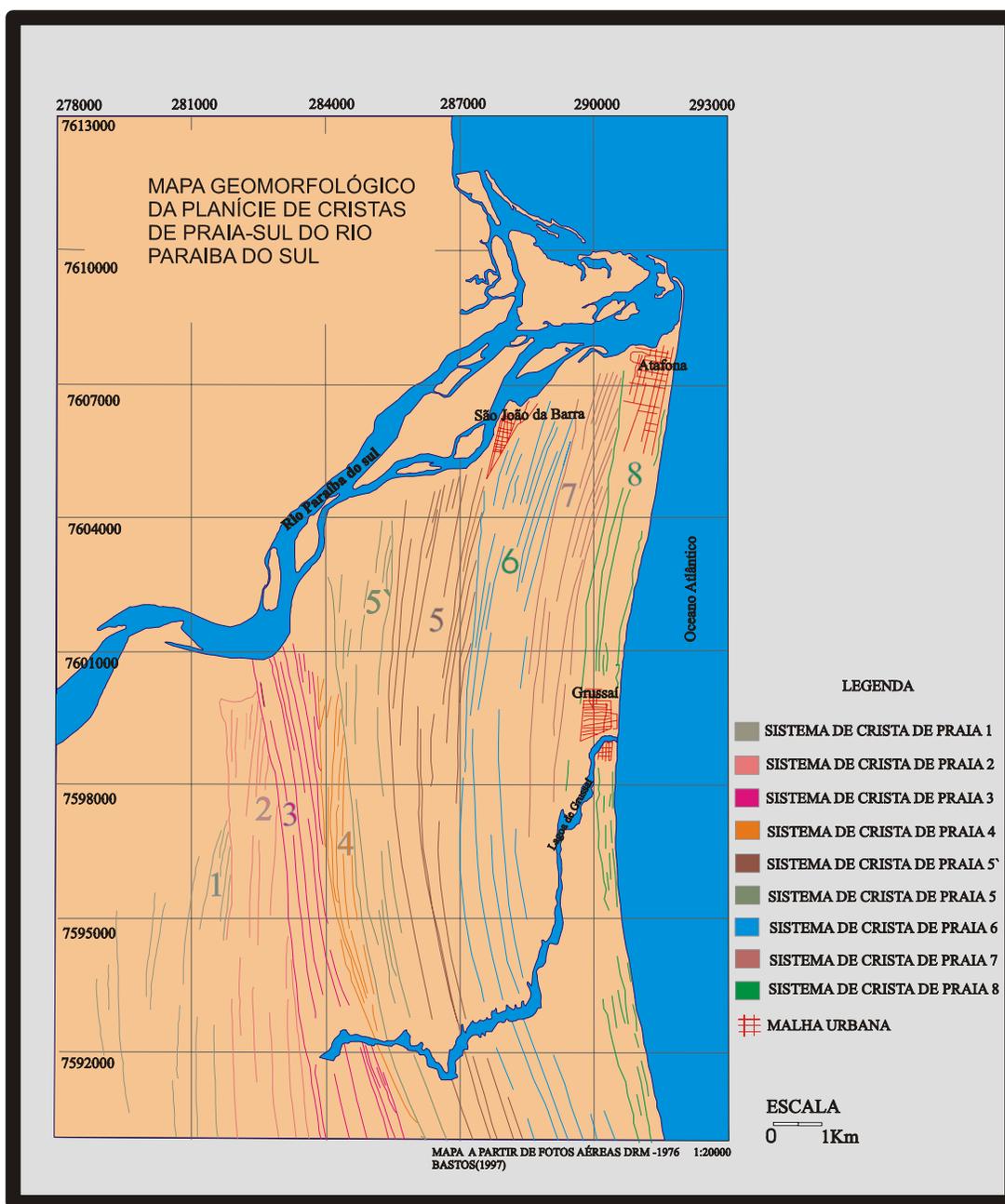


Figura 10: Mapa da planície de cristas de praia ao sul do rio Paraíba do sul, baseados em fotos aéreas DRM (1976), na escala original 1:20.000 (BASTOS, 1997).

Hoje já se sabe que há condições de identificar onze sistemas dessa natureza, tendo como base fotografias aéreas do ano de 2000 (ALMEIDA, 2004). Cada sistema representa uma fase de evolução do delta e tem relação com a construção da planície, onde as discordâncias estão

associadas diretamente às mudanças de orientação das cristas de praia, ocasião onde provavelmente ocorreu erosão, evento que hoje se vive em Atafona.

Na foz do rio Paraíba do Sul, periodicamente, é formado um pontal arenoso transversal ao eixo principal do rio. Conforme DIAS e GORINI (1980) as diversas feições do litoral nessa região possuem um caráter pouco duradouro resultante da interação predominante entre a direção e a frequência das ondas que chegam ao litoral, bem como a velocidade e carga das correntes fluviais.

As imagens aéreas apresentadas a seguir nas Figuras 11, 12a, 12b, 13a, 13b e 13c mostram nitidamente as distintas configurações espaciais da linha de costa para épocas diferentes. Tendo como referência essas imagens tomadas de helicóptero, como resultado da efetiva parceria do IBAMA–Campos, é possível avaliar como tem se comportado a linha de costa no pontal arenoso para as épocas de 1961, 2003 e 2004. É evidente a presença da erosão ativa sobre o pontal de Atafona. Apesar de não terem sido tomadas exatamente com o mesmo centro de perspectiva, ao serem comparadas, é possível constatar a real dinâmica da linha de costa em seu desenho, configurando diferentes traçados ao longo dos anos.

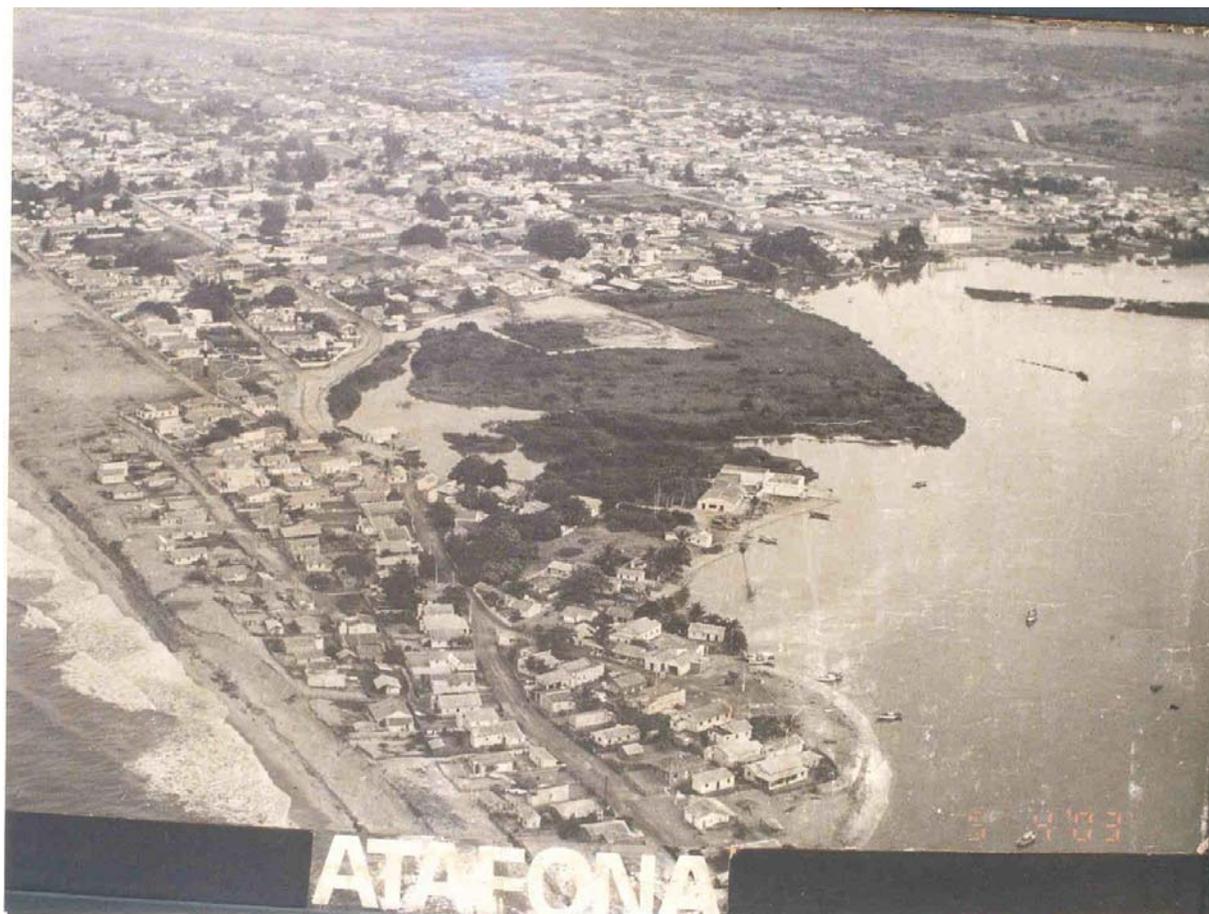


Figura 11: Fotografia aérea panorâmica do pontal de Atafona – ano de 1961 (DNOS).



Figuras 12a e 12b: Fotografias aéreas panorâmicas do pontal de Atafona – épocas: 8 de maio e 4 de outubro de 2003.



Figura 13a: Fotografia aérea panorâmica tomada pelo autor, do pontal de Atafona – época: 2 de maio de 2004.



Figura 13b e 13c: Fotografias aéreas panorâmicas do pontal de Atafona para as épocas de 1961 e 4 de outubro de 2003, onde a edição vetorial foi realizada por SANTOS (2005).

As fotos anteriores (13b e 13c) foram gentilmente cedidas pelo IBAMA-Campos. A figura 13b (com data estimada do ano 1961) possui a indicação da linha d'água (linha tracejada em azul) vetorizada a partir da figura 13c (ano 2003). Desta forma é possível mostrar, aproximadamente, contundentemente, a abrangência da área erodida entre essas épocas. A erosão está visivelmente presente na margem sul do rio e também na praia.

Tal fragilidade na configuração espacial da linha d'água prova que esta área não deveria ter sido ocupada desordenadamente como ocorreu, por se tratar de um local propício aos eventos erosivos. Nos últimos 30 anos a erosão destruiu 183 construções distribuídas em 14 quadras nesta localidade. Dentre as construções já destruídas estão, por exemplo, um posto de gasolina, uma escola, uma colônia de pescadores, uma capela e um farol, que já mudou de lugar duas vezes.

As ilhas fluviais próximas à foz do rio Paraíba do Sul também têm sofrido as conseqüências da instabilidade morfológica presente no delta, e com isso a erosão também se fez e se faz presente nessas ilhas, modificando significativamente a sua forma ao longo dos anos. O sistema SPRING4.1 foi utilizado para restituir a configuração espacial da ilhas ao longo do tempo, onde têm sido vetorizadas estas feições com apoio das fotografias aéreas (Tabela 11).

A população local, em função das perdas imobiliárias, tem sido diretamente afetada com o fenômeno, de forma dramática e descoberta, até então, de fundamentação científica mais aprofundada sobre suas possíveis causas.

As figuras a seguir ilustram, de forma clara, a existência de antigas cristas de praia, contidas nos cordões arenosos, que atualmente encontram-se ainda preservadas na planície deltaica do rio Paraíba do Sul. A erosão que hoje ocorre em Atafona é considerada mais uma

dentre as outras já ocorridas no passado geológico, durante a mais recente formação dessa área continental, mesmo antes da ocupação humana na região.



Figura 14: Mosaico de ortofotos originalmente na escala de 1/30.000 de parte da planície costeira do rio Paraíba do Sul (ano 2000).

5.2 CARTOGRAFIA DIGITAL COMO INSTRUMENTO PARA ESTUDOS EM AMBIENTES COSTEIROS

A avaliação do processo de erosão requer a restituição espacial em mapas digitais das áreas costeiras erodidas em épocas passadas, com o propósito de executar comparações com o cenário atual. Para tanto, dados cartográficos pretéritos são muito importantes e neste estudo de caso foram obtidos de fontes diversas.

Esta pesquisa possui como desdobramentos atividades de mapeamentos sistemáticos de feições litorâneas importantes para análises geológicas na planície deltaica do rio Paraíba do Sul. Outras experiências de levantamento de feições desse tipo, por métodos geodésicos, mostram a real possibilidade e a necessidade de monitoramento, em séries temporais, de objetos importantes para o entendimento e a compreensão dos seus componentes evolutivos, em função da dinâmica costeira, podendo ser associados também a dados oceanográficos (LIMA et al., 2002).

Foi estabelecida uma escala de tempo associada aos dados cartográficos disponíveis da área de estudo (Tabela 11).

DATA	DESCRIÇÃO DOS DADOS CARTOGRÁFICOS	ESCALA
2005	Mosaico fotográfico não métrico	1/1.000
2004	Imagens do sistema CBERS ²²	-
2003	Imagens do sistema CBERS ²³	-
2001	Imagens do sistema LANDSAT7 ETM+ ²⁴	-

²² Imagens do sistema CBERS (China-Brazil Earth Remote Sensing), adquiridas para as épocas de 16/07/2004 e 03/04/2004, obtidas gratuitamente em www.inpe.br.

²³ Imagens do sistema CBERS (China-Brazil Earth Remote Sensing), adquiridas para a época de 25/11/2003, obtidas gratuitamente em www.inpe.br.

2000	Fotografias aéreas métricas	1/8000 e 1/30.000
1999	Imagens do sistema LANDSAT7 ETM+ ²⁵	-
1997	Imagens do sistema LANDSAT5 ²⁶	-
1976	Fotografias aéreas métricas	1/20.000
1974	Fotografias aéreas métricas	1/30.000
1966	Fotografias aéreas métricas	1/30.000
1964	Fotografias aéreas métricas	1/60.000
1954	Fotografias aéreas métricas	1/30.000

TABELA 11: Escala de tempo e dados cartográficos disponíveis (imagens).

Levantamentos de campo foram executados com o uso do Global Positioning System - GPS - no modo relativo ou diferencial, gerando um banco de dados espaciais contendo informações posicionais (nuvem de pontos com coordenadas) relevantes para quantificar a erosão. Foram utilizados dois rastreadores GPSMap76S e dois rastreadores de uma frequência Reliance – Ashtech – cedidos pelo Departamento de Engenharia Cartográfica da UERJ para operação no modo relativo (ASHTECH, 1997) (SANTOS et al., 2000).

Foram realizados levantamentos estáticos e cinemáticos (MONICO, 2000), com taxa de coleta de 2^s, e com ângulo de elevação de 10° (janela dos sinais dos satélites). No modo diferencial a aquisição de pontos se deu através da utilização de rastreadores GPS estaticamente, sendo adquiridas coordenadas precisas desses pontos. A escolha desses pontos foi previamente realizada em gabinete com o auxílio de imagens obtidas por sensoriamento remoto e também pelo mosaico de ortofotos (Figura 14). Ao final foram obtidas coordenadas geodésicas de oito estações de controle, como mostra a Tabela 12. Tais estações foram utilizadas como apoio para o georreferenciamento de fotografias aéreas através de técnicas de

²⁴ Imagens do sistema LANDSAT, adquiridas para a época de 2001, obtidas através do CDROM CD Brasil da EMBRAPA.

²⁵ Imagens do sistema LANDSAT7 ETM+, adquiridas para a época de 29/10/1999, cedidas pelo CEFET/Campos (RJ).

²⁶ Imagens do sistema LANDSAT, adquiridas para a época de 14/07/1997, obtidas gratuitamente através da Fundação IBGE.

Geoprocessamento, e serviram para controle da posição das feições de interesse, onde parte delas se localiza fora da área de influência direta da frente erosiva.

Estação/Precisão	Latitude (S) Sigma Lat. (m)	Longitude (W) Sigma Long. (m)
Nossa Sra. da Penha	21°37'19,20936" 0,022	41°01'00,62377" 0,022
Julinho	21°37'22,21120" 0,020	41°00'48,65741" 0,020
Meireles	21°37'38,75738" 0,018	41°00'51,14786" 0,016
Caixa D'Água	21°37'47,73624" 0,002	41°00'53,70670" 0,002
Bombeiros	21°38'39,88573" 0,006	41°01'01,50144" 0,008
Casa Futurista	21°39'27,63513" 0,010	41°01'10,27588" 0,010
Relógio de Sol	21°41'43,34171" 0,014	41°01'28,68222" 0,012

TABELA 12: Coordenadas geodésicas das estações em Atafona e Grussaí com as respectivas precisões.

Foram determinadas também coordenadas destas mesmas estações com o rastreador Garmin GPSmap76S, no modo posicionamento isolado, como uma etapa de treinamento da equipe de campo. As altitudes elipsoidais são apresentadas na Tabela 13 e as coordenadas UTM das estações de controle nas Tabela 14.

Estação	Altura da antena (m)	Altitudes elipsoidais (m)
Nossa Sra. da Penha	2,011	9,630
Julinho	2,111	9,858
Meireles	2,111	10,726
Caixa D'Água	2,011	11,624
Bombeiros	3,111	10,330
Casa Futurista	3,261	10,179
Relógio de Sol	3,561	8,902

TABELA 13: Altitudes elipsoidais das estações em Atafona e Grussaí (Centro de Fase das Antenas = 0,061m).

Estação	Leste (m)	Norte (m)
NSPenha	291.240,520	7.607.648,569
Julinho	291.585,880	7.607.560,700
Meireles	291.520,850	7.607.050,830
Bombeiros	291.247,498	7.605.166,731
Casa Futurista	291.014,283	7.603.694,732
Relógio de Sol	290.539,533	7.599.513,628

TABELA 14: Coordenadas UTM das estações em Atafona e Grussaí.

Foi adotado o sistema geodésico SAD-69 para geração dessas coordenadas através do sistema computacional “Ashtech Solutions”.

A partir dos levantamentos com GPS, nos métodos estático e cinemático, foi estabelecido neste último caso, no final dos trabalhos, um conjunto total de estações com coordenadas determinadas, sendo que, por exemplo, na primeira campanha de campo (nas datas de 18/01 e 19/01) foram ocupadas 8.638 estações, e na segunda campanha (nas datas de 14/02, 15/02 e 16/02) foram ocupadas 12.588 estações. Na Tabela 15 a seguir esses quantitativos são apresentados com mais detalhes.

DATA	NÚMERO TOTAL DE VETORES	NÚMERO DE VETORES VÁLIDOS	NÚMERO DE VETORES REJEITADOS
18/01	3.556	3.556	0
19/01	5.596	5.082	514
14/02	2.417	2.397	20
15/02	6.435	5.624	811
16/02	4.567	4.567	0

TABELA 15: Vetores processados no GPS cinemático.

Com a utilização da técnica de levantamento relativo cinemático foi possível estabelecer o posicionamento espacial das linhas de praia (Tabelas 16 e 17), das falésias e, em alguns poucos casos, também das bermas. O trecho total de praia foi de aproximadamente 7,5 km, partindo do rio próximo ao pontal arenoso de Atafona até as imediações da lagoa de Grussaí, em direção ao Sul. Essa tarefa está sendo executada mensalmente, para as mesmas épocas do mês e, aproximadamente, no mesmo horário e se repetirá até início de 2006.

Tal levantamento consiste em percorrer um caminhamento sobre as feições de interesse levantadas. Desta forma está sendo possível determinar a dinâmica da erosão ativa. Será possível ao longo do tempo avaliar a velocidade de avanço do mar (retrogradação) em direção ao continente na região, com base nos dados documentados nos últimos anos.

BASTOS em 1997 analisou a datação dos ciclos erosivos e deposicionais (ocorridos desde 2.500 anos atrás) e mediu a taxa de recuo da linha de praia em Atafona, entre 1976 e 1996, obtendo o valor de 7,5m/ano. Esse autor propôs valores estimados a cerca dos períodos de erosão e de deposição dos sistemas de cristas de praia preservados na planície deltaica do rio Paraíba do Sul. Ele estimou para a praia de Grussaí uma taxa de progradação (deslocamento/recuo da linha de praia na direção do oceano) de 2,6m/ano. Naquela ocasião houve dificuldades de se datar as

cristas de praia remanescentes na planície Goitacá²⁷, o que não permitiu a determinação precisa dos intervalos de tempo correspondentes aos períodos erosivos e deposicionais. O caso de erosão nesta área exige uma análise mais detalhada de seu comportamento nas últimas décadas, o que poderá permitir uma retratação mais segura de sua evolução histórica e também sobre sua configuração espacial nos próximos anos.

Para alcançar com sucesso o objetivo de monitorar o processo em si é mandatório fazer uso de técnicas inovadoras, rápidas e seguras que permitam definir como as formas das feições costeiras se comportam. E mais ainda, é preciso gerar um banco de dados com informações sobre esse comportamento ao longo do tempo.

As tabelas a seguir apresentam as distâncias entre as estações ocupadas com os rastreadores geodésicos no modo relativo e as precisões relativas da rede de pontos de controle.

ESTAÇÕES BASE-ROVER	DISTÂNCIAS (m)
Degredo-Nossa Sra. da Penha	14.039,402
Degredo-Julinho	14.204,292
Degredo-Meireles	13.787,581
NSPenha-Bombeiros	2.480,213
NSPenha-Casa Futurista	3.958,228
NSPenha-Relógio de Sol	8.162,304

TABELA 16: Vetores processados - distâncias.

²⁷ A denominação planície Goitacá tem origem nos índios Goytacazes que ocupavam a região de Campos dos Goytacazes e adjacências no passado histórico (NETTO, 2000).

ESTAÇÕES BASE-ROVER	HORIZON TAL	VERTICAL
Degredo-Nossa Sra. da Penha	1/1.276.309	1/701.970
Degredo-Julinho	1/789.127	1/789.127
Degredo-Meireles	1/1.531.593	1/626.708
NSPenha-Bombeiros	1/620.053	1/620.053
NSPenha-Casa Futurista	1/791.645	1/565.461
NSPenha-Relógio de Sol	1/116.043	1/627.869

TABELA 17: Precisão relativa da rede de pontos ocupados.

O desempenho operacional durante o processo de execução dos levantamentos de campo com os rastreadores GPS no modo relativo permitiu alcançar resultados satisfatórios na obtenção das coordenadas geodésicas das estações incógnitas. Foram utilizados os sistemas computacionais "Ashtech Processor" e "Ashtech Solutions" para o pós-processamento dos dados e geração dos relatórios finais (ASHTECH, 1997). O cuidado tomado pela equipe de campo foi fundamental para o sucesso na obtenção dos resultados obtidos a partir da execução das tarefas nas campanhas.

Foi constatado no Banco de Dados Geodésicos e Gravimétrico (IBGE, 2003) a existência de um marco geodésico (estação planimétrica) estabelecido pela Fundação IBGE em 1965, denominado "São João da Barra", com código identificador 8396. Tal estação, localizada em frente ao cemitério da cidade de São João da Barra, encontrava-se destruída, sem condições de ocupação. Desta forma os trabalhos partiram da estação denominada Degredo, que já tinha sido amarrada, em outra ocasião, à rede estadual de estações GPS. A estação da rede estadual GPS de apoio localizou-se na cidade de Campos dos Goytacazes (RJ).

Na etapa de georreferenciamento de imagens o sistema GPS foi utilizado para determinar coordenadas geodésicas de estações de interesse. A distribuição e densidade de pontos foi

escolhida em função do acesso e do custo para cada campanha. O sistema GPS foi utilizado no modo posicionamento isolado, em alguns casos quando se tratava de tarefa de georreferenciamento de imagens de satélites. Já houve outros casos de fotografias aéreas onde o sistema foi utilizado no modo relativo, com emprego de rastreadores de única frequência. No primeiro caso relatado foram utilizados rastreadores Ashtech (Reliance) e no último caso rastreadores Garmin (76S).

Já com a utilização do sistema no modo cinemático foi possível estabelecer o posicionamento espacial das linhas de praia e da falésia erosiva, em um trecho do litoral de aproximadamente 7,5 km. Esta tarefa está sendo executada mensalmente e se repetirá durante os próximos 18 meses, pelo menos. Consiste no mapeamento realizado pelo autor e sua equipe de campo, com o uso do GPS, das feições de interesse, onde um indivíduo percorre no campo as feições a serem mapeadas. A cada 2 segundos de tempo o rastreador GPS marca e registra, de forma automática, um ponto com coordenadas precisas. Esses pontos são posteriormente unidos dando origem a uma linha representativa da feição demarcada. Foi possível avaliar a velocidade de avanço do mar na direção do continente, assim como a área erodida até então com base nos dados coletados no campo e documentados nos últimos anos.

Fotografias aéreas métricas na escala de 1/30.000 (ano de 1954), 1/60.000 (ano de 1964), 1/30.000 (ano de 1974), 1/20.000 (ano de 1976) e 1/8.000 (ano de 2000) foram referenciadas para a localização da linha de costa e da falésia medidas no campo. Foi possível quantificar, com erro menor do que 5%, a área erodida, estabelecendo assim parâmetros de referência para os próximos dados espaciais (posicionais) a serem adquiridos durante o monitoramento do fenômeno erosivo em Atafona.

Imagens do sistema orbital LANSAT7ETM+ foram também utilizadas para mapeamento regional na escala de 1/100.000. Sobre esse mapa foi possível identificar a área de influência da erosão e associar evidências de que, na formação do complexo deltaico do rio Paraíba do sul, durante a época do Holoceno (11.000 anos atrás), no período do Quaternário, tal fenômeno já ocorreu no passado geológico de forma periódica. Essas evidências são marcadas pela existência de dunas orientadas paralelamente às cristas de praia e pela presença de discordâncias na orientação dessas cristas, que são facilmente identificáveis nas imagens de satélite e melhor ainda no mosaico de ortofotos.

Como desdobramento desta pesquisa há outras pesquisas na área geológica que podem ser desenvolvidas com a intenção de analisar, para aquelas épocas, quando se iniciou e quanto tempo durou o fenômeno, para determinar uma estimativa do que ocorre hoje em Atafona. A título de informação, cerca de 25 sondagens geológicas foram executadas em alguns desses pontos especiais da planície deltaica, com suporte do sistema GPS, no modo relativo, para posicionamento espacial das amostras. Posteriormente parte dessas amostras será datada por carbono 14 e termoluminescência. Essa tarefa foi possível uma vez que foram localizados os sítios de sondagens através dos mapas temáticos produzidos. Ainda sinalizando outras frentes de trabalho, dados físico-ambientais (velocidade e direção do vento, regime de ondas, descarga do rio e maregrafia) poderão ser acoplados aos mapas temáticos produzidos, através dos sistemas computacionais de Geoprocessamento já citados, com o propósito de correlacionar esses aspectos aos padrões estruturais dos objetos de interesse relativos à mobilidade da linha de costa.

5.3 RESULTADOS NO AMBIENTE DO SISTEMA SPRING 4.1

Foram utilizadas imagens de satélites dos sistemas orbitais CBERS, SPOT e LANDSAT7 ETM+, além de fotografias aéreas para épocas variadas (Tabela 11), para auxílio ao mapeamento digital. Tais imagens serviram de apoio à associação do fenômeno local da erosão ao contexto regional, isto é, estão sendo feitas pesquisas em cordões arenosos identificáveis no complexo deltaico do rio Paraíba do Sul, que foram cristas de praias no período do Quaternário.

O registro das imagens (georreferenciamento) foi realizado com suporte de pontos levantados no campo, com rastreadores de satélites do Sistema de Posicionamento Global (GPS) e também inicialmente através de pontos provenientes da carta topográfica produzida pela Fundação CIDE (Governo do Estado do Rio de Janeiro) na escala de 1/100.000. Idem para a carta topográfica digital, na escala de 1/50.000, produzida pela Fundação IBGE. A partir dessas imagens está sendo possível executar a classificação de uso e de cobertura do solo (FLORENZANO, 2002) (MENESES et al., 2001), tendo como referência sistemas classificatórios propostos pela Fundação IBGE (IBGE, 1999) e pela própria Fundação CIDE. Essas classificações permitiram identificar e quantificar áreas urbanas, de restingas, de mangues, etc....

Foram gerados mapas temáticos com suporte de imagens de satélites coloridas georreferenciadas, a partir do sistema LANDSAT7ETM+, com resolução espacial de 30m. Diante da capacidade e limitações da percepção visual humana, foram elaboradas composições com o propósito de atingir um número suficiente de imagens que dêem condições de identificar objetos que possibilitem a edição ou vetorização de seus contornos. Isso é possível diante das diferentes intensidades dos comprimentos de onda das bandas utilizadas nas composições. A seguir é apresentada uma seqüência de imagens deste tipo (composições coloridas) produzidas a partir deste sistema.

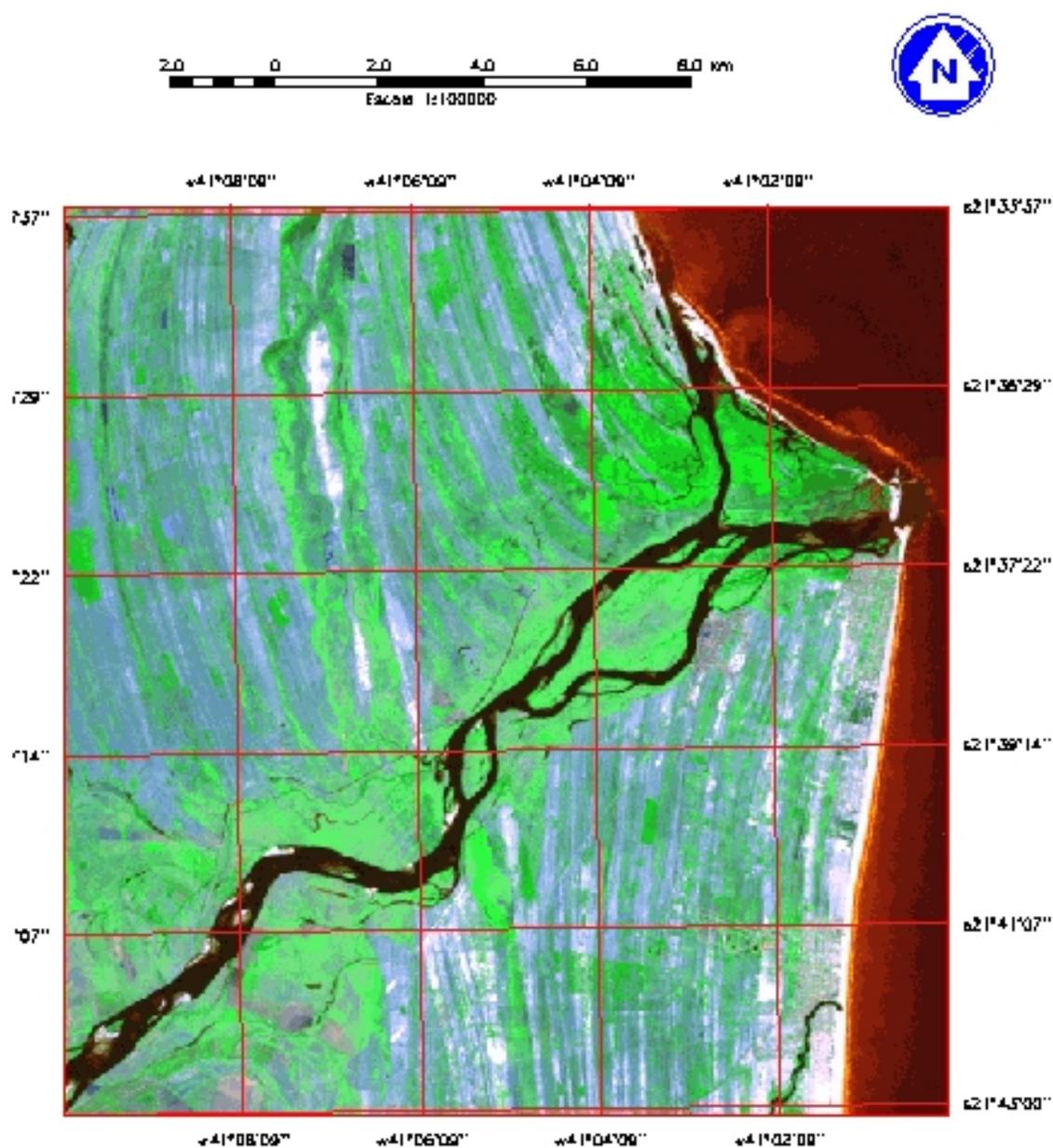


Figura 15: Recorte de imagem LANDSAT7ETM+, data: 29/10/1999 (RGB345).



Figura 15

Imagem LANDSAT7 ETM+ (data: 29-10-1999)
Composição RGB345



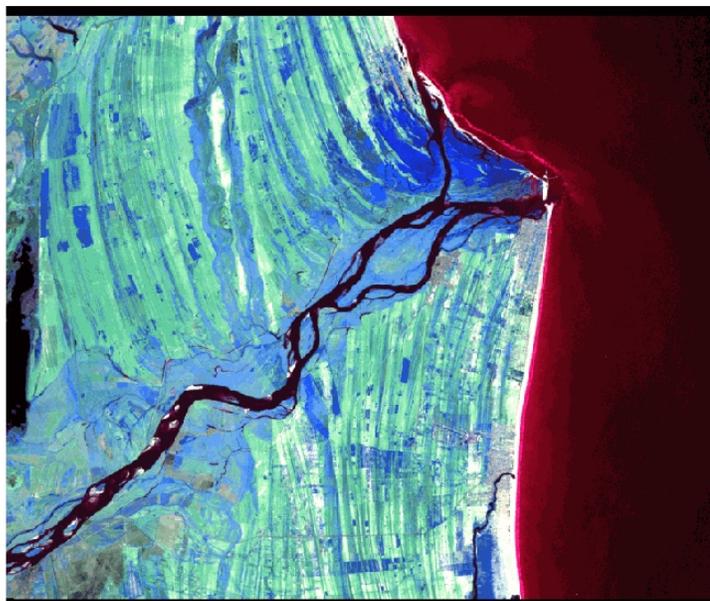


Figura 16: Recorte de imagem LANDSAT7ETM+, data: 29/10/1999 (RGB354).



Figura 16

Imagem LANDSAT7 ETM+ (data: 29-10-1999)
Composição RGB354

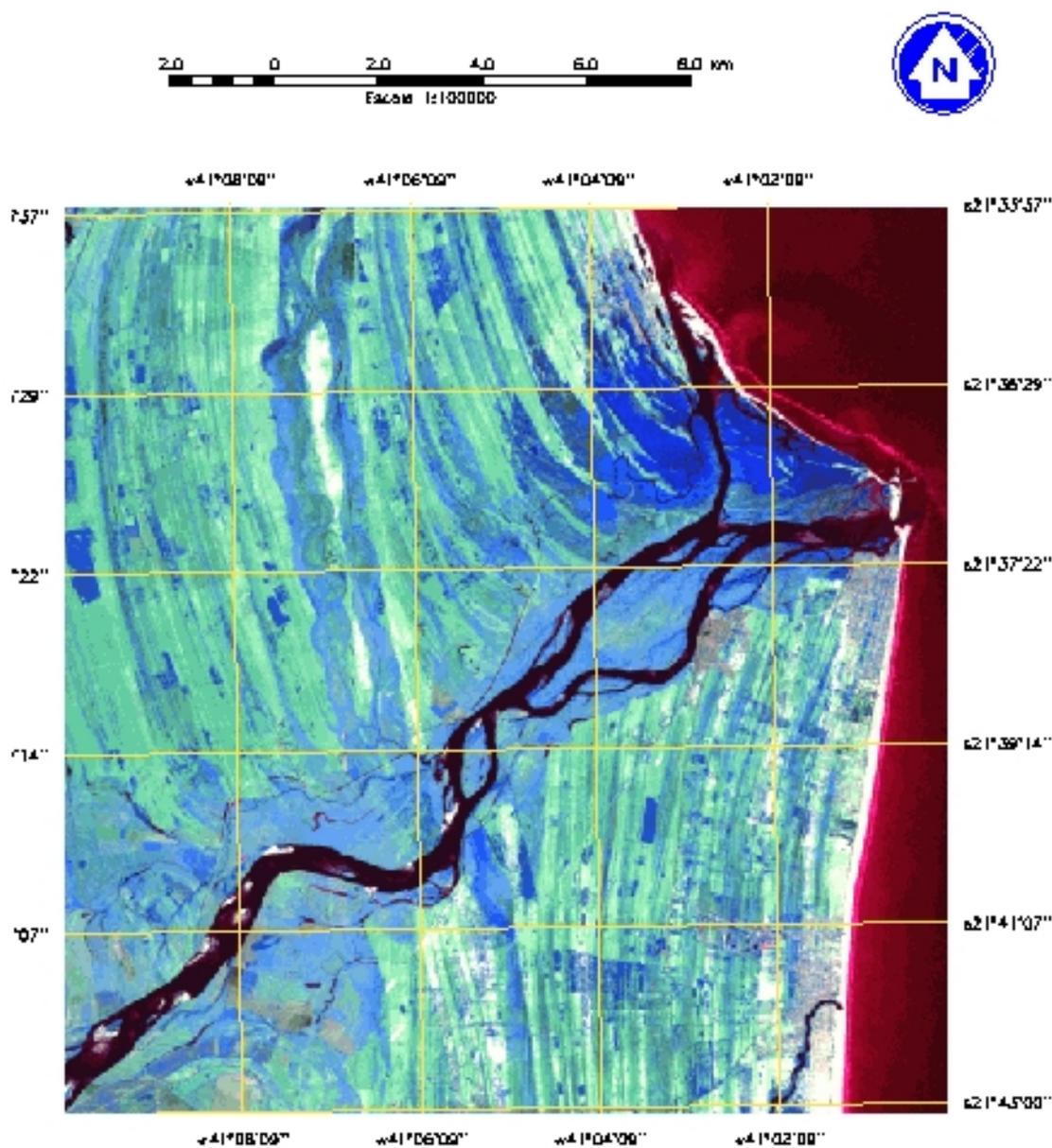




Figura 17: Recorte de imagem LANDSAT7ETM+, data: 29/10/1999 (RGB423).



Figura 17

Imagem LANDSAT7 ETM+ (data: 29-10-1999)
Composição RGB423

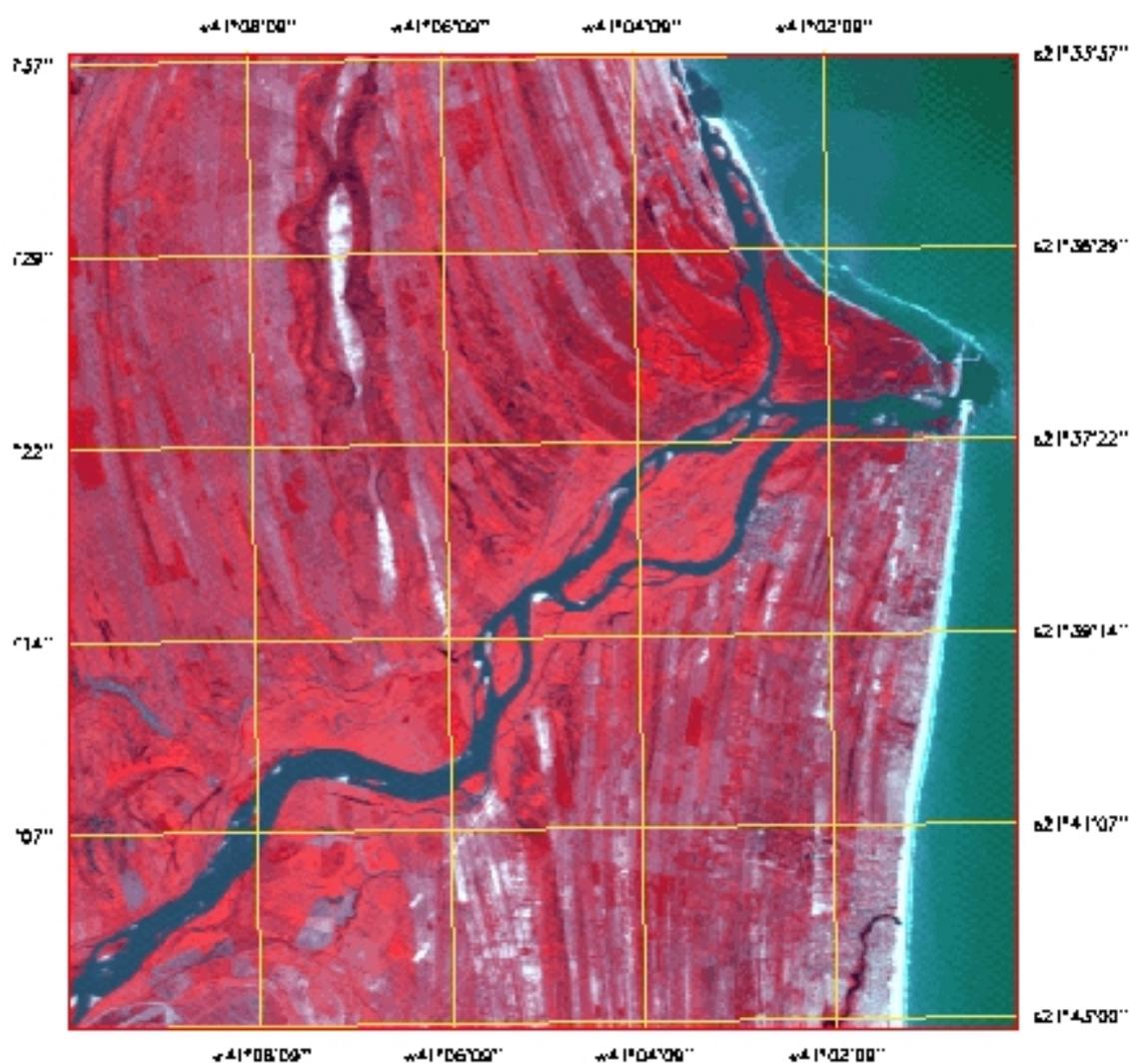


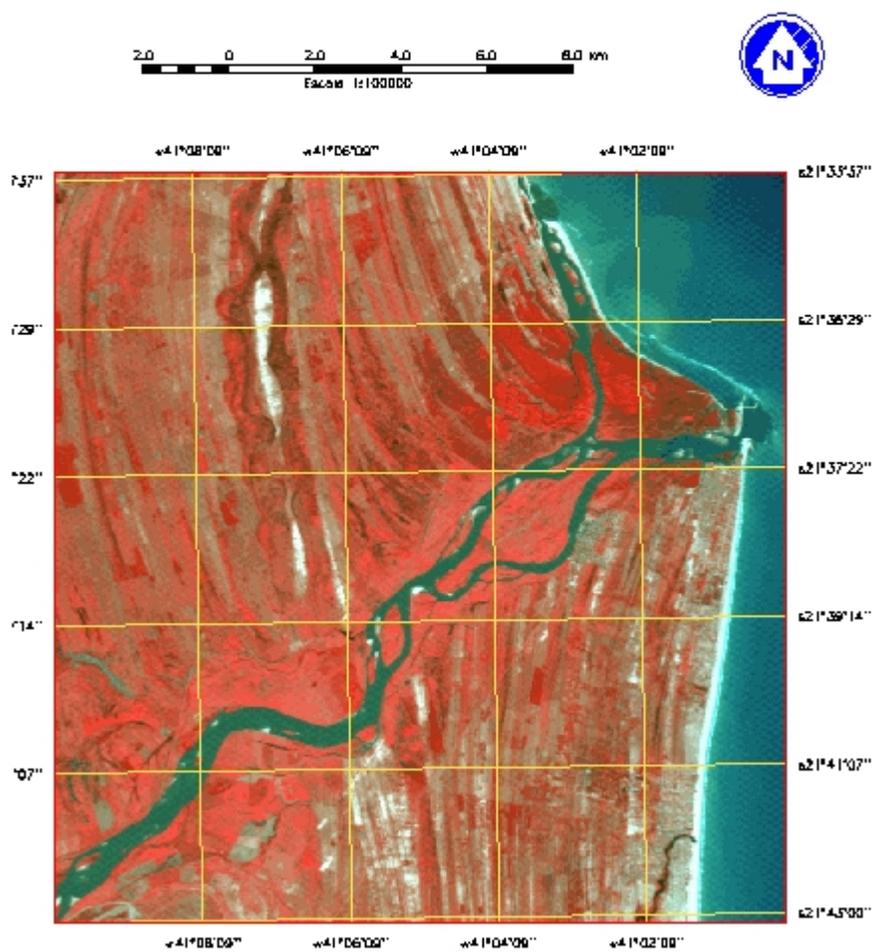


Figura 18: Recorte de imagem LANDSAT7ETM+, data: 29/10/1999 (RGB432).



Figura 18

Imagem LANDSAT7 ETM+ (data: 29-10-1999)
Composição RGB432



Imagens do sistema CBERS foram utilizadas para identificação de feições contidas na planície costeira que possuem relação com a erosão no passado geológico. Foram identificadas e vetorizadas cristas de praia ainda preservadas na planície deltaica, compondo treze sistemas de discordâncias. A seguinte imagem foi utilizada para a geração do mapa temático.

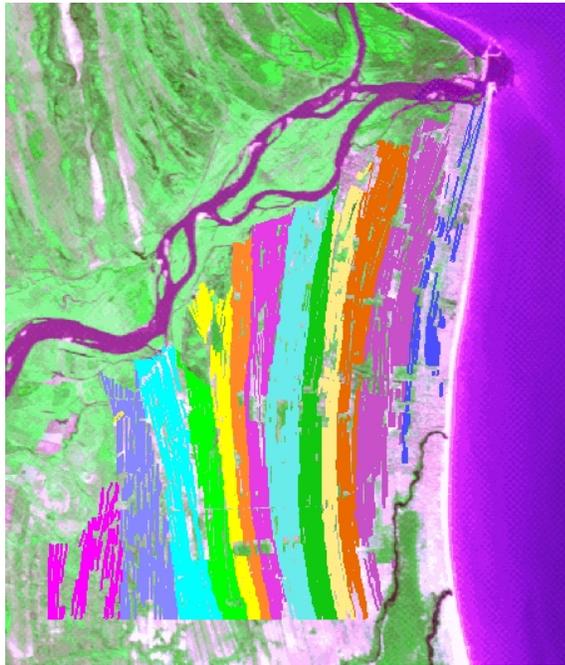


Figura 19: Treze sistemas de discordâncias (apresentados por cores distintas) compostos pelas cristas de praia preservadas na parte meridional da planície deltaica do rio Paraíba do Sul. Pano de fundo composição colorida CBERS RGB342, data: 16/07/2004.

Feições costeiras importantes foram identificadas em imagens produzidas a partir de composições coloridas do sistema CBERS. As imagens a seguir possuem capacidade de exibir com destaque a drenagem, hidrografia, cordões arenosos, pluma de sedimentos no oceano, etc...

As feições geomorfológicas de interesse imediato para compreender melhor o processo erosivo atualmente em curso em Atafona requerem métrica. Para tal as imagens foram submetidas a georreferenciamento com suporte do sistema GPS no modo relativo, onde foram adotados pontos de controle distribuídos uniformemente na área recortada.

Todas as imagens foram submetidas à aplicação de realce, em suas bandas individuais, através da manipulação de contraste, com o propósito de destacar objetos de interesse. O sistema CBERS se mostrou adequado no que se refere ao mapeamento regional em escala 1/100.000 e 1/50.000.

A Figura 20 a seguir ilustra, num recorte espacial, a área de estudo próxima à foz do rio Paraíba do Sul com as bandas 2R, 4G e 3B do sistema CBERS com a câmara de alta resolução espacial de 20m. Esta imagem composta permite identificar a hidrografia com bom destaque nos meandros abandonados pelo rio e as lagoas de Grussaí e de Iquipari na parte sudeste. Dentre as feições que são de fácil classificação está a própria vegetação representada na cor verde.

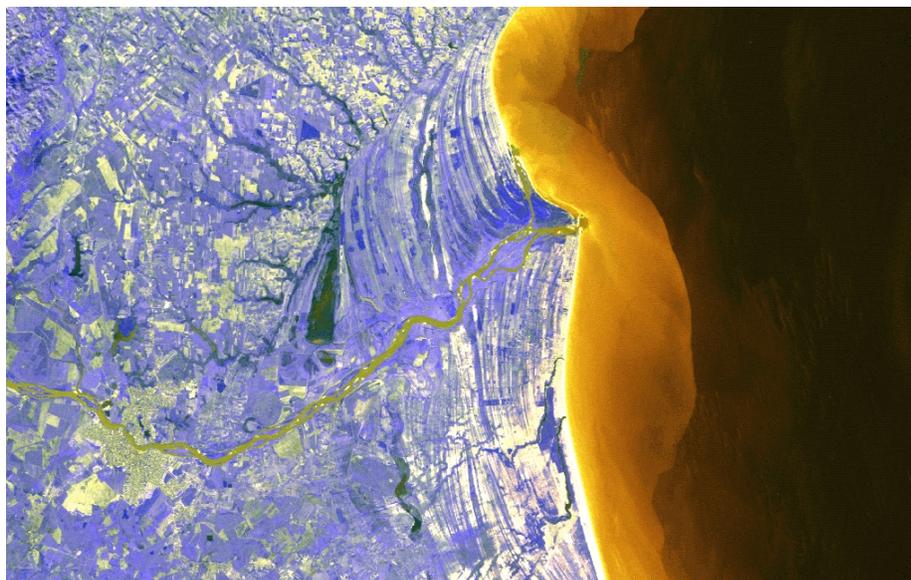


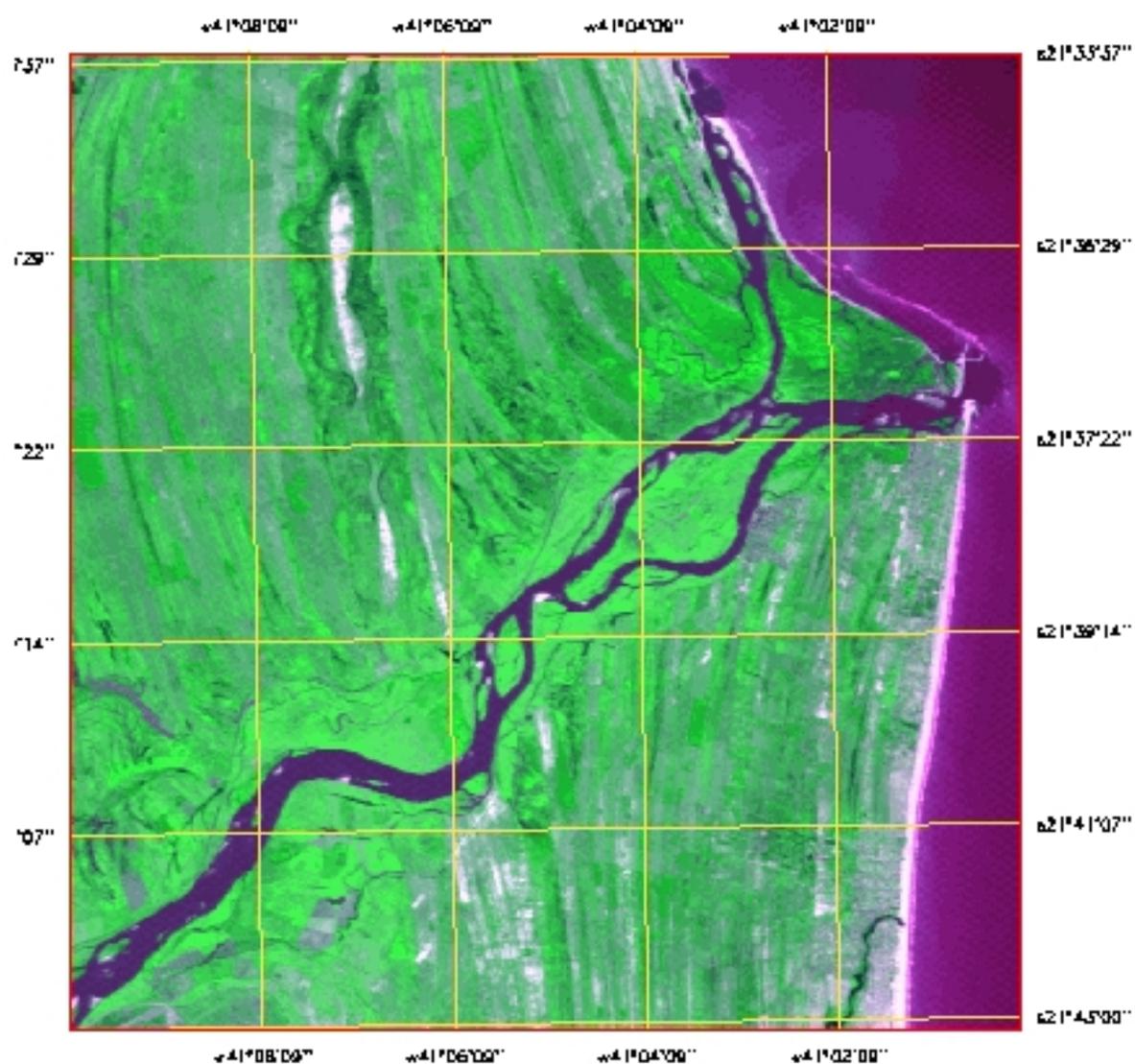
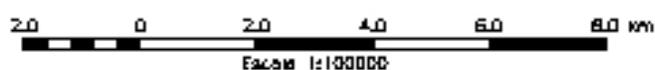
Figura 20: Recorte de imagem CBERS (RGB243), data: 16/07/2004.



Figura 20

Imagem CBERS (data: 16-07-2004)

Composição RGB243 (20m de resolução espacial)



A Fig. 21 a seguir ilustra, no mesmo recorte espacial da figura anterior, a área de estudo próxima à foz do rio Paraíba do Sul com as bandas 3R, 4G e 2B do sistema CBERS com a câmara de alta resolução espacial de 20m. Esta imagem composta permite identificar, assim como no caso anterior, a hidrografia, mas há um destaque na pluma de sedimentos em suspensão no Oceano Atlântico, na cor magenta, provenientes da descarga fluvial. Dentre as feições que são de fácil classificação estão as ilhas e os cordões arenosos.



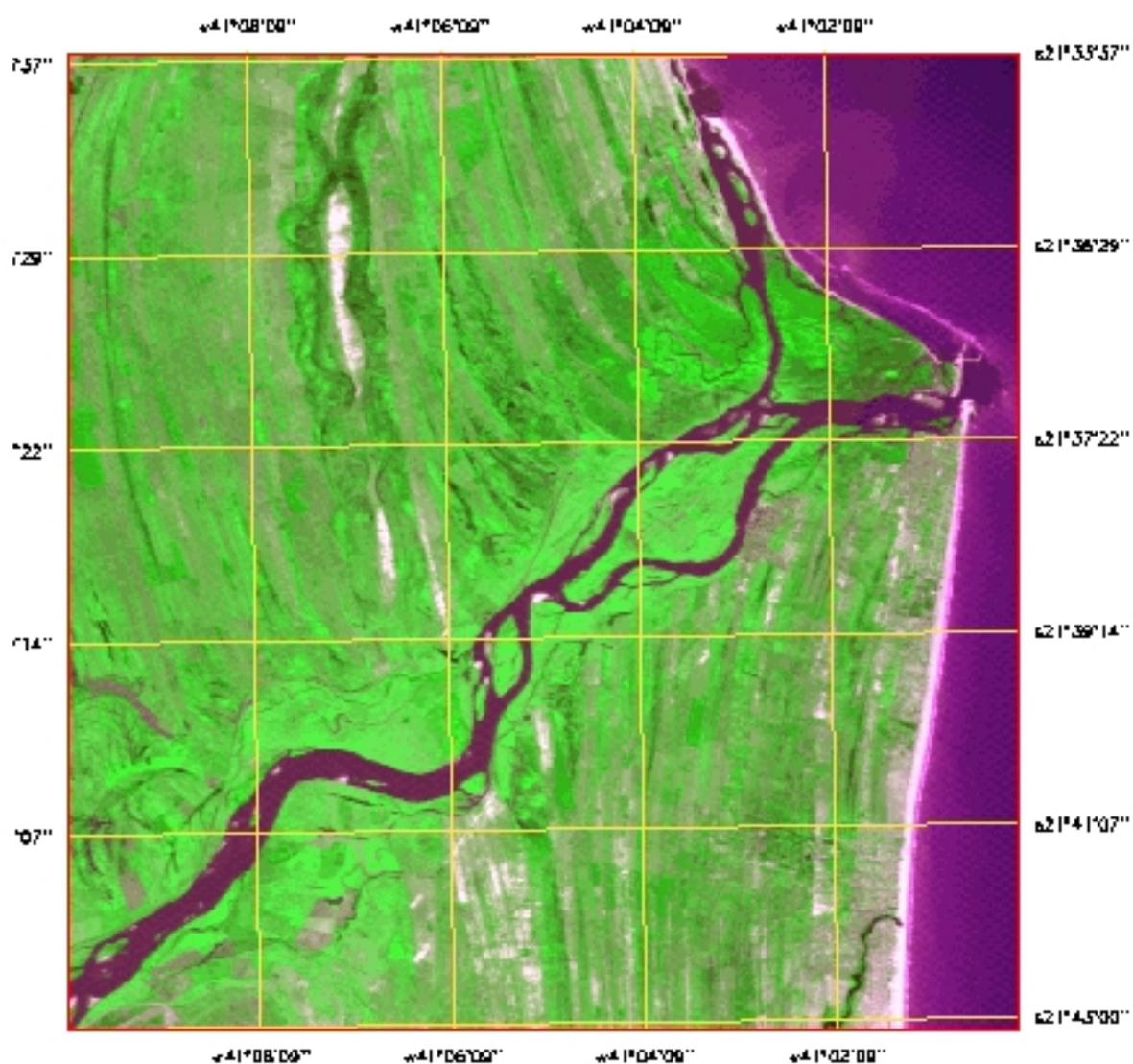
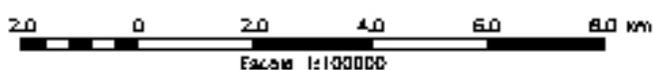
Figura 21: Recorte de imagem CBERS (RGB342), data: 16/07/2004.



Figura 21

Imagem CBERS (data: 16-07-2004)

Composição RGB342 (20m de resolução espacial)



A Fig. 22 a seguir ilustra, no mesmo recorte espacial das figuras anteriores, a área de estudo próxima à foz do rio Paraíba do Sul com as bandas 4R, 2G e 3B do sistema CBERS com a câmara de alta resolução espacial de 20m. Esta imagem composta permite identificar vegetação em cor vermelha. Os cordões arenosos são de melhor visualização nesta composição colorida.

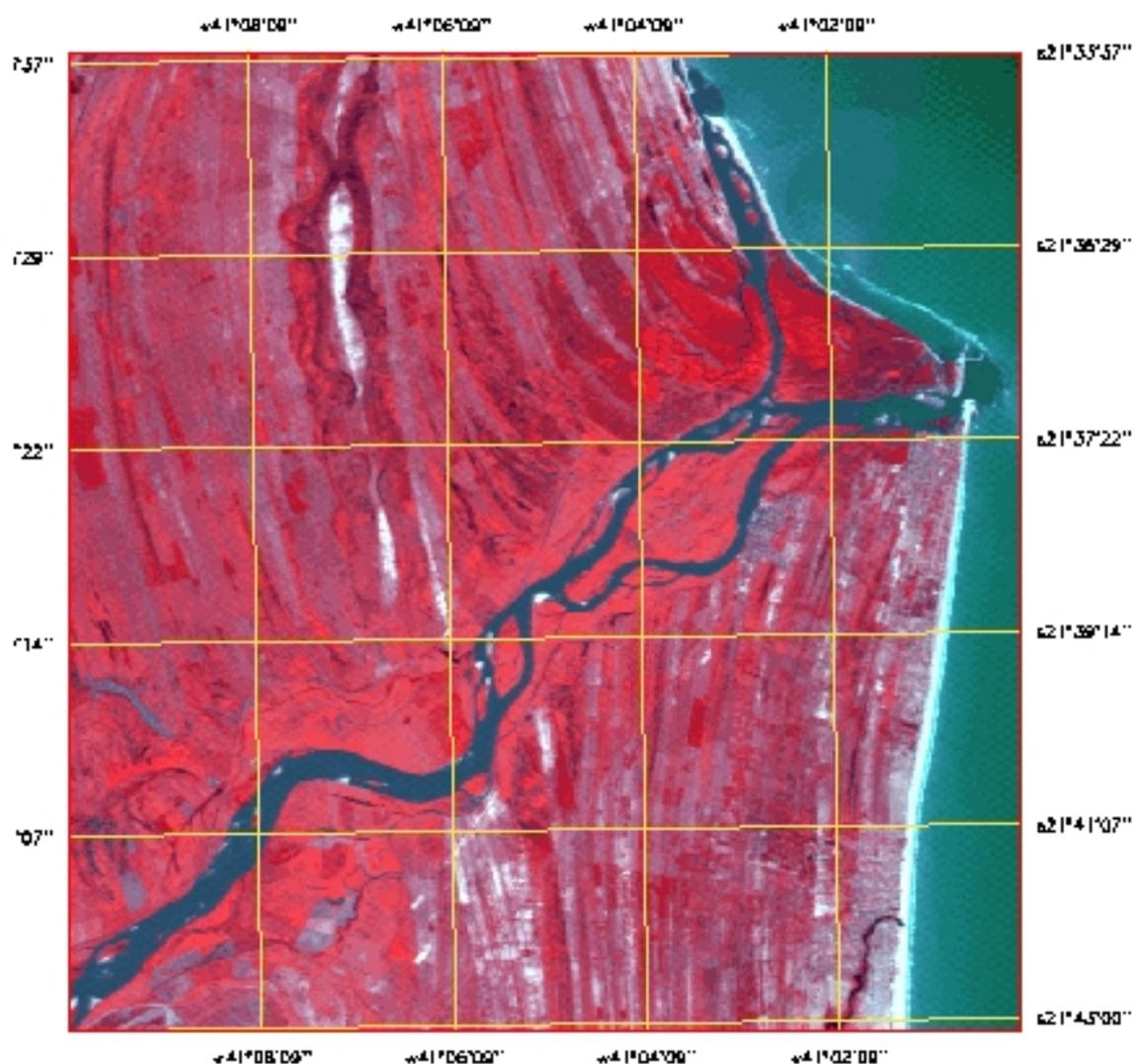


Figura 22: Recorte de imagem CBERS (RGB423), data: 16/07/2004.



Figura 22

Imagem CBERS (data: 16-07-2004)
 Composição RGB423 (20m de resolução espacial)



A Fig. 23 a seguir ilustra, no mesmo recorte espacial das figuras anteriores, a mesma área de estudo com as bandas 4R, 3G e 2B do sistema CBERS com a câmara de alta resolução espacial de 20m. Esta imagem composta permite identificar vegetação em cor vermelha, com destaque especial ao mangue ainda exuberante na maior parte da ilha do Lima localizada na área setentrional da foz do rio Paraíba do Sul. Os cordões arenosos são de melhor visualização nesta composição colorida. Os sedimentos em suspensão que encontram-se no mar revelam concentrações diferentes em função da tonalidade da cor azul. Há como identificar a deriva litorânea presente no sentido norte-sul que contribui para que parte dos sedimentos erodidos na praia de Atafona sejam transportados e depositados na praia de Grussaí. Essa hipótese é mais aceita pela comunidade de geólogos marinhos que estudam o fenômeno erosivo associado às forçantes oceanográficas.



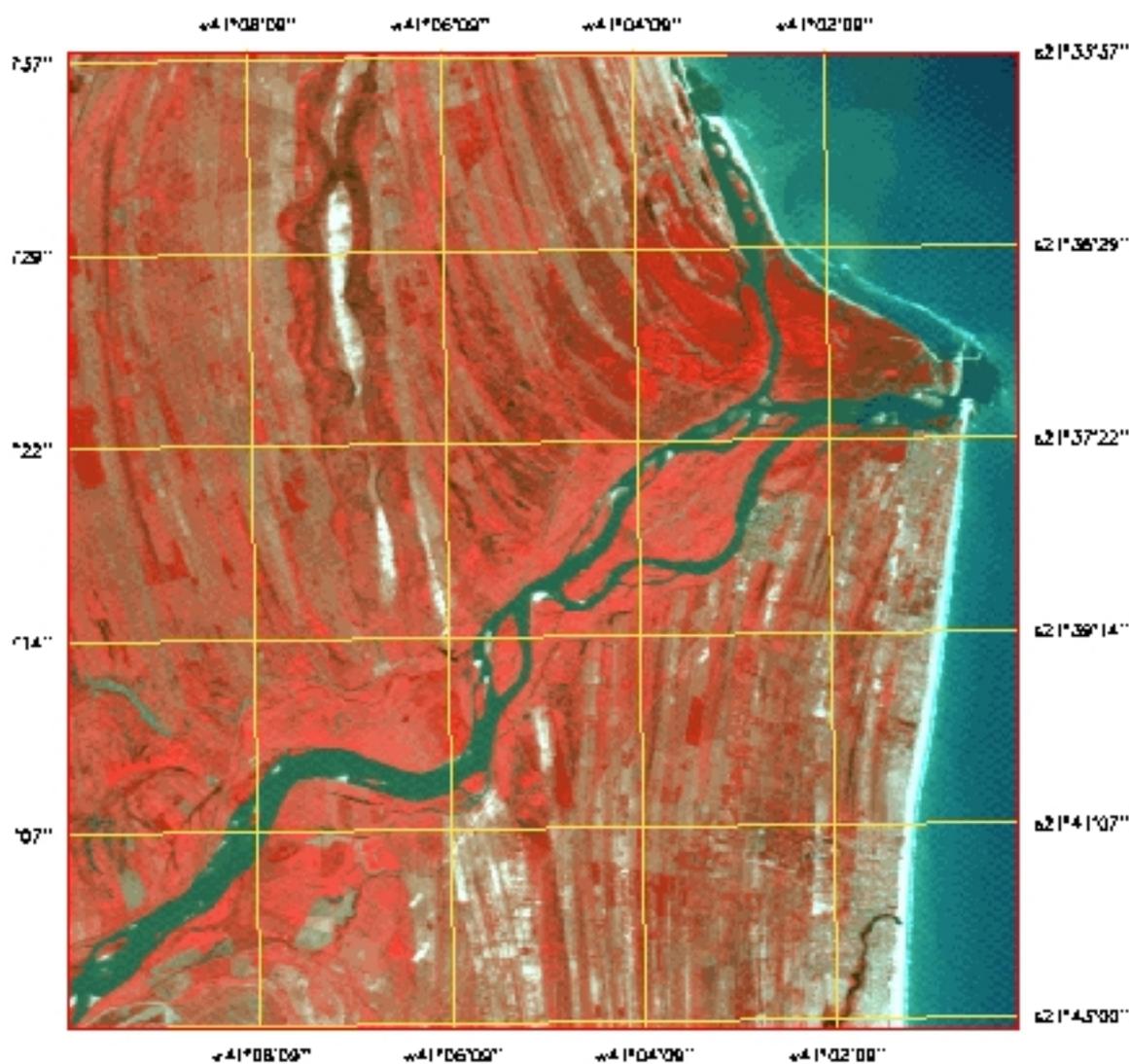
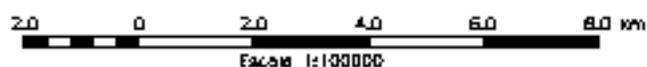
Figura 23: Recorte de imagem CBERS (RGB432), data: 16/07/2004.



Figura 23

Imagem CBERS (data: 16-07-2004)

Composição RGB432 (20m de resolução espacial)



Essas imagens contribuem para extração de objetos geográficos de interesse em análises geomorfológicas e interpretações geológicas. O potencial do Sensoriamento Remoto nessas áreas de aplicação traduz sua contribuição efetiva na identificação de objetos e de suas propriedades geométricas e topológicas. O uso de tipologia especializada para as feições costeiras torna-se imperativo uma vez que no banco de dados classes foram criadas para o armazenamento, durante o processo de modelagem dos dados.

Com o propósito de avaliar o tempo de duração provável da erosão atual em Atafona, foram selecionados locais para execução de sondagens geológicas, tendo como referências os sistemas de discordâncias, isto é, os conjuntos de cristas de praia com mesma orientação dispostos na planície costeira.

Para entender o fenômeno corrente será preciso datar rochas sedimentares para inferir sobre quanto tempo no passado geológico outras erosões, possivelmente semelhantes à atual, duraram. Para tal investigação foram selecionados 9 sítios que possuíram condições favoráveis com caracterização de cavas, isto é, depressões entre cristas de praia de sistemas adjacentes, e com orientações distintas. Sobre esses locais foram executadas sondagens geológicas com profundidade máxima média de 4,2 m.

O banco de dados que foi criado para suporte às análises geográficas também incorporou em seu modelo classes de dados relativas às sondagens geológicas.

Para o georreferenciamento de algumas imagens de satélites foram utilizadas bases cartográficas disponíveis e produzidas por instituições federais e estaduais. A seguir é apresentado uma imagem correspondente a uma composição colorida associada à base digital do IBGE na escala de 1/50.000. A imagem é do sistema LANDSAT7ETM+ para o ano de 1999 e a

base vetorial é do IBGE para o ano de 1994. No ambiente do SPRING foi possível experimentar essas incorporações de bases digitais sobre imagens georreferenciadas, o que ocasionou conflitos espaciais em algumas áreas. Do ponto de vista didático tais experimentos foram úteis e contribuíram para tentativa de validação da consistência dos dados do banco de dados gerado.

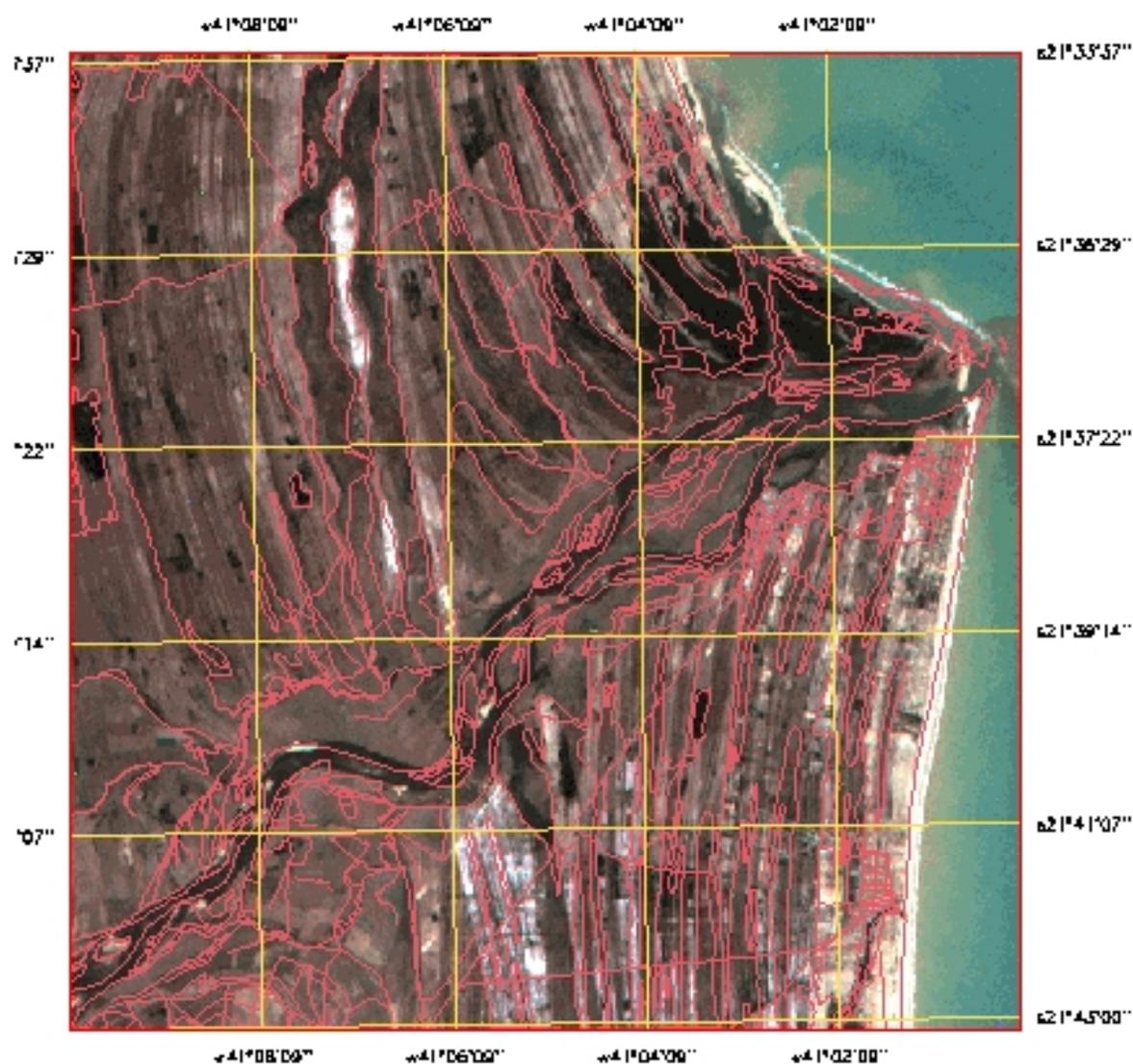


Figura 24: Base cartográfica do IBGE sobre imagem colorida do sistema LANDSAT7ETM+.



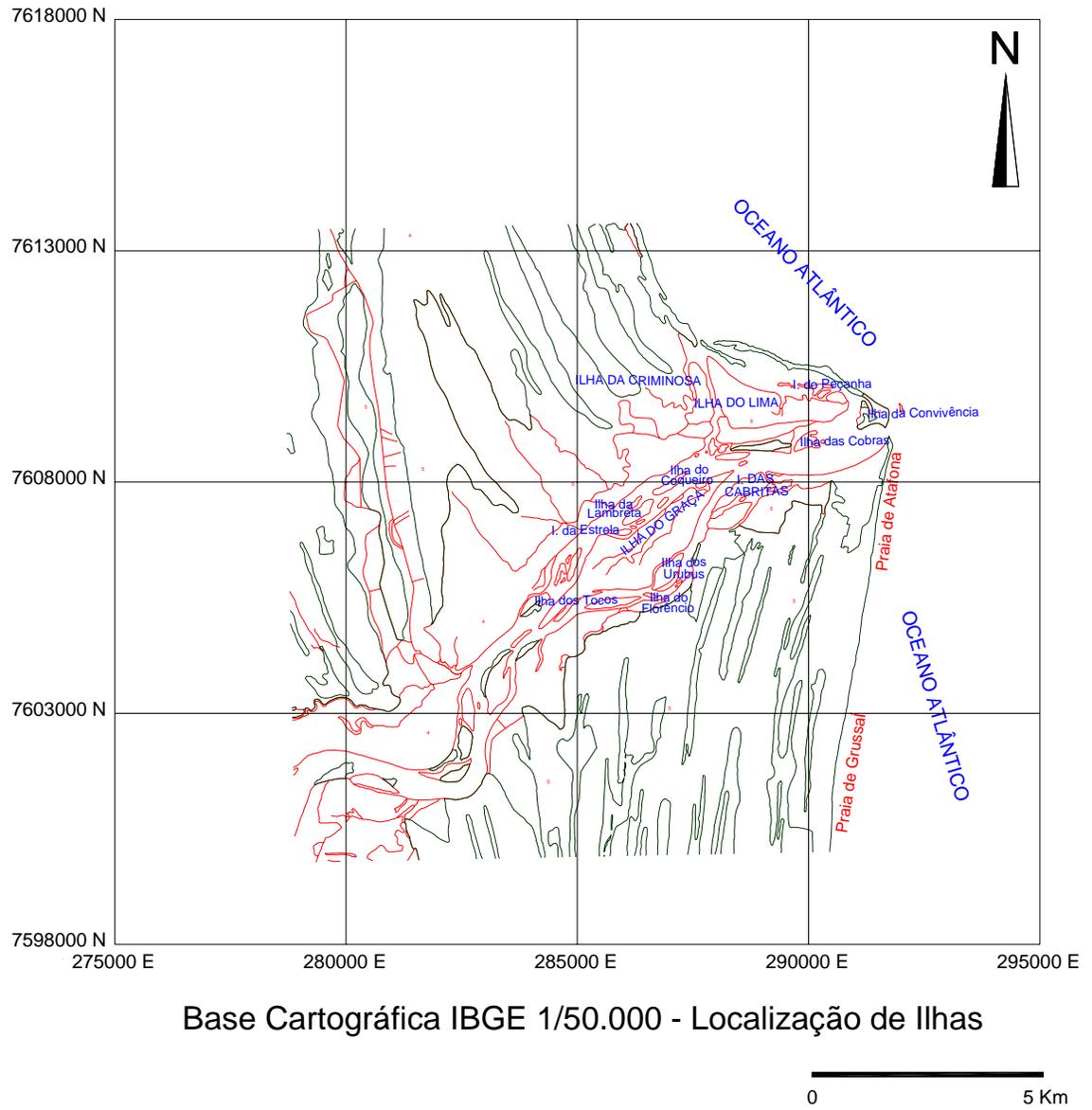
Figura 24

Base Cartográfica IBGE 1/50000 sobre
Imagem LANDSAT7ETM+ (data: 29-10-1999)
Composição RGB321 (30m de resolução espacial)



Outras feições importantes para permitir o monitoramento da dinâmica fluvial e marinha foram as próprias ilhas, que analisadas através de imagens de satélites, possuem padrões que indicam possivelmente composição arenosa, com predominância. Foram identificadas 13 ilhas fluviais localizadas próximas à foz do rio Paraíba do Sul, tendo como base a toponímia do mapeamento sistemático do IBGE na escala de 1/50.000. Essa toponímia foi utilizada para identificar as ilhas. Diante da dinâmica na área de estudo, quando comparadas essas ilhas com a sua configuração espacial em 1997, 1999, 2001 e 2004, observou-se que algumas delas se juntaram e outras se dividiram, mostrando uma dinâmica muito associada ao volume de sedimentos carregados pelo rio Paraíba do Sul e também à velocidade da corrente fluvial. O assoreamento é evidente e o baixo nível d'água dos últimos anos atribui-se essencialmente aos barramentos e comportas que regulam de forma artificial o próprio nível d'água e o volume de vazão. Nessas obras de engenharia há retenção de sedimentos que quando analisado o balanço sedimentar na foz observa-se desequilíbrio, o que também contribui para o molhe hidráulico do rio na foz perca força diante das ondas e correntes marinhas. Com objetivo de monitorar as formas dessas ilhas diante desse aporte de sedimentos, foram vetorizadas essas feições tendo como base o mosaico de ortofotos digitais com data de 2000. As ilhas foram assim originalmente identificadas:

Ilhas	Perímetro (m)	Área (m ²)
(1). do Graça	13.417,63	4.216.730,50
(2). da Criminosa	3.803,74	512.324,37
(3). do Coqueiro	2.071,99	118.250,06
(4). dos Tocos	2.408,49	216.988,87



Base Cartográfica IBGE 1/50.000 - Localização de Ilhas

Figura 24a: Localização de ilhas na foz do rio Paraíba do Sul sobre mosaico de ortofotos na escala de 1/30.000.

Ilhas Fluviais – Foz do Rio Paraíba do Sul

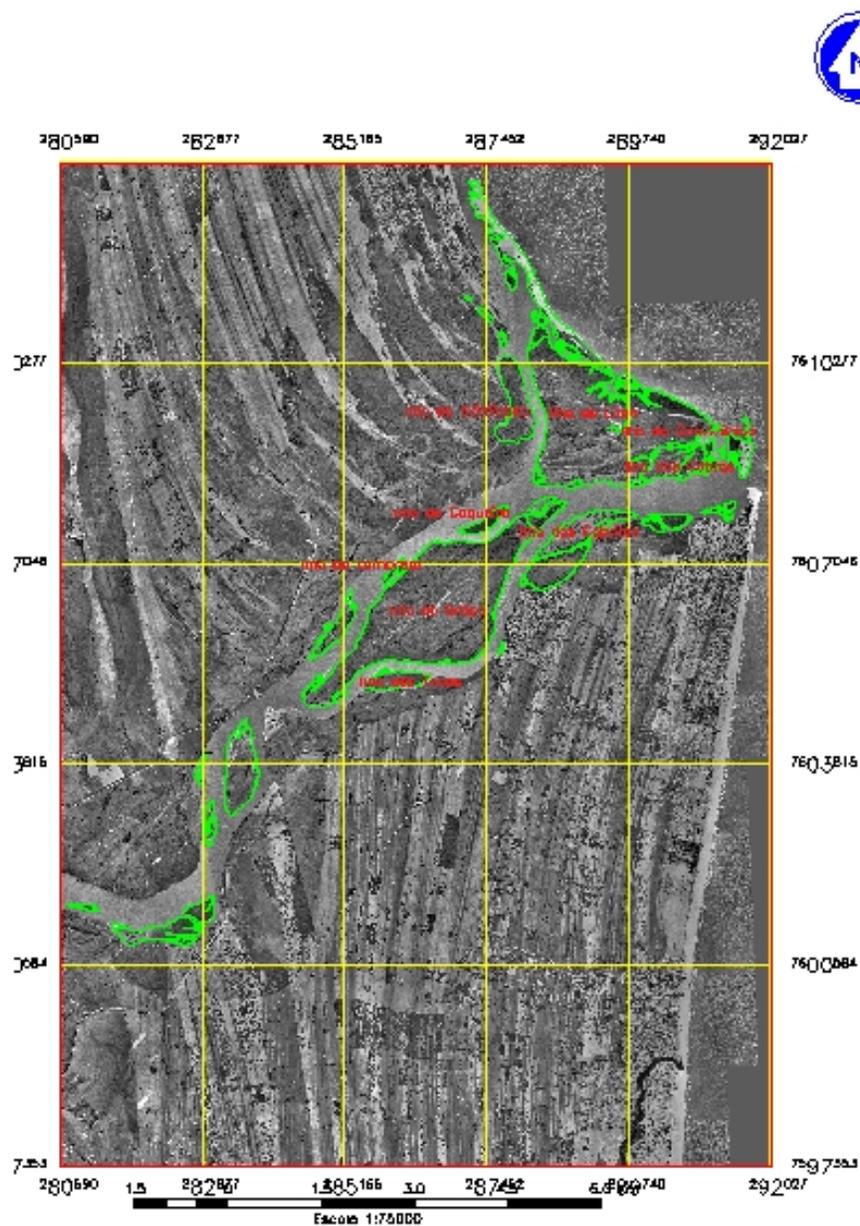


Figura 24b: Localização de ilhas na foz do rio Paraíba do Sul sobre mosaico de ortofotos na escala de 1/30.000.

A figura a seguir ilustra uma imagem que permitiu a composição de alguns dos mapas produzidos e expositivos das formas e das dimensões das ilhas, com destaque nas ilhas mais próximas à foz do rio Paraíba do Sul.

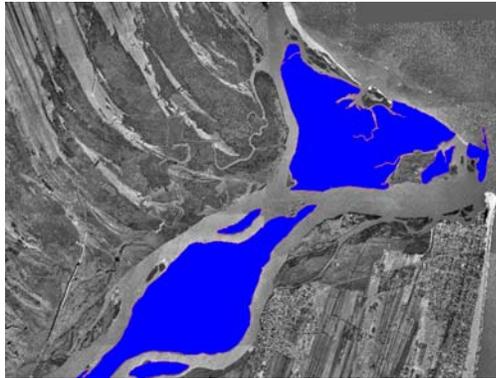


Figura 25: Imagem de algumas ilhas vetorizadas (editadas por VASCONCELOS, 2005).

A vetorização das ilhas tornou-se uma tarefa importante para avaliar a dinâmica costeira e representa outra nova frente de trabalho que contribuirá para retratar nos últimos anos a tendência das áreas erodidas e progradadas no delta. Essa análise quantificada fornecerá indicadores aos especialistas e tecnologias digitais de geoprocessamento permitirão garantir a métrica dessas ilhas e das margens do rio Paraíba do Sul.

Foram obtidos resultados significativos que permitiram quantificar preliminarmente, para épocas distintas, a evolução da erosão na praia de Atafona, além de também ter sido possível avaliar a progradação da praia de Grussaí, mais a sul. As imagens de satélites LANDSAT7 ETM+ disponíveis para o ano de 1999 indicam que a deriva de sedimentos do rio Paraíba foi, predominantemente, no sentido Norte → Sul, para aquela época.

Arquivos vetoriais foram gerados com uso do sistema “TrackMaker”. A partir dos arquivos resultantes dos levantamentos de campo com rastreadores dos satélites GPS foram criados arquivos individuais no formato DXF, possíveis de serem importados pelo sistema SPRING 4.1, já devidamente georreferenciados. No contexto desse Sistema de Informação Geográfica (SIG) foi gerado um banco de dados com o propósito de armazenamento de dados estruturados em níveis hierárquicos temporais e distribuídos em três categorias: linhas d’água, falésias e áreas erodidas.

Mapas digitais foram produzidos nesse ambiente computacional, onde foi possível identificar, para períodos distintos de tempo, as áreas diretamente envolvidas com a erosão marinha, sendo permitido assim identificar essas áreas e fazer uma análise preliminar do fenômeno em andamento. Para a geração dos mapas digitais foi utilizado o banco de dados que continha informações do acervo cartográfico já descrito.

Os resultados dessa quantificação são apresentados nas próximas figuras, elas representam as áreas erodidas para algumas épocas importantes no processo erosivo. Todas as figuras possuem algumas feições vetoriais (corpos d’água e sistema viário) provenientes da base cartográfica da fundação CIDE na escala 1/100.000, geradas a partir de imagens LANDSAT5 adquiridas em 03/07/1993 e 20/06/1994. Tratam-se de dados cartográficos do Projeto GEROE (Grupo Executivo para Recuperação e Obras de Emergência – Projeto Reconstrução Rio) (CIDE, 1995). O sistema geodésico dessa base está estabelecido como Córrego Alegre (MG), e no banco de dados do SPRING 4.1 foi adotado o referencial geodésico SAD-69-IBGE. Portanto, transformações entre os sistemas geodésicos foram feitas no sentido de adoção de um único sistema: SAD-69-IBGE.

Para a determinação da dinâmica do pontal de Atafona foram feitos estudos sobre sua forma ao longo do tempo. A figura a seguir apresenta o resultado da plotagem de linhas d'água mensais sobre um recorte de imagem do mosaico fotográfico com data de 2000, localizadas no pontal de Atafona, compreendendo levantamentos GPS realizados no período de janeiro a dezembro de 2004.

Os levantamentos GPS foram executados com equipamentos Ashtech Reliance de uma frequência, onde foi obtida precisão centimétrica nos casos cinemáticos e estáticos. Uma seqüência de pontos com coordenadas geodésicas foi estabelecida para cada campanha mensal durante o ano de 2004 e que está em prosseguimento ao longo do ano de 2005. As feições de direto interesse foram falésia, numa extensão de aproximadamente 4km, e linha d'água, numa extensão de aproximadamente 7,5km. Os levantamentos foram executados mensalmente e, para o caso de linha d'água, não foram aplicadas correções de marés.

O propósito desta etapa foi estabelecer a configuração espacial dessas feições, com intenção de identificar e diagnosticar a retrogradação ou progradação da linha de costa. As regulares variações sazonais foram detectadas, isto é, no verão a faixa de areia da praia se mostrou mais estreita do que no inverno. O que acelerou a erosão nos últimos meses foi a agressividade maior de ondas nos últimos verões, apesar da existência de ressacas também observadas no outono e inverno de 2004.

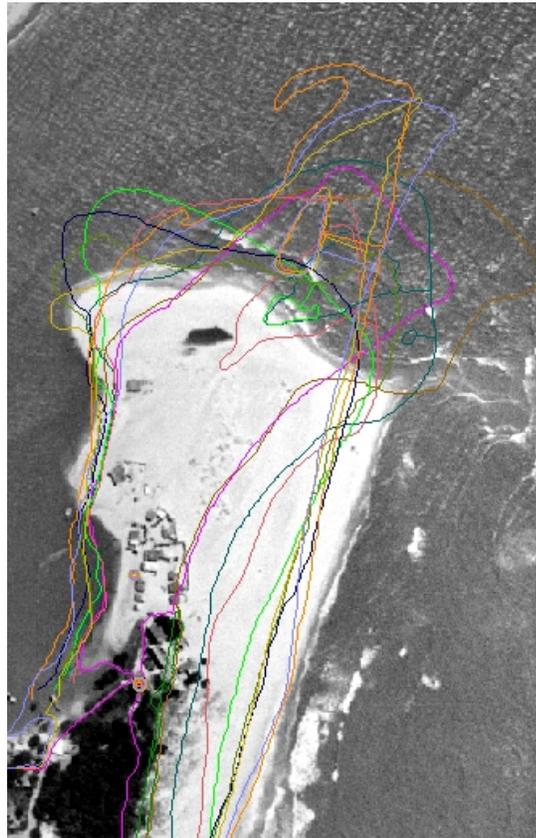


Figura 26: Resultado da plotagem de linhas d'água mensais no pontal de Atafona, compreendendo o período de janeiro a dezembro de 2004.

Nota-se nessa figura anterior a efetiva dinâmica da forma do pontal arenoso de Atafona em função da ação do rio e do mar, evidenciando relação com a descarga de sedimentos do rio Paraíba do Sul. Um dos fatores a pesquisar é a efetiva e constante energia das ondas no pontal. É possível visualizar a mudança na forma do pontal a partir das linhas mensais, constatando o caráter efêmero das feições geomorfológicas, muito provavelmente relacionadas ao balanço das condições hidrodinâmicas entre o rio e o mar. A imagem foi georreferenciada com suporte do sistema GPS, no modo estático.

Foram estabelecidas 9 estações de controle ao longo da falésia. Essas estações foram ocupadas no modo *stop and go* com o sistema GPS no modo relativo. A dispersão dos valores das coordenadas foi identificada através do controle geodésico do levantamento.

A figura a seguir ilustra o levantamento planimétrico da falésia para o mês de janeiro de 2005, tendo como base o mosaico de ortofotos do ano de 2000. É possível observar que entre essas datas houve erosão e que o pontal arenoso de Atafona apresentou significativa mudança em sua forma.



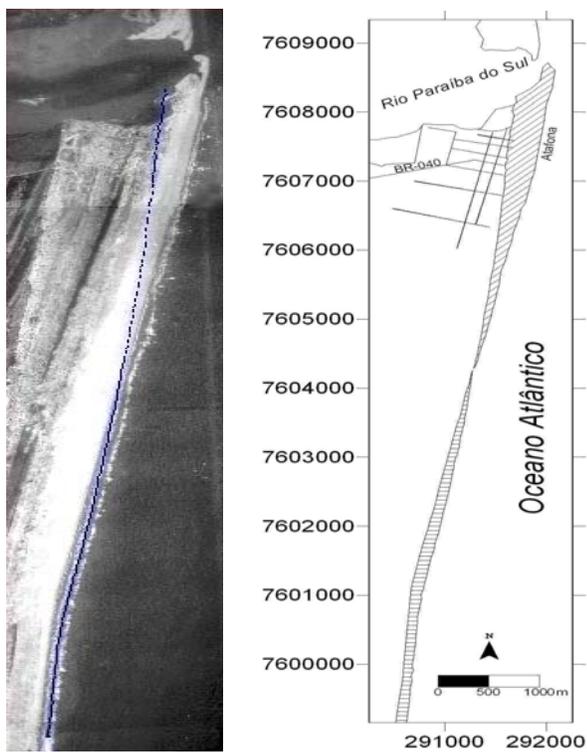
Figura 27: Resultado do levantamento planimétrico da falésia para janeiro de 2005 (linha em cor laranja).

As Figuras 28 e 29 a seguir apresentam recortes de fotografia aérea na escala de 1/30.000 para o ano de 1954 e de carta digital vetorial onde se observa em destaque a área erodida na zona costeira. Essa área erodida foi obtida através da comparação da linha d'água presente na

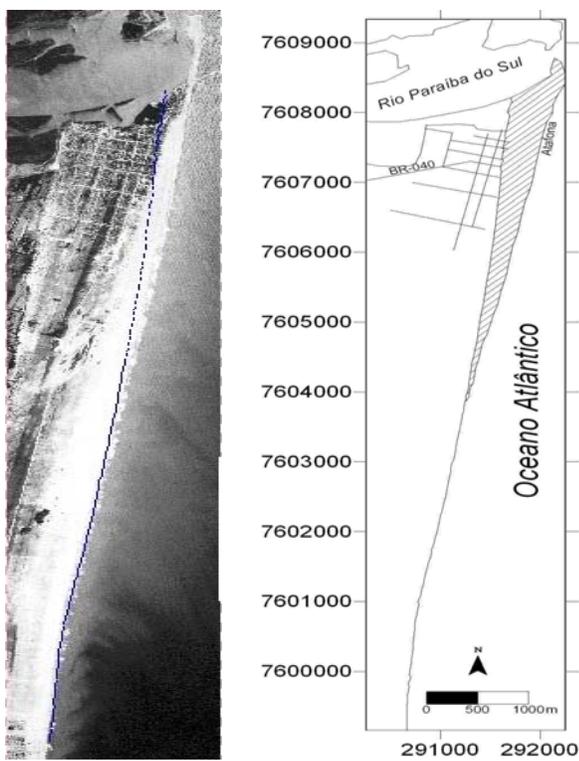
fotografia aérea (1954) com a feição vetorial da linha de praia demarcada com o sistema GPS pela equipe do projeto em janeiro de 2004. A área continental correspondente à perda devido à erosão, entre essas épocas, foi medida e determinada como sendo de 752.032,79 m². O perímetro do polígono considerado nesse cálculo foi de 9.170,75 m. Foi possível também, para esse intervalo de tempo, determinar a área progradada²⁸ de 425.950,28 m². Para este cálculo foi utilizado um polígono com 9.827,26 m de perímetro, que se localiza na parte sul do trecho de praia entre Atafona e Grussaí.

As Figuras 30 e 31 apresentam recortes de fotografia aérea na escala de 1/60.000, para o ano de 1964 e de carta digital vetorial onde pode ser observada uma área erodida de 1.063.161,28 m². Uma perda de área continental na ordem de 410.193,18 m² é representada nas Figuras 32 e 33, que apresentam recortes de fotografia aérea na escala de 1/30.000 para o ano de 1974. Ainda nas Figuras 34 e 35 uma erosão correspondente a 432.827,31 m² é determinada a partir de recorte de fotografia aérea na escala de 1/20000 para o ano de 1976.

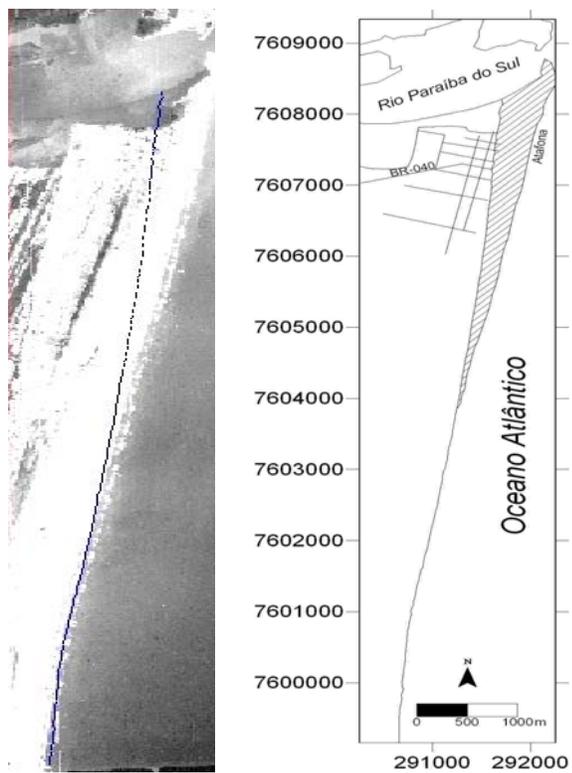
²⁸ Avanço da linha de praia em direção ao mar devido ao acréscimo de sedimentos à praia.



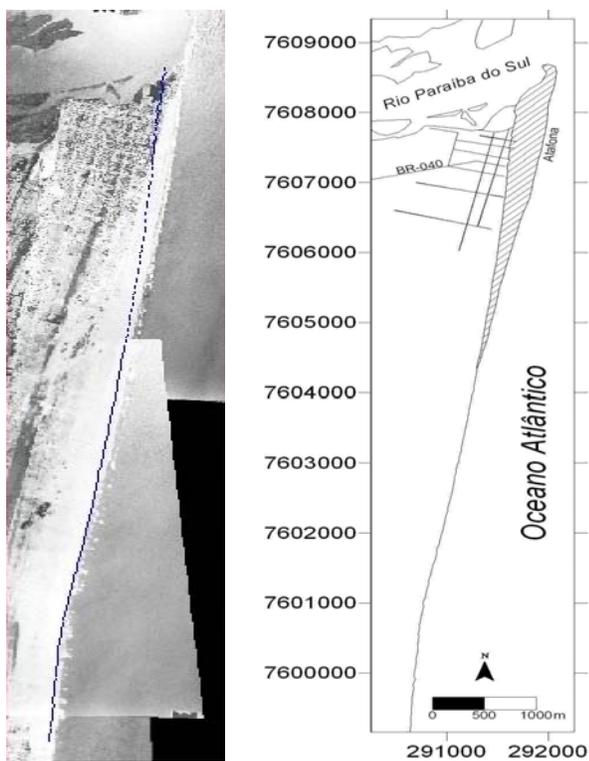
Figuras 28 e 29: Áreas erodida e progradada entre 1954/2004.



Figuras 30 e 31: Área erodida entre 1974/2004.



Figuras 32 e 33: Área erodida entre 1964/2004.



Figuras 34 e 35: Área erodida entre 1976/2004.

Nas figuras anteriores podemos visualizar à esquerda um recorte de fotografia aérea do ano indicado e um mapa simplificado com linha tracejada representando a atual linha de praia (medições em janeiro de 2004). À direita, temos um mapa onde a área erodida está indicada com hachuras inclinadas e a área acrescida em hachuras horizontais.

Para todos os casos não foram considerados aspectos de variação local de marés oceânicas (astronômica e meteorológica). Sabe-se, portanto, que os limites dos polígonos delimitadores das áreas referem-se às linhas d'água para os períodos de tempo estudados. A tabela a seguir externa as áreas erodidas para as épocas estudadas.

ÉPOCAS	ÁREAS ERODIDAS (m²)
1976 - 2004	432.827,31
1974 - 2004	410.193,18
1964 - 2004	1.063.161,28
1954 - 2004	752.032,79

TABELA 18: Áreas erodidas para as épocas estudadas.

Após quantificada a erosão para as épocas mostradas na tabela anterior, nota-se que a área erodida para a época de 1954-2004 (~752.032 m²) é menor que a área encontrada no período entre 1964-2004 (~1.063.161 m²). Isso ocorre porque, provavelmente, no período de dez anos entre as fotografias de 1954 e 1964, houve uma progradação da linha de costa, ou seja, houve acréscimo de continente. Sendo assim, ao compararmos a linha d'água presente na fotografia aérea de 1964 com a demarcada no campo pela equipe do projeto em janeiro de 2004, encontramos uma área erodida maior.

A experiência com esta pesquisa permitiu gerar e gerenciar um banco de dados espaciais, com caráter institucional, que tem dado suporte as análises geográficas e geológicas vinculadas à erosão marinha, através de consultas e atualizações de suas bases de dados. O sistema

SPRING 4.1 se mostrou uma ferramenta poderosa e convidativa no tratamento de dados de imagens e também na geração de mapas digitais.

Espera-se que o banco de dados gerado no SPRING seja ampliado e futuramente haja condições de estabelecer um ambiente computacional único para consultas eventuais de usuários, onde também sejam incorporados dados vetoriais relativos a modelos numéricos de terreno. Foram gradativamente produzidos mapas digitais temporais que têm dado subsídios aos especialistas nas áreas de Geologia, Oceanografia, Geomorfologia Costeira e Geografia, uma vez que além de aspectos da erosão, existem outros importantes que já se tornaram temas de pesquisa em desdobramentos referentes a trabalhos de final de curso de graduação em Geografia (UFF) e Geologia (UERJ). Esta pesquisa disparou outras vinculadas à monografias de graduação destas universidades.

Esta pesquisa prevê, em etapas posteriores, se envolver com escolas municipais no sentido de oferecer mapas digitais e impressos aos professores de Geografia, observando que é precário o uso de documentos cartográficos que retratam aspectos geológicos e geográficos da área. A comunidade local já contactada foi receptiva diante da interferência das universidades públicas executoras deste projeto e de seu conhecimento científico, principalmente no seu embasamento teórico para a compreensão do processo erosivo (FOLHA DA MANHÃ, 2004).

Como produto desta tese há uma placa informativa “Ponto de Interesse Geológico”, com o apoio do DRM (Departamento de Recursos Minerais), que contribuirá efetivamente para esclarecimentos técnicos sobre a erosão para a comunidade local.

A partir de relatos de (BASTOS, 1997) a taxa de retrogradação associada à erosão foi estimada naquela ocasião como de 7,5 m/ano, tendo como referências dados de 1976 (fotografia aérea) e 1996 (linha de frente de erosão determinada com GPS), compreendendo um período de

20 anos, sem dados discretos medidos dentro deste período. A atual pesquisa apontou uma taxa estimada de 7,8 m/ano, como resultado da análise para o período de 1954-2004.

Importante ressaltar que as fotografias aéreas (Tabela 11) dessas épocas permitiram, em escalas diferentes e relativamente pequenas, calcular esses valores estimados de taxa de retrogradação. Há erros associados a esses cálculos, que devem ser conhecidos no sentido de garantir a dispersão (desvio-padrão) dos valores calculados, os estudos sobre estes erros faz parte de uma outra etapa do trabalho.

A partir do georreferenciamento refinado das imagens fotográficas históricas, com base em levantamentos GPS, foram gerados mapas indicativos da evolução da linha de costa no ambiente do sistema SPRING4.1. Esses mapas permitem retratar com mais precisão a evolução da linha de costa e são apresentados a seguir.

A Fig. 36 a seguir ilustra a evolução da linha de costa para as seguintes épocas: 1954, 1964, 1974, 1976 e 2000. Tal ilustração tem como base um mosaico de ortofotos digitais elaborado pela CERJ-Ampla com vôo executado em 2000. O mapeamento com GPS permitiu caracterizar e analisar a dinâmica do pontal arenoso de Atafona, comprovando que feição desse tipo está sujeita à ação natural permanente do rio e do mar, mudando efetivamente o seu comportamento. DIAS (1981) relatou que em 1956 o pontal encontrava-se em desenvolvimento e a linha de costa se situava 100m mais avançado em direção ao mar. Em 1976 essa feição atingiu 1km de extensão, tendo o litoral recuado aproximadamente 100m entre 1956 e 1976. Nesta última data houve registro e depoimentos de ocorrência de erosão bastante agressiva. Foi possível quantificar a retrogradação (erosão) e progradação (acrécimo) da linha de costa, observadas para essas épocas. Estudos têm apontado que o próprio pontal de Atafona mudou sua configuração espacial muito provavelmente por causas naturais (ação de ondas em função do vento, por

exemplo) envolvendo desequilíbrio do balanço entre aporte sedimentar e deriva litorânea. Intensidade, frequência e amplitude dos agentes oceanográficos são importantes conhecer e analisar.



Figura 36: Evolução da linha de costa de 1954 a 2000, tendo como base um mosaico de ortofotos (data do voo: ano 2000).

Estudos mais detalhados apontam comportamento semelhante, sendo que foi adotada como época mais remota de referência a do ano de 1954. A partir desta data foram plotadas as linhas d'água medidas com GPS sobre fotografias aéreas históricas. Desta forma foram produzidos mapas indicativos de erosão e acréscimo conforme apresentados nas próximas

figuras. De acordo com esta figura anterior observou-se progradação entre as datas de 1954 e 1964.

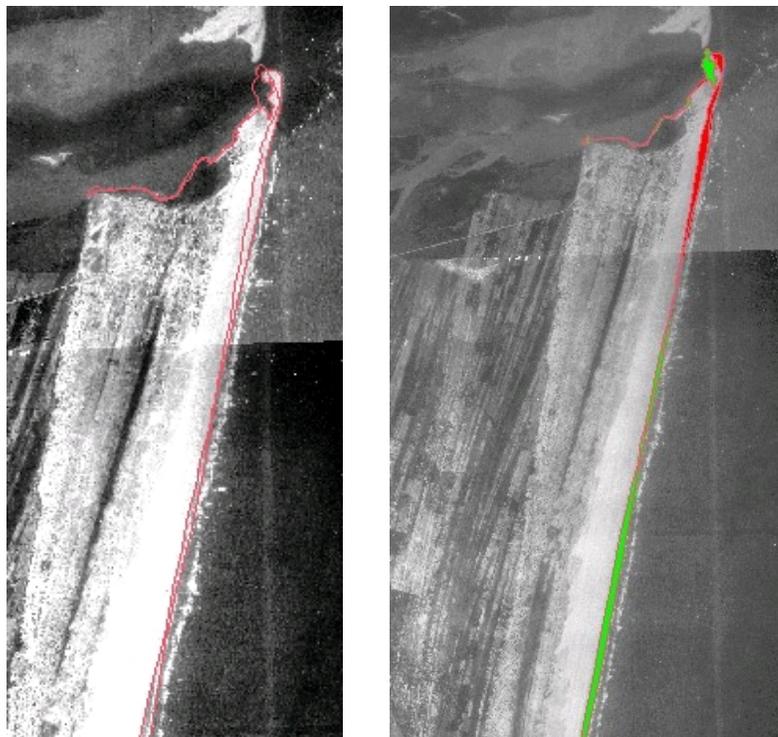
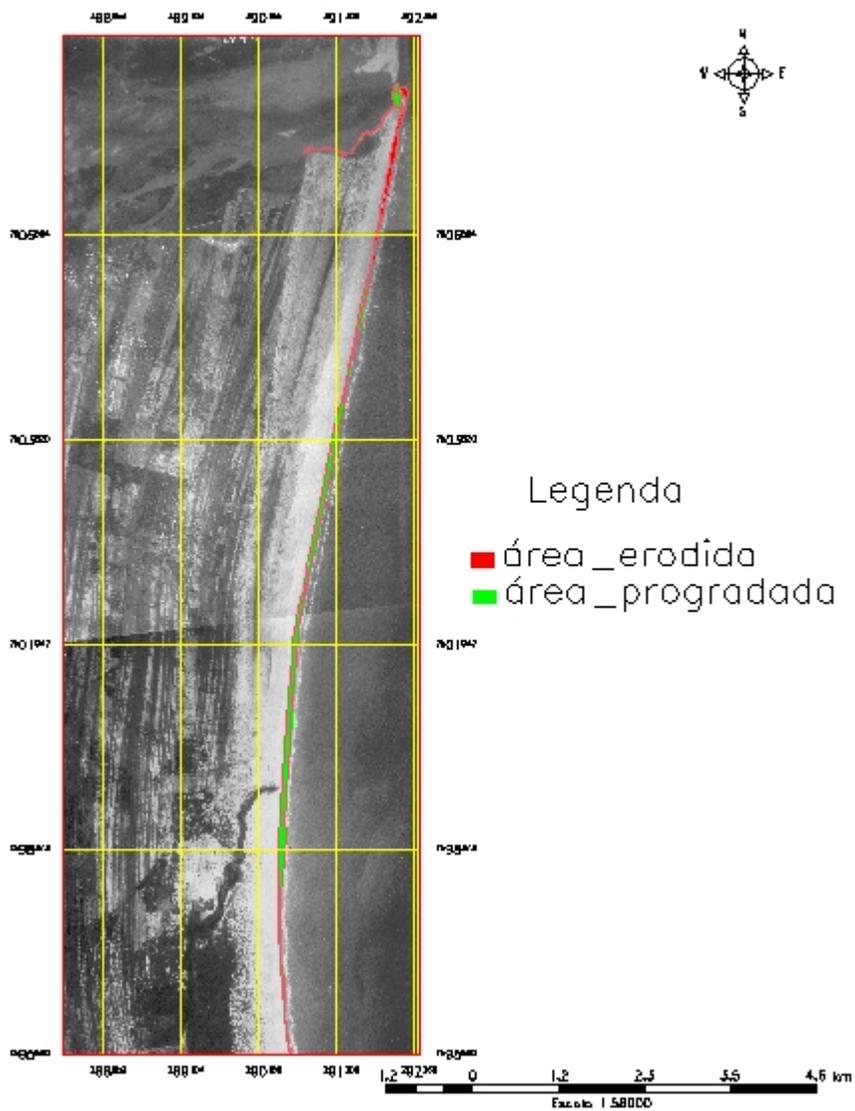
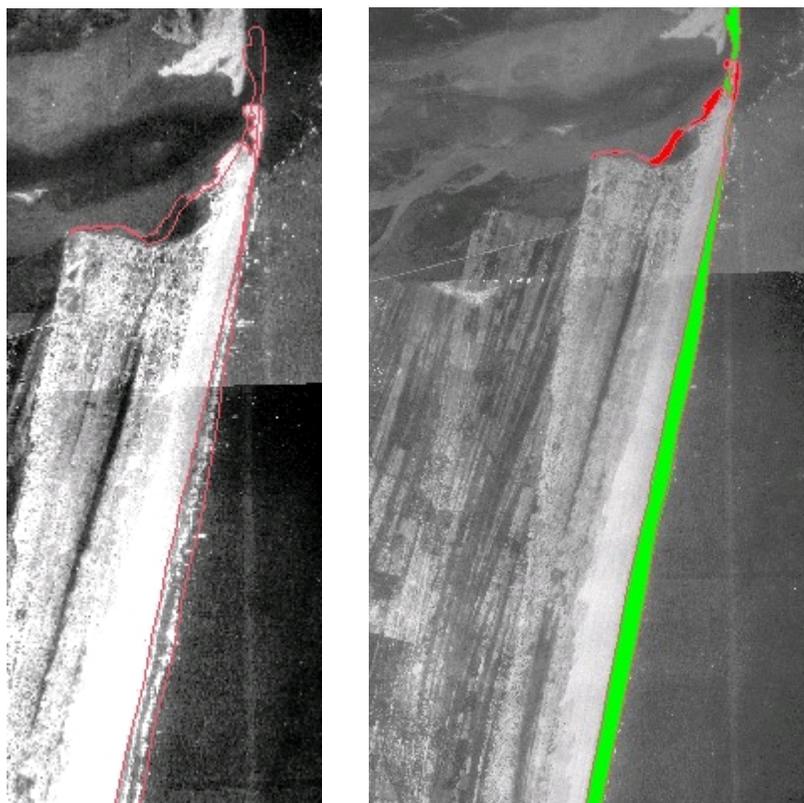


Figura 37: Evolução da linha de costa entre 1954 e 1964 (vermelho=erosão; verde=progradação).

Mapa de Erosão e Progradação

Período: 1954 – 1964

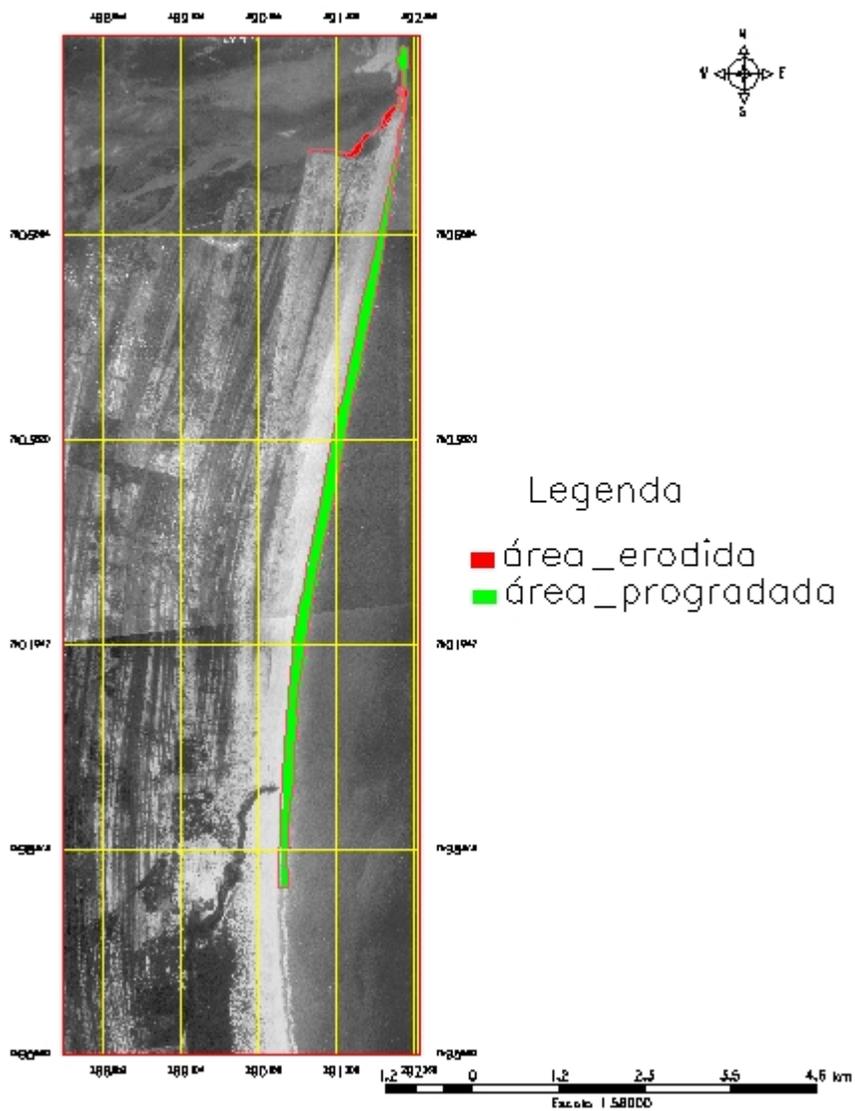


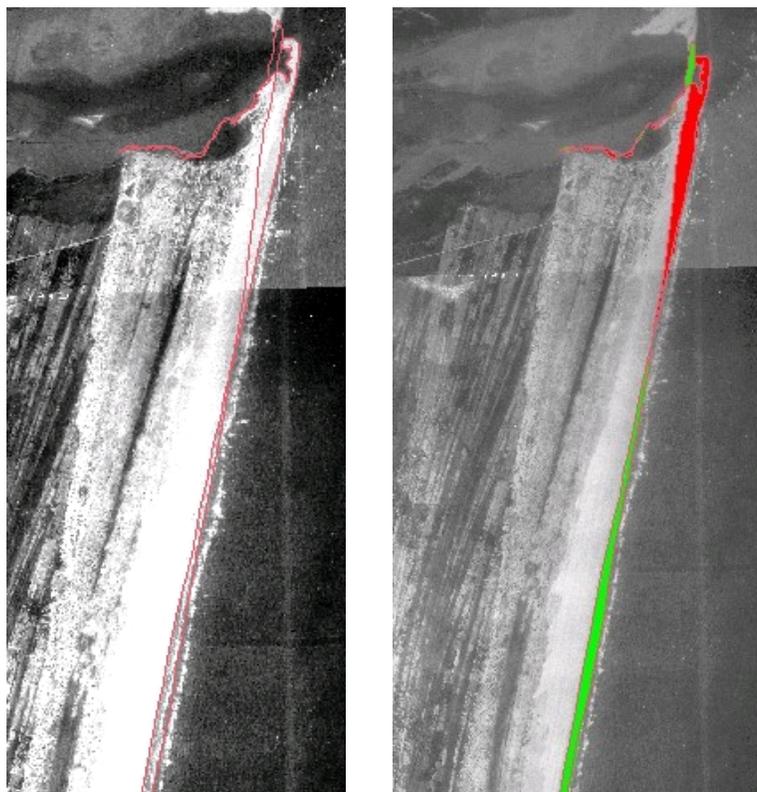


Figuras 38: Evolução da linha de costa entre 1954 e 1974 (vermelho=erosão; verde=progradação).

Mapa de Erosão e Progradação

Período: 1954 – 1974

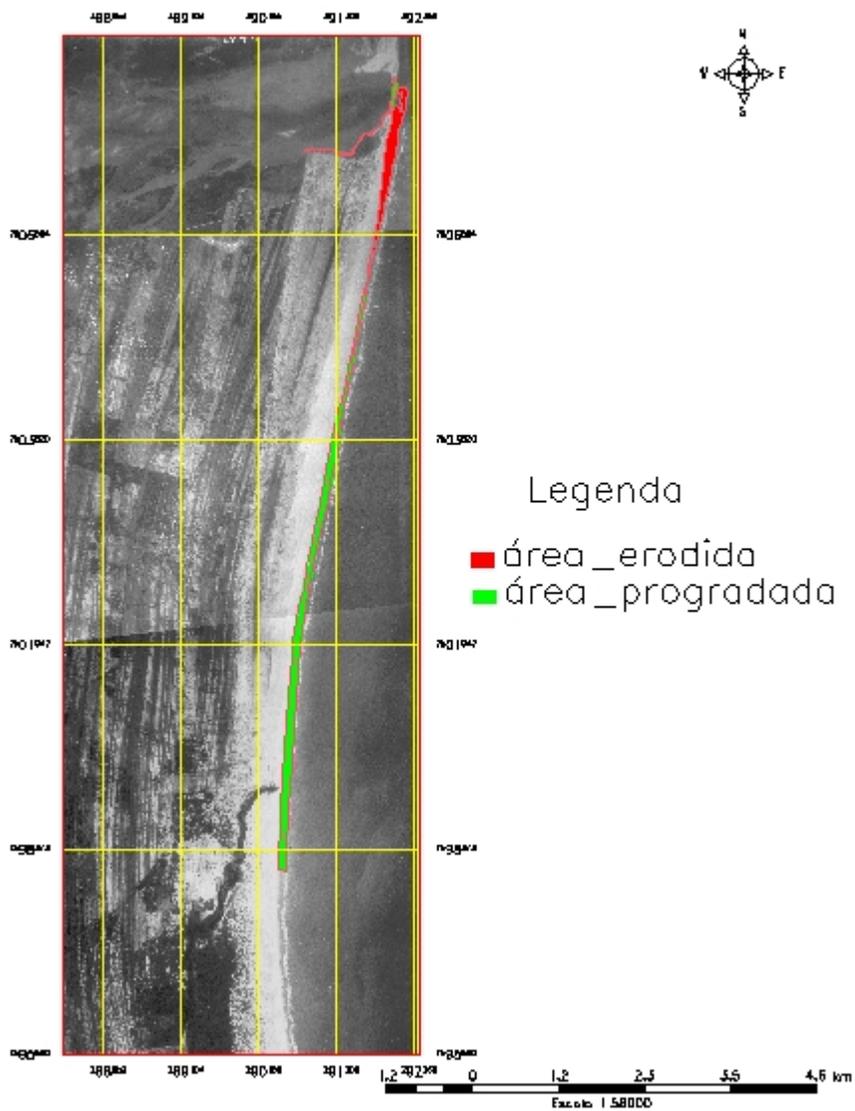


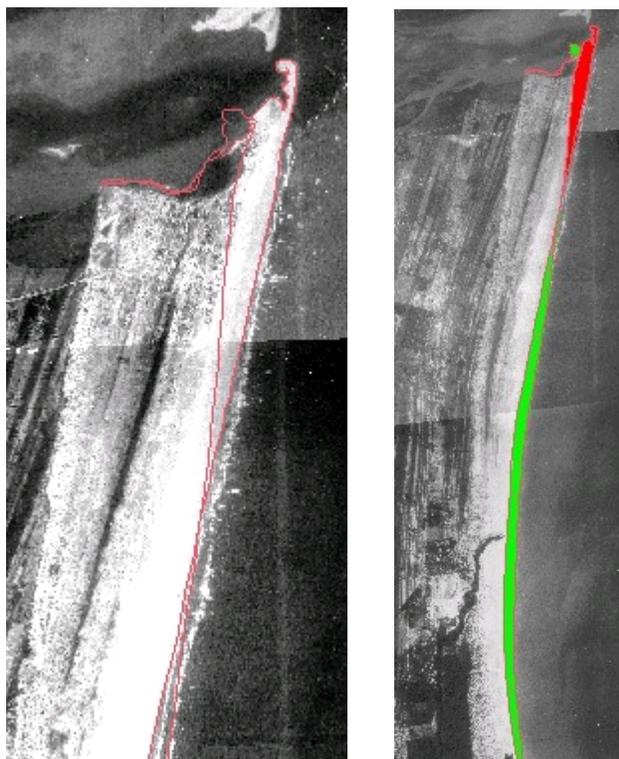


Figuras 39: Evolução da linha de costa entre 1954 e 1976 (vermelho=erosão; verde=progradação).

Mapa de Erosão e Progradação

Período: 1954 – 1976

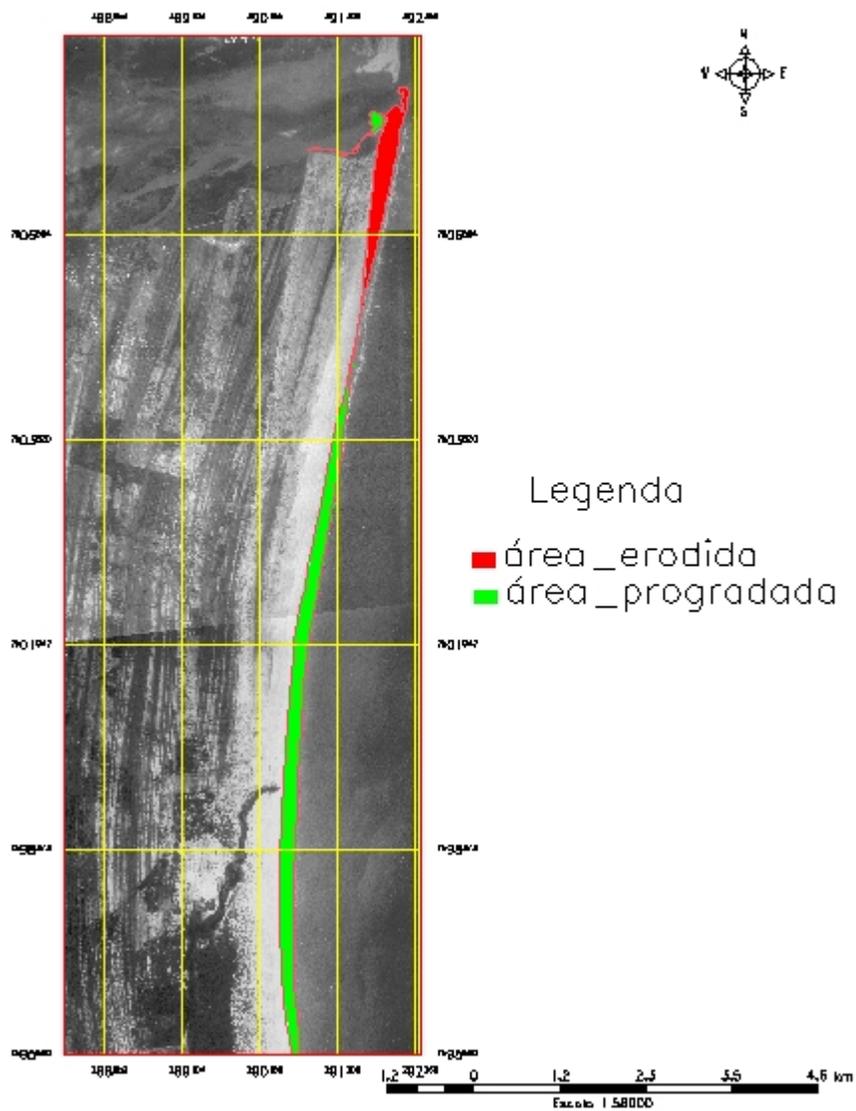




Figuras 40: Evolução da linha de costa entre 1954 e 2000 (vermelho=erosão; verde=progradação).

Mapa de Erosão e Progradação

Período: 1954 – 2000



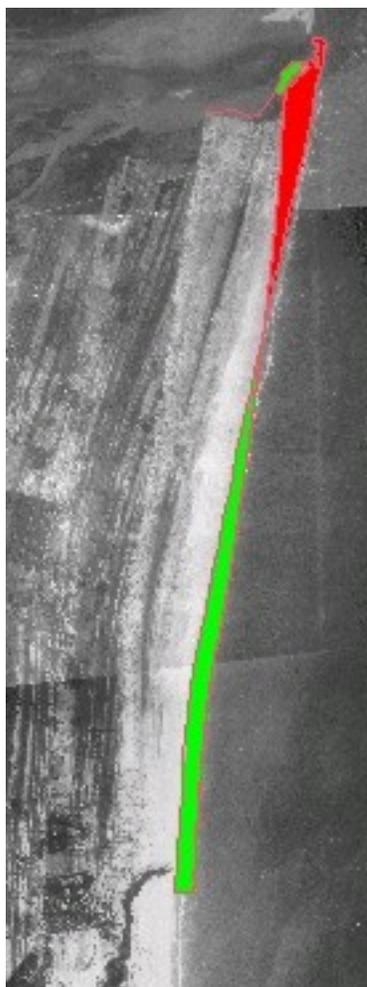
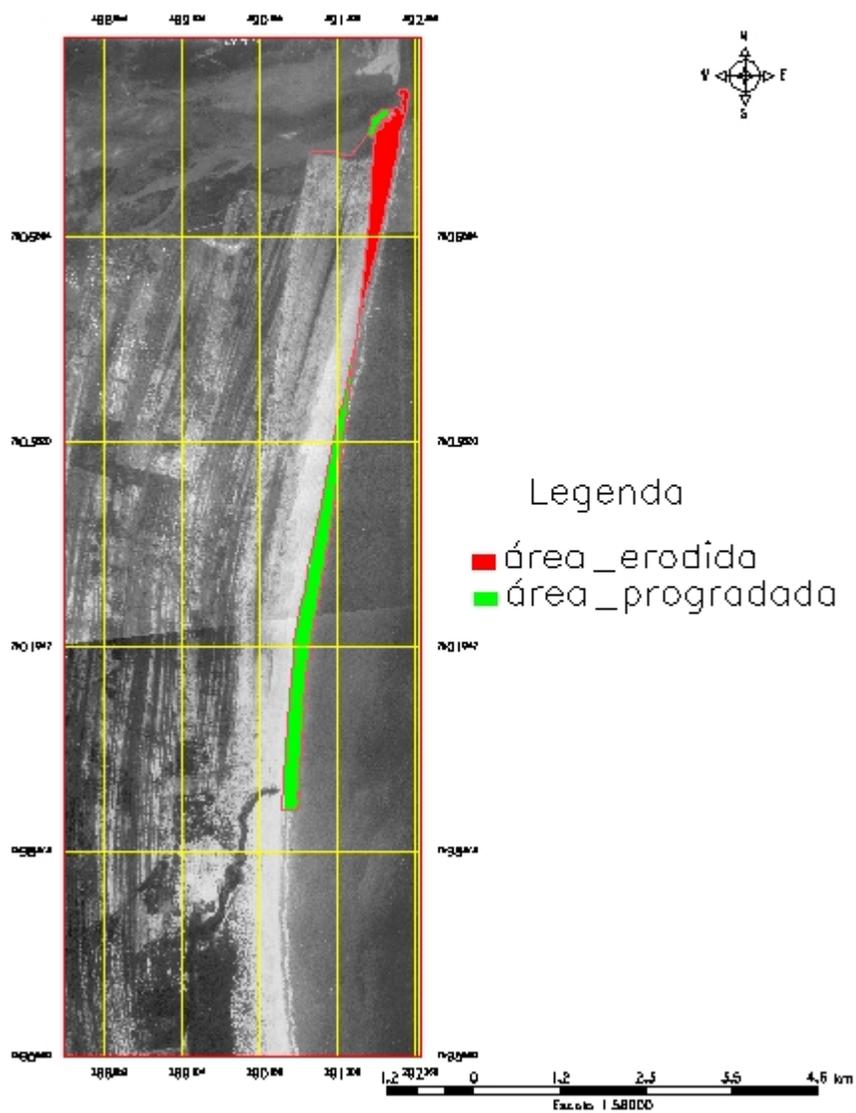


Figura 41: Evolução da linha de costa entre 1954 e 2004 (vermelho=erosão; verde=progradação).

Mapa de Erosão e Progradação

Período: 1954 – 2004



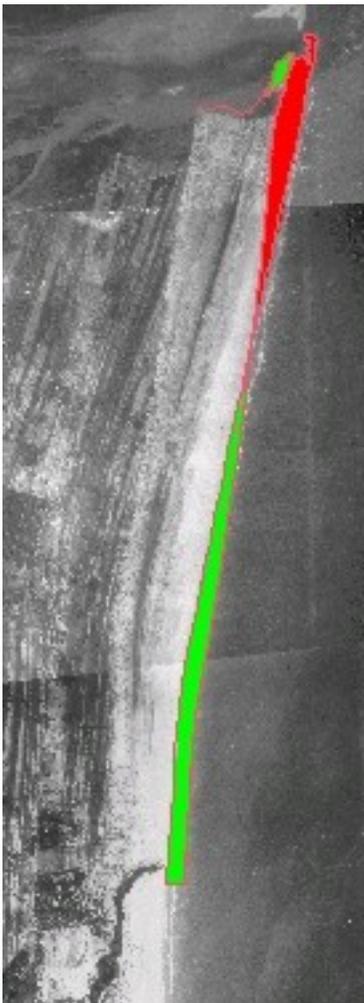
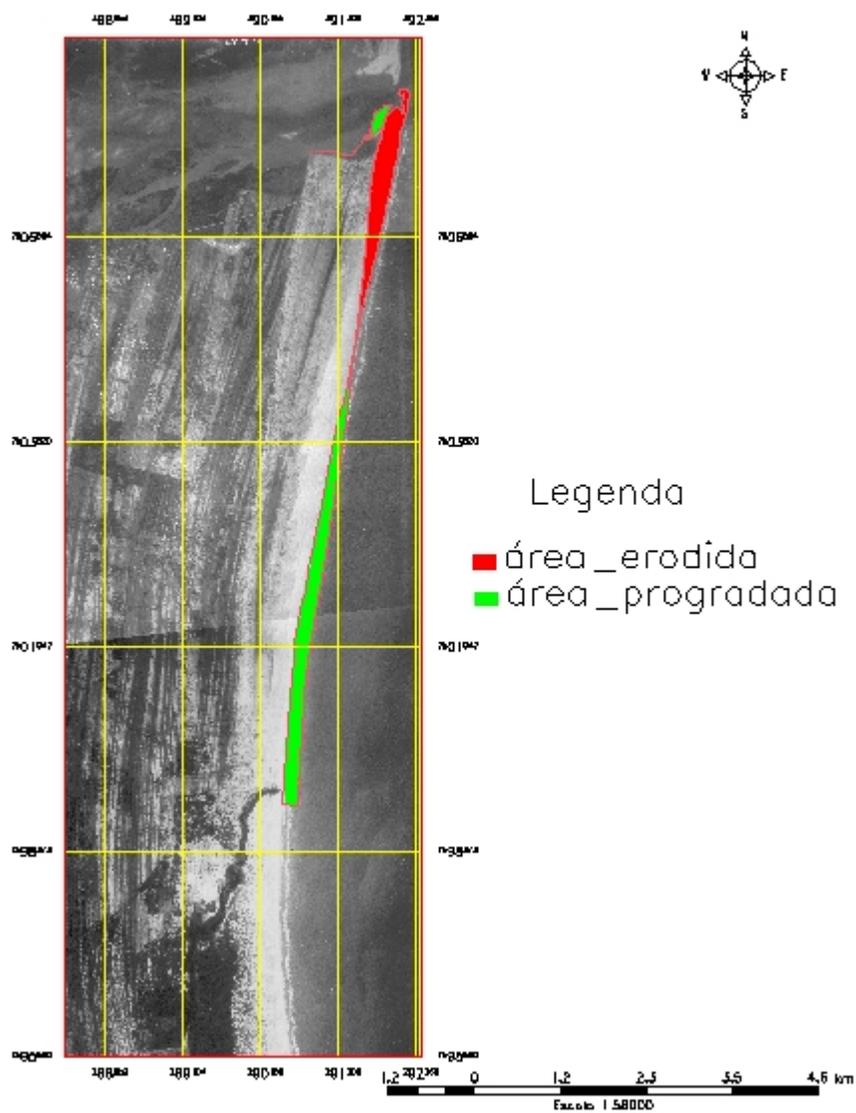


Figura 42: Evolução da linha de costa entre 1954 e 2005 (vermelho=erosão; verde=progradação).

Mapa de Erosão e Progradação

Período: 1954 – 2005



A evolução da linha de costa ao longo das épocas estudadas é caracterizada por retrogradação (erosão, indicada em vermelho nas figuras) e progradação (acréscimo, indicado em verde nas figuras). As figuras 37, 38, 39 e 40 indicam as linhas plotadas correspondentes aos levantamentos GPS executados recentemente no litoral (ano 2004). As figuras 37, 38, 39, 40, 41 e 42 apresentam polígonos preenchidos por vermelho e verde, correspondentes às linhas fechadas editadas – polígonos – tendo como convenção as cores acima citadas.

Além da apresentação gráfica sobre a fotografia aérea de 1954, foram quantificados as áreas e perímetros correspondentes aos polígonos. As tabelas a seguir apresentam valores resultantes dessa quantificação, com uso do SPRING4.1. Foi comparada a situação da linha de costa extraída da fotografia aérea de 1954 com aquelas extraídas das fotos de 1964, 1974, 1976 e 2000. As linhas medidas com GPS são correspondentes às épocas de 2004 e 2005.

1954	1964	1974	1976	2000	2004	2005
Área (m ²)	13.978	73.157	243.577	919.082	562.910	584.462
Perímetro (m)	6.135	3.611	7.779	8.581	7.514	8.039

TABELA 19: Áreas erodidas e perímetros correspondentes aos polígonos vetorizados, tendo como referência o cenário de 1954 em relação a outras datas posteriores.

1954	1964	1974	1976	2000	2004	2005
Área (m ²)	546.549	1.456.685	689.672	1.725.906	1.110.602	1.053.747
Perímetro (m)	26.014	23.960	18.567	23.258	14.425	13.978

TABELA 20: Áreas progradadas e perímetros correspondentes aos polígonos

vetorizados, tendo como referência o cenário de 1954 em relação a outras datas posteriores.

Analisando o conteúdo das tabelas anteriores observa-se que, com base nas informações extraídas da linha d'água na fotografia aérea do ano de 1954, a erosão persiste na área litorânea de estudo. As tecnologias GPS e SIG atendem aos requisitos de geração de mapas temáticos que dêem suporte aos especialistas nas interpretações geológicas e geomorfológicas.

A garantia da qualidade dos dados também tem relação direta com a resolução espacial das fotografias aéreas utilizadas nesta pesquisa. As fotografias foram adquiridas através de dispositivo scanner de 400 dpi e os valores obtidos estão dispostos na seguinte tabela.

DATA	ESCALA DAS FOTOGRAFIAS	RESOLUÇÃO ESPACIAL (m)
2000	1/8.000	1,0
1976	1/20.000	2,5
1974	1/30.000	3,8
1964	1/30.000	3,8
1954	1/30.000	3,8

TABELA 21: Escala de tempo e dados cartográficos disponíveis (imagens).

O mapeamento digital foi executado em escalas variadas onde foram gerados mapas temáticos variados. Exemplos desses documentos cartográficos produzidos foram apresentados, onde foi feito uso do sub-sistema SCARTA do sistema SPRING.

O mapeamento temático que representa melhor a dinâmica da linha de costa e da falésia ativa está expresso nas figuras a seguir.

Falésia sobre Mosaico de Fotografias ano 2000

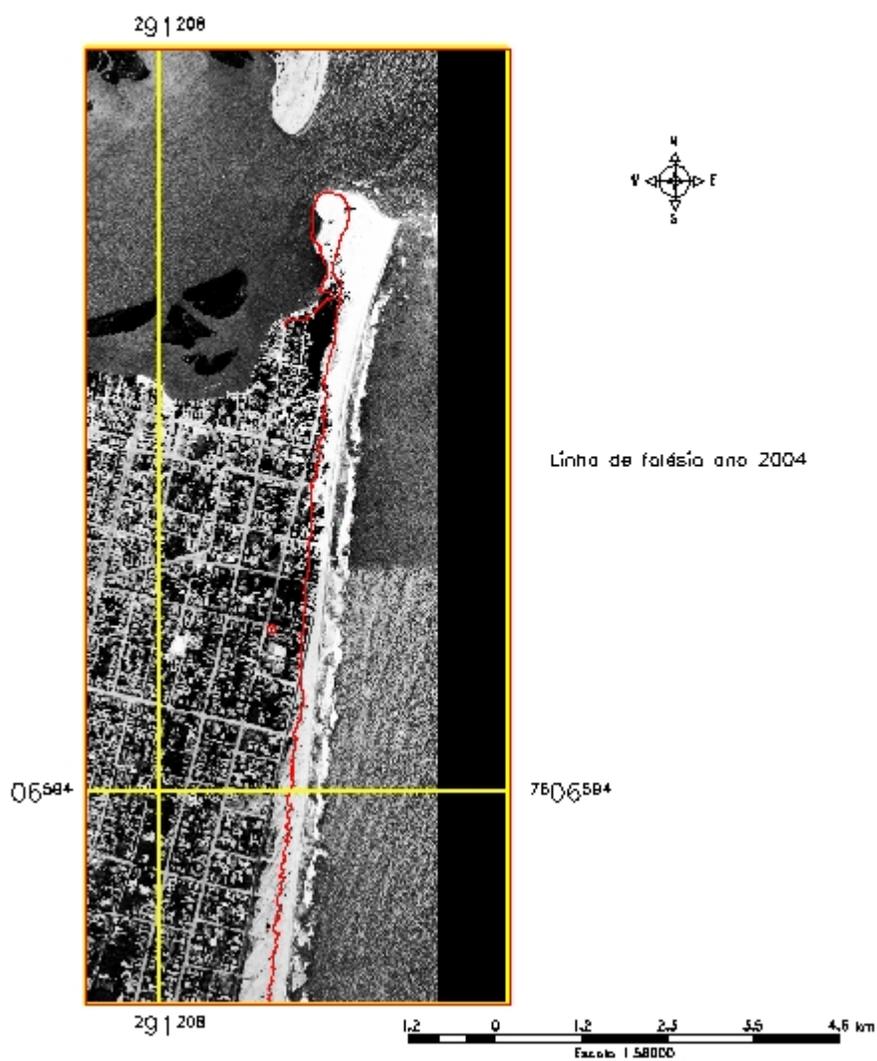


Figura 43: Linha da falésia de 2004 sobre mosaico de fotografias aéreas de 2000.

Linha d'água sobre Mosaico de Fotografias ano 2000

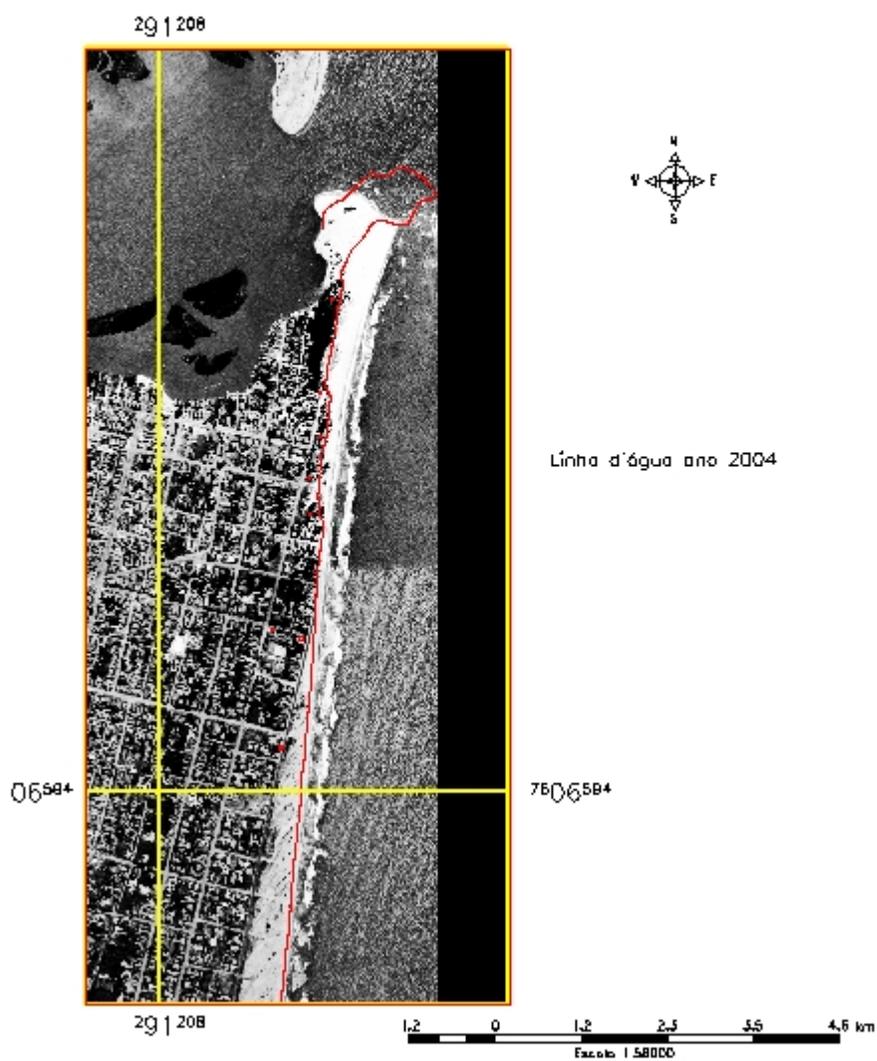


Figura 44: Linha d'água de 2004 sobre mosaico de fotografias aéreas de 2000.

Com base na taxa de retrogradação da linha de costa é possível calcular os recuos máximos estimados para construções leves e pesadas. Esses valores determinados foram:

$$30 \times \text{taxa de erosão} = 30 \times 7,8 \text{ m/ano} = 234\text{m}$$

$$60 \times \text{taxa de erosão} = 60 \times 7,8 \text{ m/ano} = 468\text{m}$$

A taxa de erosão retrata a velocidade de avanço da linha de costa em direção ao continente. Em Atafona esse valor diminui quando a latitude aumenta, tornando nula no ponto de inflexão localizado no Corpo de Bombeiros. A partir desse ponto, em direção ao sul, há progradação da linha de costa até a laguna de Grussaí. As figuras 37, 38, 39, 40, 41 e 42 indicam essa realidade, tendo como ano de referência 1954.

As figuras a seguir representam mapas indicativos das linhas GPS correspondentes à locação de linha d'água, para os levantamentos mensais de março, abril, junho e julho de 2004, da falésia ativa para maio de 2004. Foi considerado um recorte de mosaico de fotografias aéreas na escala 1/30.000, para o ano de 2000, com destaque para o pontal arenoso de Atafona.

Este caso de erosão em Atafona indica a necessidade de investimento em padrões digitais de armazenamento de dados geográficos que permitam a execução de consultas sobre os objetos, em especial sobre suas propriedades, em um banco de dados institucional. O monitoramento contínuo de fenômenos costeiros requer armazenamento de dados em bases volumosas, o que garantirá aos administradores, condições de avaliar a evolução histórica das feições costeiras, através de sua forma e de seu padrão espacial.

Os requisitos dessa aplicação envolvem métrica constante sobre as feições, extração de objetos de imagens e manipulação de diversos tipos de dados geográficos. Para tal aponta-se a solução dos padrões de metadados como alternativa que atende às imediatas necessidades dos

especialistas, uma vez que a descrição textual dos dados armazenados nas bases pode ser estruturada em seções do tipo: (a) identificador; (b) localização; (c) precisão ou acurária posicional; (d) extensão; (e) distribuição; e (f) recorte temporal.

Os atributos das feições são as propriedades os objetos geográficos a serem armazenados. O caráter temporal dos dados pode ser associado a uma camada composta responsável pelo comportamento dos objetos e suas mudanças de estado na base.

6. Conclusões

O uso intenso de tecnologias digitais de Geoprocessamento tem crescido e especialistas das Ciências da Terra têm explorado os seus recursos de forma constante. Estabelecer metodologia para que esse uso seja ótimo, em função das particularidades e especificidades complexas das aplicações em ambiente costeiro, requer uma análise criteriosa no estabelecimento de bancos de dados de imagens que suportem consultas espaciais e estudo sobre padrões da informação geográfica digital com o propósito de intercâmbio por meios eletrônicos.

Disponibilizar dados e informações para a sociedade também é uma meta dos desenvolvedores de softwares e de aplicativos na *web*, onde há uma estratégia com caráter político em tornar público ou privado o conteúdo de bases de dados digitais, independente da comercialização. Por outro lado há fenômenos geográficos dinâmicos que atuam na zona costeira que requer um monitoramento e análise de seus comportamentos através da métrica das feições do terreno. Técnicas de mapeamento cartográfico têm sido potencializadas com os avanços tecnológicos associados às ferramentas computacionais e de telemetria. O próprio SIG representa tecnologia que se ocupa em dar suporte técnico nas análises espaciais, não descuidando dos aspectos naturais e antrópicos dos fenômenos.

O que há de desdobramentos sinalizado pelo autor é análise pormenorizada de aspectos das condições hidrodinâmicas entre o rio Paraíba do Sul e o mar. Apesar do tratamento dado ao caso estudado ter sido pontual, a metodologia envolvendo coleta de dados de campo com tecnologias de geoprocessamento, seu tratamento por meio de

transformações e geração de mapas temáticos, tal estratégia aplica-se a outros ambientes costeiros e estudos ambientais nele concentrados. As técnicas e métodos aqui descritos empregam tecnologias digitais que são parte da rotina de projetos ambientais instalados em ambientes institucionais onde há como objetivo a criação de um banco de dados, e sobre ele a realização de consultas e atualizações. Para análise espaço-temporal integrada o autor recomenda avaliação da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul para conhecimento do balanço sedimentar na foz. Estudos morfodinâmicos na parte setentrional da foz indicam, por Sensoriamento Remoto, a existência de terraços lamosos, ricos em argila, e cristas arenosas alternados, o que são indícios da ação do mar e do rio na formação do delta. Os esporões arenosos são feições importantes para mapeamento e para interpretações nessa frente de trabalho.

A produção cartográfica digital tem se apoiado nos aperfeiçoamentos dessas ferramentas e também no sentido de melhor compreender a realidade dos fenômenos que alteram as formas dos objetos geográficos. As relações existentes entre os objetos requerem uma modelagem representativa dos aspectos dos fenômenos. É sabido que completamente tudo não está resolvido até então, mas as análises se potencializam demais com a exploração adequada das funcionalidades dos sistemas.

Rever as formas de uso e as metodologias empregadas nos projetos institucionais que fazem uso dessas tecnologias nos remete a refletir em que medida estão sendo atendidas as exigências das aplicações que possuem um conjunto vasto de tipos de dados, provenientes de fontes diferentes, e em que proporção os beneficiados desses investimentos estão sendo, de fato, atendidos.

O processo evolutivo da erosão costeira em Atafona possui agentes naturais e antrópicos. Identificar os agentes e quantificar em que medida cada um deles contribui efetivamente para o processo não é uma tarefa trivial. Análises de dados meteorológicos, oceanográficos, geológicos, geomorfológicos e geográficos poderão permitir aos especialistas afirmarem com mais fundamento e segurança sobre suas causas e suas conseqüências futuras. Monitoramento contínuo é a saída para isso. Investimentos em tecnologias inovadoras são necessários.

Outro aspecto importante é a atenção imprescindível aos conceitos geográficos dos objetos envolvidos na representação computacional e na apresentação de suas propriedades em mapas temáticos. Existe vocabulário especializado nas áreas do conhecimento acima citadas e a semântica é tratada nos processo de modelagem dos dados.

Iniciativas no Brasil no âmbito da Comissão Nacional de Cartografia (CONCAR) apontam grupos de trabalhos técnicos, onde um deles se ocupa com o estabelecimento de metadados associados às mapotecas cartográficas digitais. Discussões teóricas sobre padrões brasileiros existem e, no que se refere às bases cartográficas digitais federais, há ainda muito a progredir. Usuários de mapas digitais costumam desconhecer, por exemplo, que método foi usado para produzir dados relativos às coordenadas dos mapas. A estruturação e definição de metadados de imagens LANDSAT e CBERS, por exemplo, contribuirá para a comunidade científica se apoiar melhor no seu uso mais extensivo e, principalmente, em que resultados pode ela obter no mapeamento digital.

O sistema GPS no modo estático alcançou resultados satisfatórios na definição da configuração espacial das feições costeiras. A precisão de 1 a 3cm foi alcançada. Chegou-

se ao erro padrão máximo, após o ajustamento (tabela 12), de 0,022m na determinação da latitude e da longitude geodésica de estações. A precisão relativa mínima horizontal alcançada nos levantamentos foi de 1/116.043 e vertical foi de 1/565.461, equivalentes às bases de extensão aproximada de 8km e 4km, respectivamente. Esses resultados são muito satisfatórios, uma vez que as linhas representativas das feições costeiras de interesse foram plotadas sobre fotografias aéreas com resolução espacial não melhor do que 1m (tabela 21). Essa análise também se aplica às imagens de satélites dos sistemas orbitais LANDSAT (30m) e CBERS (20m), onde possuem resolução espacial muito superior ao erro padrão alcançado com o sistema GPS no modo relativo.

Para o mapeamento de feições do tipo dunas e perfis de praia, o sistema GPS, no modo relativo, pode ser substituído por técnicas topográficas apoiadas com estação total, com precisão milimétrica. Mesmo adotando o sistema GPS é possível alcançar precisão relativa horizontal, desde que a malha de pontos não tenha espaçamento inferior ao erro padrão.

O conjunto de tecnologias de geoprocessamento (SIG e GPS), associadas a técnicas de aquisição de dados por Sensoriamento Remoto e Fotogrametria permitem estabelecer metodologia eficiente no mapeamento digital. Agregado às essas tecnologias existem as bibliotecas digitais e os padrões de metadados que são ferramentas importantes no que diz respeito ao monitoramento de fenômenos costeiros e disseminação de resultados de seu comportamento espaço-temporal.

A tese aqui defendida tem apoio central no potencial dessas tecnologias na análise temporal de objetos do espaço geográfico e retratação de sua dinâmica, onde os mapas digitais contribuem de forma imperativa e expressiva no estabelecimento de parâmetros

métricos (morfometria). A metodologia aqui descrita é também extensiva aos mapeamentos de objetos em escalas médias, regionais. O que determinará o detalhamento do mapeamento a ser executado será o tipo de dado disponível e o padrão de qualidade a ser adotado.

OBRAS CITADAS

AL-TAHA, Khaled K.; SNOODGRASS, Richard T.; SOO, Michael D. *Bibliography on Spatialtemporal Databases*. In: SIGMOD RECORD, 1993. Anais..., 1993, v. 23, n° 1.

ALVES, Diógenes Salas. *Sistemas de Informação Geográfica*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 1, 1990, São Paulo. Anais..., EP/USP.

ANDERSON, Jean T.; STONEBRAKER, Michael. *Sequoia 2000 Metadata Schema for Satellite Images*. In: SIGMOD RECORD, 1994. Anais..., 1994. v. 23, n° 4.

ANDJELIC, T.; WORBOYS, M. *Version management for GIS in a distributed environment in Innovations in GIS 3*. In: *The Third National Conference on GIS Research UK (GISRUK)*, 1996, London (UK). Anais..., 1996. Taylor and Francis.

ANTENUCCI, J. C., BROWN, K., CROSWELL, P. L., KEVANY, M. J. *Geographic information system: a guide to technology*. Chapman & Hall, 1991.

ARONOFF, Stan. *Geographic information systems: a management perspective*. Ottawa: WDL Publications, 1989. 294 p.

BANCO de Dados Geodésicos: Estações Planimétricas. Departamento de Geodésia, Projeto Base de Dados do Sistema Geodésico Brasileiro. Rio de Janeiro: IBGE, 2003 p. 33.

BARRERA, Renato; FRANK, Andrew; AL-TAHA, Khaled K. *Temporal Relations in Geographic Information Systems: A Workshop at the University of Maine*. In: SIGMOD RECORD, 1991. Anais..., 1991, v. 20, n° 3.

BASE Cartográfica, GEROE. Grupo Executivo Para Recuperação e Obras de Emergência – Projeto Reconstrução. Escala 1/100.000. Rio de Janeiro: CIDE, 1995.

BASTOS, A. C. *Análise Morfodinâmica e Caracterização dos Processos Erosivos ao Longo do Litoral Norte-Fluminense, entre Cabiúnas e Atafona*, UFF, 1997. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geofísica Marinha). Universidade Federal Fluminense - UFF. Niterói, 1997.

BLOTT, S.; RELLY, L.; SCHEK, H. *An Open Abstract-Object Storage System*. In: SIGMOD RECORD'96, 1996. Montreal (Canadá), Anais..., meio digital, 1996, v. 1, p.1.

BLOTT, S.; VCKOVSKI, A. *Accessing Geographical Metafiles through a Database Storage System Lectures Notes in Computer Science 951*. In: PROCEEDINGS OF 4th INTERNATIONAL SYMPOSIUM - SSD'95, 1995. Portland, (USA), Anais..., meio digital, 1995, v.1, p. 1.

BORGES, Karla Albuquerque de Vasconcelos. *Modelagem de dados geográficos: uma extensão do modelo OMT para aplicações geográficas*. Escola de Governo de MG/FJP, 1997. 123 f. Dissertação (Mestrado em Administração Pública) – Escola de Governo de MG – Fundação João Pinheiro, Belo Horizonte, 1997.

BRAYNER, Ângelo R. A.; MEDEIROS, Cláudia Bauzer. *Incorporação do Tempo em um SGBD Orientado a Objetos*. In: 9º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE BANCOS DE DADOS, 1994. São Carlos. Anais..., meio digital, 1994, v. 1, p. 1.

BROWN, Robert; FLETCHER, Peter. Satellite images and GIS: making it work. *Revista Mapping Awareness*. Londres. v. 8, n° 10, dez. 1994.

BURROUGH, P. A. *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment*. Londres. Oxford University Press, 1986.

CADASTRAL Standards for the National Spatial Data Infrastructure. Federal Geographic Data Committee (FGDC) - Cadastral Subcommittee - Technical Advisory Group - U.S. Geological Survey. Reston: National Spatial Data Infrastructure, 1994.

CÂMARA, Gilberto et al. *Geoprocessamento: Teoria e Aplicações*, 1998. Disponível em <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/index.html>. Acesso em : 08 jun. 2000, 08:00.

CAVALCANTI, A. E. C.; SALGADO, A. C. *Um estudo para tratar a dimensão tempo em Sistemas de Bancos de Dados*. In: 9º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE BANCO DE DADOS, 1994. São Carlos (SP). Anais..., meio digital, 1994, v. 1, p. 1.

CHU, Wesley W.; IEONG, Ion T.; TAIRA, Ricky K. A Semantic Modeling Approach for Image Retrieval by Content. *VLDB Journal*. Ralf Hartmut Güting Editor, 1994, n° 3, 445-477 p.

COORDINATED spatial data infrastructure. U. S. Geological Survey (USGS). Washington: National Academy Press, 1991. 171 p.

CRISPIM, E. M. H. *Avaliação de Métodos para o Desenvolvimento de Software*. COPPE – UFRJ, 1991. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas e Computação). Programa de Engenharia de Sistemas e Computação – UFRJ. Rio de Janeiro, 1991.

DIAS, G. T. M.; SILVA, C. G.; MALSCHITZKY, I. H.; PIRMEZ, C. *A Frente Deltaica do Rio Paraíba do Sul – Fisiografia Submarina*. In: XXXIII CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 1984. Rio de Janeiro (RJ). Anais..., 1984. p. 1565-1575.

DIAS, Gilberto Tavares de Macedo; GORINI, M. A. *Evolution du complexe deltaïque du fleuve Paraíba do Sul – RJ Brésil*. In: 26º CONGRÈS GÉOLOGIQUE INTERNATIONAL, 1980, Paris (FRA). Resumo das Comunicações, n° de Seção 06, n° de ordem 0042.

DIAS, Gilberto Tavares de Macedo; GORINI, M. A. *Morfologia e dinâmica de evolução do delta atual do rio Paraíba do Sul*. In: V SEMANA DE GEOLOGIA - CEGEO, 1979, Rio de Janeiro (RJ). Anais da V Semana de Geologia – CEGEO, meio digital.

DIAS, Gilberto Tavares de Macedo; SILVA, C. G. ;MALSCHITZKY, I. H.; PIRMEZ, C. *A planície deltaica do rio Paraíba do Sul – seqüências sedimentares subsuperficiais*. In: XXXIII CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 1984, Rio de Janeiro (RJ). Anais do XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia, meio digital. V. 1, p. 1.

DIAS, Gilberto Tavares de Macedo; SILVA, Cleverson Guizan. *Exemplo de impacto causado por construções de estrutura rígida em área de intenso transporte litorâneo*. In: IX CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 2003, Recife (PE). Anais do IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, meio digital. V.1, p. 1-3.

EUROPEAN Committee for Standardization. *Geographic information – reference model*. Disponível em : <http://www.cen.gov>. Julho 1996.

EUROPEAN Committee for Standardization. *Geographic information – data description – spatial schema*. Disponível em : <http://www.cen.gov>. Novembro 1996.

EUROPEAN Committee for Standardization. *Geographic information – data description - quality*. Disponível em : <http://www.cen.gov>. Julho 1996.

EUROPEAN Committee for Standardization. *Geographic information – data description - metadata*. Disponível em : <http://www.cen.gov>. Julho 1996.

EUROPEAN Committee for Standardization. *Geographic information – data description - transfer*. Disponível em : <http://www.cen.gov>. Julho 1996.

EUROPEAN Committee for Standardization. *Geographic information – referencing - position*. Disponível em : <http://www.cen.gov>. Novembro 1996.

EUROPEAN Committee for Standardization. *Geographic information – processing – query and update*. Disponível em : <http://www.cen.gov>. Julho 1996.

EUROPEAN Committee for Standardization. *Geographic information – referencing – geographic identifiers*. Disponível em : <http://www.cen.gov>. Julho 1996.

FIGUEIREDO JR, Alberto Garcia de; RIBEIRO, Gilberto Pessanha; SANTOS, Ricardo Alvares dos; VASCONCELOS, Sérgio Cadena de; ALMEIDA, Anderson Gomes de; SILVA. *Placa informativa caminhos geológicos: processo de erosão marinha em Atafona, RJ*. In: 42º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 2004, Araxá (MG). Anais do 42º Congresso Brasileiro de Geologia, meio digital. 2004. v.1, p.1-1.

FIGUEIREDO JR, Alberto Garcia de; RIBEIRO, Gilberto Pessanha; VASCONCELOS, Sérgio Cadena de; SANTOS, Ricardo Álvares dos; ALMEIDA, Anderson Gomes de; SILVA, Corbiniano; SILVA, Cleverson Guizan; SILVA, Suzana Hinds Ferreira da; MOREIRA, Priscila Silva da Costa; GUIMARÃES, Maurício de Souza Dias. *Atafona: avaliação preliminar do processo de erosão costeira*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE OCEANOGRAFIA IOUSP, 2004, São Paulo (SP). Anais do II Simpósio Brasileiro de Oceanografia, meio digital. 2004. v.1, p.1-1.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. *Imagens de satélites para estudos ambientais*. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 97 p.

FONSECA, Ana Maria. *Utilização de imagens obtidas por satélites de detecção remota no planejamento e ordenamento do território*. In: CARTOGRAFIA E CADASTRO, 1994, Lisboa (Portugal). Anais do Cartografia e Cadastro, n° 1, p. 29-34.

GARDELS, Kenn. *The Sequoia model of geographic information*. In: GIS'93 SYMPOSIUM, 1993. Vancouver British Columbia. Anais..., meio digital, 1993, v. 1, p. 1.

GÜNTHER, Oliver. *Environmental Information Systems*. In: SIGMOD RECORD, 1997, Anais do SIGMOD Record, 1997, v. 26, n° 1, p. 3-4.

GÜNTHER, Oliver; VOISARD Agnes. *Metadata in geographic and environmental data management*. In: KLAS, W.; SHETH, A. *Managing Multimedia Data: Using Metadata to Integrate and Apply Digital Data*. McGraw Hill, 1997.

GÜTING, Ralf Hartmut. *An introduction to Spatial Database System*. *VLDB Journal*. n° 3, p. 357-399, 1994.

JACOBSON, B. M.; JENNINGS, G. D.; STALLINGS, C. *Multi-User / Multi-Purpose GIS Databases.Computers in Agriculture*. In: PROCEEDINGS OF THE 5th INTERNATIONAL CONFERENCE AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS, 1994. Orlando. Anais..., meio digital. 1994. v. 1, p. 1.

KUCERA, H. A.; CHIN, R. S.; JAMESON, C. L. *SAIF - Conceptualization to Realization*. In: GIS'93 SYMPOSIUM, 1993. Vancouver (Canada). Anais..., meio digital, 1993, v. 1, p. 1.

KUCERA, H. A.; SONDEHELM, M. *SAIF - Conquering space and time*. In: GIS'92 SYMPOSIUM, 1992. Vancouver British Columbia (Canada). Anais..., meio digital, 1992, v. 1, p. 1.

KUCERA, H.; SONDEHEIM, M.; VARMA, H.; KEIGHAN, E. *Spatial and temporal operators to extend SQL3*, 1994.

KUCERA, H.; SONDELM, M.; FRIESEN, P.; KEIGHAN. *Enhancements to SQL3 to satisfy geographic data requirements*. In: SQL/MM, 1993. Yokohama Meeting. Anais..., meio digital, 1993, v. 1, p. 1.

LEIVESLEY, Denise; MASSER, Ian. An overview of geographic information in Europe Part 1: Topographical data. *Revista Mapping Awareness*. Londres. v. 7, n° 10. dez. 1993.

LEIVESLEY, Denise; MASSER, Ian. An overview of geographic information in Europe Part 2: Availability and content of data. *Revista Mapping Awareness*. Londres. v. 8, n° 1. fev. 1994.

LEIVESLEY, Denise; MASSER, Ian. An overview of geographic information in Europe Part 3: Access and pricing. *Revista Mapping Awareness*. Londres. v. 8, n° 2. mar. 1994.

LIMA, Obéde Pereira de; PHILIPS, Ing. Jürgen; CORDINI, Jucilei. *Localização geodésica da linha da preamar média de 1831 – LPM/1831, com vistas a demarcação dos terrenos de marinha e seus acrescidos*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO, 2002, Florianópolis. Anais COBRAC 2002, Meio digital.

LU, Hongjun; Ooi, Beng-Chin & Tan, Kian-Lee *Efficient Image Retrieval by Color Contents* Santa Barbara, 1993.

MANUAL técnico de uso da terra. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Primeira Divisão de Geociências do Nordeste. Rio de Janeiro: IBGE, 1999. 58 p.

MAPEAMENTO em Atafona. *Folha da Manhã*. Campos dos Goytacazes, 05 mar. 2004. Caderno Regiões.

MAR de Atafona ameaça prédio da PM e caixa d'água que abastece veranistas. *O Globo*. Campos dos Goytacazes, 27 jan. 2004.

MARQUES, Fabrício. As praias perdidas: erosão e recuo do mar redesenham o litoral brasileiro. *Boletim da FAPESP*. São Paulo: FAPESP, n° 92, p. 46-51, out. 2003.

MARTIN D. *Geographic Information Systems and their Socioeconomic Applications*. New York: Routledge, 1991.

MARTIN, Louis et al. *Geologia do quaternário costeiro do litoral norte do Rio de Janeiro e do Espírito Santo*. Belo Horizonte: CPRM, 1997. 112 p.

MEDEIROS, Claudia Bauzer; PIRES, Fátima. *Databases for GIS*. In: SIGMOD RECORD, 1994. Anais..., 1994, v. 23, n° 1.

MEDIANO, Maurício R.; CASANOVA, Marco A.; DREUX, Marcelo. *A Family of Storage Methods for Geographic Data*. In: 9º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE BANCOS DE DADOS. 1994, São Carlos (SP). Anais..., meio digital, 1994, v.1, p. 1.

MENESES, Paulo Roberto; NETTO, José da Silva Madeira. *Sensoriamento remoto: reflectância dos alvos naturais*. Brasília – DF: Unb; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. 262 p.

MONICO, J. F. G. *Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS: Descrição, fundamentos e aplicações*. São Paulo: Ed. UNESP, 2000.

MOURA, Ana Clara Mourão. *Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano*. Belo Horizonte: Ed. da autora, 2003. 294p.

MOURA, Maria Clara Mourão. *Cartografia aplicada às análises urbanas*. In: XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 1993, Rio de Janeiro (RJ). Anais..., meio digital, 1993, v. 1, p. 1.

MUEHE, D. *Definição de limites e tipologias da orla sob os aspectos morfodinâmicos e evolutivo*. In: PROJETO ORLA: SUBSÍDIOS PARA UM PROJETO DE GESTÃO. Brasília: MMA/SQA; Brasília: MP/SPU, 2004. 101 p.

NASA. *Landsat 7 – Science data users handbook*. Disponível em: http://ltpwww.gsfc.nasa.gov/IAS/handbook/handbook_toc.html. Acesso em: 14 dez. 2000.

NOVO, Evlyn M. L. de Moraes. *Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações*. São Paulo. Edgard Blücher Ltda., 1993. 2ª ed.

PEUQUET, Donna J.; MARBLE, Duane F. *Introductory readings in Geographic Information Systems*. Santa Bárbara, Taylor & Francis, 1990.

PROJETO INFOCAR. Departamento de Cartografia do IBGE. Rio de Janeiro: IBGE/ DECAR, 1994.

RAMIREZ, M. R. *Sistemas gerenciadores de banco de dados para geoprocessamento*. Dissertação de Mestrado. COPPE/Engenharia de Sistemas e Computação. 1994. UFRJ.

REBÊLO, L. P.; BRITO, P. O.; MONTEIRO, J. H. Monitoring the Cresmina dune evolution (Portugal) using differential GPS. *Journal of Coastal Research, Special Issue 26*. Northern Ireland: Editora. n° 36 p.591-604. 2002.

RIBEIRO, Gilberto Pessanha. *Descrição e documentação de bases de dados geográficas por meio do estabelecimento de Metadados Geoespaciais Digitais*. In: II CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO, 1996. Florianópolis (SC). Anais..., 1996. p. 131-142.

RIBEIRO, Gilberto Pessanha. *Metadados Geoespaciais Digitais*. In: II WORKSHOP SOBRE BANCO DE DADOS NÃO CONVENCIONAIS – UFF, 1995. Niterói (RJ). Anais..., 1995. p. 21-23.

RIBEIRO, Gilberto Pessanha. *Metadados Geoespaciais Digitais: um Caso Brasileiro de Bancos de Dados Federais*. In: III CONGRESSO E FEIRA PARA USUÁRIOS DE GEPROCESSAMENTO - GISBRASIL'97, 1997. Curitiba (PR). Anais..., 1997.

RIBEIRO, Gilberto Pessanha. Padronização da informação geográfica e metadados geoespaciais digitais. *Geographia, Revista da Pós-graduação em Geografia da UFF*. Niterói: Programa de Pós-graduação em Geografia da UFF, Ano IV, No. 7, 2004, p. 100-116.

RIBEIRO, Gilberto Pessanha. Tecnologias digitais de geoprocessamento: sistemas de informação geográfica (SIG). In: ARCHELA, Rosely S.; FRESCA, Tânia M.; SALVI, Rosana F. *Novas Tecnologias*. Londrina: Ed. UEL, 2001. 150 p. Cap. 1, p. 1-12.

RIBEIRO, Gilberto Pessanha; FIGUEIREDO JR, Alberto Garcia de; VASCONCELOS, Sérgio Cadena de; SANTOS, Ricardo Alvares dos; PEREIRA, Aline Paraná; PINNA, Bruno Garbéro; SOUSA, Cintia Faria de; ALMEIDA, Anderson Gomes de. *Cadastro de possíveis novas perdas imobiliárias na frente erosiva ativa costeira em Atafona, São João da Barra (RJ), através de medições da posição espacial das construções e do seu registro fotográfico*. In: VI CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO E GESTÃO TERRITORIAL, 2004. Florianópolis (SC). Anais do VI Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário e Gestão Territorial, meio digital, 2004, v.1, p.1-1.

RIBEIRO, Gilberto Pessanha; MATTOSO, M. L. Q. *Bancos de Dados de Imagem: aspectos sobre armazenamento e recuperação de dados*. Rio de Janeiro: COPPE / UFRJ. 1995.

RIBEIRO, Gilberto Pessanha; MATTOSO, Marta Lima de Queirós. *Bancos de Dados de Imagens de Satélite: aspectos sobre Metadados e Análise Temporal*. In: VIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 1996. Salvador (BA). Anais..., 1996.

RIBEIRO, Gilberto Pessanha; ROSAS, Reiner Olíbano; FIGUEIREDO JR, Alberto Garcia de; VASCONCELOS, Sérgio Cadena de; SANTOS, Ricardo Alvares dos; ALMEIDA, Anderson Gomes de. *Tecnologias digitais de geoprocessamento no suporte à avaliação do processo de erosão costeira em Atafona, São João da Barra (RJ)* In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OCEANOGRAFIA, 2004. Itajaí (SC). Livro de resumos do Congresso Brasileiro de Oceanografia, 2004. v.1, p. 389.

RODRIGUES, Marcos. *Geoprocessamento*. USP, 1990. Tese de Livre Docência - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.

SAIF Toolkit API Programmer's Reference Manual Release 0.9. Surveys and Resource Mapping Branch Ministry of Environment. Lands and Parks British Columbia: Safe Software Inc., 1994.

SALZBERG, Betty; Lomet, David B. *Spatial Database Access Methods*. In: SIGMOD RECORD, 1991. Anais..., 1991.v. 20 n° 3.

SAMET, Hanan; AREF, Walid G. *Spatial Data Models and Query Processing*. Ottawa, 1994.

SANTOS, C. C. C.; AZEVEDO, J. B.; SANTOS, R. B. S. *Levantamento Cinemático Utilizando o Rastreador de Satélites Reliance (Ashtech)*. UERJ, 2000. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Cartográfica) Curso de Engenharia Cartográfica, Departamento de Engenharia Cartográfica, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.

SANTOS, Ricardo Alvares dos; FIGUEIREDO JR, Alberto Garcia de; RIBEIRO, Gilberto Pessanha; SILVA, Cleverson Guizan; VASCONCELOS, Sérgio Cadena de; ALMEIDA, Anderson Gomes de; SILVA, Corbiniano; SILVA, Suzana Hinds Ferreira da; MOREIRA, Priscila Silva da Costa; GUIMARÃES, Maurício de Souza Dias; PEREIRA, Aline Paraná; PINNA, Bruno Garbéro; SOUSA, Cintia Faria. *Mapeamento cartográfico e geomorfológico da evolução do processo de erosão costeira em Atafona e Grussaí, São João da Barra*. In: V SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 2004, Santa Maria (RS) Anais do V Simpósio Nacional de Geomorfologia, meio digital. 2004. v.1, p.1-1

SANTOS, Ricardo Alvares dos; FIGUEIREDO JR, Alberto Garcia de; RIBEIRO, Gilberto Pessanha; SILVA, Cleverson Guizan; VASCONCELOS, Sérgio Cadena de; ALMEIDA, Anderson Gomes de. *Mapas de erosão e progradação da linha de costa no trecho entre Atafona e Grussaí*. Relatório técnico parcial do projeto *Atafona, RJ: avaliação do processo de erosão marinha*, CNPq. UFF. 2005.

SEABORN, D. Database Management in GIS: is your system a poor relation? *GIS Europe*. London: June 1995.

SILVA, Jorge Xavier da; SAITO, Carlos Hiroo; FILHO, João Rocha Braga; OLIVEIRA, Osmar Moreira; PINHEIRO, Nelson Felipe. Um Banco de Dados Ambientais para a Amazônia. *Revista Brasileira de Geografia*. Rio de Janeiro. jul/set 1991.

SMITH, T. R. *Alexandria Project*. Santa Barbara (USA): University of California, 1995.

SNODGRASS, Richard. *Temporal Object-Oriented Databases: A Critical Comparison*. Part 1 / Next-Generation Database Technology. London: Taylor & Francis, 1994.

SOO, Michael D. *Bibliography on Temporal Databases*. In: SIGMOD RECORD, 1991. Anais..., 1991. v. 20, n° 1.

SPATIAL Archive and Interchange Format (SAIF): Formal Definition. Release 3.1 Reference Series Volume 1 - Surveys and Resource Mapping Branch - Ministry of Environment, Lands and Parks (MELP). Province of British Columbia (Canada): MELP, 1994.

STRAUCH, Julia Célia Mercedes; SOUZA, Jano Moreira de. *Uma metodologia para a implantação de sistemas de informações geográficas*. In: NAJAR, Alberto Lopes; MARQUES, Eduardo César. *Saúde e Espaço: estudos metodológicos e técnicas de análise*. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 1998. 276 p. Parte II, Cap. 5, p. 109-123.

SUGUIO, K. *Dicionário de Geologia Marinha* T.A. Rio de Janeiro: Queiroz Editora, 1992.

VASCONCELOS, Sérgio Cadena de; FIGUEIREDO JR, Alberto Garcia de; RIBEIRO, Gilberto Pessanha; SILVA, Cleverson Guizan; ALMEIDA, Anderson Gomes de; SANTOS, Ricardo Alvares dos; SILVA, Corbiniano; SILVA, Suzana Hinds Ferreira da; MOREIRA, Priscila da Silva Costa; GUIMARÃES, Maurício de Souza Dias; PEREIRA, Aline Paraná; PINNA, Bruno Garbéro; SOUSA, Cintia Faria de. *Análise da erosão costeira em Atafona, São João da Barra (RJ), através de medições periódicas da linha d'água e da falésia ativa*. In: 42º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 2004, Araxá (MG). Anais do 42º Congresso Brasileiro de Geologia, meio digital. 2004. v.1, p.1-2.

VASCONCELOS, Sérgio Cadena de; FIGUEIREDO JR, Alberto Garcia de; RIBEIRO, Gilberto Pessanha; SILVA, Cleverson Guizan; ALMEIDA, Anderson Gomes de; SANTOS, Ricardo Alvares dos. *Mapas de ilhas vetorizadas na foz do rio Paraíba do Sul*. Relatório técnico parcial do projeto *Atafona, RJ: avaliação do processo de erosão marinha*, CNPq. UFF. 2005.

WEBER, E. J.; LISBOA FILHO, J.; IOCHPE, C.; HASENACK, H.. *Geospatial metadata in Brazil: an experience with a environmental GIS application*. In: CONGRESSO E FEIRA INTERNACIONAL DE GEOTECNOLOGIAS, 1998. Lisboa (Portugal). Anais do Congresso e Feira Internacional de Geotecnologias, meio digital. 1998. v. 1, p. 1-6.

WORBOYS, M. F.; DEEN, S. M. *Semantic Heterogeneity in Distributed Geographic Databases*. In: SIGMOD RECORD, 1991. Anais..., 1991. v. 20, n° 4.

OBRAS CONSULTADAS

ALMEIDA, Anderson Gomes de. *Avaliação do processo de erosão costeira em Atafona, São João da Barra (RJ)*. In: IX SEMANA DE EXTENSÃO DA UFF, 2004. Niterói (RJ). Anais da Agenda Acadêmico-Científica da Universidade Federal Fluminense, meio digital, 2004, v.1, p. 1-1.

ALMEIDA, Anderson Gomes de; FIGUEIREDO JR, Alberto Garcia de; RIBEIRO, Gilberto Pessanha; SILVA, Cleverson Guizan; SANTOS, Ricardo Alvares dos; VASCONCELOS, Sérgio Cadena de; SILVA, Suzana Hinds Ferreira da; SILVA, Corbiniano; MOREIRA, Priscila da Silva Costa; GUIMARÃES, Maurício de Souza Dias. *Radiometria e minerais pesados associados á erosão costeira, Atafona, São João da Barra (RJ)*. In: 42° CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 2004, Araxá (MG). Anais do 42° Congresso Brasileiro de Geologia, meio digital. 2004. v.1, p.1-2.

ALMEIDA, Luís Fernando Barbosa de. *A metodologia de disseminação da informação geográfica e os metadados*. UFRJ/IGEO, 1999. 181 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia/ Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1999.

ALVES, André Luis Reis. *Levantamento das características geomorfológicas de Atafona*. UFRJ/PPGG, 2001. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) Curso de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2001.

ASSAD, Eduardo Delgado; SANO, Edson Eyji. *Sistemas de informações geográficas: Aplicações na agricultura*. 2.ed., rev. e ampl. Brasília: Embrapa - SPI; Embrapa – CPAC, 1998. 434 p.

BANCO DE DADOS ORIENTADOS A OBJETOS E SUAS PRINCIPAIS FUNCIONALIDADES. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ. 1995, p. 1-43. Novembro 1995.

BANCO DE DADOS ORIENTADOS A OBJETOS: APLICAÇÕES EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ. 1996, p. 1-62. Junho 1996.

BANCOS DE DADOS DE IMAGENS DE SATÉLITES ARTIFICIAIS. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ. 1996, p. 2-32. Agosto 1995.

BERNHARDSEN, Tor. *Geographic information systems*. Arendal: Viak IT, 1992. 318 p.

BIDEGAIN, Paulo; BIZERRIL, Carlos; SOFFIATI, Arthur. *Lagoas do norte fluminense*. Rio de Janeiro: Semads, 2002. 148 p.

BIZERRIL, Carlos Roberto S. Fontenelle; TOSIN, Paulo César; ARAÚJO, Lígia Maria Nascimento de. *Contribuição ao conhecimento da bacia do rio Paraíba do Sul: coletânea de estudos*. Rio de Janeiro: ANEEL: CPRM, 1998. 128 p.

CARNEIRO, Paulo Roberto Ferreira. *Dos pântanos à escassez: uso da água e conflito na Baixada dos Goytacazes*. São Paulo: Annablume; Rio de Janeiro: Coppe/UFRJ, 2003. 136 p.

CASSAR, João Cláudio Martins. *Estudo de transporte litorâneo na costa norte fluminense*. UFRJ, 1990. 104 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1990.

CASTIGLIONE, Luiz Henrique Guimarães. *Uma viagem epistemológica ao geoprocessamento*. ENCE, 2003. 271 f. Dissertação (Mestrado em Estudos Populacionais e Pesquisas Sociais na Área de Concentração em Produção e Análise da Informação Geográfica) – Escola Nacional de Ciências Estatísticas, Rio de Janeiro, 2003.

CASTRO, Iná Elias de; GOMES, Paulo César da Costa; CORRÊA, Roberto Lobato. *Geografia: conceitos e temas*. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. 352 p.

CATTELL, R. G. G. *Object Data Management: Object-Oriented and Extended Relational Database Systems*. Londres. Addison-Wesley Publishing Company, 1994.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. *Geomorfologia*. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. 188 p.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. *Modelagem de sistemas ambientais*. São Paulo: Edgard Blücher, 1999. 236 p.

COLEÇÕES Perfis Municipais – Rio de Janeiro: São João da Barra. Governo do Estado do Rio de Janeiro. Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação. Rio de Janeiro: CIDE, 1989. 38 p.

CONTENT Standards for Digital Geospatial Metadata. Federal Geographic Data Committee - U.S. Geological Survey. Reston: National Spatial Data Infrastructure, 1994.

CONTENT Standards for Digital Geospatial Metadata Workbook. Federal Geographic Data Committee - U.S. Geological Survey. Reston: National Spatial Data Infrastructure, 1995. 150 p.

CORRÊA, Roberto Lobato. *Região e organização espacial*. 7.ed , 2. impr. São Paulo: Ática, 2002. (Série Princípios). 93 p.

COSTA, Georgiane. *Caracterização histórica, geomorfológica e hidráulica do estuário do rio Paraíba do Sul*. COPPE/UFRJ, 1994. 107 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Oceânica) – Programa de Pós-graduação em Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1994.

CRÓSTA, Alvaro Pentead. Século XXI em alta resolução. *Investigación*. Madri, 1997. N° 7, p. 26-28.

CUNHA, Sandra Baptista da; GERRA, José Teixeira. *A questão ambiental: diferentes abordagens*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. 248 p.

CUNHA, Sandra Baptista da; GERRA, José Teixeira. *Avaliação e perícia ambiental*. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002. 294 p.

DUARTE, Elvino Dias. *A cartografia e o ordenamento do território*. In: CARTOGRAFIA E CADASTRO, 1994, Lisboa (Portugal). Anais do Cartografia e Cadastro, n° 1, p. 35-47.

DUARTE, O. O. *Dicionário Enciclopédico Inglês-Português de Geofísica e Geologia*. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geofísica, 1997.

EROSÃO marítima em Atafona será estudada. *Folha da Manhã*. Campos dos Goytacazes, 12 nov. 2003. Caderno Regiões.

ESPIAGO, Javier. Valorización de los SIG como Tecnologia Informática. *Cartografia e Cadastro*. Lisboa. Instituto Português de Cartografia e Cadastro, 1994, n° 1.

ETTER, T. *Geospatial Metadata: Standards and Storage-Mangement Considerations* Diplomarbeit WS 94/95. Zürich, 1995.

FERREIRA, Nelson Jesus. *Aplicações ambientais brasileiras dos satélites NOAA e Tiros-N*. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 271 p.

FOTHERINGHAM, Stewart. *Spatial analysis and GIS*. Londres: Taylor & Francis, 1994. 281 p.

GOODCHILD, Michael F.; KEMP, Karen K. *Application issues in GIS*. Santa Barbara: National Center for Geographic Information and Analysis, 1991.

GOODCHILD, Michael F.; KEMP, Karen K. *Introduction to GIS*. Santa Barbara: National Center for Geographic Information and Analysis, 1991.

GOODCHILD, Michael F.; KEMP, Karen K. *Technical issues in GIS*. Santa Barbara: National Center for Geographic Information and Analysis, 1991.

GUIDELINES for Implementing the National Geospatial Data Clearinghouse: version 1.0. Federal Geographic Data Committee - U.S. Geological Survey. Reston: National Spatial Data Infrastructure, 1994.

HIDORE, John J.; ROBERTS, Michael C. *Physical geography: a laboratory manual*. 4. ed. New York: Macmillan Publishing Company, 1990. 268 p.

HURN, Jeff. *Differential GPS Explained: an exposé of the surprisingly simple principles behind today's most advanced positioning technology*. Sunnyvale: Trimble Navigation Ltd., 1993. 55 p.

HURN, Jeff. *GPS: a guide to the next utility*. Sunnyvale: Trimble Navigation Ltd., 1989. 76 p.

INTEROPERABILIDADE ENTRE BASES DE DADOS HETEROGÊNEAS E DISTRIBUÍDAS. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ. 1996, p. 4-54. Janeiro 1996.

INTRODUÇÃO ao processamento digital de imagens. IBGE / Primeira Divisão de Geociências do Nordeste. Rio de Janeiro: IBGE, 2001. 94 p.

INTRODUÇÃO ao SPRING: transparências. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos: DPI-INPE, 2004. 62 p.

INTRODUÇÃO ao SPRING: tutorial – apostila teórica. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos: DPI-INPE, 2004. 118 p.

INTRODUÇÃO ao SPRING: tutorial – exercícios práticos. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos: DPI-INPE, 2004. 118 p.

KJERFVE, Björn. Variação relativa do nível do mar. *Ciência Hoje*. Rio de Janeiro: SBPC, v. 14, n° 81, p. 60-65. 1992.

KRUEGER, C. P.; CENTENO, J. A.; MITSHTA, E. A.; VEIGA, L. A. K.; FILHO, C. A. Z.; JUBANSKI, J. J. & URAKAWA, M. J. *Determinação da linha de costa na região de Matinhos (PR) através de diferentes métodos*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOMÁTICA, 2002. Anais..., 2002 p. 206-211.

LAWRENCE, George Richard Peter. *Cartographic methods*. 2. ed. New York: Methuen & Co., 1971. 153 p.

LISBOA FILHO, J; IOCHPE, C; HASENACK, H; WEBER, E. J. *Modelagem Conceitual de Bancos de Dados Geográficos: o estudo de caso do Projeto PADCT/CIAMB*. In: ENERGIA E MEIO AMBIENTE: A QUESTÃO DO CARVÃO NO RIO GRANDE DO SUL, 1999. Porto Alegre, UFRGS. Editora da Universidade. Anais... v.1, p. 1-17.

MAGUIRE, David J., GOODCHILD, Michael F. *Geographical information systems: principles and applications*. Vol. 2, New York: Longman Scientific & Technical, 1991. 447 p.

METADADOS GEOESPACIAIS DIGITAIS. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ. 1997, p. 2-69. Dezembro 1996.

MIRANDA, Luiz Bruner de; CASTRO, Belmiro Mendes de; KJERFVE, Björn. *Princípios de oceanografia física de estuários*. São Paulo: Edusp, 2002. 414 p.

MODERNIZAÇÃO NO PROCESSO DE PRODUÇÃO CARTOGRÁFICA DIANTE DE NOVAS TECNOLOGIAS. UM ESTUDO INTRODUTÓRIO ABORDANDO A

QUALIFICAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ. 1994, p. 2-28. Setembro 1994.

MORAES, Antonio Carlos Robert. *Contribuições para a gestão da zona costeira do Brasil: elementos para uma geografia do litoral brasileiro*. São Paulo: Ed. Hucitec; Edusp, 1999. 229 p.

MOREIRA, Ruy. As categorias espaciais da construção geográficas das sociedades. *Geographia, Revista da Pós-graduação em Geografia da UFF*. Niterói: Programa de Pós-graduação em Geografia da UFF, Ano III, No. 5, p. 19-41.

MORETTI, Edmar. *Documentação de banco de dados geográficos*. Disponível em <http://www.fatorgis.com.br>. Abril 1998.

MURRAY, Dom; LUTZ, Dale. *SAIF: An Object Oriented Archival and Interchange Format for the future*. Ottawa, Safe Software Inc., 1994.

NETO, José Antônio Baptista; PONZI, Vera Regina Abelin; SICHEL, Suzana Eleonora. *Introdução à geologia marinha*. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. 279 p.

NOÇÕES básicas de cartografia / Departamento de Cartografia. Rio de Janeiro: IBGE, 1999. 130 p.

NORONHA, João. *Uma dama chamada Atafona*. São João da Barra: Cultura Goitacá, 2003. 120 p.

PELUZO, Eduardo Heleno e Luiza. A força “quase” implacável da natureza. *Momento UFF*, Niterói, Outubro 2004, p. 4-5.

PEREIRA, Adriana Castreghini de Freitas. *Aplicação do Programa SPRING (INPE) no mapeamento de informações turísticas – o caso do município de São Sebastião, litoral norte do Estado de São Paulo*. UFPN, 1998. 123 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Curso de Pós-graduação em Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.

PONTUSCHKA, Nídia Nacib; OLIVEIRA, Ariovaldo Umbelino de. *Geografia em perspectiva: ensino e pesquisa*. São Paulo: Contexto, 2002. 383 p.

PROJETO Orla: Fundamentos para a gestão integrada. Brasília: MMA/SQA; Brasília: MP/SPU, 2002. 78 p.

PROJETO Orla: manual de gestão. Brasília: MMA/SQA; Brasília: MP/SPU, 2002. 96 p.

RABENHORST, Thomas D.; MCDERMOTT, Paul D. *Applied cartography: source materials for mapmaking*. Ohio: Merrill Publishing Company, 1989. 142 p.

RELIANCE Workabout: Manual de Operação de Campo. Ashtech. Rio de Janeiro: Ashtech Inc., 1997. p. 7-52.

RIBEIRO, Gilberto Pessanha. *Bancos de Dados de Imagens de Satélite: aspectos sobre Armazenamento, Recuperação de Dados e Linguagens de Consulta*. In: XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 1995. Salvador (BA). Anais..., 1995, v. 4, p. 1031-1041.

RIBEIRO, Gilberto Pessanha. *Metadados geoespaciais digitais e bibliotecas cartográficas digitais*. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NOVAS TECNOLOGIAS DIGITAIS EM GEOGRAFIA E CARTOGRAFIA (GEODIGITAL'96), 1996. São Paulo. Anais..., meio digital, 1996.

RIBEIRO, Gilberto Pessanha. Aspectos sobre bancos de dados com capacidade de armazenar e recuperar imagens de satélites artificiais obtidas por técnicas de sensoriamento remoto. *Cadernos de Seminário de Campos Temáticos*. Niterói: Programa de Pós-graduação em Geografia – PPGEO-UFF, Ano 1, No. 1, p. 95-107. 2003

RIBEIRO, Gilberto Pessanha. *Bancos de Dados de Imagem: Metadados e Análise Temporal*. Rio de Janeiro: COPPE / UFRJ, 1995.

RIBEIRO, Gilberto Pessanha. *Bancos de Dados de Imagens de Satélite*. Rio de Janeiro: COPPE / UFRJ, 1995.

RIBEIRO, Gilberto Pessanha. *Documentação de bases de dados geográficas digitais*. In: IV ENCONTRO DO INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE, 1996. Niterói (RJ). Anais..., 1996.

RIBEIRO, Gilberto Pessanha. *Mapeamento cartográfico aplicado ao monitoramento da erosão costeira*. In. AGENDA ACADÊMICO-CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE (Mini-curso). Anais da Agenda Acadêmico-Científica da Universidade Federal Fluminense, meio digital, 2004, v.1, p. 1-1.

RIBEIRO, Gilberto Pessanha. *Metadados Geoespaciais Digitais*. In: ENCONTRO NACIONAL DE PRODUTORES E USUÁRIOS DE INFORMAÇÕES SOCIAIS, ECONÔMICAS E TERRITORIAIS - III CONFERÊNCIA NACIONAL DE GEOGRAFIA E CARTOGRAFIA, 1996. Rio de Janeiro (RJ). Anais..., 1996. v. 1, ST58.

RIBEIRO, Gilberto Pessanha. *Metadados Geoespaciais Digitais*. In: I SEMANA ESTADUAL DE GEOPROCESSAMENTO/RJ - I SEGeo-RJ, 1996. Rio de Janeiro (RJ). Anais..., 1996. p. 348-363.

RIBEIRO, Gilberto Pessanha. *Sistemas de Informação Geográfica: alguns conceitos básicos e aplicações*. In: IV ENCONTRO DO INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE - GEOUFF'96, 1996. Niterói (RJ). Anais..., 1996. 46p.

RIBEIRO, Gilberto Pessanha; MATTOSO, Marta Lima de Queirós. *Bancos de Dados Orientados a Objetos em Aplicação Não Convencional: Sistemas de Informação Geográfica*. In: III ENCONTRO DO INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE - GEOUFF'94, 1994. Niterói (RJ). Anais..., 1994. p. 27-30.

RIBEIRO, Gilberto Pessanha; MATTOSO, Marta Lima de Queirós; PIRES, Paulo de Figueiredo; LINO, Sandra Martins. *Um Estudo de Caso com Sistema de Banco de Dados Orientado a Objetos em Aplicações Geográficas*. In: II CONGRESSO E FEIRA PARA USUÁRIOS DE GEOPROCESSAMENTO - GISBRASIL'96, 1996. Curitiba (PR). Anais..., 1996. p. 891-900.

RIBEIRO, Gilberto Pessanha; Souza, J.M; Freitas, A. L. B. *Digital geospatial metadata: a Brazilian case of federal database*. In: PROC. 1th IEEE METADATA CONFERENCE, 1996. Maryland. Anais do Proc. 1th IEEE Metadata Conference, meio digital, 1996. v. 1, p. 1-1.

RIBEIRO, Gilberto Pessanha; SOUZA, Jano Moreira de. *Padrões de Conteúdo para Metadados Geoespaciais Digitais*. In: XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 1995. Salvador (BA). Anais..., 1995. p. 1014-1021, v. 4.

RITCHIE, W.; TAIT, D. A.; WRIGHT, R. *Mapping for field scientists: a problem-solving approach*. Vancouver: Douglas David & Charles Limited, 1977. 327 p.

ROBINSON, I. S., GUYMER, T. Observing Oceans from Space. In: SMMERHAYES, C. P.; THORPE, S. A. *Oceanography: an illustrated guide*. London: Manson Publishing, 1996. 352 p. Cap. 5, p. 69-88.

ROCHA, César Henrique Barra. *GPS de navegação: para mapeadores, trilheiros e navegadores*. Juiz de Fora: Ed. Autor, 2003. 124 p.

ROSS, Jurandy Luciano Sanches. *Geomorfologia: ambiente e planejamento*. 7. ed. São Paulo: Contexto, 2003. (Repensando a Geografia). 85 p.

SANTOS, Milton. *A natureza do espaço, técnica e tempo, razão e emoção*. São Paulo: HUCITEC, 1996.

SANTOS, Milton. *Espaço e método*. 4. ed. São Paulo: Nobel, 1997. 89 p.

SARTORI, Maria da Graça Barros; MÜLLER FILHO, Ivo Lauro. *Elementos para a interpretação geomorfológica de cartas topográficas: contribuição à análise ambiental*. Santa Maria: Ed. da UFSM, 1999. 95 p.

SCHOWENGERDT, Robert A. *Techniques for image processing and classification in remote sensing*. Londres. Academic Press, 1983.

SILVA, Alexandre Marco; SCHULZ, Harry Edmar; CAMARGO, Plínio Barbosa. *Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas*. São Carlos: RiMa, 2003, 2004. 140 p.

SONDHEIM, Mark. *Modelling the Real World*. In: GIS'93 SYMPOSIUM, 1993. Vancouver (Canadá). Anais..., 1993.

SOUZA, J. M.; RAMIREZ, M.; FERRARI, R.; DUARTE, M. P. C. *Uma arquitetura organizacional para Sistemas de Informações Geográficas Orientados a Objetos*. In: IV CONFERÊNCIA LATINOAMERICANA SOBRE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICAS E II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO - EP/USP, 1993. São Paulo. Anais..., meio digital, 1993, v. 1, p. 1.

SOUZA, José Gilberto de, KATUTA, Ângela Massumi. *Geografia e conhecimentos cartográficos: a cartografia no movimento de renovação da geografia brasileira e a importância do uso de mapas*. São Paulo: Ed. UNESP, 2001. 162 p.

SPOT Image. *The catalogue of SPOT products and services*. Toulouse: Centre National d'Estudes Spatiales (CNES), 1989. 54 p.

SPOT: management and decision making tool. Paris: Centre National d'Estudes Spatiales, 1989. 43 p.

STAR, Jeffrey; ESTES, John. *Geographic information systems: an introduction*. New Jersey: Prentice-Hall, 1990. 301 p.

STRAUCH, J. C. M.; MATTOSO, M. L. Q.; SOUZA, J. M. *Interoperabilidade de bases de dados espaciais heterogêneas e distribuídas*. In: I SEMANA ESTADUAL DE GEOPROCESSAMENTO/RJ - I SEGeo-RJ, 1996. Rio de Janeiro. Anais..., meio digital, 1996, v. 1, p. 1.

SUGUIO, Kenitiro. *Rochas sedimentares: propriedade, gênese, importância econômica*. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. 500 p.

SUMMERHAYES, C. P.; THORPE, S. A. *Oceanography – An illustrated guide*. London: Manson Publishing, 1996. 352 p.

TEIXEIRA, Wilson et al. *Decifrando a Terra*. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. 568p.

THE Open Geodata Interoperability Specification Draft Base Document - OGIS Project Document 94-025. Washington: Jurt A. Buehler, 1994.

THE Open Geodata Interoperability Specification Version 1, Draft 1. Washington: Jurt A. Buehler, 1994.

TOWARDS a Coordinated Spatial Data Infrastructure for the Nation. Mapping Science Committee (MSC). Washington, 1991.

UM atlas vai mostrar o vaivém do litoral brasileiro. *O Estado de São Paulo*. São Paulo, 20 jul. 2004. Geral: Ambiente.

UNDERSTANDING GIS: the ARC/INFO method. Environmental Systems Research Institute. Redlands: ESRI, 1990. 411 p.

VOCABULÁRIO básico de recursos naturais e meio ambiente / IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro: IBGE, 2002. 300 p.

WORRALL, Les. GIS, spatial analysis and public policy. *Revista Mapping Awareness*. Londres. v. 8, n° 5. July 1994.

WORTMAN, Kathryn C. Developing Standards for a National Spatial Data Infrastructure. *Journal of American Congress on Surveying and Mapping: Cartography and Geographic Information Systems*. Bethesda: American Congress on Surveying and Mapping, v. 21, n° 3, p. 132-135. 1994.