

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/274081852>

ESTIMATIVA DE RECALQUES EM FUNDAÇÕES SUPERFICIAIS APOIADAS EM SOLOS ARENOSOS.

Conference Paper · January 2010

CITATIONS

0

READS

2,206

3 authors, including:



Felipe Carvalho Bungenstab

3 PUBLICATIONS 19 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Kátia Vanessa Bicalho

Universidade Federal do Espírito Santo

132 PUBLICATIONS 391 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Estudo de correlações entre sondagens SPT e resultados de ensaios de penetração contínua PD e CPT para diferentes subsolos arenosos [View project](#)



Study of predicting compression index of soft soils from brazilian coast [View project](#)

Estimativa de Recalques em Fundações Superficiais Apoiadas em Solos Arenosos

Felipe Carvalho Bungenstab

Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, Brasil, felipecarvb@msn.com

Kátia Vanessa Bicalho

Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, Brasil, katia.bicalho@pq.cnpq.br

Reno Reine Castello

SOLO Fundações e Geotecnia, Vitória, ES, Brasil, soloreno@terra.com.br

RESUMO: Devido à dificuldade na obtenção de amostras indeformadas em areias, os ensaios de campo (CPT e SPT) são utilizados para estimar recalques de fundações superficiais apoiadas nestes tipos de solos (Schmertmann 1970; Schmertmann et al. 1978; Burland e Burbidge 1984; Berardi e Lancellotta 1991). Este trabalho discute a grande dispersão nos resultados de estimativas de recalques obtidas através destes métodos indiretos. Um caso de obra com medições de recalques é discutido e avaliado neste artigo. Verifica-se que as correlações empíricas devem ser utilizadas com critério, levando-se em conta os fatores intervenientes nos ensaios de campo, experiência local e limitações dos resultados à região estudada.

PALAVRAS-CHAVE: Solos arenosos, recalques, deformação, ensaios SPT e CPT.

1 INTRODUÇÃO

Devido à dificuldade na obtenção de amostras indeformadas nas areias, os resultados dos ensaios de campo (CPT e SPT) são utilizados para estimar recalques de fundações superficiais apoiadas nestes solos. Alguns dos principais métodos são apresentados e discutidos neste trabalho (Schmertmann 1970; Schmertmann et al. 1978; Burland e Burbidge 1984; Berardi e Lancellotta 1991).

Schmertmann (1970) e Schmertmann et al. (1978) tratam da variação do módulo de deformabilidade do solo através da divisão da profundidade de influência em subcamadas homogêneas, com estimativa de parâmetros geotécnicos derivados do ensaio CPT. Burland e Burbidge (1984) basearam-se nos dados de mais de 200 observações de recalques em estruturas e desenvolveram uma equação empírica para o cálculo dos recalques baseada nessa retro-análise. Berardi e Lancellotta (1991) consideraram uma variação não-linear para o módulo de deformabilidade do solo com a profundidade, utilizando resultados do ensaio

SPT, e um método de iterações para convergência de um resultado final.

Estudos mostram que, além da grande dispersão entre os resultados obtidos para recalques estimados através de diferentes métodos indiretos, estes, geralmente, são maiores que os recalques medidos, levando a projetos geotécnicos conservadores (Jeyapalan e Boehm 1986, Papadoulos 1992, Sivakugan et al. 1998, Tan e Duncan 1991). Este trabalho discute esta dispersão, utilizando resultados de medições de recalques em um caso de obra com fundação em sapatas apoiadas em solo arenoso.

2 MÉTODOS DE ESTIMATIVA DE RECALQUES

A literatura apresenta inúmeros modelos estimativos para o cálculo de recalques em fundações superficiais apoiadas em solos arenosos, especialmente os que utilizam dados provenientes dos ensaios de campo. Douglas (1986) relatou a existência de mais de 40 diferentes modelos, onde a pressão aplicada, a

rigidez (função da compactidade relativa) e a largura da fundação são os fatores mais importantes na formulação destas equações.

Segundo Das e Sivakugan (2007), alguns dos métodos mais conhecidos e discutidos pela comunidade geotécnica são os propostos por Terzaghi e Peck (1948), Schmertmann (1970), Schmertmann et. al. (1978), Burland e Burbidge (1984), Berardi e Lancellotta (1991) e Mayne e Poulos (1999). Quatro deles são considerados neste trabalho e apresentados a seguir.

2.1 O Método Schmertmann (1970)

O método, baseado na teoria da elasticidade, subdivide o solo de fundação em semi-espacos elásticos, homogêneos e isotrópicos, de módulo de deformabilidade, E_s , constante. Através de análises numéricas (elementos finitos) e teóricas foram calculadas as deformações do solo abaixo da sapata e definida a sua distribuição com a profundidade. Desta forma, foi proposto um fator de influência na deformação, I_z , como mostrado na figura 1. O gráfico indica que a deformação máxima ocorre a uma profundidade $z = B/2$ da cota de apoio, D_f , da sapata e que as deformações diminuem até a profundidade $z = 2B$, onde podem ser consideradas desprezíveis. O recalque é dado pela equação 1.

$$s = C_1 C_2 \sigma^* \sum_{i=1}^n \left(\frac{I_z}{E_s} \Delta z \right) \quad (1)$$

Sendo: $\sigma^* = \sigma - q$, o acréscimo de tensão aplicado pela sapata, onde σ = tensão atuante sob a sapata, q = tensão geostática pré-existente no solo à profundidade de D_f , e Δz = espessura de cada camada considerada homogênea.

O coeficiente C_1 , dado pela equação 2, considera o embutimento da sapata no solo.

$$C_1 = 1 - 0,5 \left(\frac{q}{\sigma^*} \right) \geq 0,5 \quad (2)$$

Já o coeficiente C_2 , considera o efeito de recalque com o tempo. Para o cálculo de recalques imediatos, deve-se considerar $C_2 = 1$.

$$C_2 = 1 + 0,2 \log \left(\frac{t}{0,1} \right) \quad (3)$$

Sendo: t = tempo em anos após a aplicação da carga.

O parâmetro E_s , para cada camada do solo, é estimado através de correlação com ensaio de cone (CPT), segundo o próprio autor, onde:

$$E_s = 2q_c \quad (4)$$

Sendo: q_c = resistência de ponta para o ensaio de cone.

Em caso de inexistência de resultados em q_c , do ensaio CPT, podem ser usadas correlações para valores, N , do ensaio SPT, ou seja:

$$K = \frac{q_c}{N}, \quad (5)$$

Onde o valor K é tabelado (consultar, por exemplo, Cintra et. al. 2003).

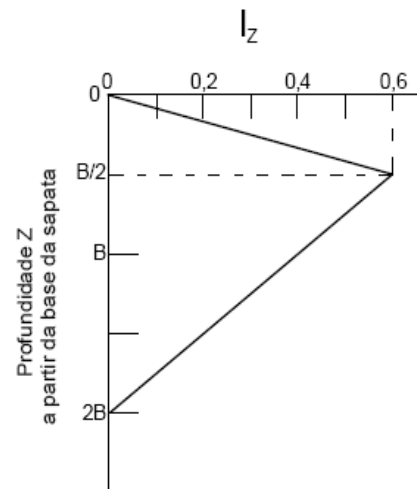


Figura 1. Fator de influência na deformação vertical (Schmertmann 1970, apud Cintra et al., 2003).

2.2 O Método Schmertmann et. al. (1978)

Schmertmann et. al. (1978) introduziram modificações para os cálculos de recalques, distinguindo sapatas corridas (deformações planas) de sapatas quadradas (assimetria). O gráfico de fator de influência, I_z , também foi modificado e adaptado para cada caso. Para sapatas corridas a profundidade até onde

ocorrem deformações é tomada como o dobro daquela considerada para sapatas quadradas. O valor máximo de I_z ocorre em profundidades diferentes, B e $0,5B$, respectivamente (figura 2), e é dado de acordo com a equação 6.

$$I_{z \max} = 0,5 + 0,1 \sqrt{\frac{\sigma^*}{\sigma_v}} \quad (6)$$

Sendo: σ_v = tensão vertical em $I_{z \max}$.

Notando que o módulo de deformabilidade é 40% maior no caso plano em relação ao assimétrico, recomendou-se novas correlações para E_s :

$$E_s = 2,5q_c, \text{ para sapatas quadradas} \quad (7)$$

$$E_s = 3,5q_c, \text{ para sapatas corridas} \quad (8)$$

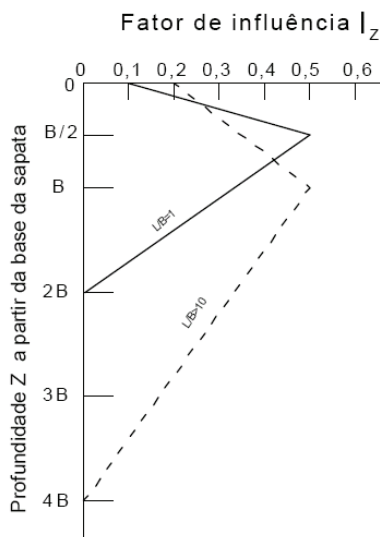


Figura 2. Fator de influência na deformação vertical (Schmertmann 1978, apud Cintra et al., 2003).

2.3 O Método de Burland e Burbidge (1984)

Burland e Burbidge (1984) basearam-se nos dados de mais de 200 observações de recalques em estruturas apoiadas em solos arenosos e desenvolveram uma equação empírica para o cálculo dos recalques baseada em retro-análise. O recalque é calculado pela equação 9.

$$s = C_1 C_2 C_3 \left(\sigma^* - \frac{2}{3} \sigma_{vd} \right) B^{0,7} I_C \quad (9)$$

Sendo: σ_{vd} = tensão de pré-consolidação da areia, B = menor dimensão da sapata, I_C = índice de compressibilidade, definido conforme a equação 10 (N_{60} é o resultado do ensaio SPT para uma eficiência de 60% avaliado a uma profundidade igual a $B^{0,7}$ da base da sapata).

$$I_C = \frac{1,71}{\bar{N}_{60}^{1,4}} \quad (10)$$

E C_1 , C_2 e C_3 são fatores adimensionais, respectivamente:

$$C_1 = \frac{1,25(L/B)}{0,25 + L/B} \quad (11)$$

$$C_2 = \frac{H}{Z} \left(2 - \frac{H}{Z} \right) \quad (12)$$

$$C_3 = 1 + R_3 + R_1 \log \left(\frac{t}{3} \right) \quad (13)$$

Onde: t (>3 anos) é o tempo após a construção, R_3 representa o efeito do tempo no recalque durante os três primeiros anos após a construção (após o recalque imediato), e R_1 representa o recalque secundário, que ocorre após os três primeiros anos. Os autores sugerem valores para R_3 (0,3 e 0,7) e R_1 (0,2 e 0,8) para os casos de carregamentos estáticos e variáveis, respectivamente.

2.4 O Método de Berardi e Lancellotta (1991)

Berardi e Lancellotta (1991) propuseram através da manipulação de dados observados por Burland e Burbidge (1984) uma equação alternativa para o cálculo de recalques em fundações rasas apoiadas em solos arenosos.

A metodologia, também baseada em retro-análise, considera a variação do módulo de deformabilidade com a tensão efetiva do solo através de comportamento elástico não-linear. O recalque é dado por:

$$s = \frac{\sigma^* B}{E} I_s \quad (14)$$

Sendo: I_s = fator de forma e rigidez da fundação (adimensional) - considera o formato geométrico e a rigidez da fundação, o coeficiente de Poisson, ν , e a razão entre a profundidade compressível da camada de solo e a largura da fundação. O fator I_s é, geralmente, tabelado (consultar, por exemplo, Berardi e Lancellotta 2001; Das e Sivakugan 2007; Caputo 2009).

O cálculo sugerido segue o procedimento descrito abaixo:

- Avaliar o SPT ao longo da profundidade de influência (admitida pelo autor como sendo igual à largura, B , da sapata);
- Estimar D_R (%) do solo através do NSPT corrigido para energia e tensão de confinamento (a proposta do autor é admitir a equação de Skempton 1986);
- Estimar o valor de $K_{E(0.1)}$ através da equação 15.

$$K_{E(0.1)} = 90,1 + 9,15.D_R \quad (15)$$

Sendo: $K_{E(0.1)}$ = módulo de deformabilidade adimensional inicial (estimado) e D_R = densidade relativa (%).

- Avaliar a Rigidez do solo, E , pela equação 16, e, em seguida calcular o recalque, s , pela equação 14.

$$E = K_E p_a \left(\frac{\sigma'_0 + 0.5 \Delta \sigma'}{p_a} \right)^{0.5} \quad (16)$$

Sendo: K_E = módulo de deformabilidade adimensional, p_a = pressão atmosférica, σ'_0 e $\Delta \sigma'$ = tensão efetiva e acréscimo de tensão gerado pelo carregamento na profundidade de $B/2$ abaixo de D_f , respectivamente.

A não-linearidade do solo é considerada pela equação 17. O módulo adimensional, K_E , deve ser corrigido através do módulo inicial calculado, $K_{E(0.1)}$, e do recalque relativo, s/B (%), até que se obtenha convergência.

$$\frac{K_E}{K_{E(0.1)}} = \alpha_1 \left(\frac{s}{B} \% \right)^{-\alpha_2} \quad (17)$$

Onde: $\alpha_1 = 0,2$ e $\alpha_2 = 0,7$.

A convergência ocorre quando o valor do recalque, s , estimado, iguala-se ao valor do recalque, s , calculado.

3 DISCUSSÕES GERAIS

Como a determinação de parâmetros de deformabilidade de areias *in situ* é muito difícil, já que a obtenção de amostras indeformadas é tarefa dispendiosa e raramente conduzida com pleno sucesso (em solos arenosos fora da influência do nível d'água e próximos a superfície do terreno, é possível determinar expeditamente a compactidade relativa comparando valores de densidade no campo com índice de vazios máximo e mínimo de laboratório), os métodos apresentados representam ferramentas valiosas para os projetos de fundações. Contudo, a variabilidade dos resultados obtidos por tais modelos estimativos é tema bastante discutido na comunidade científica e a utilização de ensaios de campo para análise de deformações deve ser vista com cautela. As limitações advêm de ineficácia na estimativa de parâmetros de cálculos (utilização de correlações desenvolvidas pelos autores para tipos específicos de solos, mas que são utilizadas, muitas vezes, sem adaptações para solos locais), dispersão entre resultados experimentais, formulações para determinação indireta do módulo de deformabilidade do solo (que cresce com a profundidade pelo efeito de confinamento), falta de confiabilidade e adequabilidade dos resultados de ensaios de campo, dentre outros.

Jardim (1987) considera impróprias as estimativas de recalque realizadas a partir do ensaio SPT, por se tratar de comparação entre fenômenos físicos distintos (o SPT é um ensaio dinâmico, e o recalque, para o caso de fundações, ocorre com deformação do solo sob carregamento estático), levando a resultados conservadores. Os ensaios do tipo cone estático

CPT parecem mais razoáveis, por tratarem do mesmo fenômeno das deformações, mas o autor prefere estimativas baseadas em ensaios de carga em placa, por fornecerem diretamente valores comparativos de recalques, restringindo-se o problema, basicamente, à extrapolação dos recalques obtidos para as placas de acordo com as dimensões de projeto das sapatas.

A heterogeneidade do solo de fundação também é tratada de forma distinta pelos diversos autores, como na distribuição do módulo de deformabilidade com a profundidade e na utilização de diferentes ensaios de campo (CPT e SPT) para a sua estimativa, conforme mencionado. Outros autores utilizam diferentes ensaios de campo para estimativa deste módulo como, por exemplo, o ensaio Pressurométrico (ver Monaco et. al. 2006).

Poulos (2000) afirma que a chave do sucesso está mais na estimativa correta de E_s que no método para o cálculo de recalques empregado.

É fato que, os modelos relacionam de forma proporcionalmente inversa o módulo E_s e a deformação do material (teoria da elasticidade), sendo que, tão mais conservadora for a estimativa de E_s menor a deformação calculada (recalque) e vice-versa.

Desta forma, a existência de diversos modelos de estimativa de recalques permite ao engenheiro geotécnico escolher a equação mais adequada para cada caso, sendo que, a determinação consciente de E_s pode conduzir a estimativas de recalques bem razoáveis. As questões são: É conhecida a variedade de modelos existentes, suas faixas de aplicabilidade, limitações e margens de erro? A estimativa de E_s é confiável?

A literatura apresenta diversos trabalhos onde diferentes métodos de estimativa de recalques foram analisados e comparados segundo critérios definidos, na tentativa de mensurar a variabilidade dos resultados obtidos, e, discutir limitações e aplicabilidades.

4 ESTUDOS ANTERIORES

Alguns trabalhos precedentes buscaram estudar comparativamente diferentes métodos de

estimativa de recalques, a fim de prever precisão, confiabilidade e probabilidade de se excederem os recalques admissíveis (Jeyapalan e Boehm 1986, Tan e Duncan 1991, Papadoulos 1992, Sivakugan et. al. 1998, Zekkos et. al. 2004, Caputo 2009).

Jeyapalan e Boehm (1986) analisaram estatisticamente 9 diferentes métodos estimativos, comparando-os com 71 casos de monitoramento de recalques de sapatas em solos arenosos. Os métodos de Schultze e Sherif (1973) e Schmertmann (1978) apresentaram os melhores resultados.

Tan e Duncan (1991) compararam 12 diferentes métodos estimativos, considerando: (1) a precisão, comparação entre o valor de recalque estimado e medido, (2) a confiabilidade, porcentagem dos casos em que a estimativa foi igual ou superior aos recalques medidos, e (3) a facilidade de utilização, tempo requerido para executar os cálculos. A figura 2 apresenta a relação entre precisão e confiabilidade, obtida por eles, onde o ponto ótimo é apresentado em negrito, coordenadas (1;100). Concluíram que os diferentes métodos foram desenvolvidos a fim de atingir objetivos distintos, sejam eles: confiabilidade e precisão, grandezas proporcionalmente inversas.

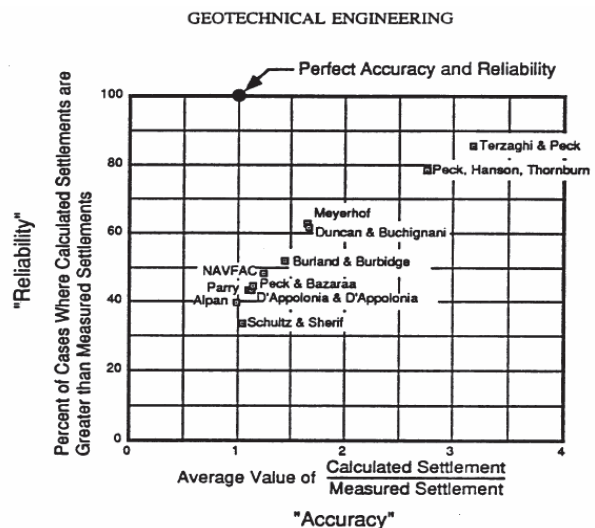


Figura 3. Relação entre precisão e confiabilidade para onze métodos de estimativa de recalques baseados no ensaio SPT. (Tan e Duncan, 1991).

Outros autores preferem trabalhar com análises probabilísticas. Zekkos et. al. (2004) mostraram, conforme figura 4, a probabilidade de excedência de valores de recalques

estimados, considerando 30% de probabilidade de excedência do recalque admissível de 25 mm, segundo a equação de Burland e Burbidge (1984).

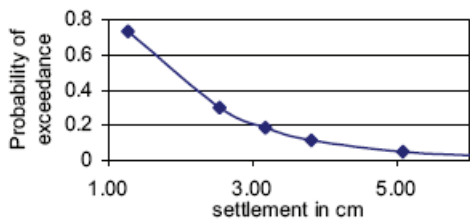


Figura 4. Probabilidade de excedência para diferentes valores de recalques, segundo o método de Burland e Burbidge, 1984. (Zekkos et. al., 2004).

Mais recentemente, Caputo (2009) comparou os métodos Burland e Burbidge (1984) e Berardi e Lancellotta (1991), concluindo ser o primeiro deles o mais conservativo.

5 ESTUDO DE CASO

Para este estudo de caso comparativo, utilizou-se 5 resultados para monitoramento de recalques em 9 pilares, do Edifício SFA, localizado no Recreio dos Bandeirantes, Rio de Janeiro, e estudado por Gonçalves (2004).

Os recalques foram estimados através dos quatro métodos apresentados anteriormente para as sapatas S1, S10, S11, S15 e S21, com distribuição conforme croqui apresentado na figura 5. Os dados geotécnicos das sapatas estão apresentados na tabela 1, considerando o perfil do terreno e características da fundação apresentados por Gonçalves (2004), e de acordo com as considerações e simplificações abaixo:

- A influência das sapatas adjacentes não foi considerada nos cálculos de recalques, assim como os efeitos da interação solo-estrutura.
- Para os métodos Schmertmann (1970) e Schmertmann et. al. (1978), lançou-se mão da equação 5, com $K=0,35$ MPa, uma vez que os ensaios de campo realizados são do tipo SPT.
- O peso específico $\gamma_t = 19$ KN/m³ do solo de fundação foi arbitrado com base nos valores de NSPT disponíveis.
- O solo de fundação foi considerado

normalmente consolidado.

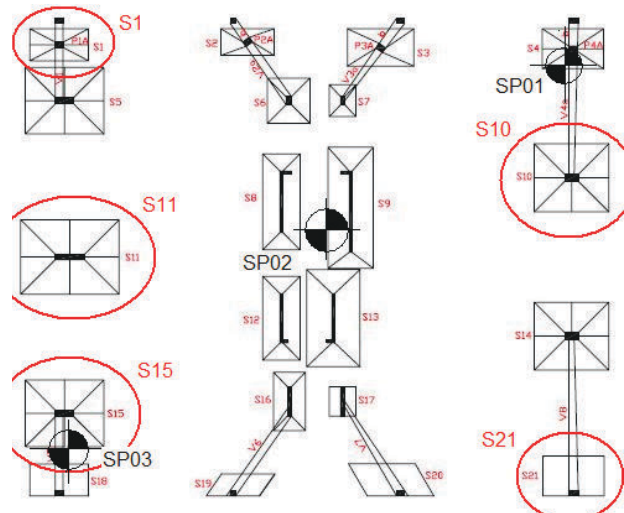


Figura 5. Croqui da Fundação (Adaptado de Gonçalves, 2004).

Os recalques medidos são apresentados na tabela 1 e correspondem ao período do término da obra, ou seja, com toda a carga de projeto atuante (estrutura + sobrecarga de ocupação).

Tabela 1. Dados geotécnicos das sapatas.

Sapatas	L x B (m)	σ (KN/m ²)	Recalque medido (mm)
S1	2,20 x 1,20	174,24	5,10
S10	2,80 x 2,55	196,08	7,56
S11	3,70 x 2,80	189,2	6,95
S15	2,95 x 2,50	235,93	6,43
S21	2,30 x 1,50	168,12	7,65

Obs.: As sapatas foram assentadas na cota de -1,5m do nível do terreno

As leituras foram executadas através de pinos de aço fixados nos pilares do pavimento de acesso do edifício, com nivelamento tomando como referência pinos situados em meio-fios suficientemente afastados da obra.

Para caracterização geotécnica do terreno, foram realizados três furos de sondagem tipo SPT, conforme locação apresentada na figura 5. A figura 6 ilustra o perfil típico do solo de fundação até a profundidade de 15 metros, representado por depósitos de solos sedimentares (aluvionares). Apenas a sondagem SP01 prosseguiu a profundidade superior a 15m indicando pacotes argilosos até 26,28m, de consistência mole a dura, sobrejacentes as camadas de areia.

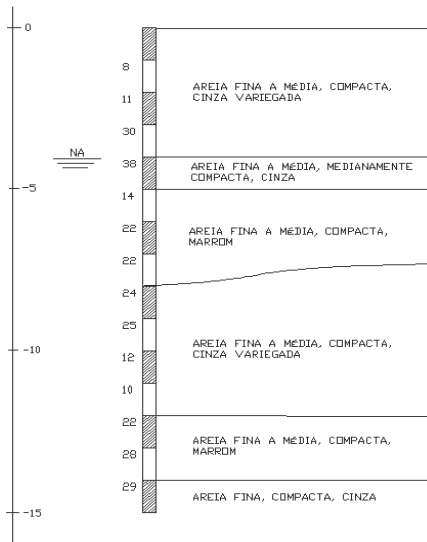


Figura 6. Furo de Sondagem SP1, Típico do Terreno. (Adaptado de Gonçalves, 2004).

Os resultados para as estimativas de recalque realizadas são mostrados nas figuras 7 e 8. Os métodos apresentaram resultados de recalques estimados superiores aos medidos, exceto, para a sapata S21, onde somente o recalque estimado pelo o método Burland e Burbidge (1984) apresentou-se superior.

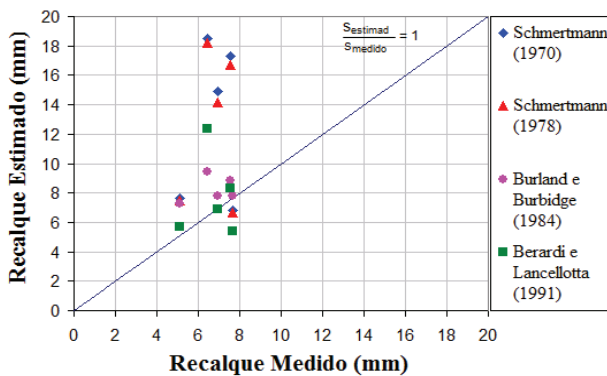


Figura 7. Recalque Estimado e Recalque Medido para o Estudo de Caso.

É interessante observar a importância das simplificações tomadas para os cálculos, nos resultados finais. De acordo com a desconsideração da influência das sapatas adjacentes, subestimou-se os valores calculados dos recalques, uma vez que, é fato a ocorrência de acréscimos de tensão devido a carregamentos próximos a sapata de análise em questão.

Outro fator de importância é a interação solo-estrutura. Ao estimar os recalques para

sapatas isoladas, não é considerado o efeito de rigidez da superestrutura do edifício, fator que atua na redistribuição dos esforços, especialmente na interface solo-estrutura, uniformizando os recalques. A presença de cintamentos e vigas de equilíbrio na fundação são fatores significativos. Os recalques medidos, apresentados na tabela 1, confirmam esta tendência de uniformização.

Igualmente, a utilização da correlação entre resultados dos ensaios SPT e CPT, prevista na equação 5, para o cálculo de recalques segundo os métodos Schmertmann (1970) e Schmertmann et. al. (1978), pode conduzir a estimativas grosseiras de E_s . Neste caso, pode-se preferir pela utilização de outras equações para esta estimativa a partir de resultados diretos do ensaio SPT, conforme apresentado, por exemplo, por Das e Sivakugan (2007).

A relação entre precisão e confiabilidade para os casos estudados está representada na figura 9. Os métodos Burland e Burbidge (1984) e Berardi e Lancellotta (1991) apresentaram precisão em torno de 1,2. Já os métodos Schmertmann (1970) e Schmertmann et. al. (1978) apresentaram precisão de, aproximadamente, 1,9. O método de Burland e Burbidge (1984) apresentou melhor confiabilidade, com recalques calculados superiores aos medidos em todos os casos, em virtude ao método de Berardi e Lancellotta (1991) que apresentou o menor grau de confiabilidade, 60%.

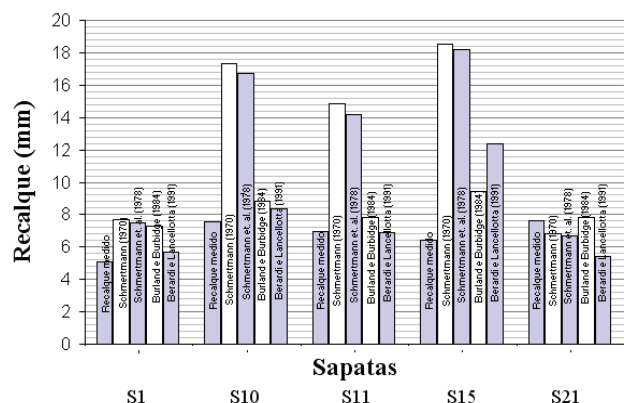


Figura 8. Comparativo dos Valores de Recalques para as cinco sapatas analisadas.

Apesar da limitação na quantidade de dados analisados, pôde-se perceber que os resultados confirmam a tendência de superestimção de

recalques estimados (Jeyapalan e Boehm 1986, Tan e Duncan 1991, Papadoulos 1992 e Sivakugan et. al. 1998).

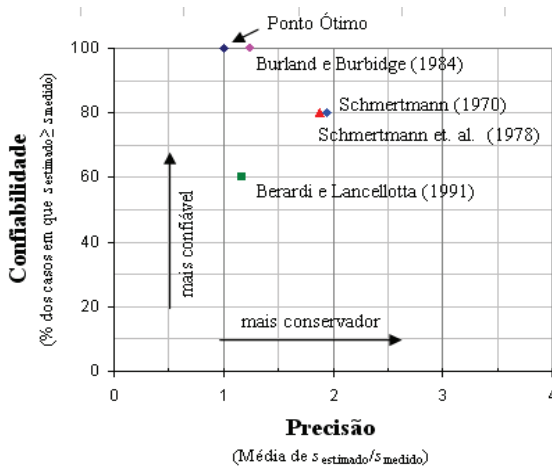


Figura 9. Relação entre Precisão e Confiabilidade para o Estudo de Caso.

6 CONCLUSÕES

Da comparação entre os recalques medidos para 5 pilares sobre sapatas assentadas em areia e os recalques calculados por quatro métodos (Schmertmann 1970; Schmertmann et. al. 1978; Burland e Burbidge 1984; Berardi e Lancellotta 1991), pôde-se concluir (ressalvadas as simplificações adotadas) quanto aos quesitos confiabilidade e precisão (Tan e Duncan, 1991) que o método de Burland e Burbidge (1984) foi o melhor avaliado, com precisão e confiabilidade em torno de 1,25 e 100%, respectivamente. Os métodos Schmertmann (1970) e Schmertmann et. al. (1978) apresentaram-se mais conservadores, com precisão, em torno de 1,8 e o método de Berardi e Lancellotta (1991) mostrou-se o menos confiável, com confiabilidade de 60%.

Verifica-se que estas equações devem ser utilizadas com critério, sendo a adoção dos valores finais de projeto responsabilidade do Engenheiro Geotécnico.

REFERÊNCIAS

- Berardi, R., Lancellotta, R. (1991). Stiffness of granular Soils from field performance. *Géotechnique* 41, No.1 149-157.
- Burland, J.B., Burbidge, M.C. (1984). Settlement of foundations on sand and gravel, *Proceedings of Institution of Civil Engineers, Part 1*, 1985, 78, Dec., 1325-1381.
- Caputo, V. (2009). Settlement predictions for coarse grained soils based on SPT result – 17th International Conference on Soils Mechanics and Geotechnical Engineering. 1084-1087.
- Cintra, J.C.A., Aoki, N., Albiero, J.H. (2003). *Tensão Admissível em Fundações Diretas – São Carlos: Rima.*
- Das, M. B., Sivakugan, N. (2007). Settlements of Shallow foundations on granular soil – an Overview, *International Journal of Geotechnical Engineering*: 1 (19-29).
- Douglas, D.J. (1986). State of the Art. *Ground Engineering*, 19(2), 2-6.
- Gonçalves, J.C. (2004). Avaliação da Influência dos Recalques das Fundações na Variação de Carga dos Pilares de um Edifício. *Dissertação de Mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Abril.*
- Jardim, W.F.D (1987). Crítica aos Métodos que Utilizam o Ensaio SPT para Previsão de Recalques em Fundações. *Revista Tecnologia*, Junho, pg. 39-45.
- Jeyapalan, J.K., Boehm, R. (1986). Procedures for Predicting Settlements in Sands, *Settlements of Shallow Foundations and Cohesionless Soils: Design and Performance*, Ed. WO Martin, ASCE, Seattle, 1-22.
- Monaco, P., Totani, G., Calabrese, M. (2006). "DMT-Predicted vs. Observed Settlements: A Review of the Available Experience" *Proc. Second Intl Conf. on the Flat Dilatometer, Washington D.C.*, p. 244-252
- Papadoulos, B.P (1992). Settlements of Shallow Foundations on Cohesionless Soils. *Journal of Geotechnical Engineering, ASCE*, 118 (3), pg. 377-393.
- Poulos, H.G. (2000). *Foundations Settlement Analysis – Practice versus Research*, 8th Spencer J. Buchanan Lecture, November, Texas.
- Tan, C.K., Duncan, J.M. (1991). Settlement of footings on sands – Accuracy and Reliability. *Geotechnical Engineering Congress*, v.1, pg. 446-455.
- Zekkos, D.P., Bray, J.D., Der Kiureghian, A. (2004). Reliability of shallow foundation design using the standard penetration test. *Proceedings ISC-2 on Geotechnical and Geophysical Site Characterization*, Viana da Fonseca e Mayne (eds.), 2004 Millpress, Rotterdam, ISBN 90 5966 009 9.1575-1582.
- Schmertmann, J.H.(1970). Static Cone to Compute Static Settlement over Sand. *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE*, v.96, n° SM.3, pg. 1011-1043.
- Schmertmann, J.H., Hartman, J.P., and Brown, P.R. (1978). Improved Strain Influence Factor Diagrams. *Journal of the Geotechnical Division, ASCE*, 104(8), pg. 1131-1135.
- Sivakugan, N., Eckersley, J. Li, H. (1998). Settlements Predictions Using Neural Networks, *Australian Civil Engineering Transactions*, CE40, pg. 49-52.