

Mapeamento das áreas suscetíveis a escorregamentos em Blumenau-SC, utilizando Sistema de Informações Geográficas

Rafaela Vieira ^{1,2}
Alexander Christian Vibrans ²
Júlio César Refosco ²
Adilson Pinheiro ²
Fernando da Fontoura Xavier ³

¹ Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI
Caixa Postal 360 – 88302-202 – Balneário Camboriú - SC, Brasil
rafaela@univali.br

² Universidade Regional de Blumenau - FURB
Rua Antônio da Veiga, 140 – 89012-900 - Blumenau - SC, Brasil
{rafaela, acv, refosco, pinheiro}@furb.br

³ TECGEO
Rua Estanislau Schaette, 1305 - 89037-003 - Blumenau - SC, Brasil
tecgeofisica@tecgeofisica.com.br

Abstract. Damages and fatal victims of natural disasters, represent worldwide economic and social costs of great amount. In Brazil, landslides are the most frequent natural disasters causing greater damages. In the city of Blumenau, in southern Brazil, the expansion of the urban zone, due to rapidly growing population, leads to illegal occupation of hillsides, especially by the low income population, contributing to the formation of areas of social exclusion, in which the landslides tend to be more frequent. The present works aims to identify and map landslide risk areas in the Velha Grande quarter in Blumenau-SC, by a multidiscipline team, in order to integrate geologic, geotechnical, hydrological, vegetation cover and land use data, besides social and economic data. The study's proposal is to assist land use and urban planning and prevention measures.

KEYWORDS: natural disasters, landslides, geoprocessing, desastres naturais, escorregamentos, geoprocessamento.

1. Introdução

Nas últimas décadas, a temática desastres naturais tem sido freqüentemente abordada nos debates científicos, devido à freqüência e os prejuízos resultantes de tais eventos.

Entre os vários tipos de desastres, os escorregamentos foram considerados nessa pesquisa, pois se constituem em um dos mais graves no país e no município de Blumenau, envolvendo além de prejuízos materiais, perdas de vidas humanas. A área estudada é formada pelo conjunto das ruas Franz Mueller, Hermann Kratz e transversais, localizadas no bairro da Velha Grande em Blumenau/SC (Vieira e Pinheiro, 2005) (**Figura 1**).

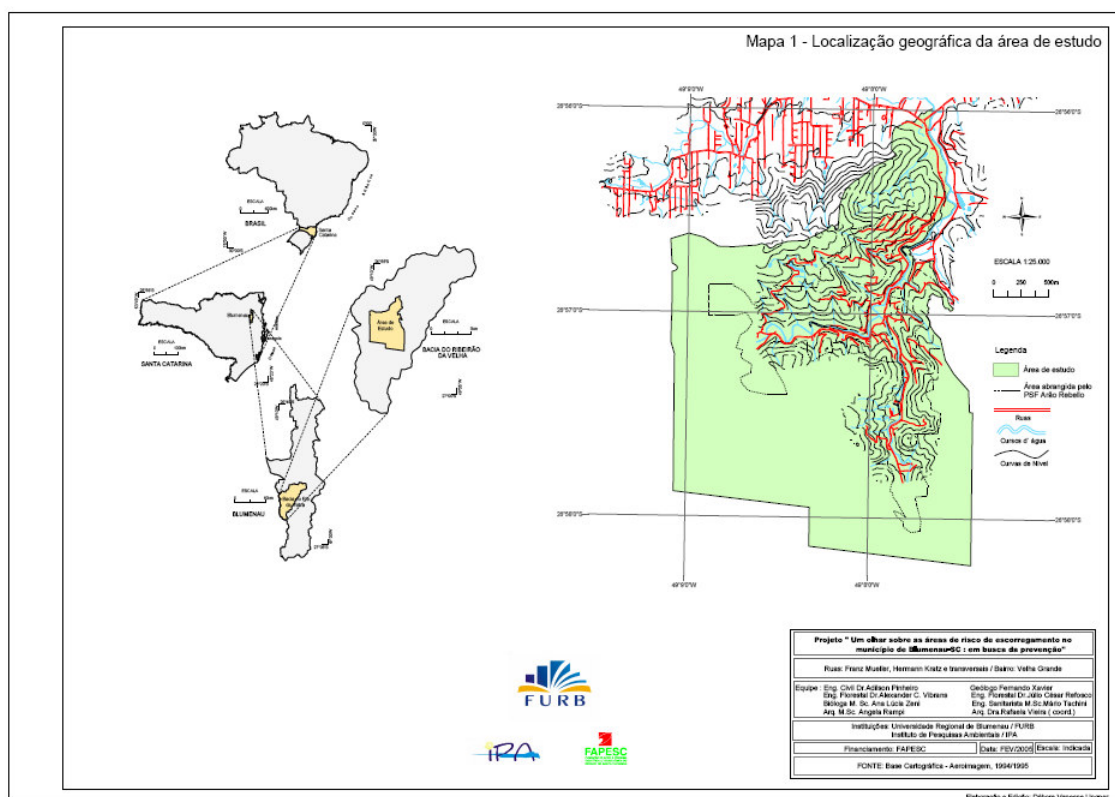


Figura 1 – Localização geográfica da área de estudo

Localizada em área periférica, sua ocupação é resultante do processo de crescimento urbano e exclusão social iniciado no município na década de 1960.

Os objetivos do presente trabalho são a identificação e o mapeamento das áreas de risco de escorregamentos no Bairro Velha Grande por uma equipe multidisciplinar, sintetizando dados geológicos, geotécnicos, da cobertura do solo e da vegetação e sócio-econômicos.

Considerando que a prevenção pode ser alcançada através da convivência com níveis aceitáveis de risco, que por sua vez depende do nível de organização da comunidade, buscou-se demonstrar a importância dessa análise física e social para a elaboração e operação de sistemas de alerta e planos preventivos baseados na realidade local. Este trabalho é uma proposta piloto que tem servido de base para ser implantada em outras áreas de risco de escorregamento e exclusão social do município de Blumenau.

2. Materiais e métodos

Foram realizados levantamentos em campo para o reconhecimento da vegetação e da infraestrutura urbana, além dos aspectos geológico e geotécnico com sondagens elétricas verticais (método geofísico da eletrorresistividade).

Também foram utilizados dados cadastrais existentes, tais como mapas topográficos, fotografias aéreas na escala de 1: 8.000 (2003), o mapeamento geológico realizado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - RS (CPRM, 1981), registros de escorregamentos obtidos na Superintendência de Defesa Civil municipal e dados sócio-econômicos da população local, coletados no Programa de Saúde Familiar (PSF).

Os dados foram georeferenciados e incorporados a um Sistema de Informações Geográficas (SIG) no ambiente ArcGis, criando *layers* e mapas temáticos (declividade, geologia, geotecnia, cobertura vegetal, densidade populacional e suscetibilidade a

escorregamento). A organização do SIG foi realizada no decorrer de todos os levantamentos temáticos, com o programa ARCGIS 8.3. A base cartográfica utilizada foi o mapa topográfico da Prefeitura Municipal de Blumenau, escala 1:2.000, realizado em 1993, através de aerolevanteamento. O formato dos dados vetoriais foi SHP (*shapefile*) e o formato *raster* TIFF, com resolução de 5 metros.

Foram selecionados os *layers* cobertura vegetal, densidade populacional e geotecnia para realização dos cruzamentos, sendo que cada *layer* possuía quatro classes de suscetibilidade a escorregamentos. Foi atribuído a cada *layer* um peso específico para compor um mapa síntese com a identificação e localização das áreas suscetíveis a escorregamentos em quatro níveis: baixo, médio, alto e muito alto.

O cruzamento de mapas no SIG foi realizado através do uso do programa ARCGIS 8.3 com a extensão “*Spatial Analyst*”, utilizando a função “*raster calculator*”. Este cruzamento permitiu determinar o nível de suscetibilidade a escorregamento (NSE), obtido através de ponderação para cada temática, conforme o seu grau de importância em relação aos escorregamentos. Considerou-se que o tema geotecnia (GEO), representada pela integração com a geomorfologia, geologia e risco decorrente da ocupação urbana, tem uma contribuição de 60% do nível de suscetibilidade total, a cobertura vegetal (VEG) e a densidade populacional (POP) contribuem com 20% cada.

Foi dado maior peso para a temática geotecnia, pois segundo Vieira (2004), pode-se constatar que a concentração dos registros de escorregamentos ocorre em locais com formação geológica do Grupo Itajaí e em declividades acentuadas, concentrando-se na parte Sul, e em trechos da parte Oeste e Leste de Blumenau. Somado a isso, na área de estudo, os registros de escorregamentos ocorrem em toda a área e não apenas nas maiores densidades populacionais ou em locais sem cobertura vegetal. Deste modo, o NSE é determinado pela expressão:

$$NSE = 0,6.GEO + 0,2.VEG + 0,2.POP$$

Para o cruzamento padronizou-se as áreas de abrangência e a resolução espacial de cada mapa. Efetuou-se também a classificação das temáticas cobertura vegetal e densidade populacional, frente à suscetibilidade a escorregamentos, a partir das 4 (quatro) classes estabelecidas no mapa geotécnico, obedecendo-se a seguinte pontuação: 1 (um) baixo, 2 (dois) médio, 3 (três) alto e 4 (quatro) muito alto.

3. Resultados

No **Quadro 1**, apresentam-se as classes de suscetibilidade a escorregamento estabelecidas para os 13 (treze) tipos cobertura vegetal existentes na área (**Figura 2**).

Tipos de cobertura vegetal	Classes de suscetibilidade a escorregamento	
	Nível	Valor
Floresta secundária	Baixo	1
Capeirão		
Capoeira	Médio	2
Reflorestamento de <i>Pinus</i>		
Capoeirinha	Alto	3
Reflorestamento de eucalipto		
Palmito		
Samambaia		
Pastagem	Muito alto	4
Pomar		
Quintal		
Solo exposto		
Área ocupada		

Quadro 1 - Suscetibilidade de escorregamento devido à cobertura vegetal

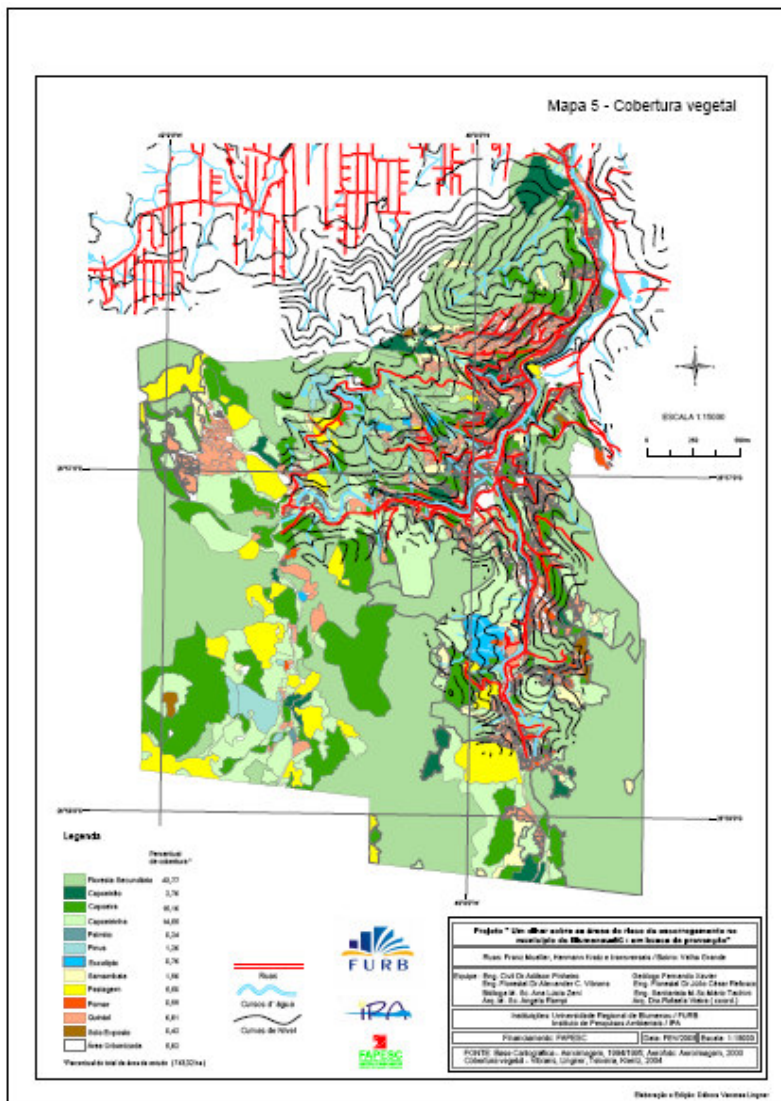


Figura 2 – Cobertura vegetal

Áreas cobertas por florestas secundárias e por capoeirões são consideradas de baixa suscetibilidade a escorregamentos, devido ao grande volume de biomassa, existência de sub-bosque, riqueza de espécies arbóreas e funcionamento dos ciclos bio-geo-químicos que possibilitam a decomposição e incorporação da biomassa morta (“serrapilheira”) da floresta e aumentam o percentual de matéria orgânica no solo. Esta é responsável por grande parte da estrutura física dos solos e pela sua capacidade de infiltrar e armazenar as águas da chuva. Capoeiras e reflorestamento de *Pinus* oferecem média suscetibilidade para desencadear escorregamentos. As capoeiras têm biomassa bem menor que capoeirão e floresta secundária; os reflorestamentos têm dossel fechado, alta capacidade de interceptação da precipitação e densa camada de serrapilheira. Por apresentarem volume e densidade de biomassa ainda menor, às capoeirinhas e às samambaias foi atribuída alta suscetibilidade a escorregamentos. Na mesma classe constam reflorestamentos de eucalipto, com pouca proteção do solo e sinais de baixa capacidade de infiltração e elevada geração de escoamento superficial, causados pelas suas copas relativamente abertas e pela sua serrapilheira solta e pouco decomposta. Palmeiras constam nesta classe por possuírem frequentemente solo limpo, roçado ou até

capinado. Os demais tipos são todos considerados de muito alta suscetibilidade em relação à ocorrência de escorregamentos, devido à escassez, remoção frequente ou ausência de cobertura vegetal.

No **Quadro 2**, estão as classes de suscetibilidade a escorregamento referentes aos 4 (quatro) intervalos de densidade populacional (**Figura 3**) estabelecidos para a área de estudo.

Densidade populacional	Classes de suscetibilidade a escorregamento	
	Nível	Valor
1 a 35 hab./ha	Baixo	1
36 a 70 hab./ha	Médio	2
71 a 105 hab./ha	Alto	3
106 a 150 hab./ha	Muito alto	4

Quadro 2 - Suscetibilidade à escorregamento devido à densidade populacional.

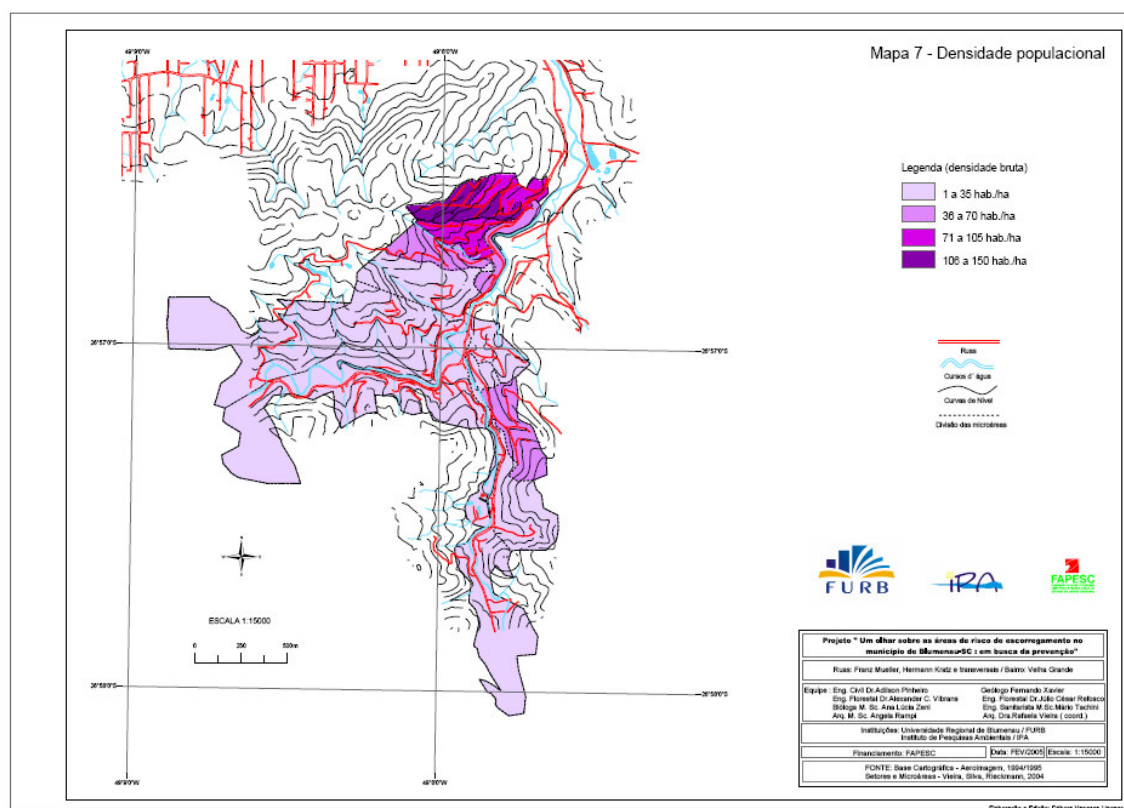


Figura 3 – Densidade populacional

Além de serem proporcionais, tais intervalos procuram seguir o critério adotado pela Secretaria de Desenvolvimento Urbano e do Meio Ambiente de Santa Catarina (SDM), que considera adequado para as cidades de pequeno, médio e grande porte, as seguintes densidades: até 40hab./ha, de 40 a 80 hab./ha, de 100 a 300 hab./ha, respectivamente. Destaca-se que as áreas com densidade entre 71 e 150 hab./ha, possuem grande suscetibilidade a escorregamentos, pois nestas, trechos de encostas já ocupados, convivem com terrenos desmatados e expostos, proporcionando um elevado potencial de geração de escoamentos superficial e sub-superficial da água, grande deflagrador desses processos.

No **Quadro 3** são apresentadas as classes de suscetibilidade a escorregamento referentes a geotecnia (**Figura 4**) e a integração com a geomorfologia, geologia e risco decorrente da ocupação urbana.

Geotecnia	Geomorfologia	Geologia	Risco decorrente da ocupação urbana	Classes de suscetibilidade a escorregamento	
				Nível	Valor
<ul style="list-style-type: none"> - Solo espesso de composição predominantemente argilosa, com espessura de 2,0 a 5,0 m; - Blocos de arenito; - Solapamento das margens; - Densidade de ocupação baixa; - Áreas com vegetação 	<ul style="list-style-type: none"> - Topos planos e planície aluvial atual; - Segmentos de encostas retilíneas e convexas, raramente côncavas; - Declividade entre 10 ° e 25°. 	<ul style="list-style-type: none"> - São arenitos (médios a finos) e pelitos, com intercalações de folhelhos, (raramente ardósia); - Formação Gaspar e Campo Alegre; - Direção da encosta raramente coincide com a direção do mergulho do acamadamento; - Aluvião continental atual, com sedimentos areno-siltico-argiloso e cascalhos inconsolidados. 	<ul style="list-style-type: none"> - Escorregamento devido a cortes e aterros; - Queda de blocos; - Contaminação das nascentes e áreas de recarga de aquíferos. 	BAIXO	1
<ul style="list-style-type: none"> - Solo mais espesso entre 1,0 e 3,0m; - Degraus de abatimento; - Blocos e matacões de arenito; - Cortes e aterros; - Solapamento das margens; - Densidade de ocupação de média a baixa; - Áreas desmatadas 	<ul style="list-style-type: none"> - Pequenos segmentos de encostas, no terço médio a superior, retilíneas, côncavas e convexas; - Planície aluvial atual; - Declividade entre 10 ° e 47°. 	<ul style="list-style-type: none"> - São arenitos (médios a finos) e pelitos, com intercalações de folhelhos, (raramente ardósia); - Formação Gaspar e Campo Alegre; - Direção da encosta raramente coincide com a direção do mergulho do acamadamento; - Aluvião continental atual, com sedimentos areno-siltico-argiloso e cascalhos inconsolidados. 	<ul style="list-style-type: none"> - Desencadeamento de processos erosivos; - Escorregamento devido a cortes e aterros; - Queda de blocos nas encostas; - Contaminação de nascentes e áreas de recarga de aquíferos. 	MÉDIO	2
<ul style="list-style-type: none"> - Solo com espessura de 0,5 a 2,0m; - Degraus de abatimento; - Cicatrizes de escorregamento; - Solos transportados; - Blocos e matacões de arenito; - Cortes, aterros, abastecimento informal de água, esgoto; - Densidade de ocupação, média a alta; - Rastejo; - Áreas desmatadas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Encostas íngremes, ocorrendo no terço médio e inferior, retilíneas e/ou côncavas, raramente convexas; - Morros com cristas alongadas; - Declividade entre 30 ° e 55 °. 	<ul style="list-style-type: none"> - São arenitos (médios a finos) e pelitos, com intercalações de folhelhos (raramente ardósia); - Formação Gaspar e Campo Alegre; - Acamadados, dobrados e fraturados; - Direção da encosta coincide em parte com a direção do mergulho do acamadamento 	<ul style="list-style-type: none"> - Desencadeamento de processos erosivos; - Escorregamento devido a cortes e aterros; - Queda de blocos nas encostas; - Comprometimento de obras civis nas áreas de depósitos de tálus (rastejo e escorregamentos associados); - Contaminação de nascentes e áreas de recarga de aquíferos. 	ALTO	3
<ul style="list-style-type: none"> - Solo pouco espesso 0,5 a 1,5m, horizonte superior facilmente desagregável, solos transportados (tálus), degraus de abatimento, cicatrizes de escorregamento, trincas no solo, sulcos de erosão, blocos e matacões de arenito, cortes, aterros, área desmatada, densidade de ocupação alta; - Abastecimento informal de água (mangueiras, vazamentos); - Vazamento de esgoto; - Rastejo 	<ul style="list-style-type: none"> - Pequenos vales em 'V' fechado; - Encostas íngremes, ocorrendo nos terços médio e inferior sendo retilíneas ou côncavas raramente convexas; - Morros com cristas alongadas; - Declividade entre 30° e 70°. 	<ul style="list-style-type: none"> - São basicamente arenitos (médios a finos), com intercalações de folhelho e siltito. Formação Gaspar e Campo Alegre; - Acamadados, dobrados e fraturados; - Direção do mergulho do acamadamento coincide com a direção da encosta. 	<ul style="list-style-type: none"> - Desencadeamento de processos erosivos; - Escorregamento e quedas de blocos nas encostas, decorrentes de cortes e aterros; - Comprometimento das obras civis nas áreas de depósito de tálus (rastejos e escorregamentos associados); - Recorrência de escorregamentos; - Contaminação das nascentes e áreas de recarga de aquíferos. 	MUITO ALTO	4

Quadro 3 - Suscetibilidade à escorregamento devido à geotecnia.

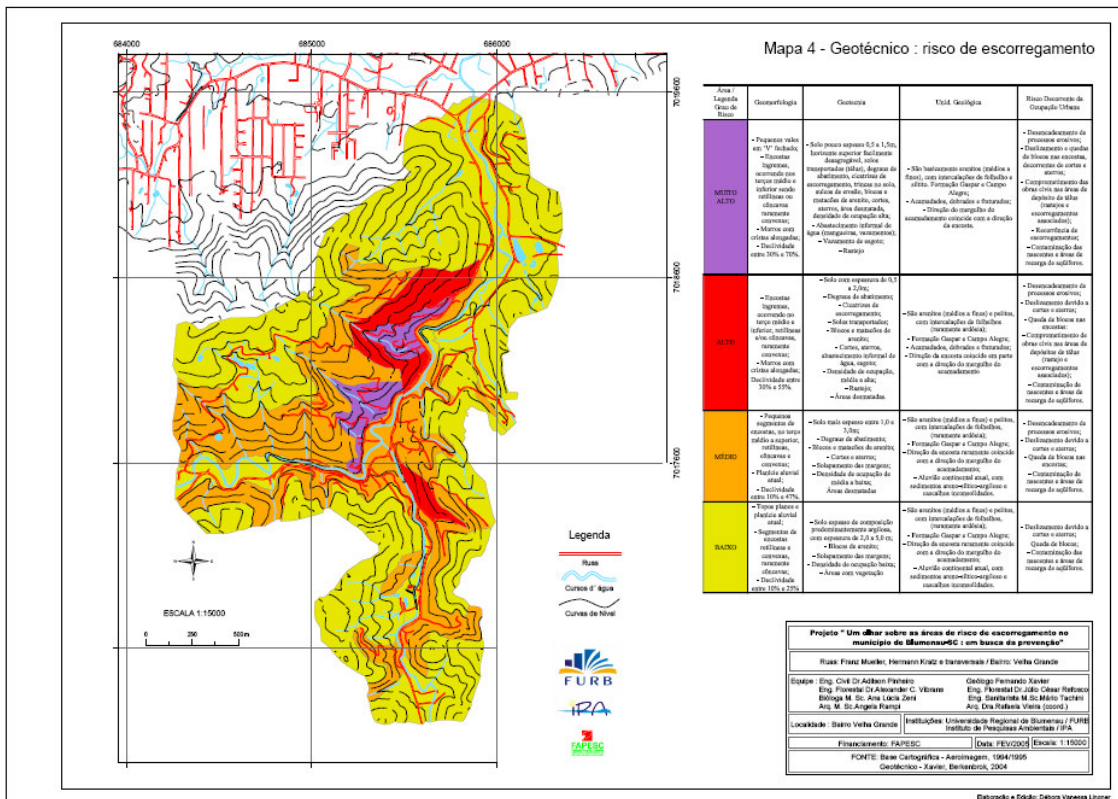


Figura 4 - Geotécnico

Os intervalos adotados no mapa final de integração foram estabelecidos visando guardar, no mínimo, o grau de suscetibilidade a escorregamento da temática de maior peso, neste caso definido pela geotecnia (peso 0,6), compreendendo aos valores apresentados no **Quadro 4**.

Níveis de suscetibilidade à escorregamento	Intervalo de valores	Condição mínima
Baixa	1 a 1,59	GEO baixa + VEG baixa + POP baixa
Média	1,60 a 2,19	GEO média + VEG baixa + POP baixa
Alta	2,20 a 2,79	GEO alta + VEG baixa + POP baixa
muito alta	2,80 a 4	GEO muito alta + VEG baixa + POP baixa

Quadro 4 – Níveis de suscetibilidade à escorregamento

Os mapas temáticos cruzados foram elaborados no formato *raster*, para permitir um cruzamento através do emprego de um cálculo *pixel a pixel* através de uma equação matemática, e geraram a **Figura 5**, na qual se encontram delimitadas as classes Baixa, Média, Alta e Muito Alta suscetibilidade a escorregamentos.

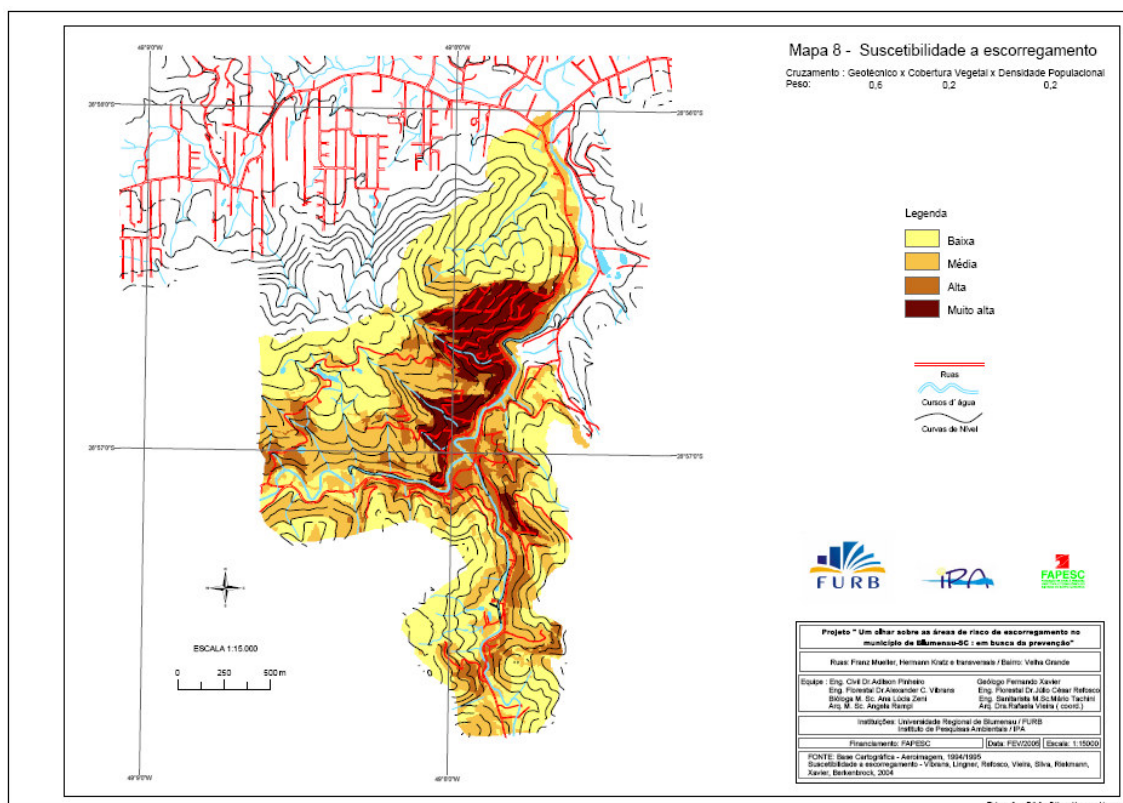


Figura 5 - Suscetibilidade a escorregamento

As áreas de muito alta e alta suscetibilidade localizam-se principalmente na margem esquerda do Ribeirão da Velha e margem direita do Ribeirão do Cego. Apesar de sua forte ocupação urbana atual, sugere-se para essas áreas a restrição da ocupação e manutenção da cobertura florestal. Nas demais áreas é indicada a utilização de técnicas construtivas adequadas com uso de lajes sobre pilotis, para evitar a realização de cortes e aterros, melhorias nas instalações da tubulação de água potável e servida, drenagem das águas superficiais, em especial, na parte superior das vertentes e na melhoria da microdrenagem das ruas, manutenção adequada e/ou recuperação da cobertura vegetal.

4. Considerações finais

A análise dos mapas gerados mostrou que as áreas mais intensamente ocupadas são justamente aquelas que reúnem as condições de maior suscetibilidade a escorregamentos, com restrições topográficas (vales em V, declividade extremamente acentuada), geológicas (Formação Gaspar do Grupo Itajaí, com membros areníticos, com direção preferencial para os movimentos de massa para sudeste, na direção da declividade) e geotécnicas (solos pouco espessos e friáveis, de textura grossa, transportados, tombamentos de blocos e matacões). Somando-se a essas características existem ainda a falta de cobertura vegetal, a deficiência da infra-estrutura urbana (drenagem) e a tipologia das edificações inadequadas.

Referências

- Vieira, R.; Pinheiro, A. **Um olhar sobre as áreas de risco de escorregamento no município de Blumenau: em busca da prevenção**. Blumenau: FURB/IPA, 2005. 81 p.
- Vieira, R. **Um olhar sobre a paisagem e o lugar como expressão do comportamento frente ao risco de deslizamento**. 2004. 197f. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2004.