



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA EMISSÃO DE ALERTAS DE MOVIMENTOS DE MASSA CAUSADOS POR CHUVA NA SERRA DO MAR

Giovanni Dolif Neto

Projeto de Pesquisa apresentado no Exame Oral de Avaliação e Capacitação para a Pesquisa Científica do curso de Doutorado em Meteorologia do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do INPE apresentado em 04 de junho de 2008.

O original deste documento está disponível em:

<<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m17@80/2008/05.19.23.48>>

INPE
São José dos Campos
2008

PUBLICADO POR:

Giovanni Dolif Neto - INPE

Curso de Pós-Graduação do CPTEC (INPE)

Cachoeira Paulista - SP - Brasil

Tel.:(012) 3186-8419/9512

E-mail: giovanni@cptec.inpe.br

Banca Examinadora:**Presidente:**

Dr. Manoel Alonso Gan - CPTEC-INPE

Membros:

Dra. Marley Cavalcante de L. Moscati - CPTEC-INPE

Dr. Valdir Innocentini - CPTEC-INPE

Dra. Regina Célia dos Santos Alvalá - CPTEC-INPE

Dra. Maria Paulete Pereira M. Jorge - CPTEC-INPE



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA EMISSÃO DE ALERTAS DE MOVIMENTOS DE MASSA CAUSADOS POR CHUVA NA SERRA DO MAR

Giovanni Dolif Neto

Projeto de Pesquisa apresentado no Exame Oral de Avaliação e Capacitação para a Pesquisa Científica do curso de Doutorado em Meteorologia do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do INPE apresentado em 04 de junho de 2008.

O original deste documento está disponível em:

<<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m17@80/2008/05.19.23.48>>

INPE
São José dos Campos
2008

RESUMO

Nas últimas décadas houve um aumento significativo no número de desastres naturais e de eventos hidrometeorológicos extremos. Os movimentos de massa estão entre os desastres naturais causadores de grande impacto ao ambiente socioeconômico. O CPTEC-INPE como parte de sua rotina operacional possui um sistema de informações de apoio à Defesa Civil nas situações de previsão de algum fenômeno meteorológico extremo relativo a chuvas intensas e/ou prolongadas. Com o objetivo de apoiar, facilitar e melhorar essa tarefa, o INPE já vem desenvolvendo um sistema de alertas por meio do *Projeto Serra do Mar* e da Ação PPA-7316. Entretanto, surgem dificuldades quando a quantidade de informações disponíveis é muito grande e não uniforme, sendo assim necessário o uso de metodologias de Inteligência Artificial baseadas no conhecimento de especialistas humanos e de casos anteriores para auxiliar no desenvolvimento de sistemas de suporte à tomada de decisões ambientais. Os métodos de inteligência artificial Raciocínio Baseado em Casos (RBC) e Sistema Especialista (SE) serão aplicados ao sistema de alertas desenvolvido pelo INPE e implementado na plataforma **SPRING**. O objetivo deste projeto é melhorar a qualidade dos alertas e agregar maior quantidade de informações que auxiliem na tomada de decisões por parte das autoridades prevenindo e minimizando as perdas materiais e de vida nos municípios da Serra do Mar.

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
1 INTRODUÇÃO	7
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
3 METODOLOGIA E DADOS	15
4 RESULTADOS ESPERADOS	19
5 CRONOGRAMA	21
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

1 INTRODUÇÃO

”O processo de urbanização brasileira ocorreu de forma intensa e desigual. A oportunidade de viver com qualidade não se apresenta da mesma forma para todos, o que leva a grande parte da população menos favorecida a ocupar áreas impróprias para a moradia, que oferecem, por sua vez, riscos à vida, especialmente nas encostas e margens de rios. Como consequência tem-se uma grande parte da população vulnerável à ocorrência de acidentes envolvendo danos materiais e vítimas fatais.”(CARVALHO; GALVÃO, 2006, p. 6)

”O quadro de exclusão territorial e degradação ambiental de nossas cidades, além de submeter a maioria da população a uma inserção precária e vulnerável na cidade, gera graves situações de risco de vida por ocasião dos períodos chuvosos mais intensos...”(CARVALHO; GALVÃO, 2006, p. 8)

Nas últimas décadas houve um aumento significativo no número de desastres naturais e de eventos hidrometeorológicos extremos.(IPCC, 2007)

Dentre os desastres naturais de origem hidrometeorológica, os movimentos de massa são causadores de grande impacto ao ambiente socioeconômico. As corridas de detritos são os movimentos de massa que costumam causar os maiores danos. No âmbito nacional, a Serra do Mar, localizada entre o Sul e o Sudeste do Brasil, é uma das principais áreas montanhosas sujeitas ao desenvolvimento de corridas de detritos.(GRAMANI, 2001)

A Tabela 1.1 mostra alguns dos casos de corridas de detritos de maior impacto na Serra do Mar. Percebe-se que todos os eventos são precedidos de grandes volumes de chuva. As perdas materiais e de vida são bastante expressivas.

Segundo Wolle (1989) nos processos de movimentos de massa as chuvas intensas têm um papel preponderante, tanto como agente predisponente, isto é, como preparador do potencial de instabilização das encostas, quanto como causa imediata e deflagratória das instabilizações. O intemperismo é o principal agente preparatório sob clima tropical úmido, como se verifica ao longo da Serra do Mar, sendo assim, o intemperismo químico e bioquímico os mais atuantes (WOLLE, 1989). Segundo IPT (1988a), a pluviosidade não se constitui propriamente em um condicionante do escorregamento, mas sim, no principal agente deflagrador imediato do processo.

O trabalho de Tatizana (1987) também enfatiza o importante papel da chuva na ocorrência de movimentos de massa. Dessa forma, para que se consiga minimizar o impacto dos movimentos de massa sobre a sociedade faz-se necessária a informação antecipada

Tabela 1.1 - Casos de Corridas de Detritos na Serra do Mar

LOCAL	DATA	IMPACTOS
Caraguatatuba(SP) OBS: Um dos mais expressivos do mundo. Considerado por alguns o maior desastre natural ocorrido no Brasil.	17-18 Março de 1967	586mm (48h - 35% da anual) 760 escorregamentos; 30 mil árvores arrastadas; 400 casas soterradas ; 120 mortos; 15 mil desabrigados
Serra das Araras(RJ) OBS: Apenas em 1967 1700 pessoas morreram devido a escorregamentos e a violentas enchentes ocorridos no Brasil.	Janeiro / 1967	250mm (3h) 50 escorregamentos; 180 desaparecidos;
Grota Funda (SP) Paranapiacaba(SP)	fins Dezembro/1975 início Janeiro/1976	vão de 280m de altura e 75m de profundidade;
Viaduto IV S.Mar Paranapiacaba(SP)	1971	Destruição de um viaduto da estrada de ferro Santos-Jundiaí
Ubatuba (SP)	Fevereiro/1996	442,17 mm (13 horas) 182 escorregamentos Interdição da rodovia SP-125 que liga Taubaté a Ubatuba;
Cubatão (SP) Copebrás Braço Norte Ultrafértil Refinaria	Década de 70 Anos: 85, 94 e 96	374,6mm (24h - 1992); 280mm (24h - 1994);
Via Anchieta (km 42) S.Mar	Dezembro / 1999	481mm (5-13 dezembro); 30 escorregamentos

Fonte: Adaptado de [Gramani \(2001\)](#)

sobre o volume de chuva que irá precipitar sobre uma determinada área de interesse. O INPE já vem trabalhando no sentido de prover a sociedade com melhores previsões ambientais e alertas antecipados para a mitigação e prevenção de desastres naturais como aqueles gerados por escorregamentos de massa. Um exemplo foi a Ação PPA-7316, *"Implantação de Sistema de Informações Hidrometeorológicas e Ambientais para a prevenção e Mitigação de Desastres Ambientais"* (INPE, 2004-2007a). Além disso, o INPE também desenvolve a plataforma TerraME (INPE, 2002-2008) que permite trabalhar com modelo dinâmico espaço-temporal nas aplicações geográficas utilizando como base a biblioteca TerraLib.

Uma outra ferramenta muito útil em sistemas de informações ambientais desenvolvida também pelo INPE é o Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas (SPRING)(INPE/DPI, 1991-2007). O SPRING é um sistema de Informações Geográficas com funções de processamento de imagens, análise espacial, modelagem numérica de terreno e consulta de dados espaciais desenvolvida pela Divisão de Processamento de Imagens do INPE.

O CPTEC-INPE como parte de sua rotina operacional, nas situações de previsão de algum fenômeno meteorológico extremo no tocante a chuvas intensas e/ou prolongadas, possui um sistema de informações de apoio à Defesa Civil. Como parceiro institucional do IPT na área de prevenção de desastres naturais, o CPTEC fornece diariamente ao Núcleo de Monitoramento de Riscos Geológicos NURG da Divisão de Geologia, previsões meteorológicas dirigidas aos Planos de Alerta específicos para escorregamentos operados pelo IPT em diferentes regiões do Estado, informando condições meteorológicas passíveis de produzir eventos pluviométricos extremos. Diante da evolução dos estudos de deslizamentos de encostas decorrentes de chuvas intensas e/ou excessivas realizados por institutos especializados (e. g., Instituto de Pesquisas Tecnológicas IPT, de São Paulo - IPT, 1991) e dos resultantes levantamentos de áreas de risco de deslizamento de encostas de processos de corrida de lama (debris flow), e levando ainda em consideração a rápida evolução dos sistemas de informações geográficas e do alto grau de acerto das previsões de chuva com até 3 dias de antecedência a partir dos modelos numéricos de previsão de tempo do CPTEC (CHOU; SILVA, 1999), tornou-se factível pela primeira vez projetar um novo sistema semi-automático de previsões e informações hidrometeorológicas relevantes para apoiar o gerenciamento de desastres naturais na Serra do Mar. Esse sistema está sendo desenvolvido pelo *Projeto Serra do Mar*(INPE, 2004-2007b).

Sistemas como o do *Projeto Serra do Mar* agregam uma grande quantidade de informações e a efetiva proteção do meio ambiente é altamente dependente da qualidade da informação disponível usada para tomar uma decisão apropriada. Entretanto, surgem dificuldades quando a quantidade de informações disponíveis é muito grande e não uniforme, ou seja, provenientes de diferentes áreas do conhecimento e de diferentes fontes. Além disso, a qualidade dessas informações nem sempre pode ser estabelecida a priori. Um outro ponto importante é a natureza dinâmica do problema. Os computadores são essenciais para a proteção ambiental em tarefas como monitoramento, análise de dados, comunicação, armazenamento e obtenção de informação. Portanto torna-se necessário o uso de metodologias de Inteligência Artificial baseadas no conhecimento para auxiliar no desenvolvimento de sistemas de suporte a decisões ambientais (CORTÈS et al., 2000).

No Capítulo 2 é feita uma revisão dos conhecimentos básicos relacionados a três áreas do conhecimento fundamentais nesse trabalho:

- movimentos de massa deflagrados por chuvas intensas;
- padrões do escoamento atmosférico associados às chuvas intensas deflagradoras de deslizamentos de massa;
- o uso da inteligência artificial em sistemas de suporte à tomada de decisões e ao gerenciamento de risco.

A metodologia a ser utilizada está descrita no Capítulo 3, enquanto os resultados esperados com a aplicação desta metodologia estão no Capítulo 4.

O Capítulo 5 apresenta o cronograma de atividades proposto por este projeto com detalhes sobre as etapas e os tempos de execução de cada uma delas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo serão abordados os conhecimentos básicos sobre: (a) movimentos de massa deflagrados por chuva na Serra do Mar; (b) padrões atmosféricos associados aos movimentos de massa e; (c) o uso da inteligência artificial em sistemas de suporte à tomada de decisões e ao gerenciamento de risco.

Os escorregamentos e processos correlatos considerados neste trabalho, segundo [Cerri \(1993\)](#) e [Cerri \(2001\)](#), estão entre os riscos ambientais naturais relacionados ao meio físico, classificados como geológicos e de origem exógena. Os escorregamentos são movimentos gravitacionais de massa que têm sido intensamente estudados em diversos países e por diferentes profissionais ([GUIDICINI; NIEBLE, 1984](#)), tanto pela sua importância como agente atuante na evolução das formas de relevo, quanto pelas suas implicações práticas e econômicas, pois normalmente estão relacionados com atividades antrópicas, deixando de ter um caráter estritamente natural.

Os movimentos de massa correspondem a um dos processos erosivos mais importantes na modelagem do relevo na escala de tempo do homem, além de se constituírem em processos atuais da evolução natural das encostas ([WOLLE, 1988](#)). Em tais condições, a geometria e localização do relevo são alteradas por sucessivos ciclos de escorregamentos, escoamentos e rastejos. Desse modo, o clima representa neste processo um papel importante, tanto como agente predisponente, ou seja, como preparador do potencial de instabilização das encostas, quanto como causa imediata e deflagratória das instabilizações, geralmente na forma de intensas chuvas.

[Seluchi \(2006\)](#) analisa os padrões sinóticos associados à ocorrência de situações de deslizamentos de encostas no trecho paulista da Serra do Mar utilizando reanálises do NCEP (National Centers for Environmental Prediction - USA) de 1995 a 2005 e um banco de mortes do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT). Os casos selecionados estavam entre os meses de novembro a abril, descartando os casos convectivos muito isolados. [Seluchi \(2006\)](#) conclui que quase 50% dos casos de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) atuando na região da Serra do Mar por mais de 2 dias provocaram mortes por deslizamentos. Os deslizamentos parecem ocorrer no momento em que a ZCAS tem alguma interação com sistemas de onda mais curta. As situações de ZCAS analisadas apresentam um máximo de umidade nas camadas baixas e um máximo de divergência no nível de 250 hPa e se desenvolvem mais para o sul que o normal. Uma interessante conclusão é que os índices de instabilidade não são úteis para discriminar este tipo de eventos. Os deslizamentos ocorreram no momento em que o máximo de divergência (ZCAS) ou de vorticidade ciclônica (Frentes) nos altos níveis passou acima da Serra do Mar.

O trabalho de [Teixeira e Satyamurty \(2006\)](#) mostra os padrões de escoamento atmosférico

associados a extremos de precipitação na Serra do Mar. O período analisado vai de 1996 a 2005, semelhante a [Seluchi \(2006\)](#) citado acima. Os compostos dos campos meteorológicos mostraram que o ambiente de grande escala não aparenta ter importância significativa, indicando que os movimentos de mesoescala (interação com a topografia, as circulações locais, etc) podem ser mais influentes na gravidade dos eventos de chuva. [Seluchi \(2006\)](#) também cita interações com perturbações de escala subsinótica (ondas curtas). [Teixeira e Satyamurty \(2006\)](#) conclui ainda que alguns parâmetros, como a convergência do fluxo de umidade em baixos níveis e a divergência do vento em altos níveis, apresentam magnitudes significativas antes do início dos eventos. Esta última conclusão também é corroborada por [Seluchi \(2006\)](#).

Sistemas de apoio à decisão (Decision Support Systems - DSS) são sistemas que fornecem mecanismos para facilitar a interação do usuário, através de interfaces e pacotes específicos de software, com modelos de análise e dados de um determinado domínio para gerar e avaliar soluções alternativas ([KASTER et al., 2000](#)).

[Lazzari e Salvaneschi \(1999\)](#) apresentam a aplicação de um sistema de informação geográfica como plataforma de um complexo sistema de informações que apóia o gerenciamento de escorregamentos de massa no norte da Itália. O sistema já funcionava operacionalmente desde 1996 utilizando técnicas de inteligência artificial para interpretar os dados. O trabalho de [Cortès et al. \(2000\)](#) apresenta uma revisão do impacto das metodologias de Inteligência Artificial na definição e no desenvolvimentos de Sistemas de Suporte às Decisões Ambientais nos 15 anos que antecederam a publicação do trabalho, ou seja, entre 1985 e 2000. A revisão do trabalho de [Cortès et al. \(2000\)](#) conclui com uma sessão onde são citados vários casos de aplicações bem sucedidas numa grande gama de problemas ambientais.

[Fell et al. \(2005\)](#) apresenta procedimentos para o gerenciamento de risco de deslizamentos. Esses procedimentos já foram utilizados com sucesso e podem ser utilizados numa variedade de problemas. Esses avanços mais recentes espalharam o uso de métodos quantitativos como uso de tecnologias digitais ([FELL et al., 2005](#)).

[KASTER et al. \(2000\)](#) apresenta um SDSS (Spatial Decision Support System) em desenvolvimento no Instituto de Computação da UNICAMP (IC-UNICAMP). O sistema é baseado na combinação de conceitos de Inteligência Artificial (Raciocínio Baseado em Casos) e de Bancos de Dados Geográficos.

Raciocínio Baseado em Casos (RBC) é uma técnica para resolução de problemas que relembra e adapta soluções que foram usadas para resolver problemas similares ocorridos no passado e que podem voltar a ocorrer no futuro ([AAMODT; PLAZA, 1994](#)). O principal papel do RBC é identificar o problema da situação que lhe é apresentada, encontrar um caso semelhante no passado e usá-lo para sugerir um solução para o caso atual. Em seguida o RBC atualiza o sistema através do aprendizado com o novo caso ([AAMODT;](#)

[PLAZA, 1994](#)).

Além do RBC, um outro método de Inteligência Artificial bastante usado em sistemas de suporte à tomada de decisões é o Sistema Especialista (SE) ([CORTÈS et al., 2000](#)). Um sistema especialista apresenta, em geral, uma arquitetura com três módulos: uma *base de regras*, uma *memória de trabalho* e um *motor de inferência*. A base de regras e a memória de trabalho formam a *base de conhecimento* do SE, onde está representado o conhecimento sobre o domínio. O motor de inferência é o mecanismo de controle do sistema que avalia e aplica as regras de acordo com as informações da memória de trabalho([BITTENCOURT, 1998](#)).

A memória de trabalho pode conter qualquer tipo de estrutura de dados. A base de regras contém condições que representam "perguntas" à representação de conhecimento da memória de trabalho. A sintaxe das regras varia de acordo com o sistema, mas pode estar bem próxima da linguagem natural. Outra característica comum nos Sistemas Especialistas é a existência de um mecanismo de raciocínio incerto que permita representar a incerteza a respeito do conhecimento do domínio ([BITTENCOURT, 1998](#)).

No SE a parte mais sensível do desenvolvimento é a *aquisição de conhecimento*. É necessário integrar o novo conhecimento àquele já disponível através da definição de relações entre os elementos que constituem o novo conhecimento e os elementos já armazenados na base.

3 METODOLOGIA E DADOS

”As geotecnologias, representadas principalmente pelas imagens de satélite, softwares de geoprocessamento e dados de GPS, estão disponíveis a todos os usuários e progridem rapidamente. Atualmente já é possível a obtenção de imagens de satélite de várias resoluções espaciais, espectrais e temporais, e de softwares para geoprocessamento, que, em alguns casos, podem ser encontrados gratuitamente na internet.”(MARCELINO, 2008, p. 6)

Os métodos de Raciocínio Baseado em Casos (RBC) e do Sistema Especialista (SE) serão aplicados ao sistema de alertas que foi desenvolvido pela Ação PPA-7316 (INPE, 2004-2007a) e pelo *Projeto Serra do Mar* (INPE, 2004-2007b) e está implementado na plataforma **SPRING** (INPE/DPI, 1991-2007).

A figura 3.1 mostra o ciclo de funcionamento do método de Raciocínio Baseado em Casos. Em linhas gerais, o ciclo do RBC pode ser descrito por quatro processos:

- a) Obter o maior número de casos similares (RETRIEVE);
- b) Reutilizar a informação ou conhecimento daquele caso para resolver o problema atual (REUSE);
- c) Revisar a solução proposta (REVISE);
- d) Guardar as partes dessa experiência para ser, eventualmente, útil no futuro (RETAIN).

Cada uma das 4 etapas do ciclo pode envolver 1 ou mais outros passos, dependendo do tipo de problema e conhecimento abordados. A experiência obtida com o uso de um caso antigo para resolver um novo caso é guardada na base de dados para uso futuro em casos similares.

Para a escolha dos casos, além de Gramani (2001) já citado no capítulo 1, serão utilizados outros casos que forem encontrados na literatura ou em bancos de dados, ou ainda em comunicações pessoais.

Na metodologia RBC serão utilizados dados geológicos dos escorregamentos, como profundidade, localização e volume dos escorregamentos, além de dados sobre os impactos causados. Os dados meteorológicos incluirão diferentes variáveis e índices meteorológicos em diferentes níveis atmosféricos obtidos de análises de modelos atmosféricos e de observações de superfície e de altitude. Dados de sensoriamento remoto como dados de radares e de satélites também poderão ser utilizados quando disponíveis.

A base de regras e a memória de trabalho do sistema especialista será montada a partir da aquisição de conhecimentos conforme ilustrado na figura 3.2. Esse conhecimento pode vir

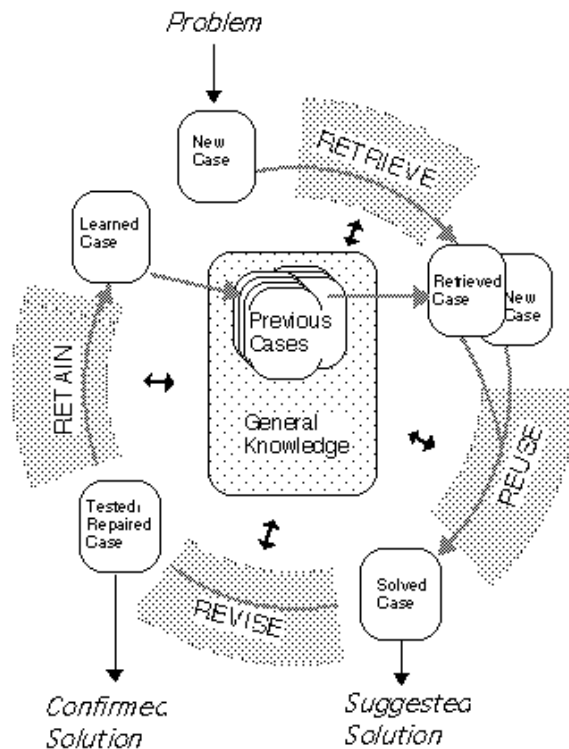


Figura 3.1 - Ciclo do método de Raciocínio Baseado em Casos (RBC)

Fonte: [Aamodt e Plaza \(1994\)](#)

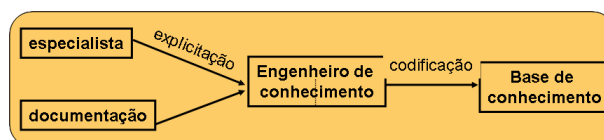


Figura 3.2 - Esquema conceitual do processo de formação da base de conhecimento

Fonte: [CIN-UFPE \(????\)](#)

de várias fontes. As mais comuns são os especialistas humanos e a literatura. As principais fases da aquisição de conhecimento são:

- identificar as características do problema;
- isolar os conceitos principais e suas relações;
- identificar inferências sobre os conceitos.

Durante a aquisição de conhecimento quantidades enormes de informações supérfluas são coletadas para depois serem organizadas. O desafio será evitar informações irrelevantes

sem bloquear a descoberta de conceitos adicionais. Essas fases de aquisição são executadas pelo engenheiro do conhecimento, o qual também irá codificar esse conhecimento gerando a base do conhecimento(Figura [3.2](#)).

4 RESULTADOS ESPERADOS

Com a aplicação da metodologia proposta no capítulo 3 espera-se melhorar a qualidade dos alertas de movimentos de massa com potencial para causar danos materiais significativos e/ou mortes. Melhorar a qualidade dos alertas significa não apenas minimizar a incidência de alarmes falsos (FAR) e aumentar a probabilidade de detecção (POD), mas também agregar maior quantidade de informações que auxiliem na tomada de decisões por parte das autoridades competentes. Desse modo esse trabalho estará contribuindo para minimizar as perdas materiais e de vida nos municípios da Serra do Mar.

5 CRONOGRAMA

Neste capítulo são descritas as etapas a serem executadas e os prazos previstos para a execução de cada uma. O tempo total previsto de execução do projeto é de 1 ano.

Na tabela 5.1 o intervalo de tempo foi dividido em trimestres para que as etapas fossem mais detalhadas. No início será feito um estudo mais aprofundado sobre os movimentos de massa deflagrados por chuva e também sobre sistemas de alerta para suporte à tomada de decisões e para o gerenciamento de risco. Ao mesmo tempo será feita uma busca dos trabalhos mais recentes sobre o assunto e a escolha dos casos a serem utilizados para construir o algoritmo de Raciocínio Baseado em Casos (RBC). No segundo trimestre deverá ser concluída a escolha de casos, enquanto a busca de dados e a aquisição de conhecimento devem se estender desde o segundo até o terceiro trimestre. A construção dos algoritmos ou códigos será iniciada no terceiro trimestre e deve terminar apenas no quarto trimestre quando também será feita a integração dos mesmos no sistema de alertas e a execução da validação do sistema já integrado. Essa validação será feita tanto para os casos passados escolhidos para a construção dos códigos como para outros casos. Eventualmente, caso ocorra algum evento significativo de escorregamento durante a execução do projeto, este novo caso também poderá ser incluído na validação.

Tabela 5.1 - Cronograma de atividades no desenvolvimento do projeto

Atividade	Trimestre I	Trimestre II	Trimestre III	Trimestre IV
Revisão do Conhecimento	X			
Escolha de Casos	X	X		
Busca de Dados		X	X	
Aquisição do Conhecimento		X	X	
Codificação RBC e SE			X	X
Integração dos Códigos com Sistema de Alertas			X	X
Validação do Sistema Integrado				X

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AAMODT, A.; PLAZA, E. Case-based reasoning: foundational issues, methodological variations and system approaches. **AI Communications**, v. 7, n. 1, p. 39–59, 1994. [12](#), [13](#), [16](#)
- BITTENCOURT, G. **Inteligência artificial**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1998. [13](#)
- CARVALHO, C. S.; GALVÃO, T. **Prevenção de riscos de deslizamentos em encostas: guia para elaboração de políticas municipais**: Guia para elaboração de políticas municipais. Brasília, 2006. 111 p. [7](#)
- CERRI, L. E. S. **Riscos geológicos associados a escorregamentos: uma proposta para prevenção de acidentes**. Doutorado em Geociências e Meio Ambiente. Tese (Doutorado) — Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1993. [11](#)
- CERRI, L. E. S. **Subsídios para a seleção de alternativas de medidas de prevenção de acidentes geológicos**. Livre-Docência. Tese (Doutorado) — Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001. [11](#)
- CHOU, S. C.; SILVA, M. G. J. da. An objective evaluation of eta model precipitation forecasts over south america. **Climanalise**, v. 1, 1999. [9](#)
- CIN-UFPE. **Sistemas especialistas**. Centro de Informática da Univ. Federal de Pernambuco, 40 transparências. Disponível em: www.di.ufpe.br/~compint/aulas-IAS/se.ppt. Acesso em: 09 maio 2008. [16](#)
- CORTÈS, U.; SÀNCHÈS-MARRÈ, M.; CECCARONI, L.; R-RODA, I.; POCH, M. Artificial intelligence and environmental decision support systems. **Applied Intelligence**, Springer Netherlands, v. 13, n. 1, p. 77–91, jul. 2000. Disponível em: <http://www.springerlink.com/content/vq66510776358k02/fulltext.pdf>. [10](#), [12](#), [13](#)
- FELL, R.; HO, K. K. S.; LACASSE, S.; LEROI, E. **A framework for landslide risk assessment and management**. Vancouver: Taylor & Francis Group, 2005. [12](#)
- GRAMANI, M. F. **Caracterização geológico-geotécnica das corridas de detritos (debris flows) no Brasil e comparação com alguns casos internacionais**. Dissertação (Mestrado) — Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2001. [7](#), [8](#), [15](#)

GUIDICINI, G.; NIEBLE, C. M. **Estabilidade de taludes naturais e de escavação**. 2. ed. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 1984. 11

INPE, I. N. de P. E. **TerraLib**. World Wide Web, 2002–2008. CNPq Process 552040/2002-9. Disponível em: <<http://www.terralib.org/>>. 9

_____. 2004–2007. Disponível em:
<<http://www.inpe.br/twiki/bin/view/Acao/DesastresAmbientais>>. 9, 15

_____. 2004–2007. Fapesp (04/09649-0), CNPq (PQ 308725/2007-7 e AT 373194/2006-4). Disponível em:
<<http://www.cptec.inpe.br/serradomar/desenvolvimento.shtml>>. 9, 15

INPE/DPI, D. de Processamento de Imagens do Instituto Nacional de P. E. **Sistema de processamento de informações georeferenciadas - SPRING**. World Wide Web, 1991–2007. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/>>. 9, 15

IPCC, I. P. on C. C. **Climate Change: the physical basis. Summary for policymakers**. [S.l.]: World Meteorological Organization(WMO), 2007. 7

IPT, I. de Pesquisas Tecnológicas do Estado de S. P. **Programa Serra do Mar: Carta geotécnica da Serra do Mar nas folhas de Santos e Riacho Grande**. 1988a. Relatório n. 26504. 7

KAISTER, D. D. S.; MEDEIROS, C. B.; ROCHA, H. V. D. Aplicação de raciocínio baseado em casos a sistemas de apoio à decisão ambiental. In: **Anais do II Workshop Brasileiro de GeoInformática**. [s.n.], 2000. Disponível em:
<<http://www.tecgraf.puc-rio.br/geoinfo2000/anais/010.pdf>>. 12

LAZZARI, M.; SALVANESCHI, P. Embedding a geographic information system in a decision support system for landslide hazard monitoring. **Natural Hazards**, Springer, Netherlands, v. 20, n. 2-3, p. 185–195, out. 1999. 12

MARCELINO, E. V. **Desastres naturais e geotecnologias: conceitos básicos**. Santa Maria, RS, Brasil: Inst. Nac. de Pesquisas Espaciais(INPE) e Minist. da Ciência e Tecnologia(MCT), 2008. 38 p. 15

SELUCHI, M. E. **Análise sinótica dos eventos associados a deslizamentos na Serra do Mar**. CPTEC-INPE, 2006. 26 transparências. Disponível em:
<http://www.cptec.inpe.br/serradomar/pdf/apresentacoes_300806/apres3_Marcelo_Seluchi.pdf>. Acesso em: 09 maio 2008. 11, 12

TATIZANA, C. Modelamento numérico da análise de correlação entre chuvas e escorregamentos aplicado às encostas da serra do mar no município de cubatão. In: ABGE. **ANAIS DO V CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA**. São Paulo, 1987. v. 2, p. 237–248. 7

TEIXEIRA, M. da S.; SATYAMURTY, P. **EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO NA REGIÃO DA SERRA DO MAR PARTE II CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS DE GRANDE ESCALA**. INPE, 2006. Disponível em: <<http://mtc-m15.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m15@80/2006/10.31.13.40/doc/Teixeira.Eventos%20II.pdf>>. Acesso em: 09 maio 2008. 11, 12

WOLLE, C. M. **Análise dos escorregamentos translacionais numa região da Serra do Mar no contexto de uma classificação de mecanismos de instabilização de encostas**. Doutorado em Engenharia. Tese (Doutorado) — Escola Politécnica da USP, São Paulo, 1988. 11

WOLLE, C. M. Deslizamento em encostas na serra do mar - brasil. **Solos e Rochas**, v. 12, p. 27–36, 1989. 7