

PREVISÃO DE RECALQUES EM FUNDAÇÕES DIRETAS, ATRAVÉS DO MÉTODO DE HOUSEL — BARATA

* Walmir Fernando Duarte Jardim

Nesse artigo é apresentado o método de Housel-Barata que tem se mostrado um valioso instrumento para previsões realistas de recalques, em fundações diretas isoladas construídas em solos de deformabilidade quase imediata. O método emprega provas de carga "in situ" realizadas sobre placas reduzidas, circulares ou retangulares, em poços de dimensões as mais próximas possíveis destas.

1.0 — INTRODUÇÃO

A previsão realista de recalques de estruturas cujas fundações estão assentes sobre solos, tem se mostrado cada dia mais necessária aos projetos de engenharia.

Nos projetos de edificações maiores, viadutos, fundações para máquinas operatrizes, altos fornos, tanques industriais de combustíveis, etc. . . é comum o engenheiro encontrar-se diante de critérios de recalques admissíveis que condicionam a concepção e cálculo do elemento de fundação.

Métodos e processos de estimativa de recalque em fundações foram publicados por diversos autores, fazendo correlações com ensaios testes de campo, ensaios de laboratório ou provas de carga em placas de dimensões reduzidas.

Correlações entre recalques e parâmetros obtidos de ensaios de laboratório tem se mostrado difíceis e imprecisas como observam diversos estudiosos do assunto como: Burland e outros (1973) Lambe (1973), Peck (1965), Schmertmann (5). Shultze (6) apresentou um artigo onde mostra que os recalques previstos com base em ensaios de laboratório foram, em média, duas vezes maiores que os observados em algumas edificações em Stuttgart (Alemanha).

A incorreção das correlações desse tipo se deve à dificuldade de se reproduzir em laboratório as tensões a que a amostra estava "in situ" além, das perturbações causadas na mesma nos processos de extração e manuseio. Esse procedimento tem, ainda, sua aplicação dificultada em solos sem coesão, devido aos problemas práticos inerentes à coleta de amostras indeformadas.

Os processos que correlacionam recalques e ensaios testes de Campo (SPT ou Cone Holandês) tem apresentado imprecisões de grande magnitude por correlacionarem fenômenos físicos distintos além, de não computarem a pressão devida ao peso de terra sobrejacente a fundação. Autores como Jorden (1977) Meyerhof (1965), Jardim (4) e outros tem mostrado a ineficiência dessas correlações.

Relações entre recalques de fundações reais e provas de carga em placas reduzidas foram propostas por vários estudiosos porém, quase todas não se mostraram com precisão necessária as aplicações práticas. O difundido método de Terzaghi - Peck que utiliza uma placa quadrada de 0,30m de lado, propõe uma expressão para extrapolação para placas

maiores e reais que pode superestimar ou subestimar fortemente os recalques. Barata (2) provou por via teórica a inacurácia da expressão de Terzaghi-Peck, que também foi verificada por via experimental por D'Appolonia e outros (3).

Um método que baseia-se em provas de carga reduzidas para previsão de recalques, e que não comete as incorreções dos métodos semelhantes, foi proposto por Housel, analisado por Burmister e desenvolvido por Barata.

Esse sistema de correlação, chamado de método de Housel-Barata, parece ser promissor para obtenção de previsões realistas de recalques de fundações, sobre solos de compressibilidade quase imediata.

2.0 — MÉTODO DE HOUSEL — BARATA

O método de Housel-Barata é um processo de extrapolação de resultados de provas de carga em placas modelo reduzidas e ensaiadas em cavas com diâmetros os mais próximos possíveis dos das placas. Sua aplicação só é válida para solos com deformabilidade quase imediata, ou seja, para solos de alta permeabilidade em qualquer grau de saturação ou para solos de pequena permeabilidade e baixo grau de saturação.

2.1 — Desenvolvimento do Método

O Prof. William S. Housel, da Universidade de Michigan, estudando na década de 1930 o problema de pressão admissível de fundações diretas isoladas, assentes em terrenos homogêneos, realizou um elevado número de provas de carga em placas circulares com diâmetros de 30, 60 e 80cm.

Analisando os resultados dessas provas de carga Housel observou que a pressão (p) necessária para produzir um determinado recalque (Δ) na placa, varia linearmente com a razão entre o perímetro (P) e a área (A) da placa. Para representar tal variação propôs a seguinte expressão:

$$p = n + m \left(\frac{P}{A} \right) \dots \dots \dots (i)$$

Na qual n e m são parâmetros característicos do solo e tem dimensão de força por área e força por comprimento, respectivamente.

* M. Sc. UFRJ — Professor do Departamento de Engenharia Civil da UNIFOR.

O Prof. Fernando Barata (1) verificou por via prática e teórica que a expressão (i) de Housel só é integralmente válida para provas de carga na superfície do terreno.

Porém, como a maioria das fundações são projetadas a uma certa profundidade (H) abaixo do nível do terreno, sofre a ação do que se estabeleceu chamar de "efeito de profundidade". Tal efeito se traduz no fato de que num solo homogêneo, com módulo de elasticidade igual em qualquer ponto, uma mesma placa à medida que é ensaiada em profundidades maiores apresenta recalques cada vez menores, para a mesma pressão (p).

Com base nos trabalhos de Mindlin (Caquot-Kerisel, 1956), Barata introduziu na expressão original de Housel a influência do "efeito de profundidade", devido a sobrecarga de terra situada acima da cota de assentamento da placa. A expressão resultante tem a seguinte forma:

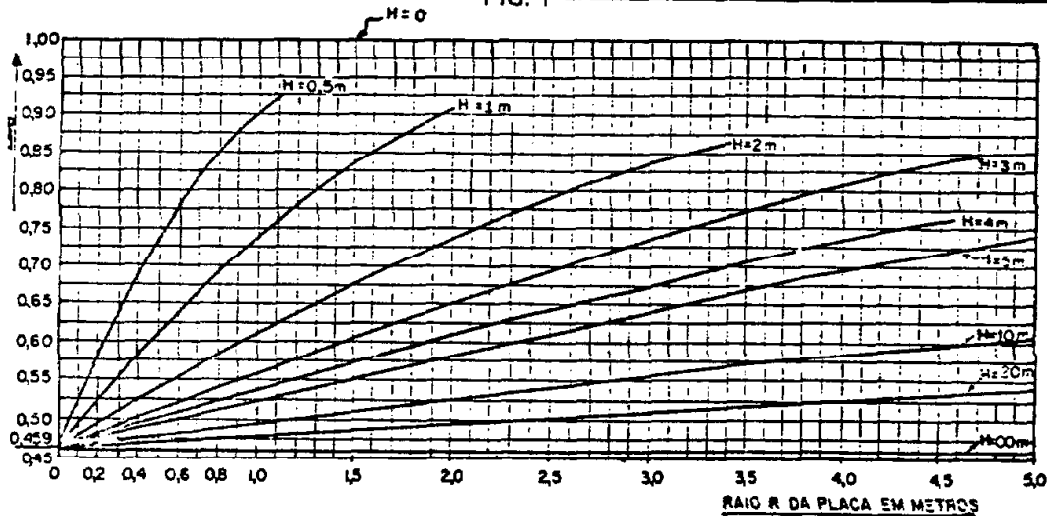
$$p = \frac{1}{\lambda} [n + m (P/A)] \dots\dots\dots (ii)$$

Onde λ é o coeficiente de Mindlin do "efeito de profundidade".

Para placas circulares os valores de λ podem ser obtidos das curvas da figura nº I, em função do raio (R) e da profundidade (H). Para placas retangulares o ábaco da figura nº II relaciona λ com a profundidade (H), com o lado maior da placa (L) e com o lado menor (B).

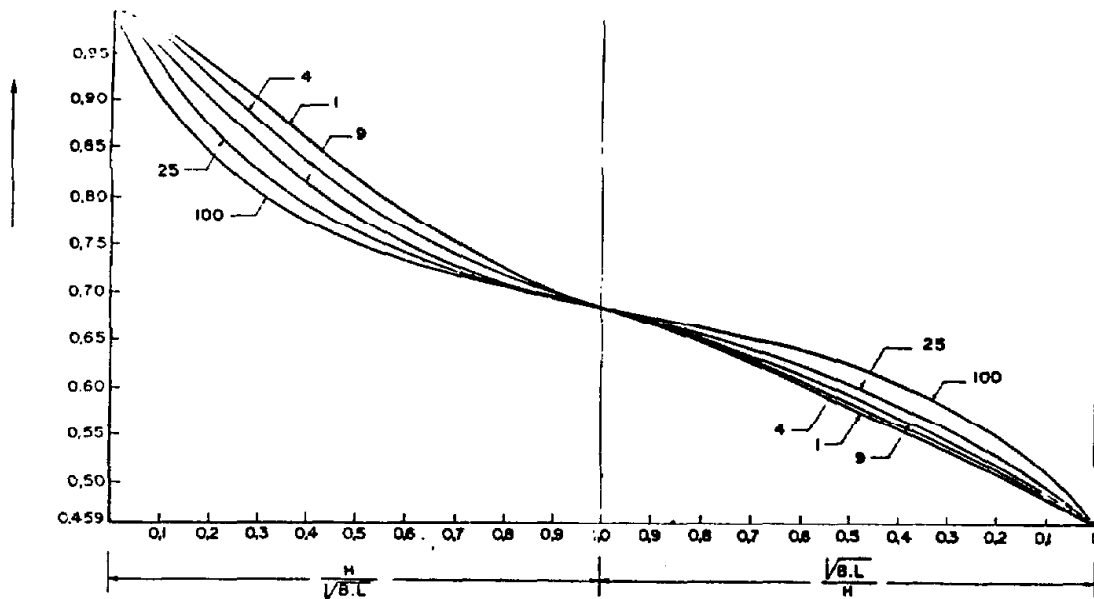
É interessante salientar que embora os ábacos das figuras I e II tenham sido calculados para materiais com coeficiente de Poisson (μ) de 0,3 podem ser aplicados para outros materiais com boa precisão. Para $\mu = 0,50$ os valores de λ são apenas 10% maiores que os apresentados nas figuras.

FIG. I



$\lambda = f(h, R)$ – PARA PLACAS CIRCULARES O COEFICIENTE DE POISSON $\mu = 0,30$ (INTEGRAÇÃO DAS EXPRESSÕES DE MINDLIN - CAQUOT-KERISEL)

FIG. II

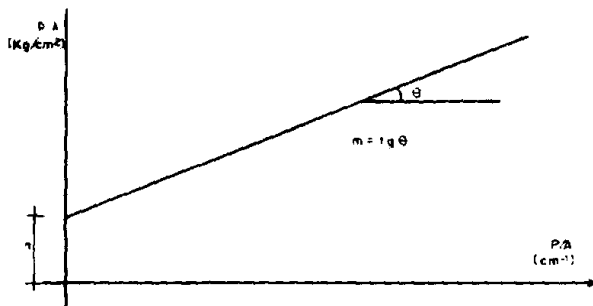


OBS.: Os números das curvas representam a relação $\frac{L}{B} = \frac{1}{x}$

ÁBACO PARA DETERMINAÇÃO DE λ PARA PLACAS RETANGULARES FLEXÍVEIS

Werneck, Jardim e Almeida (7) observaram que a expressão (ii) quando representada em gráfico de ordenada p/λ e abscissa (P/A) tem sempre a forma de uma linha reta independente da profundidade e das dimensões da placa. O coeficiente angular ($\text{tg } \theta$) dessa reta será m e sua interseção com o eixo das ordenadas n , como mostra a figura III.

FIGURA III
GRÁFICO p/λ VERSOS P/A



2.2 – Aplicação do Método

A seguir é apresentada uma seqüência para aplicação do método de Housel-Barata:

a) Tendo já escolhida a profundidade na qual o elemento de fundação vai trabalhar, procede-se a execução de provas de carga em duas ou idealmente três placas de dimensões reduzidas (p. exemplo $D = 15,20$ e 30cm), na cota de assentamento da fundação.

Em seguida realiza-se também provas de carga em uma ou duas profundidades abaixo da cota prevista para a fundação (Figura V. a). Isto se faz necessário para conhecimento da deformabilidade ao longo da região do bulbo de pressões onde acontecerá a maior parte dos recalques da fundação.

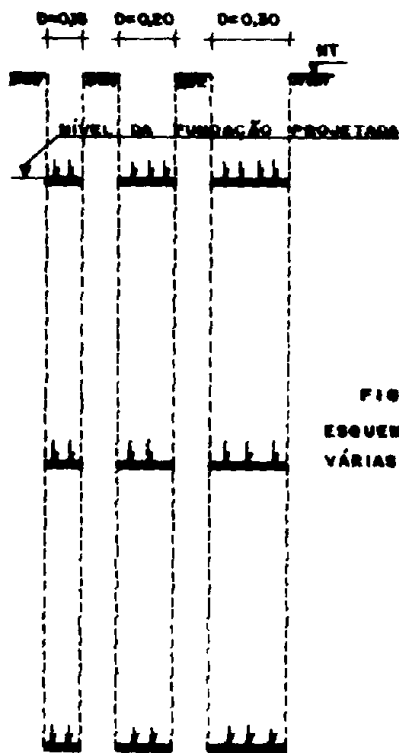


FIGURA V.a
ESQUEMA DAS PROVAS EM VÁRIAS PROFUNDIDADES.

Algumas pesquisas indicam que 75% do recalque total da fundação ocorre numa região do terreno que alcança uma profundidade igual a duas vezes a sua largura (B) (Fig. IV).

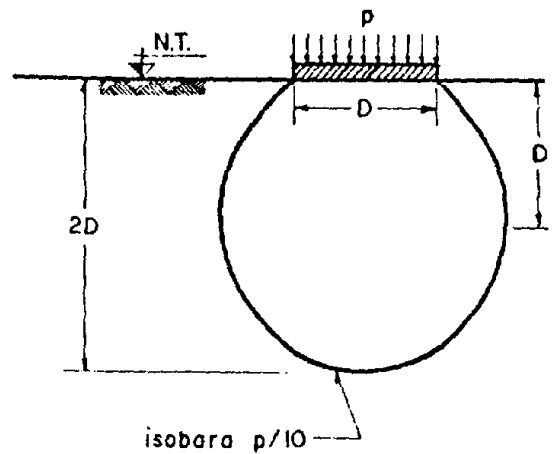


FIG. IV

b) Para cada prova de carga elabora-se um gráfico pressão x recalque onde para o recalque admissível da fundação obtém-se a pressão que o provoca (Figura V-b).

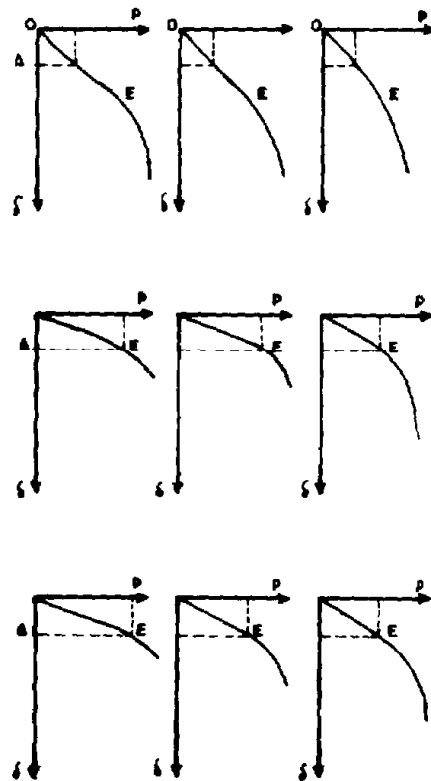


FIGURA V.b
GRÁFICOS PRESSÃO X RECALQUE

c) De posse dessas pressões que produzem o recalque admissível constroem-se para cada profundidade um gráfico $p \lambda$ versus P/A , de onde retira-se os parâmetros n e m (Figura V.c). Como λ é função da largura da fundação (B), deve-se adotar um valor para B e obter λ dos ábacos das figuras I e II.

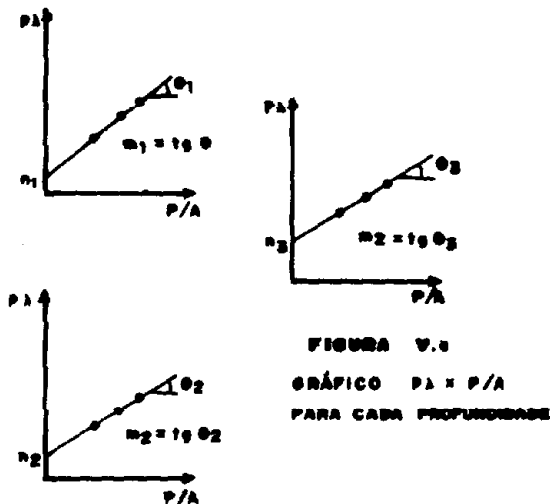


FIGURA V.c
GRÁFICO $p \lambda = P/A$
PARA CADA PROFUNDIDADE

d) Plota-se num gráfico os valores de $n \times H$ (figura V-d) e outro os de $m \times H$ (figura V-e).

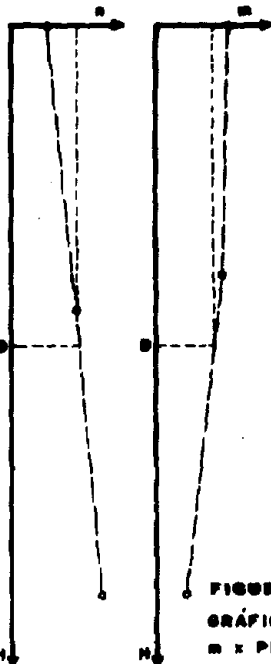


FIGURA V.d
GRÁFICO
 $n \times$ PROFUNDIDADE

FIGURA V.e
GRÁFICO
 $m \times$ PROFUNDIDADE

e) Como a região que ocorre a maioria dos recalques atinge uma profundidade abaixo da fundação igual a 2 vezes a sua maior dimensão, adota-se para valores "controladores" dos recalques as grandezas de n e m a profundidade igual a menor dimensão da fundação ($H = B$).

f) Obtidos os parâmetros "controladores" n e m pode-se expressar a pressão que causa o recalque admissível (Δ) por:

$$P = \frac{1}{\lambda} [n + m (P/A)]$$

g) Conhecendo-se a carga (Q) que a estrutura transmitirá a fundação tem-se que:

$$\frac{Q}{A} = \frac{1}{\lambda} [n + m \left(\frac{P}{A} \right)] \quad \text{ou}$$

$$A = \frac{Q \cdot \lambda - m \cdot P}{n} \quad \text{(iii)}$$

Da expressão (iii) tem-se a área A e sendo ela igual ao produto $B \times L$, obtém-se um valor para L .

h) O valor da área ($B \times L$) obtido representa que uma fundação com essa área, sujeita ao carregamento (Q), apresentará um recalque igual ao admissível adotado.

3.0 - VALIDADE DO MÉTODO HOUSEL-BARATA

O método como descrito nos itens anteriores só se aplica para fundações isoladas, assentes sobre solos que a deformação ocorre quase imediatamente a ação das cargas, isto é, solos que não apresentam adensamento ao longo do tempo.

As provas de carga necessárias devem ser executadas em cavas fechadas ou seja, em furos com dimensões muito próximas as das placas. Uma maneira promissora de executá-las é através de provas em placas parafuso difundidas por Schmertmann (5).

O método é aplicável com segurança quando para o recalque admissível, as pressões correspondentes nos gráficos $p \times$ recalque estejam no trecho inicial de linearidade (trecho DE na figura V-b). Quer dizer, no trecho onde é válida a teoria da elasticidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARATA, F.E. (1966) - "Ensaio de placa para fixação de taxa admissível de Fundações Diretas" - III Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos, Vol I - Belo Horizonte.
- BARATA, F. E. (1973) - "Prediction of settlements of foundation on sand" - 8th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering - Vol. 2 - Moscou - pp 7.
- D'APPOLONIA, J. D e BRISSETTE, R. (1968) - "Settlement of Spread Footings on Sand" - Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division, ASCE, vol. 94 - 5n3.
- JARDIM, W. F. - "Crítica aos métodos que utilizam o ensaio SPT para previsão de recalques em fundações" - Revista Tecnologia - ano 1987.
- SCHMERTMANN, J. (1970) - "Suggested Method for Screw Plate Load Test" - Special Procedures for testing soil and rock for engineering purposes - ASTM - 5TP-479.
- SCHULTZE, E SIEVERING, W (1977) - "Statistical Evolution of settlement observations" - 9th International Conference on soil Mechanics and Foundation Engineering - Vol. 1 - Tóquio.
- WERNECK, N, JARDIM, W. F e ALMEIDA, N (1979) - "Deformation Modulus of a Gneissic Residual Soil Determined from Plate Loading Tests" - Solos e Rochas - Vol. 2/Dez.