

geofix

7º Curso de **ENGENHARIA APLICADA ÀS OBRAS DE FUNDAÇÕES E CONTENÇÕES**



FAAP
Desde 1947



ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA, PROVAS DE CARGA ESTÁTICA e ENSAIOS DINÂMICOS

Eng. Marcio Abreu de Freitas
GEOFIX FUNDAÇÕES

ÍNDICE:

- 1) Estacas Hélice Continua**
- 2) Provas de Carga Estática**
- 3) Ensaios Dinâmicos**
 - i. PDA**
 - ii. PIT**

ÍNDICE:

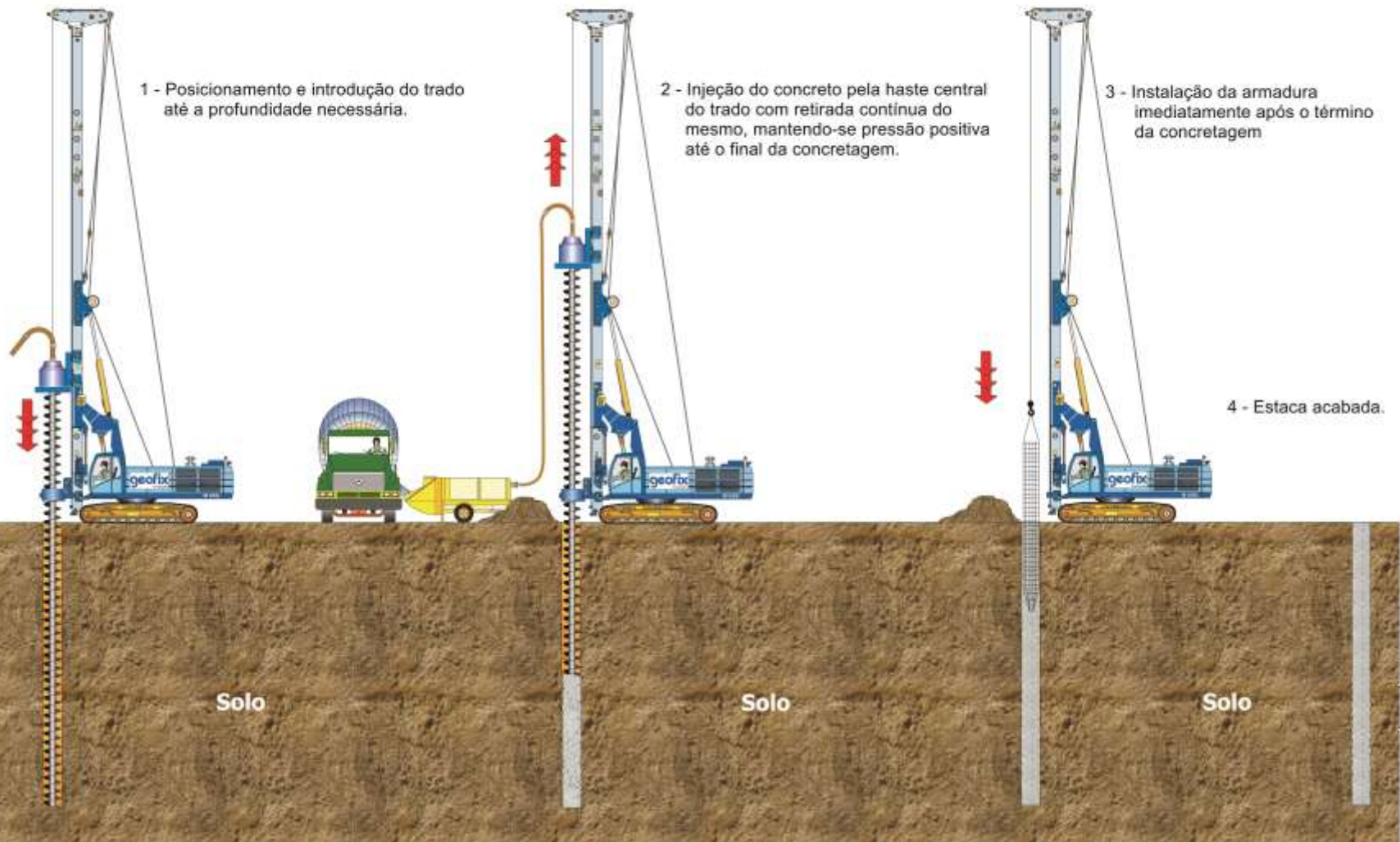
1) Estacas Hélice Continua

- DEFINIÇÃO (NBR 6122/2010)

- É uma estaca de concreto moldada in loco, executada mediante a introdução no terreno, por rotação de um trado helicoidal contínuo. A injeção de concreto é feita pela haste central do trado simultaneamente à sua retirada. A armadura é sempre colocada após a concretagem da estaca.

MÉTODO EXECUTIVO

EXECUÇÃO DE ESTAQUEAMENTO EM HÉLICE CONTÍNUA MONITORADA



- HISTÓRIA

- As primeiras estacas foram executadas nos EUA, na década de 50.
- Os equipamentos eram constituídos de guindastes com torre acoplada (até \emptyset 40 cm). Devido ao baixo torque (10 a 30 KNxm), esses equipamentos necessitavam “aliviar” em solos mais resistentes, avançando em pequenas profundidades e provocando descompressão excessiva do solo.
- A partir da década de 70 as estacas Hélice Contínua foram difundidas na Europa e Japão.
- Hoje, o equipamento de Hélice Contínua é constituído de perfuratriz com torre fixa e trado helicoidal, com torque até 40 tfxm, executando estacas com até \emptyset 150 cm e estacas com até 38,5 metros de profundidade.

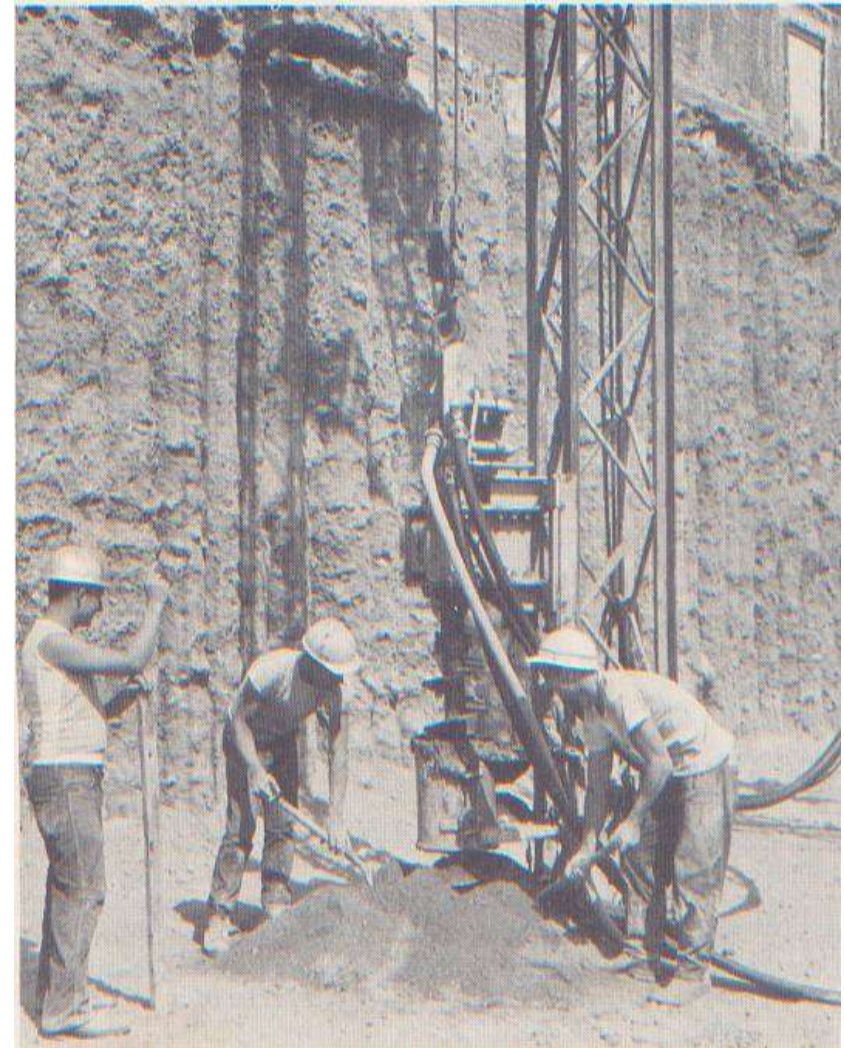
ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA

- Década de 1950

- Solos secos;
- Baixo torque;
- Descompressão do solo



- Baixa capacidade de carga

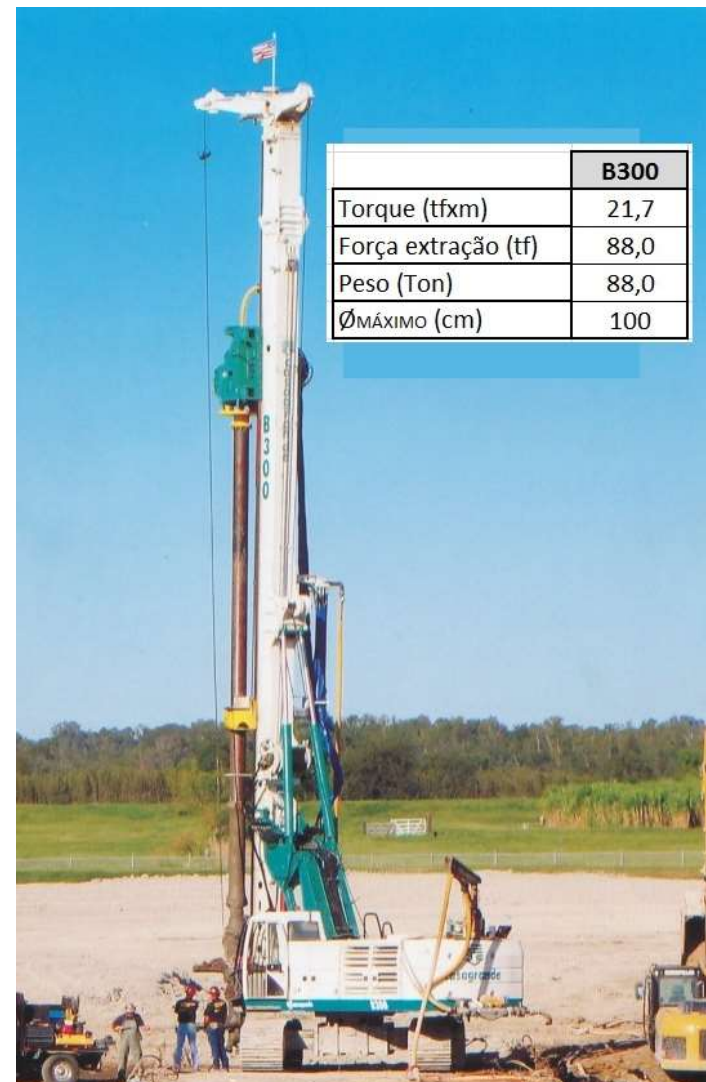
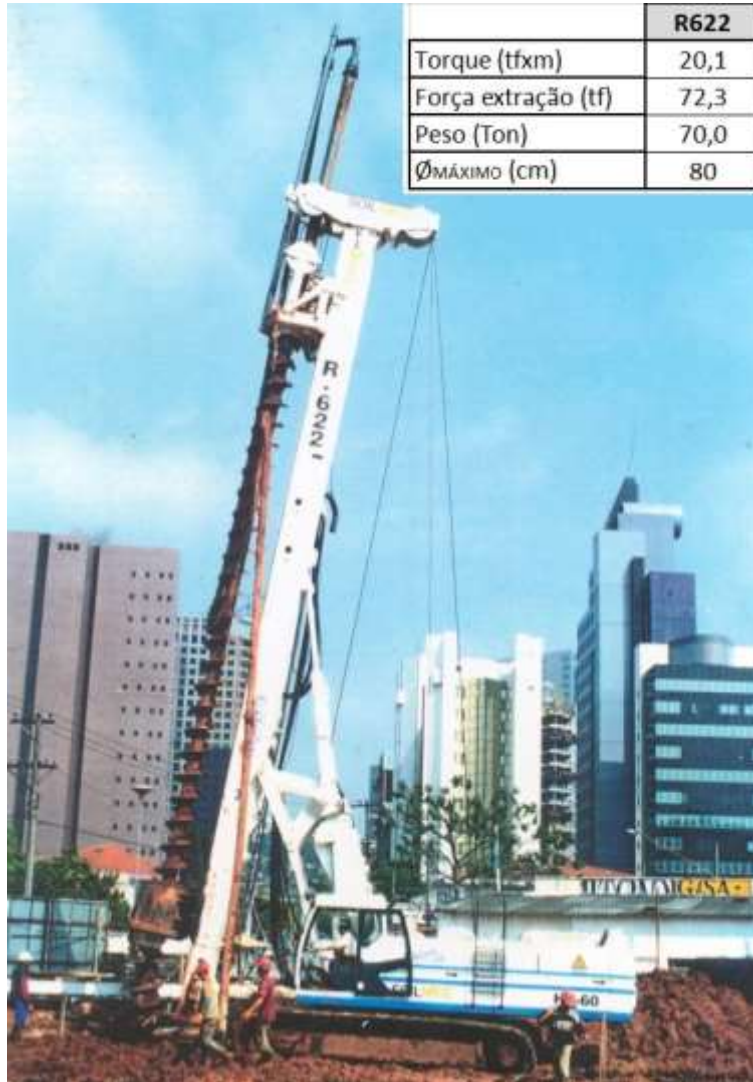


ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA



ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA

- EQUIPAMENTOS



ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA

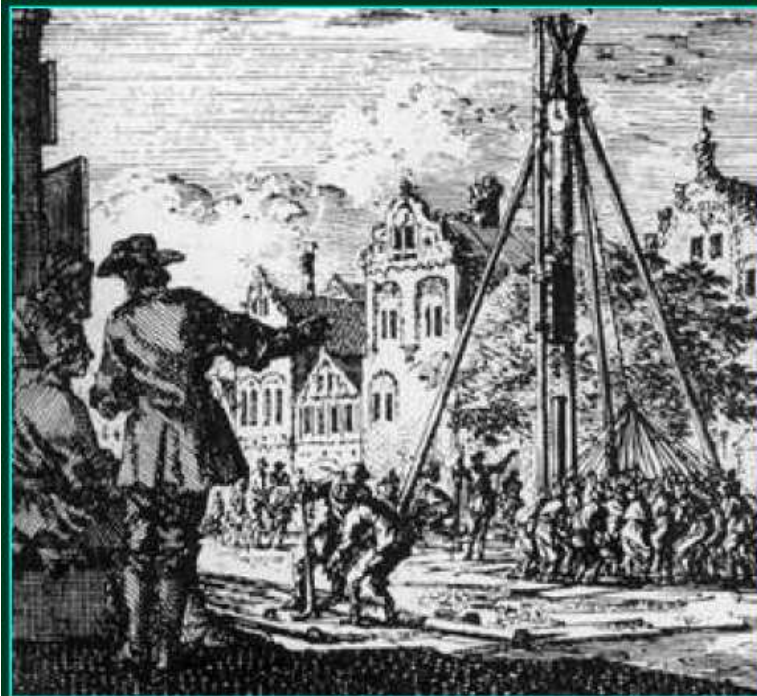
- EQUIPAMENTOS



- EQUIPAMENTOS

EQUIPAMENTOS				
PESO	TORQUE	ARRANQUE	Ø MÁXIMO	L MÁXIMO
tf	tfxm	tf	cm	m
35	11	12	70	18,00
80	22	80	100	27,00
90	22	88	100	29,00
115	36	100	120	32,00
180	40	120	150	38,50

- CARACTERÍSTICAS



Na Idade Média estacas de madeira eram cravadas manualmente e com a Revolução Industrial, em 1845, vieram os “modernos” martelos acionados por motor a vapor.

- CARACTERÍSTICAS

Nomenclatura do sistema de cravação



http://engecia.blogspot.com.br/2011_05_01_archive.html

ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA

- CARACTERÍSTICAS



ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA

- CARACTERÍSTICAS



- CARACTERÍSTICAS

- Ausência de vibrações;
- Alta produtividade;
- Monitoramento de profundidade, inclinação do trado, velocidade de avanço (VA) e de rotação (VR) do trado na perfuração, pressão do motor (MT), velocidade de subida do trado (VS) e pressão de concretagem (PC) na retirada do trado;
- Penetra em camadas mais resistentes, até o limite do trado.

- EQUIPE
 - DIRETA
 - 1 (um) engenheiro;
 - 1 (um) encarregado;
 - 1 (um) operador de perfuratriz;
 - 3 (três) ajudantes.

 - INDIRETA
 - 1 (um) operador de escavadeira;
 - 3 (três) armadores.
 - 1 (um) moldador de concreto

- PERFURAÇÃO

- O equipamento de escavação deve ser posicionado e nivelado para assegurar a centralização e verticalidade da estaca. O diâmetro do trado deve ser verificado para assegurar as premissas de projeto.
- A haste é dotada de ponta fechada por uma tampa metálica recuperável.
- A perfuração se dá de forma contínua por rotação, até a cota prevista em projeto.

- PERFURAÇÃO

- O uso de prolongador é possível somente em condições especiais e desde que o solo, no trecho do prolongador, se mantenha estável.
- A execução da estaca somente inicia quando TODO o concreto estiver na obra.
- Para perfuração em terrenos mais resistentes, devemos utilizar ponteiros especiais.

ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA

- PERFURAÇÃO



ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA

- PERFURAÇÃO



- CONCRETAGEM

- O concreto é bombeado pelo interior da haste com sua simultânea retirada. A ponta da haste é fechada por uma tampa para evitar a entrada de água ou contaminação do concreto pelo solo. Esta tampa é aberta pelo peso do concreto no início da concretagem.
- A pressão de concreto deve ser sempre positiva para evitar a interrupção do fuste e é controlada pelo operador durante a concretagem.
- A concretagem é executada até a superfície do terreno, sem rotação do trado.

ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA

- CONCRETAGEM



ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA

- CONCRETAGEM

– Tapa do trado:



- CONCRETAGEM

- CONCRETO (Traço ABEF / ABEG / ABESC): **Código HC30**

- Consumo **mínimo** de cimento: **400 kg /m³**;
- Fator água/cimento $\leq 0,6 \rightarrow$ **0,55 (Nova especificação)**;
- Pedra 0 (dimensão máxima característica 12,5 mm);
- Slump Test: 22 \pm 3 cm;
- Resistência a Compressão ≥ 20 Mpa aos 28 dias \rightarrow **30 Mpa (Nova especificação)**;
- % de Argamassa em massa ≥ 55 %
- Traço tipo bombeado;
- Especificar na nota fiscal a quantidade máxima de água a ser adicionada na obra considerando a água retida na central mais uma estimativa de água perdida por evaporação.
- Não utilizar cimento ARI;
- Não utilizar pó de pedra (apenas em traço “especial”).

- CONCRETAGEM

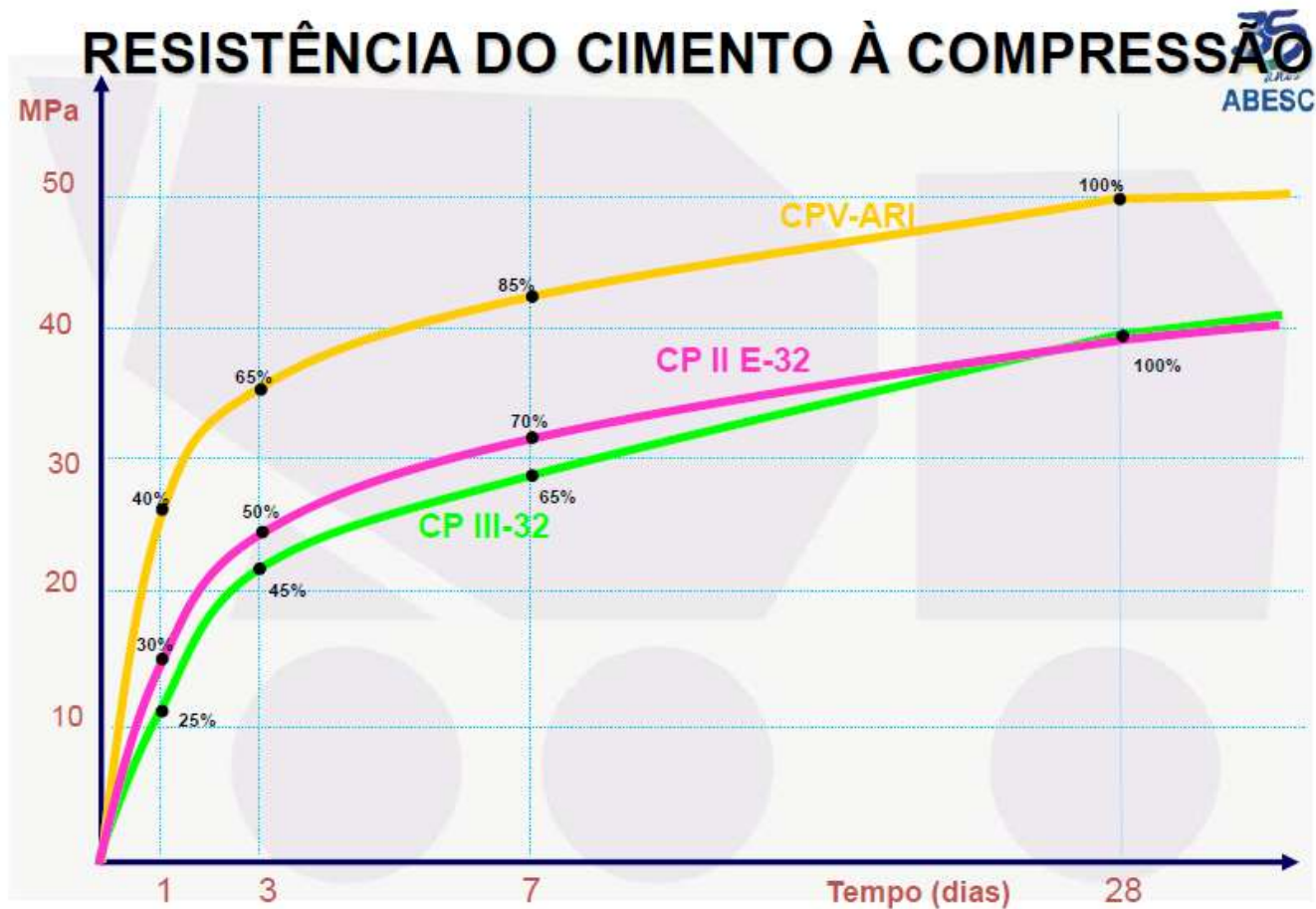
Influência da relação A/C em algumas características do concreto



Relação A/C **BAIXA**

- ↑ - Compressão Axial
- ↑ - Tração na flexão
- ↑ - Abrasão
- ↓ - Porosidade
- ↓ - Retração
- ↓ - Exsudação / Segregação
- ↑ - Módulo de Elasticidade
- ↑ - Durabilidade

- CONCRETAGEM



ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA

- CONCRETAGEM



ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA

- CONCRETAGEM



- COLOCAÇÃO DA ARMADURA

- Aço CA 50 ou CA 25, conforme projeto.
- Limpeza do terreno, acima da cabeça da estaca, de modo a permitir a colocação da armadura;
- A colocação da armadura em forma de gaiola deve ser feita imediatamente após a concretagem (no máximo 2 horas após a chegada do caminhão betoneira).
- Sua descida pode ser auxiliada por peso.
- A armadura deve ser enrijecida para facilitar a sua colocação.

ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA

- COLOCAÇÃO DA ARMADURA



ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA

- COLOCAÇÃO DA ARMADURA

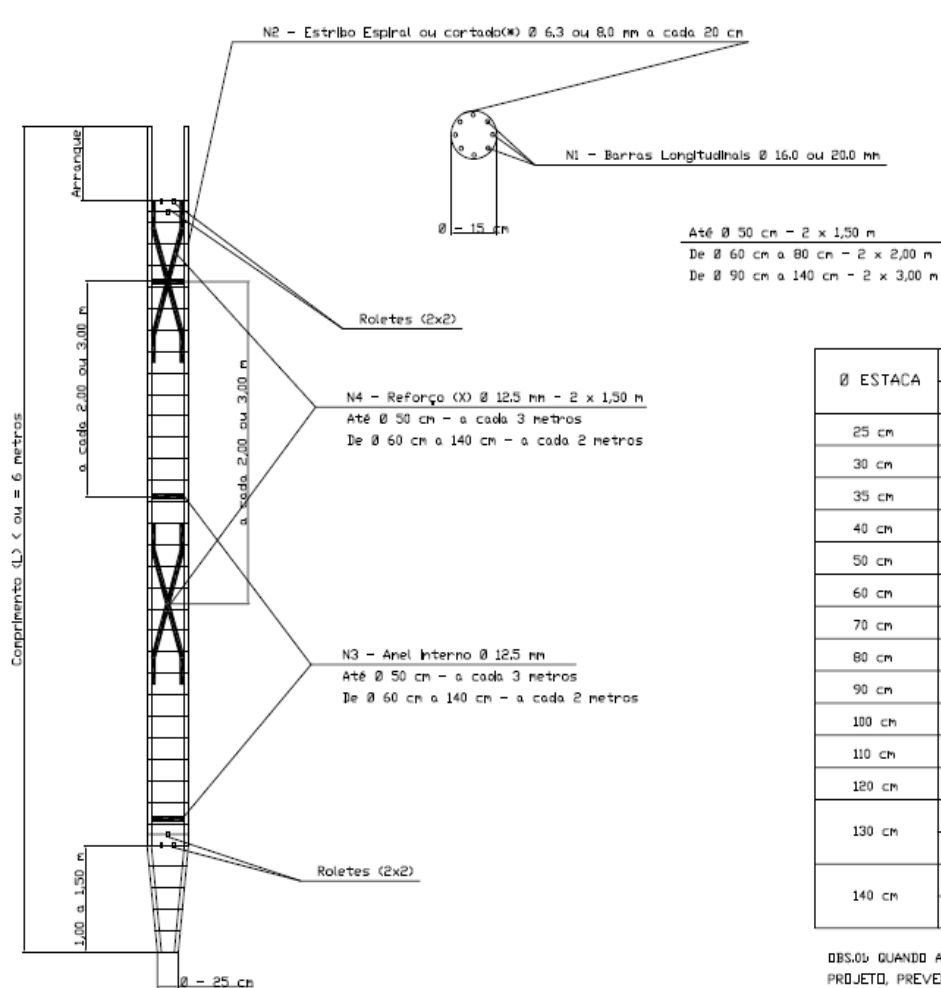


ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA

- COLOCAÇÃO DA ARMADURA



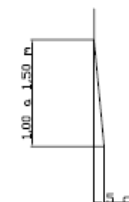
• COLOCAÇÃO DA ARMADURA



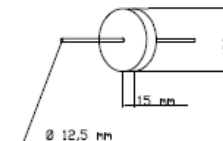
DETALHE - "X" DA CABEÇA DA ARMAÇÃO - Ø 12,5 mm



DETALHE DA PONTA



DETALHE DO ROLETE



Ø ESTACA	N1 - LONGITUDINAL			N2 - ESTRIBOS			N3 - ANEL ENRIJEDEDOR		
	QUANT.	Ø BITOLA	COMPR.	Ø BITOLA	COMPR. (Ø)	Transpasse	Ø BITOLA	COMPR. (Ø)	Transpasse
25 cm	4	16 mm	até 6,00 m	6,3 mm	0,82 m	0,50 m	12,5 mm	0,72 m	0,50 m
30 cm	4	16 mm	até 6,00 m	6,3 mm	0,98 m	0,50 m	12,5 mm	0,88 m	0,50 m
35 cm	4	16 mm	até 6,00 m	6,3 mm	1,13 m	0,50 m	12,5 mm	1,03 m	0,50 m
40 cm	4	16 mm	até 6,00 m	6,3 mm	1,29 m	0,50 m	12,5 mm	1,19 m	0,50 m
50 cm	6	16 mm	até 6,00 m	6,3 mm	1,60 m	0,50 m	12,5 mm	1,50 m	0,50 m
60 cm	8	16 mm	até 6,00 m	6,3 mm	1,92 m	0,50 m	12,5 mm	1,82 m	0,50 m
70 cm	10	16 mm	até 6,00 m	6,3 mm	2,23 m	0,50 m	12,5 mm	2,13 m	0,50 m
80 cm	8	20 mm	até 6,00 m	8 mm	2,55 m	0,50 m	12,5 mm	2,42 m	0,50 m
90 cm	11	20 mm	até 6,00 m	8 mm	2,86 m	0,50 m	12,5 mm	2,74 m	0,50 m
100 cm	13	20 mm	até 6,00 m	8 mm	3,18 m	0,50 m	12,5 mm	3,05 m	0,50 m
110 cm	16	20 mm	até 6,00 m	8 mm	3,49 m	0,50 m	12,5 mm	3,36 m	0,50 m
120 cm	18	20 mm	até 6,00 m	8 mm	3,80 m	0,50 m	12,5 mm	3,68 m	0,50 m
130 cm	22	20 mm	até 6,00 m	8 mm	4,12 m	0,50 m	12,5 mm	3,99 m	0,50 m
	14	25 mm	até 6,00 m	12,5 mm	4,12 m	0,50 m	12,5 mm	3,96 m	0,50 m
140 cm	25	20 mm	até 6,00 m	8 mm	4,43 m	0,50 m	12,5 mm	4,31 m	0,50 m
	16	25 mm	até 6,00 m	12,5 mm	4,43 m	0,50 m	12,5 mm	4,27 m	0,50 m

OBS.01: QUANDO A DIFERENÇA ENTRE A COTA DO TERRENO E A COTA DE ARRASAMENTO FOR MAIOR QUE O ARRANQUE DE PROJETO, PREVER COMPLEMENTO DE TODAS AS BARRAS LONGITUDINAIS ATÉ ALCANÇAR A COTA DO TERRENO (N1).

OBS.02: É VIÁVEL A COLOCAÇÃO DE ARMADURAS DE COMPRIMENTOS SUPERIORES A 6 METROS, DESDE QUE SEJAM ESTUDADOS DOIS (TENS) O DETALHE DAS ARMADURAS E AS CARACTERÍSTICAS DE TRABALHABILIDADE DO CONCRETO.

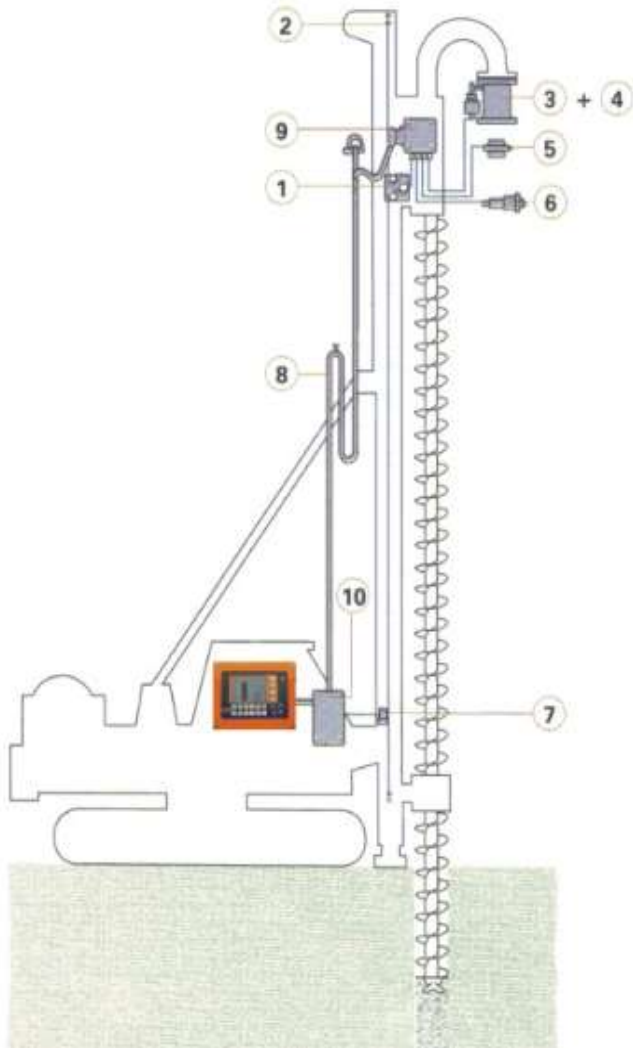
ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA

- COLOCAÇÃO DA ARMADURA



ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA

- CONTROLE



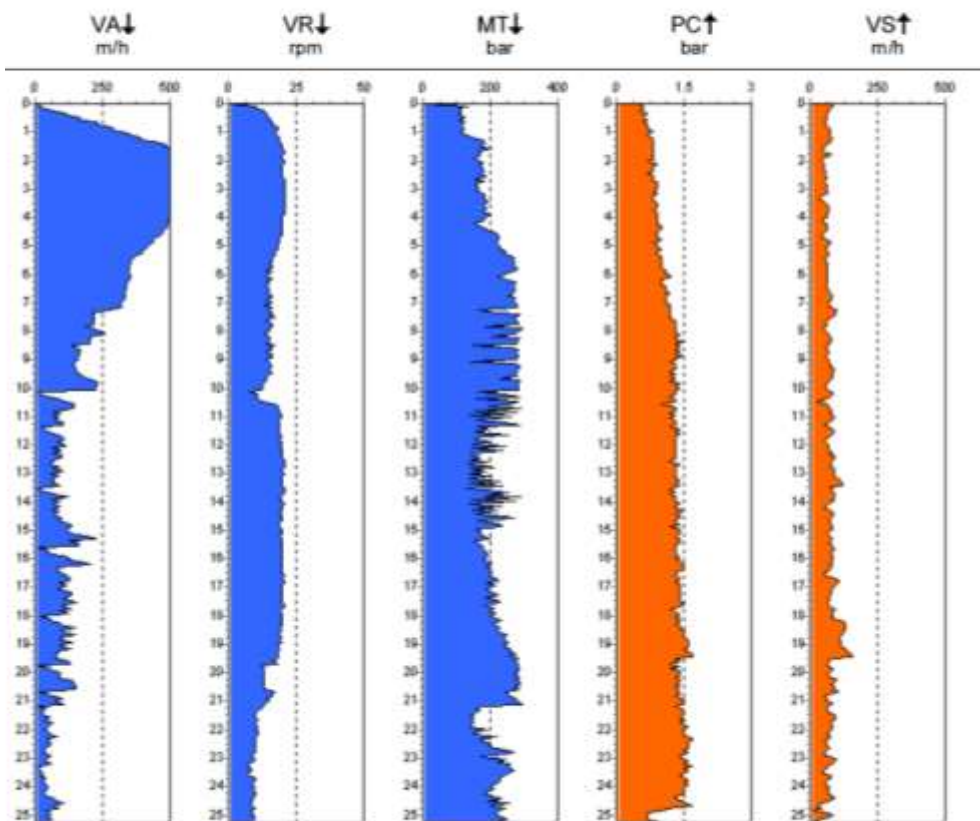
- CONTROLE

- Nivelamento do equipamento e prumo do trado;
- Pressão no torque;
- Velocidade de avanço do trado;
- Velocidade de rotação do trado;
- Cota de Ponta do trado;
- Pressão de concreto durante a concretagem;
- Sobre-consumo de concreto (over-break);
- Velocidade de subida do trado.

ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA

- CONTROLE

Estaca		Perfuração		Concretagem	
Diametro:	700 mm	Data de início:	20/03/12	Data de início:	20/03/12
Passo:	8 cm	Data de término:	20/03/12	Data de término:	20/03/12
Inclinação X/Y:	-0,1°/-0,1°	Hora de início:	07:50:00	Hora de início:	08:16:00
Profundidade:	25,27 m	Hora de término:	08:16:00	Hora de término:	08:51:00
Volume:	12740 L	Duração:	00:17:40	Duração:	00:24:59
Superconsumo:	31 %				



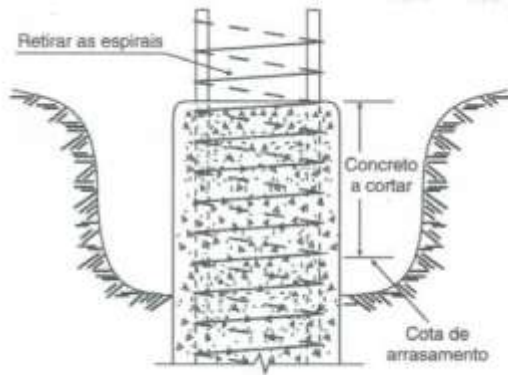
VA - Velocidade de Avanço
MT - Momento de Torção
VS - Velocidade de Subida

VR - Velocidade de Rotação
PC - Pressão do Concreto

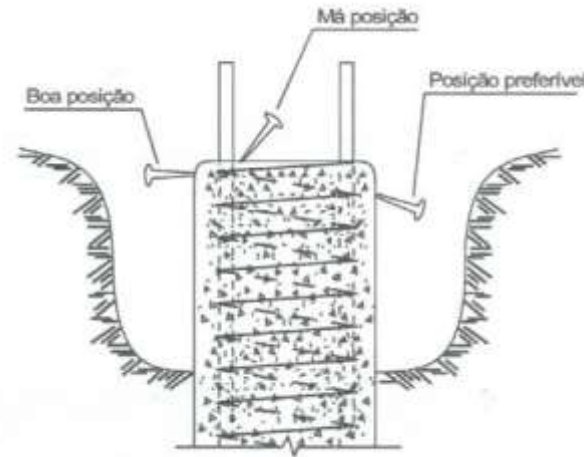
- PREPARO DA CABEÇA DA ESTACA
 - Remover o excesso de concreto em relação à cota de arrasamento da estaca.
 - Na demolição podem ser utilizados ponteiros ou martelotes (leves para até 900 cm² e maiores para seções superiores a 900 cm²). O acerto final do topo das estacas demolidas deve ser sempre efetuado com uso de ponteiro ou ferramenta de corte apropriada.

ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA

- PREPARO DA CABEÇA DA ESTACA

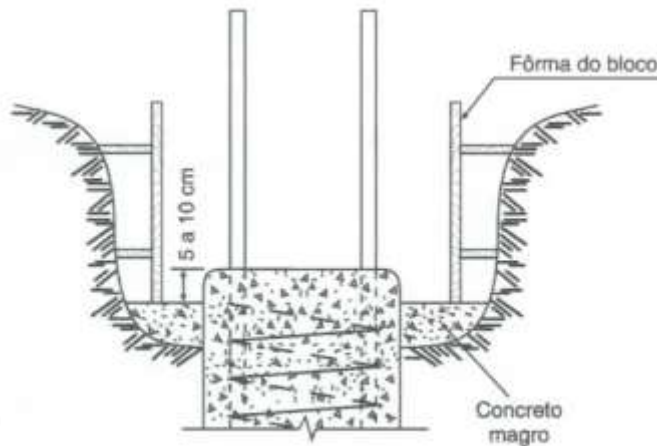


Escavação até cerca de 15 cm abaixo da cota de arrasamento



Posições do ponteiro: boa, má e preferível

Após a execução do estaqueamento, o preparo e o aparelhamento da cabeça das estacas deverão ser feitos conforme a ilustração ao lado, ressaltando o posicionamento correto do ponteiro e admitindo a utilização de um martelo pneumático leve em estacas com diâmetros superiores a 40 cm.



Situação normal

ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA

- PREPARO DA CABEÇA DA ESTACA



- PREPARO DA CABEÇA DA ESTACA



- PREPARO DA CABEÇA DA ESTACA



- CUIDADOS

- Locação das estacas;
- Cotas;
- Garantir que o topo do trado sempre esteja acima da cota superior de argilas moles e saturadas;
- Utilizar roletes “finos”, sendo 4 (quatro) no topo da armação e 4 (quatro) na mudança do pé para o corpo;
- Na concretagem, trazer o concreto até o nível do terreno contaminação da estaca;
- Estacas devidamente armadas a fim de evitar quebra por flexão;
- Limpeza de rede: 1ª estaca do dia;
- Início da concretagem: posicionamento da ponta do trado;
- Qualidade do concreto;
- Controle Tecnológico;
- Armaduras muito longas.

ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA

- CUIDADOS

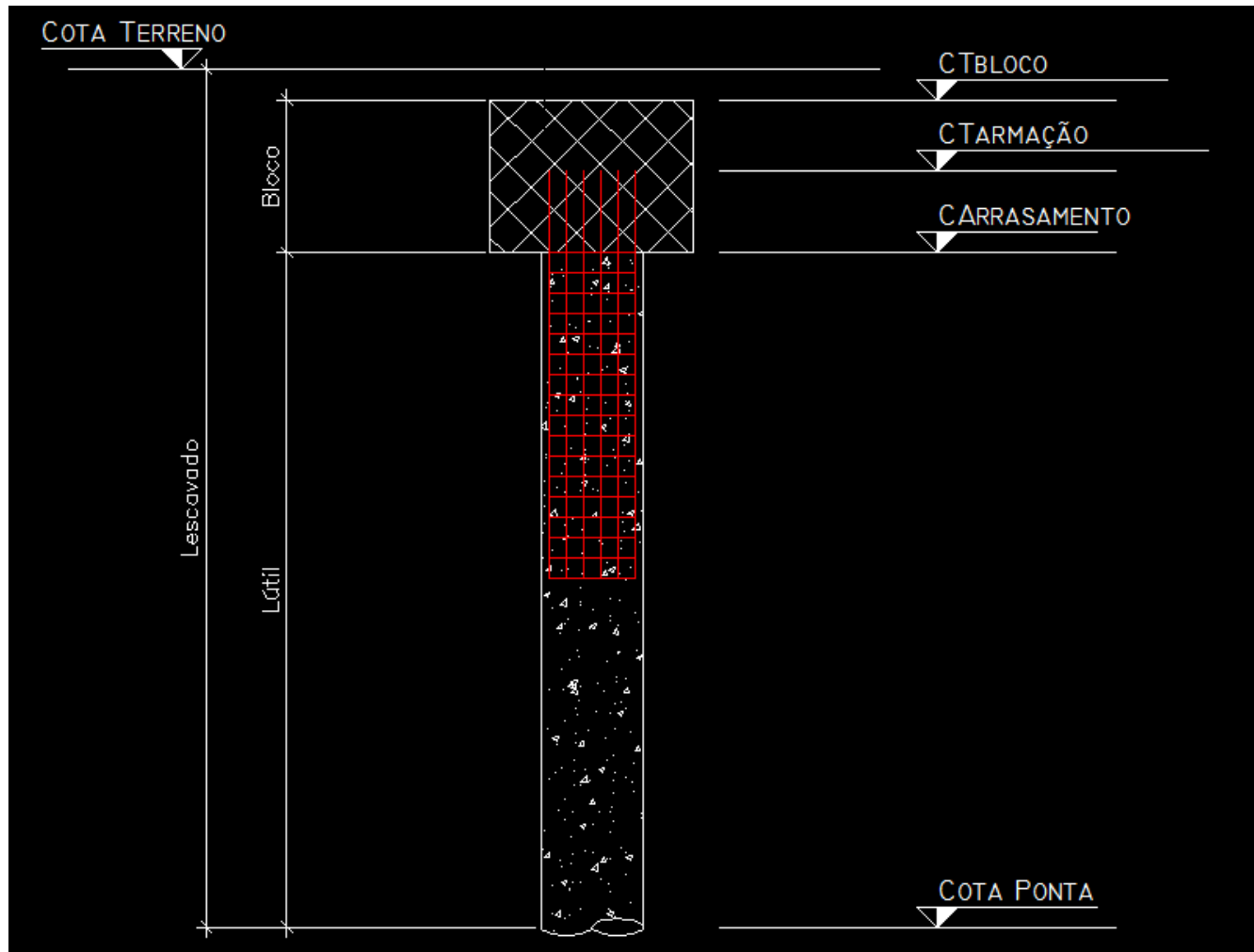


ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA

- CUIDADOS

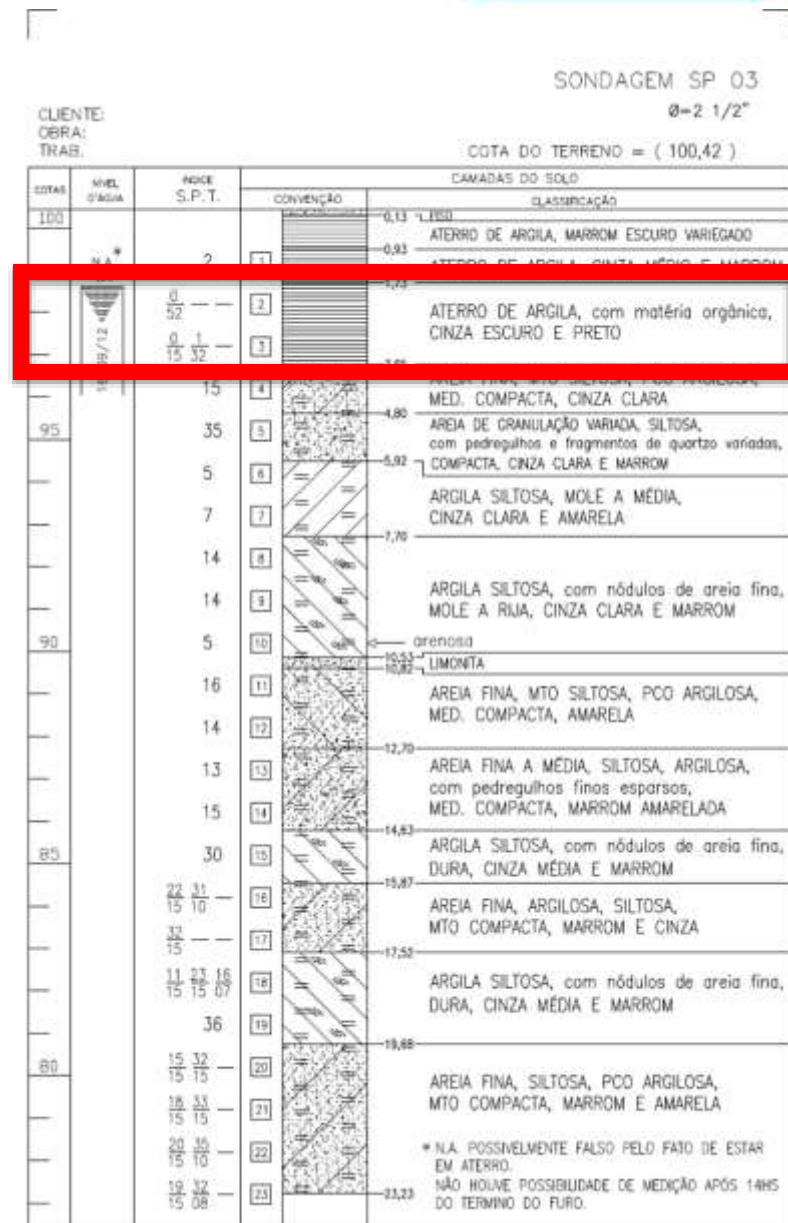


- CUIDADOS



ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA

- CUIDADOS

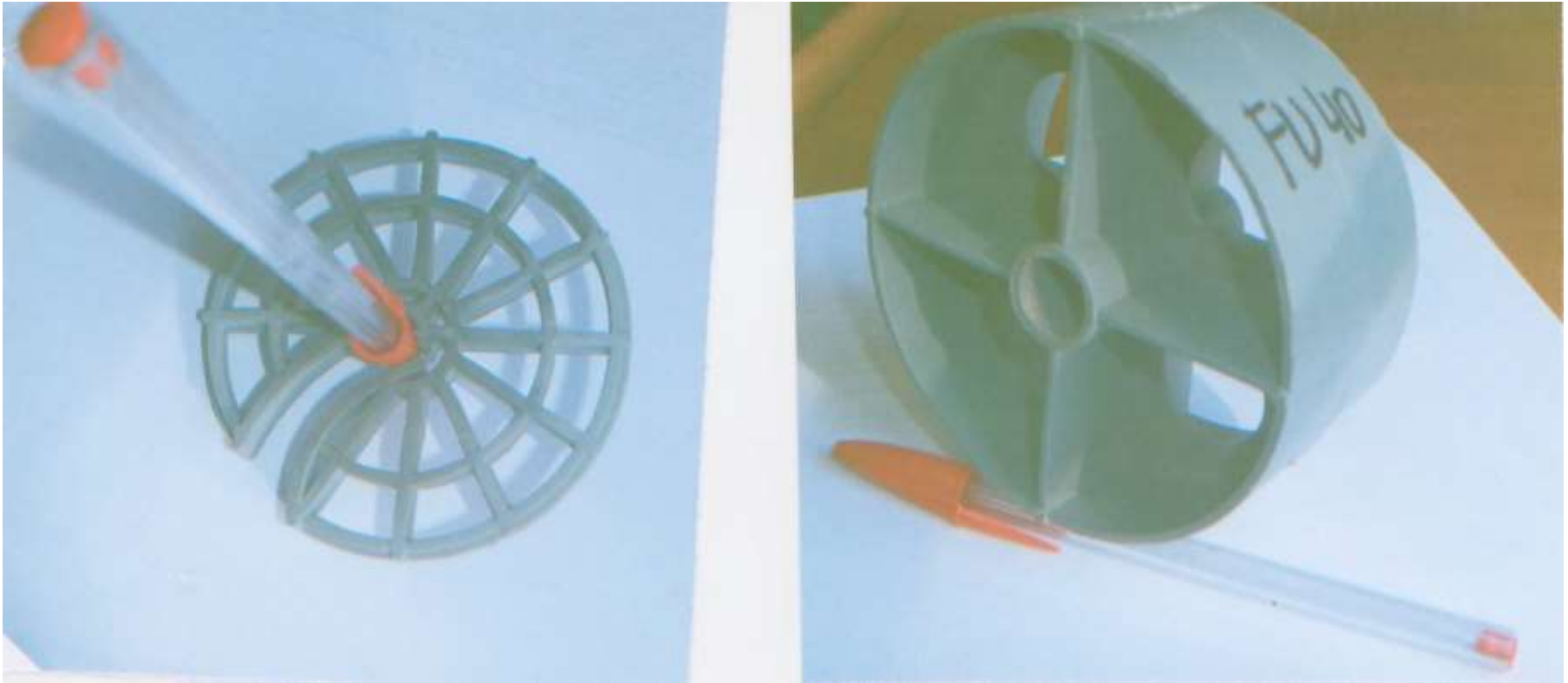


ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA



ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA

- CUIDADOS



ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA

- CUIDADOS

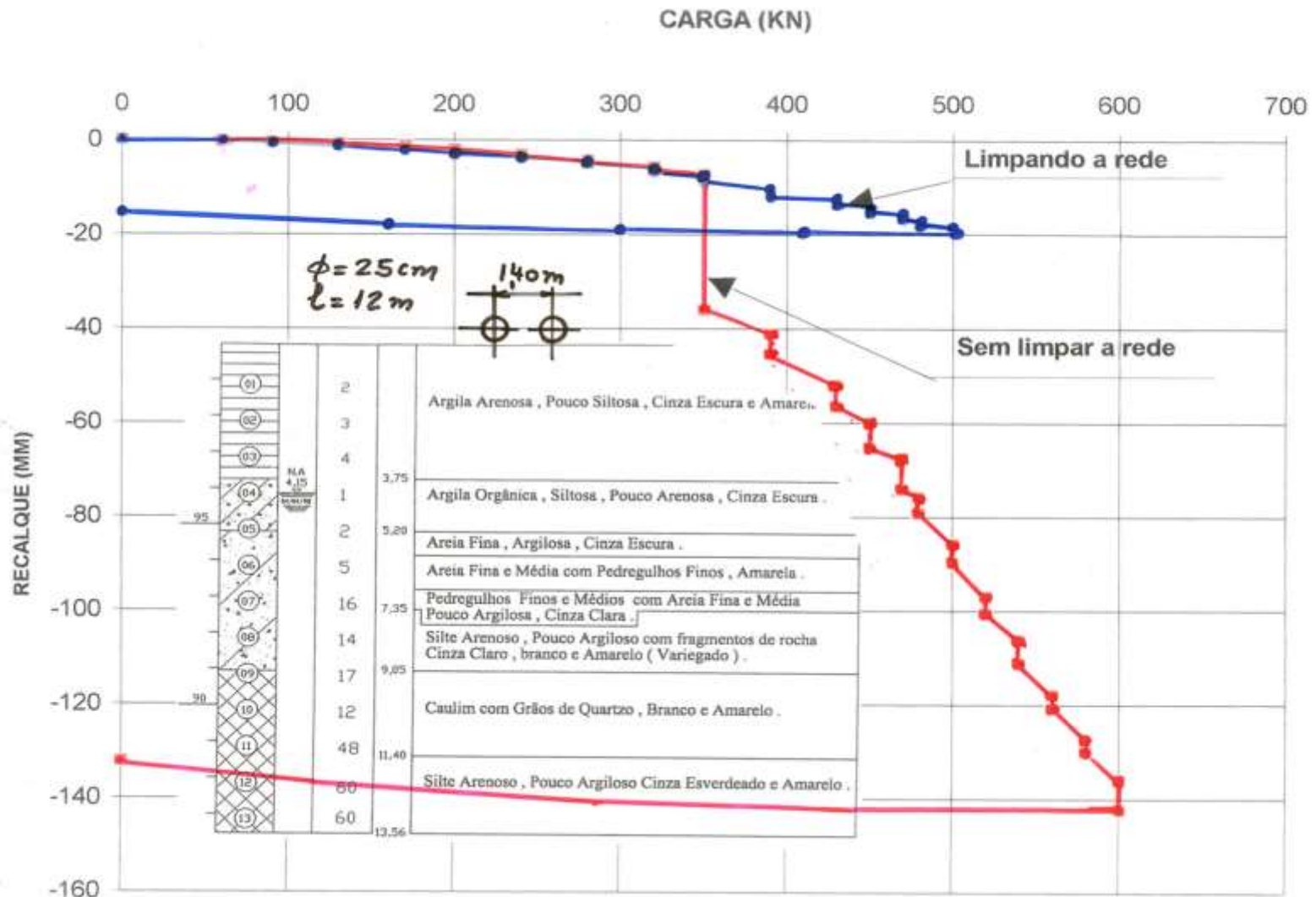


ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA

- CUIDADOS



- CUIDADOS

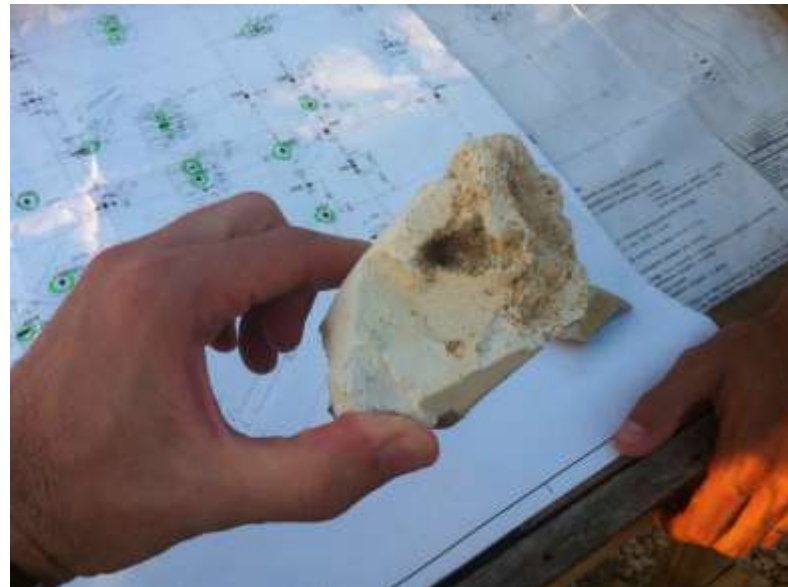


- CUIDADOS



ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA

- CUIDADOS



ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA

- CUIDADOS



ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA

- CUIDADOS



Irregularidade no topo dos CP's

ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA

- CUIDADOS

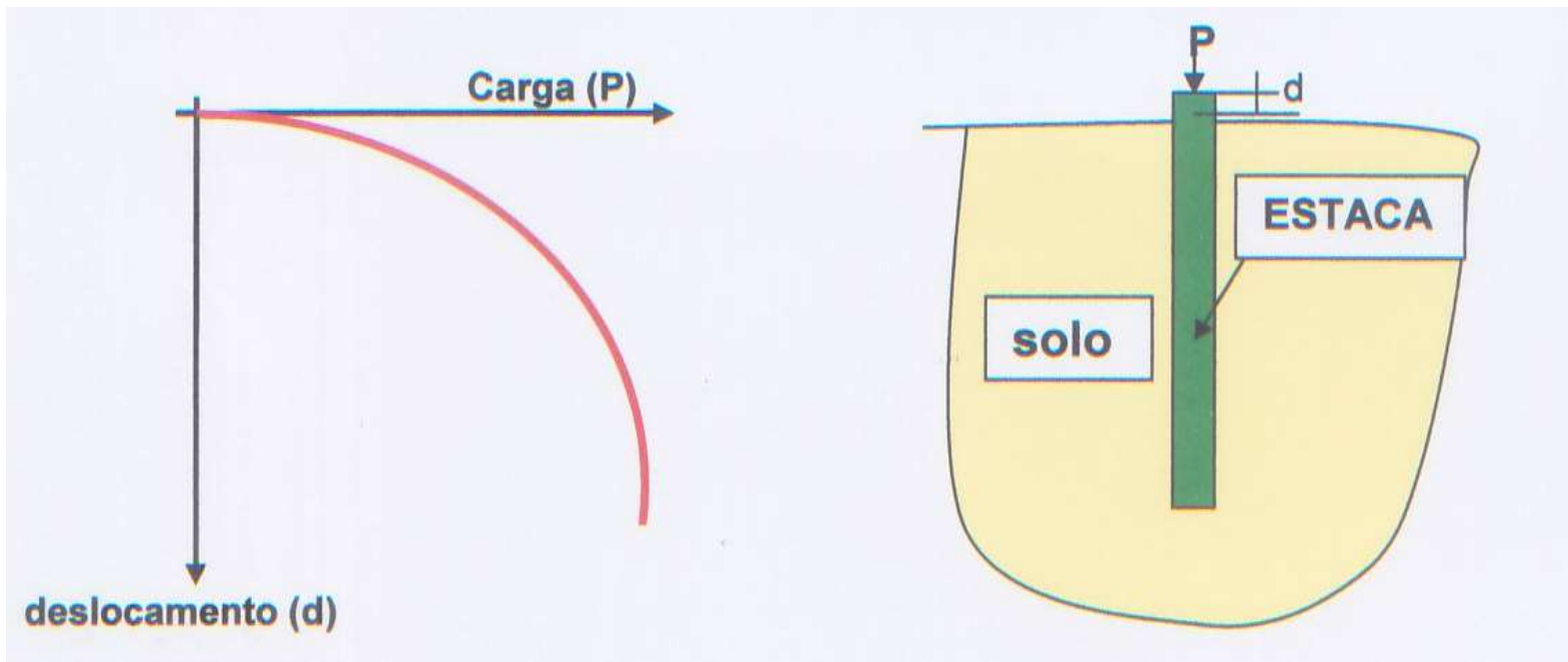


ÍNDICE:

2) Provas de Carga Estática

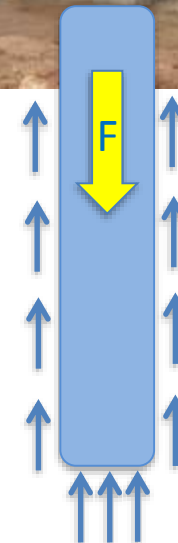
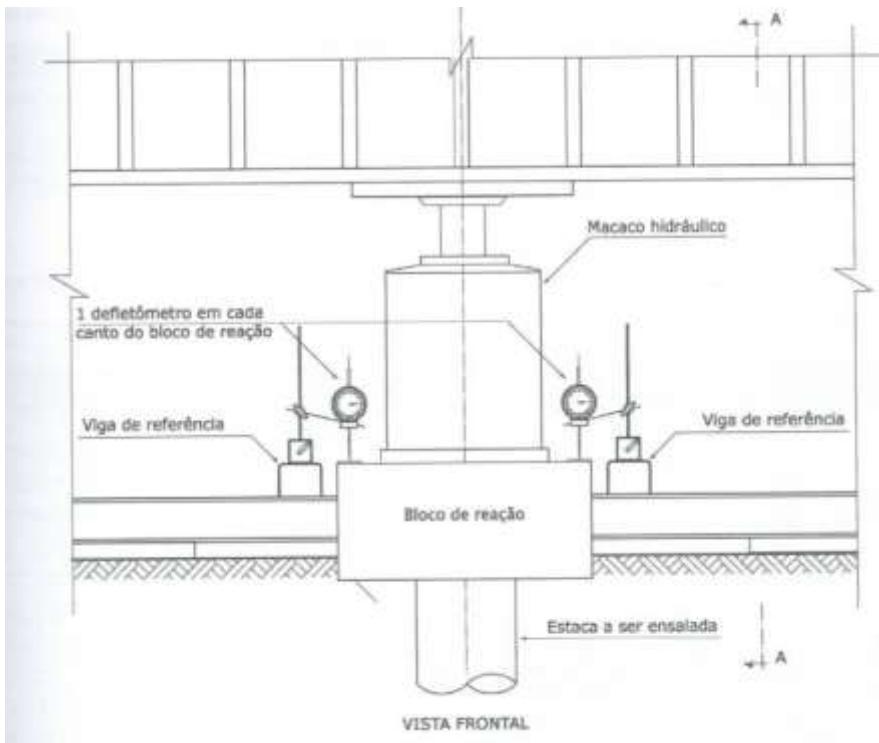
PROVAS DE CARGA ESTÁTICA

- DEFINIÇÃO (NBR 12.131/2006)
- A prova de carga consiste, basicamente, em aplicar esforços estáticos à estaca e registrar os deslocamentos correspondentes.
- Os esforços aplicados podem ser axiais, de tração ou de compressão, ou transversais.



PROVAS DE CARGA ESTÁTICA

- NBR 12.131/2006



PROVAS DE CARGA ESTÁTICA

- NBR 12.131/2006



- NBR 6122/2010

9.2.2 Fundação em estacas

9.2.2.1 Quantidade de provas de carga

É obrigatória a execução de provas de carga estática em obras que tiverem um número de estacas superior ao valor especificado na coluna (B) da Tabela 6, sempre no início da obra. Quando o número total de estacas for superior ao valor da coluna (B) da Tabela 6, deve ser executado um número de provas de carga igual a no mínimo 1 % da quantidade total de estacas, arredondando-se sempre para mais. Inclui-se nesse 1% as provas de carga executadas conforme 6.2.1.2.2.

É necessária a execução de prova de carga, qualquer que seja o número de estacas da obra, se elas forem empregadas para tensões médias (em termos de valores admissíveis) superiores aos indicados na coluna (A) Tabela 6.

- NBR 6122/2010

Tabela 6 — Quantidade de provas de carga

Tipo de estaca	A Tensão (admissível) máxima abaixo da qual não serão obrigatórias provas de carga desde que o número de estacas da obra seja inferior à coluna (B), em MPa ^{b c d}	B Número total de estacas da obra a partir do qual serão obrigatórias provas de carga ^{b c d}
Pré-moldada ^a	7,0	100
Madeira	-	100
Aço	0,5 f _{yk}	100
Hélice e hélice de deslocamento (monitoradas)	5,0	100
Estacas escavadas com ou sem fluido $\Phi \geq 70$ cm	5,0	75
Raiz ^e	15,5	75
Microestaca ^e	15,5	75
Trado segmentado	5,0	50
Franki	7,0	100
Escavadas sem fluido $\Phi < 70$ cm	4,0	100
Strauss	4,0	100

- NBR 6122/2010

9.2.2.3 Quantidade de ensaios dinâmicos

Para comprovação de desempenho as provas de carga estáticas podem ser substituídas por ensaios dinâmicos na proporção de cinco ensaios dinâmicos para cada prova de carga estática em obras que tenham um número de estacas entre os valores da coluna B (Tabela 6) e duas vezes esse valor. Acima deste número de estacas será obrigatório pelo menos uma prova de carga estática, conforme ABNT NBR 12131.

PROVAS DE CARGA ESTÁTICA

- NBR 6122/2010

QUANT. ESTACAS	PROVAS DE CARGA
unid.	unid.
100	1 PCE
entre 101 e 200	2 PCE
	1 PCE e 5 PDA
	10 PDA
entre 201 e 300	3 PCE
	2 PCE e 5 PDA
	1 PCE e 10 PDA
entre 301 e 400	4 PCE
	3 PCE e 5 PDA
	2 PCE e 10 PDA
	1 PCE e 15 PDA
entre 401 e 500	5 PCE
	4 PCE e 5 PDA
	3 PCE e 10 PDA
	2 PCE e 15 PDA
	1 PCE e 20 PDA
acima de 500	CONSULTOR

- HISTÓRIA

- Prova de Carga em sapata: Edifício Martinelli (1928/29);
- Prova de Carga em estaca: Edifício Banco do Estado de S. Paulo (anos 40);
- Prova de Carga: Ponte Rio-Niterói (início dos anos 70).

- HISTÓRIA



Prova de carga em sapata da fundação do edifício Martinelli

- HISTÓRIA



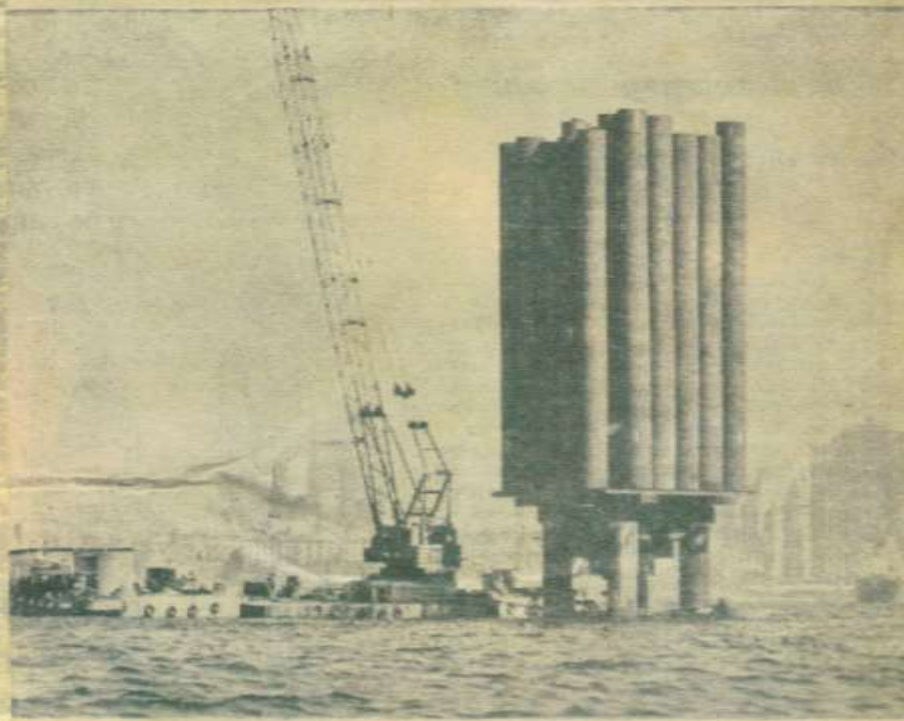
Edif. Banco do Estado de São Paulo - anos 40 - Cargueira de 180 tf

PROVAS DE CARGA ESTÁTICA

- HISTÓRIA

O GLOBO ☆ 25-3-70 ☆ Página 10

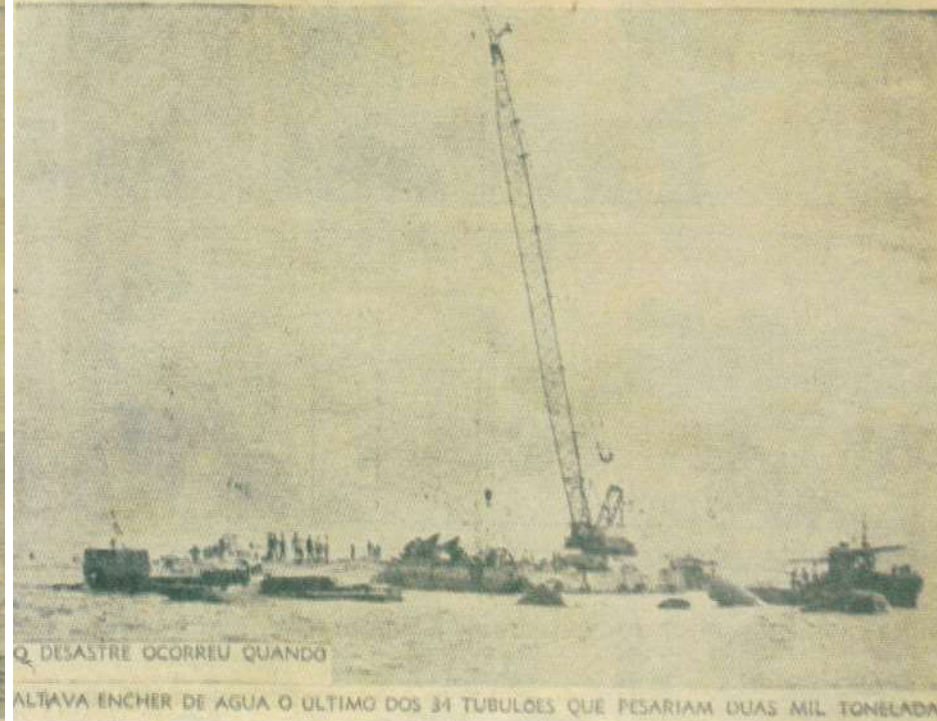
Como era



A MONTAGEM DA PLATAFORMA COMEÇOU NA SEXTA-FEIRA.

Vista dos tubos sobre a plataforma antes do acidente

Como ficou



O DESASTRE OCORREU QUANDO

ALTAVA ENCHER DE AGUA O ULTIMO DOS 31 TUBOES QUE PESARIAM DUAS MIL TONELADAS

Local da prova de carga após o acidente

- HISTÓRIA

PLATAFORMA DESABA E MATA OITO NA PONTE RIO- NITERÓI

Um acidente provocado ontem à tarde, pelo desmoronamento de uma plataforma com 34 tubulões de 22 metros de altura, pesando duas mil toneladas, matou três engenheiros e cinco operários que trabalhavam na construção da Ponte Rio—Niterói, e interrompeu um teste de carga que vinha sendo realizado por técnicos do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, considerado decisivo para a obra.

- NBR 12.131/2006

- Procedimento: CARREGAMENTO LENTO

- O carregamento deve ser executado em estágios iguais e sucessivos, observando-se que:
 - A carga em cada estágio não deve ultrapassar 20% da carga de trabalho prevista.
 - A carga deve ser mantida até a estabilização dos deslocamentos e no mínimo por 30 minutos.
- Em cada estágio os deslocamentos devem ser lidos imediatamente após a aplicação da carga correspondente, seguindo-se leituras decorridas 2min, 4min, 8min, 15min até 30min, contados a partir do início do estágio, até se atingir a estabilização;
- A estabilização dos deslocamentos estará atendida quando a diferença entre duas leituras consecutivas corresponder a no máximo 5% do deslocamento havido no mesmo estágio (entre o deslocamento da estabilização do estágio anterior e o atual);
- Terminada a fase de carregamento, a carga máxima do ensaio deve ser mantida durante 12 horas entre a estabilização dos recalques e o início do descarregamento;
- O descarregamento deve ser realizado em, no mínimo, quatro estágios. Cada estágio deve ser mantido durante 15 min, até se atingir a estabilização.

- NBR 12.131/2006

- Procedimento: CARREGAMENTO RÁPIDO

- O carregamento deve ser executado em estágios iguais e sucessivos, observando-se que:
 - A carga em cada estágio não deve ultrapassar 10% da carga de trabalho prevista.
 - A carga deve ser mantida durante 10 minutos, independente da estabilização.
- Em cada estágio os deslocamentos devem ser lidos obrigatoriamente no início e final de cada estágio;
- Terminada a fase de carregamento, devem ser feitas cinco leituras: 10min, 30min, 60min, 90min e 120min;
- O descarregamento deve ser realizado em, no mínimo, cinco estágios. Cada estágio deve ser mantido durante 10 min.
- Após 10min do descarregamento total, devem ser feitas mais duas leituras adicionais aos 30min e 60min.

- NBR 12.131/2006

- Procedimento: CARREGAMENTO MISTO

- O ensaio é feito com carregamento lento até a carga 1,2 vez a carga de trabalho;
- A seguir, executa-se o ensaio com carregamento rápido.

PROVAS DE CARGA ESTÁTICA



geofix													PROVA DE CARGA À COMPRESSÃO NA ESTACA: PCE - P209 - Bloco B																
OBRA Nº: GP 17/15													INÍCIO: 20/05/15						TÉRMINO: 01/07/15										
CLIENTE: Panamira (Colombian)													TIPO DE ESTACA: Estaca Hélice Continúa																
LOCAL: Est. Das Neções - Baraeté													D = 80 cm						L = 19,00 m										
ETP	CARGA	CARGA	CARGA	CARGA	CARGA	CARGA [kN]						T1	D ₅₀	T2	D ₉₀														
						001	002	003	004	005	006					007	008	009	010										
CARGA															001	002	003	004	005	006	007	008	009	010	011	012	013	014	015
001	002	003	004	005	006	40,50	81,00	121,50	162,00	202,50	243,00	283,50	324,00	364,50	405,00	445,50	486,00	526,50	567,00	607,50	648,00								

geofix													PROVA DE CARGA À COMPRESSÃO NA ESTACA: PCE - P208 - Bloco B																
OBRA Nº: GP 17/15													INÍCIO: 20/04/15						TÉRMINO: 05/07/15										
CLIENTE: Panamira (Colombian)													TIPO DE ESTACA: Estaca Hélice Continúa																
LOCAL: Est. Das Neções - Baraeté													D = 80 cm						L = 19,00 m										
ETP	CARGA	CARGA	CARGA	CARGA	CARGA	CARGA [kN]						T1	D ₅₀	T2	D ₉₀														
						001	002	003	004	005	006					007	008	009	010										
CARGA															001	002	003	004	005	006	007	008	009	010	011	012	013	014	015
001	002	003	004	005	006	43,31	86,61	129,91	173,21	216,51	259,81	303,11	346,41	389,71	433,01	476,31	519,61	562,91	606,21	649,51	692,81								

DESCARGA																													
ETP	CARGA	CARGA	CARGA	CARGA	CARGA	CARGA [kN]						T1	D ₅₀	T2	D ₉₀														
						001	002	003	004	005	006					007	008	009	010										
DESCARGA															001	002	003	004	005	006	007	008	009	010	011	012	013	014	015
001	002	003	004	005	006	59,25	59,25	59,25	59,25	59,25	59,25	59,25	59,25	59,25	59,25	59,25	59,25	59,25	59,25	59,25	59,25	59,25							

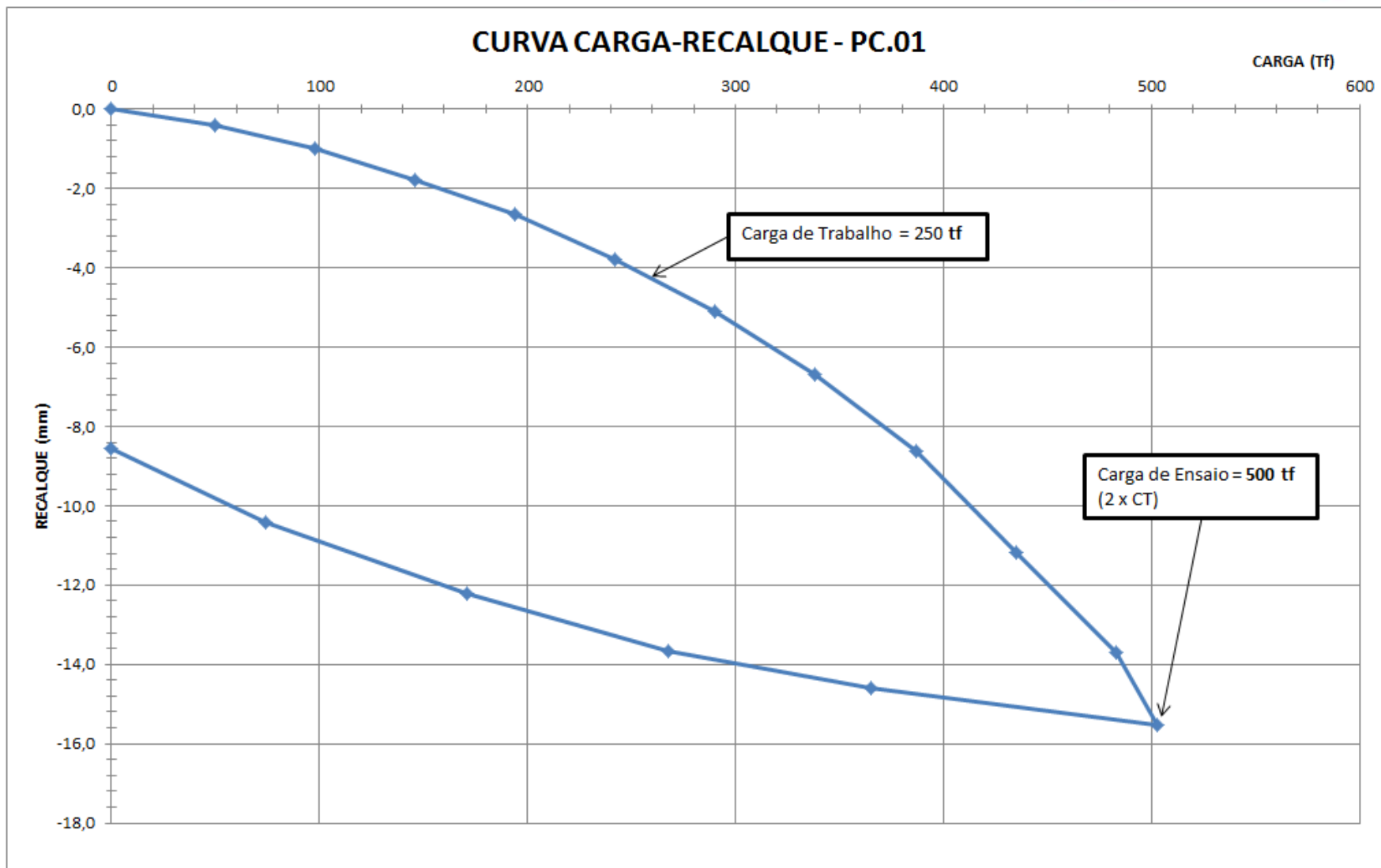
RECALQUE COM CARGA MÁXIMA																													
RECALQUE APÓS DESCARGA																													
DIFERENCIAL																													
RECALQUE COM CARGA MÁXIMA															10,10 mm	8,89 mm	8,22 mm	7,70 mm	7,20 mm	6,70 mm	6,20 mm	5,70 mm	5,20 mm	4,70 mm	4,20 mm	3,70 mm	3,20 mm	2,70 mm	2,20 mm
RECALQUE APÓS DESCARGA															3,40 mm	2,90 mm	2,40 mm	1,90 mm	1,40 mm	0,90 mm	0,40 mm	0,00 mm	0,00 mm	0,00 mm	0,00 mm	0,00 mm	0,00 mm	0,00 mm	0,00 mm
DIFERENCIAL															6,70 mm	5,99 mm	5,80 mm	5,80 mm	5,80 mm	5,80 mm	5,80 mm	5,80 mm	5,80 mm	5,80 mm	5,80 mm	5,80 mm	5,80 mm	5,80 mm	5,80 mm

OBSERVAÇÕES:

DEPOIS DA CARGA MÁXIMA, NÃO HOUVE DESCARGA DE CARGAS NA ESTACA

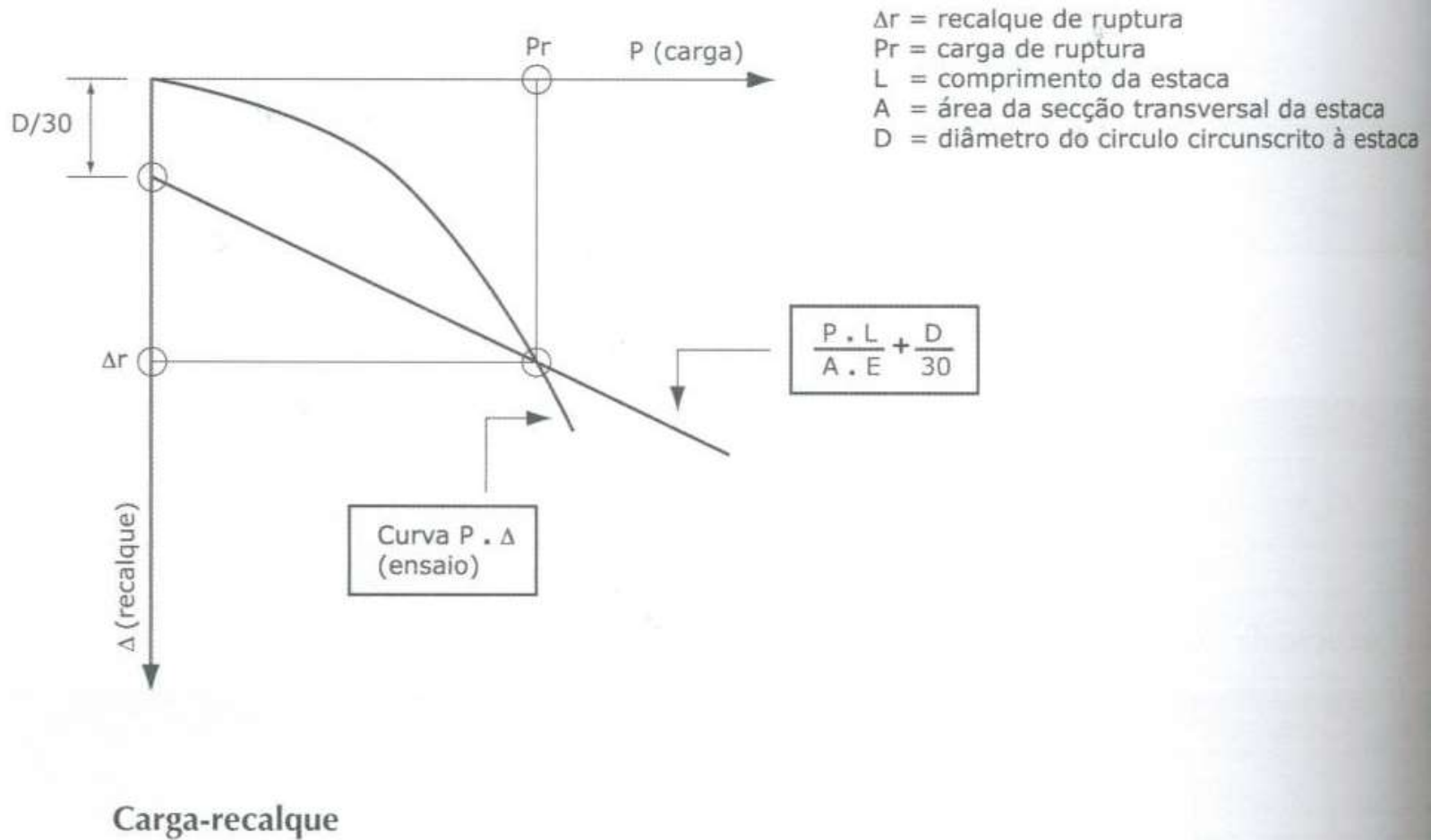
DEPOIS DA CARGA MÁXIMA, NÃO HOUVE DESCARGA DE CARGAS NA ESTACA

PROVAS DE CARGA ESTÁTICA



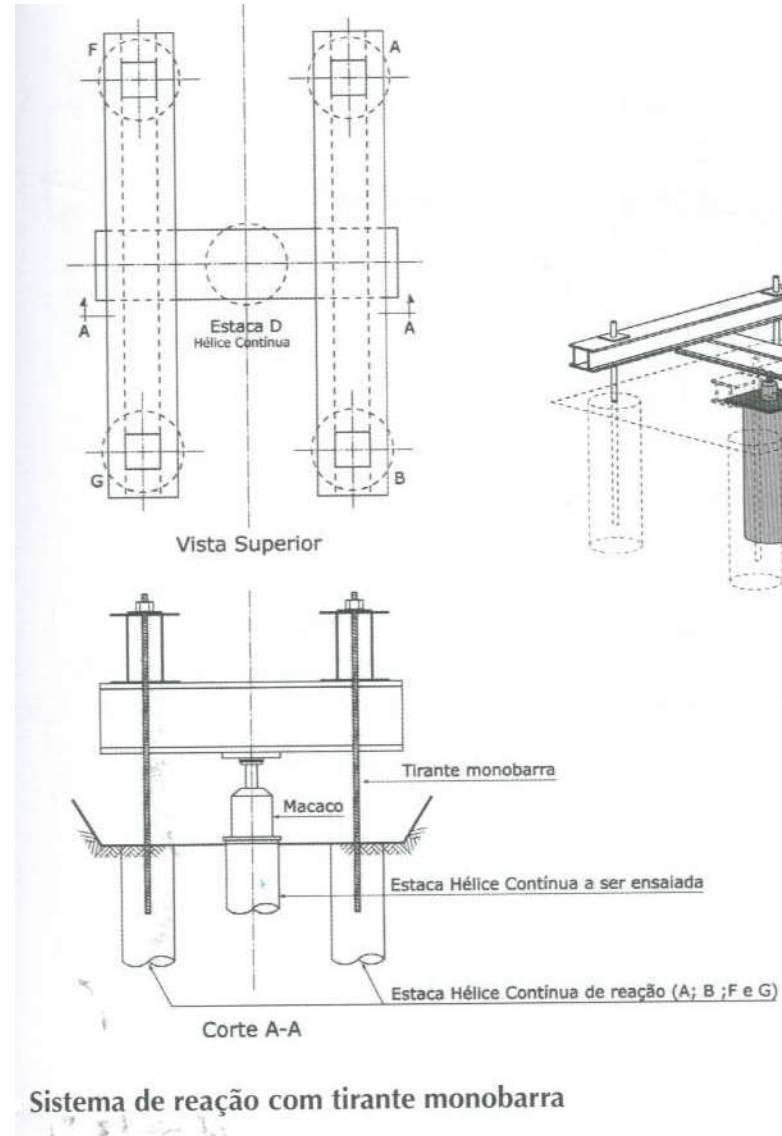
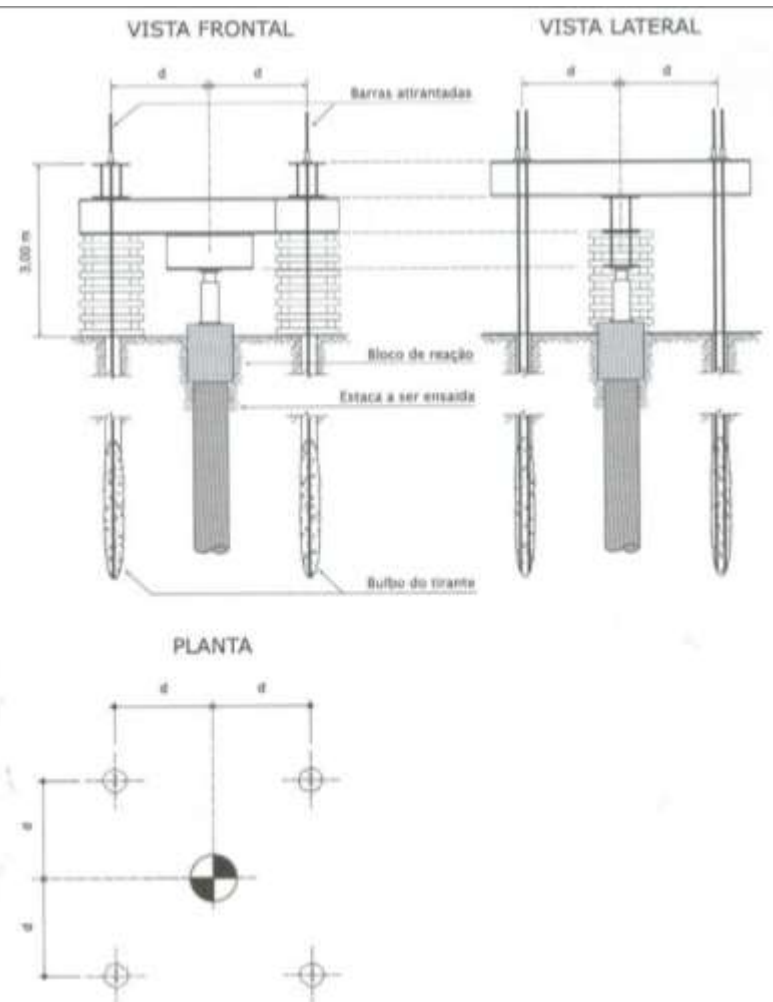
PROVAS DE CARGA ESTÁTICA

- NBR 6122/2010



PROVAS DE CARGA ESTÁTICA

- NBR 12.131/2006



Sistema de reação com tirante monobarra

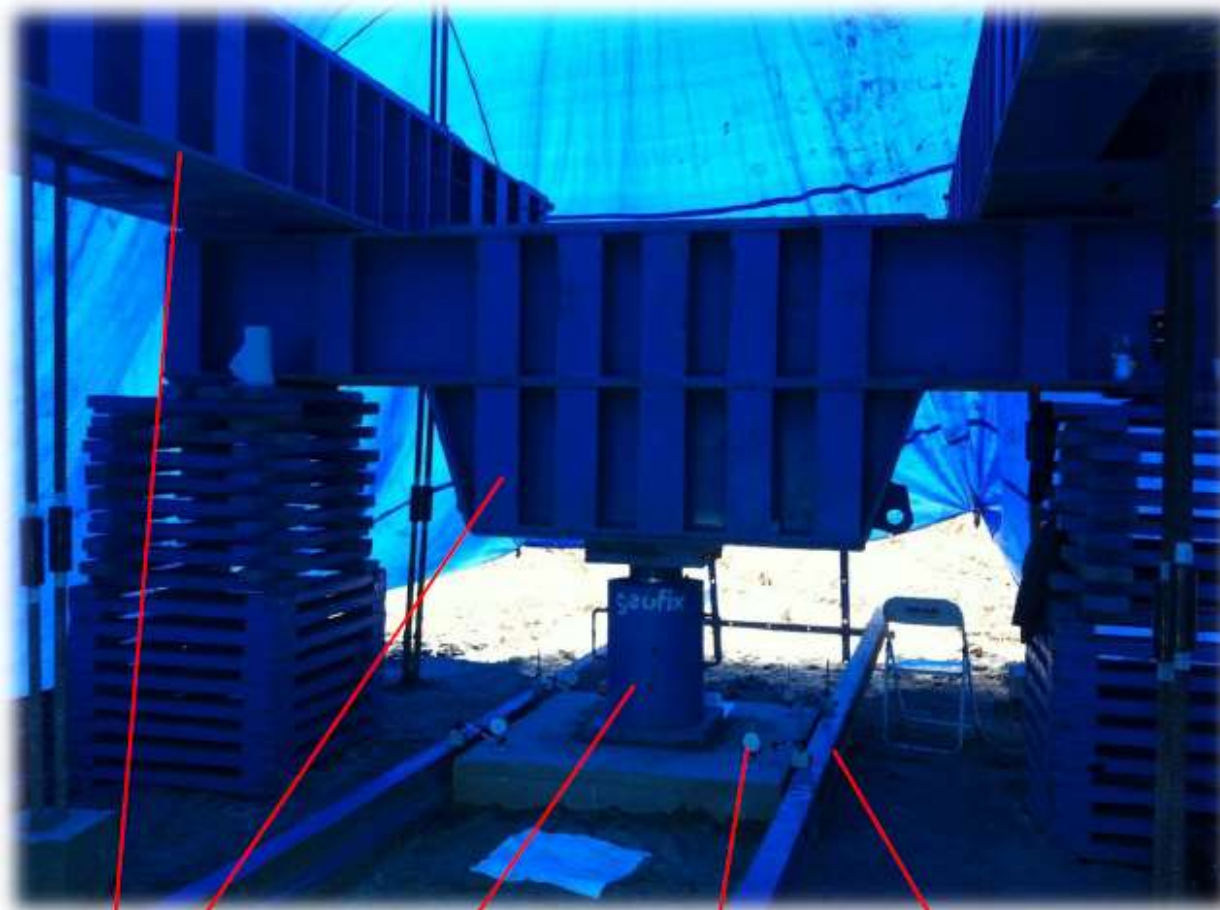
PROVAS DE CARGA ESTÁTICA

- NBR 12.131/2006



PROVAS DE CARGA ESTÁTICA

- NBR 12.131/2006



Vigas de
Reação

Macaco
Hidráulico

Deflectômetros

Vigas de Referência

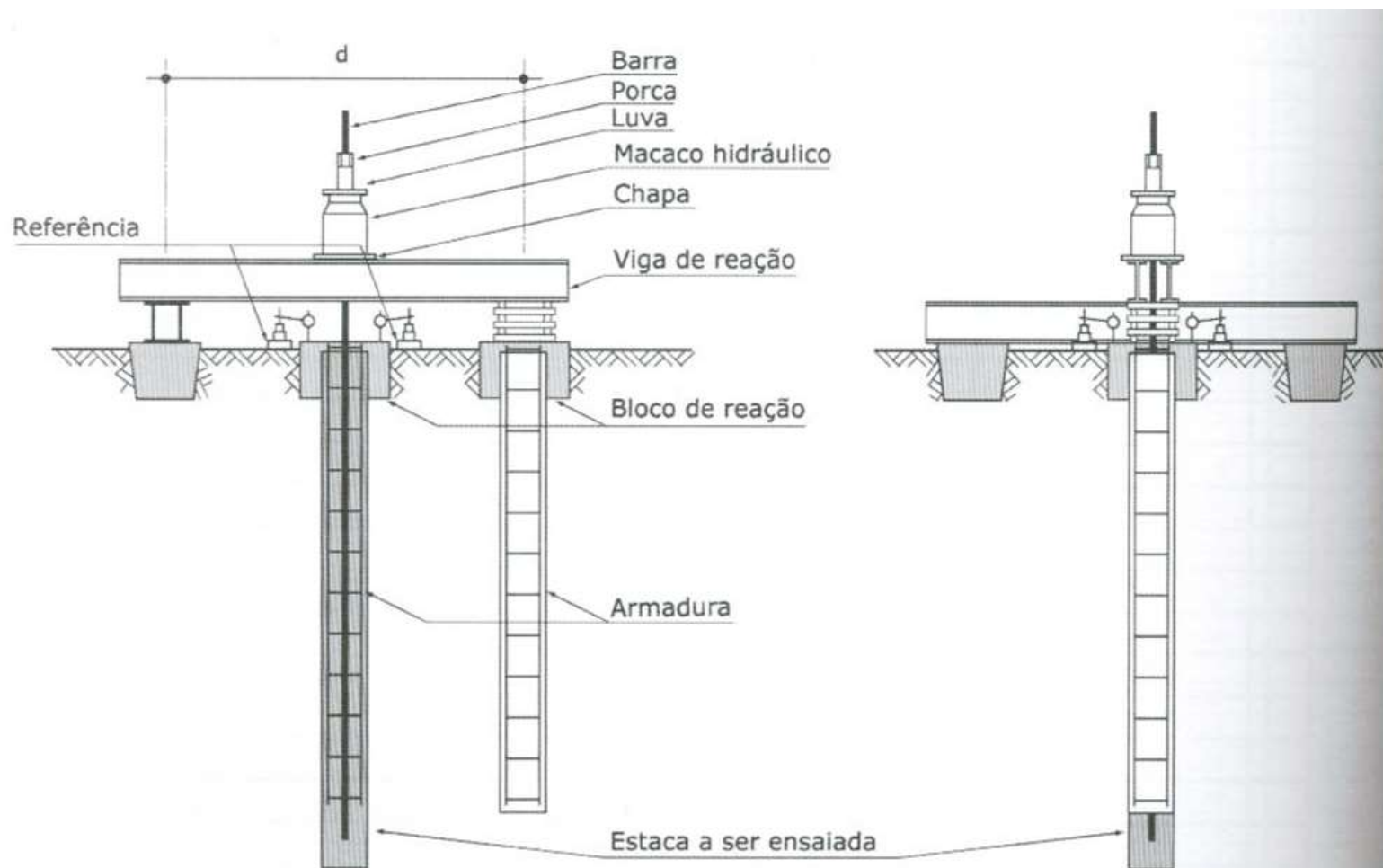
PROVAS DE CARGA ESTÁTICA

- NBR 12.131/2006



PROVAS DE CARGA ESTÁTICA

- NBR 12.131/2006



Estaca a ser ensaiada à tração

PROVAS DE CARGA ESTÁTICA

- NBR 12.131/2006



PROVAS DE CARGA ESTÁTICA

- Caso de Obra: Two Towers



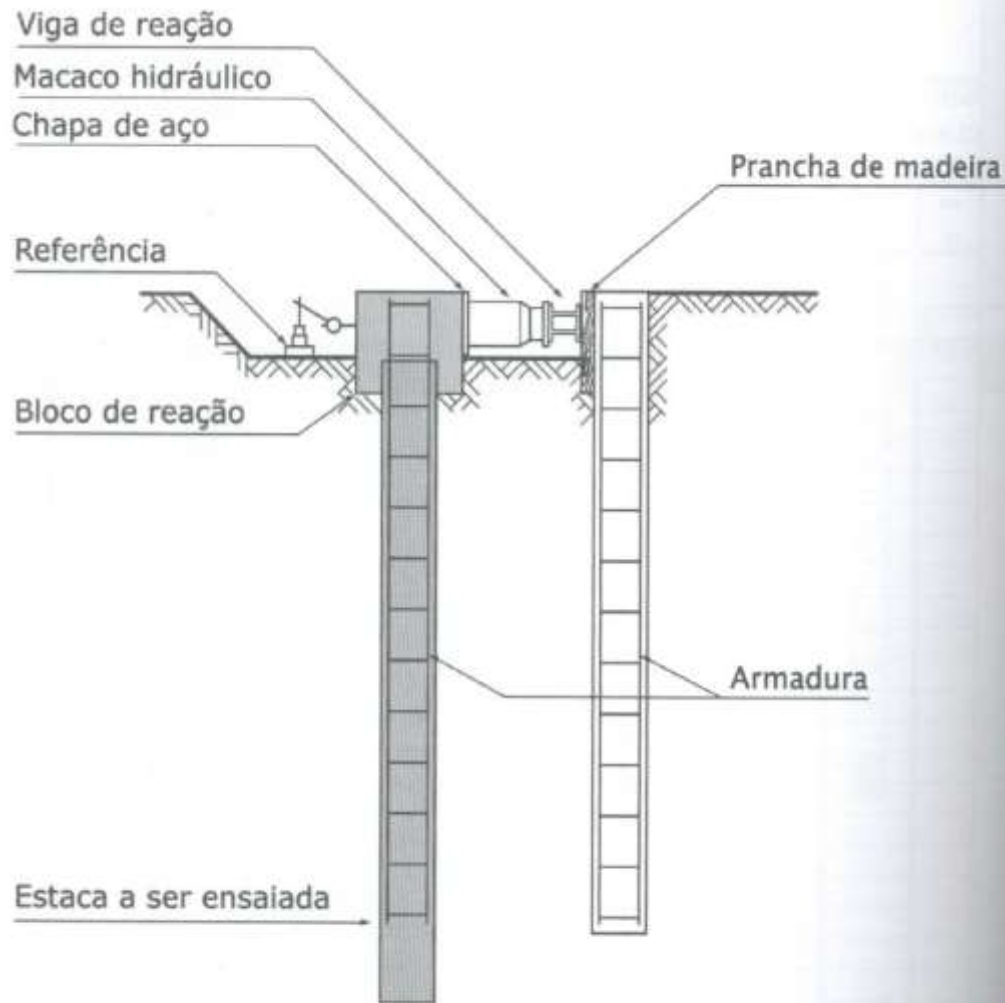
PROVAS DE CARGA ESTÁTICA

- NBR 12.131/2006



PROVAS DE CARGA ESTÁTICA

- NBR 12.131/2006



- Estaca a ser ensaiada ao esforço de carga horizontal

PROVAS DE CARGA ESTÁTICA

- NBR 12.131/2006



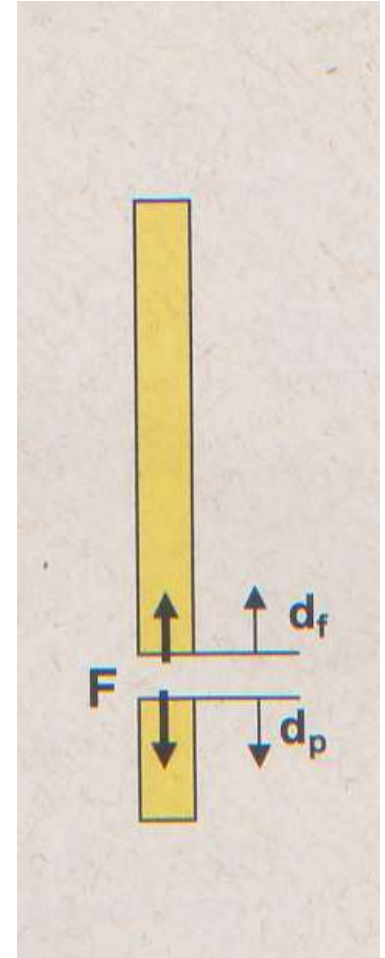
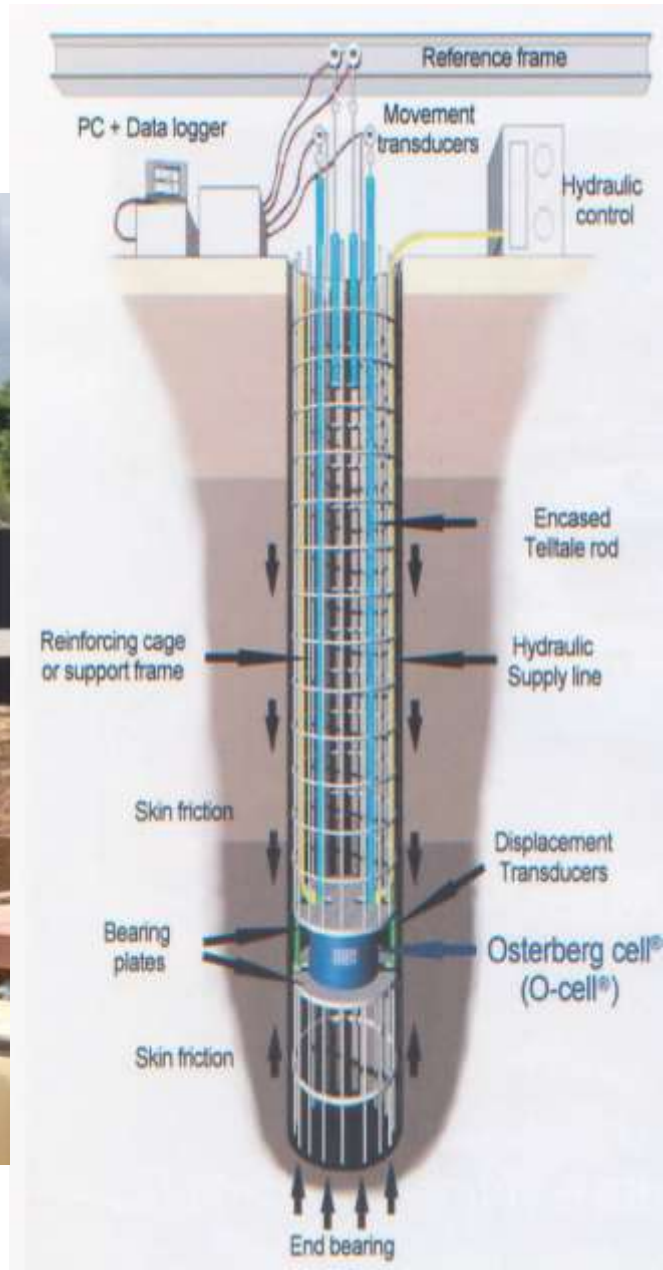
PROVAS DE CARGA ESTÁTICA

- NBR 12.131/2006



PROVAS DE CARGA ESTÁTICA

- Célula Expansiva



PROVAS DE CARGA ESTÁTICA

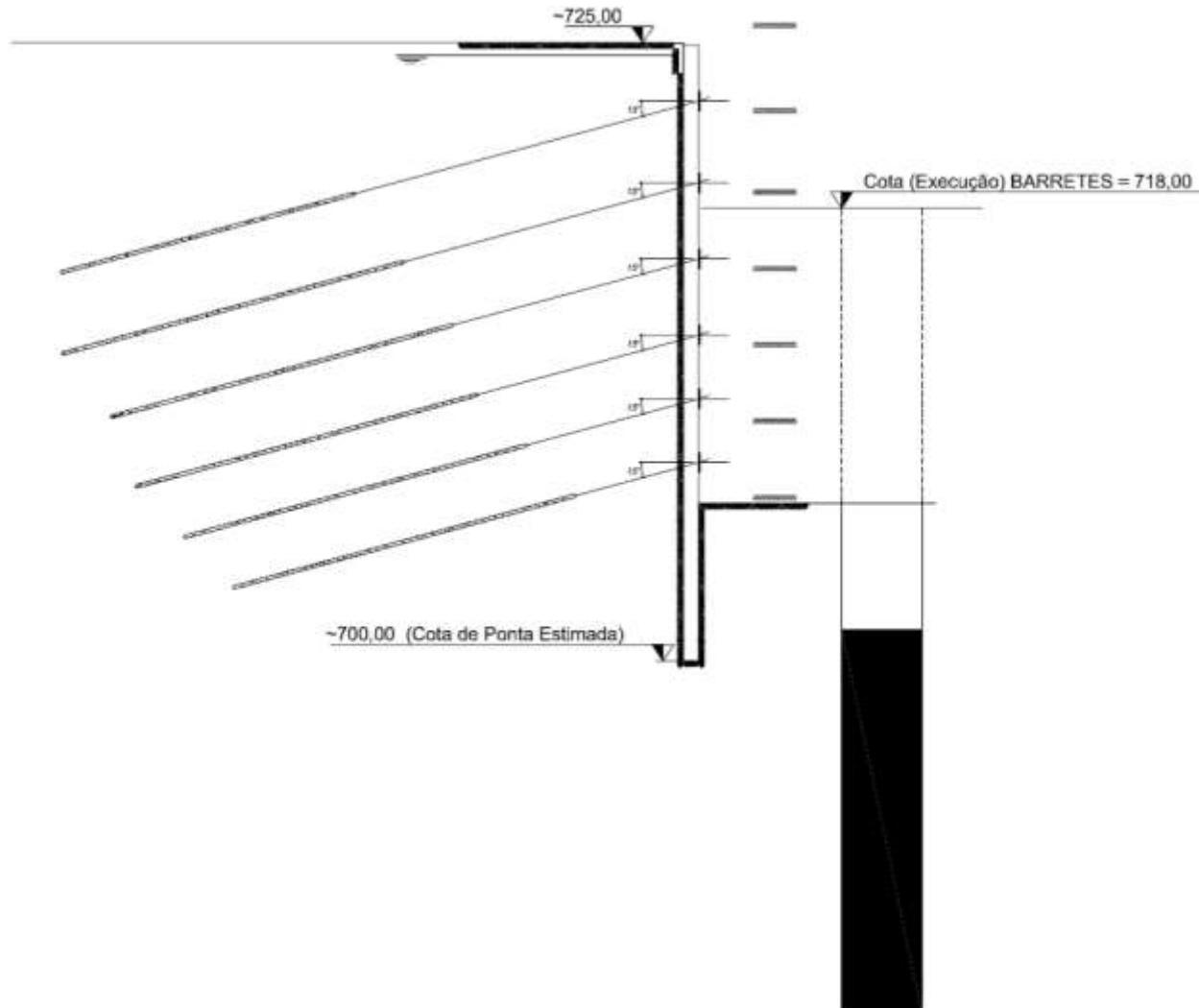
- Caso de Obra: Two Towers



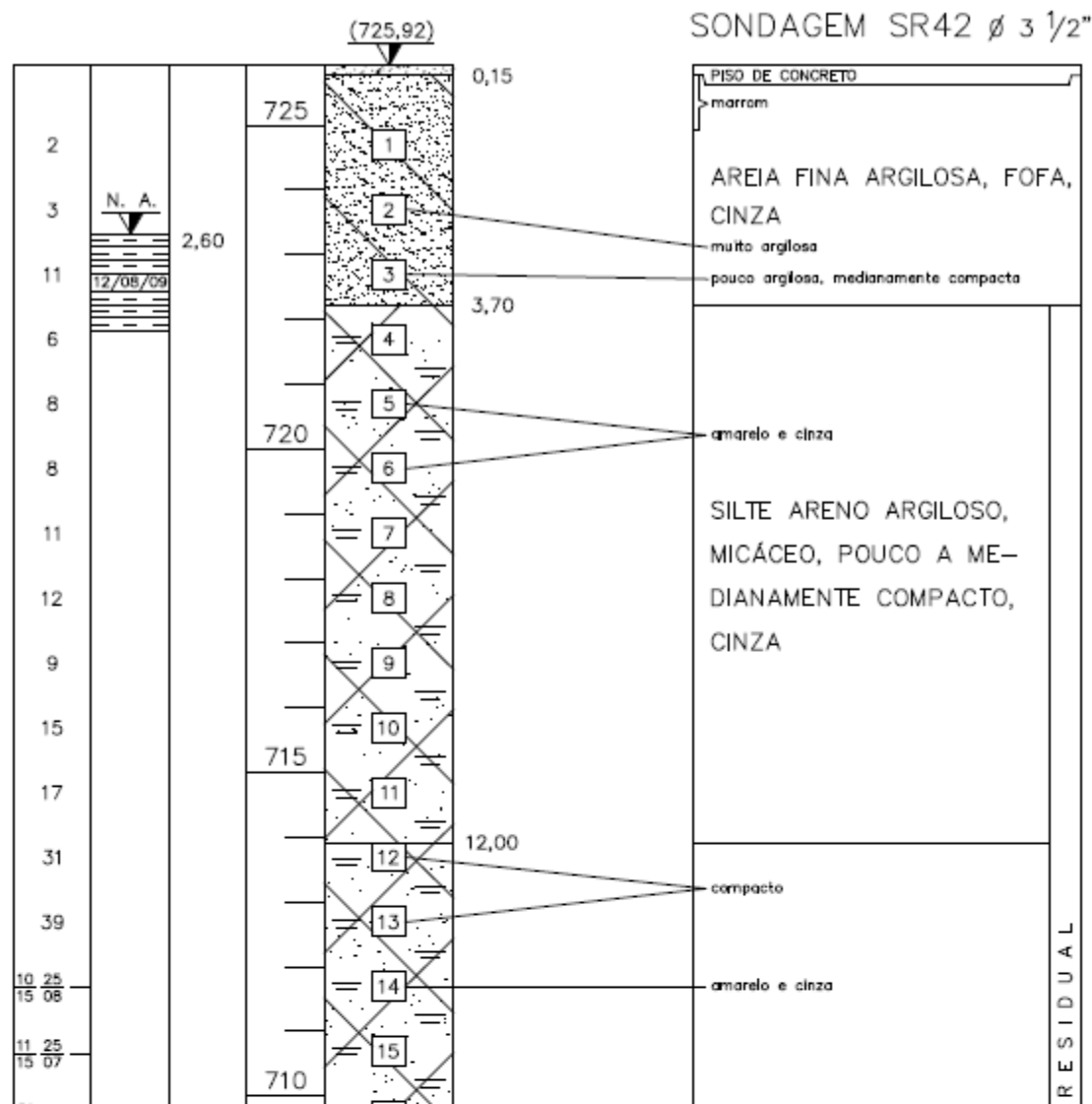
- Caso de Obra: Two Towers
 - 2 (duas) Torres: 28 e 30 andares;
 - 5 (cinco) subsolos (1ºSS duplo);
 - Parede Diafragma (e=65cm):
 - CT = 725,00
 - CP = 700,00
 - C6ºSS = 706,00
 - Estacas Barrete (80x315 e 120x315cm):
 - CT = 718,00
 - CP = 683,00
 - Lrocha = 15,00 metros
 - Carga de Trabalho:
 - 80x315cm – 1.500tf
 - 120x315cm – 2.200tf

PROVAS DE CARGA ESTÁTICA

- Caso de Obra: Two Towers

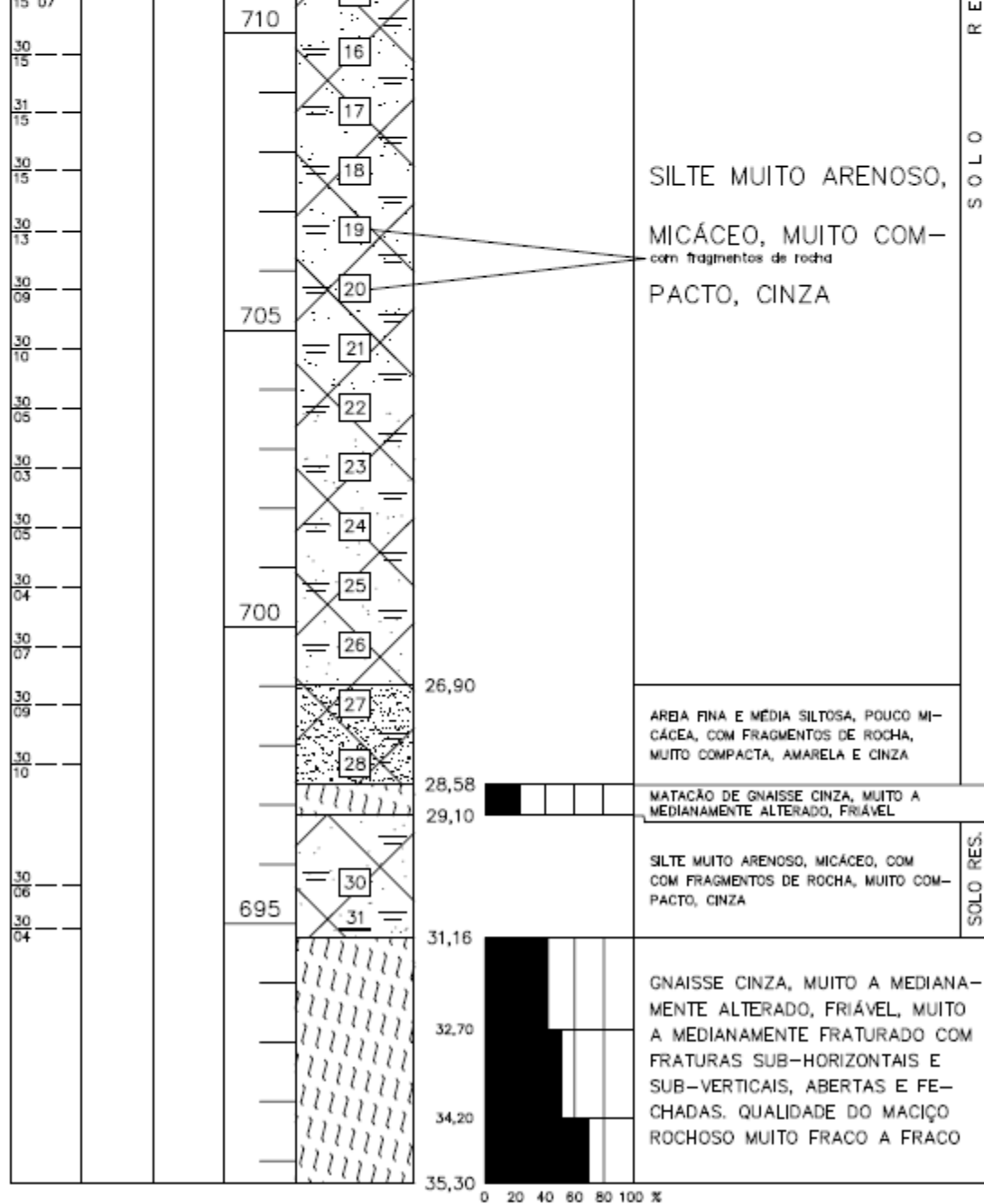


- Caso de Obra: Two Towers



PROVAS DE CA

- Caso de



- Caso de Obra: Two Towers



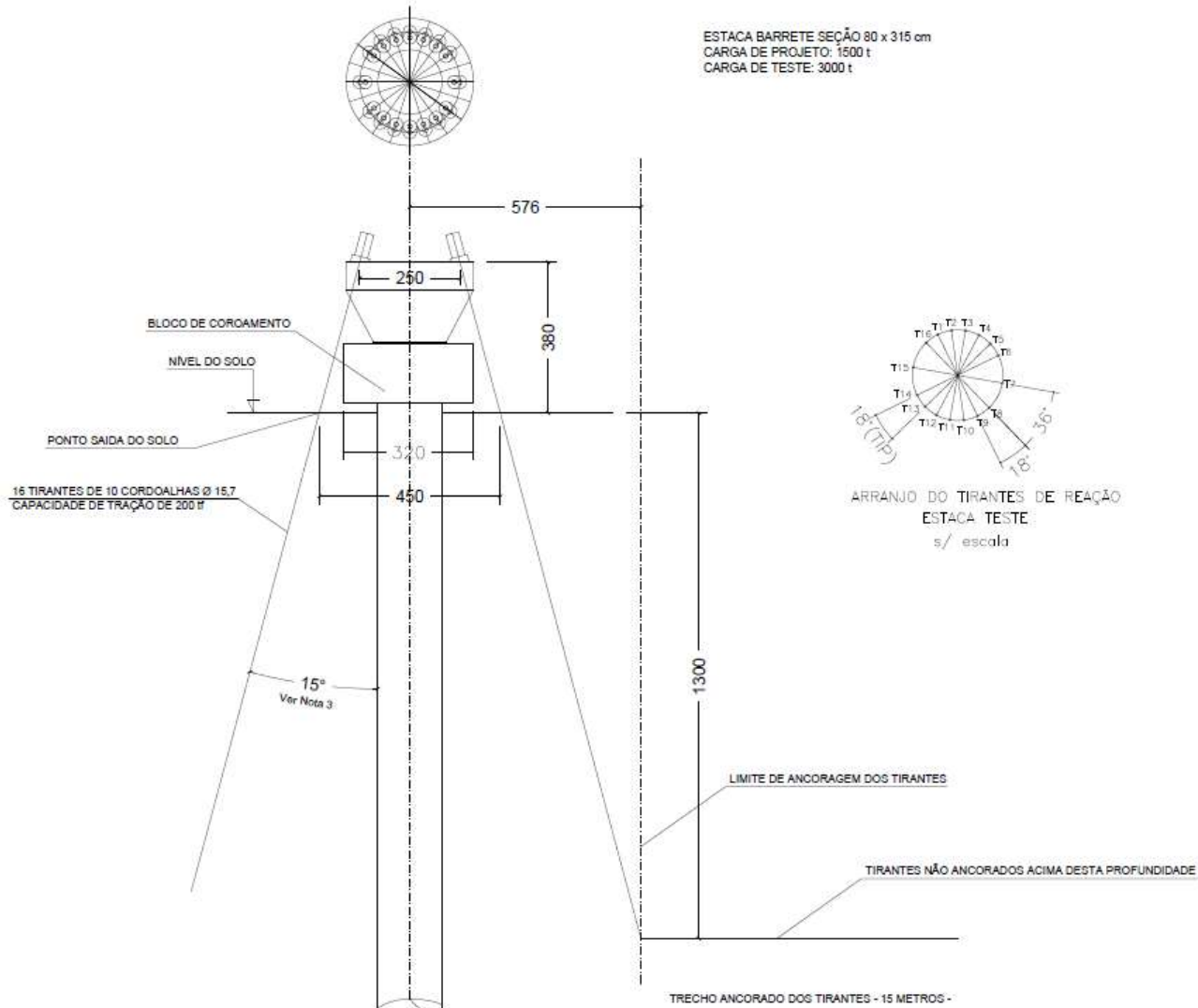
PROVAS DE CARGA ESTÁTICA

- Caso de Obra: Two Towers



PROVAS DE CARGA ESTÁTICA

- Caso de Obra: Two Towers



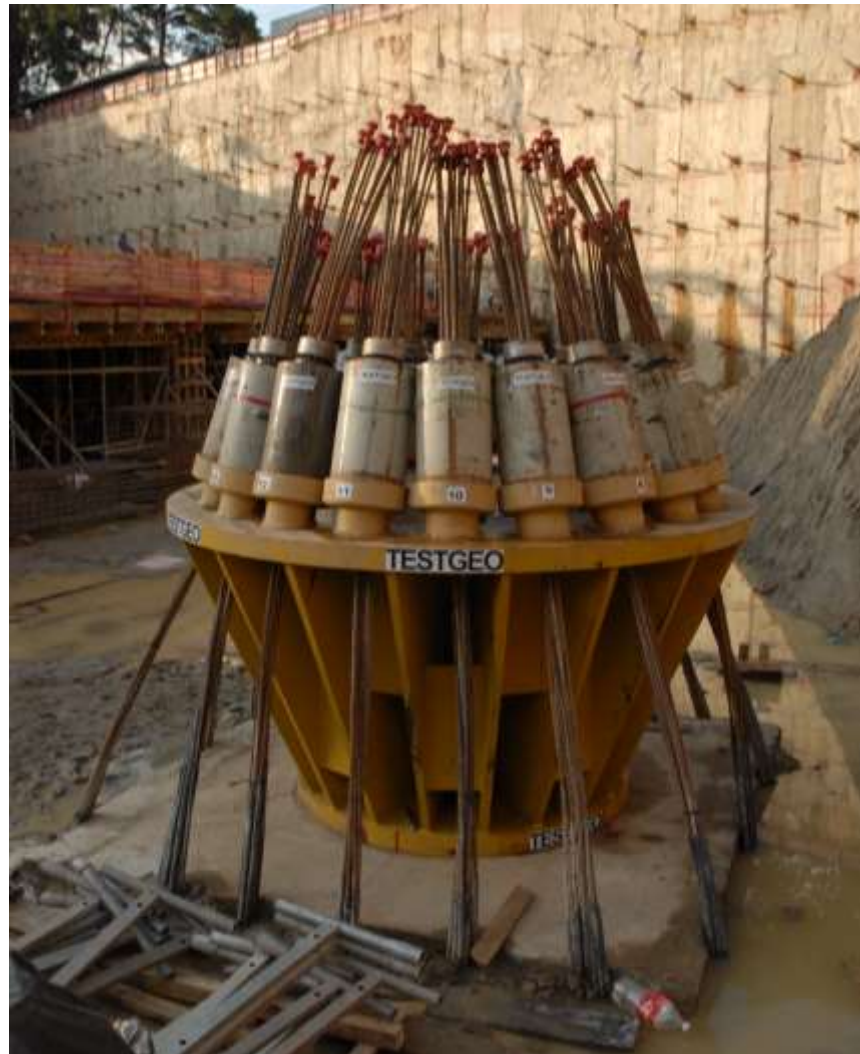
PROVAS DE CARGA ESTÁTICA

- Caso de Obra: Two Towers



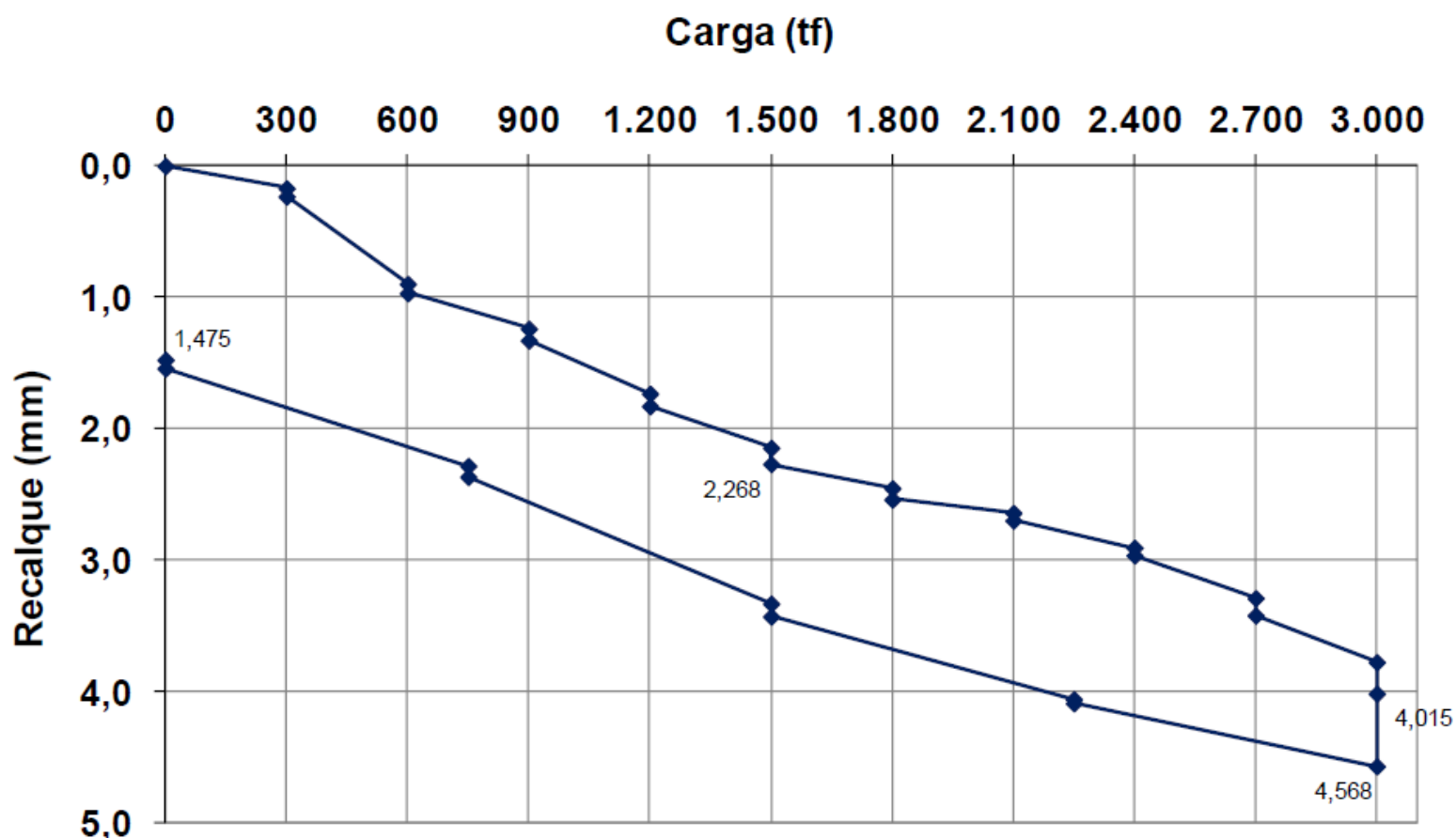
PROVAS DE CARGA ESTÁTICA

- Caso de Obra: Two Towers



- Caso de Obra: Two Towers

TORRE ALFA - ESTACA TESTE - 3000 tf



- CUIDADOS

- Deve-se garantir acesso e terreno seco e nivelado para montagem e execução das provas de carga;
- Deve-se garantir perfeita ligação entre o bloco de concreto e a estaca a ser ensaiada;
- A prova de carga deve ser protegida de modo a evitar influência do vento e minimizar os efeitos da variação de temperatura;
- Os dispositivos de medida (aparelhos e vigas de referência) devem estar convenientemente abrigados de intempéries. Outras interferências, tais como vibrações, devem ser evitadas durante todo o transcorrer da prova;
- Dimensionamento do Sistema de Reação;
- Escoramento do Sistema de reação.

- CUIDADOS



PROVAS DE CARGA ESTÁTICA

- CUIDADOS



- CUIDADOS



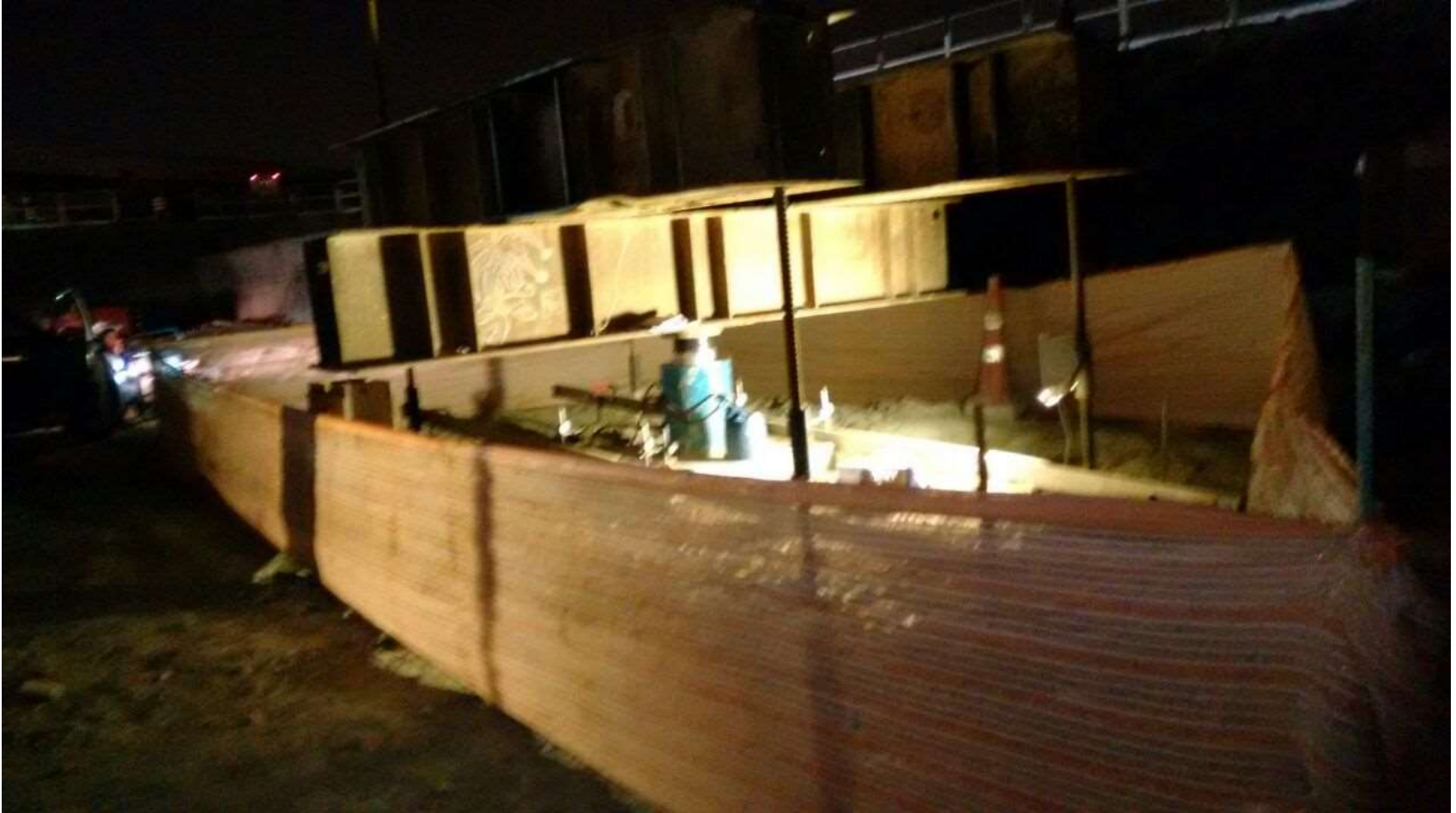
PROVAS DE CARGA ESTÁTICA

- CUIDADOS



PROVAS DE CARGA ESTÁTICA

- CUIDADOS



- CUIDADOS



PROVAS DE CARGA ESTÁTICA

- CUIDADOS



PROVAS DE CARGA ESTÁTICA

- CUIDADOS



PROVAS DE CARGA ESTÁTICA

- CUIDADOS



PROVAS DE CARGA ESTÁTICA

- CUIDADOS



PROVAS DE CARGA ESTÁTICA

- CUIDADOS



PROVAS DE CARGA ESTÁTICA

- CUIDADOS



PROVAS DE CARGA ESTÁTICA

- CUIDADOS



ÍNDICE:

3) Ensaios Dinâmicos

- i. PDA

ENSAIO DE CARREGAMENTO DINÂMICO



ENSAIO DE CARREGAMENTO DINÂMICO



- Teoria: Equação da Onda (Smith/1960) – Impedância Z

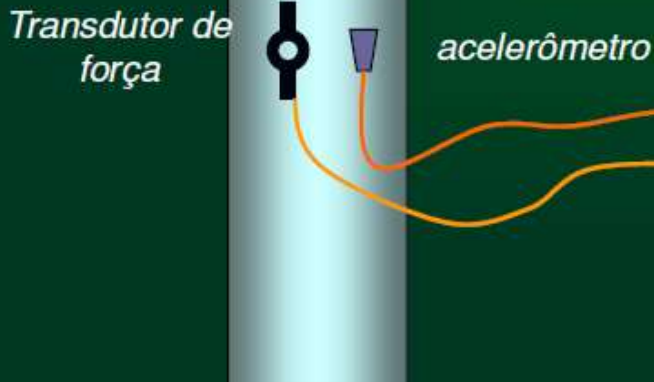
$$Z = \frac{E \times A}{c}$$

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$\rho = \frac{\gamma}{g}$$

- Z = Impedância
- E = Módulo de Elasticidade do material da estaca
- A = Área da seção transversal da estaca
- c = Velocidade de propagação da onda ao longo da estaca
- ρ = Massa específico do material da estaca
- γ = Peso específico do material da estaca
- g = aceleração da gravidade

Esquema de instrumentação (PDA)



GRL Dynamic Pile Testing **PDI**

strain gage $F(t)$ $v(t)$
accelerometer

speed of sound :
11-17k ft/s
3.3-5.1k m/s

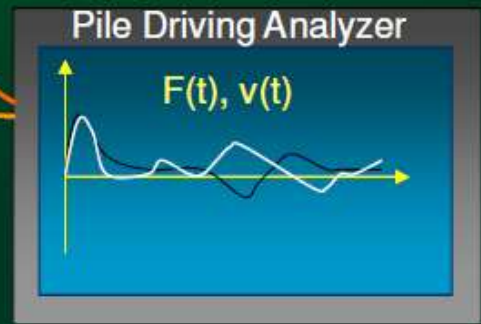
One-dimensional wave mechanics

Stress $F(x,t)$

Particle velocity $v(x,t)$

$F = v \cdot Z$

A detailed diagram of a dynamic pile test. It shows a yellow pile being struck by a hammer. A circular inset shows a close-up of the pile with a 'strain gage' measuring force $F(t)$ and an 'accelerometer' measuring velocity $v(t)$. Text on the left provides the speed of sound in soil: 11-17k ft/s and 3.3-5.1k m/s. On the right, a graph titled 'One-dimensional wave mechanics' shows two waveforms: 'Stress $F(x,t)$ ' and 'Particle velocity $v(x,t)$ '. Below the graph is the equation $F = v \cdot Z$. The GRL and PDI logos are at the top.



ENSAIO DE CARREGAMENTO DINÂMICO



PILE DRIVING ANALYZER®
model PAX

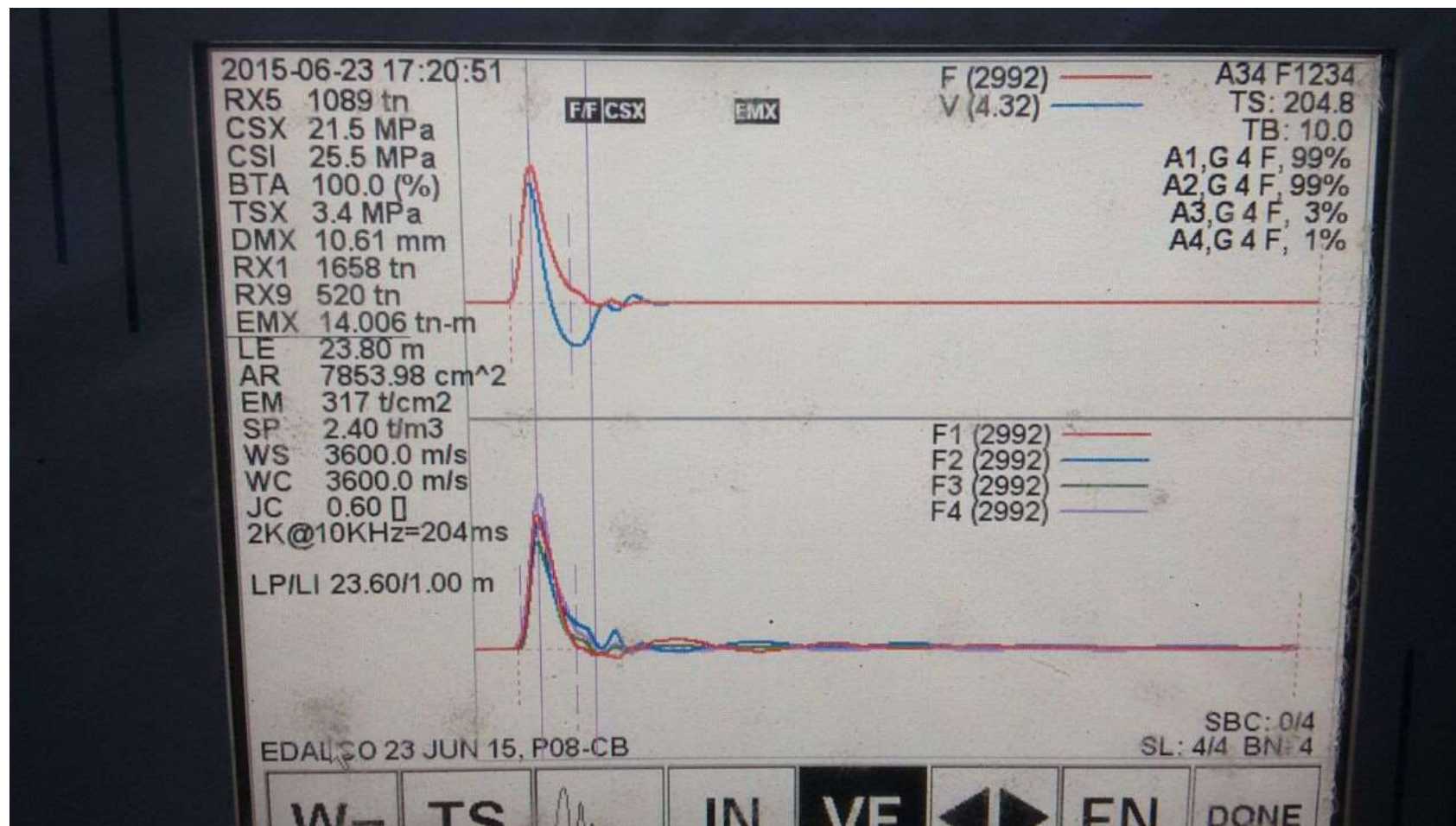
ENSAIO DE CARREGAMENTO DINÂMICO



ENSAIO DE CARREGAMENTO DINÂMICO



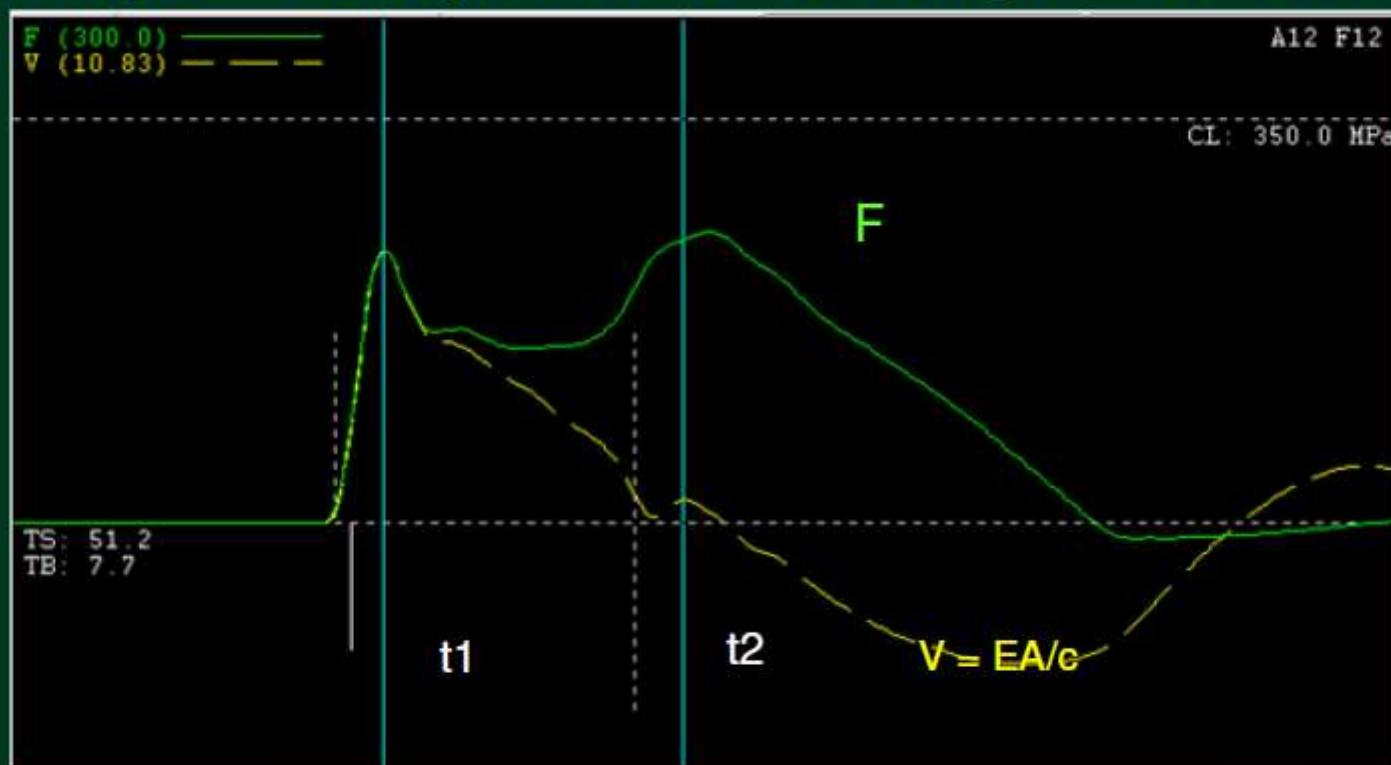
ENSAIO DE CARREGAMENTO DINÂMICO



- NBR 13.208/2007

- O sistema de reação do impacto (martelo) deve apresentar massa e/ou energia potencial suficiente para provocar força de impacto capaz de gerar deslocamento permanentes da ponta da estaca, e mobilizar resistência das camadas atravessadas pelo fuste.
- O dispositivo deve estar posicionado de forma a garantir a aplicação de impacto centrado e axial em relação ao topo da estaca.
- Metodologias de avaliação:
 - CASE (Método Simplificado)
 - CAPWAP (Método de Análise Numérica)

Avaliação da capacidade de carga com o PDA



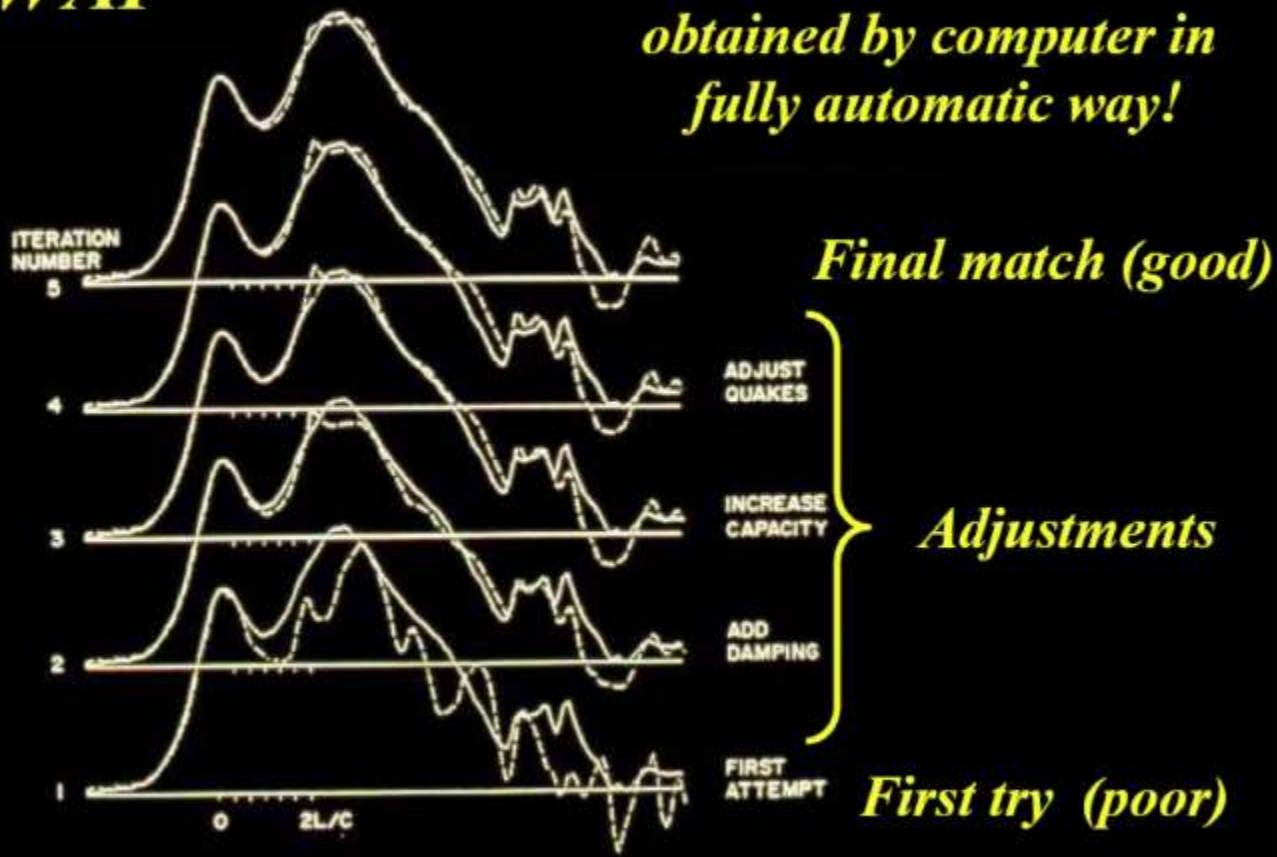
Método CASE $\rightarrow R_t = EA/c \{ [F(t_1) + F(t_2)] - [v(t_1) + v(t_2)] \} - (EA/c) J_C v$

Método simplificado: resultado na hora, durante a cravação

Análise pelo método Capwap®

CAPWAP

CAPWAP match can be obtained by computer in fully automatic way!



Análise Numérica: possível fazer na obra, mas em geral, só vem com relatório mais tarde

ENSAIO DE CARREGAMENTO DINÂMICO



Tabela 3 – Resumo dos resultados por golpe (Método Case)

Estaca: P04C		Seção: ∅100						Pilão (tf):	11,4	queda livre	
BN	RMX	DMX	EMX tn-m	CSX MPa	CSI MPa	TSX MPa	BTA (%)	LTD m	Nega (mm)	Queda (cm)	Efic (%)
1	343	4,0	1,07	4,5	12,6	1,0	68	20,2	0,0	47	20%
2	547	5,0	2,13	6,9	12,0	1,8	35	16,3	0,0	67	28%
3	701	6,0	3,84	9,8	14,4	2,4	79	21,9	1,0	97	35%
4	878	7,0	5,75	12,7	19,6	2,9	100		1,0	117	43%
5	1.053	8,0	7,48	14,7	22,5	3,3	100		1,0	131	50%
6	1.060	8,0	7,64	14,3	23,0	3,7	100		1,0	147	46%

ENSAIO DE CARREGAMENTO DINÂMICO



Attitude Home Office (19 jun): File: P04C

Test: 19-Jun-2015 17:35

Blow: 6

CAPWAP (R) 2014-1

Modulus Engenharia

OP: Yukio

CAPWAP SUMMARY RESULTS

Total CAPWAP Capacity: 1060.00; along Shaft 888.81; at Toe 171.19 tons

Soil Sgmt No.	Dist. Below Gages m	Depth Below Grade m	Ru tons	Force in Pile tons	Sum of Ru tons	Unit Resist. (Depth) tons/m	Unit Resist. (Area) tons/m ²
				1060.0			
1	3.1	2.9	24.96	1035.0	24.96	8.58	2.73
2	5.1	5.0	48.51	986.5	73.47	23.78	7.57
3	7.1	7.0	63.96	922.6	137.43	31.35	9.98
4	9.2	9.0	71.91	850.7	209.34	35.25	11.22
5	11.2	11.1	74.92	775.7	284.26	36.73	11.69
6	13.3	13.1	79.41	696.3	363.67	38.92	12.39
7	15.3	15.2	85.24	611.1	448.90	41.78	13.30
8	17.3	17.2	86.84	524.3	535.74	42.57	13.55
9	19.4	19.2	87.29	437.0	623.03	42.79	13.62
10	21.4	21.3	87.48	349.5	710.51	42.88	13.65
11	23.5	23.3	88.83	260.7	799.34	43.54	13.86
12	25.5	25.3	89.47	171.2	888.81	43.86	13.96
Avg. Shaft			74.07			35.06	11.16
Toe			171.19				217.97

Soil Model Parameters/Extensions	Shaft	Toe
Smith Damping Factor	0.92	1.31
Quake (mm)	2.642	3.758
Case Damping Factor	1.23	0.34
Damping Type	Viscous	Sm+Visc
Unloading Quake (% of loading quake)	77	30
Reloading Level (% of Ru)	100	100
Unloading Level (% of Ru)	19	
Soil Plug Weight (tons)		5.671

CAPWAP match quality = 1.54 (Wave Up Match): RSA = 0
 Observed: Final Set = 1.000 mm; Blow Count = 1000 b/m
 Computed: Final Set = 1.640 mm; Blow Count = 610 b/m
 Transducer F1(8691) CAL: 87.1; RF: 0.80; F2(8902) CAL: 84.3; RF: 0.78
 F3(1712) CAL: 83.7; RF: 0.80; F4(1866) CAL: 83.3; RF: 0.80
 A1(40451) CAL: 1020; RF: 1.00; A2(25759) CAL: 1178; RF: 1.00
 A3(83383) CAL: 377; RF: 1.00; A4(83450) CAL: 330; RF: 1.00

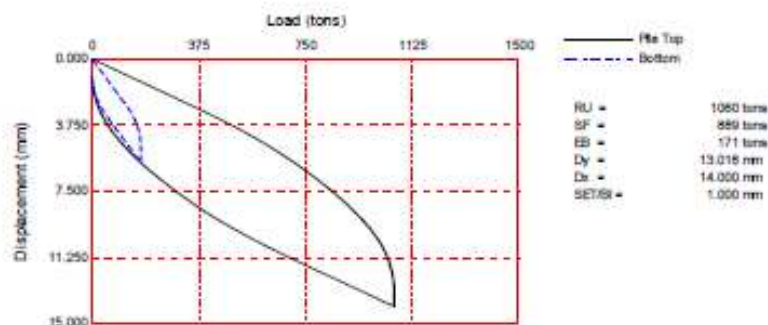
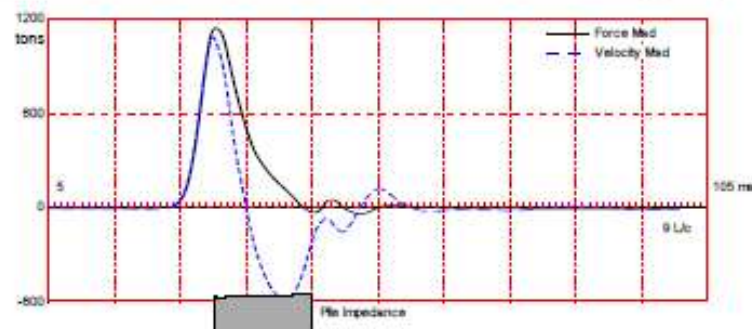
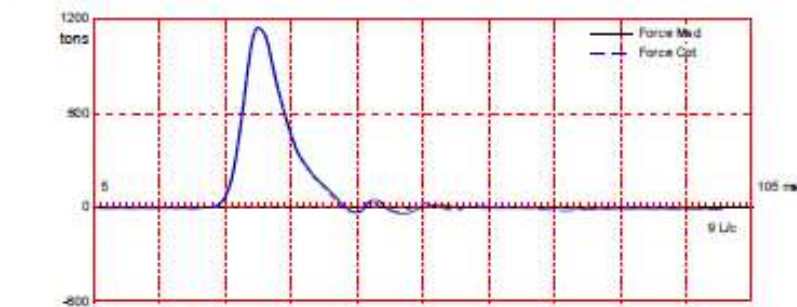
max. Top Comp. Stress = 0.1 tons/cm² (T= 30.6 ms, max= 1.052 x Top)
 max. Comp. Stress = 0.2 tons/cm² (Z= 5.1 m, T= 31.8 ms)
 max. Tens. Stress = -0.02 tons/cm² (Z= 5.1 m, T= 44.4 ms)
 max. Energy (EMC) = 7.56 tons-m; max. Measured Top Displ. (EMC) = 8.441 mm

ENSAIO DE CARREGAMENTO DINÂMICO

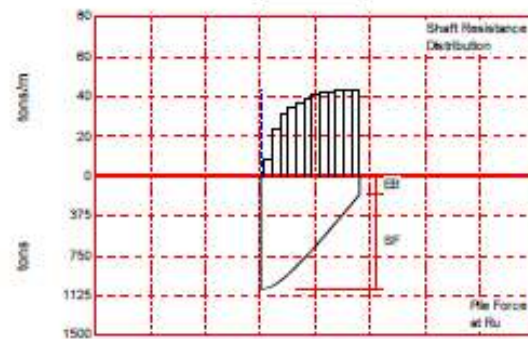
P04C

Altitude Home Office (19 Jun); Pile: P04C; Blow: 6 (Test: 19-Jun-2015 17:35)
Modulus Engenharia

25-Jun-2015
CAPWAR(R) 2014-1



RU = 1060 tons
 SF = 889 tons
 EB = 171 tons
 Dy = 13.016 mm
 Ds = 14.000 mm
 SET/SR = 1.000 mm



Length b. Sensors	25.5 m
Embedment	25.4 m
Top Area	0.79 m ²
End Bearing Area	0.79 m ²
Top Perimeter	3.14 m
Top E-Modulus	289 tons/m ²
Top Spec. Weight	2.5 tons/m ³
Top Wave Spd.	3400 m/s
Overall W.S.	3400 m/s
Match Quality	1.54
Top Compr. Stress	0.1 tons/m ²
Max Compr. Stress	0.2 tons/m ²
Max Tension Stress	-0.02 tons/m ²
Avg. Shaft Quake	2.842 mm
Toe Quake	3.758 mm
Avg. Shaft Smith Dpp	0.02 s/m
Toe Smith Damping	1.31 s/m

CAPWAR(R) 2014-1 Licensed to Modulus Engenharia

- ENSAIO DE CARREGAMENTO DINÂMICO (PDA)



- ENSAIO DE CARREGAMENTO DINÂMICO (PDA)



ENSAIO DE CARREGAMENTO DINÂMICO

DINÂMICO

- ENSAIO DE CARREGAMENTO DINÂMICO (PDA)

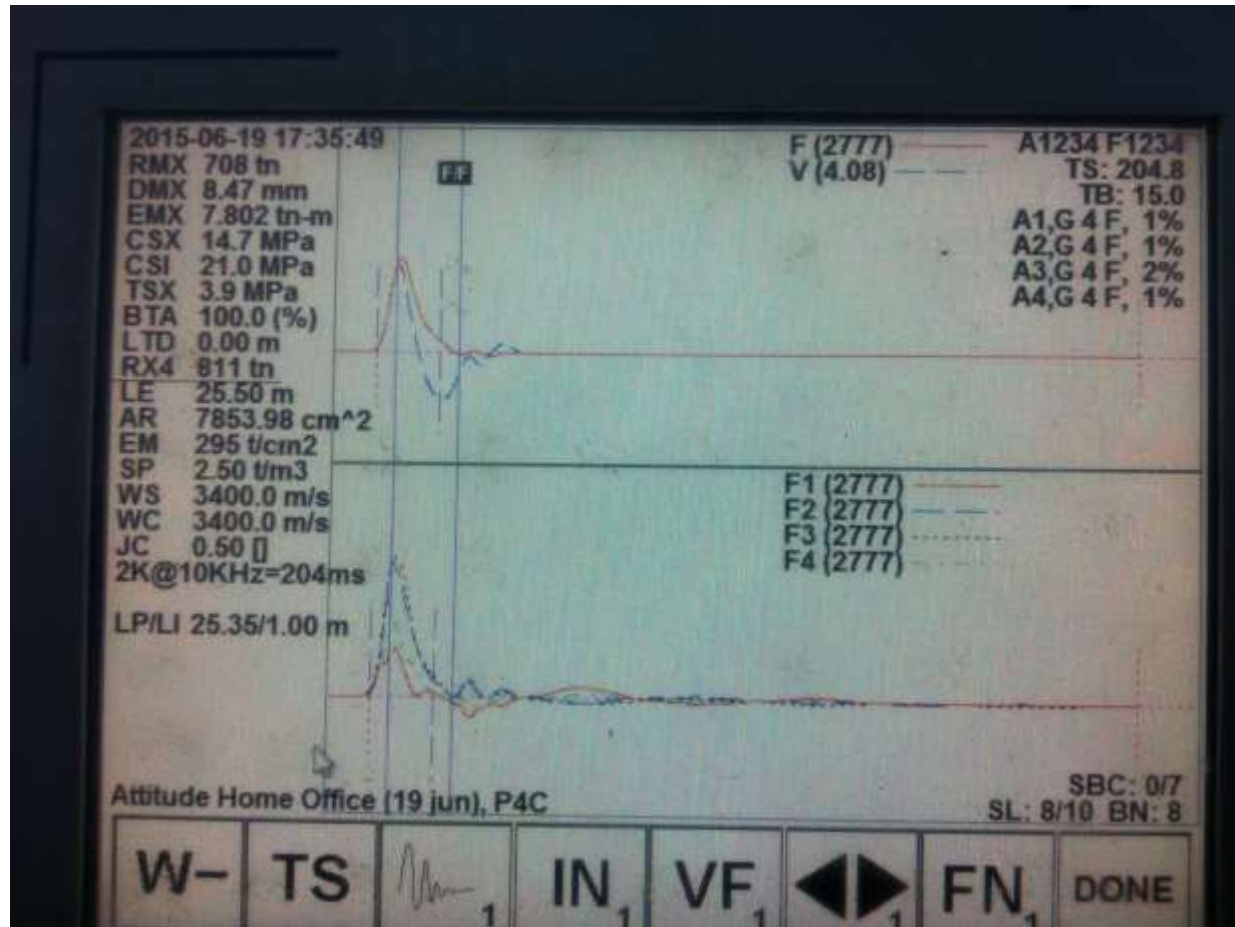


ENSAIO DE CARREGAMENTO DINÂMICO

DINÂMICO



- ENSAIO DE CARREGAMENTO DINÂMICO (PDA)



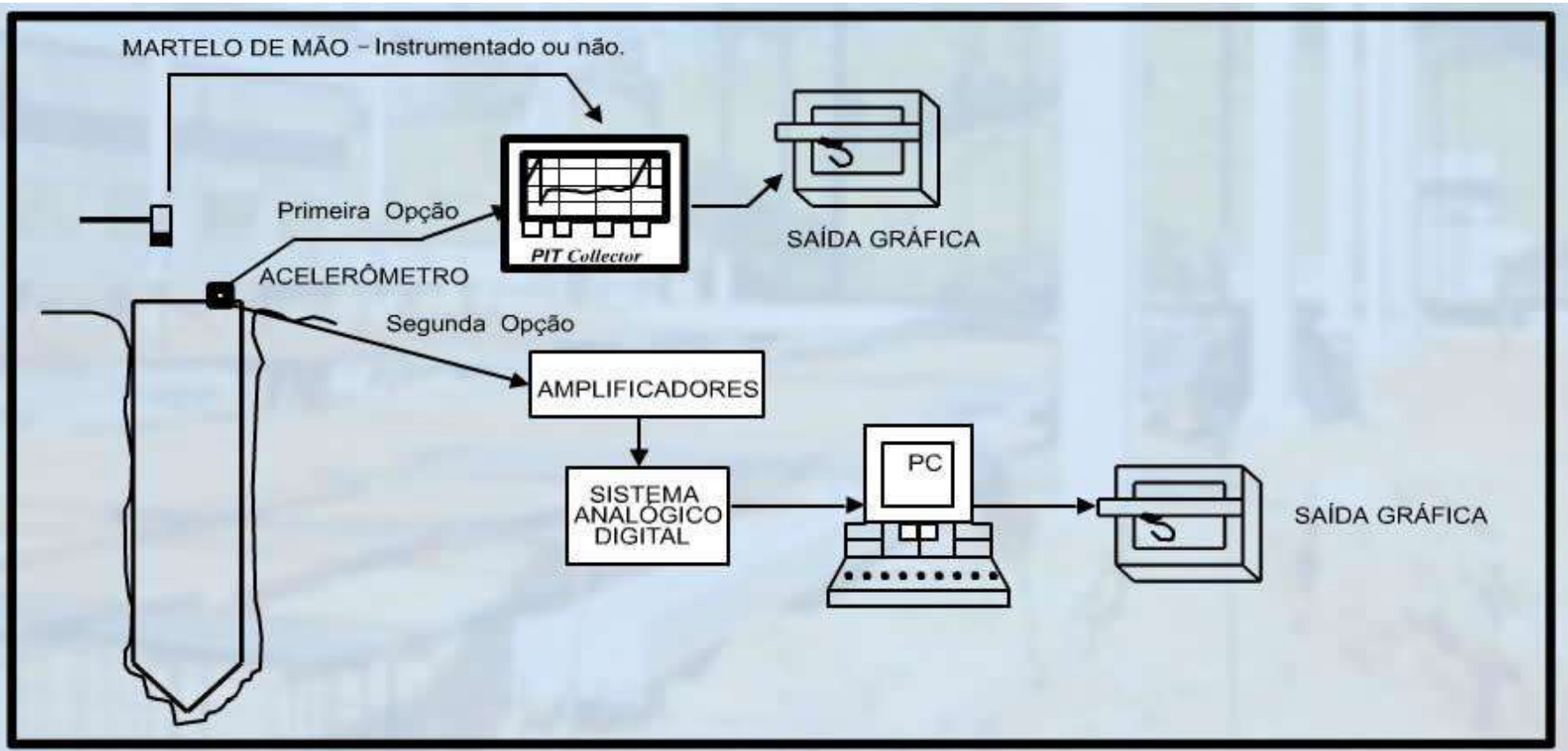
ÍNDICE:

3) Ensaios Dinâmicos

ii. PIT

ENSAIO DE INTEGRIDADE (PIT)

- ESQUEMA



- Teoria: Equação da Onda (Smith/1960) – Impedância Z

$$Z = \frac{E x A}{c}$$

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$\rho = \frac{\gamma}{g}$$

- Z = Impedância
- E = Módulo de Elasticidade do material da estaca
- A = Área da seção transversal da estaca
- c = Velocidade de propagação da onda ao longo da estaca
- ρ = Massa específico do material da estaca
- γ = Peso específico do material da estaca
- g = aceleração da gravidade

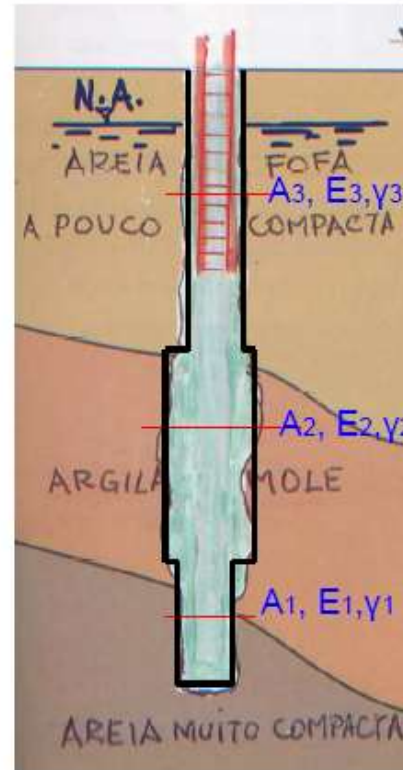
ENSAIO DE INTEGRIDADE (PIT)



A = constante
E = constante
C = constante

$Z = E.A/c = \text{const.}$

(a) estaca pré-moldada



$Z = E.A/c = \text{variável}$

É necessário criar "padrão de referência"

(b) estaca hélice contínua

ENSAIO DE INTEGRIDADE (PIT)



Ensaio de PIT – Pile Integrity Testing

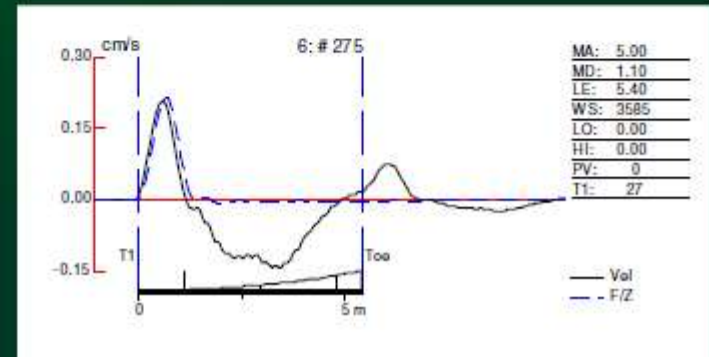
Disponível na Europa, a partir da década de 1980, inicialmente para estacas escavadas



UNIDADE
PORTÁTIL:
AQUISIÇÃO E
VISUALIZAÇÃO
DOS SINAIS

MARTELO

ACELERÔMETRO



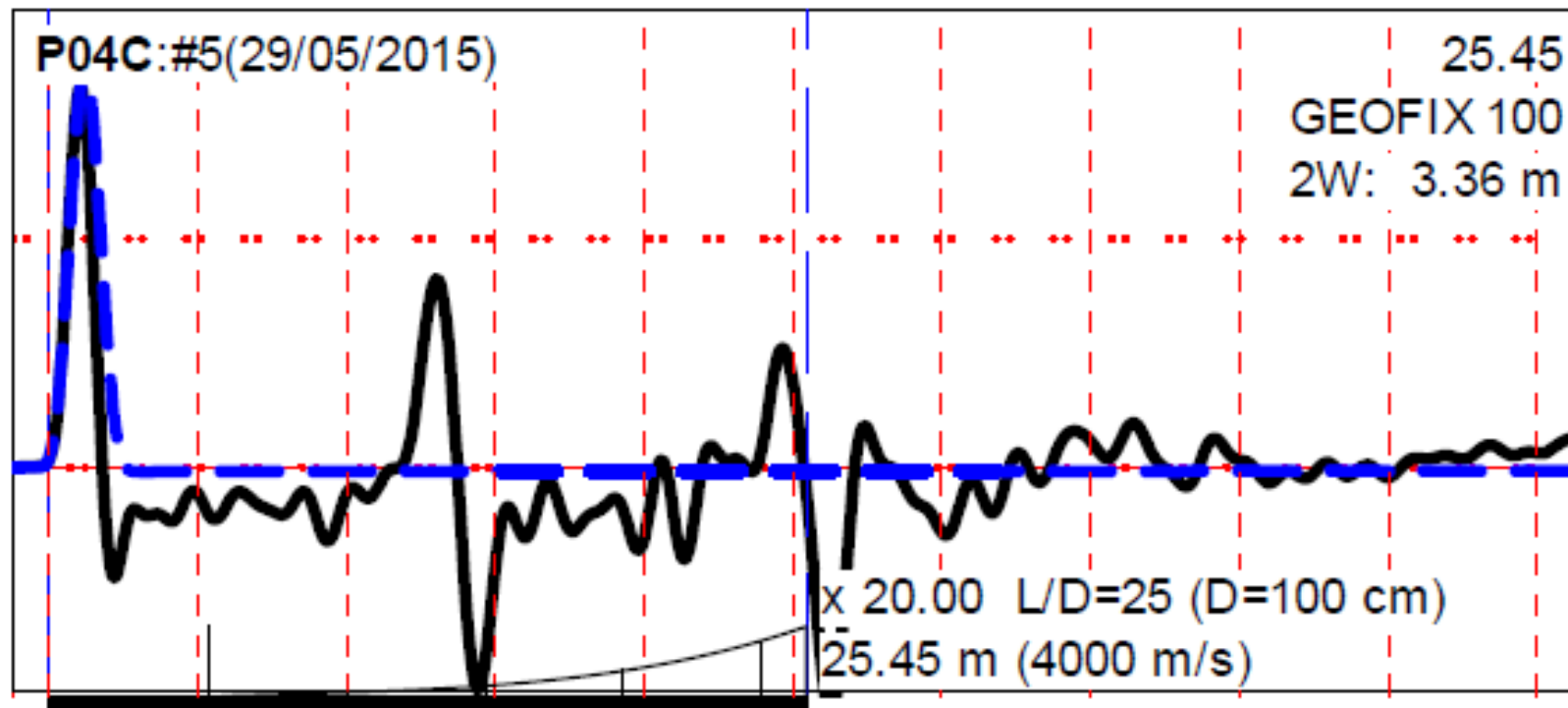
ENSAIO DE INTEGRIDADE (PIT)



Tabela 1 - Diagnósticos

Item	Estaca	Compr. (m)	Ø (cm)	V. Onda (m/s)	Diagnóstico	Página
1	P03C	21,45	80	4000	Anomalia à aprox. 17,20 m	9
2	P04C	25,45	100	4000	Dano à aprox. 12,0 m (x)	9
3	P05CA	21,95	80	4000	Forte anomalia a aprox. 12,20 m	9
4	P05CB	21,95	80	4000	Forte anomalia à aprox. 12,40 m	9
5	P08CA	24,95	100	4000	Contínua	9

ENSAIO DE INTEGRIDADE (PIT)



Obrigado.

Eng. Marcio Abreu de Freitas
GEOFIX FUNDAÇÕES
Tel.: 11.2148-9300
marcio.freitas@geofix.com.br
geofix@geofix.com.br
www.geofix.com.br