



ANÁLISE GEOTÉCNICA EM ENCOSTAS ASSOCIADAS A MOVIMENTOS DE MASSA NO GUARUJÁ - SP

Palavras-Chave: Geotecnia, Regolito, Deslizamento de Terra

Autores:

Julia Vieira Santo, IG-UNICAMP

Cleber de Jesus dos Santos (coorientador), IG-UNICAMP

Prof(º). Dr(º). Jefferson de Lima Picanço (orientador), IG-UNICAMP

INTRODUÇÃO:

Os movimentos gravitacionais de massa, particularmente os escorregamentos, podem ocasionar desastres em regiões povoadas, resultando em impactos aos meios físico e biótico e muitas vezes ocasionando vítimas fatais e perdas econômicas de grande vulto (MARTINI *et al.*, 2006). A caracterização geológica-geotécnica precisa em áreas de encosta com históricos de escorregamentos representa um desafio, tendo em vista às limitações operacionais na coleta de informações, suscitando assim a busca por propostas de caracterização cada vez mais eficazes.

A análise conjunta de dados geológicos-geotécnicos e geofísicos está inserida nesse contexto e têm possibilitado uma melhor compreensão dos escorregamentos. As análises geológicas-geotécnicas revelam características importantes do regolito da área, fornecendo detalhes da granulação, presença de argilominerais e o arranjo entre os grãos, que controlam a hidrologia do material. A gamaespectrometria, por sua vez, é baseada na emissão natural de raios gama pelos elementos Potássio (K), Urânio (U) e Tório (Th) que se encontram nos solos e nas rochas.

O padrão geomorfológico exerce influência direta na distribuição dos referidos elementos (K, U e Th). De um modo geral os elementos radioativos tendem a se concentrar em solos com maiores teores de argila, principalmente em relação ao Th. A mobilidade do U está relacionada às condições ambientais, de modo que, em ambientes oxidantes se torna mais móvel do que em relação a ambientes redutores. Já o K apresenta uma maior mobilidade em comparação aos demais, apresentando maiores concentrações em regiões mais baixas (LIVENS; BEXTER, 1988).

A presente pesquisa pretende caracterizar o regolito em perfil a partir da associação

de características geotécnicas e geofísicas com dados de gamaespectrometria portátil, fazendo inferências acerca da possível identificação de camadas de solos, sobretudo na distinção entre solos residuais e solos transportados, além de dar informações sobre a hidrologia da vertente. A área de estudo é um regolito gnáissico que foi instabilizado no evento meteorológico de 2020 no município do Guarujá, estado de São Paulo.

A motivação para realização do trabalho está associada a perspectiva de uso combinado de técnicas convencionais de geotecnia com dados geofísicos portáteis, como metodologia para identificar possíveis correlações entre características geotécnicas, físicas e químicas do regolito e sua estabilidade.

METODOLOGIA:

Para analisar as características geológicas-geotécnicas do regolito, foi realizada uma sondagem a trado manual com profundidade limite de 5,95m. Durante a sondagem foram coletadas 18 amostras de solo ao longo do perfil. Em cada amostra foi realizada uma medida com o Espectrômetro gama portátil, modelo RS-230 (Terraplus), posicionando as amostras no leitor que, por sua vez, fez a varredura por um minuto. Em seguida, os dados foram processados no software *RsAnalyst* (Georadis), posteriormente tabulados e relacionados entre si, conforme tabela 1.

Posteriormente, as amostras foram submetidas a ensaios de Sedimentação, Massa Específica, Densidade e Limites de Atterberg (Limite de Plasticidade e Liquidez), no laboratório no Laboratório de Mecânica dos Solos e Estradas, Faculdade de Engenharia Civil e Arquitetura da Unicamp (FECFAU).

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A Tabela 1 resume os resultados obtidos com os ensaios de laboratório e medidas realizadas com o espectrômetro gama portátil. A análise do regolito (tabela 1), mostra que as massas específicas dos sólidos variaram pouco, entre 2,6 e 2,9 g/cm³. É compatível com a presença de silicatos e argilominerais no regolito. Os resultados de granulometria mostram uma camada superficial areno-argilosa até 0,65 m, com um intervalo entre 0,65 e 0,95m com textura areno-siltosa. A textura torna a ser areno-argilosa até 5,09 m. Abaixo deste intervalo a textura é areno-siltosa. Neste caso, a plasticidade do solo tende a diminuir conforme a profundidade, uma vez que as amostras 17 (5,63- 5,71m) e 18 (5,71- 5,90m), são consideradas Não Plásticas (NP), pois não passaram nos ensaios de LL e LP.

O solo foi classificado majoritariamente como silte de baixa (ML) e alta compressibilidade (MH) pelo Sistema Unificado de Classificação de Solos (SUCS). Sendo,

definido como um solo silte-argiloso, de granulometria contínua, e bem graduada, de média plasticidade.

Tabela 1 - Resultados dos ensaios da análise laboratorial.

Amostras P2		Propriedades Geotécnicas												
		Massa Específica	Granulometria			Limites de Consistência				Gamaespectrometria				
			Areia	Silte	Argila	LL	LP	IP	A	U	Th	K	Th/K	U/K
Nº	Profund.	g/cm ³	%	%	%	%	%	%	-	ppm	ppm	%		
1	0 – 0,35m	2,699	49,4	21,3	29,3	45,7	29,8	15,9	0,542	3,2	11,4	1,3	8,769	2,461
2	0,35– 0,65m									4,6	10,1	1,2	8,416	3,833
3	0,65– 0,95m	2,817	54,3	27,3	18,4	59,4	30,9	28,5	1,548	5,0	8,0	1,3	6,153	3,846
4	0,95- 1,25m									3,9	8,6	1,1	7,818	3,545
5	1,25- 1,55m	2,747	43,5	29,3	27,2	54,6	34,8	19,8	0,728	3,7	9,2	1,2	7,666	3,083
6	1,55- 1,86m									3,2	7,7	1,3	5,923	2,461
7	1,86- 2,20m	2,749	50,8	26,3	22,9	63,7	38,7	24,9	1,087	4,6	7,6	1,1	6,909	4,181
8	2,20- 2,55m									4,2	7,5	1,1	6,818	3,818
9	2,55- 2,88m	2,861	42,7	27,7	29,6	51,3	32,2	19,1	0,645	3,9	7,6	1,2	6,333	3,25
10	2,88- 3,29m									3,5	9,1	1,1	8,273	3,181
11	3,29- 3,72m	2,828	46,7	26,7	26,6	40,5	31	9,5	0,357	3,8	9,7	1,1	8,818	3,454
12	3,72- 4,30m									3,9	8,6	1,4	6,143	2,785
13	4,30- 4,73m	2,773	51,1	26,3	22,6	37,9	27,3	10,7	0,473	4,0	8,4	1,1	7,636	3,636
14	4,73- 5,09m									4,0	8,8	1,2	7,333	3,333
15	5,09- 5,25m	2,967	53,2	30,9	15,9	39,7	34,1	5,6	0,352	4,1	10,2	1,3	7,846	3,153
16	5,25- 5,63m									3,7	9,7	1,1	8,818	3,363
17	5,63- 5,71m	2,695	56,1	28,2	15,7	NP	NP	-	-	3,5	8,2	1,4	5,857	2,5
18	5,71- 5,90m	2,637	58,5	29	12,5	NP	NP	-	-	3,9	8,3	1,3	6,385	3,0

LL – Limite de Liquidez; LP - Limite de Plasticidade; IP – Índice de Plasticidade; A – Atividade; NP - Não Plástico

Os resultados por gamaespectrometria (figura 2) revelam uma distribuição vertical com teor relativamente uniforme de Th e K. Por outro lado, o U tem um teor máximo no intervalo 0,65 – 0,95m, o qual corresponde aos maiores valores de Índice de Plasticidade (IP), da ordem de 28%. O teor de argila deste intervalo, entretanto, é bastante inferior (18%).

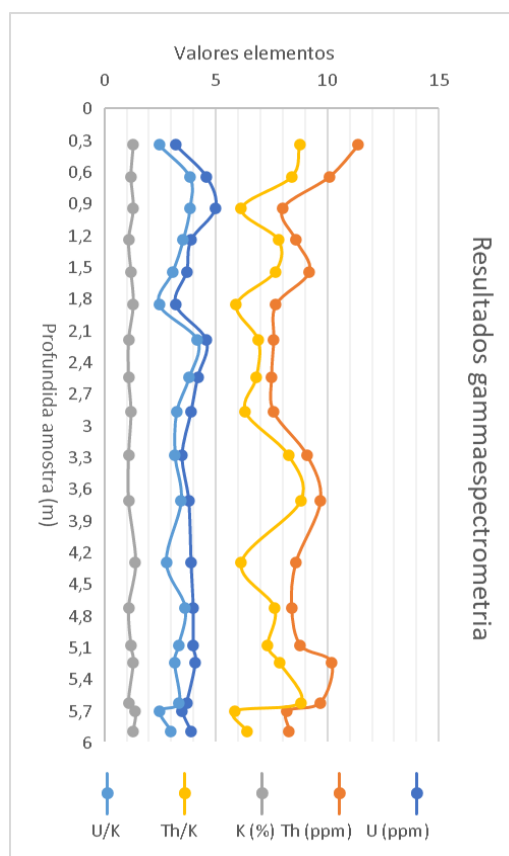


Figura 2 - Resultados das análises de gammaespectrometria em vertical da profundidade em relação aos valores dos elementos.

Estes valores mais altos concordantes estão muitas vezes relacionados com as áreas de maior intemperismo. Abaixo do intervalo 5,09m, o conteúdo de argilas e o teor de Urânio caem bastante, caracterizando um regolito menos intemperizado. Este padrão de distribuição com valores semelhantes, mostram zonas de maior e menor grau de intemperismo, característico de solos de residuais em topo de encosta (WEIHERMANN *et al.*, 2016).

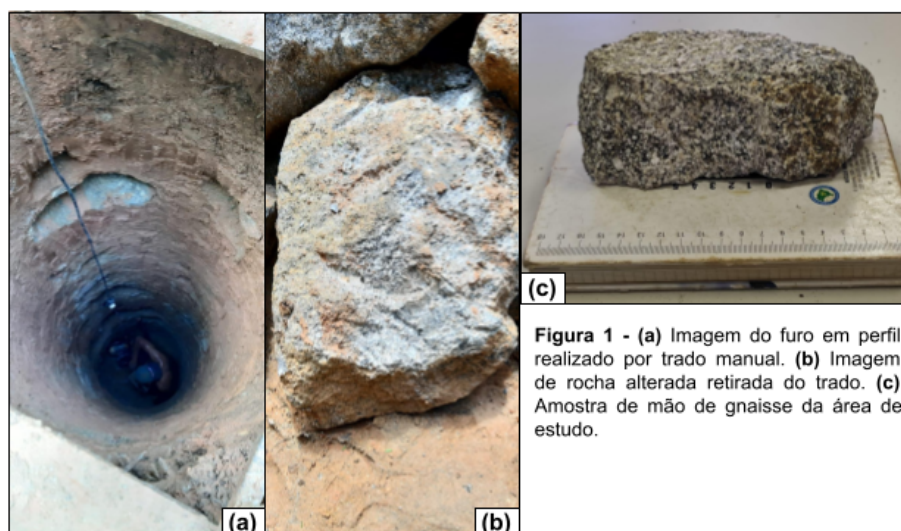


Figura 1 - (a) Imagem do furo em perfil realizado por trado manual. (b) Imagem de rocha alterada retirada do trado. (c) Amostra de mão de gnaiss da área de estudo.

Cabe destacar a necessidade de investigações de superfície em outros compartimentos da encosta de modo a melhor explorar as potencialidades da espectroscopia gama na caracterização geotécnica em áreas de encosta. Os baixos valores obtidos da relação Th/K e U/K indicam um intemperismo menos acentuado em relação à área mais inclinada das escarpas. Em regiões tropicais é comum os horizontes mais profundos apresentarem um acúmulo de argilominerais e óxidos de ferro (PINTO, 2006), uma vez que ocorre a lixiviação com as águas meteóricas.

A assinatura gama está intimamente associada à presença de argilominerais, que são identificados na porção de argila do solo. Os ensaios de LL e LP, utilizam esses valores e apontam uma maior teor de plasticidade, que estão relacionados com maior concentração de água e diminuição da drenagem, favorecendo assim eventos de escorregamento.

CONCLUSÕES:

O regolito com texturas silto-argilosas, caracterizado como ML pela Sistema Unificado de Classificação de Solos (SUCS), apresenta características de solo residual, segundo os critérios geotécnicos como consistência, granulometria, além de informações provenientes da concentração de elementos radioativos (U, Th e K). Solos desta classe em áreas de relevo íngreme, quando submetidos a episódios de chuvas intensas, indicam um quadro de risco para ocorrência de escorregamentos. Cabe a realização de novas coletas em outros compartimentos da encosta, de modo que seja possível validar a proposta e também replicá-la em outros contextos geológicos-geomorfológicos semelhantes.

BIBLIOGRAFIA

LIVENS, F. R.; BAXTER, M. S. **Particle size and radionuclide levels in some west soils. The Science of the Total Environment**, [S.l.], v. 70, p.1-17, 1988.

MARTINI, L.C.P., Uberti, A. A. A., Scheibe, L. F., Comin, J. J., de Oliveira, M. A. T. **Avaliação da suscetibilidade a processos erosivos e movimentos de massa: decisão multicriterial suportada em sistemas de informações geográficas**. Geologia USP. Série Científica, v. 6, n. 1, p. 41-52, 2006.

PINTO, S. C. **Curso Básico de Mecânica dos Solos em 16 aulas**. 3ª edição, Oficina de Textos, São Paulo, 2006.

WEIHERMANN, J.D. ; FERREIRA, F.J.F. ; CURY, L.F. ; DA SILVEIRA, C.T. **Gammaray spectrometry application for mass movements of the Paranaguá Terrane, southern Brazil**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOFÍSICA, VII., Ouro Preto, 2016.