

## Avaliação da relação entre escorregamentos e condicionante das feições geomorfológicas no entorno do município de Cubatão.

Samia de Moura Passarella<sup>1</sup>  
Fábio Braz Machado<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista - UNESP/IGCE  
Avenida 24 A, 1515 – 13506-900 - Rio Claro - SP, Brasil  
{samiamp;fabiobm}@rc.unesp.br

**Abstract:** The Cubatão city is located in the extreme east of the São Paulo State, in the Brazil southeast, is a densely populated area and with high industrial flow. However, its geomorphology and geological characteristics, conjugated with the disordered humans ocupacion, make of the place an area strong premade use the slides what it becomes it a risk region. Thus, the purpose of this papers was to elaborate a product that evaluated the relation between the slides and the geomorphology aspects, with the objective at to improve the understanding of the processes. For this, air photographs of the years of 1985 and 1994 in which had been used if they had registers of great incidences of scars faces, that had been overlapped the letters and related the different forms of sources, of this form it was possible to analyze the existing relation enters the boarded occurrence of scars faces and geomorphology aspects. With the objective at to improve the understanding of the processes and to contribute in the security of ducts' fuel installed in the region.

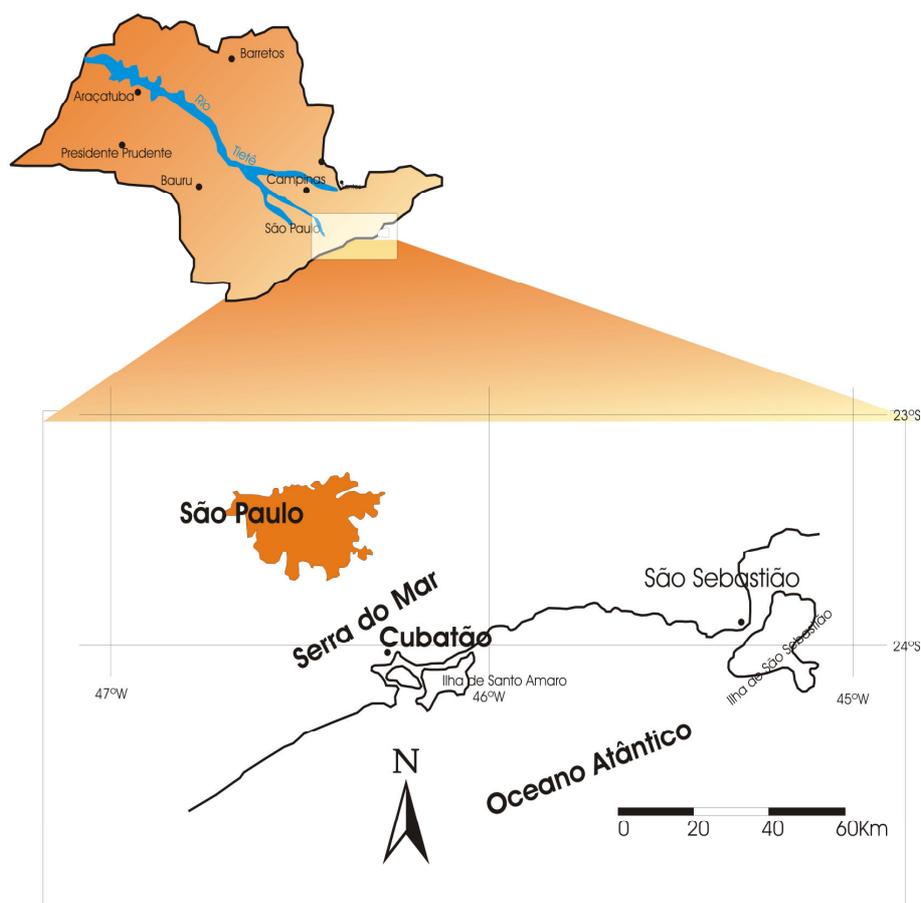
**Palavras-chave:** cubatão, slides, geomorphology aspects, remote sensing, cubatão, escorregamentos, aspectos geomorfológicos, sensoriamento remoto.

### 1. Introdução

Este trabalho tem como objetivo maior expor através de técnicas de sensoriamento remoto, e sistemas de informação geográfica (SIG), a relação entre feições geomorfológicas e a ocorrência e suscetibilidade dos movimentos de massa no município de Cubatão e seus arredores, abrangendo parte dos municípios de São Vicente e São Bernardo do Campo, mais precisamente, as longitudes W 46° 37' a W 46° 16' e as latitudes S 23° 58' a S 23° 42' (**Figura 1**).

Os movimentos de massa recorrentes na região têm sido relatados muitas vezes pela mídia e por trabalhos técnicos devido ao fato de terem causado graves acidentes e por ameaçarem constantemente a região pela instabilidade que estes fenômenos causam.

Apesar de fazerem parte de uma tendência natural da evolução do relevo, esses processos têm seu efeito potencializado pelas condições naturais da área como sua geomorfologia, geologia, clima tropical com índice intenso de pluviosidade e vegetação, juntamente com condicionantes antrópicos como a ocupação inadequada de encostas por bairros-cota, ocupação indevida da zona urbana e alto índice de poluentes lançados no local pelo Pólo Industrial do município.



**Figura 1** – Mapa de localização da área de estudo.

## 2. Material, Métodos e Técnicas

Dentre os materiais utilizados para elaborar este trabalho estão: as cartas topográficas 1:25.000; as cartas topográficas 1:50000 do IBGE e as cartas topográficas 1:10000 (AGEM), em formato digital; fotos aéreas de 1985 escala 1:25000 adquiridas do INPE, fotos aéreas de 1994 escala 1:25000 adquiridas da UNESP - Rio Claro; Software SPRING versão 4.2, (INPE, 2004); Software ARCGIS versão 9.1, (ESRI, 2002). Esses materiais contribuíram para a elaboração da ortorretificação, extração de cicatrizes e criação do mapa de formas de vertentes e suas respectivas estatísticas.

O procedimento de ortorretificação foi necessário que as cicatrizes fossem corretamente posicionadas em relação à base topográfica, possibilitando a integração de dados em SIG. Afim de posteriormente subsidiar a extração das cicatrizes, fez-se a importação e mosaicamento das ortofotos, em formato GeoTiff, para um banco de dados dentro do software SPRING e, utilizando a digitalização em tela, fez-se a extração das cicatrizes em um Plano de Informação (PI) do modelo cadastral.

A extração das cicatrizes foi feita por interpretação visual, com etapas de campo (**Figura 2**) e com o apoio da estereoscopia nas fotografias aéreas, e baseada em critérios como: ausência de vegetação, dimensões das cicatrizes, forma e posição da encosta. Cabe ressaltar que foi dada a preferência, ao extrair as cicatrizes, ao seu ponto inicial, também chamado cabeça, pelo fato de que é nessa parte que se inicia o processo de escorregamento.



**Figura 2** - Foto aérea da região de Cubatão, em região de serra, mostrando o aspecto diversificado da região afetada por cicatriz (em destaque).

No sistema SPRING, as cicatrizes foram rotuladas como polígonos, sendo que o software interpreta como objetos, com atributos de rótulo, nome área e perímetro. Outros atributos foram alimentados no banco como bacia de ocorrência, data de identificação, valores médios da altitude, da declividade e orientação da vertente e eixo maior e menor das cicatrizes.

Para a elaboração do mapa da forma de vertentes foram utilizados vários procedimentos, iniciando-se com a leitura das cartas topográficas impressas da referida região, nas quais foi possível observar o comportamento das curvas de nível que evidenciaram as diferenciadas feições de interesse do relevo, sendo elas : vertentes convexas; vertentes côncavas e vertentes retilíneas.

Essas feições foram assinaladas manualmente nos mapas, a fim de subsidiarem o trabalho digital que se fez através dos softwares SPRING versão 4.2 e ARCGIS.

Utilizando a base de dados digital de altimetria e os limites das bacias, foram criados pequenos polígonos retangulares com seu eixo maior na mesma direção das vertentes. Tais polígonos foram identificados como objetos de um mapa cadastral no sistema SPRING, e posteriormente os atributos (forma de encosta e direção da vertente) foram preenchidos.

Através deste mapa, pode-se quantificar as diferentes formas de vertentes, relacionadas a intensidade dos escorregamentos em anos diferenciados. Após os dados do mapa geomorfológico serem processados pelo software SPRING, ele foi editado no software ARCGIS.

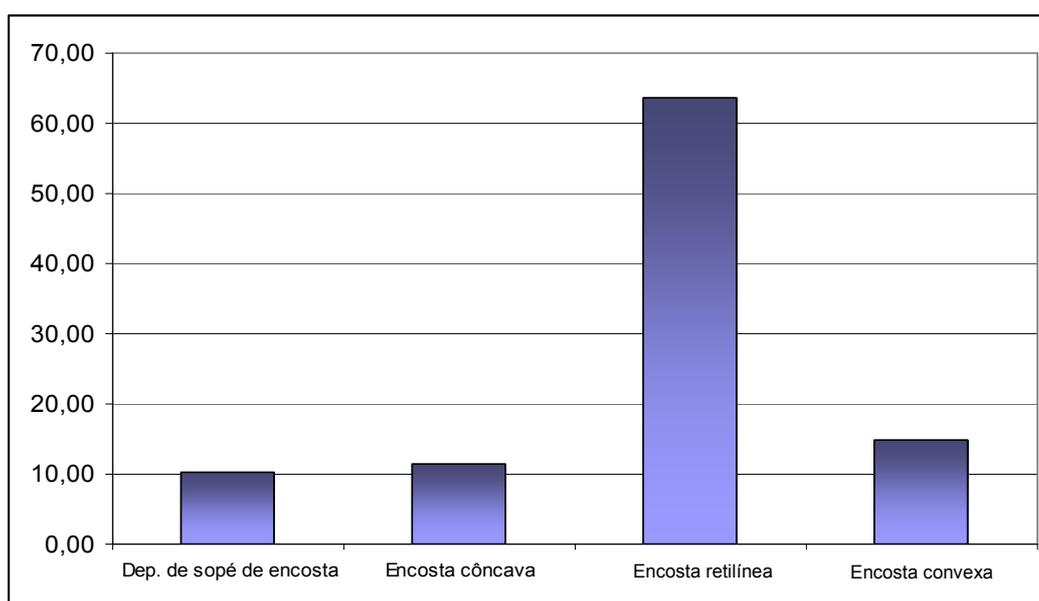
Neste software foram selecionadas as principais formas de vertentes, onde estas se tornaram SPRCLASSES, e assim foi possível constatar, incidência de cicatrizes em cada forma de encosta nos anos de 1985 e 1994, e ainda aquelas com ocorrência em 1985 e reativadas em 1994.

Finalmente cruzando estes dados com o auxílio software Microsoft Excel, pode se quantificar esses valores e assim elaborar gráficos representativos da relação das formas de vertentes com o escorregamentos.

### 3. Discussões e Resultados

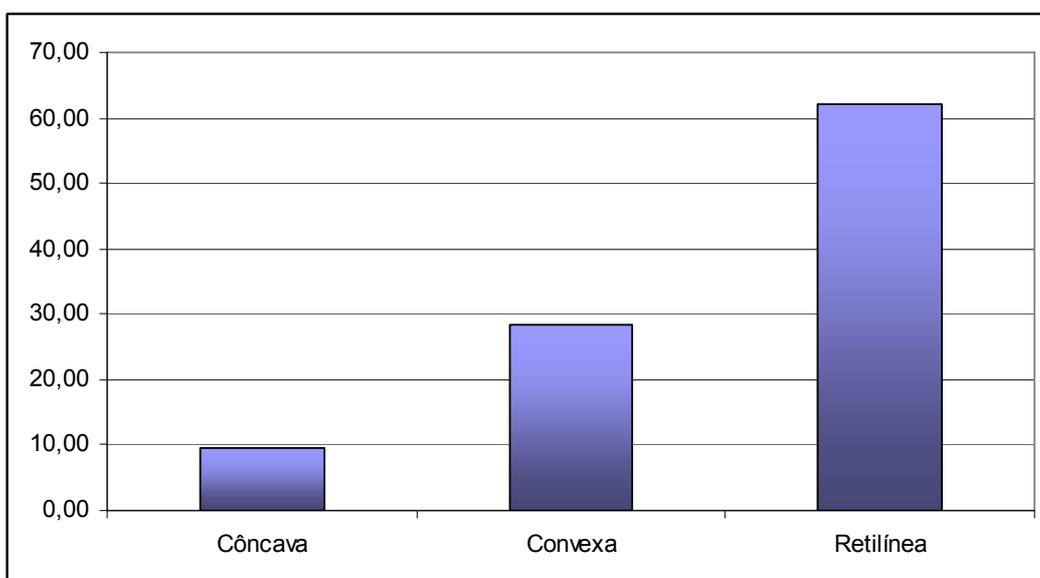
Nos aspectos geomorfológicos a área possui condicionantes favoráveis ao desenvolvimento de escorregamentos, devido a presença das escarpas sucessivas e que se separam por vales em forma de “V”, que são chamadas de escarpas festonadas; a modelagem do terreno que intensifica os fatores climáticos que concorre para haja precipitações intensas e finalmente as encostas com alto grau de inclinação, conforme também relatado por Carvalho & Riedel (2005).

Segundo as estatísticas, a encosta que ocupa a maior parte da área de estudo é a retilínea com cerca de 63,64%, a encosta convexa ocupa 14,77% e finalmente a encosta côncava e depósitos de sopé, que ficam com apenas 11,36% e 10,23% respectivamente, assim como demonstra a **Figura 3**.

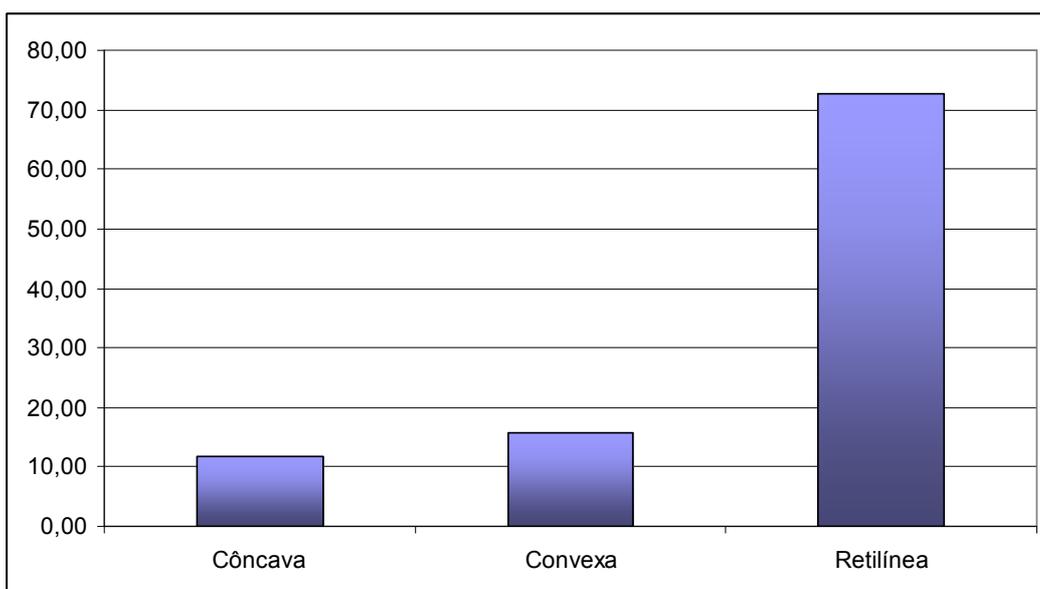


**Figura 3** - Representando a porcentagem das formas de encostas da região investigada.

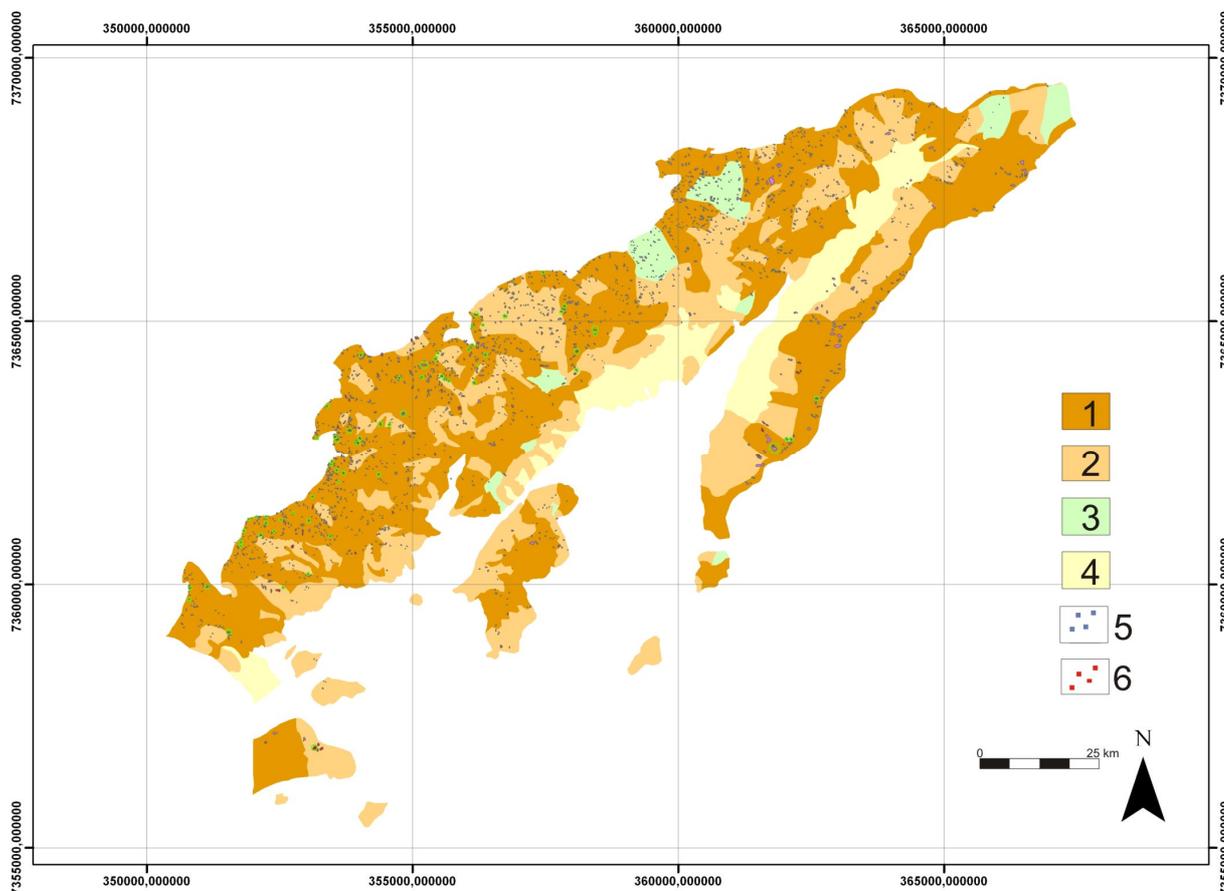
Constatou-se também que, na área estudada, em 1985, ocorreu a predominância de cicatrizes nas feições retilíneas com 62,09%, em relação as feições côncava e convexa com respectivamente 9,63% e 28,27%. Já em 1994, as cicatrizes também predominaram na mesma forma de vertente, de modo ainda mais dominante, pois ocupavam cerca de 72,60% das encostas retilíneas, enquanto que nas encostas côncavas e convexas correspondiam respectivamente a 11,68% e 15,72%. Assim como demonstra os gráficos, **Figuras 4 e 5**, e o mapa de relações de cicatrizes, **Figura 6**, e formas de encostas na, para os dois anos investigados.



**Figura 4** - Representando a porcentagem das cicatrizes nas diferentes formas de encostas no ano de 1985.



**Figura 5** - Representando a porcentagem das cicatrizes nas formas de encostas no ano de 1994.



**Figura 6** - Mapa de formas de vertentes com as cicatrizes extraídas nos anos de 1985 e 1994. Os círculos indicam áreas similares de cicatrizes observadas nos dois anos. Legenda: 1 – Vertentes Retilíneas; 2 – Vertentes Convexas; 3 – Vertentes Côncavas; 4 – Depósitos de sopé de encostas; 5 – Cicatrizes do ano de 1985; - 6 - Cicatrizes do ano de 1994. Publicado em Passarella (2006).

#### 4. Conclusões

Os escorregamentos de encostas são inevitáveis na região de Cubatão, pois a características naturais da geomorfologia e geologia associadas com o clima extremamente chuvoso e aos poluentes que são degenerativos a vegetação deixam o local nas condições ideais a estes fenômenos, e em muitos casos trazem conseqüências catastróficas que variam desde condições de risco a moradia e população até a ameaça ao pólo petroquímico da região, uma vez que, estes fenômenos podem prejudicar a malha duto viária local.

Cabe ressaltar que os dados aqui apresentados corroboram aqueles publicados por Carvalho (2003) e Carvalho & Riedel (2005), onde apontam a área de estudo como altamente suscetível aos escorregamentos.

Em face desta problemática, o desempenho natural da região aos escorregamentos junto com os diversos impactos ambientais causados pelas indústrias locais, resultou no aumento da intensidade dos citados fenômenos.

A ortoretificação e a extração das cicatrizes, neste trabalho, permitiram a elaboração de estatísticas que relacionadas ao mapa de encostas validaram ainda mais a correlação vertentes x escorregamentos.

A estatística permitiu demonstrar que as formas de vertentes predominantes são as retilíneas ocupando 63,64% da área investigada e que, por seu alto ângulo de declividade e por possuir uma camada de solo muito fina, é a encosta mais propícia aos movimentos de massa.

As fotos aéreas correspondentes aos anos de 1985 e 1994, ao serem analisadas demonstraram através das estatísticas que as suas cicatrizes predominavam nas feições retilíneas com respectivamente 62,09% e 72,60%, quando comparadas aquelas côncavas, com valores correspondentes a 9,63% e 11,68% e convexas com valores de 28,27 e 15,72% de forma respectiva.

Ocorrem também, reativações de cicatrizes em 1994, em relação a 1985. De fato, isso pode estar aliado a tendência natural das encostas retilíneas (que possuem a predominância das cicatrizes em ambos os anos) serem mais susceptíveis a escorregamentos, pois são mais inclinadas e possuem uma camada de solo menos espesso, que aumenta a probabilidade de escorregamentos nas feições.

Logo se pode concluir que o uso dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) possibilita o planejamento e a prevenção contra os incidentes dos movimentos de massa, pois qualquer tomada de decisão em relação a construções em encostas pode ser avaliada a todos os condicionantes do meio físico que contribuem para o desenvolvimento dos escorregamentos e assim poder selecionar o local menos provável de ser afetado por tal incidente.

## Referencias

Data & Maps Media Kit. **ESRI ArcGIS**. Redlands, Canadá, 2002 . Disponível em: <http://www.esri.com>. Acesso em : 10 set. 2006.

INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). **SPRING: Manual do Usuário**. 1996. Disponível em: [www.inpe.br/spring](http://www.inpe.br/spring). Acesso em: 17 out. 2004.

Carvalho, C. M. de. **Avaliação da suscetibilidade aos movimentos de massa nos entornos dos polidutos de Cubatão (SP), com o apoio de técnicas de geoprocessamento**. 2003. 100 p. Monografia (Trabalho de Graduação em Geociências) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2003

Carvalho, C. M. de; Riedel, P. S. Análise da suscetibilidade a escorregamentos nos entornos dos polidutos de Cubatão - SP, através de técnicas de informação geográfica, **HOLOS Environment (Online)**, v. 4, p. 157-173, 2004.

Passarella, S. M. **Avaliação da Relação entre Escorregamentos e Condicionante das Feições Geomorfológicas no Entorno do Município de Cubatão**. 2006. 46 p. Monografia (Trabalho de Graduação em Geociências) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2006