

## **PETRÓPOLIS: CHUVAS, DESLIZAMENTOS E MORTES EM DEZEMBRO DE 2001.**

Anderson Chagas de Oliveira – UFRJ - e-mail: [achagasoliveira@aol.com](mailto:achagasoliveira@aol.com).

Flávia Lopes Oliveira – UFRJ – e-mail: [flavialo@hotmail.com](mailto:flavialo@hotmail.com)

Luiz Fernando Hansen Gonçalves – UFRJ - e-mail: [lfhg@compuland.com.br](mailto:lfhg@compuland.com.br)

Antonio José Teixeira Guerra – UFRJ - e-mail: [antonioguerra@openlink.com.br](mailto:antonioguerra@openlink.com.br)

Apoio: CNPq e PIBIC

### **ABERTURA**

Petrópolis, a única Cidade Imperial das Américas, teve seu processo de ocupação efetiva iniciado em 1845, a partir de um projeto urbanístico do engenheiro Koeler, que buscava manter o equilíbrio entre o crescimento populacional e a preservação ambiental.

A partir de 1945 tem início uma grande expansão urbana com mudanças nas leis de ocupação do município, com o parcelamento dos lotes e ocupação das encostas antes preservadas, que passam a constituir áreas de risco de movimentos de massa, como os grandes eventos ocorridos em 1966 e 1988 e 2001.

### **INTRODUÇÃO**

O município de Petrópolis localiza-se na região serrana do estado do Rio de Janeiro (Figura 1) e teve sua primeira ocupação por volta de 1720, com a abertura de um caminho Rio-Minas, levando à criação da sesmaria do Itamarati e ao surgimento de outras fazendas, entre as quais a do Córrego Seco, adquirida por D. Pedro I. Somente em 1843, quando D. Pedro II inicia a construção de seu palácio de verão, sob a orientação do major e engenheiro alemão Júlio Frederico Koeler, é que se dá a sua efetiva ocupação.

Foi a primeira cidade planejada das Américas e Koeler era profundo conhecedor das características ambientais da região e, por isso, foi solicitado pelo governo imperial para elaborar um plano urbanístico. O objetivo principal do Plano Koeler era manter o equilíbrio entre o crescimento populacional e a preservação ambiental.

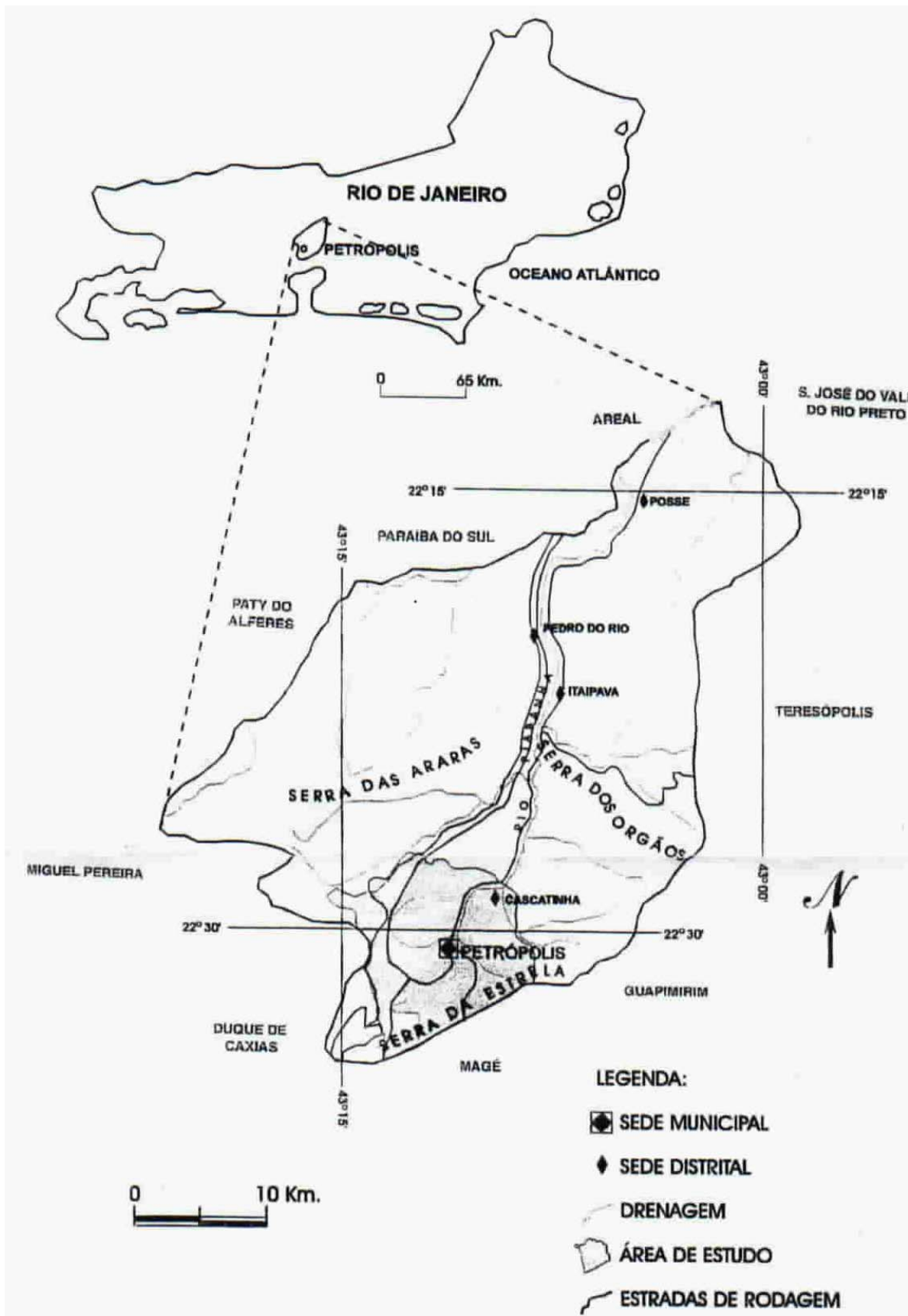
O município insere-se no complexo da Serra do Mar, apresentando relevo montanhoso, altas declividades (entre 3° e 90°), altitude média de 845 m, área de 811 km<sup>2</sup> e população de 281.506 habitantes (CIDE, 2001), clima mesotérmico brando superúmido (Nimer, 1989), onde posição geográfica, altitude, relevo, influência da maritimidade, juntamente com a circulação atmosférica, estabelecem variações climáticas expressivas, ocasionando diferenciações nos índices térmicos e pluviométricos, com baixas temperaturas ao longo do ano e chuvas concentradas de outubro a março.

A cidade é uma das poucas do Estado que ainda se conserva e integra-se a parques nacionais e reservas biológicas, como o Parque Nacional da Serra dos Órgãos, a Reserva Ecológica do Alcobaça, o Parque Serra da Estrela, entre outros, além de possuir em seu sítio urbano áreas de Mata Atlântica tombadas pela União, como a APA (Área de Proteção Ambiental) de Petrópolis, onde existe grande número de nascentes, formando córregos que deságuam no Rio Piabanha, o principal da cidade.

Cinco distritos: 1° Petrópolis (sede), 2° Cascatinha, 3° Itaipava, 4° Pedro do Rio e 5° Posse compõem o município, que nas últimas décadas tem sofrido ocupação desordenada de suas encostas, sem respeito às suas limitações físicas, ocasionando os movimentos de

massa. As características do relevo fornecem maior susceptibilidade à ocorrência de deslizamentos, uma vez que as áreas mais íngremes impossibilitam a formação de solos profundos, havendo contato abrupto entre o solo e a rocha matriz. Há locais onde a vegetação não desenvolve estratos arbóreos com raízes profundas, que possibilitariam proteção ao solo em caso de chuvas intensas.

Figura 1: Localização de Petrópolis



## **OCUPAÇÃO E CRESCIMENTO URBANO**

O projeto da cidade foi solicitado pelo Governo Imperial ao major e engenheiro alemão Júlio Frederico Koeler (1843), um profundo conhecedor das características físicas da região. O plano de Koeler visava preservar a cobertura vegetal, uso do solo para formação de uma colônia agrícola, adotando também medidas para o aproveitamento, adaptação e preservação das áreas urbanas, que deveriam seguir alguns parâmetros, como: os lotes seguiam-se ao longo do rio, com mais profundidade do que largura, subindo pelas encostas, adaptando-se à topografia montanhosa; o topo dos morros não podia ser utilizado e os lotes não podiam ser subdivididos; as áreas com maior declividade não podiam ser ocupadas, preservando assim a vegetação e evitando os deslizamentos, entre outras medidas.

A colônia agrícola fracassou e o crescimento industrial tornou-se responsável pela atração de mão-de-obra de diversas regiões do país e de europeus, já na segunda metade do século XIX. A população começou a concentrar-se, fato que aliado à especulação imobiliária, rompeu com o Plano Koeler. Grandes áreas florestais foram destruídas, rios poluídos e assoreados, cortes nas encostas para a construção de moradias.

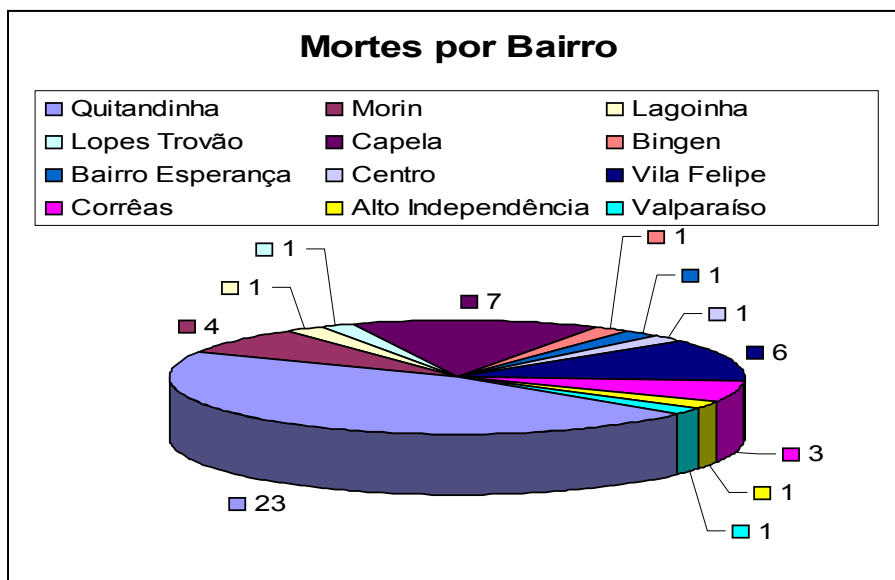
O desenvolvimento industrial promoveu a divisão social do espaço. Os reduzidos terraços fluviais ficaram de posse da população de alta renda e a população mais pobre se estabeleceu nas encostas, de forma desordenada, através de ocupações irregulares e informais. Devido à urbanização e crescimento urbano, o distrito sede e parte do segundo distrito vêm sofrendo com crescente número de deslizamentos, muitas vezes de grandes proporções, resultando na morte de inúmeras pessoas.

## **DESLIZAMENTOS**

Nos dias 23 e 24 de dezembro de 2001 o município foi atingido por chuvas torrenciais que chegaram a alcançar mais de 190 mm em 12 horas – em todo o mês de janeiro do mesmo ano choveu apenas 179,54 mm. Devido à grande quantidade de chuva em poucas horas, ocorreram centenas de deslizamentos, concentrados nos 1º e 2º distritos. Neste trabalho foram estudadas as 20 ocorrências mais significativas, registrando-se 50 mortes em 14 dos 20 movimentos de massa, os quais se concentraram em 12 bairros (Figuras 2 e 3).

Figura 2: Mapa da área estudada e respectivos deslizamentos.

Figura 3: Mortes por bairro



Embora tenha sido um fator condicionante, somente a chuva não promoveria os deslizamentos ocorridos. Faz-se necessário a análise dos fatores detonadores, que são aqueles que somados à chuva, provocaram os movimentos de massa.

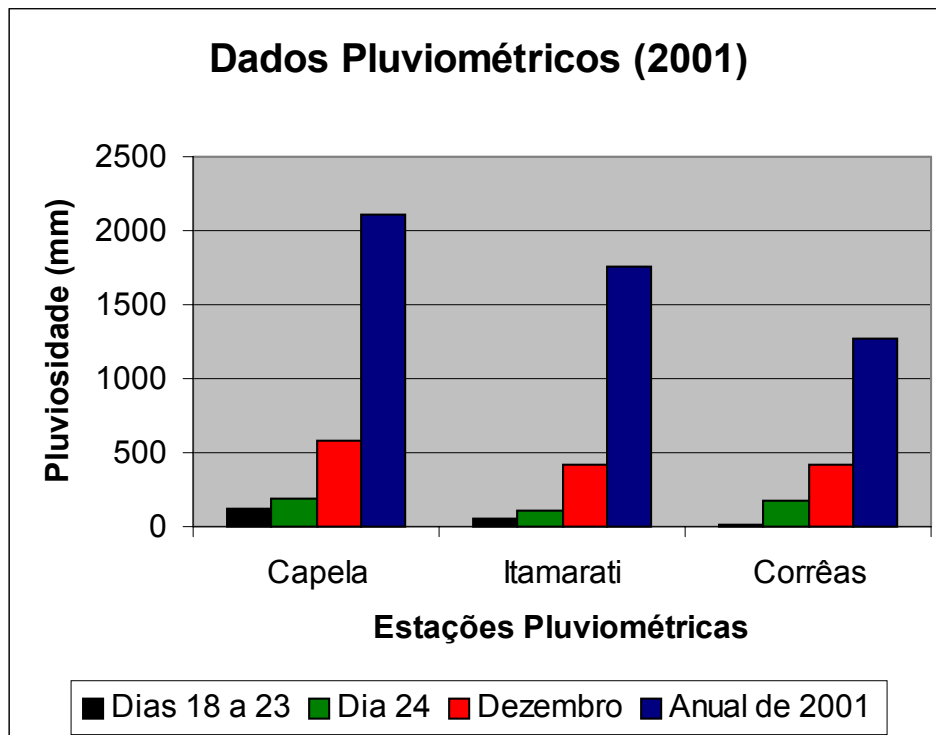
A pluviosidade de dezembro de 2001 foi registrada por três estações pluviométricas: Capela, no 1º distrito e Itamarati e Corrêas, no 2º distrito. A tabela a seguir mostra alguns dados de chuvas, coletados nas estações.

Tabela 1: Pluviosidade de dezembro de 2001.

Períodos	Estações		
	Capela	Itamarati	Corrêas
Dezembro	575,3mm	417,5mm	418,8mm
dia 24	192,3mm	104,4mm	180,6mm
dias 18 a 23	126,4mm	53,3mm	7,2mm

De acordo com os dados dos dias anteriores, é possível verificar se os solos encontravam-se ou não saturados de água, fato este que pode contribuir para a ocorrência de deslizamentos. A figura 4 refere-se aos dados pluviométricos utilizados nos estudos.

Figura 4: Dados pluviométricos das estações.



Para a ocorrência dos deslizamentos, a chuva é um importante fator condicionador, mas é preciso se analisar os fatores detonadores, responsáveis por grande parte das ocorrências. A maior parte da população concentra-se no distrito sede, gerando intensas pressões sobre o meio ambiente devido à necessidade de locais para a construção de moradias.

O desmatamento e a ocupação de áreas com declividades superiores a 45° têm sido intensos. Muitas moradias são clandestinas, sem infra-estrutura sanitária, sendo as águas pluviais, o esgoto e o lixo jogados diretamente nas encostas e rios. A soma de todos esses fatores contribui para a ocorrência de movimentos de massa, por vezes catastróficos.

## CARACTERÍSTICAS DOS DESLIZAMENTOS

A tabela 2 foi elaborada calculando-se as médias das 20 ocorrências analisadas. A declividade média é bastante elevada (54,9°), havendo construções em área com 80° de declividade. O comprimento médio foi de 190,3 m, sendo que alguns deslizamentos tiveram mais de 600 m de comprimento. O comprimento médio dos movimentos foi 8,2 vezes maior do que a largura.

Tabela 2: Deslizamentos ocorridos em dezembro de 2001.

Deslizamentos Estudados		20
Com Vítimas		14
Sem Vítimas		6
Total de Mortes		50
Declividade Média (graus)		54,9

Profundidade Média (m)		1,82
Largura Média (m)		23,2
Comprimento Médio (m)		190,3
Forma da Encosta	Côncava	5
	Retilínea	8
	Convexa	3
	Côncavo - Convexa	3
	Retilíneo - Côncava	1
Rocha Matriz	Atingida	10
	Não atingida	10
Com Drenagem		3
Sem Drenagem		17
Razão Comprimento/Largura		8,2
Bairros Estudados		12

A tabela 3 correlaciona as declividades, o número de ocorrências e as mortes.

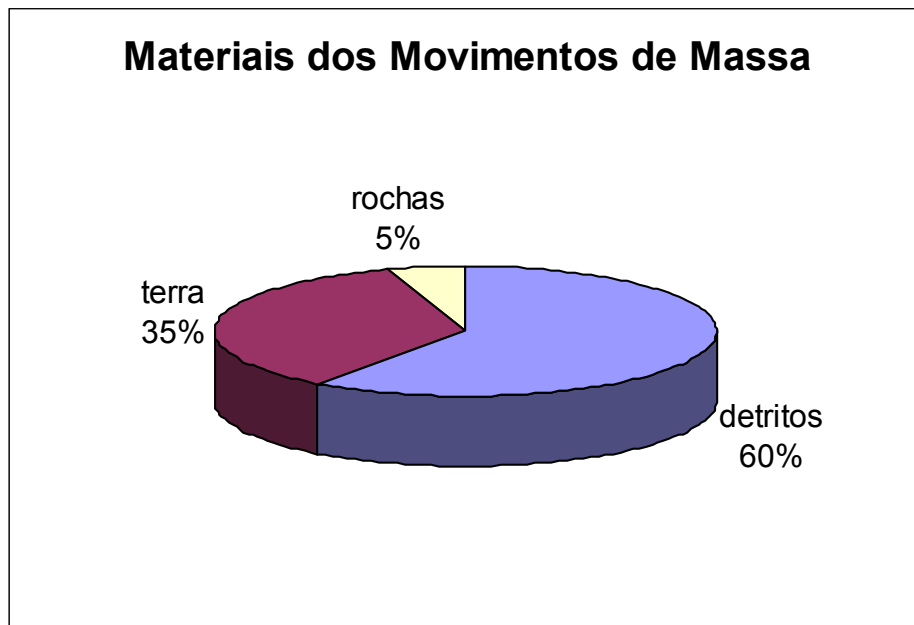
Tabela 3: Mortes e deslizamentos em relação à declividade.

Declividade (graus)	Deslizamentos	Mortes
25	1	4
35	1	2
45	5	8
50	3	6
55	1	0
58	1	0
60	2	2
65	3	24
75	1	3
80	2	1

A alta declividade, juntamente com a chuva, são um importante fator condicionador, que associado à ocupação irregular dessas encostas (fator detonador), são responsáveis por 60% das mortes ocorridas. Quanto ao tipo de material que deslizou destacam-se detritos, terra e rochas.

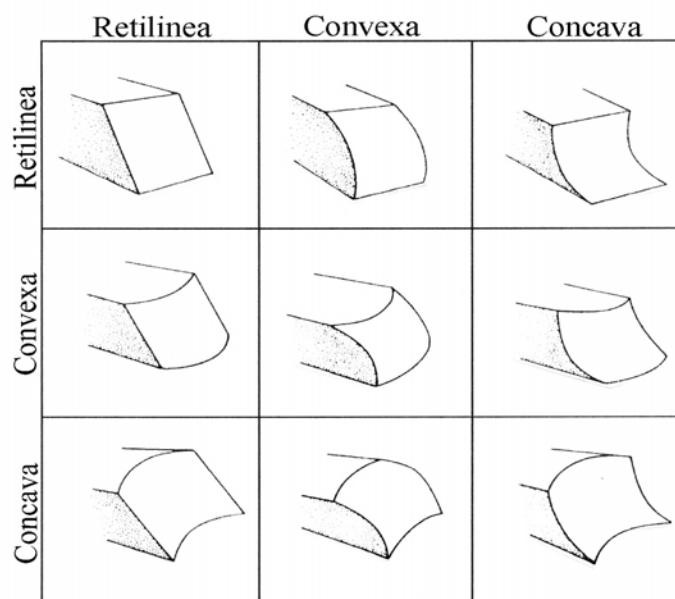
O deslizamento de detritos compõe-se de materiais variados, como lixo, vegetação, aterro e até mesmo partes de casas destruídas. Os deslizamentos de terra, são formados por aproximadamente 90% de terra e o restante de outros materiais, e o de rochas cerca de 90% de rochas. A figura 5 apresenta os tipos de materiais e suas porcentagens.

Figura 5: Porcentagem dos materiais dos movimentos de massa.



Foram encontradas cinco tipos predominantes de forma das encostas, sendo elas: côncava, convexa, retilínea, côncavo-convexa e retilínea-côncava (figura 6).

Figura 6: As nove formas possíveis das encostas.

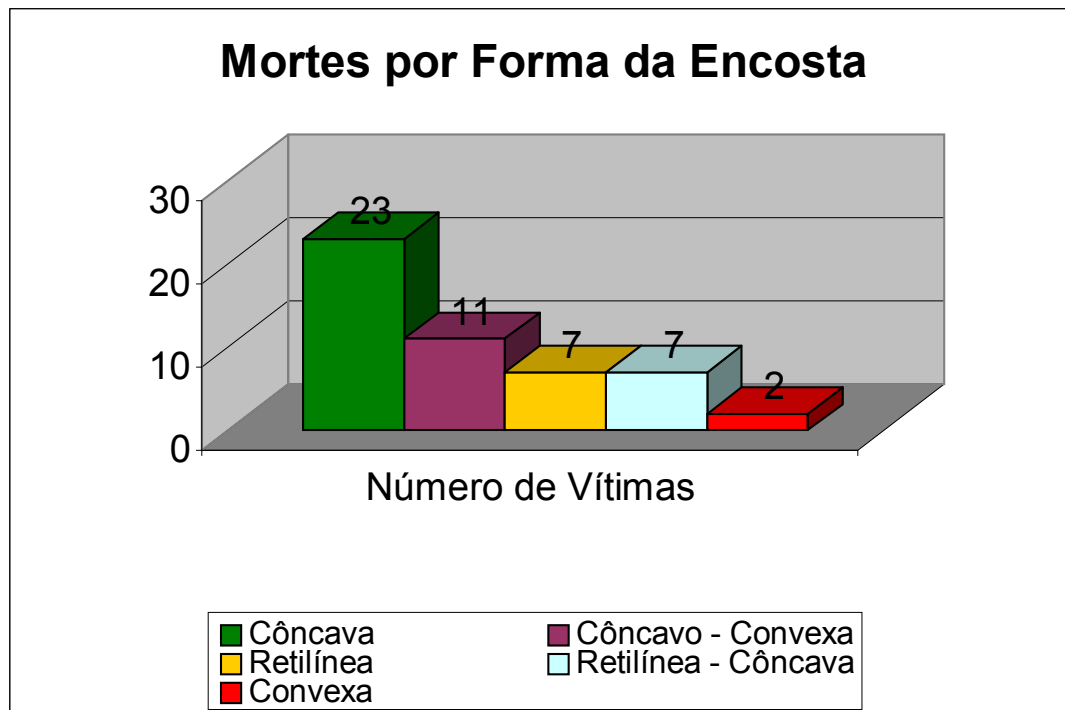


Quando se analisa o número de mortes por forma da encosta nota-se que nas áreas côncavas ocorreram 23 mortes. Isso se deve ao fato desse tipo de encosta ser mais propenso a deslizamentos, pois tende a convergir os fluxos de água, acumulando-a e saturando o



solo, fazendo com que este perca o atrito com a rocha, deslizando sobre a mesma. A figura 7 apresenta o número de mortes por forma da encosta.

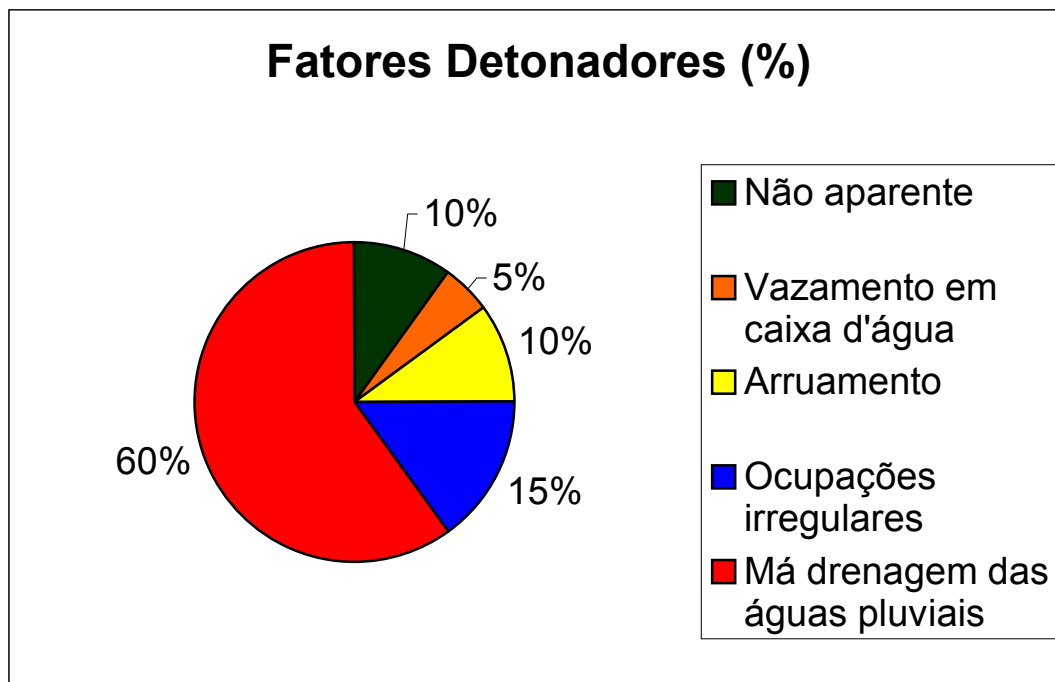
Figura 7: Número de mortes em relação à forma da encosta.



### FATORES DETONADORES

A figura 8 apresenta os principais fatores detonadores e sua porcentagem na detonação dos sinistros.

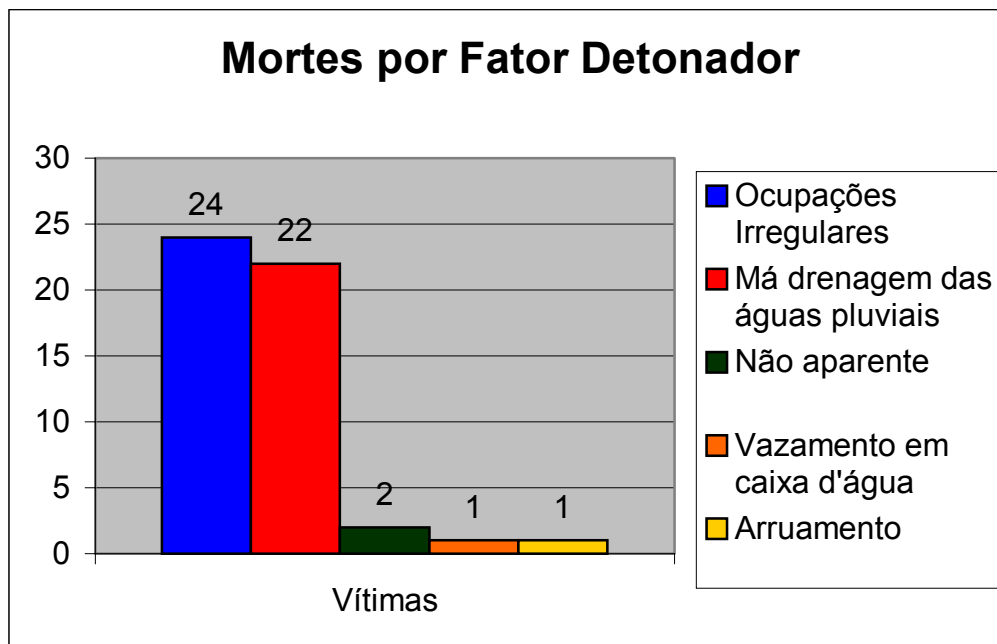
Figura 8: Porcentagem dos fatores detonadores que provocaram deslizamentos.



Aproximadamente 60% dos movimentos de massa foram provocados pela má drenagem das águas pluviais, pois há locais com sistema de drenagem inexistente ou não adequado a quantidades excessivas de chuva. Diversas casas não possuíam calhas, sendo a água dos telhados jogada diretamente sobre a encosta, saturando o solo.

Os locais com má drenagem das águas pluviais, em alguns casos, encontravam-se em áreas com moradias irregulares, havendo o somatório dos dois fatores. Em alguns registros não foi possível determinar o fator detonante devido à sua complexidade (vários fatores juntos) e à complexidade da área, além de que em alguns casos foi feita a limpeza, não sendo possível identificar o detonador. A figura 9 mostra-nos que o principal problema da cidade é a união entre moradias irregulares e a falta de infra-estrutura. Estes dois fatores juntos foram responsáveis por 92% dos óbitos.

Figura 9: mortes em relação aos fatores detonadores.



### **PREVENÇÃO E RECUPERAÇÃO DE ÁREAS ATINGIDAS POR MOVIMENTOS DE MASSA**

A vegetação é importante na prevenção dos deslizamentos, pois suas raízes seguram o solo, mantendo-o estável e evitando que deslize facilmente, pois atuam como uma rede, prendendo-o. As águas da chuva infiltram-se com maior facilidade, diminuindo sua concentração no solo. As árvores e outros tipos de vegetação também impedem que a água da chuva bata diretamente sobre o terreno, evitando a erosão. Das 20 áreas estudadas 18 possuíam vegetação inadequada como capim ou árvores de pequeno porte, às vezes muito espaçadas entre si.

É importante que haja controle quanto à proibição da construção de moradias em áreas de encostas acima de 45° de declividade. O reflorestamento é uma maneira eficiente para se recuperar uma encosta atingida por movimento de massa. No entanto, esta medida é pouco utilizada em Petrópolis, embora seu território insira-se em áreas de proteção ambiental. Geralmente a área atingida por deslizamento é reocupada ou às vezes casas parcialmente destruídas são invadidas.

Diversas espécies vegetais podem ser utilizadas para minorar os danos ou recuperar encostas. Algumas espécies têm sido sugeridas à população, como a grama pêlo-de-urso, o bambu-mirim e o capim de colchão. Esses tipos de vegetação são recomendadas por possuírem raízes fortes, que se entrelaçam no interior do solo, evitando sua movimentação, além disso, apresentam custos bem inferiores à construção de um muro de contenção, sendo mais acessível à população de baixa renda.

A utilização do muro de contenção torna-se necessária em áreas atingidas por deslizamentos de grandes dimensões, ou onde as condições físicas de instabilidade da encosta sejam graves, como a presença de blocos soltos.

Várias ações podem e devem ser tomadas para que o número de incidentes seja reduzido no futuro. Dentre essas ações pode-se destacar a expansão e manutenção da rede

de águas pluviais e esgotos, coleta de lixo doméstico, evitando seu despejo nos rios e encostas, calçamento adequado das vias de acesso às residências, incentivos ao reflorestamento e campanhas educativas nas comunidades, com informações preventivas.

Petrópolis necessita urgentemente de um plano de manutenção da cobertura florestal existente e de recuperação das áreas que já foram degradadas, principalmente no meio urbano. O desmatamento é visível e crescente, havendo a necessidade de maior fiscalização e integração entre o Poder Público, as universidades e organizações não-governamentais (ONGs), de forma que estudos sejam realizados a fim de minorar e até mesmo evitar essas ocorrências.

### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem o apoio do CNPq e da FAPERJ, sem os quais este trabalho não seria possível e também agradecem a Marcelo Teixeira Lopes, que nos ajudou nos trabalhos de campo, com a coleta de amostras e outros dados.

### **REFERÊNCIAS**

- FERNANDES, N.F. e AMARAL, C.P. “Movimentos de Massa: Uma Abordagem Geológico-Geomorfológica”, **in: Geomorfologia e Meio Ambiente**. (A.J.T. Guerra e S.B. Cunha, orgs.), Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 1998.
- GONÇALVES, L.F.H. e GUERRA, A.J.T. “Movimentos de Massa na Cidade de Petrópolis (Rio de Janeiro)” **in: Impactos Ambientais Urbanos no Brasil**. (A.J.T. Guerra e S.B. Cunha, orgs.), Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 2001.
- GONÇALVES, L.F.H. “**Avaliação e diagnóstico da distribuição espacial e temporal dos movimentos de massa com a expansão da área urbana em Petrópolis – R.J.**”. (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia – UFRJ, Rio de Janeiro, 1998.
- GUERRA, Antônio Teixeira (1924-1968). “**Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico**” (Antônio Teixeira Guerra, Antonio José Teixeira Guerra). Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 1997.