

# MONTAGEM E DIMENSIONAMENTO DE PROVA DE CARGA



## Agradecimentos:



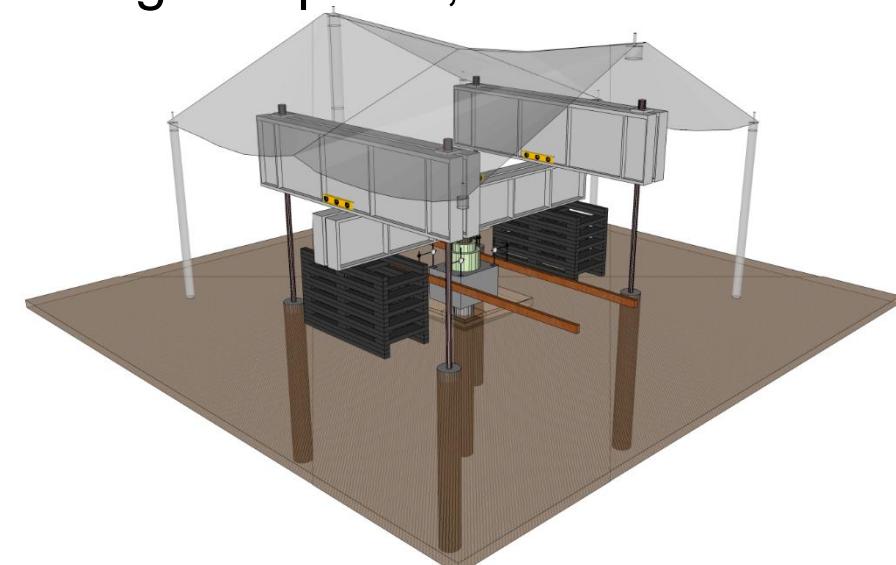
**Engº Dirney Cury Filho, M.Sc**  
[dirney.cury@g2base.com.br](mailto:dirney.cury@g2base.com.br)

# MONTAGEM E DIMENSIONAMENTO DE PROVA DE CARGA

1. História;
2. Tipos de Carregamento;
3. Norma 16903- PC em Fundação Profunda;
4. Dimensionamento;
5. Tendências;
6. Pontos de Atenção;

# O QUE é UMA PCE E POR QUE DEVEMOS REALIZAR?

- Ensaio de campo para verificação do desempenho geotécnico e integridade estrutural do elemento de fundação;
- Através da PCE é possível determinar a carga máxima geotécnica e o comportamento (recalques) para a estaca ensaiada (ELU e ELS);
- Determinação da parcela de resistência lateral e carga de ponta;
- Confiança para o Projetista e Cliente;
- Redução de custos



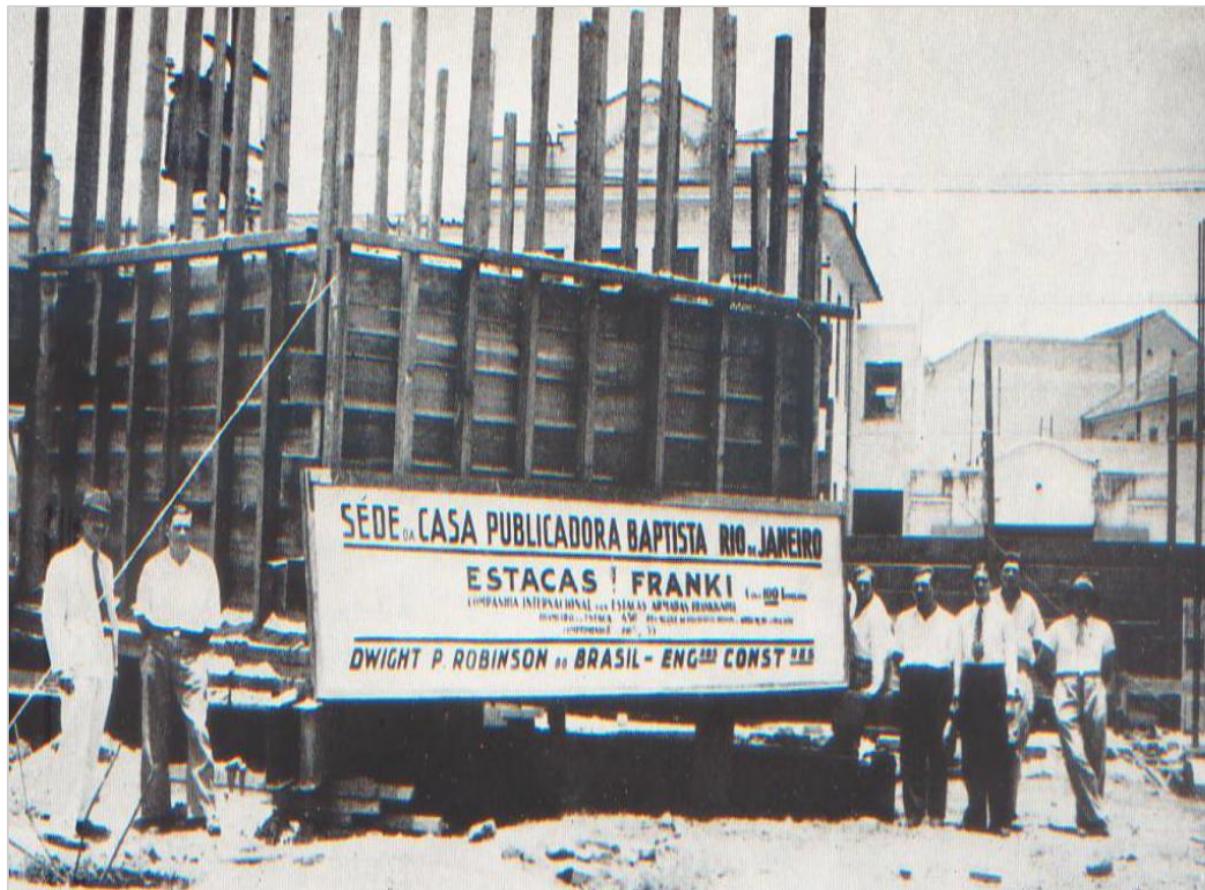
# HISTÓRIA

1<sup>a</sup> Prova de Carga no Brasil em 1928/1929 - Edifício Martinelli, São Paulo  
Fundação tipo Sapata, reação de cargueira com barras de aço



# HISTÓRIA

1<sup>a</sup> Prova de Carga em estaca tipo Franki em 1935 – 1.000 kN  
Casa Publicadora Baptista, Rio de Janeiro - Reação de cargueira com areia



# HISTÓRIA

Em 1936/1937 Prova de Carga em Tubo - Edifício João Brícola (Mappin)  
820 kN, reação de cargueira com tijolo



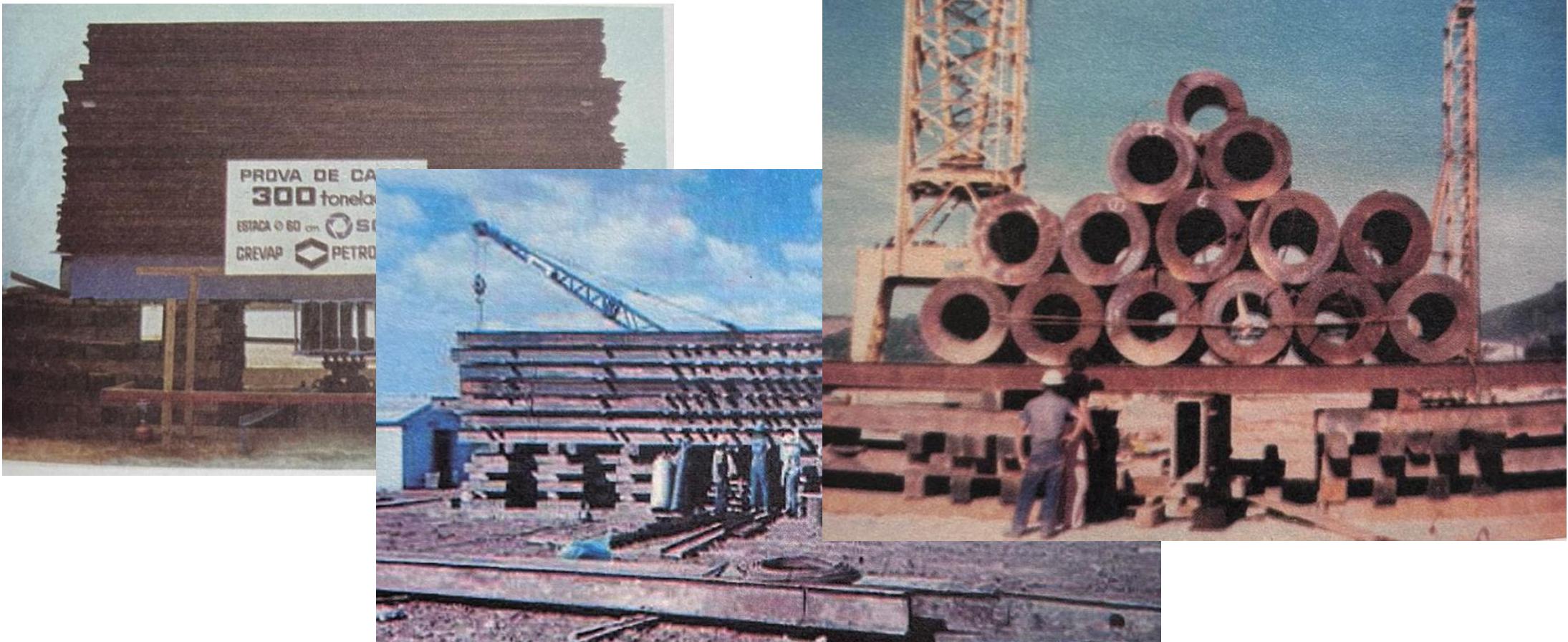
# HISTÓRIA

Prova de Carga em estaca tipo Franki na década de 1940 – 1.800 kN  
Ed. Banco do Estado de São Paulo - Reação de cargueira com ferro gusa



# HISTÓRIA

O uso de PCE com sistema de reação tipo cargueira ficou cada vez mais comum...



# HISTÓRIA

Até que um acidente parou o país...

24/03/1970

PCE 2.000 tf

Último tubo de 34, instabilizou



**PLATAFORMA DESABA  
E MATA OITO NA  
PONTE RIO- NITERÓI**



# HISTÓRIA

Desde então as PCEs com cargueiras param de ser utilizadas, sendo hoje um evento esporádico e raro...



# TIPOS DE CARREGAMENTO

“Os esforços aplicados podem ser tração, compressão ou flexocompressão, nas direções vertical, horizontal ou inclinada”

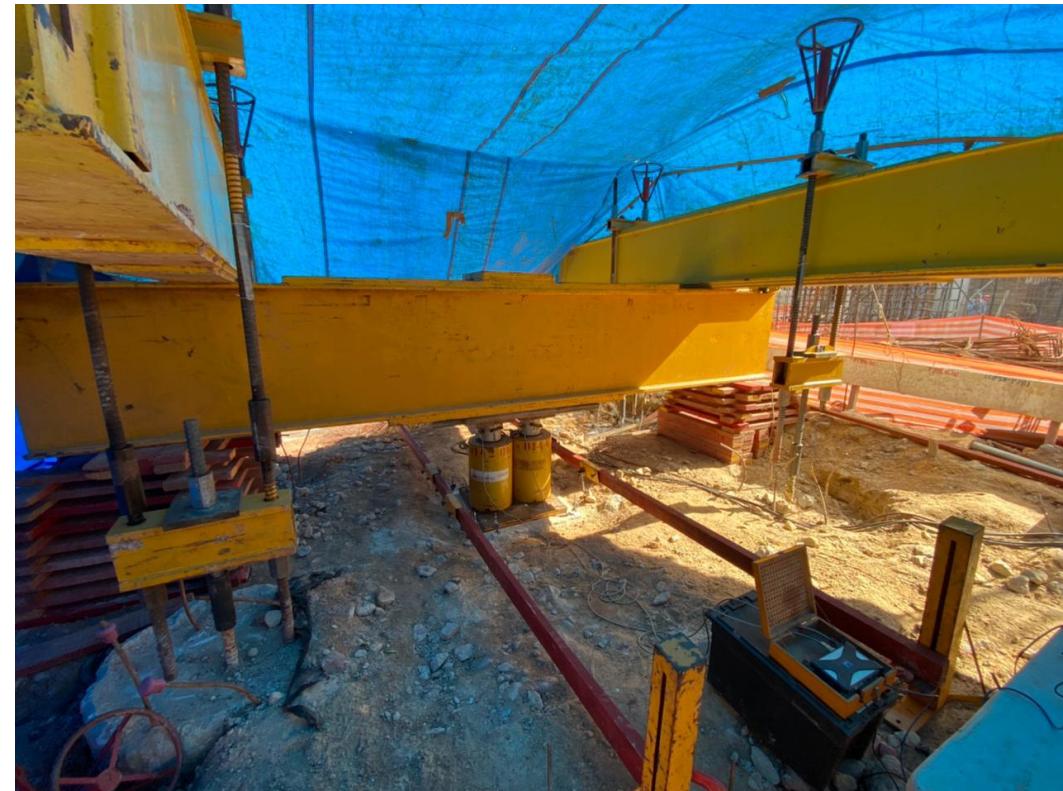
A escolha do tipo de carregamento deve ser feita pelo Projetista / Consultor levando em consideração as premissas adotadas no Projeto.

Lembrando que o mais importante da prova de carga é:

## SEGURANÇA

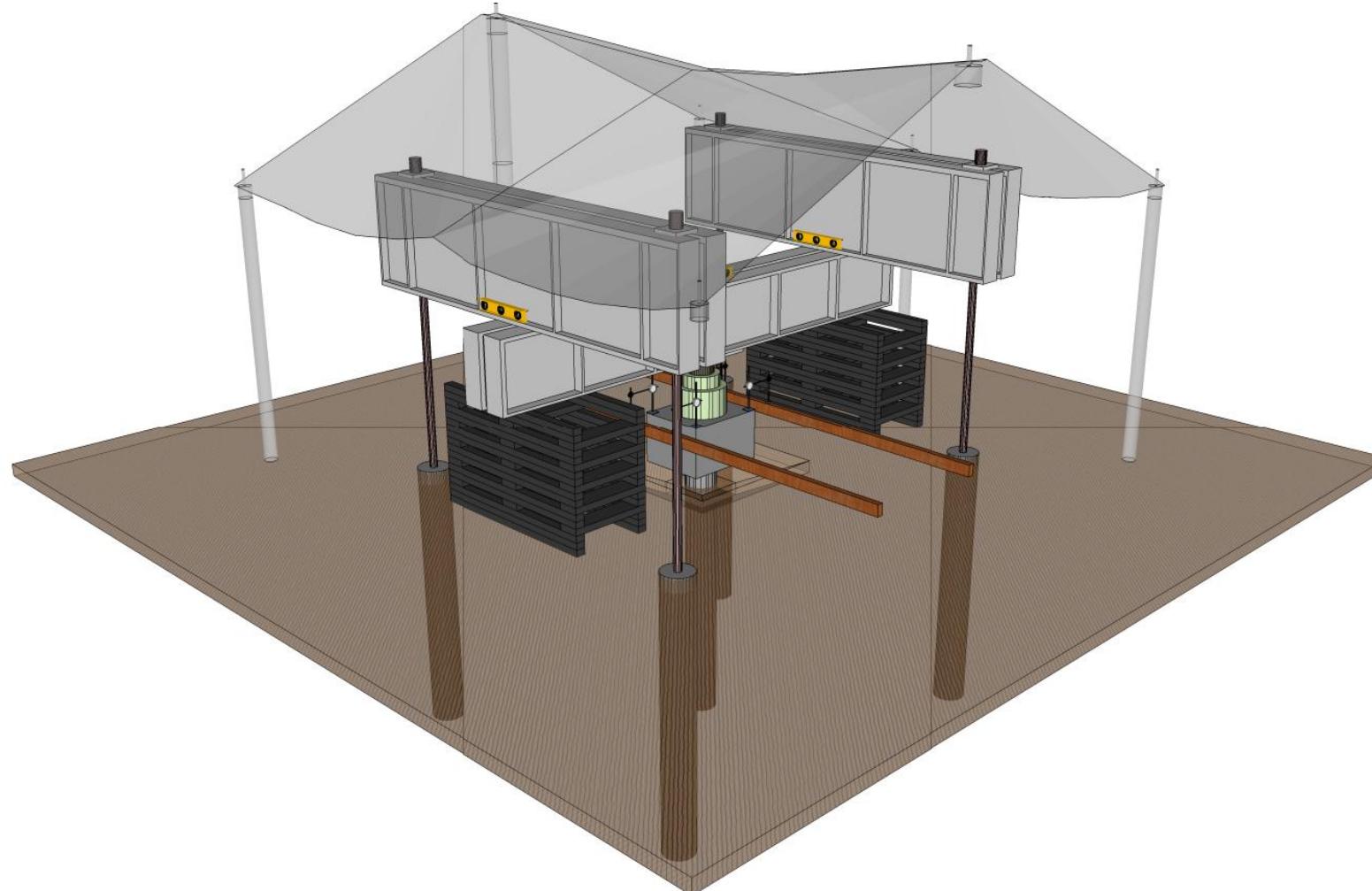
# COMPRESSÃO

Sistema de montagem em X ou H – Sendo 4 estacas de reação



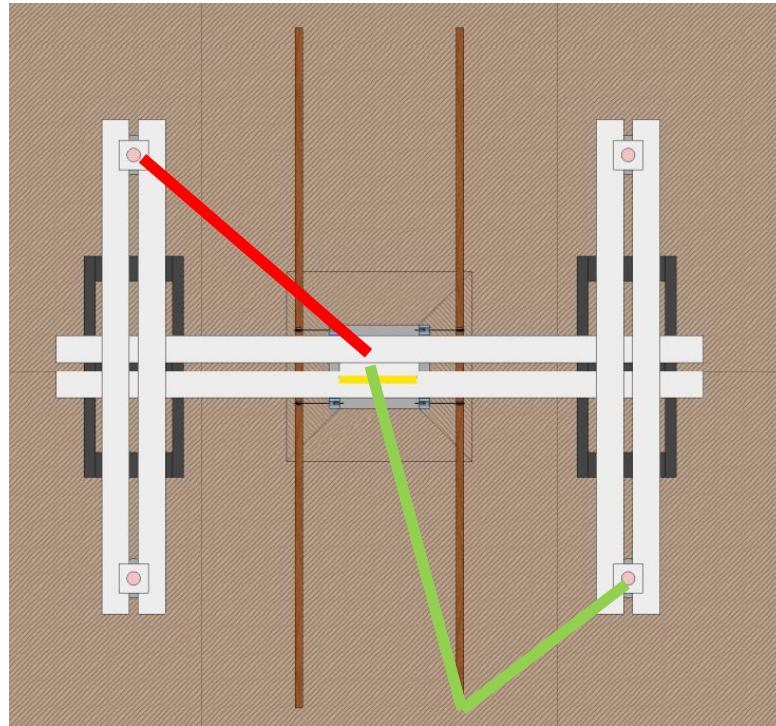
# MAS ANTES VAMOS FALAR SOBRE ELEMENTOS

... e o que compõem uma PCE?



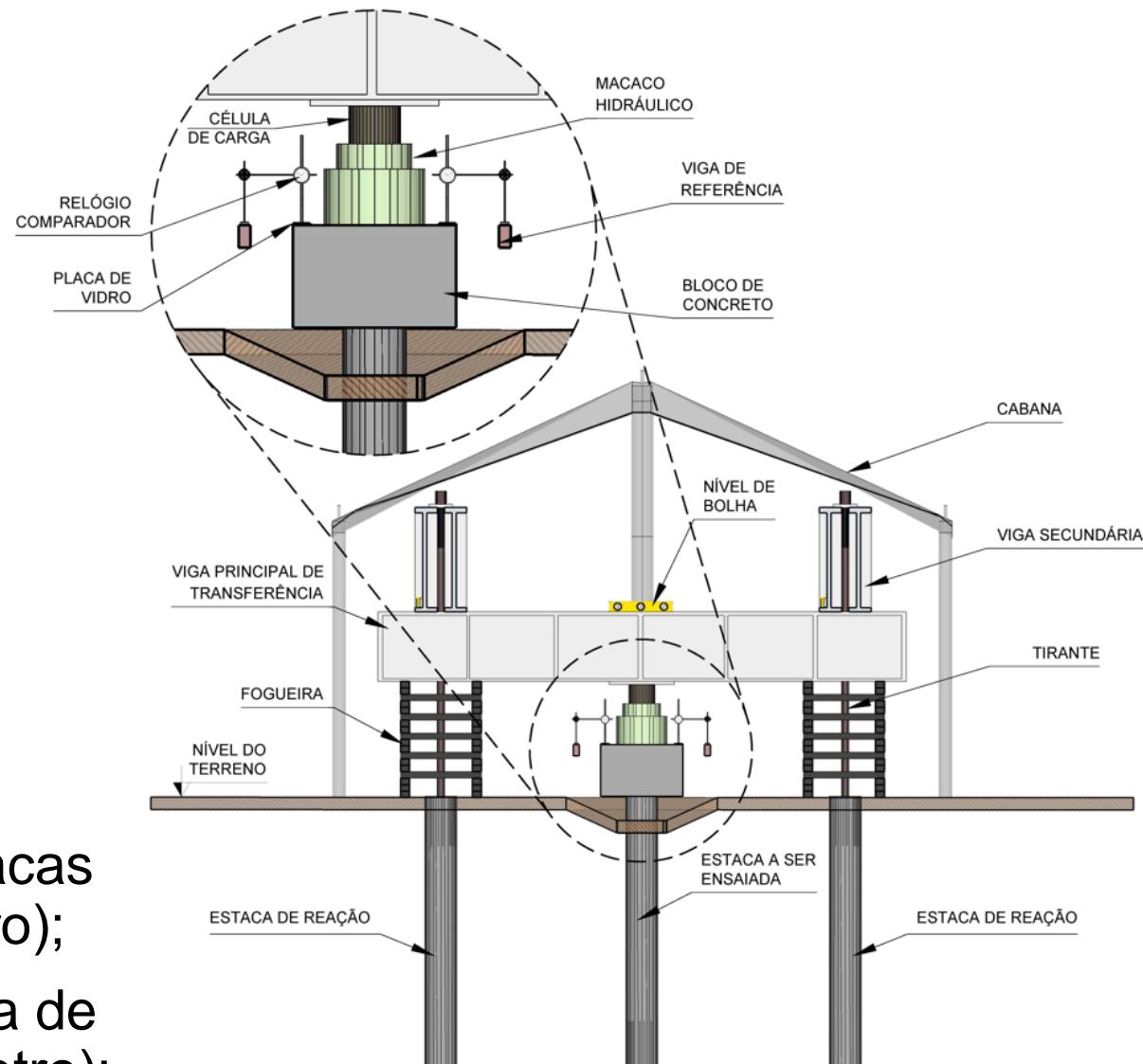
# ELEMENTOS

... e o que compõem uma PCE?



Distância entre estaca ensaiada e estacas de reação  $\geq 3 \times d$  (mínimo de 1,5 metro);

Distância entre estacas e apoio da viga de referência  $\geq 2,5 \times d$  (mínimo de 1,5 metro);



# ELEMENTOS

Relógios comparadores de deslocamento (deflectômetros)

Analógicos



Digitais



LVDTs



# ELEMENTOS

Relógios comparadores de deslocamentos (deflectômetros)



# ELEMENTOS

É comum hoje utilizar equipamentos óptico para auxiliar nas leituras dos relógios – facilitando e aumentando a **segurança** durante o ensaio.



# ELEMENTOS

Conjunto macaco / manômetro e célula de carga



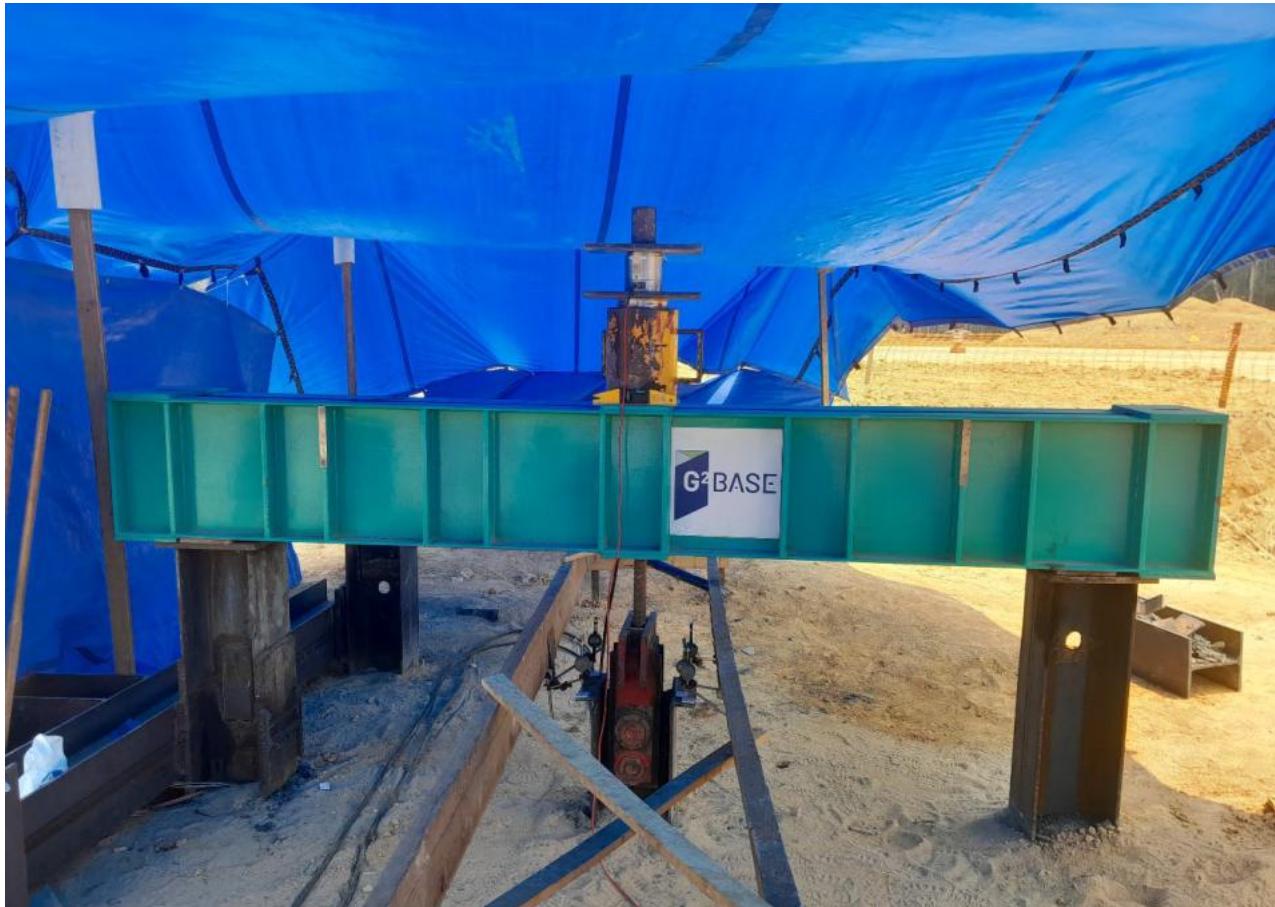
# VOLTANDO PARA O ENSAIO à COMPRESSão

Fotos sistema H – 4 reações



# TRAÇÃO

Para PCE à tração geralmente utiliza-se 2 estacas de reação (trab. Compr.)



# TRAÇÃO

... mas também pode utilizar fogueira como reação



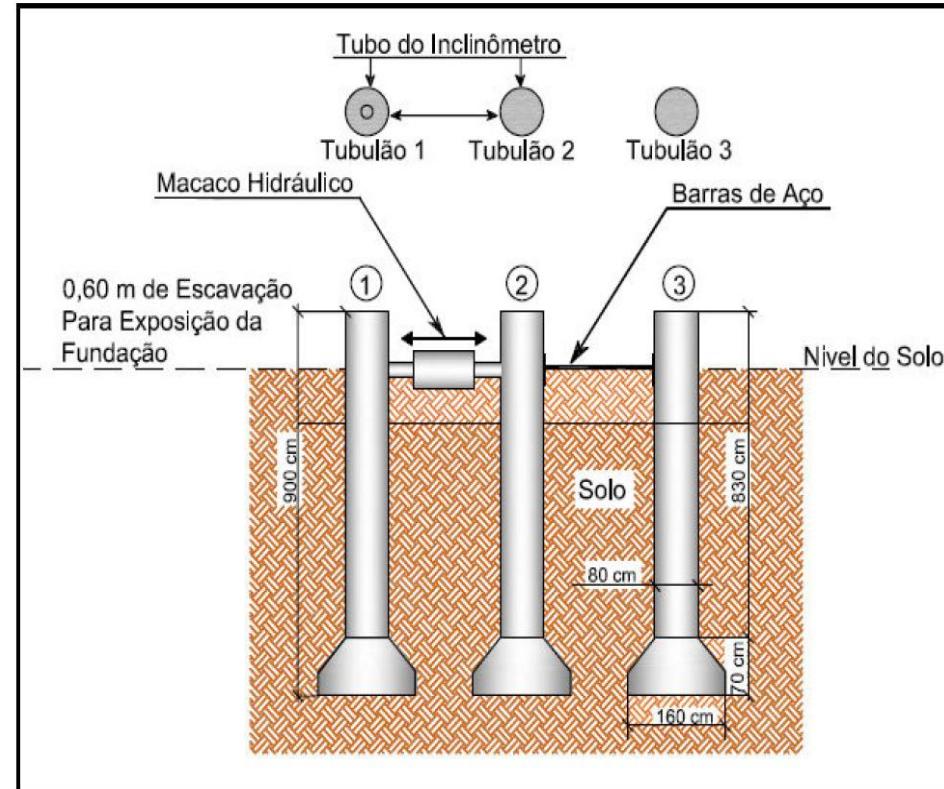
# HORIZONTAL

Pode utilizar outras estacas como reação ou o próprio terreno:



# HORIZONTAL

Pode utilizar outras estacas como reação ou o próprio terreno:

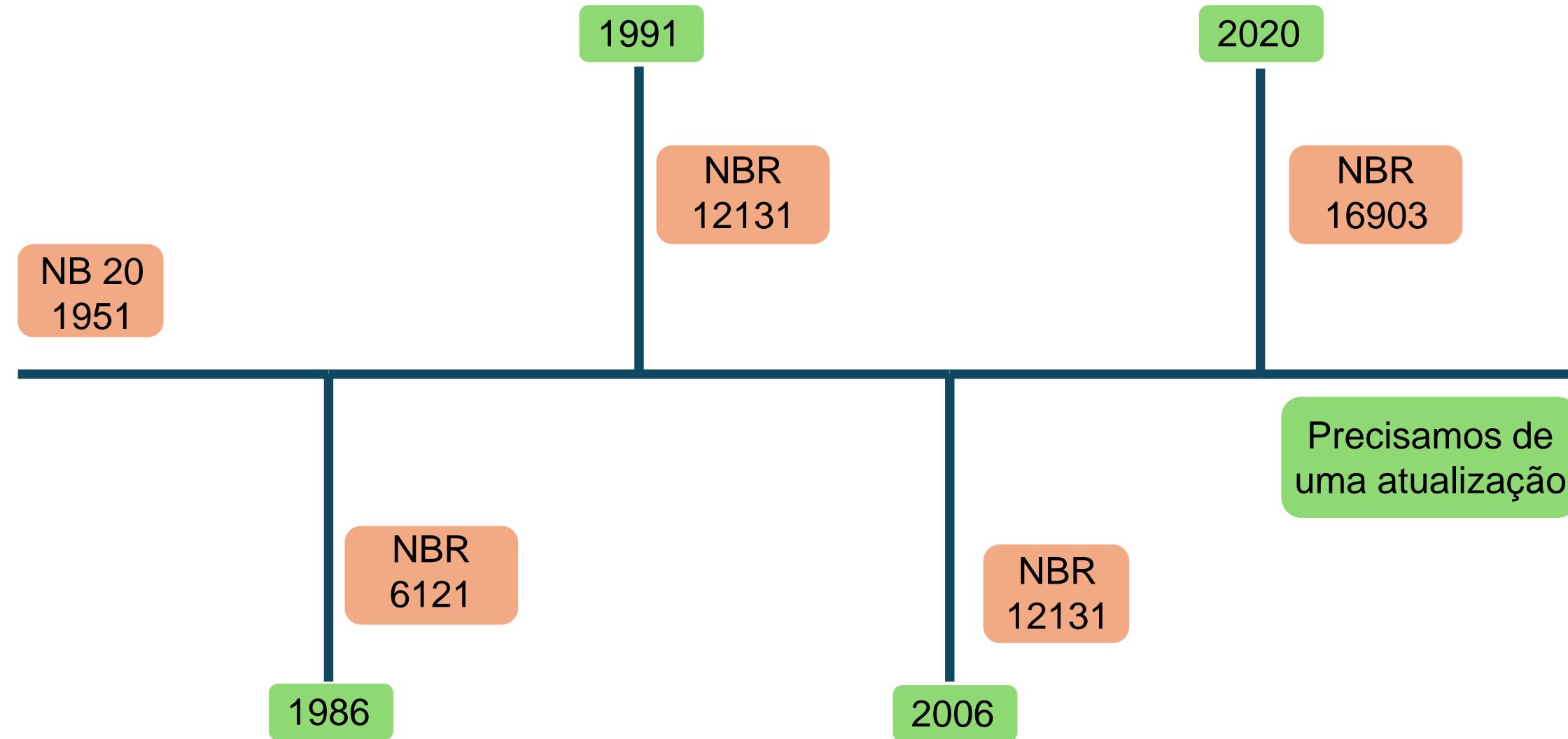


# HORIZONTAL

Dois ensaios simultâneos...



## NBR 16903/II/II



# NBR 16903/II/II

De acordo com a NBR 6122 a execução de PCE é obrigatória a partir de um mínimo de estacas executadas ou carga (tensão) aplicada na fundação;

Os principais pontos descritos na NBR 16903 são: Aparelhagem, Projeto da PCE, Montagem e Execução;

- Necessário 4 deflectômetros;
- Conjunto macaco / manômetro ou célula de carga calibrados em 6 meses e 2 anos, respectivamente;
- Capacidade do macaco 10% acima do último carregamento;
- Carregamento pode ser Lento, Rápido, Misto ou Cíclico;
- Recomenda-se medir uma estaca de reação;
- **Obrigatório ter no relatório sondagem mais próxima**
- **Comunicação entre Projetista e Executor**

# DIMENSIONAMENTO EXEMPLO

Estaca HC f 60 cm  
Carga de trabalho 145 tf  
L = 20 m / Método Alonso

→ Carga máxima do ensaio 290 tf (FS = 2 NBR 6122)  
Carga máxima nas estacas de reação (Cr) 72,5 tf

## 1 – MONOBARRA

$$T_{adm} = \frac{T_{esc}}{1,2} \times 0,9 \quad \therefore 1,2 \text{ Coef. Segurança} \quad 0,9 \text{ Fator de Minoração} \quad 72,5 = \frac{T_{esc}}{1,2} \times 0,9 \quad \boxed{T_{esc} = 96,7 \text{ tf}}$$

*NBR 5629 - Tirantes Ancorados no Terreno*

## 2 – CAPACIDADE DE CARGA À TRAÇÃO

2.1 – Métodos semiempírico considerando  $\sum Ql \times 0,7$  a 0,9  
Soils & Rocks Vol. 34 – Harry G. Poulos

2.2 - FS para as estacas - Antiga NBR 12131  $\geq 1,5$

$$\boxed{\sum Ql \times 0,7 \text{ a } 0,9 \geq 72,5 \times 1,5}$$

## 3 – COMPRIMENTO DA MONOBARRA

3.1 – Caso as estacas não sejam integralmente armadas para tração, a monobarra deve ter o mesmo comprimento das estacas de reação.

3.2 – Caso as estacas sejam integralmente armadas para tração, calcular o comprimento de aderência mínima NBR 6118.

$$f_{bd} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot f_{ctd}$$

$$\text{sendo: } f_{ctd} = \frac{f_{ctk,inf}}{\gamma_c}; \quad \text{com: } f_{ctk,inf} = 0,7 \cdot (0,3 \cdot f_{ck}^{2/3})$$

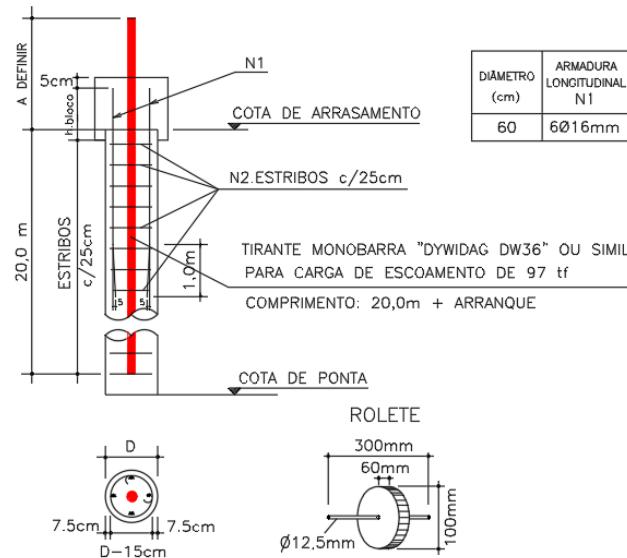
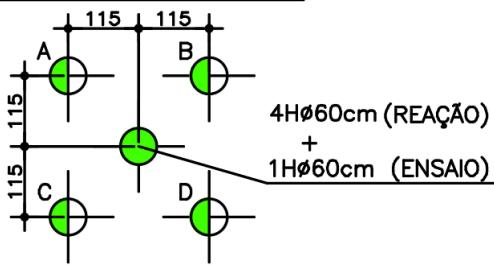
$n_{(s)}$  – Tabela 11.01 Coef. de aderência

# DIMENSIONAMENTO EXEMPLO

TABELA DE PROVA DE CARGA PARA ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA

Diâmetro da estaca	Carga de Trabalho (tf)	Carga Máx. do Ensaio (tf)	QTD de Reação (tf)	Carga na Reação (tf tração)	BARRA <u>DYWIDAG</u> / Carga de Escoamento (tf)		BARRA <u>TORCISÃO</u> / Carga de Escoamento (tf)		BARRA <u>AWA</u> / Carga de Escoamento (tf)	
35	50	100	4	25	DW 32	78,0	TOR -27BM	51,8	AWA-20 T17	33,9
40	65	130	4	32,5	DW 32	78,0	TOR -27BM	51,8	AWA-25 T28	54,0
50	100	200	4	50	DW 32	78,0	TOR -35BM	68,7	AWA-32 T35	68,4
60	145	290	4	72,5	DW 36	99,0	TOR - 52BM	100,9	AWA-36 T56	109,9
70	200	400	4	100	DW 47	168,0	TOR - 73BM	141,9	AWA-40 T71	138,2
80	260	520	4	130	DW 47	168,0	TOR - 92BM	179,6	AWA-50 T96	186,5
90	330	660	4	165	2 X DW 40	244,0	2 X TOR - 64BM	249,4	2 X AWA-36 T56	220,0
100	400	800	4	200	2 X DW 47	336,0	2 X TOR - 73BM	283,8	2 X AWA-40 T71	276,4

## PROVA DE CARGA

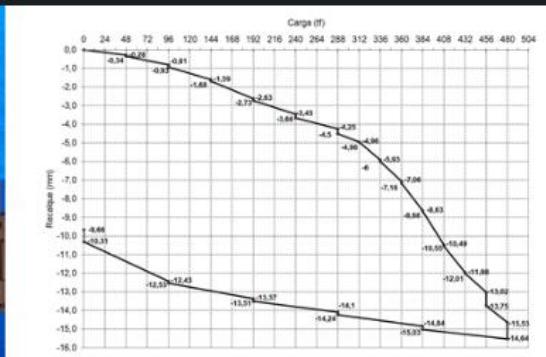


## LEGENDA

- 01 ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA Ø 60cm P/290tf
- 04 ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA Ø 40cm REAÇÃO P/-72,5tf

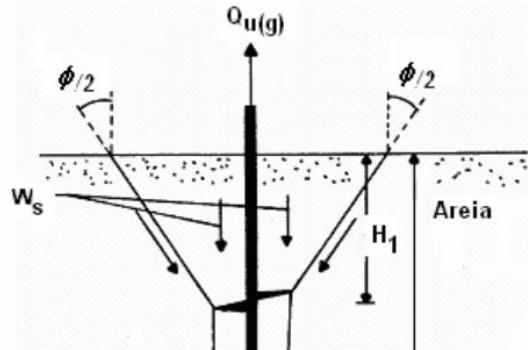
# TENDÊNCIAS – ESTACAS HELICOIDAIS

Falconi (2019) utilizou pela primeira vez o uso de estacas helicoidais como sistema de reação para PCE;



# TENDÊNCIAS – ESTACAS HELICOIDAIS

Cada vez mais esse tipo de solução de reação vem sendo utilizado;



# TENDÊNCIAS – ESTACAS HELICOIDAIS



PCE para 8.000 kN

32 estacas de Reações

Vigas com 10 m

# TENDÊNCIAS – ESTACAS HELICOIDAIS



PCE para 20.000 kN

40 estacas de Reações

# TENDÊNCIAS – DADOS VIA BLUETOOTH



Ref. Jonas Madeira Neto - Tecnosonda

# PONTOS DE ATENÇÃO

A montagem finalizada da prova de carga, antes do início do carregamento, precisa ser fiscalizada pelo Projetista / Consultor de Fundações;



# PONTOS DE ATENÇÃO

A montagem finalizada da prova de carga, antes do início do carregamento, precisa ser fiscalizada pelo Projetista / Consultor de Fundações;



# PONTOS DE ATENçã0

A montagem finalizada da prova de carga, antes do início do carregamento, precisa ser fiscalizada pelo Projetista / Consultor de Fundações;



# PONTOS DE ATENÇÃO



**NÃO PODEMOS DEIXAR O CLIENTE  
COMPRAR SERVIÇO COMO SE FOSSE UM  
PRODUTO. O BARATO PODE SAIR CARO!**

# AGRADECIMENTOS

- Alline Evangelista
- Fabio Ricci
- Paulo Albuquerque
- Fred Falconi
- Urbano Alonso
- Uberescilas Polido
- Alexandre Gusmão
- Celso Nogueira
- Marcio Santos
- Tiago Garcia
- Alex Mucheti
- Ricardo Pellegrini
- Walter Iorio
- A. Sergio Braga



# MUITO OBRIGADO

**Engº Dirney Cury Filho, M.Sc**  
**[dirney.cury@g2base.com.br](mailto:dirney.cury@g2base.com.br)**