

Ensaio DMT na caracterização e estimativa de recalques de fundações superficiais em solo tropical arenoso

Breno Padovezi Rocha

USP – Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, Brasil, brenop@sc.usp.br

Heraldo Luiz Giacheti

Unesp – Faculdade de Engenharia de Bauru, Bauru, Brasil, giacheti@feb.unesp.br

RESUMO: Qualquer obra civil, ao ser carregada, recalcará, portanto, a estimativa desses recalques deve fazer parte de seu projeto. Para essa estimativa é necessário o conhecimento do módulo de deformabilidade do solo (E_s). No entanto, sua determinação em solos arenosos é mais complexa, uma vez que a obtenção de amostras indeformadas é uma tarefa difícil. Por isso, os ensaios de campo, como o DMT, são interessantes para esse fim. Neste artigo, são apresentados e discutidos os resultados de um ensaio DMT realizado em um perfil de areia fina pouco argilosa, localizado no campo experimental da Unesp de Bauru. A partir desses resultados fez-se a caracterização e a estimativa de parâmetros de projeto a partir de correlações, os quais foram comparados com valores de referência. Além disso, estimou-se o recalque de fundações superficiais por meio da abordagem elástico-linear tradicional e compararam-se estes resultados com provas de carga em placa. O ensaio DMT se mostrou uma ferramenta eficiente na caracterização do perfil de solo estudado. Constatou-se que a previsão de recalques por meio de ensaios de campo em solos não saturados deve considerar a influência da sucção, para uma melhor estimativa dos recalques nesses solos.

PALAVRAS-CHAVE: Investigação do Subsolo, DMT, Solos Arenosos, Recalques.

1 INTRODUÇÃO

A aplicação de um carregamento vertical em uma fundação superficial provocará deformações no solo. As deformações ou recalques correspondem ao deslocamento vertical, para baixo, da base do elemento de fundação em relação ao indeformável, sendo resultante basicamente da diminuição de volume ou mudança de forma do maciço (Cintra et al. 2011). A grande variabilidade das características do subsolo, as estimativas das cargas provenientes da estrutura e a variabilidade das dimensões dos elementos de fundação, fazem com que a ocorrência de recalques seja praticamente inevitável.

A previsão de recalques em solos arenosos é um procedimento complexo. Esse fato é consequência da dificuldade em se obter amostras indeformadas para ensaios de

laboratório, além da variação da deformabilidade do solo com o nível de tensões. Deste modo, os ensaios de campo exercem papel de destaque na definição de parâmetros de deformabilidade em areias.

Prever recalques de fundações superficiais é uma das principais aplicações do ensaio DMT. A experiência disponível na literatura (Lacasse & Lunne, 1986; Leonards, 1988; Woodward e McIntosh, 1993; Skiles e Townsend, 1994; Failmezger e Bullock 2011) indica, em geral, uma concordância satisfatória entre os recalques medidos e os estimados a partir do ensaio DMT.

Este artigo apresenta a comparação entre recalques obtidos em ensaios de placa e estimados a partir do ensaio DMT, em um perfil de solo tropical arenoso, além da caracterização geotécnica deste perfil pela análise do resultado do ensaio DMT com ensaios de campo e laboratório.

2 ENSAIO DMT

O DMT, desenvolvido pelo professor Silvano Marchetti (Marchetti 1980), é um ensaio simples, possui alta repetibilidade e seus resultados podem ser correlacionados com o tipo de solo, o coeficiente de empuxo de repouso, a resistência não drenada, ângulo de atrito, a razão de pré-adensamento, módulo de deformabilidade, entre outros. O principal elemento desse ensaio DMT é uma lâmina de aço de 14 mm de espessura, 95 mm de largura e 220 mm de comprimento, com uma membrana de 60 mm de diâmetro posicionada na face dessa lâmina. Os demais componentes do sistema são uma unidade de controle e cabos elétricos e pneumáticos. O layout do ensaio dilatométrico é apresentado na Figura 1.

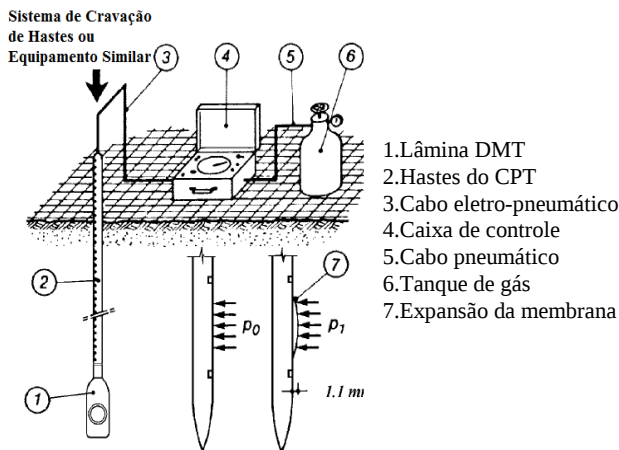


Figura 1: Representação esquemática do ensaio DMT (Marchetti, 1980).

A realização do ensaio DMT consiste na cravação da lâmina em profundidade (tipicamente em intervalos de 200 mm), e determinação das pressões necessárias para deslocar a membrana metálica, de modo que esta perca o contato com o equipamento sensível (denominada leitura A), aquela necessária para provocar um deslocamento de 1,1 mm (leitura B) e a pressão remanescente após a liberação do gás (leitura C). A interpretação do ensaio DMT começa com o cálculo dos três parâmetros intermediários (I_D , K_D e E_D). O índice do material $I_D = (p_1 - p_0) / (p_0 - u_0)$ é calculado para identificar o tipo de solo, onde u_0 é a pressão neutra hidrostática. O índice

de tensão horizontal $K_D = (p_1 - p_0) / (\sigma_{v0}')$, onde σ_{v0}' é a tensão vertical efetiva, fornece a base para várias correlações para estimativa de parâmetros. Já o módulo dilatométrico é obtido pela expressão $E_D = 34,7 \cdot (p_1 - p_0)$, entretanto é pouco utilizado, devido à falta de informação sobre o histórico de tensões (Marchetti et al., 2001).

3 ESTIMATIVA DE RECALQUE A PARTIR DO DMT

A estimativa do recalque por meio do ensaio DMT é baseada no Módulo Confinado (M_{DMT}), definido como a relação entre a variação da tensão vertical efetiva com deformação axial ($M = \Delta \sigma_v' / \Delta \epsilon = 1 / m_v$).

M_{DMT} é obtido a partir do módulo dilatométrico E_D : $M_{DMT} = R_m \cdot E_D$. R_m é um fator de correção função de I_D e K_D , necessário em função de E_D ser obtido a partir do solo deformado pela penetração da lâmina, direção do carregamento ser horizontal, enquanto M_{DMT} é vertical. Além disso, E_D não apresenta informações sobre o histórico de tensões, sendo este de grande importância na análise de recalques (Leonards e Frost 1988; Massarsch 1994).

O cálculo de recalques por meio do ensaio DMT se baseia na abordagem elástico-linear tradicional (unidirecional), onde os incrementos de tensão ($\Delta \sigma$) são calculados pela teoria da elasticidade (Boussinesq) e o módulo de deformabilidade é determinado pelo ensaio DMT.

Marchetti (1997) recomenda o cálculo do recalque de fundações superficiais através da equação (1):

$$S_{DMT} = \sum \left(\frac{\Delta \sigma_v}{M_{DMT}} \right) \cdot \Delta z \quad (1)$$

O incremento de tensão vertical e o módulo confinado determinado pelo ensaio DMT (M_{DMT}) são atribuídos a cada intervalo de cálculo (tipicamente 0,20 m). O coeficiente de Poisson (ν) e a tensão horizontal não são necessários com este método de cálculo.

O cálculo dos recalques a partir do ensaio DMT foi realizado por meio do *DMT Settlements Software*, o qual esta disponível para download em <http://www.marchetti-dmt.it/software/index.htm>.

3.1 Estimativa de recalques

Como já citado, inúmeros são os trabalhos que relacionam recalques medidos e os recalques estimados por meio do ensaio DMT. Monaco et al. (2006) compilou os resultados dos trabalhos que compararam valores medidos e estimados de recalques a partir de resultados do ensaio DMT. Os autores verificaram que a razão média entre recalques estimados e medidos é de aproximadamente 1,3 (Figura 2), sugerindo o emprego desse ensaio para tal finalidade.

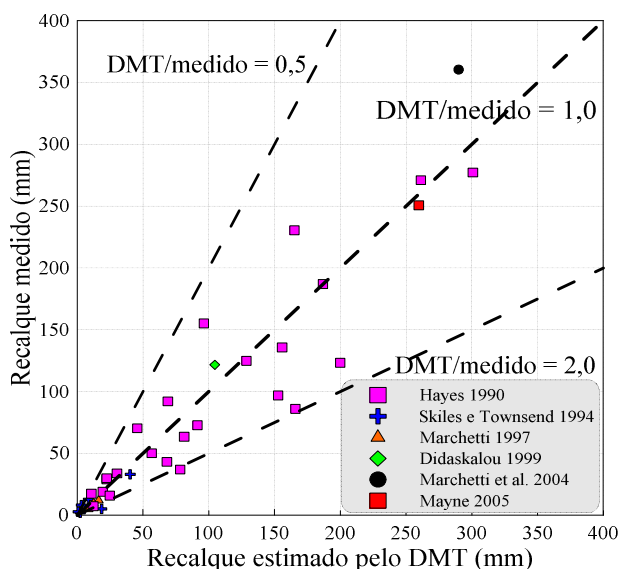


Figura 2: Comparação entre recalques estimados e medidos, a partir de resultados de ensaios DMT (adaptado de Monaco et al., 2006).

4 SOLO ESTUDADO

O campo experimental da Unesp de Bauru está localizado na cidade de Bauru (SP), Figura 3. Campanhas de caracterização incluindo Sondagens de simples reconhecimento (SPT), Dilatômetro de Marchetti (DMT), Pressiômetro de Ménard (PMT), Cone elétrico (CPT) e ensaios sísmicos (cross-hole e down-hole) foram previamente realizadas. Amostras indeformadas foram retiradas de poços de

inspeção para realização de ensaios de caracterização em laboratório, bem como a determinação de parâmetros geotécnicos de projeto.

O solo deste campo experimental consiste em uma areia fina pouco argilosa não saturada, com comportamento laterítico até 13 m de profundidade (Giacheti, 1998). Esta classificação foi realizada no sistema de classificação MCT (Nogami e Villibor, 1989).

Perfis de solos tropicais não saturados apresentam comportamento coesivo-friccional, onde fatores como gênese, estrutura têm maior influência no seu comportamento do que o histórico de tensões. Deste modo, não podem ser adequadamente avaliados pela Mecânica dos Solos Clássica.

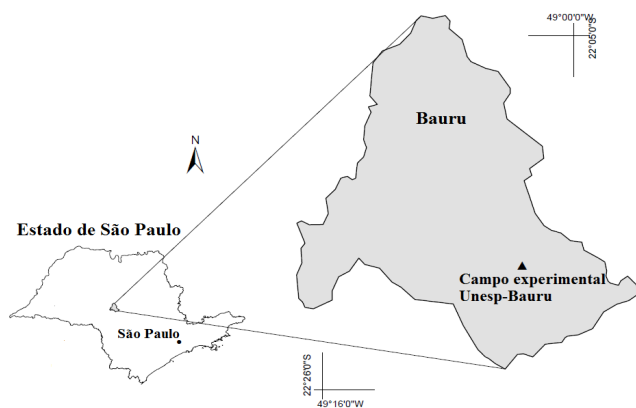


Figura 3: Localização da cidade de Bauru, onde se encontra o campo experimental da Unesp-Bauru.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Ensaio DMT

Foi realizado um ensaio DMT no Campo experimental da Unesp de Bauru até a profundidade de 20 m. Assim, foi possível determinar os perfis de variação com a profundidade dos parâmetros intermediários (I_D , K_D , E_D) apresentados na Figura 4, e, de parâmetros geotécnicos (M_{DMT} , ϕ' e K_0), estimados a partir das correlações propostas por Marchetti (1980) (Figura 5).

5.2 Prova de carga em Placa

A determinação da capacidade de carga e

estimativa de recalques imediatos em fundações superficiais podem ser feitas por meio de provas de carga em placa. Esse ensaio, que segue a NBR 6489/1984, consiste na instalação de uma placa metálica de 0,805 m de diâmetro, na cota de projeto da base da fundação superficial, e aplicação de carga, em estágios, com medida simultânea de recalques.

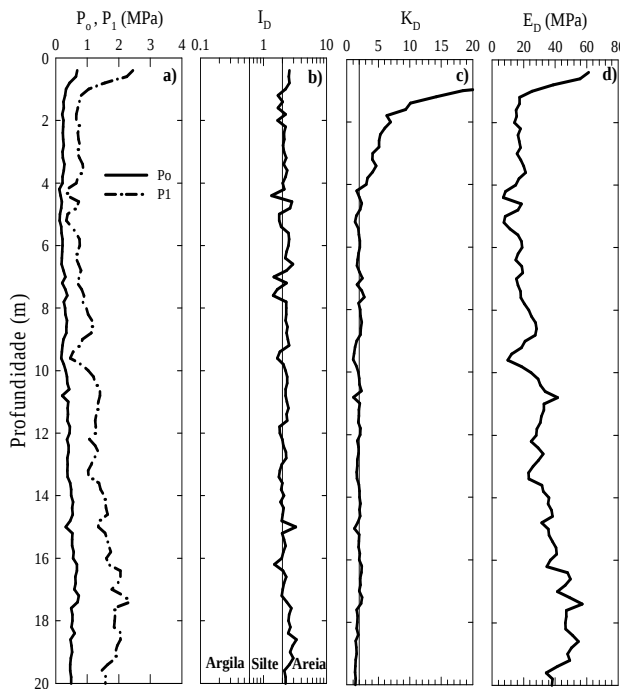


Figura 4: Resultados do ensaio DMT - parâmetros intermediários (adaptado de Rocha et al., 2016).

Resultados de ensaios de placa realizados por Agnelli (1997) (Figura 6) foram utilizados para comparação com os recalques estimados pelo ensaio DMT.

Para a estimativa do recalque por meio do ensaio DMT adotou-se como critério para definição das tensões atuantes as recomendações de Terzaghi e Peck (1967). Estes autores recomendam que para estruturas comuns (edifícios comerciais e residenciais) em solo arenoso, o recalque total para sapatas não deve ultrapassar 25 mm. Deste modo, este valor será utilizado como recalque admissível (ρ_a). A Tabela 1 apresenta os valores de tensão aplicada nas placas para esse valor de recalque admissível.

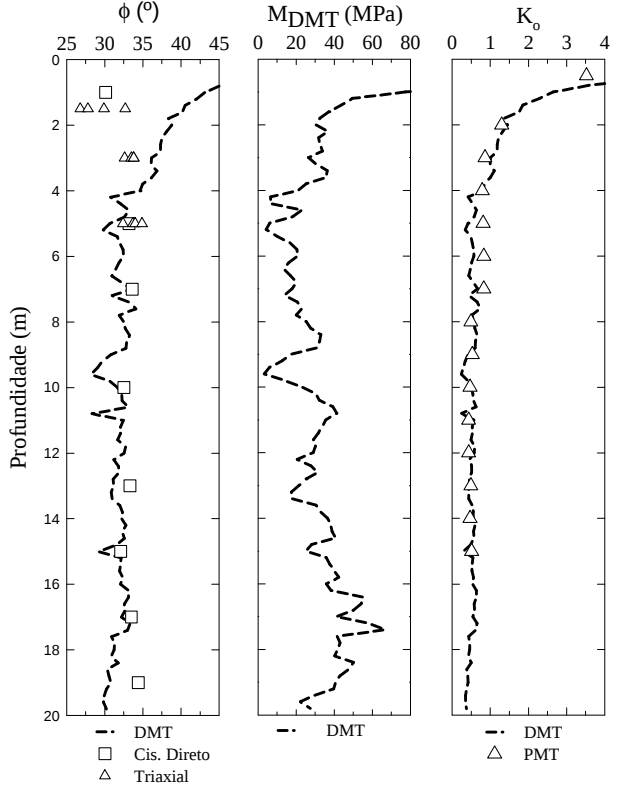


Figura 5: Parâmetros geotécnicos estimados por meio do ensaio DMT (adaptado de Rocha et al., 2016).

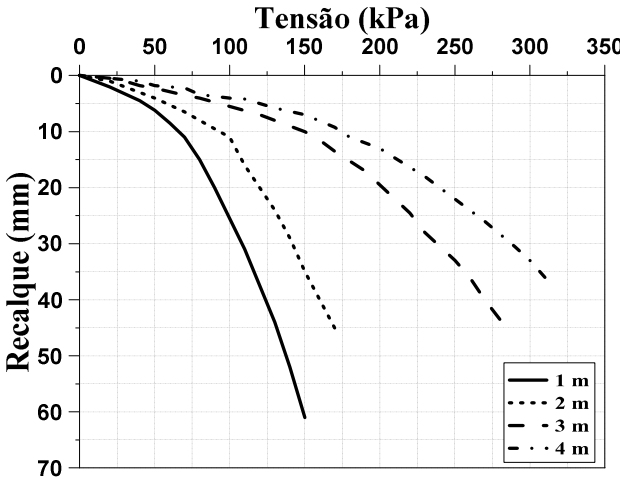


Figura 6: Provas de carga sobre placa no solo estudado (Agnelli, 1997).

Tabela 1: Tensões definidas para a previsão de recalques.

Autor	Prof. (m)	ρ_{med} (mm)	Tensão Definida (kPa)
Agnelli (1997)	1	25	100
	2	25	130
	3	25	225
	4	25	270

6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

6.1 Estimativa de parâmetros de projeto

Valores de ângulo de atrito (ϕ') determinados por ensaios de cisalhamento direto (Giacheti et al. 2006) e em ensaios triaxiais (Fagundes e Rodrigues 2015) foram utilizados na comparação com os valores estimados pelo ensaio DMT (Figura 5a). Fagundes e Rodrigues (2015) estudaram a influência da sucção na resistência ao cisalhamento do solo a 1,5 m de profundidade. Estes autores verificaram o aumento da resistência do solo com o aumento da sucção. Os valores de ϕ' variaram de 26,8° para a condição saturada a 32,7° para 33 MPa de sucção (s), com um valor médio de 29,3°. Os interceptos de coesão aumentaram de zero na condição saturada para 3 kPa ($s = 50$ kPa), 11 kPa ($s = 200$ kPa) e 34 kPa ($s = 33$ MPa) (Figura 5a). A influência da sucção na resistência ao cisalhamento desse solo foi ampliada para as profundidades de 3 e 5 m por Fagundes (2016), que demonstrou como se dá o aumento dessa resistência com a sucção. Para 3 m de profundidade, os valores de ϕ' variaram de 32,6° para condição saturada a 33,8° para 400 kPa de sucção, com valor médio de 33,4°. Os interceptos de coesão aumentaram de 1,2 kPa na condição saturada para 6,5 kPa ($s = 50$ kPa), 13,4 ($s = 200$ kPa) e 21,5 ($s = 400$ kPa) (Figura 5a). Para 5 m de profundidade, os valores de ϕ' variaram de 32,4° para condição saturada a 34,9° para 400 kPa de sucção, com valor médio de 33,8°. Os interceptos de coesão aumentaram de 5,3 kPa na condição saturada para 10,3 kPa ($s = 50$ kPa), 24,2 kPa ($s = 200$ kPa) e 28,7 ($s = 400$ kPa) (Figura 5a).

Ensaio de cisalhamento direto também foram realizados em amostras indeformadas até a profundidade de 19 m (Giacheti et al. 2006), com valores variando de 30,1° para 1 m de profundidade e 34,4° para 19 m de profundidade, e um valor médio de 32,8°. A correlação proposta por Marchetti (1997) foi utilizada na estimativa de ϕ' por meio do ensaio DMT.

Os valores de ϕ' estimados pelo DMT apresentam boa concordância com os valores de referência (cisalhamento direto e triaxial)

abaixo de 5 m de profundidade (Figura 5a). Tal fato não ocorreu para os valores acima de 5 m de profundidade, onde o aumento da sucção em períodos secos do ano pode ter causado aumento nos valores de p_0 e de p_1 ; consequentemente um acréscimo na estimativa dos parâmetros mecânicos pelo DMT. Este comportamento foi verificado por Bezerra (2014), em ensaios CPT realizados neste mesmo campo experimental ao longo de um ano.

Infelizmente, ainda não existem resultados de ensaios de compressão confinada realizados neste campo experimental para serem utilizados como valores de referência para o módulo confinado (M), por isso não foi possível fazer a avaliação da estimativa desse parâmetro empregando o DMT (Figura 5b).

O ensaio DMT também pode ser utilizado para a estimativa do coeficiente de empuxo no repouso do solo (K_0). Estes valores foram comparados com aqueles determinados por meio de um ensaio de pressiômetro de Ménard (PMT). A Figura 5c apresenta os valores de K_0 obtidos pelo ensaio DMT e PMT. Para 0,5 m de profundidade, o valor de K_0 determinado pelo ensaio PMT foi de 3,5, 1,3 a 1,5 m de profundidade, e um valor constante de 0,8 até 8 m de profundidade. Abaixo de 8 m de profundidade K_0 foi igual a 0,5. A partir desses resultados verifica-se boa concordância entre os valores estimados pelo DMT com os determinados pelo PMT.

6.2 Estimativa de recalques

A Tabela 2 apresenta os valores de recalque calculados por meio dos resultados dos ensaios DMT, bem como a relação entre o recalque medido e o recalque calculado (ρ_{med}/ρ_{DMT}). A Figura 7 apresenta um resultado típico do emprego do programa de cálculo de recalques pelo DMT (<http://www.marchettidmt.it/software/index.htm>), para uma sapata circular de 0,805 m de diâmetro instalada a 4 m de profundidade. Esse programa permite calcular o incremento de tensão vertical ao longo da profundidade e a correspondente deformação vertical, assim como o recalque da sapata.

Observando os resultados da Tabela 2,

verifica-se que a estimativa do recalque pelo ensaio DMT foi muito melhor para a sapata apoiada a 4 m de profundidade, onde o valor ρ_{med} foi 1,16 do ρ_{DMT} . Este resultado encontra-se próximo do valor médio indicado por Monaco et al. (2006), determinado para mais de 40 casos históricos avaliados.

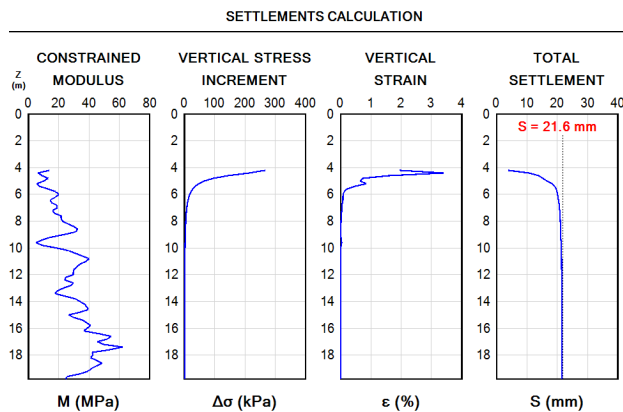


Figura 7: Resultado do programa de cálculo de recalques com o ensaio DMT, para uma sapata circular apoiada a 4 m de profundidade no local estudado.

As diferenças encontradas para as outras profundidades podem ser devidas a influência da condição não saturada na medida de p_0 e p_1 do ensaio DMT, e consequentemente nos valores dos parâmetros intermediários (I_D , K_D , E_D).

Tabela 2: Recalque calculado com base no ensaio DMT e sua comparação com o medido nas provas de cargas.

Prof. (m)	ρ_{DMT} (mm)	(ρ_{med}/ρ_{DMT})
1	2,3	10,9
2	4,0	6,25
3	9,0	2,78
4	21,6	1,16

Resultados de ensaios CPT realizados ao longo de um ano neste campo experimental foram interpretados por Bezerra (2014), que constatou a grande influência da sucção nas medidas de resistência de ponta (q_c) e atrito lateral (f_s) até 4 m de profundidade. O autor concluiu que é necessário considerar o efeito da sucção e sua variação ao longo do ano para uma interpretação adequada de resultados de ensaios de campo.

Outro ponto a ser considerado é a influência do histórico de tensões (OCR) na estimativa do recalque, pois este causa um aumento

significativo na rigidez de solos arenosos (Clayton et al. 1985, Jamiolkowski et al. 1985 e Marchetti 2015). Marchetti (1980) aponta que os perfis de K_D apresentam forma semelhante dos perfis de OCR, onde solos normalmente adensados tendem a apresentar K_D em torno de 2 e solos pré adensados valores superiores a 2. Além disso, solos normalmente adensados, afetados pela cimentação e pela sucção, apresentam valores de K_D maiores do que 2. Na Figura 4c verifica-se que os valores de K_D até 4 m de profundidade são maiores do que 2. Estes dados são outro indicativo da influência da sucção ou de uma possível cimentação das partículas que afetariam as medidas de p_0 e p_1 e, consequentemente, o perfil de M_{DMT} .

Importante ressaltar que o conceito de OCR para solos arenosos tropicais não saturados não é o mesmo dos solos argilosos, porém a presença da sucção e de possíveis estruturas cimentadas causam um mesmo tipo de comportamento. Alguns autores, como Vargas (1953), Viana da Fonseca (1988, 1996 e 1998) e Rodrigues (2003) denominam este conceito como tensão de pré-adensamento virtual ou tensão de pré-adensamento aparente, como Mayne e Brown (2003).

7 CONCLUSÕES

Os parâmetros mecânicos determinados a partir do ensaio DMT foram comparados com valores de referência. Os perfis de ângulo de atrito (ϕ') e do coeficiente de empuxo no repouso (K_0) do solo apresentaram boa concordância com os valores de referência. Constatou-se que os valores de ϕ' acima de 5 m de profundidade foram superiores aos determinados por meio de ensaios triaxiais e de cisalhamento direto. A influência da sucção nas medidas do ensaio DMT pode ser uma explicação para isso, além do fato que as correlações para estimativa da resistência ao cisalhamento de solos arenosos se baseiam apenas no ϕ' . Assim, os valores de ϕ' acima de 5 m de profundidade devem considerar, além do atrito, a parcela coesiva advinda da sucção e de possível cimentação presente neste solo tropical.

Os valores de recalque calculados a partir

dos resultados do ensaio DMT foram sempre menores que os medidos nas provas de carga em placa. Com o aumento da profundidade, o valor da relação entre o recalque medido e o recalque calculado (ρ_{med}/ρ_{DMT}) tende a diminuir e, que para 4 m de profundidade, esse valor foi de 1,16. A partir dessa profundidade, a influência da sucção e sua variação sazonal não afeta os resultados de ensaios de campo para local estudado, conforme os estudos de Bezerra (2014) e Fernandes et al (2016). Estes resultados indicam a necessidade de considerar o efeito da sucção também na interpretação de ensaios de campo, uma vez que o comportamento mecânico dos solos tropicais não saturados é fortemente influenciado por ela.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação de Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP (Processos nº. 2015/16270-0 e 2010/50650-3), ao CNPq e a CAPES, pelo apoio ao desenvolvimento dessa pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ABNT/NBR – 6489 (1984). Prova de carga direta sobre terreno de fundação. 2 p.
- Agnelli, N. (1997). *Comportamento de um Solo Colapsível Inundado com Líquidos de Diferentes Composições Químicas*, Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Departamento de Geotecnia, Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, 205 p.
- Bezerra, R. C. (2014). *Avaliação do efeito da sucção nos resultados de ensaio CPT*. Iniciação científica - Faculdade de Engenharia, Unesp, CNPq. 47 p.
- Cintra, J. C. A., Aoki, N. e Albiero, J. H. (2011). *Fundações Diretas – Projeto Geotécnico*, 1º ed., Oficina de Textos, São Paulo, SP, Brasil, 140 p.
- Clayton, C.R.I., Hababa, M.B., Simons, N.E., (1985). Dynamic penetration resistance and the prediction of the compressibility of a fine-grained sand — a laboratory study. *Geotechnique* 35 (1), 19–31.
- Didaskalou, G. (1999). Personal communication to S. Marchetti.
- Failmezger, R. e Bullock, P. (2011). Owner Involvement - Choosing Risk Factors for Shallow Foundations", *Proc. GeoRisk, Atlanta* p. 1098-1108.
- Fagundes, L. S. e Rodrigues, R. A. (2015). Shear strength of a natural and compacted tropical soil. *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*, v. 20, p. 47-58.
- Fernandes, J. B. (2016) Estudo da Resistência e da Deformabilidade de um Perfil de Solo Laterítico não Saturado a Partir de Ensaio Triaxiais. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia Civil e Ambiental de Bauru - FEB/UNESP. Bauru.
- Fernandes, J. B.; Saab, A. L.; Rocha, B. P.; Rodrigues, R. A. e Giacheti, H. L. (2016) Resistência de um Perfil de Solo Tropical Não Saturado, *Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações*, Belo Horizonte/BH.
- Giacheti, H. L.; Peixoto, A. S. P.; De Mio, G. e Carvalho, D. (2006). Flat Dilatometer Testing in Brazilian Tropical Soils. In: *Second International Conference on the Flat Dilatometer*, Washington. ASCE. Washington - USA. v. 1. p. 103-110.
- Giacheti, H.; Coelho, V.; Carvalho, David de. (1998). Caracterização Geotécnica de Dois Perfis de Solos Tropicais com Base em Ensaio de Laboratório. In: *XI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações*, Brasília/DF. v. 1. p. 195-202.
- Hayes, J. A. (1990). The Marchetti Dilatometer and Compressibility. Seminar on In Situ Testing and Monitoring, Southern Ontario Section of Canada. Geotechnical. Society, Sept., 21 pp
- Jamiolkowski, M; Baldi, G.; Bellotti, R.; Ghionna, V. e Pasqualini, E. (1985). Penetration resistance and liquefaction of sands. *Proc. XI International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, vol. 4, Balkema, Rotterdam, Netherlands, p. 1891 – 1896.
- Lacasse, S. e Lunne, T. (1986). Dilatometer Tests in Sand. *Proc. ASCE Spec. Conf. on Use of In Situ Tests in Geotechnical Engineering In Situ '86*, Virginia Tech, Blacksburg. ASCE Geotechnical Special Publication, Nº. 6, 686-699.
- Leonards, G. A. e Frost, J. D. (1988). Settlement of Shallow Foundations on Granular Soils. *ASCE Journal of Geotechnical Engineering*, v. 114, nº 7. p. 791-809.
- Marchetti, S. (1980). In Situ Tests by Flat Dilatometer, *ASCE Journal of the Geotechnical Engineering*, V-106, nº GT3, pp. 299-321.
- Marchetti, S. (1997). The Flat Dilatometer: Design Applications. *Proc. 3rd International Geotechnical Engineering Conference*, Keynote Lecture, Cairo University, p. 421-448.
- Marchetti, S. (2015). Incorporating the Stress History Parameter K_D of DMT into the Liquefaction Correlations in Clean Uncemented Sands. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, ASCE, v. 142 (2), p. 1 – 5.
- Marchetti S., Monaco P., Totani G. e Calabrese M. (2001). The Flat Dilatometer Test (DMT) in Soil Investigations, TC 16 Report. *Proc. IN SITU 2001, International Conference on In situ Measurement of Soil Properties*, Indonesia, 41 pp.

- Massarsch, K. R. (1994). Settlement Analysis of Compacted Granular Fill. *Proc. XIII ICSMFE*, New Delhi, Vol. 1, p. 325- 328.
- Mayne, P.W. e Brown, D.A. (2003). Site characterization of Piedmont residuum of North America. *Characterization and Engineering Properties of Natural Soils*, vol. 2, p.1323-1339. Sweets & Zeitlinger, Lisse.
- Monaco, P.; Totani G. e Calabrese, M. (2006). DMT-predicted vs. observed settlements: a review of the available experience. *Proc. Second International Conference on the Flat Dilatometer, Washington D.C.*, p. 244-252.
- Nogami, J. S. e Villibor, D. F. (1981). Uma nova classificação de solos para finalidades rodoviárias, *Simpósio Brasileiro de Solos Tropicais em Engenharia*, Brasil, V. 1, p. 30-41.
- Rocha, B. P.; dos Santos, R. A.; Rodrigues, R. A. e Giacheti, H. L. (2016) Characterization of unsaturated tropical soil site by in situ tests, *Artigo submetido ao ISC-5*. 8p.
- Rodrigues, C. (2003) Caracterização geotécnica e estudo do comportamento geomecânico de um saprólito granítico da Guarda. Tese de doutorado, Universidade de Coimbra. Portugal.
- Skiles, D. L. e Townsend, F. C. (1994) Predicting Shallow Foundation Settlement in Sands from DMT. *Proc. ASCE Special Conference Settlement '94, Texas A&M Univ., ASCE Geotechnical Special Publication N° 40*, Vol. 1, 132-142.
- Terzaghi, K. e Peck, R. B. (1967) *Soil Mechanics in Engineering Practice*. New York: John Wiley and Sons, 685p.
- Vargas, M. (1953). Some engineering properties of residual clays soils occurring in southern Brazil. *Proc. 3° International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, Zurich v.1, p. 67 – 71.
- Viana da Fonseca, A. (1988) *Caracterização Geotécnica de um Solo Residual do Granito da Região do Porto*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Estruturas de Engenharia Civil, Universidade do Porto, Portugal.
- Viana da Fonseca, A. (1998). Identifying the reserve of strength and stiffness characteristics due to cemented structure of a saprolitic soil from granite. *Proc. 2nd International Symposium on Hard Soils – Soft Rocks*. Naples. Vol.1: pp. 361-372. Balkema, Rotterdam.
- Viana da Fonseca, A. (1996). Geomecânica dos Solos Residuais do Granito do Porto. Critérios para Dimensionamento de Fundações Directas. Tese de doutorado, Universidade do Porto. Portugal.
- Woodward, M. B. e McIntosh, K. A. (1993). Case history: Shallow Foundation Settlement Prediction Using the Marchetti Dilatometer. *ASCE Annual Florida Section Meeting*.