



2º Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: Recuperação de Áreas Degradadas, Serviços Ambientais e Sustentabilidade

Criação de um Sistema de Previsão e Alerta de Riscos a deslizamentos e enchentes, visando minimizar os impactos sócio-ambientais no bairro Quitandinha, bacia do rio Piabanha (afluente do Paraíba do Sul), município de Petrópolis-RJ.

Antonio José Teixeira Guerra
Marcos Barreto de Mendonça
Patrícia Batista de Melo Lopes
Fabio da Silva Lima
Maria do Carmo Oliveira Jorge
Bruno da Rocha Mendes

www.lagesolos.ufrj.br



INTRODUÇÃO

Urbanização/ Falta de recursos e políticas habitacionais



Ocupação de áreas geologicamente desfavoráveis



Resultando em graves situações de risco



Acidentes em áreas urbanas



Enchentes e escorregamentos



São os mais frequentes e possivelmente os que acarretam maiores prejuízos



São os que tem provocado o maior número de vítimas fatais

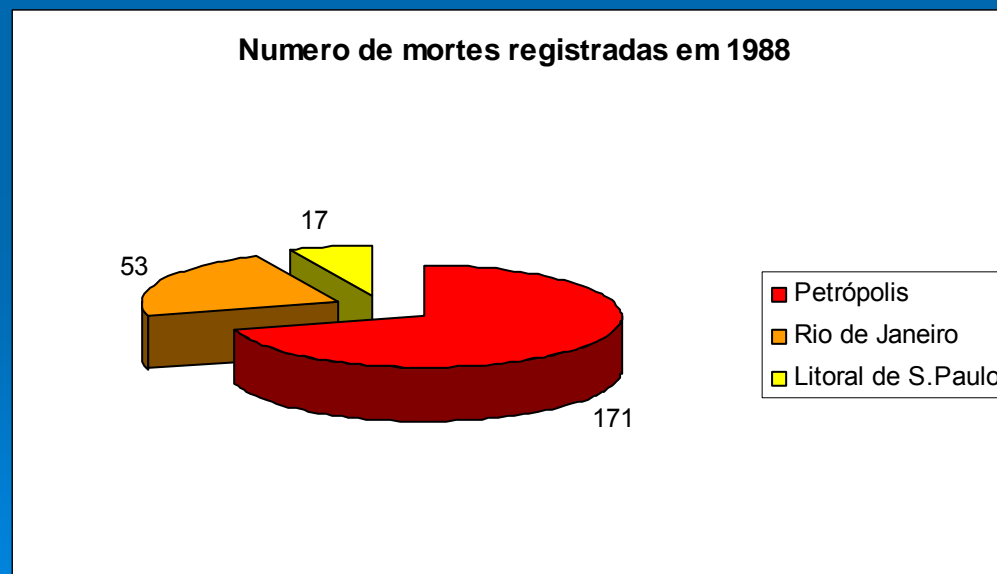
INTRODUÇÃO

Escorregamentos



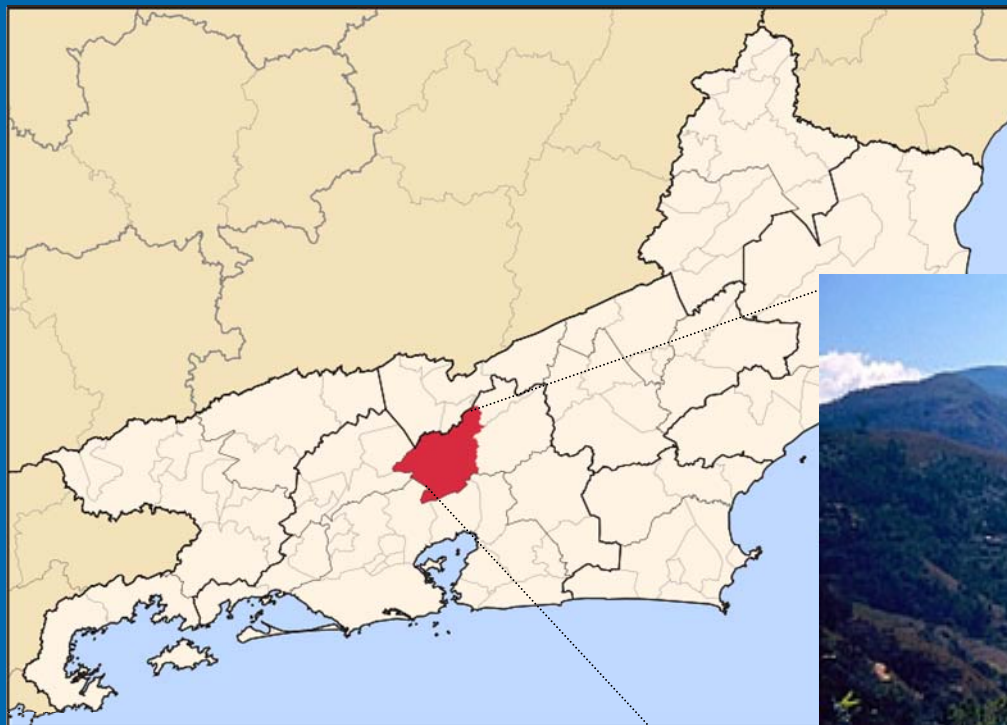
Segundo dados do IPT , 1534 pessoas morreram em consequencia de escorregamentos no Brasil, entre 1988 e junho de 2004.

Petrópolis



Fonte: Banco de dados do IPT

Petrópolis



<http://www.brasilturismo.com/rj/petropolis/img/petropolis.jpg>

- Área: 774, 6 Km²
- População: 312 766 hab. (IBGE/2008)
- Relevo montanhoso, altitudes elevadas, ultrapassando os 1000 m, bem como declividades superiores a 45°, em diversas encostas.
- O rio Piabanha nasce na Serra dos Orgãos, município de Petrópolis, e deságua no rio Paraíba do Sul em Três Rios. Problemas evidenciados (assoreamento e lixo)

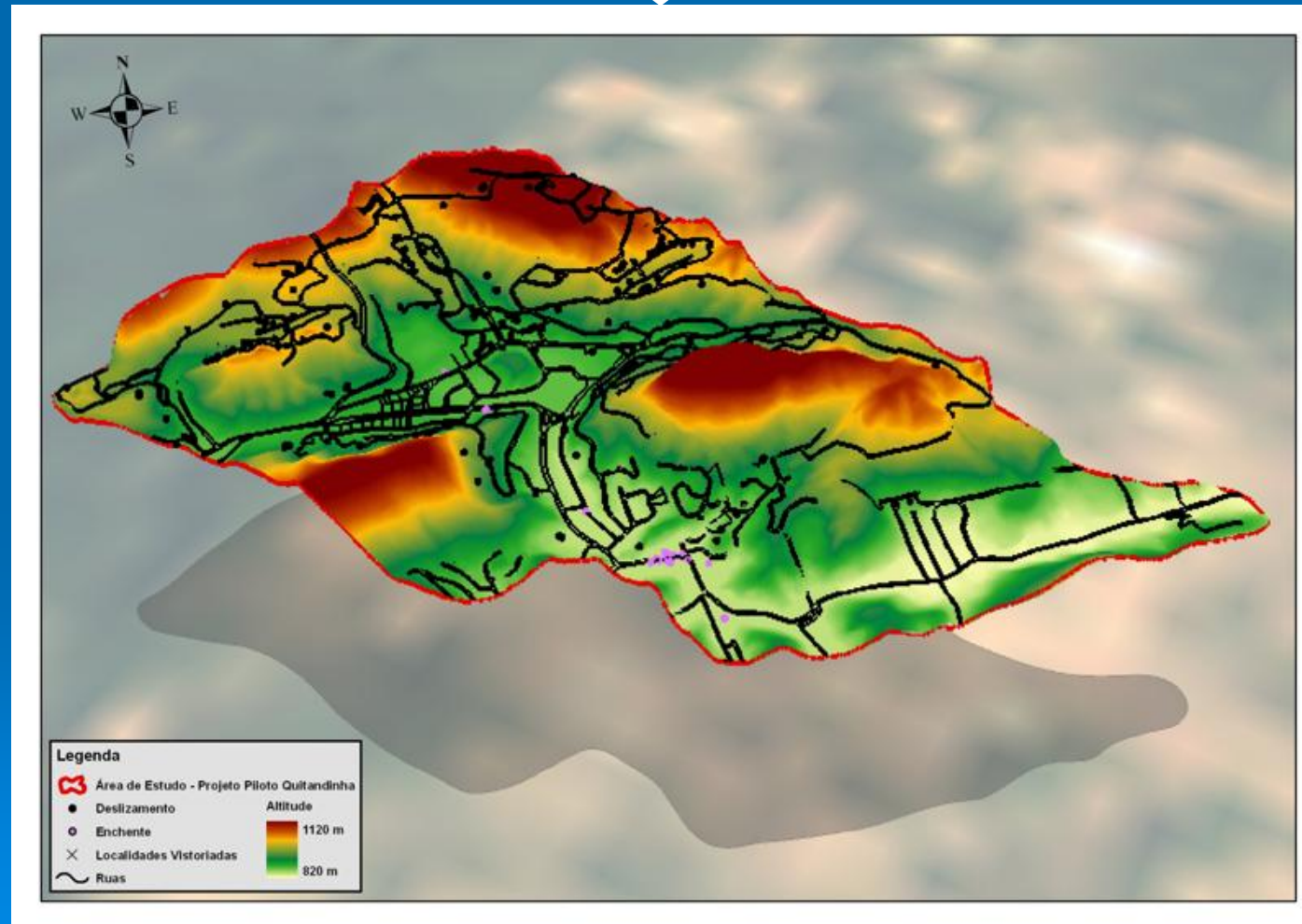
OBJETIVOS



O desenvolvimento de um projeto piloto para a construção de um Sistema de Previsão e Alerta de Riscos de enchentes e escorregamentos de encostas, no município de Petrópolis, visando minimizar os impactos sócio-ambientais resultantes desses eventos catastróficos.

OBJETIVOS

Bairro Quitandinha



METODOLOGIA



Delimitação da região representada pela estação meteorológica do LNCC

Identificação e caracterização das áreas de risco associadas a deslizamentos ou enchentes

Coleta de dados históricos de eventos de deslizamentos e enchentes

Coleta de dados históricos de índices pluviométricos, junto ao LNCC, período de 2003 a 2009

Cruzamento dos dados de ocorrência de eventos com os dados de pluviometria para a definição de um índice crítico

Definição de índices críticos para a área de risco na região do Quitandinha

METODOLOGIA

Fatores de Vulnerabilidade a enchentes



Fatores de Vulnerabilidade para Enchentes	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Nível 5
Drenagem natural (quantidade de canais)	Fundo de vale que não recebe nenhuma contribuição de canais de drenagem	Local que recebe pouca contribuição de canais de drenagem	Local que recebe contribuição de canais de drenagem maior	Local situado nos flancos dos canais de drenagem	Local situado dentro de um talvegue ou canal de drenagem (canal de 1ª ordem).
Lançamento de detritos lixo/entulho) dentro ou nas margens dos rios	Ausência de lançamento de detritos	Presença de pequena quantidade de detritos	Presença de razoável quantidade de detritos	Presença de grande quantidade de detritos jogados a intervalos regulares	Presença de grandes quantidades de detritos despejadas frequentemente
Cobertura vegetal	Floresta densa e estabilizada	Árvores de médio porte e bem concentradas	Árvores de pequeno porte e bem espaçadas com capim	Capim	Solo exposto
Impermeabilização das margens (% de ocupação das margens)	0 a 20%	21 a 40%	41 a 60%	61 a 80%	Acima de 81%
Grau de assoreamento dos canais por sedimentos	Não assoreado	Pouco assoreado	Moderadamente assoreado	Muito assoreado	Extremamente assoreado
Impermeabilização das encostas contribuintes	0 a 10%	11 a 25%	26 a 35%	36 a 45%	Acima de 45%
Drenagem em direção ao rio principal	Escoamento na direção contrária ao rio principal	Ruas pouco asfaltadas com fluxo de águas em direção ao rio principal	Ruas razoavelmente asfaltadas com drenagem em direção ao rio principal	Ruas muito asfaltadas ou de paralelepípedos com drenagem em direção ao rio principal	Ruas totalmente asfaltadas (impermeabilizadas) com drenagem em direção ao rio principal

METODOLOGIA

Fatores de Vulnerabilidade a deslizamentos



Fatores de Vulnerabilidade para Deslizamentos de Terra	NA	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	
Declividade (medida em graus)		1° - 10°	11° - 20°	21° a 30°	31° a 41°	Acima de 41°
Drenagem natural (quantidade de canais)		Local que não recebe nenhuma contribuição de canais de drenagem	Local que recebe pouca contribuição de canais de drenagem	Local que recebe contribuição de canais de drenagem maior e com surgência de água	Local situado nos flancos dos canais de drenagem	Local situado dentro de um canal de drenagem (canal de 1ª ordem)
Rede de esgoto sanitário		Rede de esgoto de boa qualidade e bem distribuídas espacialmente	Rede de esgoto com problemas de vazamento	Presença de fossa e rede de esgoto com vazamento	80% fossas/ou sumidouro	Presença de valas à céu aberto
Rede de águas pluviais		Rede de águas pluviais com um grande número de bueiros/canaletas e com boa distribuição espacial e limpos	Rede de águas pluviais com quantidade razoável de bueiros/canaletas e com distribuição espacial regular	Presença de bueiros/canaletas mal distribuídos, que não são suficientes para a vazão do escoamento da água	Presença de bueiros mal distribuídos e frequentemente entupidos e/ou canaletas quebradas	Ausência de bueiros/canaletas, canaletas quebradas e/ou canaletas com destino final na própria encosta
Abastecimento de água		Ótima qualidade das tubulações e ausência de vazamentos	Baixo nível de vazamentos e em poucos lugares	Médio nível de vazamentos e bem distribuídos pela região	Alto nível de vazamentos das tubulações e distribuídas por toda a área	Ausência total de abastecimento de água oficial
Lançamento de detritos (lixo/entulho)		Ausência de lançamento de detritos	Presença de pequena quantidade de detritos (espessura de até 0,50m) localizada em poucos lugares	Presença de razoável quantidade de detritos (espessura acima de 0,50m) distribuídas ao redor da ocorrência	Presença de grande quantidade de detritos (espessura acima de 1,0m) jogados a intervalos regulares e nos mesmos locais	Presença de grandes quantidades de detritos (espessura acima de 1,0m) despejadas frequentemente ao redor da ocorrência e também nos mesmos locais
Existência de cortes e/ou aterros		Ausência de cortes e/ou aterros	Cortes e/ou aterros pequenos (até 1,50m) em pouca quantidade e com contenções	Cortes e/ou aterros maiores que o anterior em tamanho (acima de 1,5m) e em quantidade e com contenções	Cortes e/ou aterros (até 1,50m) sem contenções	Cortes e/ou aterros maiores que o anterior (acima de 1,50m) e sem contenções
Existência de obras de estabilização		Presença de obras de estabilização de boa qualidade e em bom estado, sem rachaduras, deformações ou infiltrações	Obras de estabilização com pequenas rachaduras, em poucos locais, com baixa deficiência da obra, com altura até 1,50m	Obras de estabilização, com pequenas rachaduras e infiltrações localizadas ao longo da obra, com média deficiência e altura acima de 1,50m	Obras de estabilização com muitas rachaduras e infiltrações localizadas ao longo de toda a obra e com alta deficiência da obra	Ausência de obras de estabilização de encostas em áreas com necessidade de obras de contenção
Cobertura vegetal		Floresta densa e estabilizada	Árvores de médio porte e bem concentradas	Árvores de pequeno porte e bem espaçadas	Gramíneas, capim e/ou arbustos	Solo exposto

METODOLOGIA

Fatores de Vulnerabilidade a deslizamentos



Existência de matacões (superficiais)		Não há matacões ao longo da encosta	Presença de pequena quantidade de matacões e de pequeno tamanho	Presença de matacões de porte médio, em quantidade pequena e concentrados em poucos locais e parcialmente enterrados	Presença de matacões de porte médio, em grande quantidade e simplesmente apoiados no terreno em posição medianamente desfavorável	Presença de matacões grandes, em grande número e em posições bastante desfavoráveis
Aspectos lito-estruturais		Rocha sã, sem aspectos de fraturas ou rupturas	Rocha com poucas fraturas localizadas, sem risco aparente de queda de blocos	Rocha com presença de fraturas localizadas e com aparência de risco moderado de queda de blocos	Rocha moderadamente fraturada com grande risco de queda de lascas/blocos	Rocha extremamente fraturada com alto risco de queda de lascas/blocos
Qualidade estrutural das moradias		Casas revestidas com bom aspecto e utilização de materiais de construção de boa qualidade, fundação em material estável, longe da crista e base de taludes.	Casas de alvenaria com ou sem revestimento, com fundação em material estável e estrutura deficiente	Casas de alvenaria com fundação e estrutura deficiente, sem calha, localizadas próximas a crista e/ou base de talude.	Casas de alvenaria sem fundação, sem calha, estrutura deficiente, com presença de rachaduras.	Casas de alvenaria sem fundação e sem estrutura ou de madeira, com rachaduras e presença de afundamento do solo em alguns locais próximos à casa
Impermeabilização da encosta (% de ocupação de casas e vias públicas)		0 a 10%	11 a 25%	26 a 35%	36 a 45%	Acima 45%
Existência de acesso de pedestres e viários sem pavimentação (% de ruas não calçadas)		0 a 10%	11 a 25%	26 a 40%	41 a 50%	Acima 50%
Aspectos geotécnicos		Solo residual sem indícios de processo erosivo ou cicatrizes de deslizamentos	Colúvio sem sinais de rastejo e/ou solo residual com início de processo erosivo sem cicatrizes de deslizamentos	Colúvio com pequenos sinais de rastejo ou solo residual com sulcos e/ou algumas cicatrizes de deslizamentos	Colúvio com sinais de rastejo ou solo residual com ravinas e/ou quantidade média de cicatrizes de deslizamentos; presença de trincas no solo	Colúvio com sinais de rastejo com muitas trincas; contato abrupto solo-rocha e solo residual com voçorocas
Densidade de ocupação da encosta (%)		0 a 15%	16 a 30%	31 a 50%	51 a 65%	Acima de 65%



RESULTADOS

Vistorias realizadas no
Bairro Quitandinha

Análise da série histórica
da ocorrência de eventos
de deslizamentos &
Índices pluviométricos
(2003 a 2009)

Análise dos mapas
hipsométrico, declividade,
orientação de vertentes &
ocorrência de enchentes e
deslizamentos



RESULTADOS

Vistorias realizadas no Bairro Quitandinha

Rua Minas Gerais (Parte I, II e III)

Parte I



área de encosta, com altitude inicial de 951 m, caracterizando-se como ocupação típica de área de risco de deslizamento de terra, pois a declividade média das encostas dessa rua varia entre 45° e 70°.



problemas na sua rede de infra-estrutura, como ausência de captação de água da chuva, de rede de esgoto, calçamento de paralelepípedos com sinais de desgaste, deficiências na rede coletora de lixo



Construções de casas de forma precária, através do corte de talude e aterro, formando degraus escalonados de casas. Esse perfil de ocupação é muito perigoso, principalmente se levarmos em consideração o histórico da área, as características físicas da região e as atividades antrópicas negativas, como o lançamento de esgoto direto na encosta.

RESULTADOS



Casas atingidas por deslizamento de terra que ocasionou em duas vítimas fatais. Foto F.S. Lima.



Detalhe da casa atingida pelo deslizamento de terra. Casa construída sob depósito de talus. Foto F.S. Lima.



Canos de abastecimento de água ilegal, presentes por toda a comunidade. Foto F. S. Lima



Pequena canaleta feita pelos moradores para escoar a água que desce a encosta em dias de pluviosidade intensa. F. S. Lima.

RESULTADOS



FATORES DE VULNERABILIDADE PARA DESLIZAMENTOS DE TERRA	NÍVEL DO FATOR
Declividade	N5
Drenagem natural	N4
Rede de esgoto sanitário	N2
Rede de águas pluviais	N5
Abastecimento de água	N3
Lançamento de detritos (lixo/entulho)	N5
Existência de cortes e/ou aterros	N5
Existência de obras de estabilização	N5
Cobertura vegetal	N3
Existência de matacões superficiais	N4
Aspectos lito-estruturais	N4
Qualidade estrutural das moradias	N4
Impermeabilização da encosta	N3
Acesso de pedestres e viários sem pavimentação	N3
Aspectos geotécnicos	N5
Densidade de ocupação da encosta	N3
Média aritmética dos fatores	3,9
CLASSE DE RISCO	ALTO



RESULTADOS

Vistorias realizadas no Bairro Quitandinha

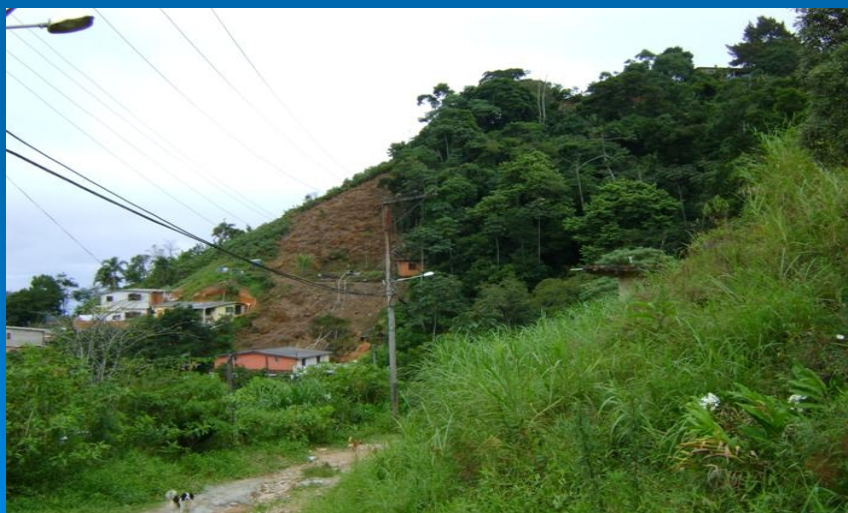
Rua Minas Gerais (Parte II)

- ↪ a qualidade estrutural das moradias melhora bastante, assim como a eficiência dos serviços públicos, como calçamento, coleta de lixo e abastecimento de água e rede de esgoto.
- ↪ a densidade de ocupação nessa área é baixa, tornando bem menor o risco de vítimas fatais devido a deslizamentos de terra.

RESULTADOS



Ocupações típicas em áreas de baixa a média encosta. Foto F. S. Lima.



Parte da cobertura vegetal dessa área está preservada, com florestas de médio a grande porte. Foto F. S. Lima.



Parte do muro de contenção em encosta que deslizou em 1988. Altitude: 975 m. Foto F. S. Lima.

RESULTADOS



FATORES DE VULNERABILIDADE PARA DESLIZAMENTOS DE TERRA	NÍVEL DO FATOR
Declividade	N5
Drenagem natural	N3
Rede de esgoto sanitário	N3
Rede de águas pluviais	N3
Abastecimento de água	N3
Lançamento de detritos (lixo/entulho)	N4
Existência de cortes e/ou aterros	N3
Existência de obras de estabilização	N3
Cobertura vegetal	N3
Existência de matacões superficiais	N4
Aspectos lito-estruturais	N3
Qualidade estrutural das moradias	N2
Impermeabilização da encosta	N3
Acesso de pedestres e viários sem pavimentação	N3
Aspectos geotécnicos	N3
Densidade de ocupação da encosta	N2
Média aritmética dos fatores	3,1
CLASSE DE RISCO	ALTO

RESULTADOS

Vistorias realizadas no Bairro Quitandinha

Rua Minas Gerais (Parte III)



- ↪ A parte alta da rua caracteriza-se por uma ocupação ilegal, quase toda em área de topo de morro, cuja altitude inicial é de 1001 m. Segundo moradores, foram depositados mais de 40 caminhões de aterro para aumentar a área
- ↪ A infra-estrutura nesse local é ainda mais precária que na parte de baixo da rua, não havendo asfalto, calçamento, coleta de lixo, abastecimento de água oficial, rede de esgoto, ou linhas de ônibus
- ↪ A rua está sendo erodida, pois são freqüentes os sinais de rastejo e ravinamento, tanto no acesso à parte de cima da rua, quanto nas encostas e de ocupação recente.
- ↪ Abundância de lixo ao longo do caminho e na encosta
- ↪ As poucas canaletas que existem estão parcialmente entupidas e não dão vazão ao grande volume de água nas épocas das chuvas
- ↪ Casas construídas em área de convergência de fluxos e demais em área de topo de morro (construídos enormes platôs de aterro)

RESULTADOS



Acesso ao início da rua por onde passam pedestres e alguns veículos. Presença de ravinamento. Foto F. S. Lima.



Aspecto estrutural de casa na parte de cima da rua. Foto F. S. Lima.



Lixo jogado ao longo do caminho. Foto F. S. Lima.



Grande área de convergência de fluxos, Foto F. S. Lima.

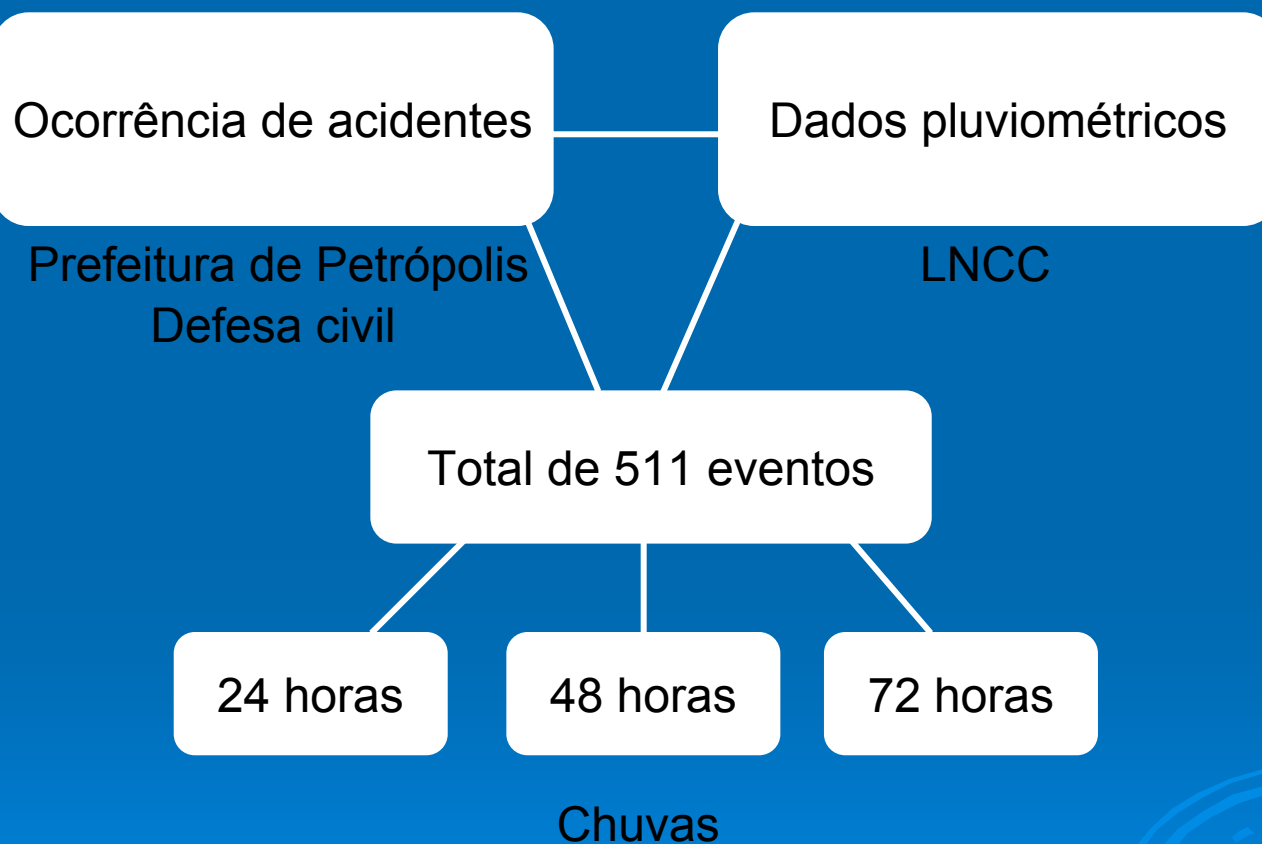
RESULTADOS



FATORES DE VULNERABILIDADE PARA DESLIZAMENTOS DE TERRA	NÍVEL DO FATOR
Declividade	N5
Drenagem natural	N3
Rede de esgoto sanitário	N2
Rede de águas pluviais	N3
Abastecimento de água	N3
Lançamento de detritos (lixo/entulho)	N4
Existência de cortes e/ou aterros	N4
Existência de obras de estabilização	N4
Cobertura vegetal	N3
Existência de matacões superficiais	N2
Aspectos lito-estruturais	NA
Qualidade estrutural das moradias	N3
Impermeabilização da encosta	N4
Acesso de pedestres e viários sem pavimentação	N4
Aspectos geotécnicos	N4
Densidade de ocupação da encosta	N3
Média aritmética dos fatores	3,4
CLASSE DE RISCO	ALTO

RESULTADOS

Análise da série histórica da ocorrência dos eventos de deslizamentos (2003 e 2009) de acordo com os índices pluviométricos.



RESULTADOS



Distribuição das classes de índices pluviométricos para um período de 24 horas x ocorrências.

Classes (Chuvas mm)	Quantidade de ocorrências		
	Enchentes	Deslizamentos	Enchentes + Deslizamentos
10.1 - 20.0	3	42	45
20.1 - 40.0	3	44	47
40.1 - 60.0	1	15	16
60.1 - 80.0	2	41	43
≥ 80.1	6	73	79
Total	15	215	230

RESULTADOS

Distribuição das classes de índices pluviométricos para um período de 48 horas x ocorrências.



Classes (Chuvas mm)	Quantidade de ocorrências		
	Enchentes	Deslizamentos	Enchentes + Deslizamentos
20.1 mm - 40.0 mm	2	51	53
40.1 mm - 80.0 mm	6	70	76
80.1 mm - 120.0 mm	4	34	38
120.1 mm - 160.0 mm	1	16	17
≥ 160.1 mm	6	75	81
Total	19	246	265

RESULTADOS

Distribuição das classes de índices pluviométricos para um período de 72 horas x ocorrências



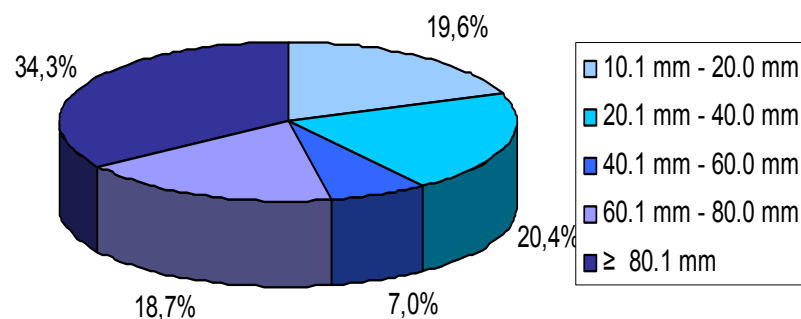
Classes (Chuvas mm)	Quantidade de ocorrências		
	Enchentes	Deslizamentos	Enchentes + Deslizamentos
40.1 mm - 80.0 mm	8	77	85
80.1 mm - 120.0 mm	6	60	66
120.0 mm - 160.0 mm	2	7	9
160.1 mm - 200.0 mm	0	22	22
≥ 200.1 mm	6	76	82
Total	22	242	264

RESULTADOS

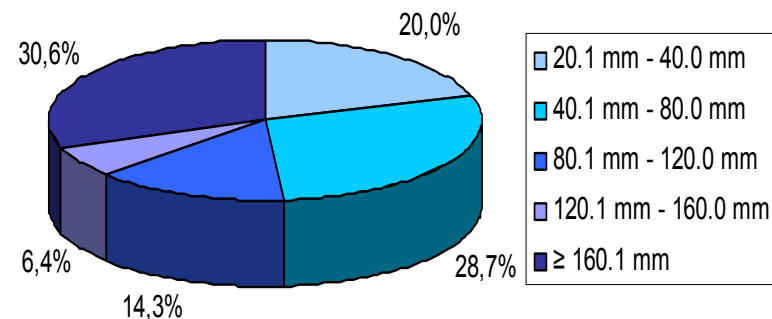


Freqüência acumulada dos eventos (enchentes + deslizamentos) de acordo com as de pluviometria

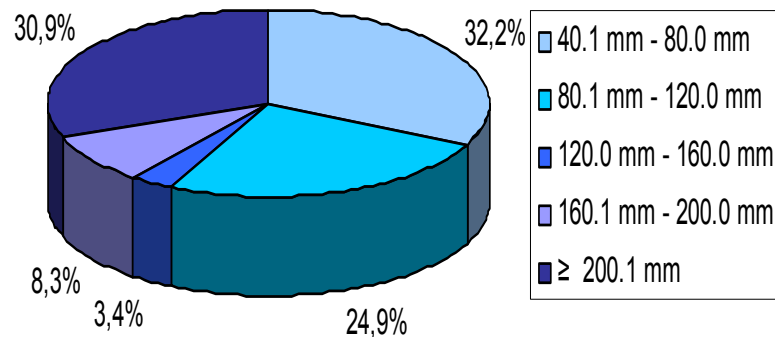
Chuva (24horas)



Chuva (48horas)



Chuva (72horas)



RESULTADOS

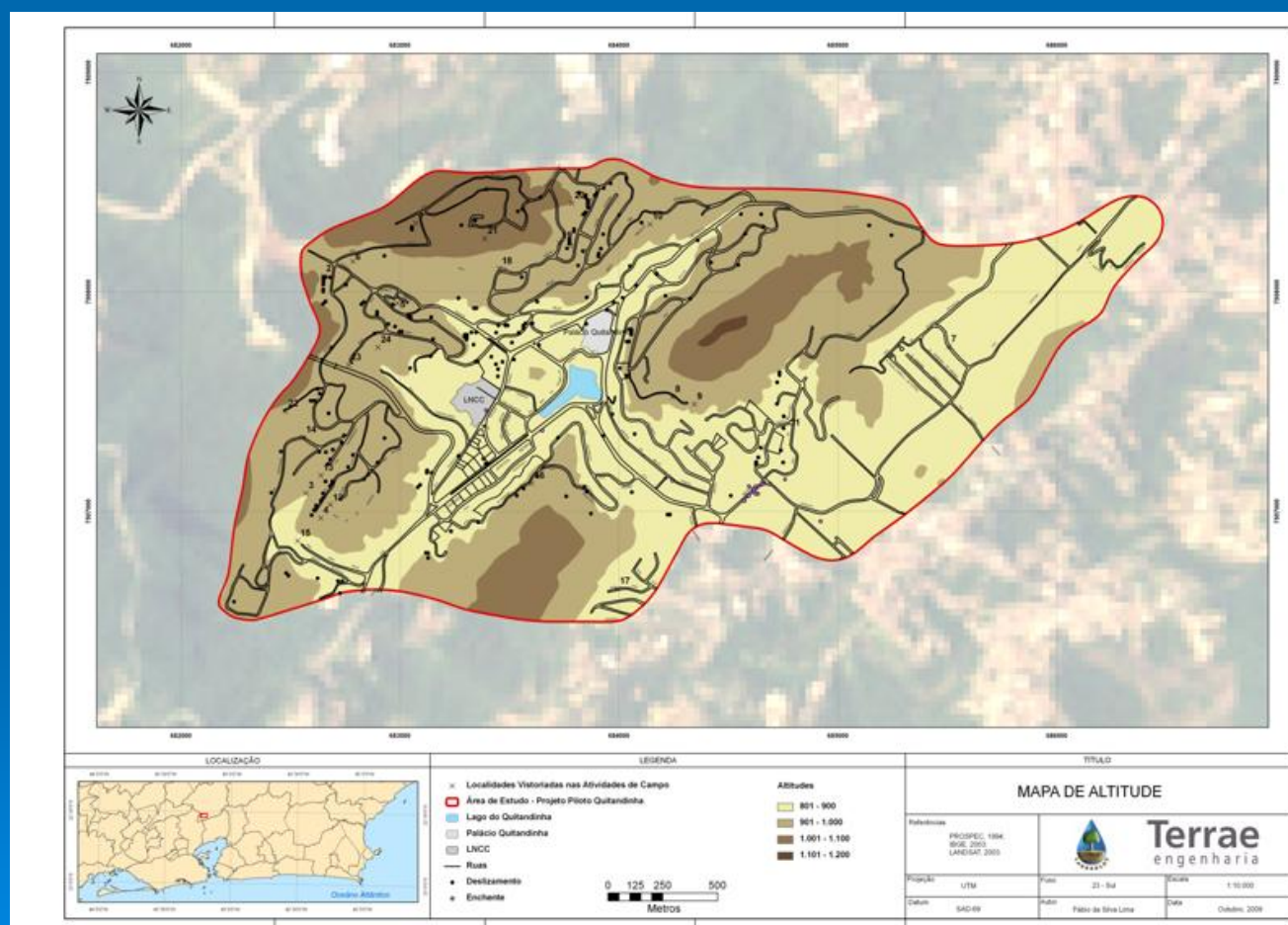
Índices pluviométricos de situação alerta



Período analisado	Índices pluviométricos para definir a situação de alerta (mm)
24h	60
48h	100
72h	140

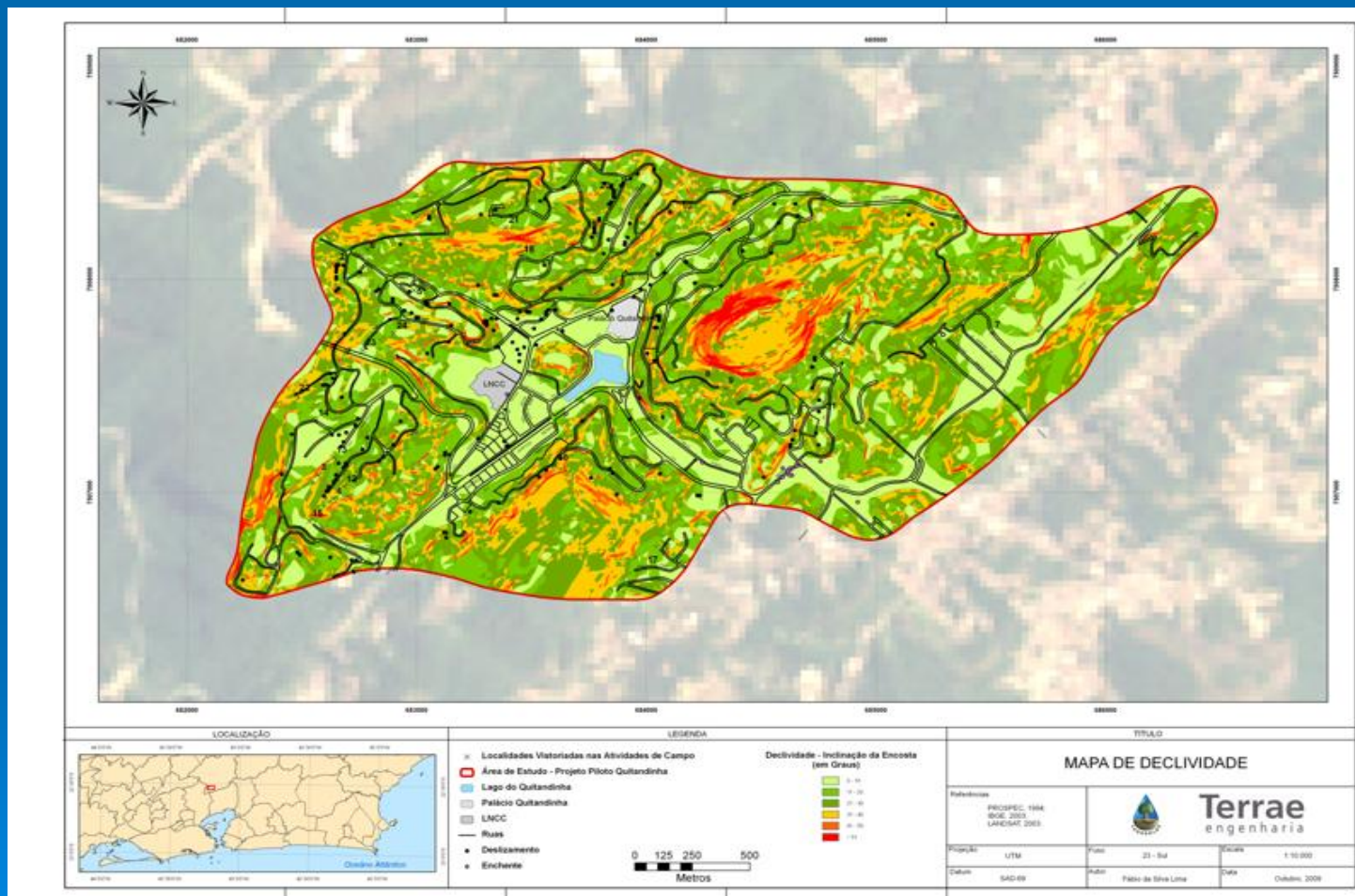
RESULTADOS

Análise do mapa hipsométrico & ocorrência de enchentes e deslizamentos no Bairro do Quitandinha



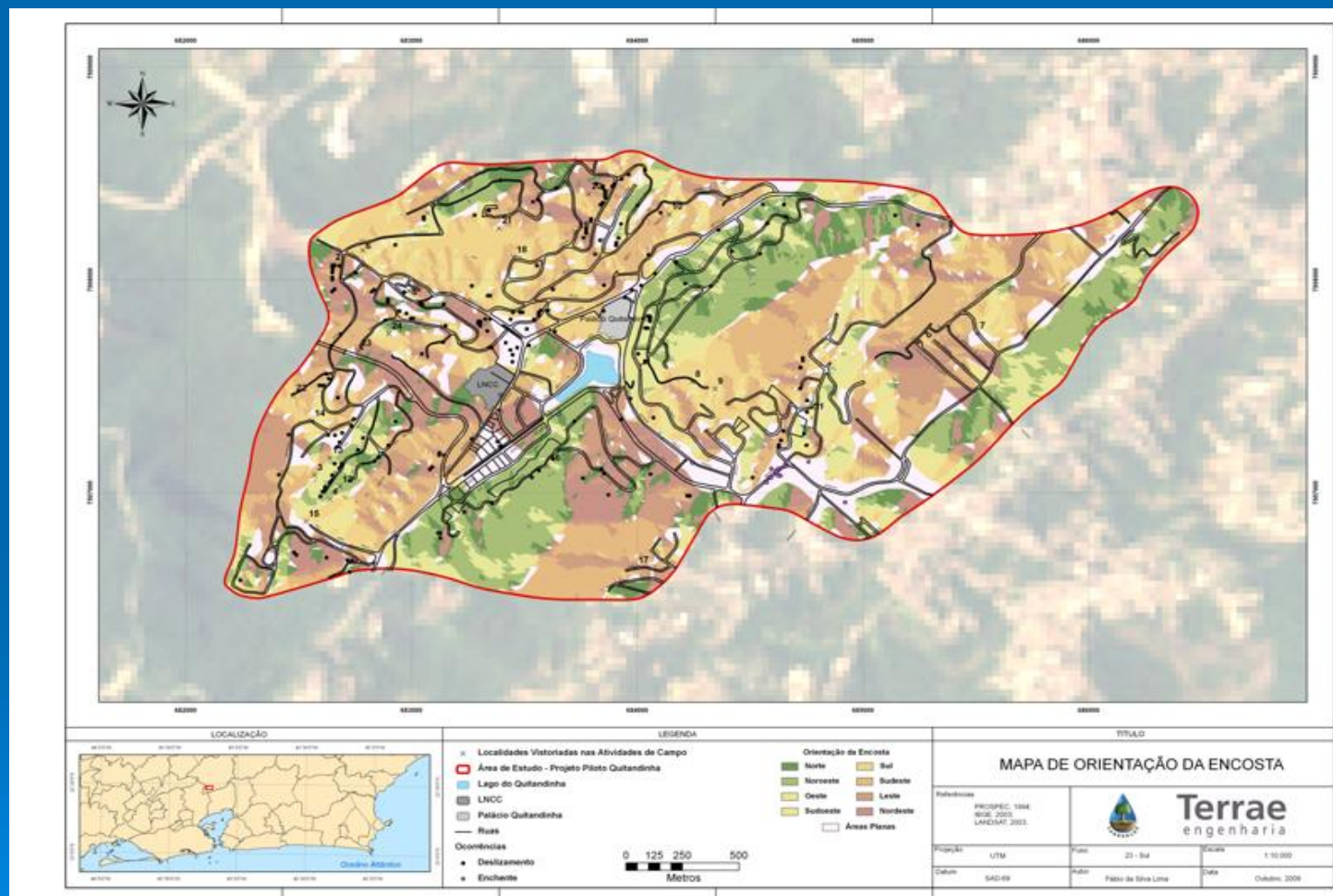
RESULTADOS

Análise do mapa de declividade & ocorrência de enchentes e deslizamentos no Bairro do Quitandinha



RESULTADOS

Análise do mapa de Orientação da encosta & ocorrência de enchentes e deslizamentos no Bairro do Quitandinha



RESULTADOS

Distribuição de ocorrências segundo as classes de altitude



GERAL			SÓ PARA ENCHENTE			SÓ PARA DESLIZAMENTO		
	Número	Porcentagem		Número	Porcentagem		Número	Porcentagem
Total de Ocorrências	511	100,00%	Enchente	42	8,22%	Deslizamento	469	91,78%
Altitude (m)			Altitude (m)			Altitude (m)		
800 - 900	219	42,86%	800 - 900	42	100,00%	800 - 900	177	37,74%
900 - 1000	279	54,60%	900 - 1000	N/O	0,00%	900 - 1000	279	59,49%
1000 - 1100	13	2,54%	1000 - 1100	N/O	0,00%	1000 - 1100	13	2,77%
1100 - 1200	N/O	0,00%	1100 - 1200	N/O	0,00%	1100 - 1200	N/O	0,00%

RESULTADOS



Distribuição de ocorrências segundo a Orientação de Vertentes

GERAL			SÓ PARA ENCHENTE			SÓ PARA DESLIZAMENTO		
	Número	Porcentagem		Número	Porcentagem		Número	Porcentagem
Total de Ocorrências	511	100,00%	Enchente	42	8,22%	Deslizamento	469	91,78%
Áreas Planas	125	24,46%	Áreas Planas	39	92,86%	Áreas Planas	86	18,34%
Norte	25	4,89%	Norte	1	2,38%	Norte	24	5,12%
Nordeste	58	11,35%	Nordeste	N/O	0,00%	Nordeste	58	12,37%
Leste	38	7,44%	Leste	N/O	0,00%	Leste	38	8,10%
Sudeste	89	17,42%	Sudeste	N/O	0,00%	Sudeste	89	18,98%
Sul	61	11,94%	Sul	1	2,38%	Sul	60	12,79%
Sudoeste	13	2,54%	Sudoeste	N/O	0,00%	Sudoeste	13	2,77%
Oeste	67	13,11%	Oeste	N/O	0,00%	Oeste	67	14,29%
Noroeste	35	6,85%	Noroeste	1	2,38%	Noroeste	34	7,25%

RESULTADOS

Distribuição de ocorrências segundo as classes de declividade



GERAL			SÓ PARA ENCHENTE			SÓ PARA DESLIZAMENTO		
	Número	Porcentagem		Número	Porcentagem		Número	Porcentagem
Total de Ocorrências	511	100,00%	Enchente	42	8,22%	Deslizamento	469	91,78%
Declividade			Declividade			Declividade		
0 - 10	146	28,57%	0 - 10	40	95,24%	0 - 10	106	22,60%
11 - 20	144	28,18%	11 - 20	2	4,76%	11 - 20	142	30,28%
21 - 30	128	25,05%	21 - 30	N/O	0,00%	21 - 30	128	27,29%
31 - 40	73	14,29%	31 - 40	N/O	0,00%	31 - 40	73	15,57%
41 - 50	16	3,13%	41 - 50	N/O	0,00%	41 - 50	16	3,41%
> 51	4	0,78%	> 51	N/O	0,00%	> 51	4	0,85%

CONCLUSÕES



os conhecimentos geomorfológicos, pedológicos, geotécnicos e geológicos, quando analisados em conjunto, podem ser de grande valia, no diagnóstico e prognóstico de áreas sujeitas à ocorrência de deslizamentos de terra e de enchentes, o que sem dúvida é fundamental, para que a Defesa Civil de qualquer município possa atuar preventivamente.

Os resultados aqui apresentados poderão oferecer à Defesa Civil, em tempo real, quais os riscos de deslizamentos e de enchentes baseado nas informações relativas ao quadro natural, bem como a atuação do homem, que ficam bem caracterizados nas vistorias realizadas, durante a execução desse trabalho.

Os mapas temáticos elaborados (geomorfológicos, pedológicos, geotécnicos e geológicos) serão cruzados numa próxima etapa do trabalho visando gerar um mapa de risco, bem como dar subsídios a criação de um aplicativo para a defesa civil.

CONCLUSÕES



Espera-se com esse estudo, ter demonstrado que é possível, com levantamentos de campo e de gabinete, e com a participação de um grupo multidisciplinar, propor uma metodologia e testá-la, para que seja possível um trabalho conjunto entre pesquisadores das universidades e técnicos da prefeitura, no sentido de podermos atuar diretamente sobre problemas que muitas municipalidades brasileiras sofrem, em especial aqueles que dizem respeito aos riscos de deslizamentos e de enchentes, que têm causado a perda de tantas vidas humanas, bem como de danos materiais.



Trata-se de um projeto piloto, tendo como área de estudo o bairro do Quitandinha, mas que poderá ser aplicado a todo o município de Petrópolis, bem como a outros municípios serranos.



antonioguerre@gmail.com

www.lagesolos.ufrj.br

OBRIGADO!