BASE DE DADOS ESPACIAIS APLICADA A EROSÃO COSTEIRA

CAIO CÉSAR DE ARAÚJO BARBOSA [1]
HEWERTON ALVES DA SILVA [2]
LUCILENE ANTUNES CORREIA MARQUES DE SÁ [3]
JOSÉ LUIZ PORTUGAL [4]

[3, 4] Universidade Federal de Pernambuco - UFPE
Centro de Tecnologia e Geociências - CTG
Departamento de Engenharia Cartográfica – DECart
Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação – PPGCGTG
[1, 2] Curso de Bacharelado em Geografia
[1] caio.barbosa@ufpe.br; [2] he.wasufpe@gmail.com; [3] lacms@ufpe.br; [4] portugal@rce.neoline.com.br

RESUMO – O recolhimento e a gerência de dados sobre erosão costeira para a construção de uma base de dados espaciais é de fundamental importância no monitoramento das mudanças na linha de costa, um fenômeno de potencial impacto econômico, devido à densidade populacional dessas áreas. A pesquisa desenvolvida aqui, visa à construção de uma base de dados espaciais para o monitoramento da erosão costeira nos municípios de Paulista, Olinda, Recife e Jaboatão dos Guararapes, estado de Pernambuco, Região Nordeste do Brasil. Este artigo apresenta os procedimentos usados para montar esta base de dados espaciais, usando como suporte as Tecnologias da Geoinformação, tendo em vista à formação de um Sistema de Informação Geográfica. O material produzido nesta pesquisa ajudará no planejamento e na gestão do território, especialmente nas tarefas de busca, análise e referência dos dados relativos ao espaço geográfico, dado que, a combinação das Tecnologias da Geoinformação será útil para recuperar, visualizar, armazenar e reproduzir a informação necessária para o avanço de pesquisas e políticas de desenvolvimento territorial.

ABSTRACT – The gathering and management of coastal erosion data for the construction of spatial databases are of fundamental importance for the monitoring of coastal line changes, a phenomenon of potential economic impact due to the populational density of those areas. The research here developed aimed at the construction of a spatial database for the monitoring of coastal erosion in the municipalities of Paulista, Olinda, Recife and Jaboatão dos Guararapes, state of Pernambuco, northeast Brazil. This paper presents the procedures used to assemble this spatial database using the support of Geoinformation Technologies, aiming at the formation of a Geographic Information System. The material produced in this research will aid the planning and management in the territory, especially in tasks such as search, analysis and cross-reference of data related to the geographical space, since the combination of Geoinformation Technologies will be useful to retrieve, visualize, store and reproduce information needed for the advance of research and policies of territorial development

1. INTRODUÇÃO

Em Pernambuco, a zona costeira tem evidenciado grande crescimento populacional, com isto surgiu a necessidade de construções e de espaços que comportem as atividades humanas.

A zona costeira do estado de Pernambuco possui a maior densidade demográfica do litoral brasileiro, com cerca de 913 habitantes por km^2, onde reside 44% da população do Estado, segundo dados do Censo IBGE de 2000.

Até a década de 1970, as praias da Região Metropolitana do Recife – RMR eram utilizadas para veraneio, sendo ocupadas principalmente como segundas residências. Com a expansão das cidades e o acréscimo da população, a função dessa área passou a ser residencial, e observou-se ao longo dos anos uma gradual substituição das casas por prédios residenciais, hotéis, e a implantação dos setores de comércio e serviços. Assim, a área de estudo foi se configurando predominantemente em um ambiente urbano e de residências permanentes.

Os estudos propostos no Projeto de Monitoramento Ambiental Integrado (Projeto MAI) são objetos desta pesquisa, têm como propósito principal avaliar os processos de erosão costeira nos municípios de Paulista, Olinda, Recife e Jaboatão dos Guararapes. Dentro deste contexto, foi necessária a coleta de dados de diversas fontes. A Modelagem de Dados Espaciais foi

elaborada para que os dados espaciais fossem integrados e a Base de Dados Espaciais fosse armazenada em um Sistema de Informações Geográficas – SIG. Através do SIG está sendo possível desenvolver análises espaciais, gerar informações e mapas temáticos para os pesquisadores envolvidos no Projeto.

2. OBJETÍVOS DA PESQUISA

2.1 – Objetivo geral

Estruturar uma Base de Dados Espaciais para auxiliar em estudos de erosão costeira propostos no Projeto MAI, para a zona costeira da Região Metropolitana do Recife, especificamente nos municípios de Paulista, Olinda, Recife e Jaboatão dos Guararapes.

2.2 – Objetivos específicos

- Organizar os dados espaciais levantados pelas equipes de Oceanografia, Geologia e Engenharia Cartográfica;
- modelar os dados espaciais visando o armazenamento, a manutenção, a recuperação, a manipulação e o controle da base dados espaciais de maneira que as análises espaciais pudessem ser executadas; e
- integrar, em uma única base de dados, os dados espaciais do Projeto MAI.

3. CARTOGRAFIA E SIG

A Base de Dados Espaciais pode ser considerada como um conjunto de entrada e processamento, que fornecem subsídios para o sistema gerenciador de banco de dados para recuperar e transformar dados em informações (BURROUGH, 1986).

A criação da Base de Dados Espaciais é a primeira etapa necessária ao processo de análises espaciais em SIG. Os documentos cartográficos e os dados descritivos que compõem a Base de Dados Espaciais podem ser oriundos de diversas fontes, e criados em ambientes computacionais diferentes, ou seja, possuírem diferentes formatos de arquivos.

A aplicação é uma representação limitada da realidade, tendo em vista a natureza finita e discreta da representação nos computadores. A realidade é modelada através de conceitos gráficos e descritivos, e para que estes conceitos sejam implementados em computadores é necessário estruturá-los (GOODCHILD et al., 1993).

A abstração do mundo real estuda como a aplicação funciona, sendo necessário conhecer as necessidades dos usuários, tanto no que se refere aos dados espaciais que interferem na aplicação como no produto esperado para que possam desenvolver suas análises. Quanto maior número de conceitos abstratos para descrever os dados espaciais e seus relacionamentos melhor condição terá o desenvolver de atingir os objetivos dos usuários, isso ocorre independente de implementação.

A Modelagem de Dados Espaciais vai da abstração do mundo real para o digital: conceitual, lógica e física (Figura 1). O modelo conceitual refere-se às entidades envolvidas dentro de um projeto específico e seus relacionamentos; o modelo lógico refere-se à hierarquia e à rede relacional e o modelo física às estruturas digitais utilizadas para organizar e armazenar os dados no computador (KEMP, 1998).

A partir da Modelagem é possível capturar escolhas feitas pelos pesquisadores e por outros usuários envolvidos, e criar representações digitais dos fenômenos, possibilitando análise espacial posterior, a interpretação de informações e a geração de mapas, gráficos, relatórios e tabelas, entre outros (GOODCHILD, 1995).

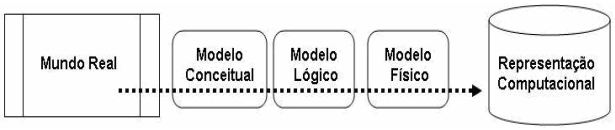

Figura 1 - Fases de Modelagem das Bases de Dados

4. BASE DE DADOS ESPACIAIS

A Base de Dados Espaciais aplicada a erosão costeira deve fornecer maior embasamento a tomada de decisão, quanto ao ordenamento territorial e na implantação de empreendimentos e atividades desenvolvidas na zona costeira. Em um ambiente de sistemas heterogêneos, a aquisição de dados espaciais pode representar um investimento financeiro de 60% a 80% do custo total na implantação de Sistemas de Informação Geográfica (HOHL, 1998).

A utilização de Tecnologias da Geoinformação na análise espacial de dados geológico e de oceanografia física mostra-se eficaz na determinação e delimitação espacial, no monitoramento das massas d'água e em seus parâmetros associados, permitindo localizar e quantificar fenômenos oceanográficos, firmando-se como importante instrumento de análise ambiental.

A Base de Dados Espaciais poderá ser usada para diversas finalidades, por exemplo: fornecer de dados espaciais a órgãos governamentais como uma contribuição na formação de uma base de dados nacional para o monitoramento do deslocamento da linha de costa no Brasil; gerar informação para subsidiar a criação de uma política de urbanização na zona costeira; prover com informações do uso e ocupação do solo auxiliando no planejamento ambiental e disponibilizar informações para suportar pesquisas semelhantes. A Base de Dados Espaciais pode integrar outras informações sobre infra-estrutura e auxiliar no ordenamento territorial, no âmbito

municipal, estadual e nacional, dessa forma irá contribuir para à valorização da paisagem, dos atrativos turísticos, da função econômica, social e cultural da orla, de acordo com os princípios da utilização sustentável da biodiversidade local.

4.1 – Metadados

Metadados podem ser definidos como dados sobre os dados. Um registro de metadados é um arquivo de informação (geralmente apresentada em XML) que captura as características básicas de uma fonte de informação. Os metadados registram informações como as fontes dos dados, quem, o quê, quando, onde, porque e como foram coletados (Figura 2).

Os metadados têm um papel muito importante na administração da Base de Dados Espaciais, pois é a partir destes que as informações serão selecionadas, processadas, e consultadas. Os registros dos dados espaciais utiliza a plataforma de registro e editoração de metadados do ArcCatalog, que é baseado no modelo de metadados Geoespaciais utilizado pelo *Federal Geographic Data Committee* (FGDC).

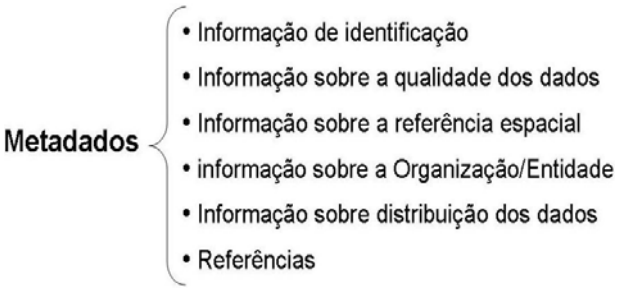

Figura 2 - Estrutura dos Metadados

5. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo fica localizada na RMR, formada pelos municípios Jaboatão dos Guararapes, Recife, Olinda e Paulista, estado de Pernambuco, região Nordeste do Brasil (Figura 3).

5.1. Breve Histórico das Intervenções na Área

Segundo UFPE (2004), Projeto MAI, as primeiras referências à erosão marinha em Pernambuco datam de 1914, relata os danos causados pelo molhe localizado no istmo de Olinda, à época, em construção, o qual fazia parte das obras de ampliação do Porto de Recife. A partir de então, vários trechos do litoral apresentaram problemas, notadamente nas áreas urbanas. Obras de contenção foram executadas no intuito de controlar ou atenuar os efeitos erosivos.

No litoral de Jaboatão dos Guararapes foram realizadas obras de contenção, como o guia corrente da margem do rio Jaboatão, espigões, enrocamentos aderentes e muros nas praias de Piedade e Candeias, as primeiras intervenções datam de 1997.

A praia de Boa Viagem, no Recife, recebeu em caráter emergencial, no ano de 1994, a colocação de pedras-rachão e sacos de areia, devido ao grande processo erosivo que destruiu parte do calçadão. Em 1995, estudo identificou qual seria a obra mais adequada a praia, o que dependia da função básica: proteção com revestimento de blocos naturais, presentes até hoje. A restauração com reposição de areia e utilização mista de espigões e quebra-mares não foram executados.

Figura 3 - Mapa de Localização da Área de Estudo

Em olinda as primeiras obras de contenção do mar datam da década de 1950, culminaram em um grande aterro entre o istmo e o rio Beberibe, sendo a obra considerada como co-responsável pela erosão. Uma série de espigões e quebra-mares foi construída nas praias de Olinda para combater a ação erosiva das ondas, que se instauraram depois da ampliação do Porto do Recife.

A ampliação do Porto do Recife, seguido da construção das obras de defesa do litoral de Olinda, interferiram no balanço sedimentar costeiro nessa zona de dinâmica muito intensa, provocando uma aceleração da erosão no litoral de Paulista. Para contenção da erosão no Município, foi implantado um sistema de quebra-mares associados a espigões, que posteriormente tiveram que ser ampliados. As obras implantadas sem o conhecimento aprofundado da dinâmica ambiental local impediram a destruição de casas e outros equipamentos urbanos, mas acentuaram o processo de erosão da praia em direção Norte.

As intervenções apresentam características funcionais, mas também, limites de aplicação que são determinadas pelas condições locais de batimetria, clima de ondas, marés, correntes, variações morfológicas e transporte de sedimento, cujos efeitos, após a implantação só podem ser avaliados com o

monitoramento a médio e longo prazo, exigindo continuidade da pesquisa e coleta de dados.

6. METODOLOGIA DA PESQUISA

6.1 – Procedimentos metodológicos

A metodologia para construção da Base de Dados Espaciais teve como ponto de apoio e fundamentação os conceitos de Cartografia e SIG.

O conhecimento prévio sobre as informações necessárias a aplicação foi o alicerce para definição da metodologia adotada (Figura 4), da necessidade equipamentos e programas computacionais, da padronização e da averiguação da acurácia e da hierarquização dos dados espaciais e dos produtos gerados pelo SIG.

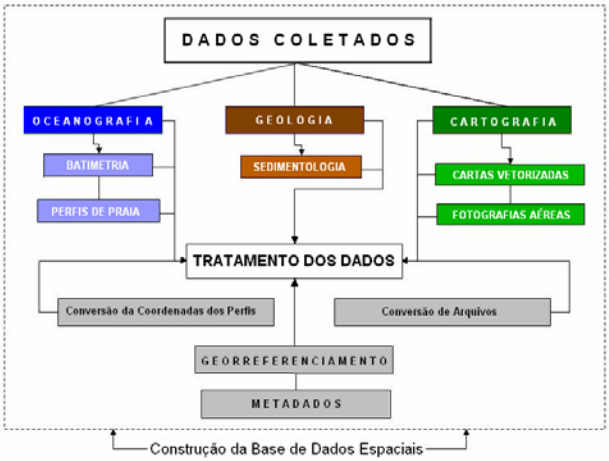

Figura 4 – Metodologia da Pesquisa

6.2 – Recursos Tecnológicos

Para o desenvolvimento da pesquisa foi usado microcomputador com 3Gb de memória RAM, 2 HD de 180Gb e monitor de 17 polegadas.

Na conversão e no georeferenciamento dos dados utilizou-se o programa computacional SIG ArcGis, versão 9.2. Para a impressão das cartas temáticas está sendo utilizado um ploter HP *Design Jet*.

Para à avaliação foram utilizados os dados espaciais em formato de tabelas, fotografias aéreas dos anos de 1974, 1981 e 1997, cartas topográficas e planimétricas em meio analógico e en CAD – *Computer Aided Design*, com atributos topográficos, cadastrais.

Os recursos tecnológicos usados na elaboração da Base de Dados Espaciais constituem parte importante na sua construção e manutenção. Foi realizada a sistematização e a integração para SIG de dados.

6.3 – Desenvolvimento da Pesquisa

6.3.1 – Dados Espaciais

A Base de Dados Espaciais integra um número grande de informações que se relacionam em vários níveis de complexidade. A densidade e a complexidade dos dados espaciais e a resolução do equipamento usado na aquisição, são fatores que contribuem de maneira relevante na qualidade dos dados.

A manipulação das amostras se faz primeiramente, pelos pesquisadores responsáveis por sua coleta, depois, as informações são avaliadas para verificar sua acurácia, ajustando-as e convertendo-as, se necessário, para o seu armazenamento.

Os pontos de referência para o estudo foram obtidos através de levantamentos de campo, geodésico ou topográfico. Em casos espaciais são adquiridos de documentos cartográficos existentes, como mapas, cartas e plantas. A planta topográfica cadastral na escala 1:1000 foi construída através da restituição fotogramétrica analítica. Também foi empregada a digitalização de documentos cartográficos disponíveis em meio analógico.

Os dados descritivos foram adquiridos empregando diversas técnicas, como coleta direta ou a partir de dados pré-existente, que podem ser relatórios, fichas ou arquivos magnético. A transposição dos arquivos para BDE foi efetuada de acordo com tipo armazenamento fornecido pelas equipes do Projeto.

Os dados espaciais coletados que integram o ambiente costeiro da RMR, em seus aspectos geológicos, morfológicos, urbanos e territoriais, foram considerados em conjunto e relacionados para constituir a base teórica e metodológica, a partir da qual, pode-se discutir os fenômenos espaciais. Um maior número de conceitos abstratos é necessário para descrever os dados gráficos apropriado as operações que são independentes de implementação.

6.3.2 – Implementação dos Dados Espaciais

Ao se implementar uma Base de Dados Espaciais é preciso perceber que essa atividade consiste no tratamento de uma carga de informação extensa e extremamente complexa. Um modelo conceitual para os dados espaciais facilitará a utilização da Base de Dados Espaciais, exigindo a utilização de instrumentos para conversão da informação concebida em formatos de arquivo diferentes. A abordagem mais básica para intercâmbio de dados espaciais é a conversão sintática direta, que procura realizar a tradução dos arquivos de informação geográfica entre diferentes formatos.

Com o objetivo de facilitar a gerência da Base de Dados Espaciais, a troca de informação e a representação das informações, os arquivos cartográficos foram convertidos para *shapefile*(.shp), os planos de informação disponíveis nas cartas topográficas vetorizadas

(polígonos, linhas, anotação), que originalmente foram criadas em AutoCAD (dwg).

O interesse pelo uso de *shapefiles* está na possibilidade de desenvolver protótipos e aplicativos para Cartografia, como área de interesse nas pesquisas desenvolvidas no Laboratório de Tecnologias da Geoinformação (LaTecGeo) no Departamento de Engenharia Cartográfica da Universidade Federal de Pernambuco. Adotar o formato *shapefile* como padrão, permite o uso de um modelo de dados que captura relacionamentos espaciais e hierárquicos entre as classes, a inclusão de um conjunto mínimo suficiente de informações sobre a produção de informações e a documentação das estruturas de dados interna.

No desenvolvimento deste tipo de pesquisa, tem sido primordial a atividade de construção e gerenciamento da Base de Dados Espaciais seja realizada de maneira conjunta, onde, todas as ciências envolvidas no estudo vão subsidiar o tratamento das informações, fornecendo conhecimento básico sobre os dados armazenados. Essa prática reflete na qualidade da informação gerada.

O processo de hierarquização consiste no agrupamento das informações segundo a lógica das tipologias e das categorias aplicadas no tratamento dos dados espaciais (Figura 5).

Figura 5 - Hierarquização da informação

6.4 – Resultados da Pesquisa

Os resultados da pesquisa são cartas temáticas, gráficos, perfis da linha de costa, ortofotos georreferenciadas, visualização 3D, entre outros produtos.

As figuras 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 apresntam alguns dos produtos da pesquisa, que foram selecionados para ilustração neste artigo.

A Figura 6 apresenta um recorte de da Planta Topográfica Cadastral, escala 1:1000, do município de Jaboatão dos Guararapes, onde estão posicionados os pontos de onde partiram os perfis de linha de costa PJ1 e PJ2. A nomeclatura dos perfis identifca identificar a sua localização, ou seja, P=Perfil, J = Jaboatão dos Guararapes, R = Recife, O = Olinda e P = Paulista, e número dos perfis levantados em cada município, como exemplo, PR1 = perfil no múmero em Recife.

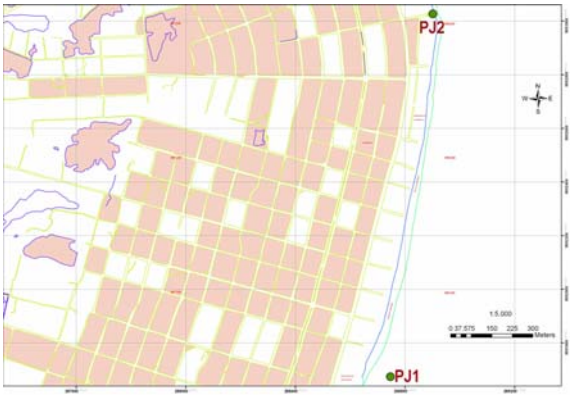

Figura 6 – Recorte da Planta Planimétrica

A Figura 7 apresenta o gráfico com o perfil da linha de costa, PR1, coletado mensalmente a partir de maio de 2006 (em azul) até novembro de 2007 (em vermelho).

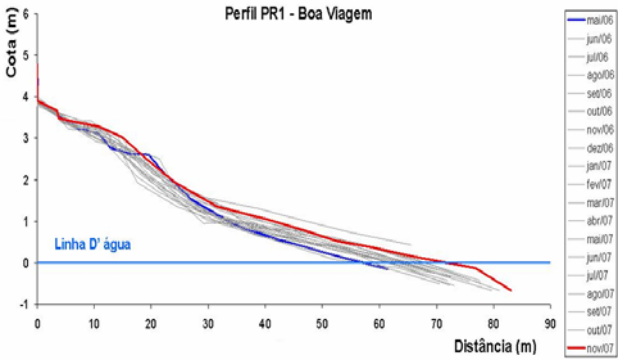

Figura 7 – Monitoramento do PR1

A Figura 8 apresenta o gráfico como o volume de sedimento coletado entre o período de maio de 2006 até novembro de 2007, do PR1.

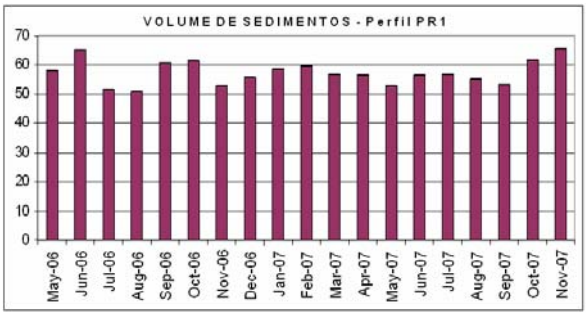

Figura 8 – PR1 - Sedimento

A Figura 9 apresenta a seleção dos sedimentos de acordo com a sua amostra, coletados em 2007, na Praia

Superior e na Figura 10 na Praia Inferior. As figuras 7, 8, 9 e 10 formam um conjunto de informações sobre o PR1.

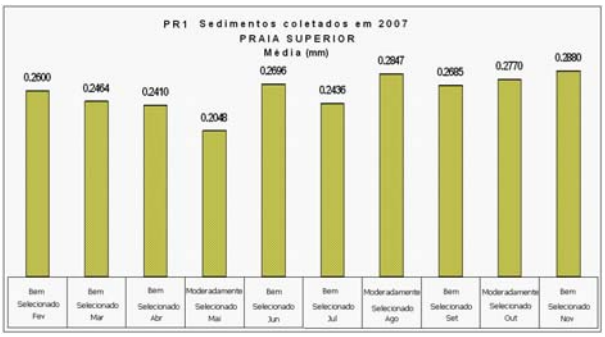

Figura 9 – PR1 – Sedimento na Praia Superior em 2007.

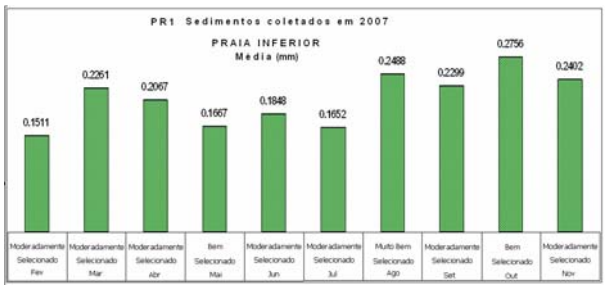

Figura 10 – PR1 – Sedimento na Praia Inferior em 2007.

As amostras pontuais representadas nas figuras 11, 12, 13 e 14 são dados coletados sobre os perfis relativos aos estudos morfológicos geológicos, geomorfológicos, hidrológicos, hidrodinâmicos e de geofísica marinha, foi elaborada a visualização a partir da Base de Dados Espaciais construída. A visualização cartográfica deu origem as cartas temáticas e de vulnerabilidade ambiental, previamente identificadas através de um diagnóstico preliminar, levando em consideração: clima de ondas, circulação costeira, características morfológicas das praias, batimetria, ocupação e uso do solo, ação antrópica, entre outros.

A Figura 11 apresenta um recorte de uma carta temática, com os pontos de onde partiram os perfis das linhas de costa e os respectivos gráficos com o monitoramento de cada um dos perfis. As quadras e o sistema viário principal são também representados, tanto na Figura 11 como na Figura 12, ambas no município do Recife, escala original 1:10.000. A Figura 12 traz as informações sobre os sedimentos, no caso do primeiro gráfico o monitoramento do volume de sedimento e nos dois seguinte a sleção de sedimento das praias Superior e Inferior.

A Figura 13 apresenta mais um exemplo de um produto da pesquisa, a visualização em 3D de dados batimétricos do perfil PP3, município de Paulista.

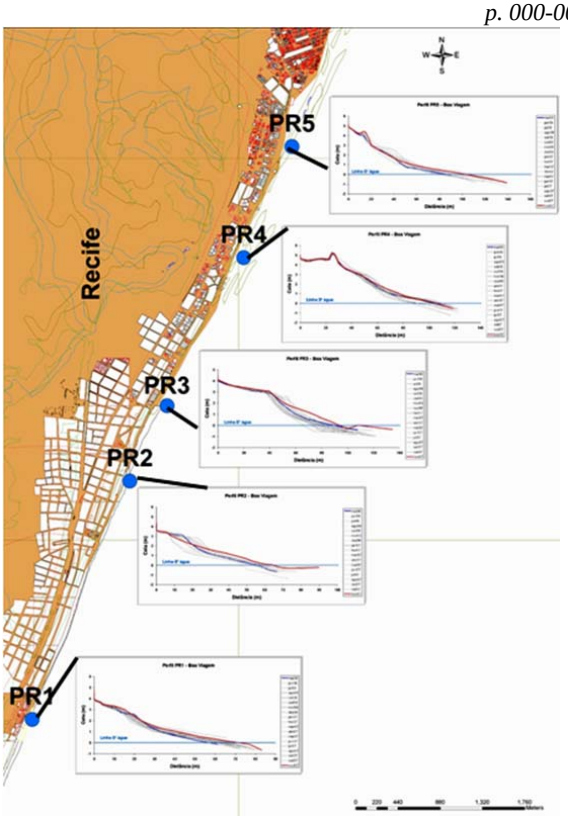

Figura 11 – Recife – Monitoramento dos Perfis.

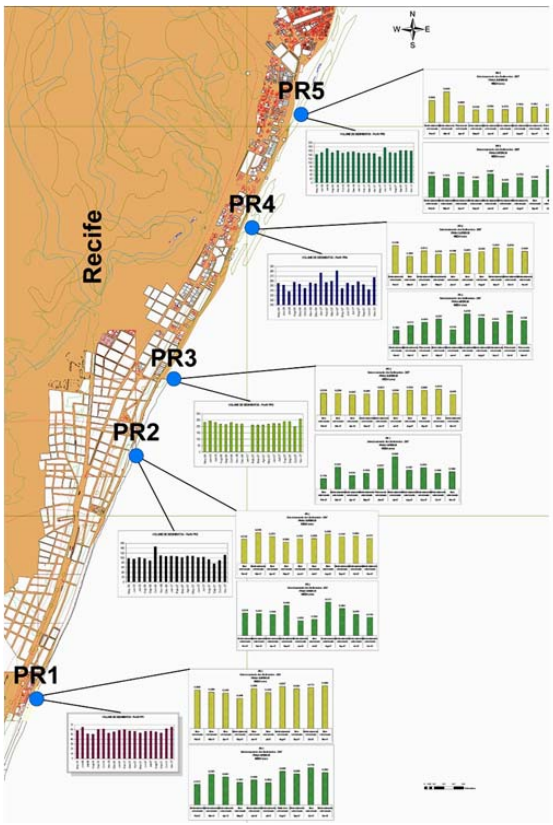

Figura 12 – Recife – Carta Temática sobre Sedimento.

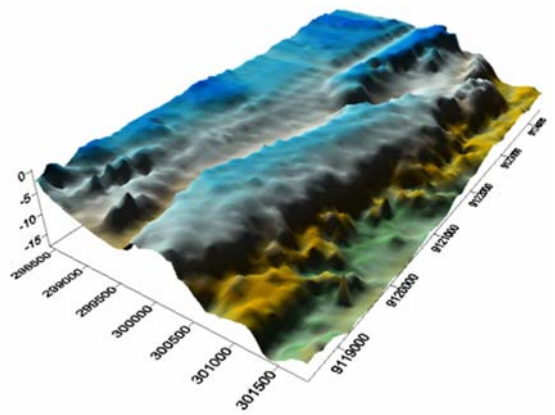

Figura 13 – PP3 – Dados Batimétricos em 3D.

A Figura 14 sugere outro tipo de visualização cartpgráfica, neste caso combinando ortofoto com dados de sendimento e monitoramento da linha de costa, referentes ao perfil PO5, no município de Olinda.

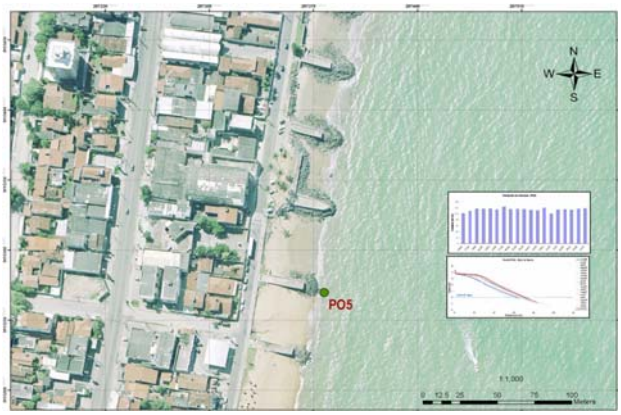

Figura 14 – PO5 – Ortofoto 1:1000.

6.5 – Dificuldades Enfrentadas

Dentre as dificuldades encontradas na pesquisa pode-ses citar: problemas na coleta de dados, confusão sobre o referencial geodésico empregado, ausência de interoperabilidade, necessidade de atualização contínua dos dados e de longo período necessário as observações. Muitas vezes, não foi possível recuperar informações, causando descontinuidade nos dados e dificuldades na apresentação de resultados.

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A geração da Base de Dados Espaciais para estudo da erosão costeira dinamiza a pesquisa, reduz custos e agrega valor a informação geográfica. O método utilizado na construção da Base de Dados Espaciais deve ser um processo contínuo, acompanhando o desenvolvimento científico e tecnológico, objetivando a promoção de metodologias mais precisas para determinar taxas de erosão ou progradação e reduzindo o quantitativo de erros.

O litoral é uma área extremamente dinâmica, o que exige atualização constante dos dados armazenados no SIG, permitindo, não apenas novas análises, mas simulações de projetos e ações de planejamento em áreas urbanas, possibilitando a avaliação precisa da evolução da costa, no nível espacial e temporal.

Uma questão a ser discutida deve ser o investimento financeiro necessário a pesquisa, pois se os dados forem imprecisos ou incompletos, aumentarão os custos, além de ser necessário mais tempo na verificação, novos levantamentos e correção.

AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem aos pesquisadores e instituições envolvidas no Projeto MAI: Tereza C. M. Araújo, Núbia Chaves Guerra, Moacir C. Araújo, Carmen Medeiros Limongi,, Valdir Vaz Manso, Jaime Mendonça, Luiz Emílio Almeida, Elírio Toldo Junior, UFPE, CONDEPE/FIDEM e CPRH por produzir informação necessária ao desenvolvimento desta pesquisa.

Agradecimentos ao Ministério da Ciência e Tecnologia, Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), Prefeituras dos Municípios de Jaboatão dos Guararapes, Recife, Olinda, Paulista e ao Governo do Estado de Pernambuco por financiar a pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBRECHT, J. 1998. **Universal GIS operations for environmental modeling**. Disponível em: http://www.ncgia.ucsb.edu/conf/SAN.pers/jochen.santafe.htm. Acesso em: 5 de dezembro de 2007.

BURROUGH, P. A. **Principles of Geographic Information Systems for Land resources Assessment**. Oxford University Press, 1986. 315p.

FEDERAL GEOGRAPHIC DATA COMMITTEE - FGDC-STD-001-1998. **Content standard for digital geospatial metadata** (revised June 1998). Federal Geographic Data Committee. Washington, D.C. 90p.

GOODCHILD, M.F. et al. 1995. **GIS and environmental modeling: progress and research Issues**. GIS World, Inc., Ft Collins, CO. 504p

GOODCHILD, M.; BRADLEY, P.; STEYAERT, I. **Environmental modeling with GIS**. New York: Oxford University Press, 1993. 488p.

HOHL, P. 1998. **GIS Data Conversion: Strategies, Techniques, and Management**. OnWord Press, New York, 411 p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatistica. **Censo Demográfico**, **2000**. Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/default_censo_2000.shtm. Acesso em: 5 de dezembro de 2007.

KEMP, K. K. 1998. **Easing environmental models into GIS**. Publicado eletronicamente e acessível como: http://www.ncgia.ucsb.edu/conf/SANTA_FE_CD-ROM/sf_papers/kemp_karen/kemp.htm. Acesso: 20 de novembro de 2007.

UFPE - Universidade Federal de Pernambuco. **Monitoramento Ambiental Integrado: Avaliação dos Processos de Erosão Costeira nos Municípios de Paulista, Olinda, Recife e Jaboatão Dos Guararapes**. Departamento de Oceanografia (DOCEAN)/Departamento de Geologia (DEGEO). Recife, 2004. 32 p.