Revista Panorâmica On-Line. Barra do Garças – MT, vol. 13, p. 122 -130, abr. 2012.
ISSN - 2238-921-0

ANÁLISE DA CAPACIDADE DE CARGA DE UMA SAPATA RÍGIDA ASSENTE EM SOLO RESIDUAL MADURO DE GNAISSE

Leandro Neves Duarte[1]
Enivaldo Minette[2]
Danilo Hiroshi Konda[3]
Filipe Feijoli Brandão[4]
William Arthur Ribeiro dos Santos[5]

RESUMO: O objetivo principal deste trabalho foi avaliar as metodologias usualmente utilizadas para prever a capacidade de carga e tensões admissíveis de fundações rasas, rígidas, assentes em solo residual maduro de gnaisse. Para isso foi realizada uma prova de carga numa sapata quadrada de 0,80m de lado, situada na profundidade de 0,5 m abaixo da superfície, durante a qual foram monitorados os deslocamentos verticais ocorridos durante as etapas de carregamento. Para determinação das características mecânicas do solo foram executados os seguintes ensaios de campo: investigação de simples reconhecimento (SPT), dilatométrico de Marchetti (DMT) e pressiométricos de Ménard (PMT), e de laboratório tais como: caracterização física e ensaios para a determinação das características de tensão-deformação e resistência, em amostras deformadas e indeformadas do solo. O estudo mostrou que os métodos que se baseiam em informações ditas "de campo" permitiram a obtenção de bons resultados.

PALAVRAS-CHAVE*:* Engenharia Geotécnica. Fundações. Fundações Rasas. Prova de Carga

BEARING CAPACITY OF A RIGID FOOTING SEATED ON A MATURE GNEISS RESIDUAL SOIL

[1] M.Sc. em Engenharia Civil – Universidade Federal de Mato Grosso – ICET/CUA - Professor Assistente I.Email – Indufmt@gmail.com

[2] D.Sc. em Engenharia Civil – Universidade Federal de Viçosa – DEC – Setor de Geotecnia- Professor Associado II. Campus Universitário - UFV, Viçosa - MG

[3] M.Sc. em Engenharia Civil - Universidade Federal de Mato Grosso – ICET/CUA - Professor Assistente I

[4] Mestrando em Engenharia Civil – Universidade Federal de Viçosa – DEC – Setor de Geotecnia- Aluno - Campus Universitário - UFV, Viçosa - MG

[5] Graduando em Engenharia Civil - Universidade Federal de Viçosa – DEC – Setor de Geotecnia- Professor Associado II - Campus Universitário - UFV, Viçosa - MG

SUMMARY: The main objective of this work was to evaluate methodologies commonly used to predict the bearing capacity and allowable stresses of rigid shallow foundations seated on mature gneiss residual soils. To do so, a loading test performed on a square, 0,80m by 0.80 m, footing located at a depth of 0.5 m was monitored to measure the vertical displacements that occurred during the loading steps. Standard penetration (SPT), Marchetti dilatometer and Ménard pressiometer (PMT) field tests, as well as laboratory test such as physical characterization and triaxial tests were executed to determine mechanical characteristics of the ground soil. The study showed that bearing capacities estimated with soil parameters obtained by field tests allowed for best comparisons with the the load test result.

KEYWORDS: Geotechnical Engineering. Foundation. Shallow Foundation. Load Test.

INTRODUÇÃO

No Brasil, o tema de fundações de obras de pequeno porte ainda é um assunto que merece ser estudado, pois não envolve grande quantidade de capital. No entanto, para o construtor, ou proprietário, as fundações podem encarecer, ou até inviabilizar a obra, principalmente quando as fundações são assentes em solos identificados como tropicais estruturados, como por exemplo, os solos porosos, ou, ainda, sobre solos colapsíveis. Obras de grande porte com fundações profundas (suporte para grandes cargas) têm o custo da infraestrutura diluído no orçamento geral da construção.

Algumas instituições de fomento à pesquisa, no país, têm dado bom incentivo para se pesquisar soluções alternativas de menor custo para fundações rasas e de obras de menor porte, com o intuito de viabilizar a implantação dessas obras. Isso vem sendo desenvolvido desde algum tempo em instituições, tais como a Universidade Federal de Viçosa (Lopes, 1997; Silva, 2000; Araújo, 2001; Soares, 2003) e a Universidade de Brasília (Sousa e Cunha, 2003), dentre outras.

CAMPO EXPERIMENTAL

A prova de carga foi realizada no estremo norte do Campo Experimental da Agronomia, localizado no Campus da Universidade Federal de Viçosa – Viçosa-MG, seguindo-se o estabelecido pela NBR 6489. Como procedimentos de caracterização do subsolo, foram realizados os seguintes ensaios: SPT, PMT, DMT, além da execução de um programa de ensaios de laboratório.

A prova de carga foi realizada durante os meses de março e abril de 2006, com o solo em sua umidade natural. Para evitar a infiltração de água, cobriu-se toda a área do ensaio com uma lona plástica.

Procurou-se caracterizar mais detalhadamente o solo, na região correspondente ao bulbo de tensões, ou seja, até a profundidade igual a 2 vezes a dimensão do lado da sapata, segundo Schmertmann (1978). A granulometria encontrada na superfície de assentamento da sapata apresentou uma predominância de argila, sendo a classificação segundo as porcentagens do material retido nas peneiras, uma argila areno-siltosa. Para se obter a tensão de pré-adensamento, por meio do ensaio oedométrico, utilizou-se o método de Pacheco e Silva. Sendo e_0 = 1,397, o valor encontrado foi de $\sigma_{a,oed} = 60kPa$ e a tensão vertical existente estimada é igual a $\sigma_{va} = 16{,}44 \cdot 1{,}1 = 18{,}08KPa$ logo, a razão de sobreconsolidação (OCR) é igual a 3,3. Foram realizados ensaios triaxiais do tipo consolidado drenado, por meio dos quais obtiveram-se os seguintes parâmetros de ruptura, ângulo de atrito (ϕ = 21º) e coesão (c = 65,2 kPa).

INVESTIGAÇÕES DE GEOTÉCNICA DE CAMPO

O ensaio SPT mostrou uma camada variando de 0,45 a 3,35m de argila arenosa com mica, com número de golpes médio igual a 10. Os dados obtidos pelos ensaios DMT e PMT são mostrados na tabela 1 e tabela 2, respectivamente.

Tabela 1 – Dados do DMT

Prof. (m)	E_d (Mpa)	M (Mpa)	Id	kd
0,60	6,90	22,60	0,91	22,60
0,80	7,70	22,00	1,15	14,80
1,00	10,00	23,90	2,00	8,80
1,20	15,70	41,70	1,91	11,90
1,40	15,30	38,90	1,79	10,50
1,60	14,40	35,30	1,61	9,50
1,80	14,90	35,40	1,61	8,70
2,00	12,40	25,30	1,69	6,20
2,20	13,70	27,20	1,80	5,80

Tabela 2 – Dados do PMT

Profundidade (m)	Parâmetros de resistência							
	V_0 (cm^3)	P_0 (cm^3)	V_f (cm^3)	P_f (cm^3)	G (kPa)	Em (kPa)	V_l (cm^3)	P_l (cm^3)
0,60	155	10	330	251	1001,87	2664,98	795	360
1,20	140	10	242	261	1663,49	4424,88	765	437
1,80	105	12	241	260	1199,88	3191,69	695	383
2,40	95	9	198	225	1324,31	3522,67	675	367
3,00	113	9	223	196	1110,10	2952,87	711	312

A PROVA DE CARGA E O ELEMENTO ESTRUTURAL

O ensaio de prova de carga foi realizado segundo a Norma NBR6489/84, conforme mostrado na Figura 1 e 2.

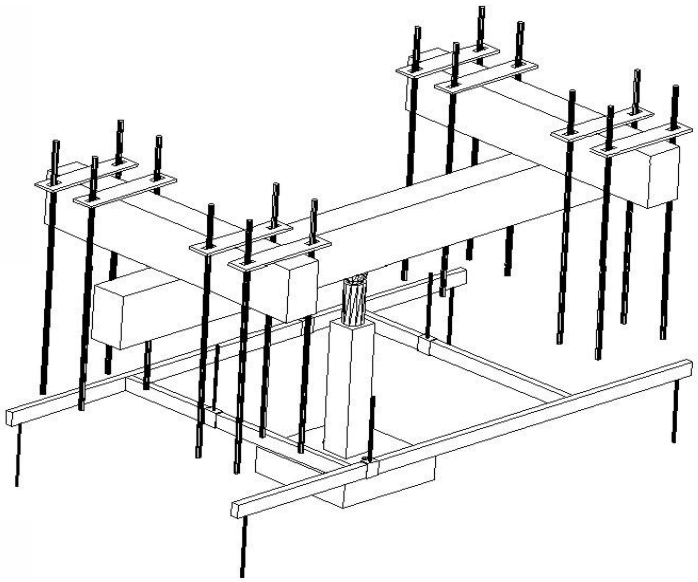

Figura 1 – Esquema Geral da Prova de carga

Figura 2 – Foto da prova de carga

A sapata tinha base quadrada de lado igual a 0,80 m, construída em concreto armado, com furos que permitiam a passagem dos dispositivos “BETA”. O elemento estrutural foi considerado rígido, já que o balanço é menor que o dobro da altura, conforme mostrado na Figura 3.

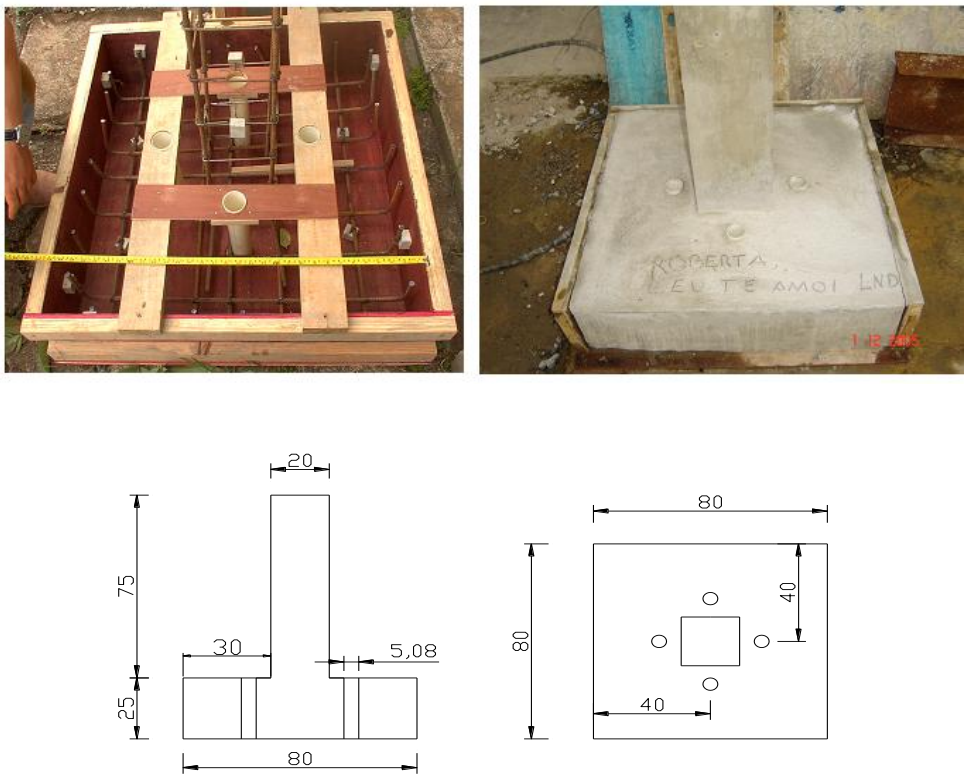

Figura 3 – Aspecto geral da sapata pré-fabricada de concreto armado (dimensões em centímetros)

Revista Panorâmica On-Line. Barra do Garças – MT, vol. 13, p. 122 -130, abr. 2012.
ISSN - 2238-921-0

ANÁLISE DAS TENSÕES DE RUPTURA E ADMISSÍVEL

Para uma melhor análise, as tensões de ruptura foram estimadas segundo os seguintes métodos: Terzaghi (1943), Teixeiras (1998), Ménard (1963), Massad (1986), Décourt (1998). Além dos métodos acima referidos idealizou-se uma hipérbole para a curva tensão x recalque da prova de carga. A esse modelo sugeriu-se a denominação de método hiperbólico. Então, procurou-se representá-las, em conjunto com o gráfico da prova de carga, conforme mostra a Figura 4.

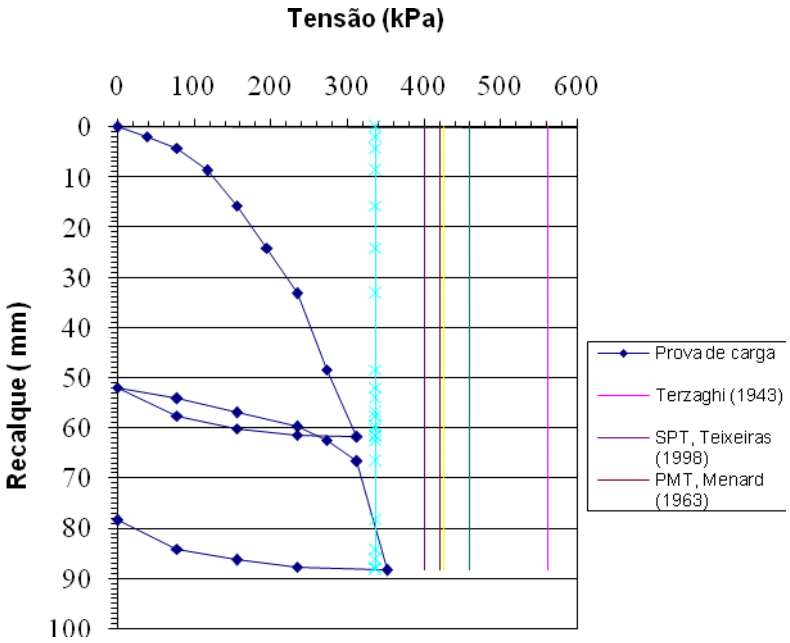

Figura 4 – Gráfico indicando as tensões de ruptura (calculadas, correlacionadas e extrapoladas)

Como se pode observar, o método de Décourt (1998) foi o que mais se aproximou do resultado obtido na prova de carga.

A tensão de ruptura obtida pelo método proposto por Teixeira & Godoy (1998), com base no índice do SPT, mostrou-se menos representativa do que o método proposto por Ménard (1963), baseado nos parâmetros de resistência obtidos por meio do ensaio PMT de pré-furo.

Ressalta-se que os métodos propostos por Meyerhof (1951, 1963) mostraram-se muito distantes,com valores excessivamente altos de tensões de rupturas e, por este motivo, não estão apresentados na figura 6. Os resultados das tensões de ruptura são mostrados numericamente, em ordem decrescente em relação à aproximação do valor referencial, na Tabela 3.

Tabela 3 – Tensões de ruptura calculadas

Métodos	Tensão de ruptura (kPa)
SPT – Meyerhof (1963)	1354,16
Meyerhof (1951)	781,92
Terzaghi (1943)	561,19
Hiperbólico	459,21
Massad (1986)	425
PMT – Ménard (1963)	421,105
SPT - Teixeira & Godoy (1998)	400
Décourt (1998)	337,14

CONCLUSÕES

O ensaio de prova de carga apresentou para um recalque de 6,4mm, uma tensão de trabalho de 98 kPa.

As comparações com as tensões de ruptura calculadas resultaram nas seguintes conclusões:

O modelo Hiperbólico mostrou-se pouco apropriado para base de comparação nessa pesquisa.

A tensão de ruptura obtida por método proposto por Teixeira & Godoy (1998), com base no N_{SPT}, mostrou-se menos representativa do que o método proposto por Ménard (1963), baseado nos parâmetros de resistência obtidos por meio do ensaio PMT de pré-furo.

Os métodos propostos por Meyerhof (1951, 1963) mostram-se muito conservadores.

O método proposto por Décourt (1998), baseado na prova de carga, mostrou-se o mais satisfatório para obtenção da tensão de ruptura, já que se aproximou do trecho mais assintótico da curva tensão - recalque.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **ABNT** – NBR 6484; Execução de sondagens de simples reconhecimento dos solos. Rio de Janeiro: ABNT, 1997. 12p

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **ABNT –** NBR 6489; Prova de carga direta sobre terreno de fundação. Rio de Janeiro: ABNT, 1984b. 2p.

ARAÚJO, S. M. 2001; **O Ensaio Pressiométrico de Ménard e sua Utilização na Estimativa da Capacidade de Carga e Recalque de Fundações Assentes em Solo Residual de Gnaisse**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

BRIAUD, J. L. 1999. **Behavior of five large spread footings in sand. Department of Civil Engineering**, Texas A&M University, College Station, Texas.

BRIAUD, J. L., GIBBENS, R.M., 1994, **Test and Prediction Results for Five Large Spread Footings on Sand, FHWA Prediction Symposium**, ASCE Special Publication No. 41, pp. 92-128, New York, USA.

DÉCOURT, L., 1998. **Ruptura de Fundações e Coeficientes de Segurança a Luz do Conceito de Rigidez**. XI COBRAMSEG, v 3.

DUARTE, L. N., 2006, **Análise de prova de carga instrumentada em uma sapata rígida**, Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade federal de Viçosa, Viçosa- MG.

FADUM, R. E. (1948); **Influences values for estimating stresses in elastic foundations**; Int. Conf. Soil Mech. and Found. Eng., vol 33; pg. 467-470.

LOPES, G. S., 1997, **Execução e Análise de uma Prova de Carga Direta em Verdadeira Grandeza em Solo Residual de Gnaisse**, Tese (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade federal de Viçosa, Viçosa- MG.

MARCHETTI, S.;1997. **The flat dilatometer desig applications**; keynote lecture. Cairo: Cairo University. 26p.

MASSAD, F. 1986; Notes on the Interpretation of Failure Load from Routine Pile Load Tests. **Revista Solos e Rochas**, v. 9, n-1, abril, ABMS.

MÉNARD, L., 1963. **Calcul de la Force Portante dês Foudations sur la Base dês Resultants dês Essays Pressiométriques**. Sols Soils, n. 5 juin, Paris, p.9-32.

MÉNARD, L, ROSSEU, J. 1962, **L`évalution dês Tessements-Tendances Nouvelles**. Sols Soils, n. 1, p. 13-18.

MEYERHOF, G.G., 1951, **The ultimate Bearing Capacity of Foundations**, Geotechnique, Vol 2, No 4, 301-331, London, England.

MEYERHOF, G.G., 1963, **Some Recent Research on the Bearing Capacity of Foundation**, Canadian Geotechnical Journal, Vol 1, No. 1, Bitech Publishers, Vancouver, B.C., Canada.

SCHMERTMANN, J.H. 1978 **Guidelines for Cone Penetration Testing- Performance and Design. U. S. Department of Transportation**, Federal Highway Administration, report FHWA-TS-78-209.

SILVA, C. E. F., 2000. **Estudo da Distribuição de Cargas ao Longo do Fuste e na Base do Tubulão**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-Minas Gerais.

SOARES, D. A., 2003, **Estudo da Capacidade de Carga e Recalques em um Solo Residual de Gnaisse Através de Ensaios de Campo e Laboratório**, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-Minas Gerais.

SOUSA, L. C. M. e CUNHA, R. P. 2003. **Estudo Experimental do Comportamento de Sapatas Assentes em Solo Poroso Reforçado**. Universidade de Brasília, Brasília - Distrito Federal.

TEIXEIRA, A. H., GODOY, N. S., 1998; **Análises, projeto e execução de fundações rasas**. In: HACHICH, W., FALCONI, F.F., SAES, J.L., FROTA, R.G.Q., CARVALHO, C.S., NIYMA, S. (Eds.). Fundações: Teoria e Prática. São Paulo: PINI, p227-264.

TERZAGHI, K., 1943, **Evaluation of Coefficient of Subgrade Reaction, Geotechnique**, Vol. 5 (No. 4), pp. 297-326, Institution of Civil Engeneers, London England.