

Avaliação da Resistência ao Cisalhamento de um Solo Residual Saprolítico Pertencente à Área de Risco de São Bernardo do Campo – SP.

Thiago Bueno de Araujo

Universidade Federal do ABC, Santo André-SP, Brasil, thiagob.araujo@hotmail.com

Cláudia Francisca Escobar de Paiva

Universidade Federal do ABC, Santo André-SP, Brasil, claudia.paiva@ufabc.edu.br

RESUMO: O objetivo principal desta pesquisa é contribuir para a avaliação do comportamento geomecânico dos solos pertencentes às áreas de risco, através de ensaios geotécnicos laboratoriais para a caracterização e classificação do solo residual saprolítico com base nas normas técnicas preconizadas pela ABNT, bem como a realização de ensaios de cisalhamento direto para a obtenção dos parâmetros geomecânicos com base na norma internacional da ASTM. Os parâmetros de coesão e ângulo de atrito obtidos mostraram-se compatíveis com o comportamento geomecânico para solos com características litoestruturais semelhantes no território nacional.

PALAVRAS-CHAVE: Cisalhamento Direto, Parâmetros Geomecânicos (Coesão e Ângulo de Atrito), Solo Residual Saprolítico.

1 INTRODUÇÃO

Na Região do Grande ABC- SP, nos últimos anos, destacando-se as cidades de São Bernardo Campo, Santo André e Mauá, recorrentes acidentes geológico-geotécnicos vêm acontecendo. Segundo dados da FUNEP-UNESP (2010), cerca de 80 mil domicílios da região estão localizados em áreas de risco.

Desta forma, pesquisas envolvendo a avaliação de parâmetros geomecânicos, assim como, o levantamento das características geotécnicas dos solos tropicais são itens relevantes para um adequado planejamento urbano-ambiental.

O solo residual saprolítico analisado neste trabalho está localizado no município de São Bernardo do Campo/SP, no Jardim Silvina Audi, bairro Montanhão. A escolha do solo amostrado baseou-se nas características geomorfológicas e geológicas da região, pré-conhecidas por levantamentos de campo, nos registros de ocorrências da Defesa Civil e nos aspectos urbanísticos relativos à

vulnerabilidade geotécnica que o local apresenta frente ao padrão de ocupação da área.

Sabe-se que, os solos saprolíticos são subjacentes à camada de solo laterítico ou outro tipo de solo, e sua formação é resultado da decomposição e/ou desagregação da rocha de origem pela ação do intemperismo, mantendo as estruturas dessa rocha e, portanto, sendo caracterizados como heterogêneos e anisotrópicos, cuja mineralogia é complexa, com os minerais ainda em processo de decomposição.

Desta forma, entende-se que o comportamento marcadamente heterogêneo dos solos jovens, que mantém o arranjo dos minerais segundo a disposição original da rocha matriz, possui influencia considerável nas características de resistência desses solos. Costa Filho e Campos (1991) ressaltam a influencia da anisotropia no comportamento tensão versus deformação dos solos residuais jovens, destacando a presença de macroestruturas, como por exemplo, os planos de fraquezas, veios permeáveis e impermeáveis, fissuras,

juntas e demais descontinuidades.

Em particular, a determinação da resistência ao cisalhamento de solos saprolíticos é de grande interesse, uma vez que não são muitos os estudos que apresentam faixas de valores para os parâmetros geotécnicos de solos residuais saprolíticos (em virtude das variabilidades dos litotipos e dos graus de alteração encontrados) e por esses horizontes serem, em geral, objeto de intervenção antrópica nas áreas de risco geológico-geotécnico, assim como, nas áreas com potencial para expansão urbana.

2 ÁREA DE ESTUDO

Amostras de solo representativas do horizonte C foram coletadas no Jardim Silvina Audi, bairro Montanhão, região urbana consolidada, no município de São Bernardo do Campo - SP.

O assentamento do Jardim Silvina Audi está localizado em altitudes de até 900m e possui inúmeros registros de escorregamentos, principalmente nas estações mais chuvosas.

No município de São Bernardo do Campo - SP observam-se três compartimentos geomorfológicos (IPT, 1999^a): as Colinas de São Paulo, a Morraria do Embu e a Serra do Mar. Dentre os compartimentos citados, destaca-se a Morraria do Embu onde se localiza a maioria dos assentamentos sujeitos aos processos geodinâmicos e que ocupam os trechos menos favoráveis deste compartimento.

Geologicamente, identificam-se, principalmente, substratos rochosos pré-cambrianos do embasamento cristalino constituídos por xistos, metarenitos, rochas calciossilicáticas, rochas graníticas, gnaisses e migmatitos (IPT, 1999^a).

3 METODOLOGIA

Os ensaios laboratoriais nesta etapa consistiram em submeter à amostra coletada aos procedimentos de identificação visual e tátil e, posteriormente, aos ensaios necessários para a sua devida caracterização e classificação

segundo as normas da ABNT.

Os procedimentos para a realização do ensaio de cisalhamento direto seguiram as diretrizes da norma da ASTM D3080/2011.

Os ensaios de cisalhamento direto foram realizados para tensões normais correspondentes a 50, 100, 150 e 200kPa, com aplicação da força cisalhante em planos paralelos e perpendiculares ao bandamento micáceo apresentado pela amostra.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Caracterização e Classificação do solo

As características da amostra coletada estão apresentadas na Tabela 1, onde também está informado o horizonte de coleta e a sua origem geológica. Vale ressaltar que, para a caracterização de solos tropicais, a partir da Classificação MCT, estas informações são imprescindíveis, uma vez que permitem fazer associações entre a classificação MCT e a perspectiva de comportamento geomecânico inerente à sua origem genética.

Tabela 1. Características Geotécnicas da amostra ensaiada.

Amostra	A-01	
Designação	Solo saprolítico micáceo	
Local	Jardim Silvina Audi-SBC-SP	
Origem Geológica	Complexo Embu (PCex): Substratos rochosos constituídos por Gnaisses, Xistos e Micaxistos	
Horizonte	C	
Granulometria (% passando)	Nº 4	99,81
	Nº 10	96,86
	Nº 40	87,54
	Nº 200	41,16
Limites de Consistência	LL= 23,71%	LP=21,90%
Classificação Geotécnica Convencional	SUCS: ML	
	HRB: A-4	
Classificação MCT	NS'	

Onde: LL: Limite de Liquidez;

LP: Limite de Plasticidade;

ML: Silte de Baixa Plasticidade;

A-4: Solos Siltosos;

NS': Solos de Comportamento Não Laterítico Siltoso.

4.2 Resistência ao Cisalhamento do Solo

Pela realização de ensaios de cisalhamento direto com amostras indeformadas obtiveram-se as curvas de tensão cisalhante *versus* deslocamento horizontal, assim como a envoltória de resistência com os parâmetros geomecânicos (coesão e ângulo de atrito), em relação ao plano paralelo e ao plano perpendicular ao bandamento micáceo apresentado pelo solo, em condições saturadas e consolidadas.

Na Figura 1 estão apresentadas as curvas de cisalhamento e na Figura 2 a envoltória de resistência ao cisalhamento, para corpos de prova com bandamento micáceo paralelo ao plano de cisalhamento.

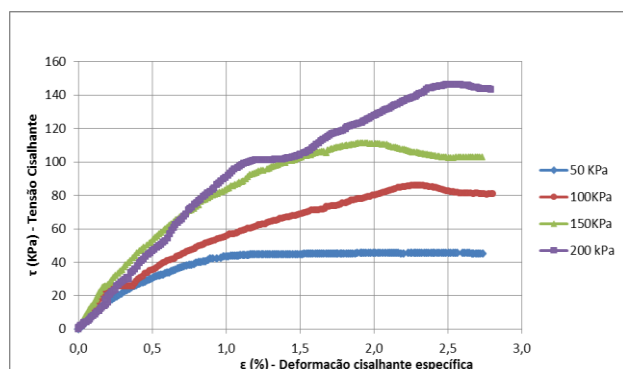


Figura 1. Tensão cisalhante vs. Deslocamento para bandamento micáceo paralelo ao plano de cisalhamento.

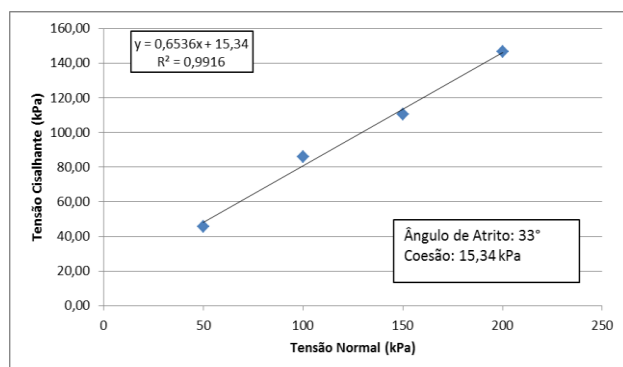


Figura 2. Envoltória para bandamento micáceo paralelo ao plano de cisalhamento.

Na Figura 3 estão apresentadas as curvas de cisalhamento e na Figura 4 a envoltória de resistência ao cisalhamento, para corpos de prova com bandamento micáceo perpendicular ao plano de cisalhamento.

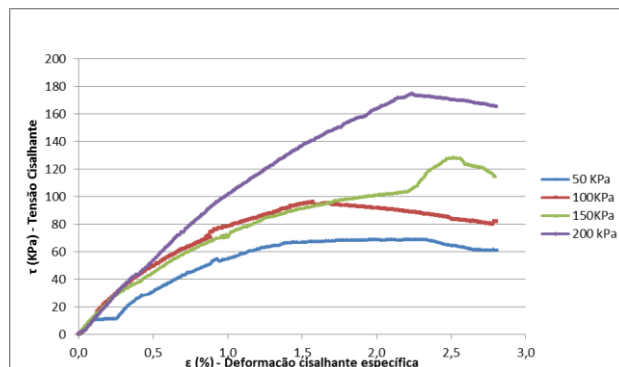


Figura 3. Tensão cisalhante vs. Deslocamento para bandamento micáceo perpendicular ao plano de cisalhamento.

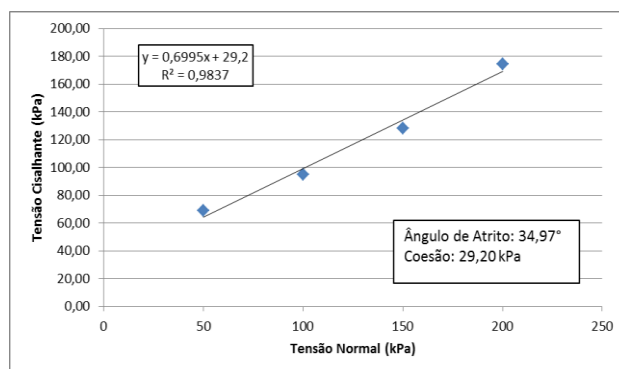


Figura 4. Envoltória para bandamento micáceo perpendicular ao plano de cisalhamento.

Na Figura 1, observa-se que as curvas de cisalhamento, para todas as tensões normais aplicadas, em especial para a tensão de 50kPa, são típicas de materiais com o comportamento ductil. O mesmo pode ser verificado na Figura 3.

Os parâmetros de resistência ao cisalhamento determinados através dos ensaios de cisalhamento direto para corpos de prova ensaiados em duas direções diferentes: paralela e perpendicular ao bandamento micáceo do solo residual jovem de gnaiss, estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Síntese do Cisalhamento Direto- valores médios para os ensaios realizados de acordo com a orientação do plano cisalhado em relação ao bandamento micáceo.

Plano Cisalhado	Ângulo de Atrito (°)	Coesão (kPa)
Paralelo	33	15,34
Perpendicular	35	29,20

Verifica-se na Tabela 2 o aumento do valor da coesão para os ensaios com orientação dos bandamentos micáceos perpendicular ao plano

de cisalhamento, quando comparado a orientações paralelas do bandamento micáceo em relação ao plano de ruptura. Segundo Bernardes (2003), valores inferiores de resistência ao cisalhamento ocorrem devido à deformação dos bandamentos micáceos e ao comportamento dúctil das lamelas de biotita durante o ensaio, que é favorecida nas amostras cuja orientação dos bandamentos é paralela à superfície de ruptura. Já quando o plano de ruptura é perpendicular ao bandamento micáceo, a presença de agregados de quartzos e feldspatos no solo podem, durante o ensaio, sofrer deslocamento ou fragmentação gerando desta forma, o acréscimo de ruptura. Já quando a ruptura é favorecida pela orientação dos bandamentos (orientação paralela em relação ao plano de cisalhamento), a ruptura segue a direção preferencial ditada pelos níveis micáceos e foliações. Com relação à influência do grau de intemperismo, segundo Bernardes (2003), para solos residuais saprolíticos de gnaiss ou de micaxistos é verificada que a resistência ao cisalhamento destes solos é comandada principalmente pelo bandamento micáceo. Outro aspecto ressaltado por Bernardes (2003) foi à interferência da anisotropia inerente aos solos residuais jovens de tal forma que, corpos de prova cuja orientação dos bandamentos micáceos era paralela à superfície de ruptura apresentaram valores inferiores de resistência ao cisalhamento quando comparadas aos de orientação perpendicular à superfície de ruptura. Esse resultado era esperado, visto que, as orientações preservadas da rocha de origem eram bem definidas visualmente.

Vale ressaltar que para esta pesquisa, todos os corpos de prova foram analisados visualmente após a ruptura (Figuras 5 e 6) e, para corpos de prova com a superfície de cisalhamento paralela ao bandamento micáceo, era notável a orientação de lamelas de biotitas ao longo dessa superfície, conforme também observado por Bernardes (2003).



Figura 5. Orientação do bandamento micáceo perpendicular à superfície de ruptura.



Figura 6. Orientação do bandamento micáceo paralelo à superfície de ruptura.

Nos gráficos de tensão cisalhante versus deslocamento horizontal (Figura 1 – ruptura paralela ao bandamento micáceo e Figura 3 – ruptura perpendicular ao bandamento micáceo), verifica-se o comportamento dúctil do solo em ambos os ensaios, isso porque logo após o pico elevado ou a estabilização da tensão cisalhante não houve uma queda significativa de resistência ao cisalhamento. Além disso, o comportamento dúctil é verificado quando a ruptura do solo é alcançada a deslocamentos maiores (em torno de 6 mm), sendo que nos ensaios de cisalhamento a ruptura ocorreu em torno de 5 a 6 mm de deslocamento horizontal, assim como o pico de ruptura é mais suave ou praticamente inexistente.

Sabe-se que, o acréscimo de resistência ao cisalhamento nas orientações perpendiculares em relação às paralelas está relacionado à

expansão volumétrica ocorrida durante o cisalhamento devido à micro-estrutura do solo, conforme avaliado por Bernardes (2003) em solos residuais de gnaiss. Nos ensaios, a expansão volumétrica é verificada praticamente desde o início, mas em quase todos os casos, a resistência é mobilizada durante a contração do corpo de prova. Para o solo analisado, as dimensões dos corpos de prova adotadas nos ensaios podem também influenciar nos comportamentos observados, ou seja, os valores obtidos de coesão e ângulo de atrito para cada ensaio estaria atrelado à quantidade de mica e à espessura dos veios de quartzos presentes nos corpos de provas. Bernardes (2003) salienta que há uma dispersão para os valores de resistência ao cisalhamento devido às variações mineralógicas entre os corpos de provas e dentro do mesmo corpo de prova para uma mesma tensão normal.

Nas Figuras 7 e 8 estão apresentadas as curvas de variação volumétrica em relação ao deslocamento horizontal considerando as orientações perpendicular e paralela dos bandamentos micáceos em relação à superfície de ruptura.

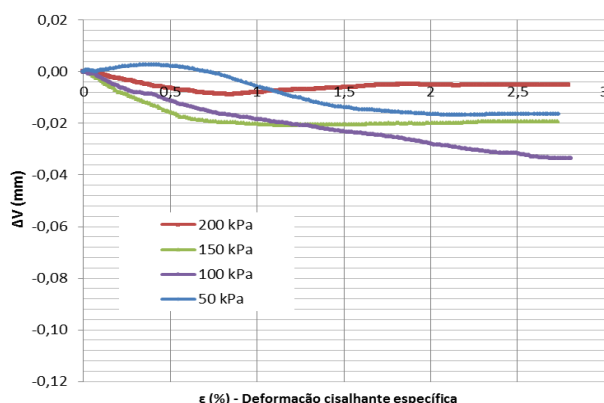


Figura 7. Deslocamento Vertical (ΔV) versus Deslocamento Horizontal para bandamento micáceo paralelo à superfície de ruptura.

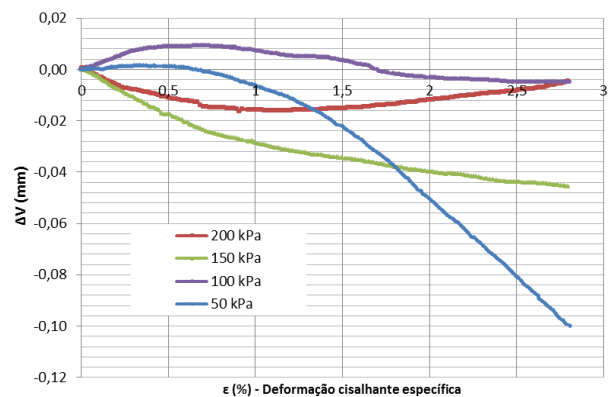


Figura 8. Deslocamento Vertical (ΔV) versus Deslocamento Horizontal (%) para bandamento micáceo perpendicular à superfície de ruptura.

Para os gráficos da Figura 7 verifica-se, para as tensões normais de 150 kPa e 200 kPa, a contração seguida da expansão ao final do processo do cisalhamento. Para a tensão de 50 kPa ocorre, inicialmente, a expansão volumétrica seguida da contração e para a tensão de 100 kPa ocorre uma contração durante todo o ensaio.

Para as tensões de 150 e 200 kPa, o cisalhamento ocorre na faixa de expansão volumétrica, ou seja, observou-se que nestes casos o início do aumento do volume do corpo de prova procedeu a ruptura da amostra.

Já para a tensão de 50 kPa, quando observado a mudança da variação volumétrica (expansão para contração) ocorreu a ruptura do corpo de prova.

Para os gráficos apresentados na Figura 8, observa-se para as tensões normais de 50 e 100 kPa uma expansão volumétrica, seguida da contração contínua para a tensão de 50 kPa e de uma estabilização para a curva de 100 kPa. Desta forma, verifica-se um aumento de expansão volumétrica no ensaio cuja orientação do plano de ruptura é perpendicular ao bandamento micáceo em comparação com a orientação do bandamento paralelo à superfície de ruptura, o que reflete e reforça o acréscimo de resistência ao cisalhamento observado nos ensaios em que os corpos de prova apresentavam as orientações dos bandamentos perpendiculares à superfície de ruptura.

Em ambos os gráficos (plano de ruptura paralelo e perpendicular ao bandamento micáceo), a contração verificada nos corpos de

prova justifica-se pelos índices de vazios das amostras encontrarem-se acima do valor crítico ocorrendo, portanto, a contração volumétrica da amostra, assim como, a presença das microestruturas da rocha de origem e à orientação dos minerais constituintes deste solo. Por outro lado, acredita-se que as contrações volumétricas observadas devem-se, durante o adensamento dos corpos de prova, a uma maior acomodação das partículas nos vazios do solo.

Procurou-se verificar também a relação do pico de cisalhamento com a expansão volumétrica, exceto para os corpos de prova com orientação paralela à superfície de ruptura submetido à tensão normal de 100 kPa e ao corpos de prova de orientação perpendicular à superfície de ruptura submetido à tensão normal de 50 kPa, onde o pico de resistência ao cisalhamento ocorreu no intervalo da contração volumétrica. Esse resultado pode estar relacionado com as características do solo, ou seja, a heterogeneidade e a anisotropia. Campo (1989) apud Bernardes (2003), indica que esse comportamento pode ser devido a presença de cimentação ou das ligações estruturais originárias da rocha de origem. Neste caso, o autor supracitado evidencia a importância do conhecimento da estrutura e mineralogia do solo para avaliação do seu comportamento geomecânico. Lagoia e Nova (1993) apud Boehl e Maccarini (2015), citam que as cimentações naturais podem ser encontradas em solos residuais, solo tropicais lateríticos e saprolíticos. Ainda de acordo com Sangrey (1972) apud Boehl e Maccarini (2015), a cimentação em solos residuais pode estar associada aos vestígios de estruturas reliquias.

Silveira *et al.* (2005) e Bernardes (2003) enfatizam que o comportamento de solos residuais micáceos, caracterizados pelos bandamentos herdados da rocha mãe, como é o caso do solo de estudo, apresenta duas porções distintas de materiais finamente laminados e alterados, uma caracterizada por partículas micáceas (partículas de biotita) que se encontram inicialmente alinhadas e quando solicitadas no cisalhamento, tendem a realinharem-se segundo a direção do plano de ruptura, acarretando desta forma uma redução da resistência ao cisalhamento; e outra porção

composta por partículas de quartzo e feldspato que, quando solicitados ao cisalhamento, tendem a movimentarem-se uns sobre os outros ou a quebrar, dependendo do tamanho dos grãos e das tensões aplicadas. Vale destacar ainda que, as porções compostas predominantemente por partículas de quartzo e feldspato conferem maior resistência aos corpos de prova (Silveira *et al.*, 2005).

5 PARÂMETROS DE RESISTÊNCIA EM SOLOS RESIDUAIS MICÁCEOS

A Tabela 3 apresenta alguns valores de resistência ao cisalhamento de solos micáceos com características litoestruturais semelhantes a amostra avaliada neste trabalho.

Tabela 3. Alguns parâmetros geomecânicos para solos residuais saprolíticos micáceos.

Referências	Solo/ Tipologia	Parâmetros Geomecânicos
Bernardes (2003)	Solo residual de gnaiss	Paralelo Ø=24,8 – 25,3° C=15,1 – 18,8kPa Perpendicular Ø=30,4 – 31,7° C= 16,4 – 21,9kPa
Boehl (2011)	Solo silte-arenoso rossaceo-avermelhado	Paralelo Ø=29,30 – 35,7° C=5,19 – 13,30kPa Perpendicular Ø=27,4 – 37,7° C= 4,48 – 14,03kPa
Campos (1974) apud Boehl (2011)	Solo residual derivado de gnaiss migmatito	Paralelo Ø=22° e C=40kPa Perpendicular Ø=52° e C=23kPa
Campos (1989) apud Cruz (2004)	Solo silte-arenoso de gnaiss	Paralelo Ø=34,6° e C=45,1kPa Perpendicular Ø=35,8° e C=38,2kPa
Maccarini (1980) apud Silveira <i>et al.</i> (2005)	Solo residual de gnaiss	Paralelo Ø=31,4° e C=46kPa Perpendicular Ø=32,6° e C=59kPa
Silveira <i>et al.</i> (2005)	Solo residual de gnaiss	Paralelo Ø=28,6° e C=11,6kPa Perpendicular Ø=32,8° e C=2,8kPa

Embora os materiais de discussão (solos saprolíticos micáceos) sejam marcadamente heterogêneos e anisotrópicos, os valores obtidos para os parâmetros de resistência (coesão e ângulo de atrito) para a amostra analisada (Tabela 2) estão próximos dos valores

apresentados na literatura para solos com características semelhantes.

Entretanto, Bernardes (2003) e Silveira *et al.* (2005), salientam que, apesar da similaridade dos solos quanto a origem geológica apresentados na Tabela 3, os parâmetros geomecânicos variam em virtude da grande heterogeneidade e anisotropia inerente aos solos residuais saprolíticos. A marcante heterogeneidade e anisotropia são atribuídas a própria origem do solo, a ação do intemperismo variável de local para local, a profundidade da coleta da amostra, reforçando assim, a importância da obtenção dos parâmetros geomecânicos através de ensaios laboratoriais para solos com tais características.

6 CONCLUSÃO

Para o solo da área de estudo (solo saprolítico micáceo), acredita-se que a resistência ao cisalhamento é ditada pela micro-estruturas presentes no solo, principalmente pelo bandamento micáceo herdado da rocha de origem, conforme enfatizado por Bernardes (2003). Vale destacar que, através dos ensaios de cisalhamento direto, os resultados encontrados para os parâmetros geomecânicos (coesão e ângulo de atrito) indicam a influência da anisotropia e da heterogeneidade do solo saprolítico micáceo nestes parâmetros, isto é, nos corpos de prova cuja orientação do plano de ruptura foi perpendicular aos bandamentos micáceos, os parâmetros geomecânicos apresentaram valores superiores, em especial no caso da coesão, quando comparado aos corpos de prova com orientação do plano de ruptura paralela aos bandamentos micáceos. A importância da análise dos parâmetros geomecânicos (coesão e ângulo de atrito), em relação ao plano de ruptura do corpo de prova, é identificar a influência da anisotropia e da heterogeneidade existente no solo saprolítico micáceo, a fim de compreender a dinâmica do solo *in situ*, conforme a orientação dos bandamentos e planos de fraqueza estrutural em relação à geometria do talude/encosta. Desta forma, este tipo de consideração contribui na análise estabilidade de taludes/encosta, assim

como, na orientação da geometria de futuros cortes em horizontes com tais características estruturais.

A variação, registrada no meio técnico, para os valores de coesão e ângulo de atrito para solos residuais saprolíticos micáceos confirmam a influência da heterogeneidade e anisotropia nestes parâmetros geomecânicos, sendo assim, a adoção de valores médios generalistas para obras de contenção de taludes (ou em muitas situações práticas, como por exemplo, barragens, escavações, etc.) pode comprometer as análises de estabilidade, uma vez que tais parâmetros podem ser subestimados ou superestimados devido à natureza complexa destes solos (presença de estruturas reliquias).

Cabe ressaltar que, os parâmetros de resistência ao cisalhamento obtido para a amostra coletada são preliminares, considerando o número reduzido de ensaios e repetições realizados. Porém, confirmam o comportamento esperado na literatura técnica especializada para materiais com características semelhantes, isto é, solos residuais micáceos.

Por fim destaca-se que, sendo os solos residuais caracterizados por sua heterogeneidade e anisotropia, a obtenção de seus parâmetros geomecânicos, por meio de ensaios laboratoriais, pode ser uma tarefa complicada e, muitas vezes, pouco representativa do real comportamento tensão *versus* deformação *in situ* para esse solo, já que corpos de prova talhados de um único bloco indeformado podem possuir características bem distintas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal do ABC pelo apoio logístico e à Prefeitura de São Bernardo do Campo - SP pelo apoio prestado durante a realização dos trabalhos de campo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTM D3080M-11 (2011) *Standard Test Method for*

Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions. D3080. West Conshohocken.

- Bernardes, J. A. (2003) *Investigação sobre a Resistência ao Cisalhamento de um solo Residual de Gnaiss*. Dissertação (Mestrado) na Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS, Brasil, 134p.
- Boehl, P. E. G. (2011). *Algumas Observações sobre as Propriedades Geotécnicas de Solos Estruturados derivados de Granito da Grande Florianópolis*. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Tecnológico. Pós- Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis.
- Boehl, P. E. G.; Maccarini, M. (2015). *Avaliação das cimentações interpartículas de um solo naturalmente estruturado através do ensaio de compressão diametral Brazilian Test*. In: 15º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, Bento Gonçalves/RS: CBGE.
- Costa Filho, L.M.F., Campos, T.M.P. (1991) *Anisotropy of a gneissic residual soil*. In: IX Panamerican Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vina Del Mar, v.1, 51-61 p.
- Cruz, P.T. (2004), 1996, *100 barragens brasileiras: casos históricos, materiais de construção, projeto*. São Paulo: Oficina de textos, 2ª edição, 648p.
- Fontinhas, A. M. Pereira. (2012) *Aplicação do SMR na Avaliação da Estabilidade de Taludes de Escavação em Grauaques de Formação de Mértola*. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Geotecnia. Faculdade de Ciência e Tecnologia. Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal, 75 p.
- FUNEP-UNESP. *Mapeamento e Caracterização dos Assentamentos Precários e Irregulares do Município de São Bernardo do Campo, SP*. Relatório 7, 152 p. + Anexo, 2010.
- Guidicini, G., Nieble, C. M. (1983) *Estabilidade de taludes naturais e de escavação*. São Paulo: Edgard Blücher, 196p.
- IPT- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo –(1999^a) *Mapa Geológico do Município de São Bernardo do Campo, SP*. São Paulo: IPT, Escala 1:25.000.
- Silveira, Felipe Gobbi da; Bernardes, Juliana de Azevedo; Bica, Adriano V. D. ; Bressani, L. A.; Flores, Juan A Altamirano ; Azambuja, Eduardo (2005). *Estudo da resistência ao cisalhamento do solo residual de Gnaiss Porto Alegre*. In: 4a. Conferencia Brasileira de Estabilidade de Encostas, 2005, Salvador. 4a. Conferência Brasileira de Estabilidade de Encostas. São Paulo: ABMS, 2005. v. 1. p. 173 -181.