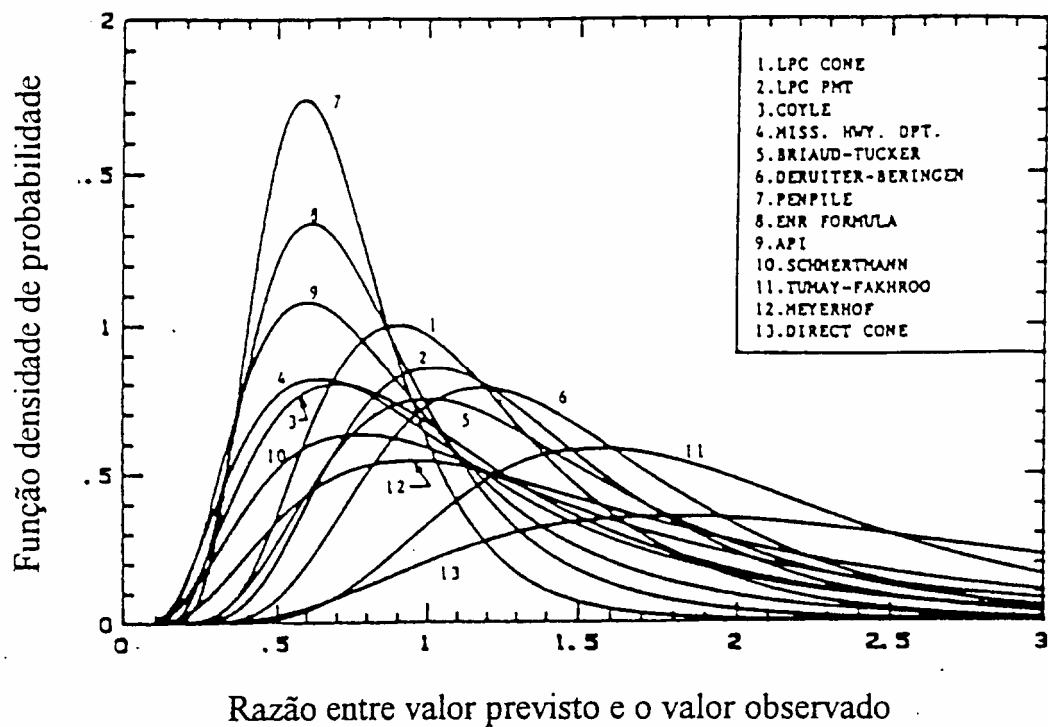


ENSAIOS DE CARGA EM ESTACAS

À luz dos ensaios PLT os ensaios de carga de estacas são, provavelmente, a ferramenta mais fiável par ao projecto de fundações indirectas.

Não deixa de ser interessante referir que **a falta de fiabilidade dos métodos de dimensionamento baseados no cálculo** e utilizando pressupostos de distribuição de tensões muitas vezes de cariz semi-empírico, se traduz em **variações preocupantes entre resultados de diversos métodos de previsão**. Para ilustrar esta afirmação apresenta-se na figura seguinte uma análise comparativa de um grande número de previsões, versus o valor observado da capacidade de carga de 98 ensaios de estacas (Briaud e Tucker, 1988).



Distribuição probabilística para 13 métodos de previsão da capacidade de carga de estacas baseada em 98 ensaios de estacas (Briaud & Tucker, 1988)

É óbvia a vantagem, que hoje **se reconhece como tendência a seguir, de privilegiar os ensaios de carga como método preferencial de dimensionamento.**

O **Eurocódigo 7** refere-se que o projecto pode ser baseado numa das seguintes abordagens:

- nos resultados de *ensaios de carga estática*, cuja consistência com outras experiências relevantes seja demonstrada por meio de cálculos ou de outra forma;
- em métodos de cálculo empíricos ou analíticos cuja validade seja demonstrada por *ensaios de carga estática* em situações comparáveis; e
- nos resultados de ensaios dinâmicos cuja validade seja demonstrada por *ensaios de carga estática* em situações comparáveis.

Nos termos do EC7 considera-se, assim, que estes ensaios são uma peça fundamental e **o projecto só estará completo após a execução destes ensaios.** *Estes só podem ser dispensados quando o projecto interessar uma estrutura extremamente simples, para a qual seja possível assegurar, com base na experiência, que as exigências fundamentais são satisfeitas e cuja ruína acarrete um risco desprezável para as pessoas e bens. É, contudo, necessário garantir que as condições do terreno caem dentro da área de experiência (ainda que qualitativamente) e que a instalação das estacas é feita de acordo com os princípios pressupostos.*

Condições de realização de ensaios

Estes ensaios podem ser conduzidos sobre **estacas experimentais**, que são especialmente construídas para o efeito, **ou** sobre **estacas definitivas** que farão parte das fundações da estrutura a realizar.

A **carga máxima a atingir** nos ensaios depende do tipo de estacas ensaiadas. Se as estacas são **experimentais**, deve-se levar a **carga até à rotura** (cuja definição

já foi discutida no ponto anterior). Se, pelo contrário, as **estacas** forem **de serviço**, o EC7 estabelece que a carga deverá atingir, **pelo menos, a carga de serviço** (correntemente conduz-se o ensaio em dois ciclos, o primeiro até à carga prevista de serviço e o segundo até cerca de uma vez e meia aquela – a menos que haja condicionalismos de fissuração do betão que o limitem ao primeiro valor, sendo esta ressalva importante se se pensar em ensaios de carga transversais).

O número de estacas ensaiadas para verificar o projecto deverá ser estabelecido tendo em conta a variabilidade dos terrenos de fundação (em planta), as experiências devidamente documentadas do comportamento do mesmo tipo de estacas em situações semelhantes e ainda do número total de estacas e dos seus tipos na fundação a dimensionar.

Além disso, **os terrenos de fundação devem ser exaustivamente caracterizados**, por meio de ensaios *in situ* bem adaptados ao tipo de fundação e da acção em causa, por exemplo, os CPT para carregamentos eminentemente verticais e os pressiómetros para os transversais. Note-se que a determinação da natureza do terreno deve envolver todos os estratos que se prevê contribuirão significativamente para o comportamento em termos de deformação, sendo que a profundidade dessa inspecção deve atingir **pelo menos 5 diâmetros da estaca sob a sua ponta**, excepto nos casos em que se encontre rocha sã ou solos muito rijos a menor profundidade.

Uma condição irrepreensivelmente a cumprir é de que as estacas ensaiadas devem ser instaladas de forma idêntica à das estacas que irão formar a fundação.

Quando não for possível, por qualquer razão (entre as quais sobressai a dificuldade ou o preço da execução de uma estrutura de carga de grande porte), executar estacas com o mesmo diâmetro que a projectada, haverá que observar algumas regras:

- a **relação entre os diâmetros** das estacas experimentais e das definitivas **não deve ser inferior a 0,5**;
- as estacas têm que ser construídas com o **mesmo processo**

- as estacas experimentais devem ser **instrumentadas de forma** a que, a partir das medições, seja **possível determinar separadamente as resistências de ponta e lateral**.

Este último aspecto potencia de sobremaneira a interpretação dos resultados de um ensaio de estaca e permite identificar com rigor o peso de cada uma das parcelas de resistência e de deformabilidade nestas estruturas geotécnicas e cuja definição é a base de dimensionamento das mesmas.

Segundo o Eurocódigo 7, para obtenção do valor característico da capacidade resistente última, R_{ck} , a partir do resultado dos ensaios de carga, R_{cm} , contemplando possíveis variações do terreno de fundação e efeitos do método construtivo, deverá ser considerada a seguinte expressão:

$$R_{ck} = R_{cm} / \xi$$

em que ξ depende do número de ensaios efectuados (Quadro), sendo claro que os coeficientes de minoração das cargas medidas baixam com aquele número de ensaios e com a consideração do valor mínimo obtido.

Número de ensaios de carga	1	2	>2
a) Coeficiente ξ aplicável ao valor médio de R_{cm}	[1,5]	[1,35]	[1,3]
b) Coeficiente ξ aplicável ao valor mínimo de R_{cm}	[1,5]	[1,25]	[1,1]

Procedimentos correntes de ensaios e interpretação

O procedimento do ensaio baseia-se mais correntemente no método recomendado pela Sociedade Internacional de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações e pelo Eurocódigo 7 (ISSMFE, 1985) e que é descrito no artigo:

"Axial Pile Loading Test - Part 1: Static Loading"

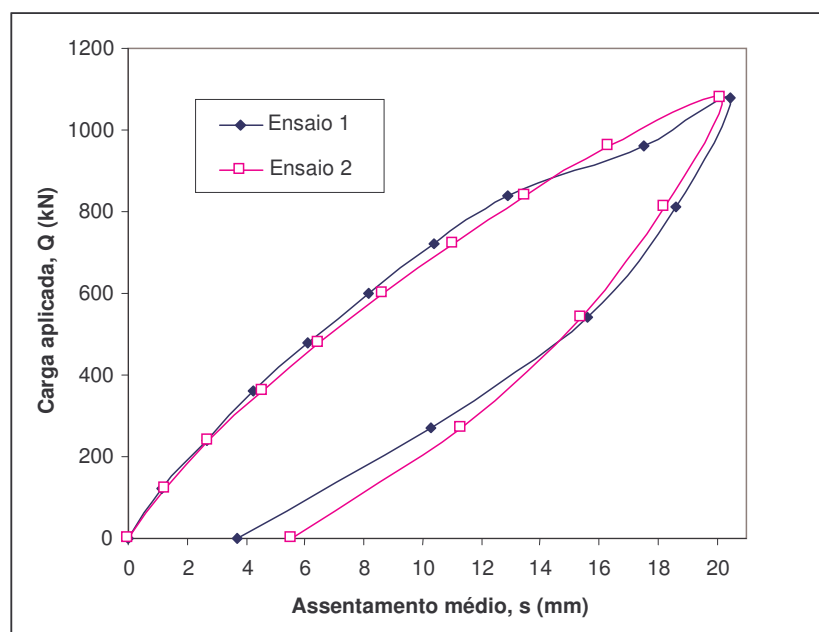
Suggested Method - ISSMFE Subcommittee on Field and Laboratory Testing. Geotechnical Testing Journal, GTJODJ, Vol. 8, N° 2, Junho de 1985, pp. 79-90.

Neste documento faz-se uma criteriosa selecção de procedimentos, para ensaios à compressão e à tracção, tanto de estacas experimentais e definitivas. Nele se discutem alguns critérios de definição de parâmetros de deformabilidade e, muito particularmente, meios de avaliação da carga última (R_{cm}).

A forma das curvas carga-assentamento não denota usualmente significativos pontos de inflexão do comportamento tensão deformação, traduzindo uma sucessiva perda de rigidez do sistema estaca-macício envolvente com o aumento gradual da solicitação aplicada (ver - acima – *ábaco de Vésic*).

UM EXEMPLO:

Na figura que se segue ilustra-se curvas típicas de ensaios.



Diagramas de carga-assentamento de dois ensaios à compressão

A definição dos valores das cargas limite faz-se por manipulação das curvas de carga-assentamento obtidas. A este propósito, pode-se ler nesse documento:

"... as curvas de carga assentamento variam consideravelmente e, consequentemente, os critérios para definir a carga limite dependem muito da manipulação das mesmas. Por isso, os critérios que se baseiam nos gradientes das curvas não são considerados embora possam ter algum mérito como princípio de indício de rotura ...".

Como consequência destas considerações, o mesmo documento sugere que para o dimensionamento de estacas à compressão, **deve-se adoptar um estado de rotura definido por uma taxa de assentamento a carga constante que ocorra raramente. Assim o ensaio deve ser limitado por força ou assentamento. Sugere finalmente como critério prático que a carga limite seja definida como a correspondente a um assentamento de 10% do diâmetro equivalente da estaca.**

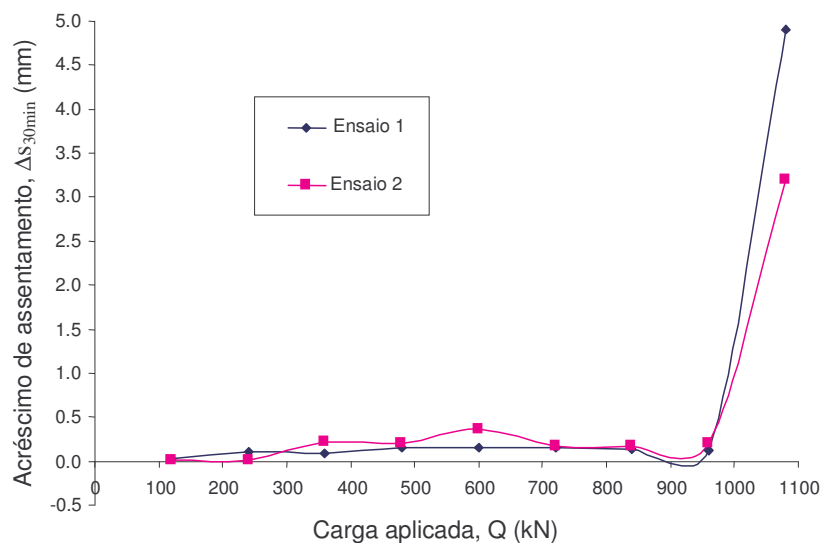


Diagrama de fluência para os dois ensaios antes ilustrados ($\Delta s_{30\text{min}}-Q_i$).

Verifica-se que neste caso, o critério de razão da taxa de fluência nos últimos 30 minutos define claramente cedência do penúltimo para o último escalão de carga ($Q=960$ kN para $Q=1080$ kN, respectivamente). Se se reportar ao critério de limitação de assentamento ($10\%D$) o mesmo é, neste caso, mais condicionante ($\cong 900$ kN) pelo que se optou por este último.