

MOVIMENTOS DE TERRENO NA ZONA DE EXPANSÃO URBANA DA COVILHÃ

MASS MOVEMENTS IN THE EXPANSION ÁREA OF COVILHÃ

Cavaleiro, V. M. P.; *Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal, cavaleiro@ubi.pt*
Rodrigues-Carvalho, J. A.; *Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal, rc@fct.unl.pt*
Ferreira Gomes, L. M.; *Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal, lmf@ubi.pt*

RESUMO

A área urbana da Covilhã, estende-se pela vertente setentrional da Serra da Estrela, integrando um conjunto de bacias hidrográficas da margem direita do Rio Zêzere. Morfologicamente é uma zona de declives elevados onde ocorrem frequentemente deslizamentos de terrenos. Neste estudo, apresenta-se uma metodologia expedita de avaliação da estabilidade de taludes em maciços terrosos de constituição granítica, por forma a obter correlações entre as suas características geométricas e o factor de segurança.

ABSTRACT

The urban area of Covilhã, extends for the septentrional slope of the Estrela Mountain, integrating a group of hydrographic basins from the right margin of the Zêzere's river. Morphologically it is an area of high slopes where they frequently happen landslides. In this study, are presented a simple methodology of evaluation of slopes stability in granitic soil massif, in order to obtain correlations between their geometric characteristics and the safety factor

1. INTRODUÇÃO

A problemática dos movimentos de terrenos tem vindo a merecer cada vez mais a atenção da comunidade científica, por um lado devido a ser um fenómeno que causa anualmente um grande número de perdas de vidas humanas e avultados prejuízos económicos, e por outro devido ao grande crescimento demográfico ter vindo a obrigar a que a expansão das zonas urbanas se tenha de realizar para áreas menos favoráveis e mais susceptíveis de poderem sofrer fenómenos deste tipo.

Assim, têm sido cada vez maiores os esforços desenvolvidos no sentido de se aprofundarem os conhecimentos relacionados com o fenómeno dos movimentos de terrenos, nomeadamente sobre os mecanismos de rotura, causas que os desencadeiam, etc., com o objectivo de se poderem desenvolver metodologias que permitam uma análise desta problemática, por um lado de modo simples e rápido e por outro com resultados fiáveis e capazes de auxiliarem na prevenção e remediação de situações deste tipo.

O desenvolvimento que nas últimas décadas tem ocorrido em termos de softwares informáticos de cálculo de estabilidade de taludes, tem permitido cada vez mais a análise de forma rápida e eficaz de um maior volume de dados, assim como o desenvolvimento de outras ferramentas como sejam os Sistemas de Informação Geográfica que permitem o desenvolvimento de novas formas de análise e elaboração de cartografia de movimentos de terrenos.

No presente trabalho apresenta-se uma metodologia de análise de movimentos de terreno, com auxílio dos Sistemas de Informação Geográfica, que permite a elaboração de forma simples e rápida de uma carta de susceptibilidade aos movimentos de terreno, com base em critérios geológico/geotécnicos e geomorfológicos, a uma escala de 1/10000. Apresenta-se também a análise efectuada em um número significativo de taludes tipo de constituição granítica, que permitiu encontrar algumas correlações entre os parâmetros geométricos dos taludes e o factor de segurança.

2. ENQUADRAMENTO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo efectuada desenvolveu-se na área da Covilhã, cidade montanhosa situada na vertente da Serra da Estrela, local de morfologia acidentada com altitudes que variam desde os 400 m aos 1600 m, com declives acentuados e encaixada entre duas ribeiras (Carpinteira e Goldra) de vales profundos e sinuosos. Os declives da região variam entre os 3% e 8% na zona do vale e entre os 16% e 25% na zona de encosta. Devido a estas características de relevo, esta é uma zona propensa a fenómenos de movimentos de terreno, pelo que reúne as condições para o desenvolvimento de um estudo desta índole.

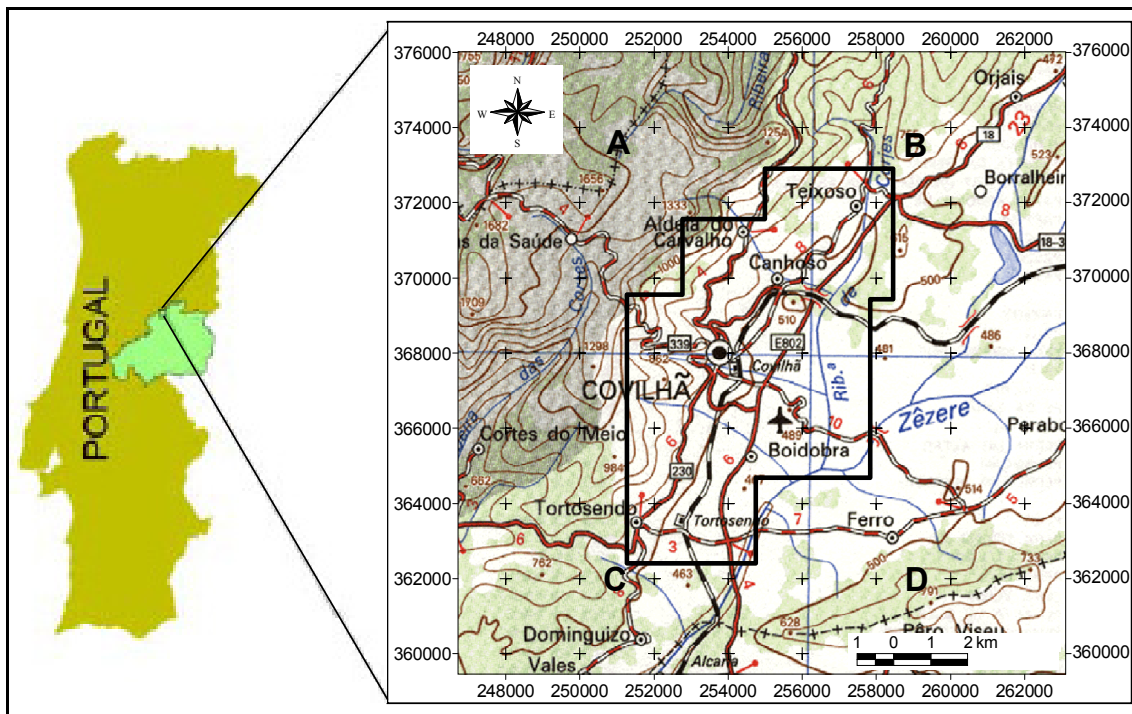


Figura 1 – Enquadramento da zona de estudo

Em termos geológicos, esta zona caracteriza-se por ser formada essencialmente por rochas eruptivas, em especial granito porfiróide de grão grosseiro e ainda granito não porfiróide de grão médio a fino.

O estado de alteração em que se encontra o maciço, varia desde totalmente alterado ou solo residual (W5) até pouco alterado (W2). Ocorrem ainda formações mais recentes, como sejam aluviões ao longo das principais linhas de água, e ainda depósitos fluvio-glaciares, depósitos de terraço fluvial e depósitos de vertente. Encontram-se também ao longo de toda a área numerosos filões de quartzo, com uma espessura considerável mas de comprimento reduzido.

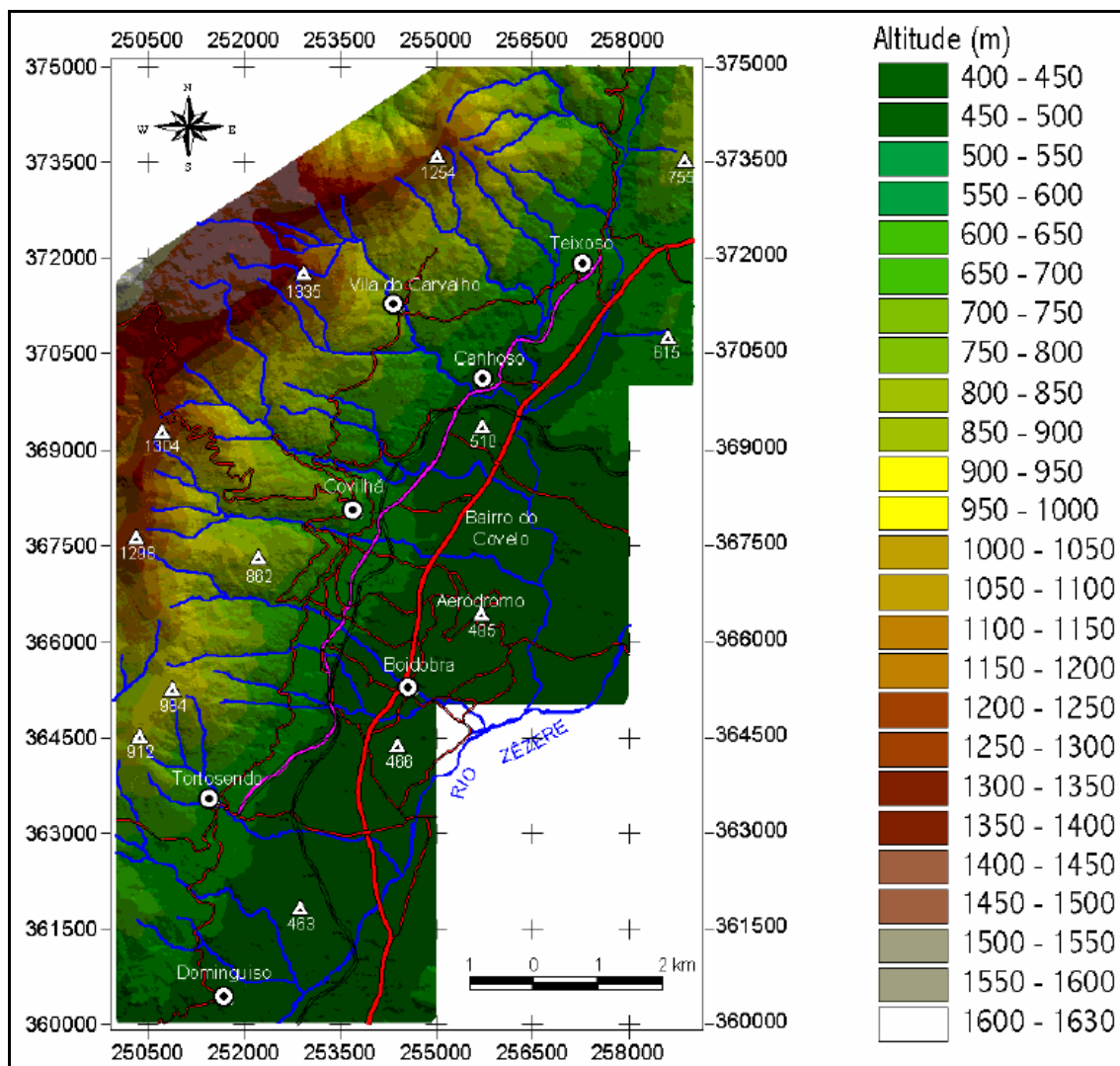


Figura 2 - Modelo digital de terreno da zona de estudo

3. METODOLOGIA

Segundo Hansen (1984), a estabilidade de taludes naturais pode ser efectuada de acordo com dois níveis diferentes, dependendo de se pretender estudar uma área mais alargada ou uma zona mais pontual, sendo que no primeiro caso se denominam por métodos geomorfológicos e no segundo por métodos de engenharia.

Os métodos geomorfológicos, aplicam-se a áreas de estudo mais alargadas, e conduzem a delimitações de áreas de diferente propensão à instabilidade, estando estes resultados dependentes do maior ou menor grau de subjectividade aplicado nas interpretações efectuadas.

Os métodos de engenharia, aplicam-se a casos pontuais, através do uso de métodos de cálculo do factor de segurança com base nos parâmetros físicos e mecânicos do material constituinte do talude em análise.

Nos métodos geomorfológicos, uma das metodologias, designada de cartografia indirecta, baseia-se na avaliação da instabilidade dos taludes com base em uma série de factores que se consideram importantes no desencadear dos deslizamentos.

Neste trabalho, a elaboração da carta de susceptibilidade aos movimentos de terrenos, baseou-se na metodologia atrás citada, através do uso dos Sistemas de Informação Geográfica e fazendo o cruzamento de cartas temáticas associadas aos critérios geológico/geotécnicos e geomorfológicos anteriormente referidos, de acordo com o fluxograma apresentado na figura 3.

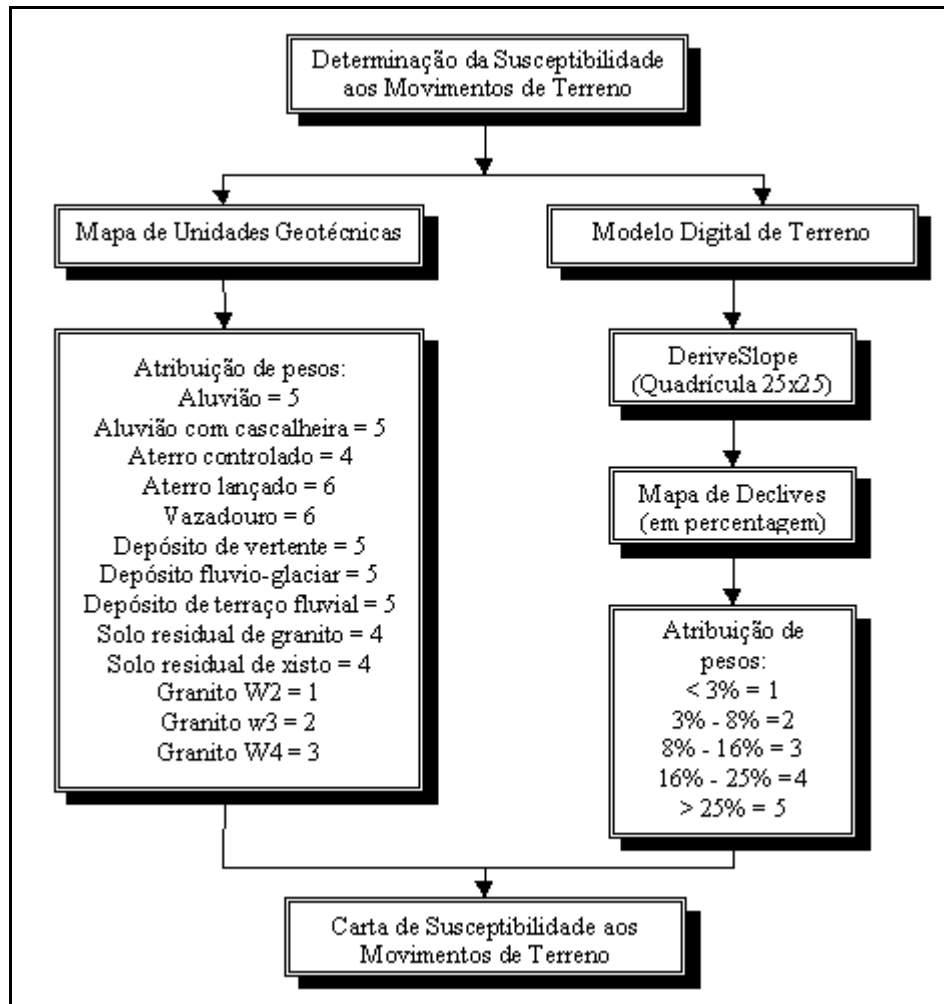


Figura 3 – Fluxograma da metodologia usada para obter a carta de susceptibilidade aos movimentos de terreno na área em estudo.

Como se pode observar no fluxograma da figura 3, efectuou-se a atribuição de diferentes pesos, consoante se considerou ter um efeito positivo ou negativo no desencadear de deslizamentos, desde o valor de 1 (Favorável) até ao valor de 6 (Desfavorável), aos diferentes factores geológico/geotécnicos e geomorfológicos.

Esta atribuição foi efectuada, seguindo um critério que pretende relativizar o comportamento dos diferentes tipos de terrenos e das gamas de declives existentes no desencadear de movimentos de terrenos.

Após o cruzamento da informação de acordo com a metodologia apresentada na figura 3, criou-se a carta de susceptibilidade aos movimentos de terreno que se apresenta na figura 4, que se dividiu em três classes de susceptibilidade (elevada, média e baixa).

Pela análise da carta de susceptibilidade, observa-se que, como seria de prever, as zonas de susceptibilidade elevada surgem nas vertentes mais abruptas, em especial nos vales das ribeiras

da Carpinteira e Goldra, enquanto as zonas de baixa susceptibilidade surgem essencialmente na zona do vale e em patamares mais aplanados da encosta.

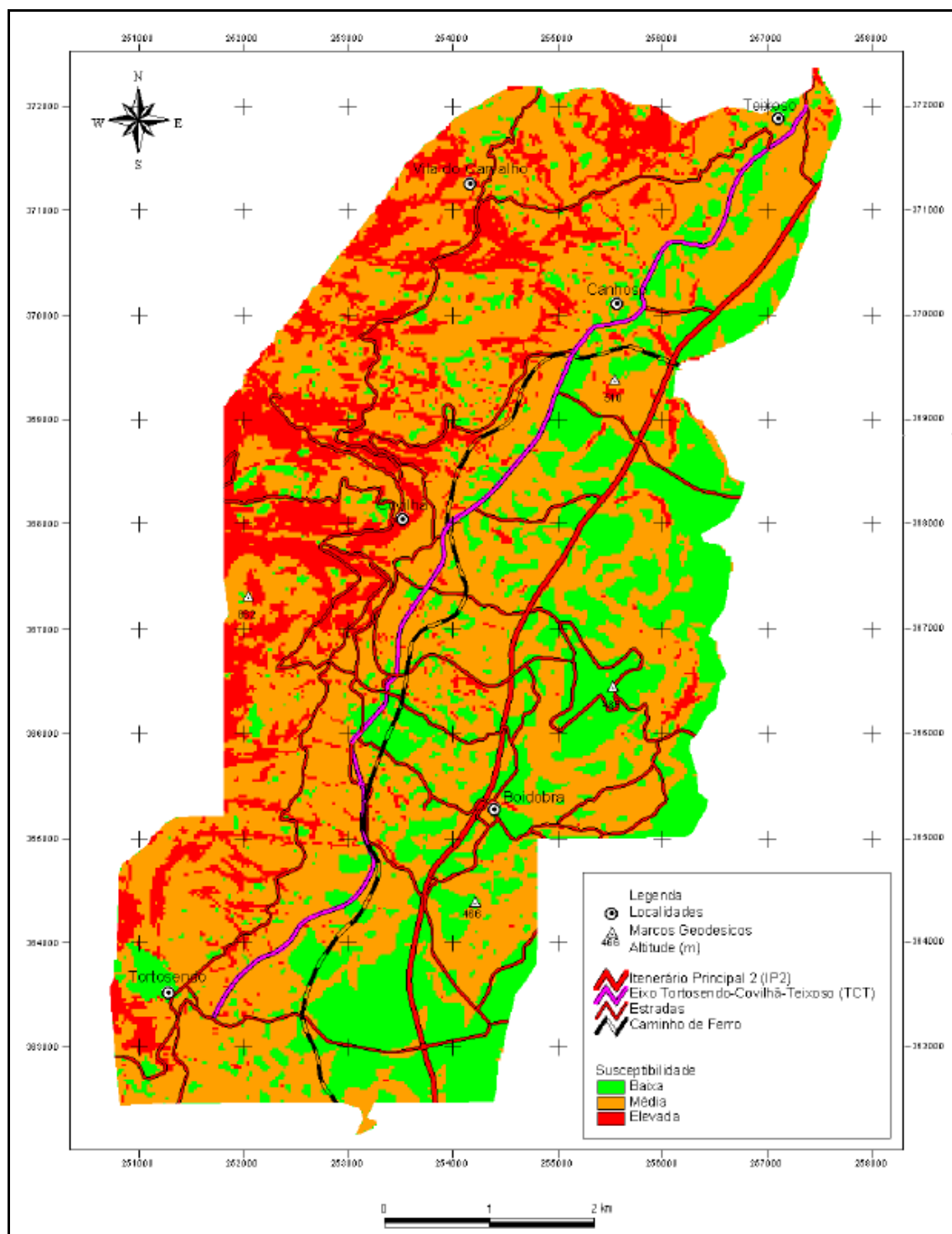


Figura 4 – Carta de susceptibilidade aos movimentos de terreno da área em estudo

A elaboração da carta de susceptibilidade, foi complementada com um estudo de um número significativo de taludes ao longo do eixo Tortosendo-Covilhã-Teixoso (TCT), através dos atrás referidos métodos de engenharia, por forma a determinar o factor de segurança.

Os parâmetros geomecânicos usados no cálculo desses taludes foram obtidos por meio de ensaios laboratoriais realizados através de uma amostragem aos terrenos constituintes dos taludes em análise, cujos intervalos de variação se apresentam no Quadro 1.

Quadro 1 – Parâmetros geomecânicos utilizados na análise dos taludes ao longo do eixo TCT.

Peso volúmico (γ) (kN/m ³)	Ângulo de atrito interno (ϕ) (°)	Coesão (C) (kPa)
16.0 – 19.0	25 – 35	12 – 14

Efectuou-se o cálculo do factor de segurança para vários taludes do eixo TCT, para as situações extremas de talude seco e saturado, e admitindo-se para o caso do peso volúmico e da coesão os valores mínimos e para o caso do ângulo interno de atrito os valores extremos.

Quadro 2 – Factor de segurança para os diversos taludes analisados

Altura do talude (m)	Hipótese	Ângulo de Atrito (ϕ)	Factor de Segurança
10.0	Seco	25°	1.10
		35°	1.44
	Saturado	25°	0.63
		35°	0.74
3.0	Seco	25°	1.95
		35°	2.16
	Saturado	25°	1.53
		35°	1.53
4.0	Seco	25°	1.32
		35°	1.54
	Saturado	25°	0.84
		35°	0.83
7.0	Seco	25°	1.11
		35°	1.36
	Saturado	25°	0.68
		35°	0.71
3.0	Seco	25°	2.05
		35°	2.41
	Saturado	25°	1.52
		35°	1.61
3.0	Seco	25°	2.06
		35°	2.42
	Saturado	25°	1.54
		35°	1.66
4.0	Seco	25°	1.55
		35°	1.86
	Saturado	25°	1.08
		35°	1.14
3.0	Seco	25°	2.06
		35°	2.38
	Saturado	25°	1.59
		35°	1.67

Altura do talude (m)	Hipótese	Ângulo de Atrito (ϕ)	Factor de Segurança
6.0	Seco	25°	1.17
		35°	1.38
	Saturado	25°	0.75
		35°	0.75
3.0	Seco	25°	1.98
		35°	2.29
	Saturado	25°	1.53
		35°	1.60

Posteriormente foram analisados mais alguns taludes, por forma a ter um maior número de dados, que permitissem retirar correlações entre as características geométricas dos taludes e o factor de segurança.

Assim, e seguindo o critério referido por Lebuis et al. (1983), de modo a se poder prever o deslizamento de um talude através da análise da geometria do mesmo, efectuou-se a elaboração de gráficos que correlacionam a altura e inclinação do talude com o factor de segurança para a situação mais desfavorável de talude saturado, tal como se apresenta na figura 5.

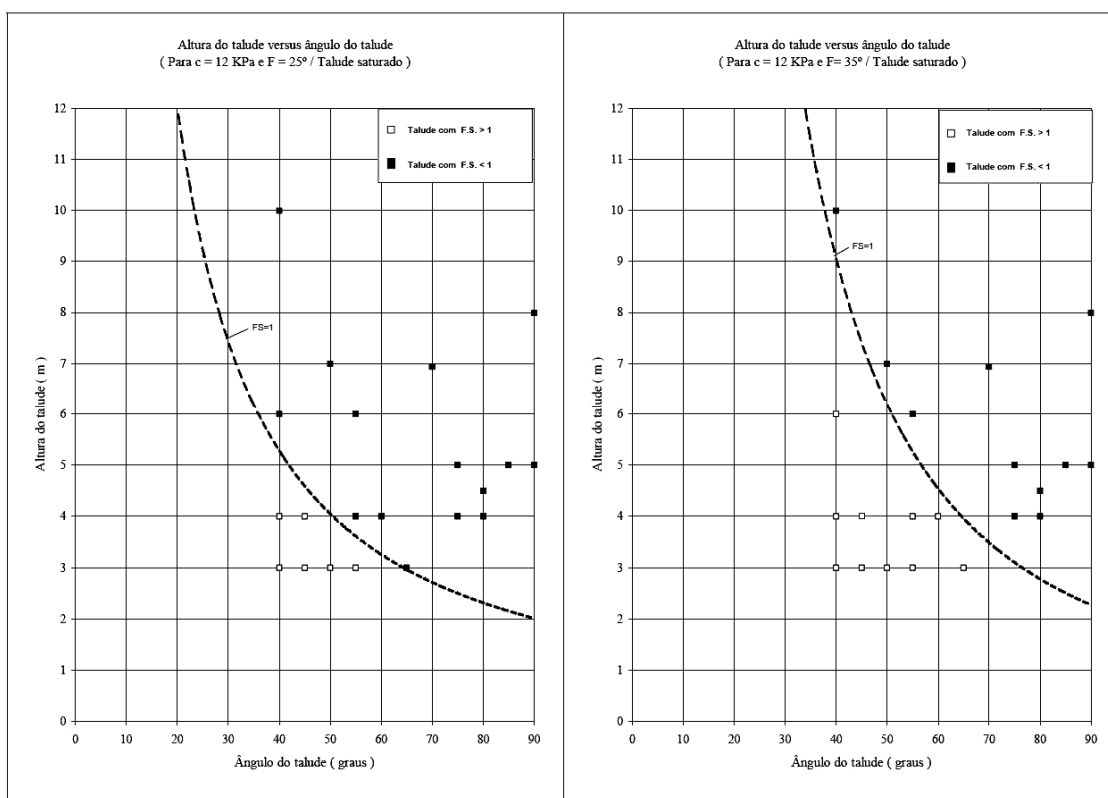


Figura 5 – Relação da altura e inclinação do talude com o factor de segurança limite FS = 1.

A análise dos gráficos da figura 5, permitem verificar que para alturas até 3 metros os taludes se apresentam estáveis para inclinações até 60 a 65 graus, enquanto que para alturas da ordem de 4 a 5 metros, os taludes apresentam-se estáveis para inclinações até 45 graus.

4. CONCLUSÕES

Levando em consideração a observação dos diversos aspectos envolvidos, durante o desenvolvimento do trabalho, conclui-se que a metodologia aplicada, tendo como objectivo dar uma indicação expedita para o comportamento em obra deste tipo de solos graníticos da região da Covilhã é satisfatória.

Conclui-se ainda por levantamento de campo que na maioria dos casos de taludes onde ocorreram deslizamentos, as características destes foram de encontro à previsão apontada pelos resultados expressos nos gráficos da figura 5.

5. REFERÊNCIAS

Cavaleiro, V .M. P. (2001) – Caracterização geotécnica da zona de expansão urbana da Covilhã. Dissertação apresentada à Universidade da Beira Interior para a obtenção do grau de doutor em Engenharia Civil, Covilhã.

Dearman W. R. (1991) – Engineering Geological mapping. Butterworth – Heinemann. London.

Hansen, A. (1984) – Landslide hazard analysis.

Lebuis J., Robert J., Rissman P. (1983) - Regional Mapping of Landslide Hazard in Québec, Proc. Int. Symp. on Soft Clays; Linkoping Swedish Geotechnical Institute Report nº 17: 205 – 262

Rodrigues-Carvalho, J. A., Ferreira Gomes, L. M., Pissarra Cavaleiro, V. M., Costa Riscado, J. F. M. (2001) – A mass movement susceptibility map for the Carpinteira Hydrographic basin (Covilhã) by using GIS. International Symposium. Ekaterinburg. Russia

Varnes, D. J. (1984) – Landslides hazard zonation: a review of principles and practice. UNESCO Press. Paris