

Bases de Dados Espaciais para Pluviometria Estudo de Caso: Recife

Kleber Ramos de Carvalho ¹
Prof. Dr. Lucilene Antunes Correia Marques de Sá ²

¹ Universidade Federal de Pernambuco - UFPE
Departamento de Engenharia Cartográfica – DECart
Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação
✉ kleber@recife.pe.gov.br

² Universidade Federal de Pernambuco - UFPE
Departamento de Engenharia Cartográfica – DECart
Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação
✉ lacms@npd.ufpe.br

Conteúdo	
	1 Introdução
	2 Objetivos do Trabalho
	2.1 Objetivo Geral
	2.2 Objetivos Específicos
	3 Embasamento Teórico
	4 A Defesa Civil em Recife
	4.1 Recursos Tecnológicos
	5 Sistema Proposto
	5.1 Função Principal do Sistema
	5.1.1 Área de Atuação do Sistema
	5.2 Resumo do Sistema
	5.3 Escopo do Sistema
	5.3.1 Dados do Sistema
	5.3.2 Atores
	5.3.3 Saídas
	5.3.4 Usuários Externos
	5.4 Exemplos de Etapas da Modelagem do Sistema
	5.4.1 Análise de Frequência de Frases
	5.4.2 Diagrama Entidade-Relacionamento
	5.4.3 Diagrama de Domínio Espacial
	5.4.4 Classes e Objetivos
	5.5 Pressupostos e Restrições
	6 Conclusão
	7 Bibliografia

Resumo: A ocupação desordenada das áreas de morros da Recife acarretou, entre outros problemas, a degradação ambiental de uma grande parte de seu território, notadamente nas zonas norte e sul. Nestas áreas, as comunidades instaladas modificaram o estado natural da formação geomorfológica, tornando-a propensa a graves eventos geológicos, principalmente durante o período chuvoso. O objetivo deste trabalho foi modelar um sistema de medição pluviométrica para a cidade do Recife, capital do estado de Pernambuco, para o monitoramento e a prevenção de catástrofes em morros, no sentido de auxiliar os órgãos municipais e estaduais de Defesa Civil.

Palavras chave: Pluviometria, Defesa Civil, Modelagem de Dados Espaciais, Sistemas de Geoinformação

Abstract: The disordered occupation of the hills areas of Recife carted, among other problems, the environmental degradation of a great part of its territory, notably in the zones north and south. The progress modified the natural state of equilibrium, turning it prone to serious geological events, mainly in the rainy period. The intention of this work is the one of modelling pluviometric system for the city of Recife, state of Pernambuco, for monitoring and prevention process to the catastrophes, helping the municipal and state of Civil Defense.

Keywords: Pluvimetry, Civil Defense, Database Modelling, Geographic Information Systems.

1 Introdução

O sistema proposto está baseado em Sistemas de Geoinformação – SIG, abrangendo os conceitos de Tecnologias da Geoinformação, aplicados à pluviometria. Para o entendimento do problema e a elaboração do modelo conceitual foi empregada a Modelagem de Dados Espaciais no desenvolvimento do sistema, que terá como usuários os membros das equipes de Defesa Civil. O monitoramento requer que a base de dados espaciais do sistema seja permanentemente atualizada, pois isto irá permitir análises temporais da ocorrência de chuvas, bem como sua distribuição espacial. As análises forneceram informações para os órgãos de planejamento desenvolver ações preventivas e para que a Defesa Civil possa responder de forma ágil quando houver ocorrências e solicitações de socorro dos moradores das áreas de risco de deslizamento.

2 Objetivos do Trabalho

2.1 Objetivo Geral

Modelar uma aplicação visando o mapeamento que permita o monitoramento pluviométrico das áreas de morros da cidade do Recife, com base em Sistemas de Geoinformação.

2.2 Objetivos Específicos

- Estudar as metodologias utilizadas para o mapeamento de áreas de risco de deslizamento;
- apresentar uma metodologia que permita a geração de mapas digitais representando os riscos de deslizamento de encostas dentro da área de estudo;
- identificar e agregar dados descritivos relevantes que subsidiem análises de habitabilidade nas áreas de morros.

3 Embasamento Teórico

O rápido crescimento das áreas urbanas no Brasil, associado à desenfreada especulação urbana e à ocupação randômica das áreas, nem sempre disponíveis, constituem-se, hoje, em desafios para os gestores urbanos. As demandas geradas por este processo de transformação são muito grandes e necessitam, cada vez mais de técnicas modernas, rápidas e eficientes de auxílio às tarefas de planejar e de gerenciar a ocupação no ambiente urbano.

Segundo LAHM et al (2001), a maior parte da população de baixa renda que habita as grandes cidades brasileiras está impossibilitada de ocupar áreas próprias para assentamentos urbanos, devido à especulação urbana. Em decorrência, a ocupação se dá em áreas impróprias, como locais onde há escoamento dos cursos de água, particularmente em encostas, algumas destas com declividades e condições geológico-geotécnicas completamente desfavoráveis para assentamentos populacionais.

A escavação do solo ou de rocha visando à construção de obras requer conhecimento científico e tecnológico sobre o meio físico. O comportamento do relevo e solo, frente às solicitações impostas pela introdução de vazios (cortes e escavações) e pelo carregamento (estradas, fundações de grandes obras e edifícios), é um campo de estudo resultante da interação entre geologia e engenharia civil. A Geologia identifica e interpreta os materiais e a Engenharia estuda o comportamento. O profissional que atua nesta interface é chamado de geólogo de engenharia e engenheiro geotécnico. Dentro desta especialidade, vale salientar, são definidos os locais onde ocorre a maior parte dos eventos geológicos.

De acordo com ALHEIROS (1998), os eventos geológicos são ocorrências naturais que resultam de processos modificadores do ambiente físico, com certa intensidade, em área determinada e durante um intervalo de tempo definido, na busca do equilíbrio natural.

Os acidentes ou desastres naturais são eventos catastróficos, que envolvem danos materiais ou perdas de vidas humanas, cujo estudo permite entender os processos atuantes naquele sistema e conhecer o grau de fragilidade relativo ao evento, ALHEIROS (1998).

Nas áreas de morros da cidade do Recife, o evento mais comum é o escorregamento, que pode ser caracterizado pela ruptura do equilíbrio natural do talude, através de uma superfície interna ao mesmo, careando, forçado pela gravidade, parte do material do topo para a parte mais baixa, na tentativa de atingir o equilíbrio natural. Neste processo, a presença da água é o fator preponderante. Excluindo-se os agentes antrópicos, a água pode ser considerada o principal agente natural do sistema.

Os conceitos básicos fornecidos por SANTORO e MACEDO (2000) foram observados neste trabalho:

- Morros – formação mista de rocha e solo cuja elevação é bem menor que a montanha (300 m) atingindo uma altura máxima de 200 m.
- Encosta – declive em um dos flancos do morro ou montanha.
- Talude – trecho vertical ou inclinado de uma encosta delimitado por planos subhorizontais ou horizontais nas suas extremidades. Este termo é utilizado pela geologia, geografia e engenharia geotécnica com diferentes conotações, que são definidas pelo tipo de formação e escala (por exemplo, talude continental, talude insular, talude estrutural, talude de corte).

Entre as ações antrópicas mais nocivas sobre as encostas, destacam-se corte e aterro, desmatamento ou plantio inadequado nos taludes, lançamento concentrado da drenagem domiciliar diretamente sobre o solo (por exemplo, águas servidas e provenientes de calhas dos telhados), instalação de fossas sanitárias e obstrução da drenagem natural ou formal através do lançamento de lixo ou entulhos.

A prevenção e a redução de acidentes naturais passa pelo conhecimento dos níveis de perigo e de risco aos quais a área está submetida. Perigo e risco são termos intimamente relacionados. O primeiro se refere à probabilidade da ocorrência de um desastre e o segundo às conseqüências oriundas referentes aos danos materiais e à perda de vidas humanas.

Para a avaliação do risco de uma área em determinada situação, alguns elementos devem ser considerados, por exemplo, a suscetibilidade da área àquele tipo de desastre, o perigo potencial, o grau de exposição e a vulnerabilidade dos sistemas presentes, ALHEIROS (1998). Todas estas características podem e devem ser analisadas visando minimizar os acidentes nas áreas de morros.

A Defesa Civil é a entidade pública responsável pelo monitoramento, prevenção e operacionalização emergencial. O Sistema de Defesa Civil constitui-se de um instrumento que coordena esforços de todos os órgãos estaduais com os demais segmentos públicos, privados e com a comunidade em geral.

Na cidade do Recife o órgão da Defesa Civil é a CODECIR – Comissão Municipal de Defesa Civil. No nível estadual a entidade responsável é a CODECPE – Comissão de Defesa Civil do Estado de Pernambuco.

Segundo SANTORO e MACEDO (2000), o trabalho de Defesa Civil se desenvolve em quatro fases:

- **Preventiva:** desenvolvida nos períodos de normalidade, consistindo na elaboração de planos, exercícios simulados, organização da comunidade, dentre outros; visando o desenvolvimento e aperfeiçoamento do sistema de autodefesa, conforme os riscos de cada região ou município.
- **Socorro:** concentra-se nos efeitos de ocorrências desastrosas através do emprego de profissionais do Sistema Estadual de Defesa Civil, conforme planos pré-estabelecidos.
- **Assistencial:** esta fase está relacionada aos trabalhos que são desenvolvidos concomitantemente ou logo após a ocorrência do desastre. Constituem-se, basicamente, no repasse de estoque estratégico necessário à sobrevivência da população vitimada.
- **Recuperativa:** trata-se do reparo nos danos, objetivando a volta à normalidade da área atingida.

As duas fases que mais necessitam de instrumentos de controle baseados em sistemas de geoinformação são a prevenção e o socorro. A ação preventiva é a que melhor pode aproveitar a utilização de um SIG, através das análises de cartas geotécnicas, geológicas, de uso do solo e de ocupação urbana, bem como os resultados das análises desenvolvidas a partir dos cruzamentos destes documentos cartográficos, chegando aos níveis de vulnerabilidade das áreas de morros. Na ação emergencial, a espacialização dos objetos topográficos e dos atributos, pode direcionar os esforços das equipes de socorro de forma mais eficaz, além do que empregar os sistemas de comunicação e alerta à população potencialmente sujeita a riscos.

DUDREY et al (2000), aborda os problemas de comunicação afirmando que, a infra-estrutura de informação é composta de três elementos: conhecimento, interconectividade e integração. O conhecimento refere-se aos sistemas de medição, aos métodos de visualização de dados, às análises da informação, à previsão de eventos, à modelagem de dados e à gerência da informação. A interconectividade corresponde aos modelos de comunicação que são empregados para disseminar os produtos da informação e das análises desenvolvidas dentro da infra-estrutura de conhecimento. O elemento da Infra-estrutura integração assegura a sincronização entre as partes mecânicas e as partes humanas do sistema.

A base de dados espaciais que servirá ao sistema deve conter as características de conhecimento definidas por DUDREY et al (2000). Para tanto, é necessário realizar operações de interpolação espaciais na geração de superfícies, objetivando definir espacialmente os pontos de risco, representando-os como isolinhas, qualifica-se o espaço físico onde os pontos estão inseridos.

Segundo WATERS (2001), a interpolação espacial é o procedimento de estimativa de valores de propriedades dos pontos não medidos, através da cobertura da área estudada, gerada a partir de observações existentes.

Os métodos de interpolação espacial foram classificados por SÁRKÓVI (1998) da seguinte forma:

- Métodos de proximidade geométrica
- Métodos estatísticos por médias ponderadas
- Métodos que utilizam funções de base
- Método da rede neural artificial

Nos métodos de proximidade geométrica são encontradas metodologias, como o diagrama de Voronoi e a triangulação de Delanau. Dentro desta abordagem de métodos estatísticos tem-se a interpolação por área, também chamada de interpolação de vizinhança, a ponderação do inverso das distâncias e a interpolação de Kriging. Entre os métodos que são utilizados está o das funções de base, como a análise de tendência de superfície, a suavização de *splines* e o método de polinômios locais. O método da rede neural artificial que utiliza estudos de redes neurais humanas para o uso particular da interpolação, dentro das pesquisas de inteligência artificial.

Todos os métodos de interpolação citados respondem, de forma diferente, quando usados com tipos de dados distintos, sendo, portanto, necessário identificar qual o que melhor se apta à aplicação. Os fatores a serem analisados são: precisão nos resultados, facilidade de processamento, velocidade de resposta e capacidade de *hardware*.

A introdução das ciências da computação e da eletrônica nas ciências cartográficas foi significativa no surgimento dos Sistemas de Geoinformação – SIG. Os SIG integram dados espaciais, dados gráficos (por exemplo, mapas, imagens de satélite e fotografias aéreas) e dados descritivos (por exemplo, censos, cadastros, registros) de forma que permitam a geração de mapeamentos temáticos e subsidiem a tomada de decisão.

CÂMARA et al (1996), conceitua os Sistemas de Geoinformação como sendo um sistema computadorizado composto de *hardware*, *software*, dados e procedimentos, construído para permitir a captura, gerenciamento, análise, manipulação, modelamento e exibição de dados, referenciados geograficamente, para utilização em diversas áreas de conhecimento e gerenciamento.

Na geração da base de dados espaciais novos conceitos devem ser introduzidos entre os produtores e usuários de documentos cartográficos, uma vez que os dados espaciais entram em contato com os usuários através do computador, e não diretamente, através da visualização como acontecia com os mapas analógicos. A Modelagem de Dados Espaciais é uma etapa crucial no processo, pois define os dados que pertencentes à determinada aplicação, bem como seus relacionamentos. A aquisição de dados espaciais após a modelagem será uma etapa otimizada, inclusive com relação ao custo/benefício.

Segundo YOURDON e ARGILA (1999), a metodologia para o desenvolvimento de sistemas deve ser aplicada em projetos. A metodologia desenvolvida pelos autores citados foi aplicada na modelagem de dados espaciais para SIG, com intuito de construir um modelo conceitual do sistema aplicativo de forma que capturasse os requisitos essenciais a partir da realidade.

Um modelo de Análise Orientada a Objeto – AOO retrata objetos que representam um domínio de aplicação específico, juntamente com diversos relacionamentos estruturais e de comunicação. A análise orientada a objetos pode ser formada por cinco camadas, que permitem visualização em perspectivas diferentes. A estrutura também permite tratar modelos de tamanho grande. As cinco camadas do modelo de AOO são:

- Camada de classes e objetos
- Camada de atributos
- Camada de serviços
- Camada de estruturas
- Camada de assuntos

A primeira das camadas, a de classes e objetos, apresenta os blocos básicos de construção do sistema proposto. Os objetos são abstrações de conceitos do domínio de aplicação do mundo real. Esta camada representa as bases do modelo de AOO como um todo.

4 A Defesa Civil em Recife

O sistema de Defesa Civil da cidade do Recife é composto pelas secretarias municipais e por empresas e autarquias, sendo representada pela Comissão de Defesa Civil do Recife – CODECIR, ligada a Secretaria de Planejamento, Urbanismo e Meio Ambiente – SEPLAM.

O funcionamento da Comissão é voltado ao atendimento da população atingida por alagamentos e deslizamentos, principalmente este último, e seus desdobramentos – remoção de famílias de áreas de risco, controle de abrigos e articulação com os órgãos municipais, através da qualificação dos casos vistoriados, objetivando a adoção de medidas preventivas e/ou corretivas.

As equipes de campo visitam as áreas de risco de forma ostensiva ou direcionada, cadastrando as situações de risco, orientando a comunidade para minimizar as condições de risco inerentes a cada caso, visando a convivência com o problema, e em casos críticos, providenciando a retirada dos moradores do local, encaminhando-os aos abrigos públicos mais próximos de suas residências, evitando a perda de vidas humanas.

Nos casos de eventos com vítimas, a CODECIR articula as equipes de socorro do Corpo de Bombeiros, indicando os hospitais e postos de saúde próximos ao local da ocorrência, bem como suas especialidades médicas.

A utilização de bases cartográficas é incipiente. O órgão dispõe de mapas de logradouros na escala de 1:5.000 e de plantas topográficas cadastrais geradas através do Projeto UNIBASE na escala 1:1.000. As bases cartográficas digitais foram utilizadas em experiências isoladas e estão sendo sistematizadas para atender a demanda do setor. No acervo de bases cartográficas da CODECIR também existe um mapeamento analógico de risco das encostas ocupadas, que indica a classificação das áreas de risco em cinco faixas: muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto.

A base de dados temática foi produzida em 1993 após a compilação dos dados geológicos, como morfologia e composição; dados topográficos, como altura e declividade; e dados sócio-ambientais, como presença de lixo, vegetação e tratamento da encosta, coletados nas áreas de morros ocupadas na cidade e em outras bases de dados existentes. Considerando que este mapeamento serve de parâmetro até hoje, foi digitalizado, e posteriormente, disponibilizado como base temática em formato digital.

Um aplicativo gerenciador de banco de dados é utilizado com a alimentação dos formulários de vistoria para subsidiar o atendimento às famílias mais necessitadas, através da manutenção em

local seguro, tratamento com obras e até construção de novas moradias.

Recentemente, foi definido um plano de ação que utiliza escritórios descentralizados próximos às áreas de risco, denominados de Estações dos Morros. O projeto tem como proposto permitir o atendimento mais rápido às situações de risco, sendo três escritórios, um na zona Sul e dois na zona Norte da cidade.

4.1 Recursos Tecnológicos

A Defesa Civil do Recife utiliza alguns equipamentos para o desenvolvimento de seus trabalhos, entre estes destacam-se: rádios-comunicadores, rastreador GPS e pluviômetro.

O sistema de comunicação da Defesa Civil utiliza um conjunto de rádios-comunicadores VHF para o contato com as equipes de campo, agilizando e racionalizando as vistorias realizadas nas áreas de risco.

O rastreador GPS portátil, coleta as coordenadas de pontos específicos de risco de deslizamento, que são introduzidos na base cartográfica digital e no SIG.

O pluviômetro é o aparelho que mede o volume de precipitação, através da coleta direta de parte da chuva em um recipiente normalmente cilíndrico e de alumínio, com área de abertura conhecida de forma a permitir a relação matemática entre o volume de chuvas e uma escala linear, sendo expresso em milímetros (mm).

Em 1995 foi realizada uma experiência como uma evolução do pluviômetro, o equipamento chama-se TELEPLUVIÔMETRO. Neste caso, não há armazenagem de água da chuva, sendo sensibilizado por um sistema de acúmulo e refluxo d'água, com o registro por pulso de 0,1 mm. O telepluviômetro ficava ligado a um sistema de comunicação, na época, através de uma linha telefônica comum, e a um sistema interno que gerenciava a coleta, medição e a remessa de dados em tempo real para o escritório da CODECIR. Este tipo de equipamento apresenta vantagens significativas que podem ser decisivas em uma situação de emergência:

- As leituras são feitas em tempo real, com o fenômeno em pleno desenvolvimento, possibilitando uma qualificação automática a partir do volume e da intensidade.
- As medições são mais precisas, eliminando-se possíveis erros humanos na coleta e leitura do material, necessitando de manutenção e de calibração periódicos.
- Possibilidade de interligação com sistema gerenciador de banco de dados e de SIG, a partir do formato de dados produzido e de compilação destes nos padrões de análises meteorológicas.

5. Sistema Proposto

5.1 Função Principal do Sistema

O sistema proposto irá acompanhar a evolução de eventos chuvosos na cidade com vistas à prevenção de acidentes em áreas de risco de deslizamento.

5.1.1 Área de Atuação do Sistema

O sistema atua diretamente na área de defesa civil, no tocante a influência da chuva nos deslizamentos de encostas no Recife.

5.2 Resumo do Sistema

O sistema pode ser resumido nas funções abaixo:

- Manter o cadastro de pontos de coleta remota;
- gerar conjuntos de dados de volume de chuvas em intervalos regulares de tempo;
- obter uma superfície a partir da interpolação dos conjuntos de dados;
- produzir isolinhas a partir das superfícies;
- selecionar imóveis em áreas de probabilidade de deslizamento
- indicar ponto de socorro mais próximo
- indicar o abrigo público mais próximo
- transformar bases de isolinhas em figuras e gerar animações;
- fornecer relatórios de chuvas por períodos determinados; e
- gerenciar a comunicação de alertas aos usuários externos.

5.3 Escopo do Sistema

O sistema proposto tem como objetivo agilizar a decisão de socorro e a prevenção de acidentes através do controle da observação pluviométrica, antecipando-se ao fato através acompanhamento do nível de precipitação. Para tanto, uma rede de telepluviômetros deve ser instalada, com os instrumentos localizados de forma a garantir uma série de medições em tempo real, permitindo a espacialização dos dados e a representação em mapas temáticos, cruzando-os com as bases de localização de áreas de risco e de pontos de risco e de locais importantes, inseridos no processo estarão os escritórios descentralizados e as associações comunitárias, como pode ser observado na Figura 1.

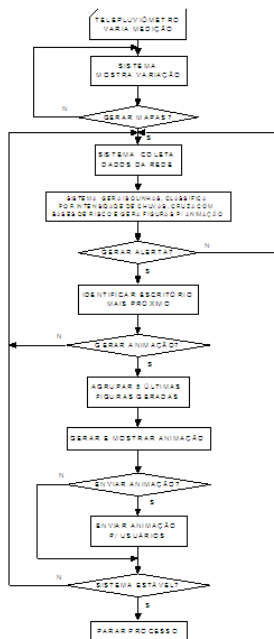


Figura 1 : Fluxograma Geral do Sistema

A divisão do sistema foi prevista em três sub-sistemas como pode ser observado na Figura 2, que representa o Diagrama de Contexto.

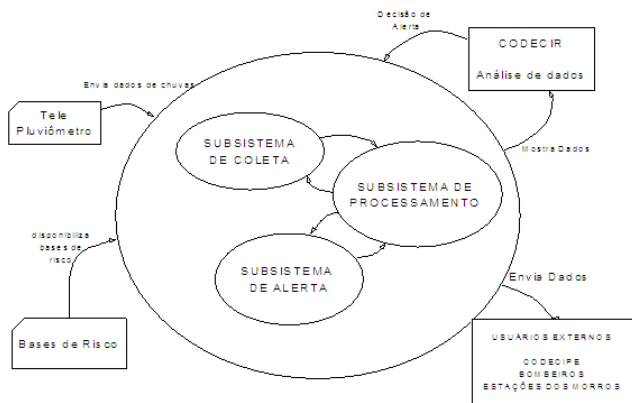


Figura 2 : Diagrama de Contexto

O sub-sistema de coleta e gerenciamento de dados será capaz de administrar a entrada e o armazenamento de dados de toda rede simultaneamente, a partir da ocorrência de um volume específico, em qualquer ponto da malha de telepluviômetros, e gerará gráficos de volume de chuvas por unidade de tempo e de médias em intervalos padronizados pelo setor, (diário, mensal, entre outros) possibilitando a conferência das previsões de tempo disponíveis. O Diagrama de Fluxo de Dados está representado na Figura 3.

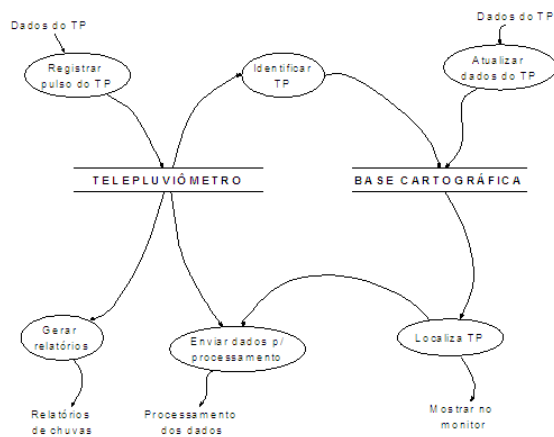


Figura 3 : Sub-Sistema de Coleta

O sub-sistema de processamento (Figura 4) tratará o conjunto de dados coletados que serão interpolados para gerar isolinhas de precipitação em intervalos sucessivos, permitindo a representação da evolução temporal e da qualificação das chuvas, além de possibilitar a previsão do alcance do fenômeno pela análise das bases pelos técnicos do setor.

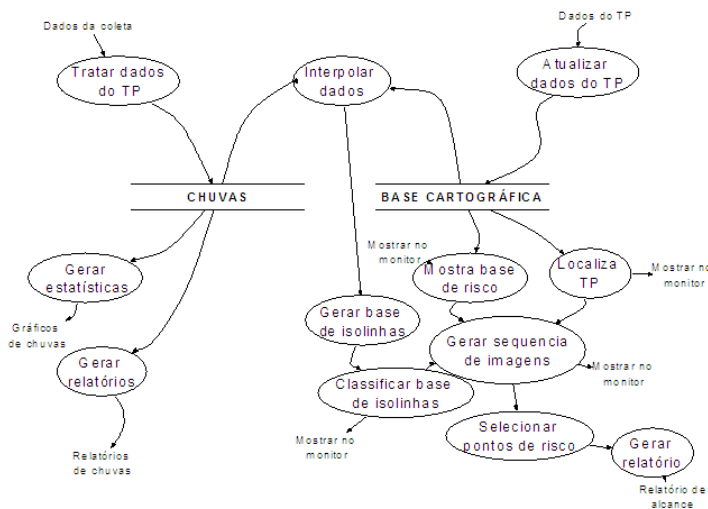


Figura 4 : Sub-Sistema de Processamento

O sub-sistema de alerta utilizará os dados processados e desencadeará uma comunicação padrão para os atores e usuários externos do sistema com os mapas de risco, as animações e os pontos de risco sujeitos ao fenômeno, além de relatórios contendo os nomes e endereços dos possíveis atingidos. O funcionamento está representado na Figura 5.

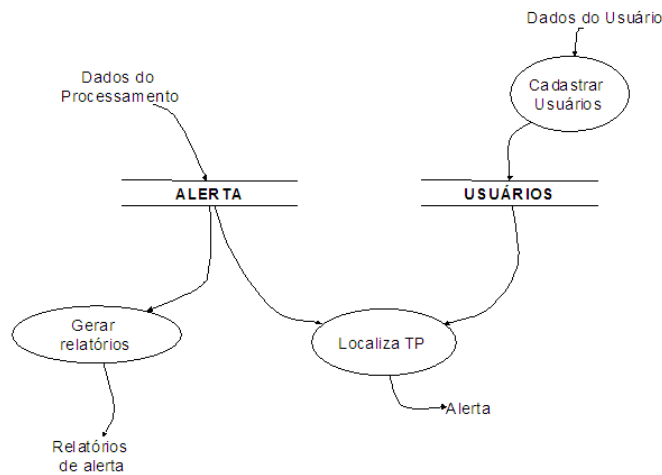


Figura 5 : Sub-Sistema de Alerta

5.3.1 Dados do Sistema

Os dados que alimentaram o sistema são:

- Dados enviados pelos telepluviômetros, que representam o volume de chuvas em um determinado ponto e em um dado momento.
- Base de dados de pontos de risco levantados por GPS e cadastrados a partir de formulários padronizados em campo.
- Base de dados de risco de deslizamento, que qualifica espacialmente as áreas e seus graus de risco, a partir de estudos geológicos, topográficos e ambientais.
- Base de dados do município, contendo a malha viária e os pontos de apoio ao socorro, como bases de bombeiros, abrigos, hospitais e escritórios da defesa civil municipal e estadual.

5.3.2 Atores

Na coleta, considerando o nível de automação, o operador do sistema receberá o volume de dados e acionará o processamento.

Após a análise dos dados e a confirmação de uma situação de alerta, será contatado o escritório descentralizado mais próximo do evento e a associação de moradores responsável pelo grupo de voluntários da comunidade.

Os moradores de áreas de risco submetidos a uma situação anormal serão contatados pelas equipes da defesa civil. Estas equipes são preparadas para o socorro, a assistência social e para executar ações emergenciais de minimização de situações de risco. A primeira providência é a remoção das famílias para locais seguros, que podem ser propriedades particulares ou abrigos públicos mais próximos. As pessoas devem ficar alojadas até que o problema ser sanado.

5.3.3 Saídas

As saídas do sistema serão em forma de mapas temáticos, gráficos de precipitação e relatórios de dados para acompanhamento do setor, além da geração de figuras para a montagem de animações gráficas, que deverão ser disponibilizadas a outros setores para divulgação via rede ou Internet.

5.3.4 Usuários Externos

Algumas ações são desenvolvidas em conjunto com outros órgãos que necessitarão de acesso aos dados – compilados ou não – de forma a permitir um atendimento eficaz às situações emergenciais, são estes:

- Sistema de Defesa Civil dos municípios vizinhos;
- Sistema de Defesa Civil Estadual; e,
- Corpo de Bombeiros Militar.

5.4 Exemplos de Etapas da Modelagem do Sistema

5.4.1 Análise de Frequência de Frases

Com a finalidade de dar início a determinação de classes e objetos que o sistema deve conter, empregou-se sob a etapa de Abstração do Mundo Real a técnica de Análise de Frequência de Frase. O resultado obtido pode ser observado no Quadro 1.

Quadro 1 : Resultado da Análise de Frequência de Frase

ÁREAS DE RISCO	Ponto de risco
	Região sujeita a deslizamentos
	As equipes de campo visitam
	Escritórios descentralizados
Ponto de risco	Estações dos morros
	Classificação das Áreas de risco
	Caso isolado com características de perigo
Risco	Não necessariamente contido em uma área de risco
	Coordenadas coletadas por GPS
	Ocupação com moradias de forma desordenada
	Alteração do equilíbrio natural da encosta
TP (Telepluviômetro)	Atendimento rápido às situações de risco
	Mapeamento analógico
	Muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto.
	Pluviômetro ligado a um sistema de comunicação
	Linha telefônica comum
	Sistema interno que gerenciava a coleta de dados
Gerenciava a medição dos dados	
Gerenciava a remessa dos dados	

CODECIR	Leitura em tempo real Possibilita qualificação automática Medições mais precisas Necessita de manutenção e calibração Interligação com sistemas de banco de dados Interligação com sistemas de informação geográfica Análises meteorológicas Defesa Civil municipal Atendimento à população atingida por deslizamentos Remoção de famílias de áreas de risco Controle de abrigos Articulação com órgãos municipais Qualificação de casos vistoriados Adoção de medidas preventivas e/ou corretivas Articula equipes de socorro do Corpo de Bombeiros Indica hospitais e postos de saúde
Equipes de campo	Visitam áreas de risco Cadastram as situações de risco Orientam a comunidade Providenciam a saída de moradores de áreas de risco Evitar perdas de vidas humanas Encaminhar para abrigos públicos Utilização de mapas de logradouros Cartas do projeto UNIBASE Utilização de bases cartográficas digitais Mapeamento analógico das áreas de risco
Bases Cartográficas	

5.4.2 Diagrama Entidade-Relacionamento

O diagrama entidade-relacionamento indica os relacionamentos entre objetos do sistema.

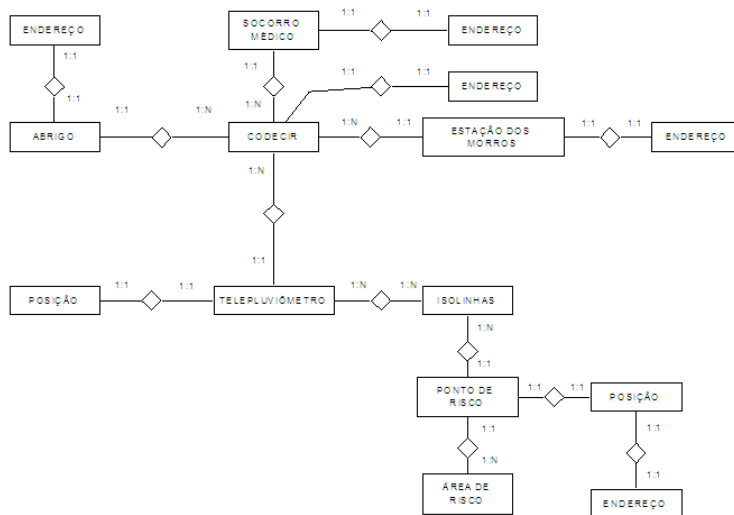


Figura 6 : Diagrama Entidade-Relacionamento

5.4.3 Diagrama de Domínio Espacial

Nesta fase, explicita-se o formato dos dados a serem manipulados no sistema.

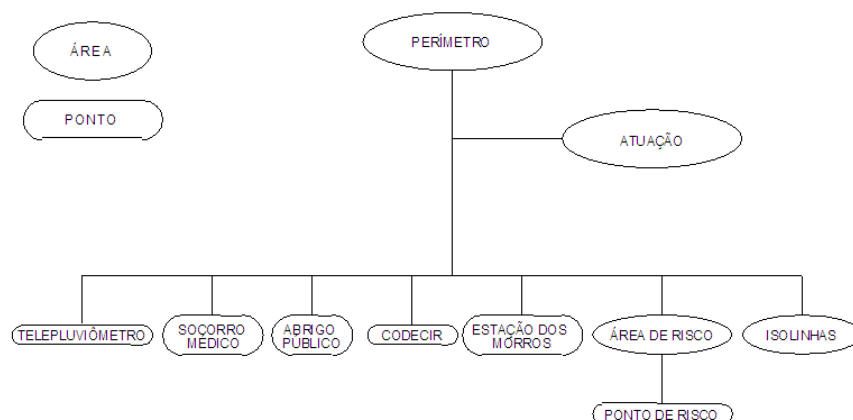


Figura 7 : Diagrama de Domínio Espacial

5.4.4 Classes e Objetos

A conclusão do estudo permitiu que fossem selecionados as classes e os objetos de importância fundamental para aplicação, logo os que serão utilizados no sistema.

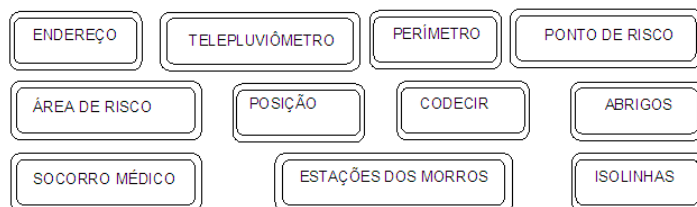


Figura 8 : Definição de Classes e Objetos

5.5 Pressupostos e Restrições

O sistema proposto necessita de elementos que ainda não estão disponíveis no acervo de bases de dados espaciais da CODECIR, como as bases atualizadas de pontos de risco e dos locais de socorro - hospitais e postos de saúde.

Necessário se faz também a obrigatoriedade de adoção de rotinas que são específicas do sistema, como a manutenção dos telepluviômetros e a atualização das bases criadas para a utilização do sistema.

6 Conclusão

Os Sistemas de Geoinformação são utilizados em diversas áreas de conhecimento no Brasil e no mundo, auxiliando principalmente gestores públicos na demonstração das particularidades de áreas sujeitas a um fluxo de informações importantes. O trabalho apresentado busca cobrir uma lacuna da utilização deste tipo de sistema em regiões de risco geológico baseado no controle dos dados de chuvas e no acompanhamento de suas conseqüências, sendo, portanto uma aplicação de grande valia para as cidades que se defrontam com este tipo de problema.

7 Bibliografia

Alheiros, M. M. *Riscos de Escorregamentos na Região Metropolitana do Recife*. Tese de Doutorado - Universidade Federal da Bahia - UFBA, 1998.

Câmara, G.; Casanova, M. A.; Hemerly, A.; Medeiros, C. M. B.; Magalhães, G *Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica* SBC, X Escola de Computação, Campinas, 1996 (on line: www.dpi.inpe.br/geopro/livros/anatomia.pdf)

Castro Junior, R. M. de; Tomoto, J. P. da S.; Gomes, E. S. *O Geoprocessamento no Mapeamento Geológico-Geotécnico do Município de Vitória - ES* (On line em 24.10.2001: <http://www.itc.civil.ufes.br>).

Dudrey, D.; Enahoro, C.; Kunathansak, N.. *The Role of Telecommunications in Disaster Management*. (On line em 26.10.2001, <http://citeseer.nj.nec.com/update/403760.html>).

Gusmão Filho, J. A.; Alheiros, M. M.; Silva, J. M. *Mapeamento de Risco das encostas ocupadas do Recife*. Gusmão Eng. Associados. URB / CODECIR, Relatório Técnico. Recife, 1993.

Jacob, R. *Defesa Civil - Plano Preventivo de Defesa Civil*. Coordenadoria Estadual de Defesa Civil - São Paulo, IMESP, 1998.

Lahm, R. A.; Barbosa, V.; Naime, R. *Aplicação de Geoprocessamento ao Planejamento e Gerenciamento do Espaço Urbano*. (On line em 24.10.2001, [Http://www.if.ufrgs.br](http://www.if.ufrgs.br)).

Santoro, J.; Macedo, E. *O Plano Preventivo de Defesa Civil - PPDC - Especifico para Escorregamentos*.(On line em 22.10.2001, <http://www.defesacivil.cmil.sp.gov.br/manual/orientacao/apostila-v-caem.pdf>).

Sárközy, F.. *GIS Functions - Interpolation*. (on line em 30.10.2001, [Http://www.agt.bme.hu/public_e/funcint.html](http://www.agt.bme.hu/public_e/funcint.html)).

Waters, N. M. *Spatial Interpolation* (on line em 30.10.2001, [Http://www.Geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ngcia/u40.html](http://www.Geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ngcia/u40.html)).

Yourdon, E.; Argila, C. *Análise e Projeto Orientados a Objetos*. MAKRON Books, São Paulo 1999.

Bases de Dados Espaciais para Pluviometria Estudo de Caso: Recife

Kleber Ramos de Carvalho ¹
Prof. Dr. Lucilene Antunes Correia Marques de Sá ²

¹ Universidade Federal de Pernambuco - UFPE
Departamento de Engenharia Cartográfica – DECart
Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação
✉ kleber@recife.pe.gov.br

² Universidade Federal de Pernambuco - UFPE
Departamento de Engenharia Cartográfica – DECart
Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação
✉ lacms@npd.ufpe.br

Conteúdo	
	1 Introdução
	2 Objetivos do Trabalho
	2.1 Objetivo Geral
	2.2 Objetivos Específicos
	3 Embasamento Teórico
	4 A Defesa Civil em Recife
	4.1 Recursos Tecnológicos
	5 Sistema Proposto
	5.1 Função Principal do Sistema
	5.1.1 Área de Atuação do Sistema
	5.2 Resumo do Sistema
	5.3 Escopo do Sistema
	5.3.1 Dados do Sistema
	5.3.2 Atores
	5.3.3 Saídas
	5.3.4 Usuários Externos
	5.4 Exemplos de Etapas da Modelagem do Sistema
	5.4.1 Análise de Frequência de Frases
	5.4.2 Diagrama Entidade-Relacionamento
	5.4.3 Diagrama de Domínio Espacial
	5.4.4 Classes e Objetivos
	5.5 Pressupostos e Restrições
	6 Conclusão
	7 Bibliografia

Resumo: A ocupação desordenada das áreas de morros da Recife acarretou, entre outros problemas, a degradação ambiental de uma grande parte de seu território, notadamente nas zonas norte e sul. Nestas áreas, as comunidades instaladas modificaram o estado natural da formação geomorfológica, tornando-a propensa a graves eventos geológicos, principalmente durante o período chuvoso. O objetivo deste trabalho foi modelar um sistema de medição pluviométrica para a cidade do Recife, capital do estado de Pernambuco, para o monitoramento e a prevenção de catástrofes em morros, no sentido de auxiliar os órgãos municipais e estaduais de Defesa Civil.

Palavras chave: Pluviometria, Defesa Civil, Modelagem de Dados Espaciais, Sistemas de Geoinformação

Abstract: The disordered occupation of the hills areas of Recife carted, among other problems, the environmental degradation of a great part of its territory, notably in the zones north and south. The progress modified the natural state of equilibrium, turning it prone to serious geological events, mainly in the rainy period. The intention of this work is the one of modelling pluviometric system for the city of Recife, state of Pernambuco, for monitoring and prevention process to the catastrophes, helping the municipal and state of Civil Defense.

Keywords: Pluvimetry, Civil Defense, Database Modelling, Geographic Information Systems.

1 Introdução

O sistema proposto está baseado em Sistemas de Geoinformação – SIG, abrangendo os conceitos de Tecnologias da Geoinformação, aplicados à pluviometria. Para o entendimento do problema e a elaboração do modelo conceitual foi empregada a Modelagem de Dados Espaciais no desenvolvimento do sistema, que terá como usuários os membros das equipes de Defesa Civil. O monitoramento requer que a base de dados espaciais do sistema seja permanentemente atualizada, pois isto irá permitir análises temporais da ocorrência de chuvas, bem como sua distribuição espacial. As análises forneceram informações para os órgãos de planejamento desenvolver ações preventivas e para que a Defesa Civil possa responder de forma ágil quando houver ocorrências e solicitações de socorro dos moradores das áreas de risco de deslizamento.

2 Objetivos do Trabalho

2.1 Objetivo Geral

Modelar uma aplicação visando o mapeamento que permita o monitoramento pluviométrico das áreas de morros da cidade do Recife, com base em Sistemas de Geoinformação.

2.2 Objetivos Específicos

- Estudar as metodologias utilizadas para o mapeamento de áreas de risco de deslizamento;
- apresentar uma metodologia que permita a geração de mapas digitais representando os riscos de deslizamento de encostas dentro da área de estudo;
- identificar e agregar dados descritivos relevantes que subsidiem análises de habitabilidade nas áreas de morros.

3 Embasamento Teórico

O rápido crescimento das áreas urbanas no Brasil, associado à desenfreada especulação urbana e à ocupação randômica das áreas, nem sempre disponíveis, constituem-se, hoje, em desafios para os gestores urbanos. As demandas geradas por este processo de transformação são muito grandes e necessitam, cada vez mais de técnicas modernas, rápidas e eficientes de auxílio às tarefas de planejar e de gerenciar a ocupação no ambiente urbano.

Segundo LAHM et al (2001), a maior parte da população de baixa renda que habita as grandes cidades brasileiras está impossibilitada de ocupar áreas próprias para assentamentos urbanos, devido à especulação urbana. Em decorrência, a ocupação se dá em áreas impróprias, como locais onde há escoamento dos cursos de água, particularmente em encostas, algumas destas com declividades e condições geológico-geotécnicas completamente desfavoráveis para assentamentos populacionais.

A escavação do solo ou de rocha visando à construção de obras requer conhecimento científico e tecnológico sobre o meio físico. O comportamento do relevo e solo, frente às solicitações impostas pela introdução de vazios (cortes e escavações) e pelo carregamento (estradas, fundações de grandes obras e edifícios), é um campo de estudo resultante da interação entre geologia e engenharia civil. A Geologia identifica e interpreta os materiais e a Engenharia estuda o comportamento. O profissional que atua nesta interface é chamado de geólogo de engenharia e engenheiro geotécnico. Dentro desta especialidade, vale salientar, são definidos os locais onde ocorre a maior parte dos eventos geológicos.

De acordo com ALHEIROS (1998), os eventos geológicos são ocorrências naturais que resultam de processos modificadores do ambiente físico, com certa intensidade, em área determinada e durante um intervalo de tempo definido, na busca do equilíbrio natural.

Os acidentes ou desastres naturais são eventos catastróficos, que envolvem danos materiais ou perdas de vidas humanas, cujo estudo permite entender os processos atuantes naquele sistema e conhecer o grau de fragilidade relativo ao evento, ALHEIROS (1998).

Nas áreas de morros da cidade do Recife, o evento mais comum é o escorregamento, que pode ser caracterizado pela ruptura do equilíbrio natural do talude, através de uma superfície interna ao mesmo, careando, forçado pela gravidade, parte do material do topo para a parte mais baixa, na tentativa de atingir o equilíbrio natural. Neste processo, a presença da água é o fator preponderante. Excluindo-se os agentes antrópicos, a água pode ser considerada o principal agente natural do sistema.

Os conceitos básicos fornecidos por SANTORO e MACEDO (2000) foram observados neste trabalho:

- Morros – formação mista de rocha e solo cuja elevação é bem menor que a montanha (300 m) atingindo uma altura máxima de 200 m.
- Encosta – declive em um dos flancos do morro ou montanha.
- Talude – trecho vertical ou inclinado de uma encosta delimitado por planos subhorizontais ou horizontais nas suas extremidades. Este termo é utilizado pela geologia, geografia e engenharia geotécnica com diferentes conotações, que são definidas pelo tipo de formação e escala (por exemplo, talude continental, talude insular, talude estrutural, talude de corte).

Entre as ações antrópicas mais nocivas sobre as encostas, destacam-se corte e aterro, desmatamento ou plantio inadequado nos taludes, lançamento concentrado da drenagem domiciliar diretamente sobre o solo (por exemplo, águas servidas e provenientes de calhas dos telhados), instalação de fossas sanitárias e obstrução da drenagem natural ou formal através do lançamento de lixo ou entulhos.

A prevenção e a redução de acidentes naturais passa pelo conhecimento dos níveis de perigo e de risco aos quais a área está submetida. Perigo e risco são termos intimamente relacionados. O primeiro se refere à probabilidade da ocorrência de um desastre e o segundo às conseqüências oriundas referentes aos danos materiais e à perda de vidas humanas.

Para a avaliação do risco de uma área em determinada situação, alguns elementos devem ser considerados, por exemplo, a suscetibilidade da área àquele tipo de desastre, o perigo potencial, o grau de exposição e a vulnerabilidade dos sistemas presentes, ALHEIROS (1998). Todas estas características podem e devem ser analisadas visando minimizar os acidentes nas áreas de morros.

A Defesa Civil é a entidade pública responsável pelo monitoramento, prevenção e operacionalização emergencial. O Sistema de Defesa Civil constitui-se de um instrumento que coordena esforços de todos os órgãos estaduais com os demais segmentos públicos, privados e com a comunidade em geral.

Na cidade do Recife o órgão da Defesa Civil é a CODECIR – Comissão Municipal de Defesa Civil. No nível estadual a entidade responsável é a CODECPE – Comissão de Defesa Civil do Estado de Pernambuco.

Segundo SANTORO e MACEDO (2000), o trabalho de Defesa Civil se desenvolve em quatro fases:

- **Preventiva:** desenvolvida nos períodos de normalidade, consistindo na elaboração de planos, exercícios simulados, organização da comunidade, dentre outros; visando o desenvolvimento e aperfeiçoamento do sistema de autodefesa, conforme os riscos de cada região ou município.
- **Socorro:** concentra-se nos efeitos de ocorrências desastrosas através do emprego de profissionais do Sistema Estadual de Defesa Civil, conforme planos pré-estabelecidos.
- **Assistencial:** esta fase está relacionada aos trabalhos que são desenvolvidos concomitantemente ou logo após a ocorrência do desastre. Constituem-se, basicamente, no repasse de estoque estratégico necessário à sobrevivência da população vitimada.
- **Recuperativa:** trata-se do reparo nos danos, objetivando a volta à normalidade da área atingida.

As duas fases que mais necessitam de instrumentos de controle baseados em sistemas de geoinformação são a prevenção e o socorro. A ação preventiva é a que melhor pode aproveitar a utilização de um SIG, através das análises de cartas geotécnicas, geológicas, de uso do solo e de ocupação urbana, bem como os resultados das análises desenvolvidas a partir dos cruzamentos destes documentos cartográficos, chegando aos níveis de vulnerabilidade das áreas de morros. Na ação emergencial, a espacialização dos objetos topográficos e dos atributos, pode direcionar os esforços das equipes de socorro de forma mais eficaz, além do que empregar os sistemas de comunicação e alerta à população potencialmente sujeita a riscos.

DUDREY et al (2000), aborda os problemas de comunicação afirmando que, a infra-estrutura de informação é composta de três elementos: conhecimento, interconectividade e integração. O conhecimento refere-se aos sistemas de medição, aos métodos de visualização de dados, às análises da informação, à previsão de eventos, à modelagem de dados e à gerência da informação. A interconectividade corresponde aos modelos de comunicação que são empregados para disseminar os produtos da informação e das análises desenvolvidas dentro da infra-estrutura de conhecimento. O elemento da Infra-estrutura integração assegura a sincronização entre as partes mecânicas e as partes humanas do sistema.

A base de dados espaciais que servirá ao sistema deve conter as características de conhecimento definidas por DUDREY et al (2000). Para tanto, é necessário realizar operações de interpolação espaciais na geração de superfícies, objetivando definir espacialmente os pontos de risco, representando-os como isolinhas, qualifica-se o espaço físico onde os pontos estão inseridos.

Segundo WATERS (2001), a interpolação espacial é o procedimento de estimativa de valores de propriedades dos pontos não medidos, através da cobertura da área estudada, gerada a partir de observações existentes.

Os métodos de interpolação espacial foram classificados por SÁRKÓVI (1998) da seguinte forma:

- Métodos de proximidade geométrica
- Métodos estatísticos por médias ponderadas
- Métodos que utilizam funções de base
- Método da rede neural artificial

Nos métodos de proximidade geométrica são encontradas metodologias, como o diagrama de Voronoi e a triangulação de Delanau. Dentro desta abordagem de métodos estatísticos tem-se a interpolação por área, também chamada de interpolação de vizinhança, a ponderação do inverso das distâncias e a interpolação de Kriging. Entre os métodos que são utilizados está o das funções de base, como a análise de tendência de superfície, a suavização de *splines* e o método de polinômios locais. O método da rede neural artificial que utiliza estudos de redes neurais humanas para o uso particular da interpolação, dentro das pesquisas de inteligência artificial.

Todos os métodos de interpolação citados respondem, de forma diferente, quando usados com tipos de dados distintos, sendo, portanto, necessário identificar qual o que melhor se apta à aplicação. Os fatores a serem analisados são: precisão nos resultados, facilidade de processamento, velocidade de resposta e capacidade de *hardware*.

A introdução das ciências da computação e da eletrônica nas ciências cartográficas foi significativa no surgimento dos Sistemas de Geoinformação – SIG. Os SIG integram dados espaciais, dados gráficos (por exemplo, mapas, imagens de satélite e fotografias aéreas) e dados descritivos (por exemplo, censos, cadastros, registros) de forma que permitam a geração de mapeamentos temáticos e subsidiem a tomada de decisão.

CÂMARA et al (1996), conceitua os Sistemas de Geoinformação como sendo um sistema computadorizado composto de *hardware*, *software*, dados e procedimentos, construído para permitir a captura, gerenciamento, análise, manipulação, modelamento e exibição de dados, referenciados geograficamente, para utilização em diversas áreas de conhecimento e gerenciamento.

Na geração da base de dados espaciais novos conceitos devem ser introduzidos entre os produtores e usuários de documentos cartográficos, uma vez que os dados espaciais entram em contato com os usuários através do computador, e não diretamente, através da visualização como acontecia com os mapas analógicos. A Modelagem de Dados Espaciais é uma etapa crucial no processo, pois define os dados que pertencentes à determinada aplicação, bem como seus relacionamentos. A aquisição de dados espaciais após a modelagem será uma etapa otimizada, inclusive com relação ao custo/benefício.

Segundo YOURDON e ARGILA (1999), a metodologia para o desenvolvimento de sistemas deve ser aplicada em projetos. A metodologia desenvolvida pelos autores citados foi aplicada na modelagem de dados espaciais para SIG, com intuito de construir um modelo conceitual do sistema aplicativo de forma que capturasse os requisitos essenciais a partir da realidade.

Um modelo de Análise Orientada a Objeto – AOO retrata objetos que representam um domínio de aplicação específico, juntamente com diversos relacionamentos estruturais e de comunicação. A análise orientada a objetos pode ser formada por cinco camadas, que permitem visualização em perspectivas diferentes. A estrutura também permite tratar modelos de tamanho grande. As cinco camadas do modelo de AOO são:

- Camada de classes e objetos
- Camada de atributos
- Camada de serviços
- Camada de estruturas
- Camada de assuntos

A primeira das camadas, a de classes e objetos, apresenta os blocos básicos de construção do sistema proposto. Os objetos são abstrações de conceitos do domínio de aplicação do mundo real. Esta camada representa as bases do modelo de AOO como um todo.

4 A Defesa Civil em Recife

O sistema de Defesa Civil da cidade do Recife é composto pelas secretarias municipais e por empresas e autarquias, sendo representada pela Comissão de Defesa Civil do Recife – CODECIR, ligada a Secretaria de Planejamento, Urbanismo e Meio Ambiente – SEPLAM.

O funcionamento da Comissão é voltado ao atendimento da população atingida por alagamentos e deslizamentos, principalmente este último, e seus desdobramentos – remoção de famílias de áreas de risco, controle de abrigos e articulação com os órgãos municipais, através da qualificação dos casos vistoriados, objetivando a adoção de medidas preventivas e/ou corretivas.

As equipes de campo visitam as áreas de risco de forma ostensiva ou direcionada, cadastrando as situações de risco, orientando a comunidade para minimizar as condições de risco inerentes a cada caso, visando a convivência com o problema, e em casos críticos, providenciando a retirada dos moradores do local, encaminhando-os aos abrigos públicos mais próximos de suas residências, evitando a perda de vidas humanas.

Nos casos de eventos com vítimas, a CODECIR articula as equipes de socorro do Corpo de Bombeiros, indicando os hospitais e postos de saúde próximos ao local da ocorrência, bem como suas especialidades médicas.

A utilização de bases cartográficas é incipiente. O órgão dispõe de mapas de logradouros na escala de 1:5.000 e de plantas topográficas cadastrais geradas através do Projeto UNIBASE na escala 1:1.000. As bases cartográficas digitais foram utilizadas em experiências isoladas e estão sendo sistematizadas para atender a demanda do setor. No acervo de bases cartográficas da CODECIR também existe um mapeamento analógico de risco das encostas ocupadas, que indica a classificação das áreas de risco em cinco faixas: muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto.

A base de dados temática foi produzida em 1993 após a compilação dos dados geológicos, como morfologia e composição; dados topográficos, como altura e declividade; e dados sócio-ambientais, como presença de lixo, vegetação e tratamento da encosta, coletados nas áreas de morros ocupadas na cidade e em outras bases de dados existentes. Considerando que este mapeamento serve de parâmetro até hoje, foi digitalizado, e posteriormente, disponibilizado como base temática em formato digital.

Um aplicativo gerenciador de banco de dados é utilizado com a alimentação dos formulários de vistoria para subsidiar o atendimento às famílias mais necessitadas, através da manutenção em

local seguro, tratamento com obras e até construção de novas moradias.

Recentemente, foi definido um plano de ação que utiliza escritórios descentralizados próximos às áreas de risco, denominados de Estações dos Morros. O projeto tem como proposto permitir o atendimento mais rápido às situações de risco, sendo três escritórios, um na zona Sul e dois na zona Norte da cidade.

4.1 Recursos Tecnológicos

A Defesa Civil do Recife utiliza alguns equipamentos para o desenvolvimento de seus trabalhos, entre estes destacam-se: rádios-comunicadores, rastreador GPS e pluviômetro.

O sistema de comunicação da Defesa Civil utiliza um conjunto de rádios-comunicadores VHF para o contato com as equipes de campo, agilizando e racionalizando as vistorias realizadas nas áreas de risco.

O rastreador GPS portátil, coleta as coordenadas de pontos específicos de risco de deslizamento, que são introduzidos na base cartográfica digital e no SIG.

O pluviômetro é o aparelho que mede o volume de precipitação, através da coleta direta de parte da chuva em um recipiente normalmente cilíndrico e de alumínio, com área de abertura conhecida de forma a permitir a relação matemática entre o volume de chuvas e uma escala linear, sendo expresso em milímetros (mm).

Em 1995 foi realizada uma experiência como uma evolução do pluviômetro, o equipamento chama-se TELEPLUVIÔMETRO. Neste caso, não há armazenagem de água da chuva, sendo sensibilizado por um sistema de acúmulo e refluxo d'água, com o registro por pulso de 0,1 mm. O telepluviômetro ficava ligado a um sistema de comunicação, na época, através de uma linha telefônica comum, e a um sistema interno que gerenciava a coleta, medição e a remessa de dados em tempo real para o escritório da CODECIR. Este tipo de equipamento apresenta vantagens significativas que podem ser decisivas em uma situação de emergência:

- As leituras são feitas em tempo real, com o fenômeno em pleno desenvolvimento, possibilitando uma qualificação automática a partir do volume e da intensidade.
- As medições são mais precisas, eliminando-se possíveis erros humanos na coleta e leitura do material, necessitando de manutenção e de calibração periódicos.
- Possibilidade de interligação com sistema gerenciador de banco de dados e de SIG, a partir do formato de dados produzido e de compilação destes nos padrões de análises meteorológicas.

5. Sistema Proposto

5.1 Função Principal do Sistema

O sistema proposto irá acompanhar a evolução de eventos chuvosos na cidade com vistas à prevenção de acidentes em áreas de risco de deslizamento.

5.1.1 Área de Atuação do Sistema

O sistema atua diretamente na área de defesa civil, no tocante a influência da chuva nos deslizamentos de encostas no Recife.

5.2 Resumo do Sistema

O sistema pode ser resumido nas funções abaixo:

- Manter o cadastro de pontos de coleta remota;
- gerar conjuntos de dados de volume de chuvas em intervalos regulares de tempo;
- obter uma superfície a partir da interpolação dos conjuntos de dados;
- produzir isolinhas a partir das superfícies;
- selecionar imóveis em áreas de probabilidade de deslizamento
- indicar ponto de socorro mais próximo
- indicar o abrigo público mais próximo
- transformar bases de isolinhas em figuras e gerar animações;
- fornecer relatórios de chuvas por períodos determinados; e
- gerenciar a comunicação de alertas aos usuários externos.

5.3 Escopo do Sistema

O sistema proposto tem como objetivo agilizar a decisão de socorro e a prevenção de acidentes através do controle da observação pluviométrica, antecipando-se ao fato através acompanhamento do nível de precipitação. Para tanto, uma rede de telepluviômetros deve ser instalada, com os instrumentos localizados de forma a garantir uma série de medições em tempo real, permitindo a espacialização dos dados e a representação em mapas temáticos, cruzando-os com as bases de localização de áreas de risco e de pontos de risco e de locais importantes, inseridos no processo estarão os escritórios descentralizados e as associações comunitárias, como pode ser observado na Figura 1.

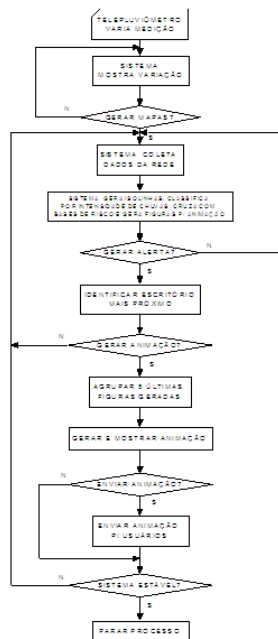


Figura 1 : Fluxograma Geral do Sistema

A divisão do sistema foi prevista em três sub-sistemas como pode ser observado na Figura 2, que representa o Diagrama de Contexto.

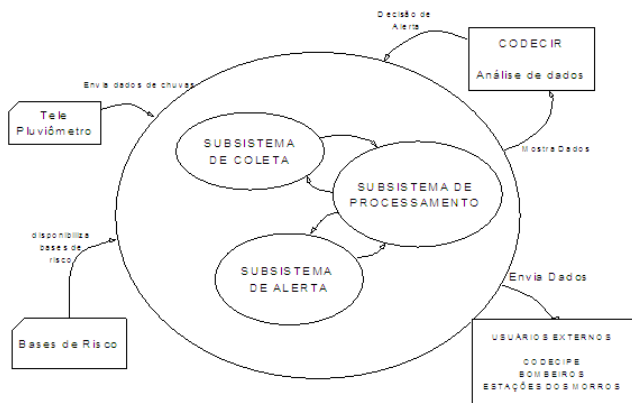


Figura 2 : Diagrama de Contexto

O sub-sistema de coleta e gerenciamento de dados será capaz de administrar a entrada e o armazenamento de dados de toda rede simultaneamente, a partir da ocorrência de um volume específico, em qualquer ponto da malha de telepluviômetros, e gerará gráficos de volume de chuvas por unidade de tempo e de médias em intervalos padronizados pelo setor, (diário, mensal, entre outros) possibilitando a conferência das previsões de tempo disponíveis. O Diagrama de Fluxo de Dados está representado na Figura 3.

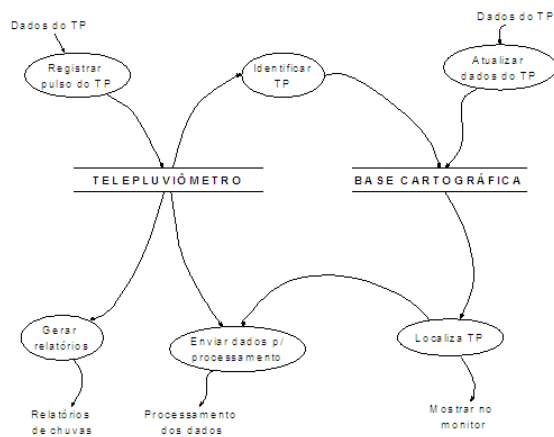


Figura 3 : Sub-Sistema de Coleta

O sub-sistema de processamento (Figura 4) tratará o conjunto de dados coletados que serão interpolados para gerar isolinhas de precipitação em intervalos sucessivos, permitindo a representação da evolução temporal e da qualificação das chuvas, além de possibilitar a previsão do alcance do fenômeno pela análise das bases pelos técnicos do setor.

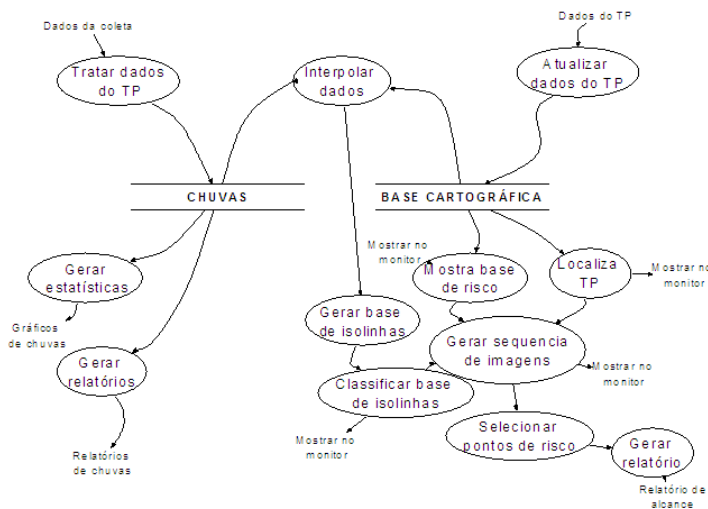


Figura 4 : Sub-Sistema de Processamento

O sub-sistema de alerta utilizará os dados processados e desencadeará uma comunicação padrão para os atores e usuários externos do sistema com os mapas de risco, as animações e os pontos de risco sujeitos ao fenômeno, além de relatórios contendo os nomes e endereços dos possíveis atingidos. O funcionamento está representado na Figura 5.

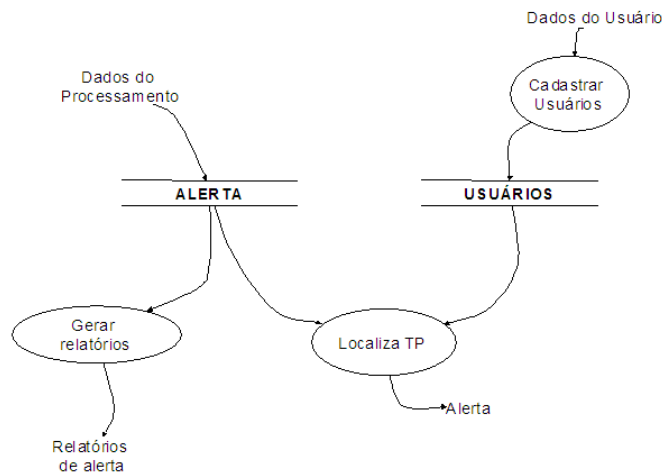


Figura 5 : Sub-Sistema de Alerta

5.3.1 Dados do Sistema

Os dados que alimentaram o sistema são:

- Dados enviados pelos telepluviômetros, que representam o volume de chuvas em um determinado ponto e em um dado momento.
- Base de dados de pontos de risco levantados por GPS e cadastrados a partir de formulários padronizados em campo.
- Base de dados de risco de deslizamento, que qualifica espacialmente as áreas e seus graus de risco, a partir de estudos geológicos, topográficos e ambientais.
- Base de dados do município, contendo a malha viária e os pontos de apoio ao socorro, como bases de bombeiros, abrigos, hospitais e escritórios da defesa civil municipal e estadual.

5.3.2 Atores

Na coleta, considerando o nível de automação, o operador do sistema receberá o volume de dados e acionará o processamento.

Após a análise dos dados e a confirmação de uma situação de alerta, será contatado o escritório descentralizado mais próximo do evento e a associação de moradores responsável pelo grupo de voluntários da comunidade.

Os moradores de áreas de risco submetidos a uma situação anormal serão contatados pelas equipes da defesa civil. Estas equipes são preparadas para o socorro, a assistência social e para executar ações emergenciais de minimização de situações de risco. A primeira providência é a remoção das famílias para locais seguros, que podem ser propriedades particulares ou abrigos públicos mais próximos. As pessoas devem ficar alojadas até que o problema ser sanado.

5.3.3 Saídas

As saídas do sistema serão em forma de mapas temáticos, gráficos de precipitação e relatórios de dados para acompanhamento do setor, além da geração de figuras para a montagem de animações gráficas, que deverão ser disponibilizadas a outros setores para divulgação via rede ou Internet.

5.3.4 Usuários Externos

Algumas ações são desenvolvidas em conjunto com outros órgãos que necessitarão de acesso aos dados – compilados ou não – de forma a permitir um atendimento eficaz às situações emergenciais, são estes:

- Sistema de Defesa Civil dos municípios vizinhos;
- Sistema de Defesa Civil Estadual; e,
- Corpo de Bombeiros Militar.

5.4 Exemplos de Etapas da Modelagem do Sistema

5.4.1 Análise de Frequência de Frases

Com a finalidade de dar início a determinação de classes e objetos que o sistema deve conter, empregou-se sob a etapa de Abstração do Mundo Real a técnica de Análise de Frequência de Frase. O resultado obtido pode ser observado no Quadro 1.

Quadro 1 : Resultado da Análise de Frequência de Frase

ÁREAS DE RISCO	Ponto de risco
	Região sujeita a deslizamentos
	As equipes de campo visitam
	Escritórios descentralizados
Ponto de risco	Estações dos morros
	Classificação das Áreas de risco
	Caso isolado com características de perigo
Risco	Não necessariamente contido em uma área de risco
	Coordenadas coletadas por GPS
	Ocupação com moradias de forma desordenada
	Alteração do equilíbrio natural da encosta
	Atendimento rápido às situações de risco
TP (Telepluviômetro)	Mapeamento analógico
	Muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto.
	Pluviômetro ligado a um sistema de comunicação
	Linha telefônica comum
	Sistema interno que gerenciava a coleta de dados
	Gerenciava a medição dos dados
Gerenciava a remessa dos dados	

CODECIR	Leitura em tempo real Possibilita qualificação automática Medições mais precisas Necessita de manutenção e calibração Interligação com sistemas de banco de dados Interligação com sistemas de informação geográfica Análises meteorológicas Defesa Civil municipal Atendimento à população atingida por deslizamentos Remoção de famílias de áreas de risco Controle de abrigos Articulação com órgãos municipais Qualificação de casos vistoriados Adoção de medidas preventivas e/ou corretivas Articula equipes de socorro do Corpo de Bombeiros Indica hospitais e postos de saúde
Equipes de campo	Visitam áreas de risco Cadastram as situações de risco Orientam a comunidade Providenciam a saída de moradores de áreas de risco Evitar perdas de vidas humanas Encaminhar para abrigos públicos Utilização de mapas de logradouros Cartas do projeto UNIBASE Utilização de bases cartográficas digitais Mapeamento analógico das áreas de risco
Bases Cartográficas	

5.4.2 Diagrama Entidade-Relacionamento

O diagrama entidade-relacionamento indica os relacionamentos entre objetos do sistema.

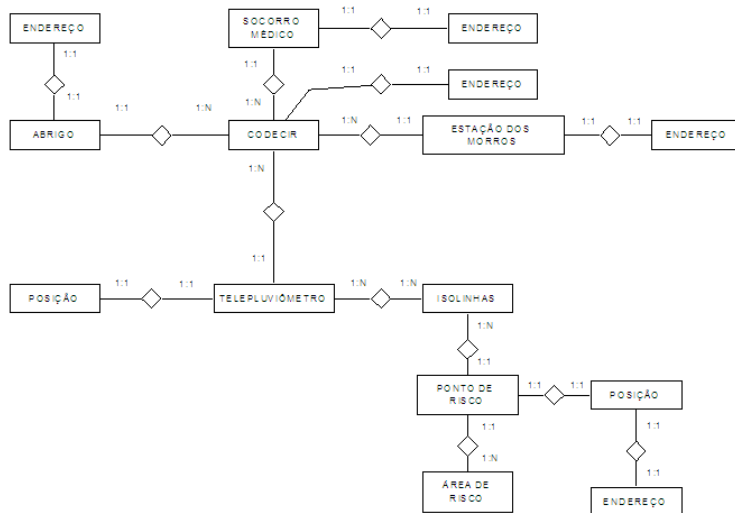


Figura 6 : Diagrama Entidade-Relacionamento

5.4.3 Diagrama de Domínio Espacial

Nesta fase, explicita-se o formato dos dados a serem manipulados no sistema.

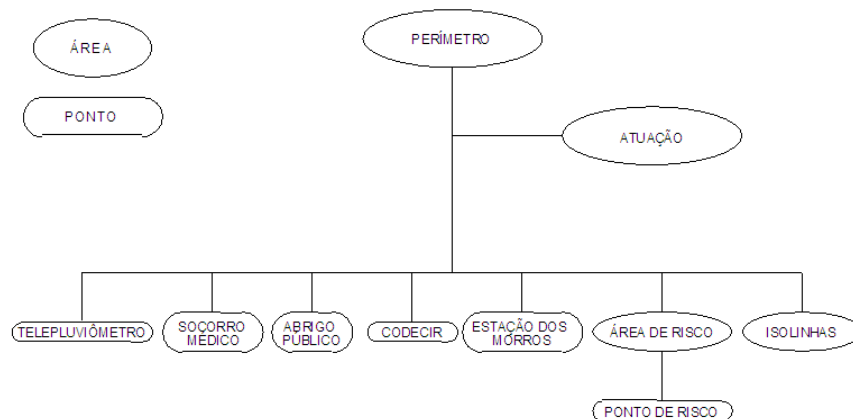


Figura 7 : Diagrama de Domínio Espacial

5.4.4 Classes e Objetos

A conclusão do estudo permitiu que fossem selecionados as classes e os objetos de importância fundamental para aplicação, logo os que serão utilizados no sistema.

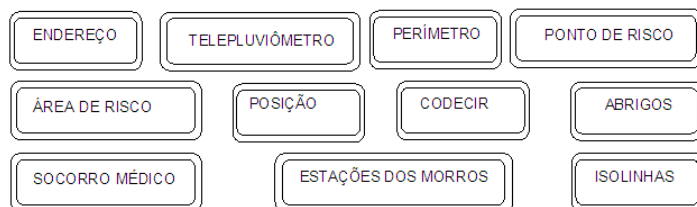


Figura 8 : Definição de Classes e Objetos

5.5 Pressupostos e Restrições

O sistema proposto necessita de elementos que ainda não estão disponíveis no acervo de bases de dados espaciais da CODECIR, como as bases atualizadas de pontos de risco e dos locais de socorro - hospitais e postos de saúde.

Necessário se faz também a obrigatoriedade de adoção de rotinas que são específicas do sistema, como a manutenção dos telepluviômetros e a atualização das bases criadas para a utilização do sistema.

6 Conclusão

Os Sistemas de Geoinformação são utilizados em diversas áreas de conhecimento no Brasil e no mundo, auxiliando principalmente gestores públicos na demonstração das particularidades de áreas sujeitas a um fluxo de informações importantes. O trabalho apresentado busca cobrir uma lacuna da utilização deste tipo de sistema em regiões de risco geológico baseado no controle dos dados de chuvas e no acompanhamento de suas conseqüências, sendo, portanto uma aplicação de grande valia para as cidades que se defrontam com este tipo de problema.

7 Bibliografia

Alheiros, M. M. *Riscos de Escorregamentos na Região Metropolitana do Recife*. Tese de Doutorado - Universidade Federal da Bahia - UFBA, 1998.

Câmara, G.; Casanova, M. A.; Hemerly, A.; Medeiros, C. M. B.; Magalhães, G *Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica* SBC, X Escola de Computação, Campinas, 1996 (on line: www.dpi.inpe.br/geopro/livros/anatomia.pdf)

Castro Junior, R. M. de; Tomoto, J. P. da S.; Gomes, E. S. *O Geoprocessamento no Mapeamento Geológico-Geotécnico do Município de Vitória - ES* (On line em 24.10.2001: <http://www.itc.civil.ufes.br>).

Dudrey, D.; Enahoro, C.; Kunathansak, N.. *The Role of Telecommunications in Disaster Management*. (On line em 26.10.2001, <http://citeseer.nj.nec.com/update/403760.html>) .

Gusmão Filho, J. A.; Alheiros, M. M.; Silva, J. M. *Mapeamento de Risco das encostas ocupadas do Recife*. Gusmão Eng. Associados. URB / CODECIR, Relatório Técnico. Recife, 1993.

Jacob, R. *Defesa Civil - Plano Preventivo de Defesa Civil*. Coordenadoria Estadual de Defesa Civil - São Paulo, IMESP, 1998.

Lahm, R. A.; Barbosa, V.; Naime, R. *Aplicação de Geoprocessamento ao Planejamento e Gerenciamento do Espaço Urbano*. (On line em 24.10.2001, [Http://www.if.ufrgs.br](http://www.if.ufrgs.br)).

Santoro, J.; Macedo, E. *O Plano Preventivo de Defesa Civil - PPDC - Especifico para Escorregamentos*.(On line em 22.10.2001, <http://www.defesacivil.cmil.sp.gov.br/manual/orientacao/apostila-v-caem.pdf>).

Sárközy, F.. *GIS Functions - Interpolation*. (on line em 30.10.2001, [Http://www.agt.bme.hu/public_e/funcint.html](http://www.agt.bme.hu/public_e/funcint.html)).

Waters, N. M. *Spatial Interpolation* (on line em 30.10.2001, [Http://www.Geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ngcia/u40.html](http://www.Geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ngcia/u40.html)).

Yourdon, E.; Argila, C. *Análise e Projeto Orientados a Objetos*. MAKRON Books, São Paulo 1999.