

# Prova de Carga Estática Prévia em Estaca Hélice Contínua Monitorada no Interior do Estado de São Paulo

Corrêa, Celso Nogueira

ZF & Engenheiros Associados S/S, São Paulo, Brasil, [celso@zfsolos.com.br](mailto:celso@zfsolos.com.br)

Falconi, Frederico Fernando

ZF & Engenheiros Associados S/S, São Paulo, Brasil, [fred@zfsolos.com.br](mailto:fred@zfsolos.com.br)

Rocha, Luciana Martins Borba

ZF & Engenheiros Associados S/S, São Paulo, Brasil, [luciana@zfsolos.com.br](mailto:luciana@zfsolos.com.br)

Maset, Virgínia Lucchesi

ZF & Engenheiros Associados S/S, São Paulo, Brasil, [virginia@zfsolos.com.br](mailto:virginia@zfsolos.com.br)

**RESUMO:** Em 2010, foi emitida uma revisão da NBR 6122 que introduziu um critério de obrigatoriedade de execução de provas de carga estática em função da quantidade, tipo e tensão de trabalho no concreto das estacas. Desde então, a prática se tornou muito mais corriqueira no Brasil, sendo os ensaios normalmente realizados durante a execução das fundações com o intuito de comprovar seu desempenho. A realização de provas de carga estática previamente à elaboração do projeto de fundações, também prevista na revisão da norma, ainda é prática pouco usual. Este artigo trata de um empreendimento com três torres residenciais na cidade de Jundiaí – SP, com um subsolo, dois sobressolos, térreo e 12 pavimentos-tipo, onde foram executadas duas provas de carga prévias. Os ensaios foram executados sem interferência no cronograma de projetos.

**PALAVRAS-CHAVE:** prova de carga estática, estaca hélice contínua monitorada, projeto de fundações.

## 1 INTRODUÇÃO

Vários são os fatores avaliados pelos empreendedores e construtores para tomar a decisão de realizar a prova de carga prévia, ou seja, antes da elaboração do projeto de fundações. São os fatores econômicos, normalmente, os mais importantes – o argumento mais utilizado para convencer o empreendedor a realizar a prova de carga prévia é a economia que ela pode gerar no custo total das fundações.

Outro fator importante é o prazo. Na realização da prova de carga prévia, além do próprio prazo de execução – que inclui mobilização de equipamento, execução das

estacas, prazo para atingir a resistência desejada do concreto, montagem e execução do ensaio –, é necessário também levar em conta a elaboração do projeto de fundações com menor fator de segurança, a depender do resultado positivo do ensaio. Depois disso, outros projetos estruturais, como os blocos de fundação, devem ser também revisados para atender aos novos critérios de espaçamento e número de estacas.

No caso da obra relatada neste artigo, com a finalidade de minimizar esses prazos, o projeto de fundações foi elaborado de tal forma que, se os resultados das provas de carga permitissem, apenas seriam diminuídos os diâmetros das estacas, mantendo-se as demais características

como espaçamento entre estacas e, conseqüentemente, a geometria dos blocos de fundação. Desta forma, a realização da prova de carga prévia não interferiu no cronograma de projetos.

Com esses dois argumentos – prazo e custo – mais o empenho do construtor e empreendedor em entender a importância desse procedimento, não só para a obra em questão, mas também para a engenharia de fundações de maneira ampla, conseguiu-se viabilizar, nesse caso, a prova de carga estática prévia. A seguir serão apresentadas as características do empreendimento, as características geotécnicas

da região, as cargas utilizadas nas estacas, os resultados das provas de carga com as cargas obtidas na prova de carga estática e uma comparação quantitativa das fundações. Os aspectos financeiros fogem ao escopo desse artigo.

## 2 CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS

Foram feitas 15 sondagens à percussão, resumidas nos seguintes perfis geotécnicos de projeto:

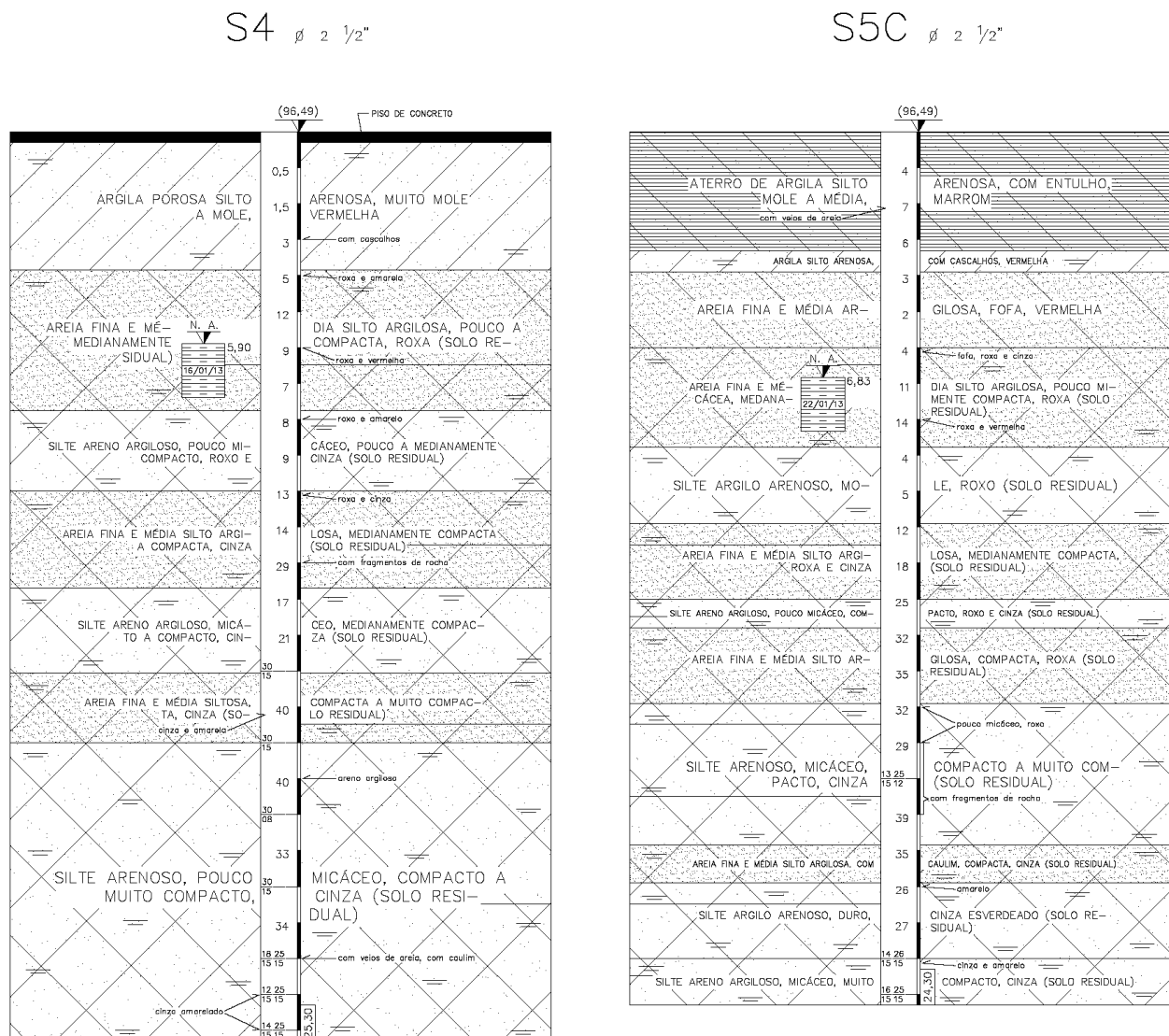


Figura 1. Perfil geológico conforme sondagem S4 (próxima à ET1) e S5C (próxima à ET2).

### 3 O EMPREENDIMENTO

#### 3.1 Arquitetura

Trata-se de empreendimento com um subsolo, dois sobressolos e três torres de 12 pavimentos, implantado em uma área de aproximadamente 5.200 m<sup>2</sup>. O subsolo é parcial e atende apenas as torres 2 e 3, de tal forma que há duas cotas de implantação – uma para a torre 1, outra para as torres 2 e 3.

O empreendimento está localizado em Jundiaí, interior do estado de São Paulo, a cerca de 60 km da capital.

#### 3.2 Estrutura

A estrutura foi concebida em concreto armado convencional nos subsolos, sobressolos e térreo, e em alvenaria estrutural do primeiro pavimento em diante.

Apenas como informação adicional, a contenção foi elaborada em perfis metálicos com placas pré-moldadas de concreto para cortina.

#### 3.3 Fundação

O projeto de fundação foi elaborado em estacas hélice contínua monitorada, com diâmetros de 40 a 90 cm e cargas de trabalho de 600 a 3.100 kN.

O comprimento previsto das estacas das torres varia de 16,00 a 18,00 m, conforme tabela.

Tabela 1. Comprimentos previstos para estacas hélice contínua.

Torre 1	17,0 m a partir da cota 95,48
Torre 2	16,0 m a partir da cota 92,58
Torre 3	18,0 m a partir da cota 92,58
Estacas da periferia do 2º subsolo	14,0 m a partir da cota 95,48
Estacas da periferia do 3º subsolo	15,5 m a partir da cota 92,58

O comprimento e a capacidade de carga das estacas foram estimados pelos métodos de Alonso e Antunes/Cabral, dos mais consagrados no meio geotécnico para esse tipo de estaca.

Os resultados estão indicados nas Figuras 2 a

7, na forma de curvas de resistência x profundidade.

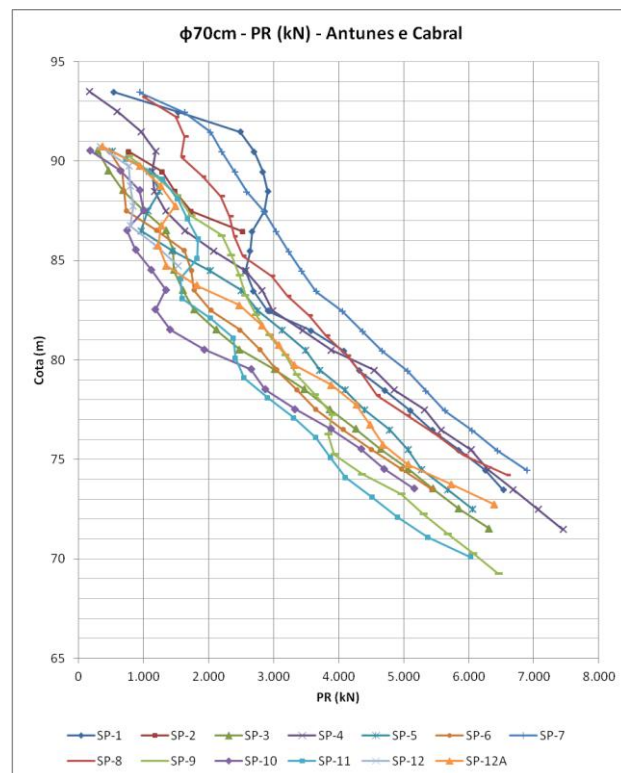


Figura 2. Curvas resistência x profundidade da estaca  $\phi$ 70 cm para o método de Antunes e Cabral.

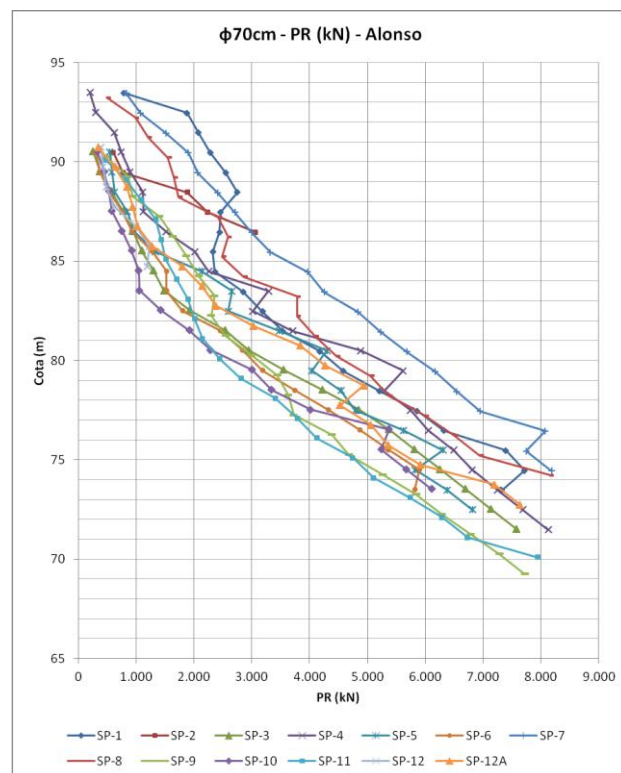


Figura 3. Curvas resistência x profundidade da estaca  $\phi$ 70 cm para o método de Alonso.

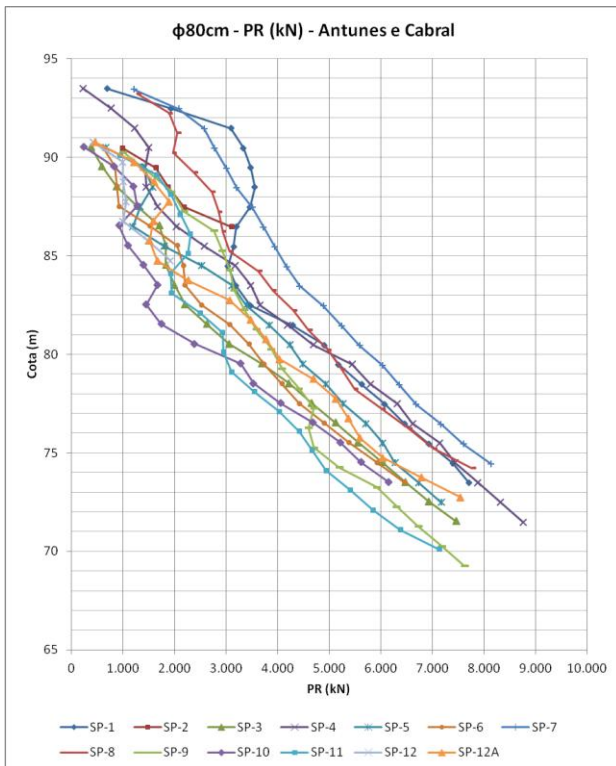


Figura 4. Curvas resistência x profundidade da estaca φ80 cm para o método de Antunes e Cabral.

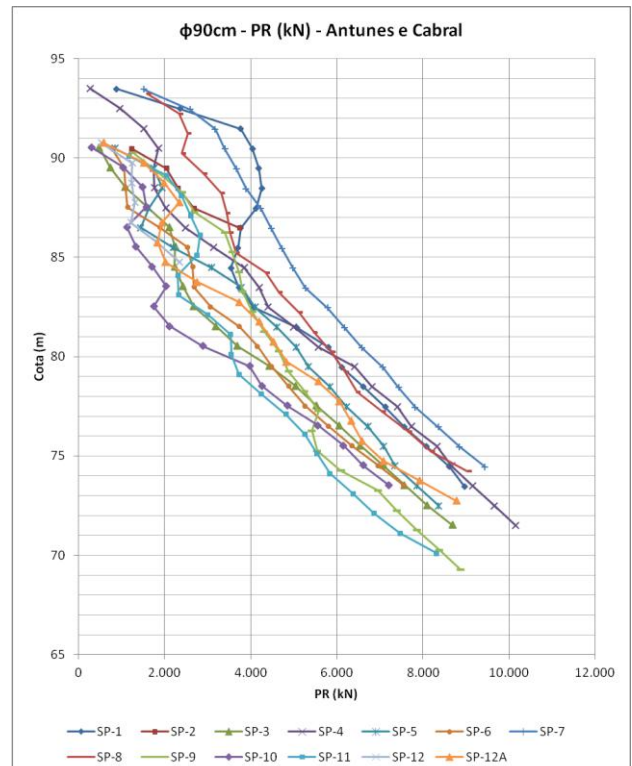


Figura 6. Curvas resistência x profundidade da estaca φ90 cm para o método de Antunes e Cabral.

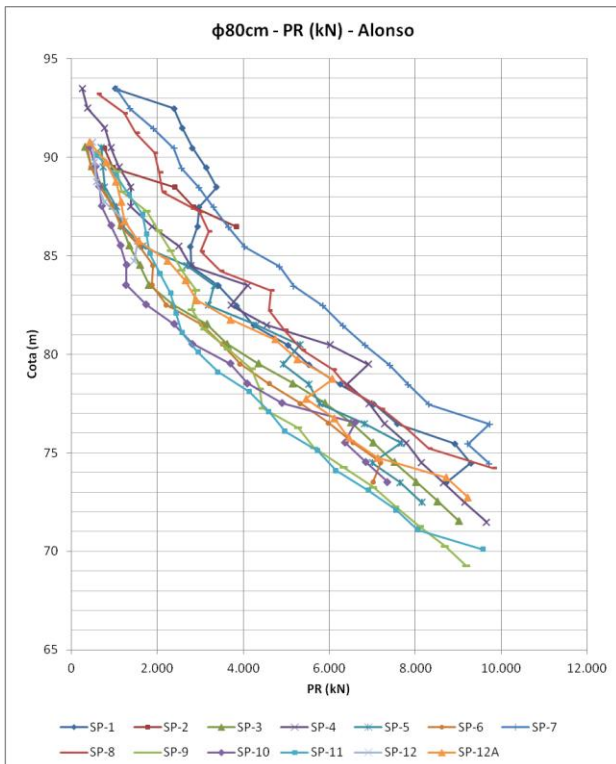


Figura 5. Curvas resistência x profundidade da estaca φ80 cm para o método de Alonso.

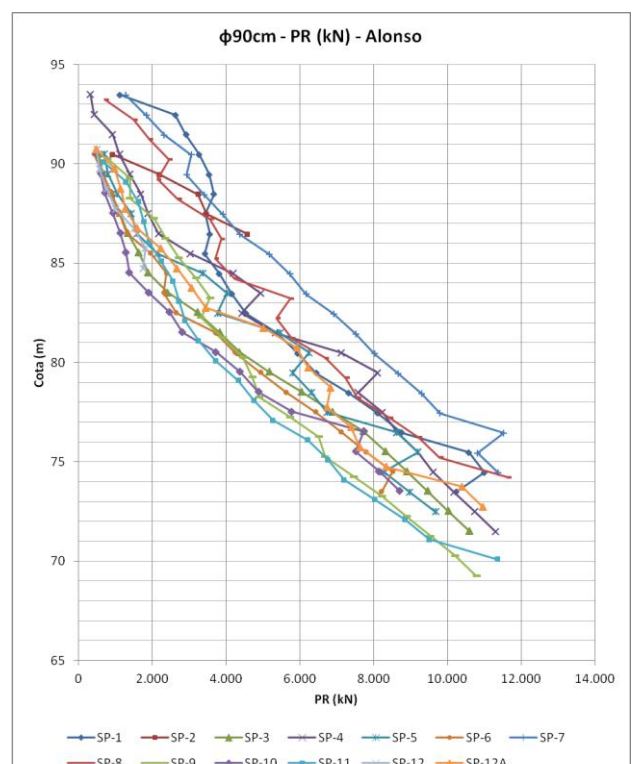


Figura 7. Curvas resistência x profundidade da estaca φ90 cm para o método de Alonso.

## 4 PROVAS DE CARGA

Nas provas de carga prévias foram executadas estacas com 70 cm de diâmetro, com comprimentos de 17,00 m na prova de carga chamada ET-1 (sondagem S4) e 16,00 m na prova de carga ET-2 (sondagem S5C). Ambas foram armadas com 10 barras de 20 mm com 6,00 m de comprimento.

O sistema de reação consistiu de 4 estacas de 80cm, também com 17,00 e 16,00 m de comprimento. As estacas de reação foram armadas com 12 barras de 20 mm de 6,00 m de comprimento, além de uma armadura adicional de aço ST 85/105 com 2 barras de 36 mm e 16,00 m de comprimento.

A Figura 8 indica o esquema estático utilizado nas provas de carga.

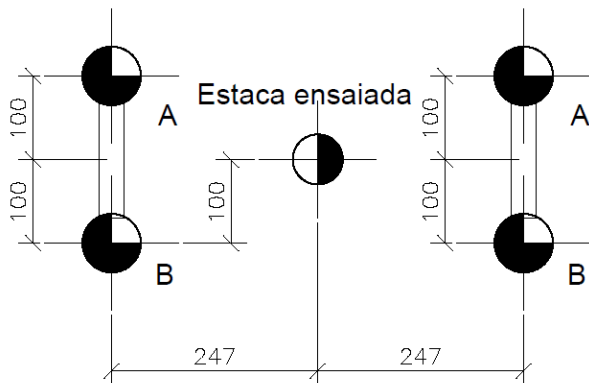


Figura 8. Esquema estático da prova de carga.

O carregamento foi do tipo lento, atingindo em ambos os ensaios praticamente duas vezes a carga prevista em projeto. As curvas carga x recalque estão indicadas nas Figuras 9 e 10.

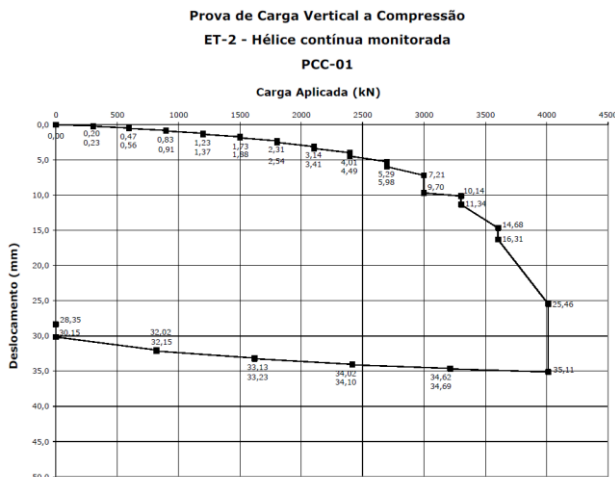


Figura 9. Curva carga x recalque do ensaio ET-2.

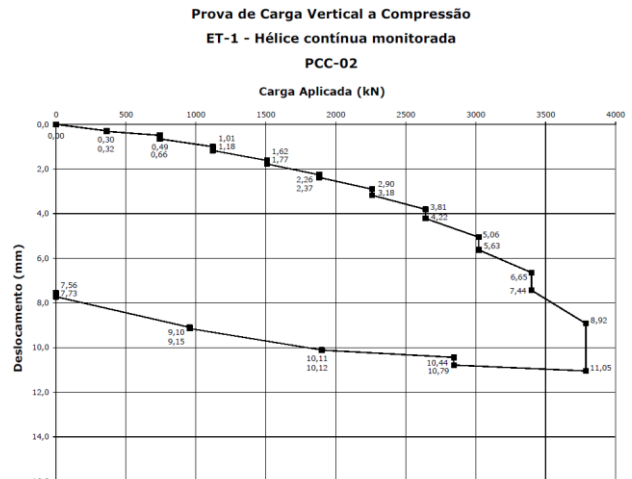


Figura 10. Curva carga x recalque do ensaio ET-1.

Foram medidos também os deslocamentos das estacas de reação.

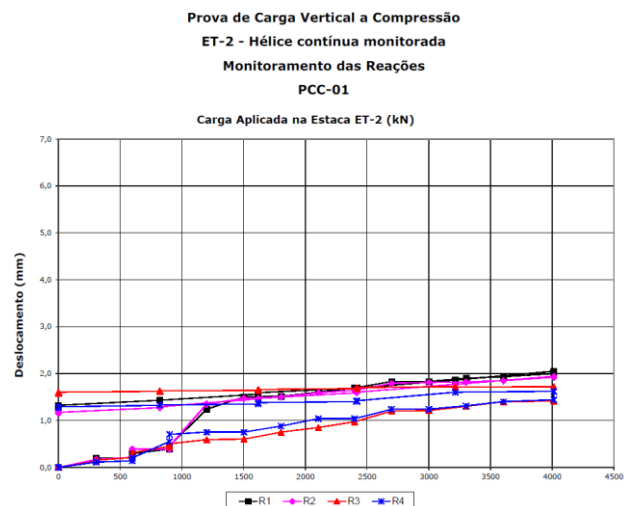


Figura 11. Curvas carga x deslocamento das estacas de reação do ensaio na estaca ET-2.

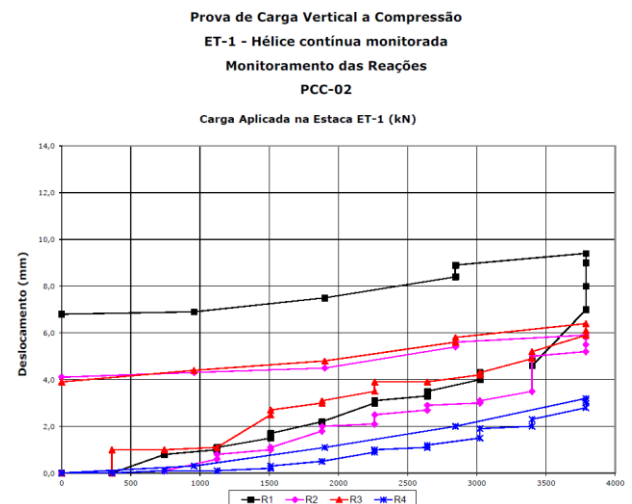


Figura 12. Curvas carga x deslocamento das estacas de reação do ensaio na estaca ET-1.

As curvas carga x recalque das estacas ensaiadas foram extrapoladas pelo método de Massad, que estimou carga de ruptura de 4.140 kN, semelhante para os dois ensaios. Com o FS = 1,6 previsto na NBR 6122/2010, a estaca poderia ser utilizada para até 2.580 kN.

Para que o projeto não tivesse alteração na locação das estacas e, conseqüentemente, fossem mantidos os projetos dos blocos de coroamento, foi necessário apenas que as estacas de 70 cm substituíssem as estacas de 80 cm, preliminarmente projetadas para carga de 2.500 kN, e que as estacas de 80 cm fossem utilizadas com carga de 90 cm, e assim por diante.

## 5 NOVO PROJETO DE FUNDAÇÕES

Analisando-se as curvas carga x recalque das provas de carga observa-se que, para a carga de 2.500 kN, os deslocamentos esperados das estacas variam entre 3,5 e 5 mm, ou seja, perfeitamente compatíveis com qualquer estrutura predial.

Conforme planejado, portanto, as estacas de 90 cm foram executadas com 80 cm, as de 80 cm com 70 cm e as de 70 cm com 60 cm, com os mesmos comprimentos de 16,00 a 18,00 m previstos inicialmente.

Face à quantidade de estacas e de acordo com a prescrição da NBR 6122/2010, foram previstos ensaios de carregamento dinâmico em estacas para comprovação do seu desempenho com as novas cargas. Foram ensaiadas 5 estacas de 60 cm de diâmetro para carga de trabalho de 1.900 kN. Os resultados foram plenamente satisfatórios, como mostra a tabela a seguir.

Tabela 2. Resultado das análises dos ensaios de carregamento dinâmico.

Estaca	Golpes	Capacidade total CAPWAP [kN]	Resistência de atrito		Resistência de ponta	
			[kN]	%	[kN]	%
P324-EA	4	3898	2996	77	902	23
P324-EB	4	3657	3093	85	564	15
P335-EA	8	3400	2667	78	733	22
P336-EA	4	3565	3073	86	492	14
P336-EB	4	3601	3033	84	568	16

## 6 COMPARATIVO DAS QUANTIDADES

Tabela 3. Comparativo das fundações do projeto antigo com o novo.

	Volume de concreto [m³]	Peso de aço [kg]
Projeto inicial	1.419,3	35.827,9
Projeto final	1.201,7	33.022,7

Da versão inicial para a final do projeto, em função dos resultados das provas de carga prévias, houve uma economia de 15% em volume de concreto e 8% em peso de aço.

O custo das provas de carga não foi contabilizado, pois, por força da norma, elas seriam necessárias de qualquer maneira.

## 7 CONCLUSÕES

É indiscutível a economia gerada com a prova de carga prévia, além do evidente avanço no conhecimento do comportamento das estacas e, conseqüentemente, a otimização dos projetos de fundação.

Em empreendimentos com cronograma planejado, é perfeitamente viável introduzir a prova de carga prévia sem prejuízos a nenhuma parte. O esforço e a sintonia entre cliente, projetista e executor foram fundamentais para o sucesso do procedimento.

## REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2006).  
*NBR 12131: Estacas – Prova de carga estática – Método de ensaio.*
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2010).  
*NBR 6122: Projeto e execução de fundações.*
- Alonso, U.R. et al (1999) *Estaca hélice-contínua – A experiência atual*, ABMS/ABEF e Instituto de Engenharia, São Paulo, 162 p.
- Alonso, U.R. (1996) Estacas hélice contínua com monitoração eletrônica – Previsão da capacidade de carga através do ensaio SPT-T, *SEFE III*, Vol. 2, p. 141-151.
- Antunes, W.R. e Cabral, D.A. (1996) Capacidade de carga de estacas hélice contínua, *SEFE III*, Vol. 2, p. 105-109.
- Massad, F. (1986) Notes on the interpretation of failure load from routine pile load tests, *Soils and Rocks*, São Paulo, Vol. 9, n. 1, p. 33-38.