

# Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia Sefe V

## CONCURSO PARA PREVISÃO DO COMPORTAMENTO DE ESTACAS RAIZ

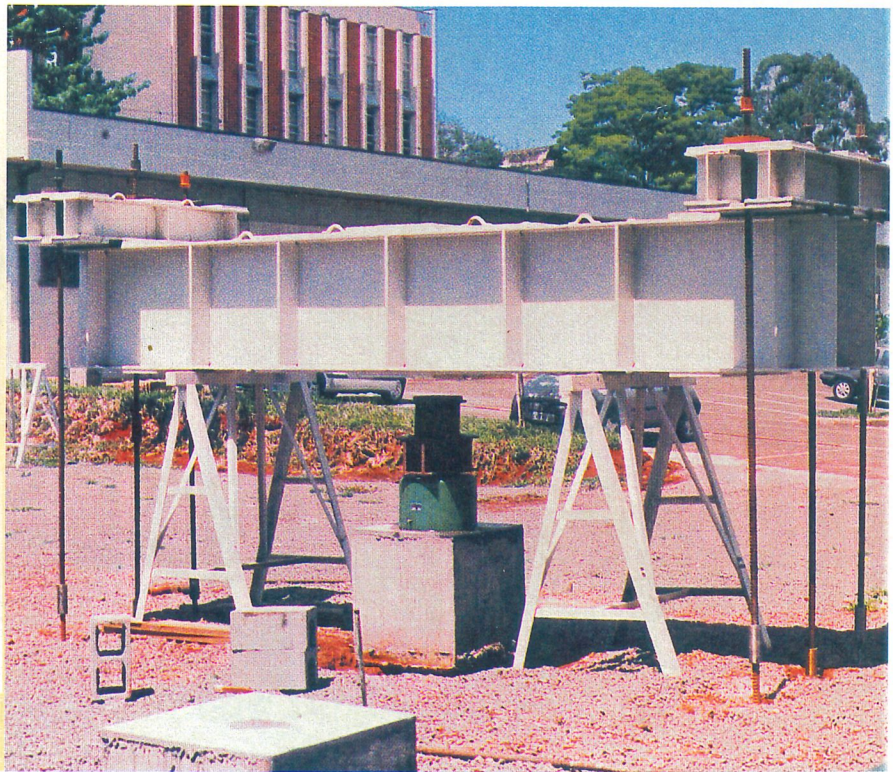


**Sefe V**

**ABMS**

5º SEMINÁRIO DE  
ENGENHARIA DE  
FUNDAÇÕES ESPECIAIS  
E GEOTECNIA

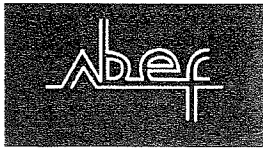
22 a 24 de novembro  
São Paulo - 2004



SEMINÁRIO DE INVESTIGAÇÃO DE CAMPO  
BIC II



São Paulo  
2004



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE  
FUNDAÇÕES ESPECIAIS E GEOTECNIA



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MECÂNICA DOS  
SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA



COMISSÃO TÉCNICA DE INVESTIGAÇÃO DE  
CAMPO

## **CONCURSO PARA A PREVISÃO DO COMPORTAMENTO DE ESTACAS RAIZ**

### **COMISSÃO ORGANIZADORA**

Prof. David de Carvalho - Unicamp

Prof. Paulo José Rocha de Albuquerque - Unicamp

Eng. Rogério Carvalho Ribeiro Nogueira – Unicamp

Prof. João Alexandre Paschoalin Filho – Uninove

Eng. Jean Rodrigo Garcia – Unicamp

Prof. Eduardo Beira Fontaine - Universidade do Oriente – Cuba

São Paulo

2004

## CONTEÚDO

	Página
- INTRODUÇÃO .....	1
- AGRADECIMENTOS .....	2
- CARACTERÍSTICAS DAS ESTACAS RAIZ .....	4
- RESULTADOS DAS PROVAS DE CARGA .....	9
- CONSIDERAÇÕES SOBRE AS PREVISÕES .....	17
- Número e cidade dos participantes	
- Ensaios de campo utilizados	
- Métodos utilizados para previsão de carga de ruptura	
- Relações entre cargas estimadas e cargas das provas de carga	
- Métodos utilizados para previsão de deslocamentos	
- Relações entre deslocamentos estimados e deslocamentos obtidos	
- VENCEDOR DO CONCURSO .....	32
- Diploma	
- MEMORIAIS DE CÁLCULO APRESENTADOS .....	33
- Participantes 1 a 11	
- DADOS GEOTÉCNICOS RELATIVOS AO CAMPO EXPERIMENTAL DA UNCAMP .....	146

## INTRODUÇÃO

Como parte das programações do SEFE V – Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia e do Seminário de Investigação de Campo – BIC II, realizados de 22 a 24 de novembro de 2004 na cidade de São Paulo, ocorreu o “Concurso para Previsão de Comportamento de Estacas Raiz”.

Dentre os vários fatores positivos que uma atividade desta natureza traz ao meio técnico, após este evento, podem-se destacar:

- oportunidade de profissionais realizarem suas análises e verificarem como estas se encontram perante os valores obtidos em campo;
- trazer ao conhecimento os ensaios de campo que estão sendo utilizados para o emprego em métodos de previsão de comportamento de fundações;
- trazer ao conhecimento os métodos de cálculo de carga de ruptura e de deslocamento que estão sendo utilizados;
- verificar, para o conjunto de previsões apresentadas, qual a precisão dos valores previstos em relação aos obtidos das provas de carga, tanto em termos de carga de ruptura, como de deslocamento para metade da carga de ruptura.

O Concurso constitui-se na previsão da carga de ruptura e do deslocamento para a metade da carga de ruptura prevista, para cada uma de 4 estacas raiz, sendo duas submetidas a provas de carga à compressão e duas a provas de carga à tração.

Para o Concurso se inscreveram 11 participantes, resultando em um encaminhamento de 42 previsões de cargas de ruptura e 40 previsões de deslocamentos, o que se constituiu no Universo de dados analisados pela Comissão Organizadora.

Neste volume, entre outras informações, são apresentados dados relativos às estacas, aos ensaios de campo, aos resultados de provas de carga e às previsões apresentadas. São apresentados os memoriais de cálculo completos, da forma como foram enviados pelos participantes. Como estabelecido inicialmente, não foi divulgado o nome dos participantes, exceção feita àquele cujas previsões mais se aproximaram dos valores obtidos nas provas de carga.



## AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho foi possível graças à participação de Empresas de Engenharia, Instituições de Pesquisa, Instituições de Ensino e de Colegas Profissionais que em diversas fases estiveram presentes junto à Comissão Organizadora, com seus auxílios técnicos, de mão de obra, de materiais e financeiro. Sendo assim, a Comissão Organizadora do Concurso para Previsão de Comportamento de Estacas Raiz, faz aqui seus agradecimentos a:

- Unicamp – Universidade Estadual de Campinas
- Feagri – Faculdade de Engenharia Agrícola da Unicamp
- Fapesp – Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo
- Faep – Fundo de Apoio ao Ensino e Pesquisa da Unicamp
- Fundesp – Fundações Especiais
- Incotep – Tubos e Peças Trefiladas de Precisão
- Votorantim Cimentos
- Sondosolo – Geotecnia e Engenharia Ltda
- Eng. Miguel A. M. Ferreira
- Eng. Willian Roberto Antunes
- Eng. Francisjones M. Lemes
- Eng. Lauro Kenichi Inada
- Eng. Eliezer Laister
- Eng. Satio Nishikawa

- Eng<sup>a</sup> Bernadete dos Anjos
- Sr. Marco Aurélio Monteiro
- Eng. Jônio Ribeiro Nogueira
- Eng. José Veríssimo Nery Filho
- Eng<sup>a</sup> Filomena M. Cipriano
- Eng. Alexandre Vaz de Lima

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS



## **CARACTERÍSTICAS DAS ESTACAS RAIZ**

### **CAMPO EXPERIMENTAL DE MECÂNICA DOS SOLOS E FUNDAÇÕES DA UNICAMP**

- **Introdução**
- **Estacas Raiz**
- **Processo Executivo**
- **Características da Argamassa**
  - **Estacas de 12m**
  - **Estaca de 23m**
- **Armadura das estacas**
- **Golpes de ar**
- **Instrumentação**
- **Provas de Carga**
- **Sondagem mais próxima**

## 1. Introdução

Apresentam-se as informações gerais a respeito das características das estacas raiz ensaiadas. Foram executadas estacas injetadas tipo raiz, que serão submetidas às solicitações de compressão e tração, na forma de realização de provas de carga, em solo de diabásio característico da região de Campinas/SP.

Estas provas de carga serão realizadas separadamente para cada tipo de solicitação desejada, sendo que duas estacas serão ensaiadas exclusivamente à compressão e duas exclusivamente à tração. Todas as provas de carga serão instrumentadas de maneira a se obter os dados do mecanismo de transferência de carga em profundidade e os recalques nas cabeças das estacas.

Desta maneira obter-se-ão as capacidades de carga para os conjuntos de sistemas solo-estacas e os valores de recalques.

As provas de carga serão realizadas em Campo Experimental para estudos de Mecânica dos Solos e Fundações, já implantado dentro do Campus da Unicamp.

No local já foram realizados diversos ensaios de campo (SPT, SPT-T, CPT, "Cross-Hole", Dilatômetro de Marchetti, Pressiométrico), ensaios laboratoriais em amostras deformadas (ensaios de caracterização) e em amostras indeformadas (triaxiais, adensamento, compressão simples) retiradas de um poço de 16m de profundidade (ver material disponível).

Também já foram realizadas provas de carga estáticas (compressão e tração) em estacas pré-moldada, escavada, hélice contínua e hélice tipo ômega, todas instrumentadas (ver material disponível).

## 2. Estacas Raiz

Para a realização deste evento executaram-se quatro estacas tipo raiz com as seguintes características:

Tabela 2.1 – Características geométricas das estacas.

Diâmetro da estaca (mm)	410	310
Diâmetro externo do tubo (mm)	355	275
Área da secção transversal (cm <sup>2</sup> )	1320	755
Perímetro da estaca (cm)	126	98
Diâmetro externo do estribo (mm)	280	200
Diâmetro interno da coroa (mm)	323	235
Comprimento da estaca (m)	12	23

## 3. Processo Executivo

As estacas forma executadas segundo as prescrições do Manual e Especificações de Produtos e Procedimentos da ABEF (ABEF, 1999).

## 4. Características da Argamassa

### 4.1. Estacas de 12m

Para a execução deste tipo de estaca foi utilizada a argamassa industrializada da Votorantim Cimentos, divisão Votomassa, denominada Votomassa Grout ou argamassa estrutural para fundação, a qual foi operacionalizada no Campo Experimental através do sistema Matrix D40.

O sistema Matrix D40, é um sistema de fornecimento a granel de argamassa no qual inicialmente é entregue na obra um silo de estocagem e em seguida o fornecimento de argamassa é realizado por caminhões graneleiros com capacidade de 27t, com reabastecimento periódicos conforme solicitação prévia da obra. O sistema permite que o material seja transportado, preservando suas características e garantindo suas propriedades desde a fabricação até sua aplicação.



Tabela 4.1 – Características técnicas da argamassa.

Massa específica aparente (kg/ℓ)	1,55 – 1,60
Massa específica fresca (kg/ℓ)	2,00 – 2,20
Índice de Espalhamento (Flow ) (mm)	330 - 340
Água para mistura (%)	14,8 a 15,2

Tabela 4.2 – Resultados de ensaios de compressão (89 dias).

Tensão de Ruptura (MPa)			
CP 1	27,4	CP 5	29,0
CP 2	25,3	CP 6	29,4
CP 3	22,5	CP 7	29,4
CP 4	22,2	CP 8	29,2

Tabela 4.3 – Dados obtidos do Sistema Matrix no Campo Experimental

Vazão do sistema (ℓ/h)	2080
Vazão de água (ℓ/h)	600
Volume consumido por estaca (m <sup>3</sup> )	1,60
Massa específica fresca (kg/ℓ)	2,20
Redução do volume da argamassa (%)	13,5

#### 4.2. Estacas de 23m

Para estas estacas foi utilizado o sistema convencional (virado em obra), fornecendo desta forma as seguintes características.

Tabela 4.4 – Dados obtidos do sistema convencional no Campo Experimental

Cimento (kg)	1,00
Areia (ℓ)	1,58
A/C	0,525
Consumo de cimento (kg/m <sup>3</sup> )	640

Fora utilizado misturador de capacidade 250ℓ sendo medida padrão:

Tabela 4.5 – Resultados de ensaios de compressão (89 dias).

Tensão de Ruptura (MPa)			
CP 1	31,0	CP 5	35,1
CP 2	26,2	CP 6	36,0
CP 3	30,6	CP 7	35,2
CP 4	32,2	CP 8	31,9

Tabela 4.6 – Quantidade de material por “massada”.

Cimento (kg)	200
Areia (baldes)*	21
Água (baldes)*	7
Umidade da areia (%)	6,8

- Volume do balde = 12litros

## 5. Armadura das estacas

Tabela 5.1 – Características da armadura das estacas.

Comprimento da estaca	Armadura longitudinal	Comprimento da armadura	Bitola do estribo	Diâmetro do estribo
12m	6 $\phi$ 16mm	12m	6,3mm	280mm
23m	7 $\phi$ 20mm	23m	6,3mm	200mm

## 6. Golpes de ar

### 6.1. Estacas de 12m

Os golpes de pressão foram aplicados em três posições, ponta da estaca, 9m e 6m; sendo aplicada a pressão de 300kPa.

### 6.2. Estacas de 23m

Os golpes de pressão foram feitos por 6vezes, ponta da estaca; 18m, 15m, 12m, 9m e 6m sendo aplicada a pressão de 300kPa..

## 7. Instrumentação

A instrumentação consistiu de barras instrumentadas com extensômetros elétricos de resistência (strain-gages). Para sua confecção utilizou-se barras de aço do tipo CA-50, com 12,5mm de diâmetro e 0,60m de comprimento. Estas barras foram instaladas posteriormente à execução das estacas, dentro de um tubo de aço, instalado junto à armadura da estaca quando da sua execução. As barras foram unidas e colocadas no tubo de aço, em posição pré-definida, formando uma barra contínua. Para possibilitar a emenda das barras, utilizou-se o sistema de rosqueamento das pontas, com acoplamento de luvas do mesmo material.

Os extensômetros elétricos utilizados, especiais para aço (KFG-2-120-D16-11 – Kyowa Electronics Instruments), foram colados em ponte completa e protegidos contra umidade e choque mecânico, através da aplicação de resina especial (Scotchcast – 3M). Completada a instrumentação, todas as barras foram levadas ao laboratório para calibração, verificando-se assim o seu perfeito funcionamento.

As barras foram introduzidas dentro do tubo de aço, juntamente com uma mangueira de plástico transparente, com diâmetro aproximado de 6mm. Através da mangueira de plástico foi injetada nata de cimento no tubo, de baixo para cima, com fator água/cimento igual a 0,45; a fim de solidarizar o conjunto de barras instrumentadas ao tubo de aço. As barras ficaram suspensas no ato da injeção, evitando-se flambagem dentro do tubo.

As estacas foram instrumentadas nos seguintes níveis:

Tabela 7.1 – Posição da instrumentação.

Estaca	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Nível 5
12m - tração	Secção de referência - 0,5m	5m	*****	*****	*****
12m - compressão			11,7m	*****	*****
23m - tração			11,7m	18m	*****
23m - compressão			11,7m	18m	22,7m

## 8. Provas de Carga

As provas de carga do tipo lento (SML) serão realizadas de acordo com o especificado pela Norma Brasileira (ABNT-NBR 12.131/91).

O solo a partir da base do bloco de coroamento, será escavado até a profundidade de 0,60m; para que tal trecho seja utilizado como secção de referência, para a determinação do módulo de elasticidade da estaca.

### 9. Sondagem mais próxima

Apresentam-se a seguir as locações das estacas e as sondagens (SPT e CPT) mais próximas. As sondagens foram realizadas antes da execução das estacas.

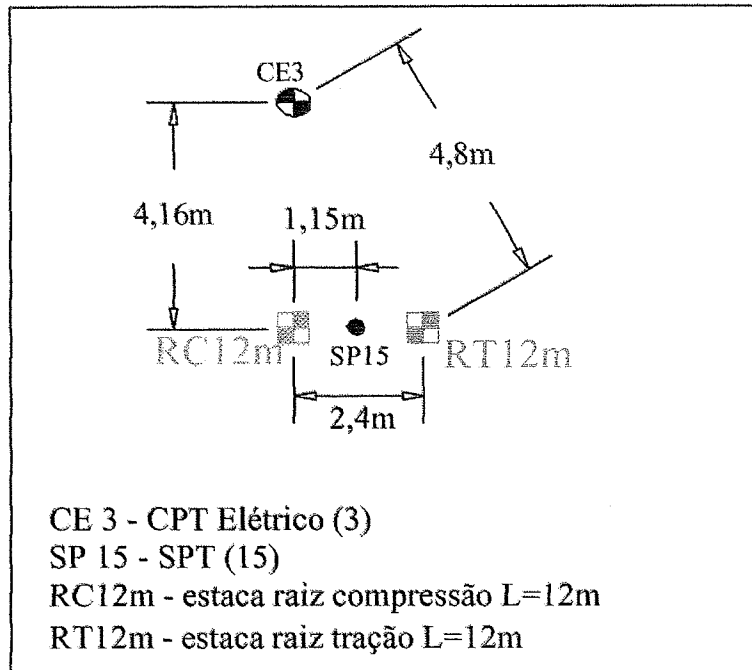


Figura 9.1 – Estacas de 12m.

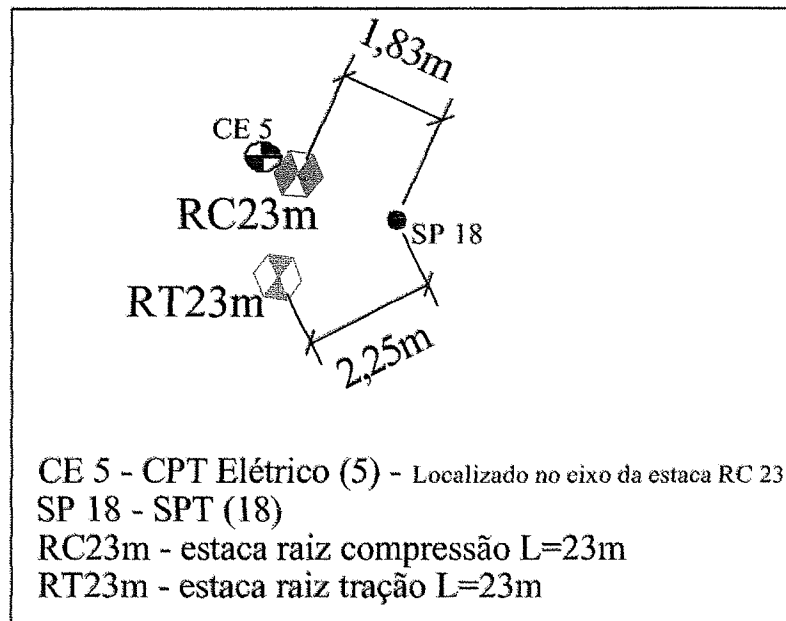


Figura 9.2 – Estacas de 23m.

**RESULTADOS  
DAS PROVAS DE CARGA**

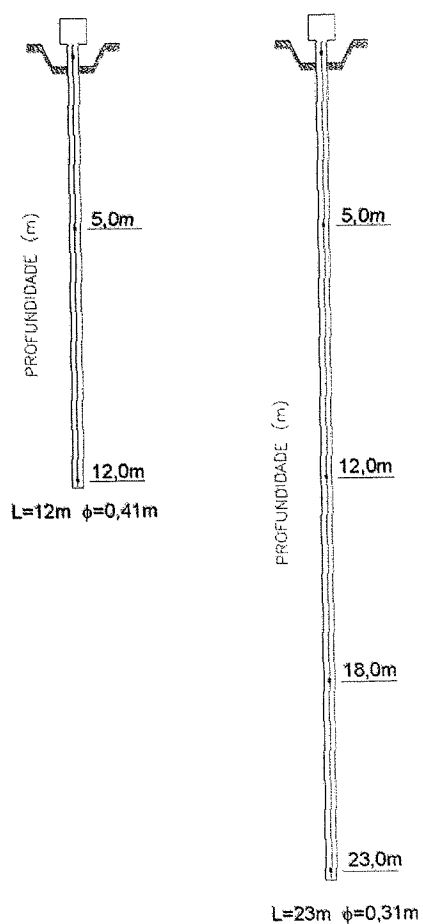


## RESULTADOS DAS PROVAS DE CARGA

Estaca	Tipo de Carregamento	Carga máxima (kN)	Atrito lateral (kPa)	Tensão na Ponta (kPa)	% na ponta
L = 12m D = 410mm	Compressão	980	65	318	4,6
L = 12m D = 410mm	Tração	910	63	-	-
L = 23m D = 310mm	Compressão	2000	81	3523	13,3
L = 23m D = 310mm	Tração	1300*	67	-	-

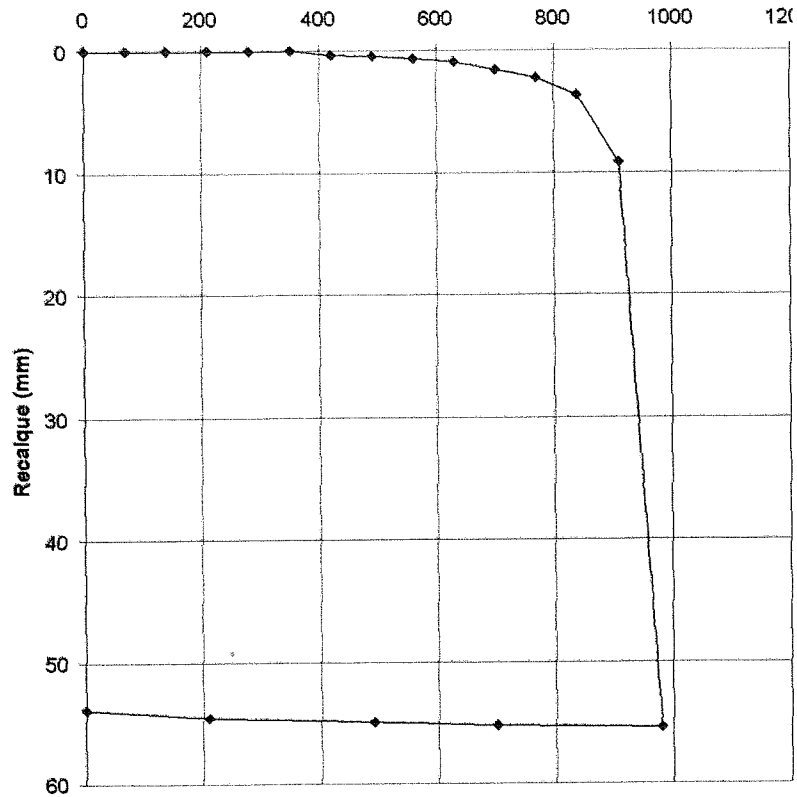
\* Ruptura de 1410 kN, obtida por extrapolação.

**OBS:** A instrumentação constituiu-se de "strain-gages" ligados em ponte completa e devidamente protegidos contra choque mecânico e umidade, instalados nos níveis apresentados abaixo:



## RESULTADOS DE PROVAS DE CARGA

**COMPRESSÃO – L = 12 m – D = 0,41m**

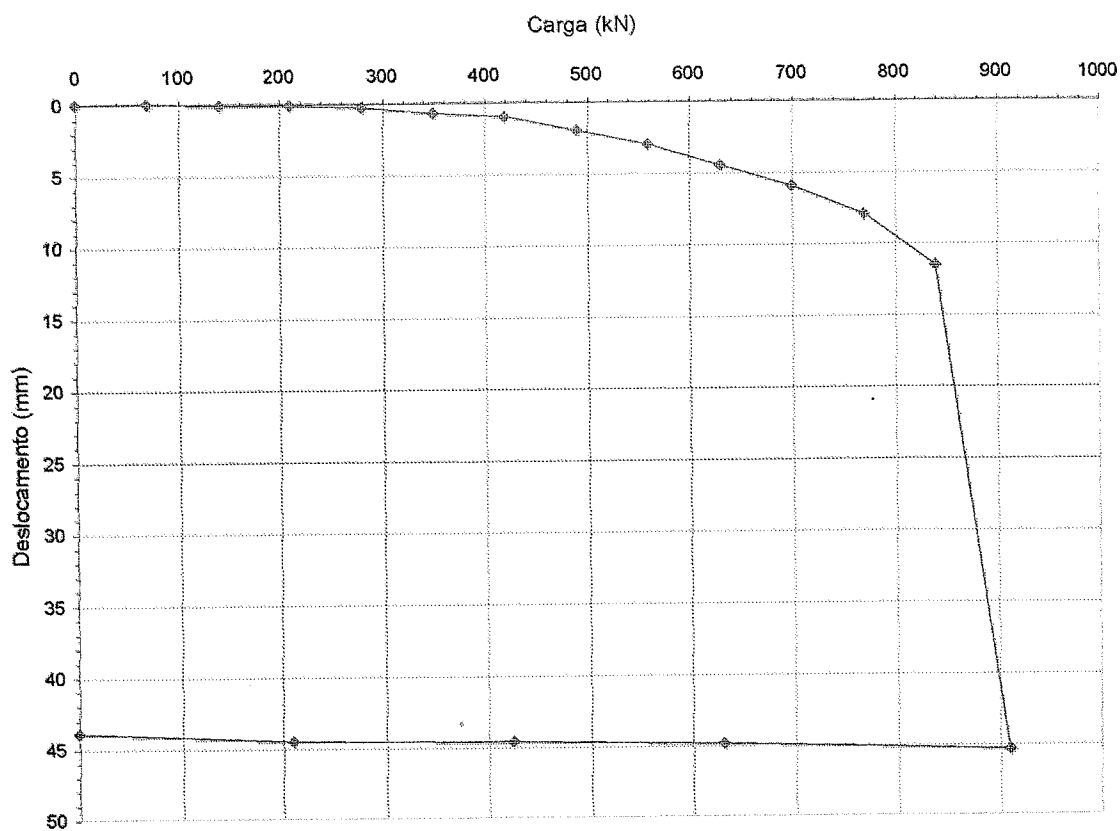


**carga máx. = 980kN  
deslocamento máx = 55,42mm**

Carga (kN)	Deslocamento (mm)
0	0
70	0,03
140	0,03
210	0,03
280	0,03
350	0,04
420	0,39
490	0,51
560	0,71
630	0,94
700	1,59
770	2,30
840	3,74
910	9,21
980	55,42
700	55,28
490	55,01
210	54,59
0	53,9

## TRAÇÃO - L = 12 m - D = 0,41m

### Tração 12m

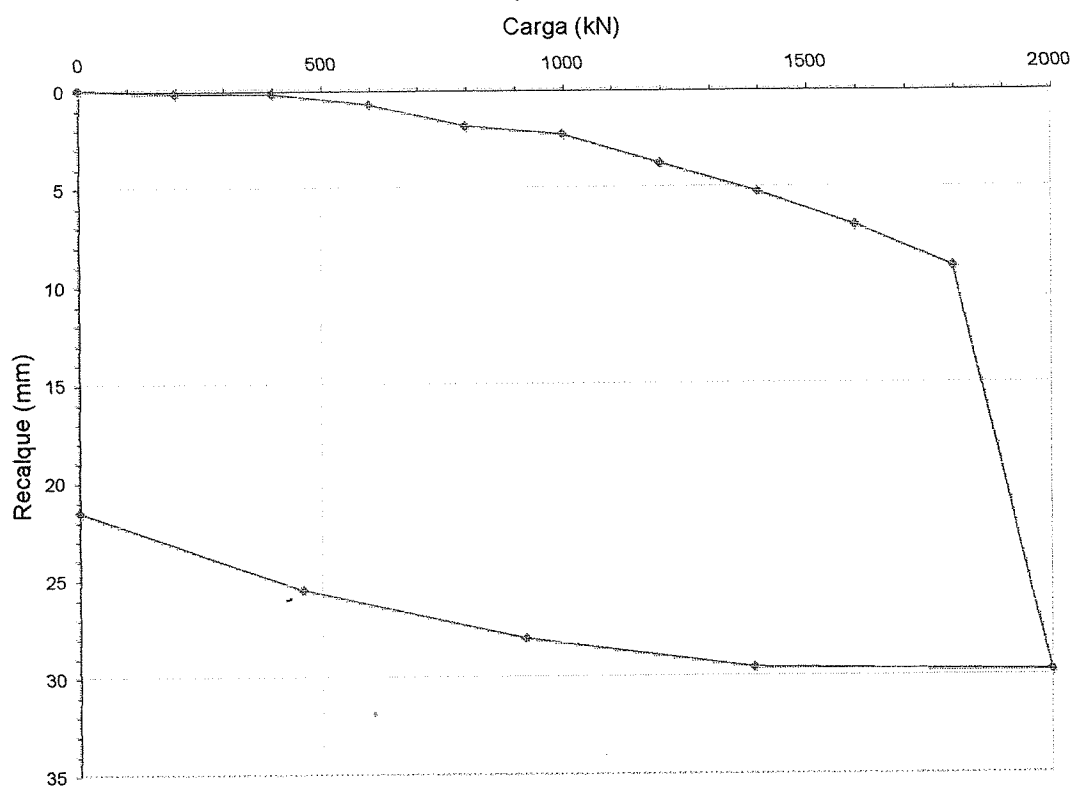


**carga máx. = 910kN**  
**deslocamento máx. = 44,59mm**

Carga (kN)	Deslocamento (mm)
0	0,00
70	0,00
140	0,10
210	0,14
280	0,28
350	0,72
420	1,03
490	2,99
560	3,97
630	5,24
700	6,34
770	8,01
840	11,60
910	44,60
630	45,41
425	44,89
210	44,59
0	43,97

## COMPRESSÃO - L = 23 m – D = 0,31 m

### Compressão 23m



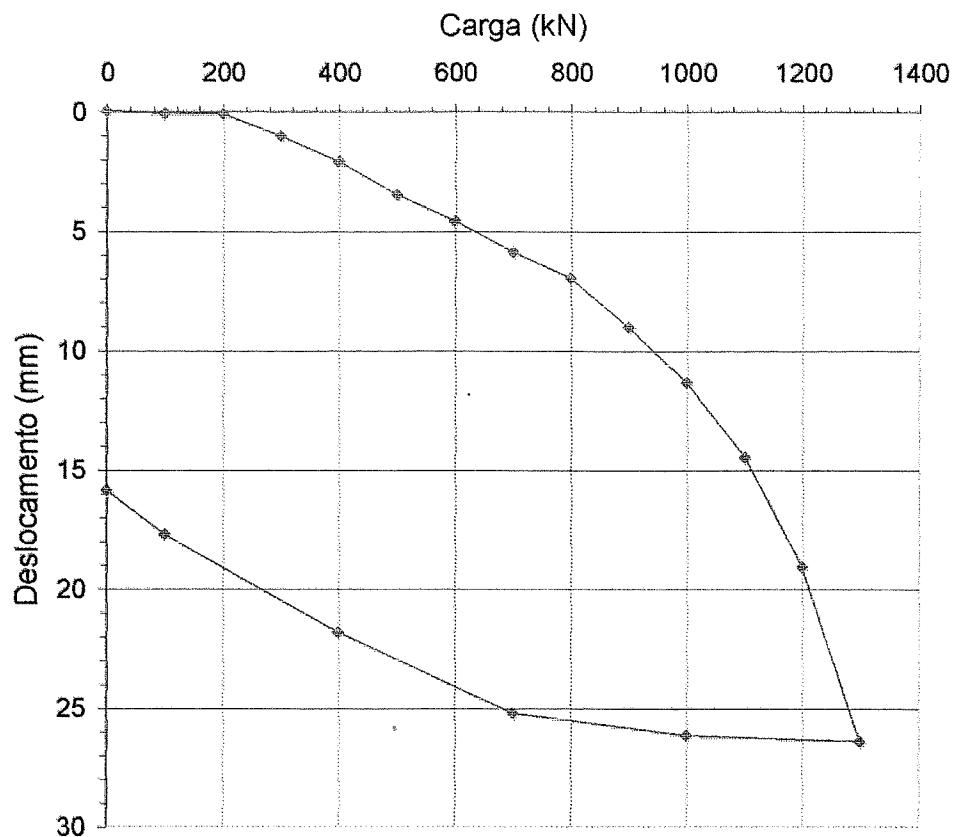
**carga máx. = 2000kN**  
**deslocamento máx. = 29,76mm**

Carga (kN)	Deslocamento (mm)
0	0
200	0,19
400	0,21
600	0,77
800	1,87
1000	2,31
1200	3,79
1400	5,27
1600	6,97
1800	9,08
2000	29,76
1390	29,58
920	28,05
460	25,54
0	21,56



## TRAÇÃO – L = 23 m, D = 0,31 m

### Tração 23m

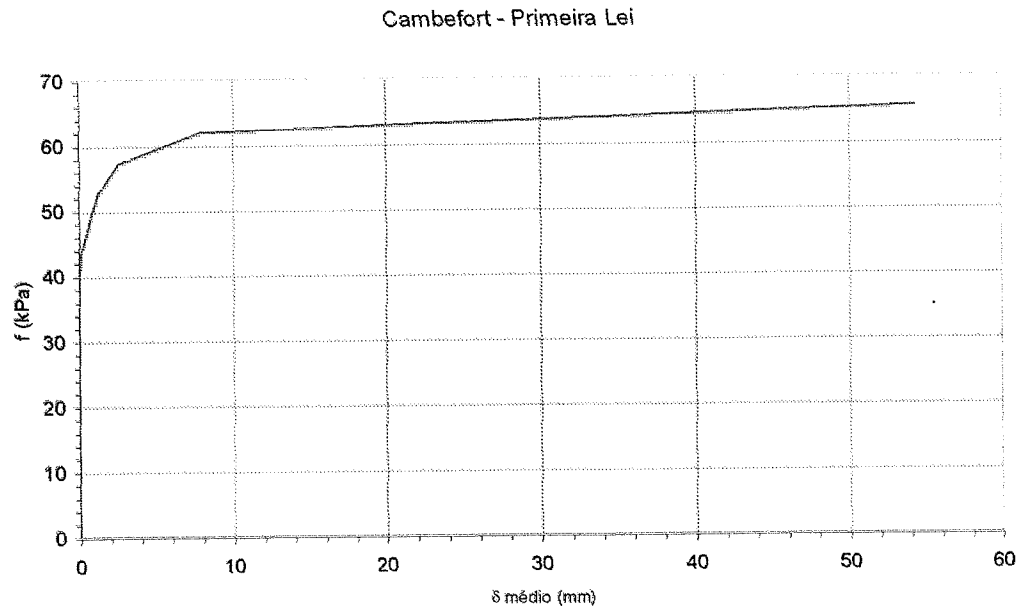


**carga máx. = 1300kN**  
**deslocamento máx. = 26,43mm**

Carga (kN)	Deslocamento (mm)
0	0,00
100	0,12
200	0,12
300	1,03
400	2,11
500	4,46
600	5,12
700	6,21
800	6,85
900	9,07
1000	11,39
1100	14,51
1200	19,09
1300	26,43
1000	26,19
700	25,23
400	21,84
100	17,75

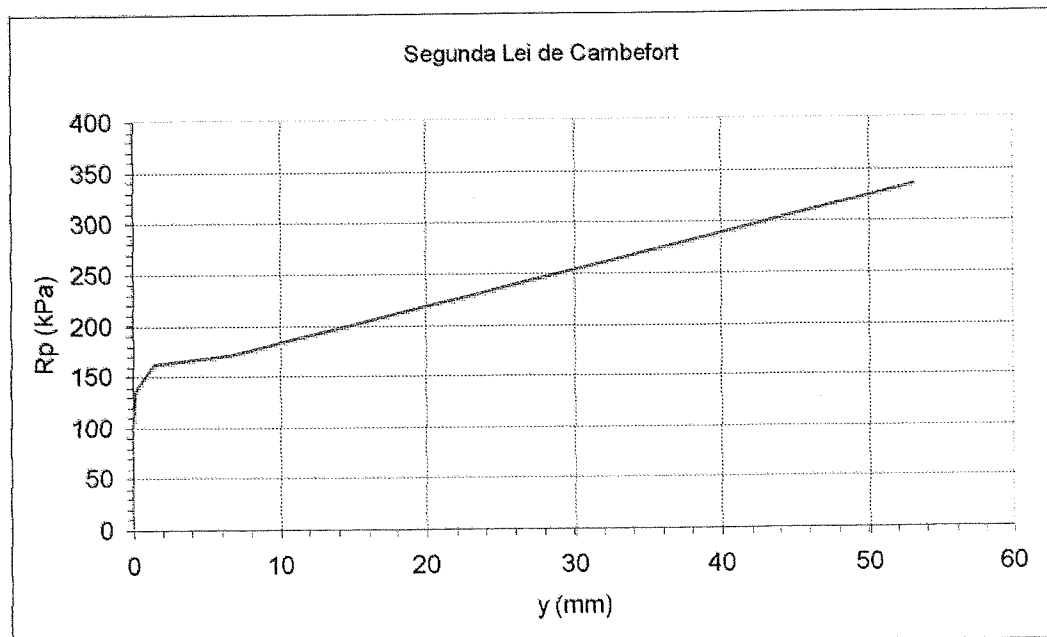
## PRIMEIRA LEI DE CAMBEFORT

Estaca de Compressão – L = 12 m – D = 0,41m



## SEGUNDA LEI DE CAMBEFORT

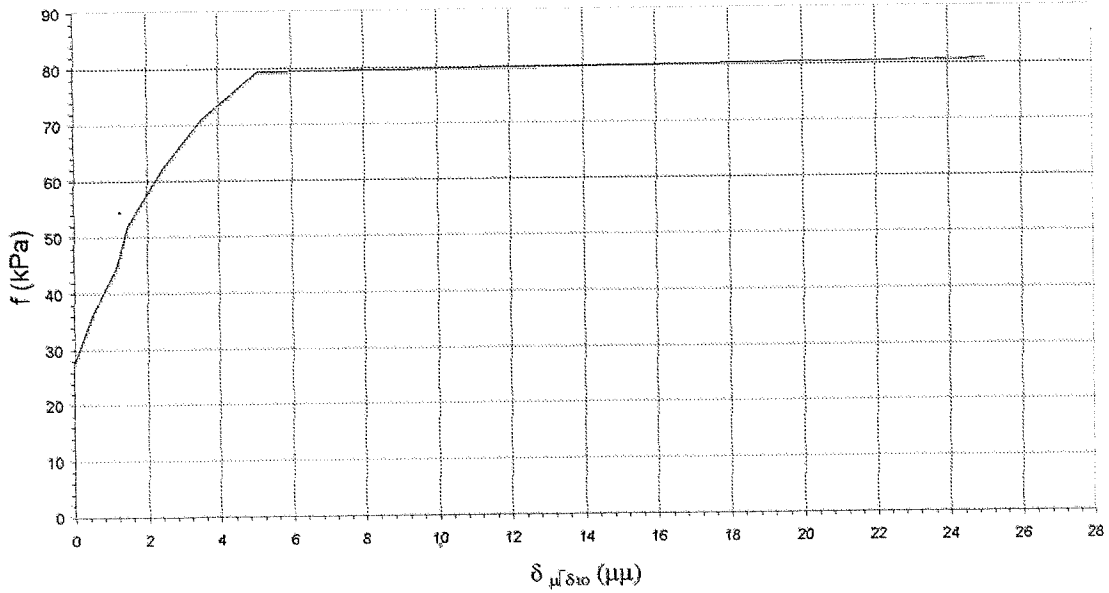
Estaca de Compressão – L = 12 m – D = 0,41m



# PRIMEIRA LEI DE CAMBEFORT

Estaca de Compressão – L = 23 m – D = 0,31m

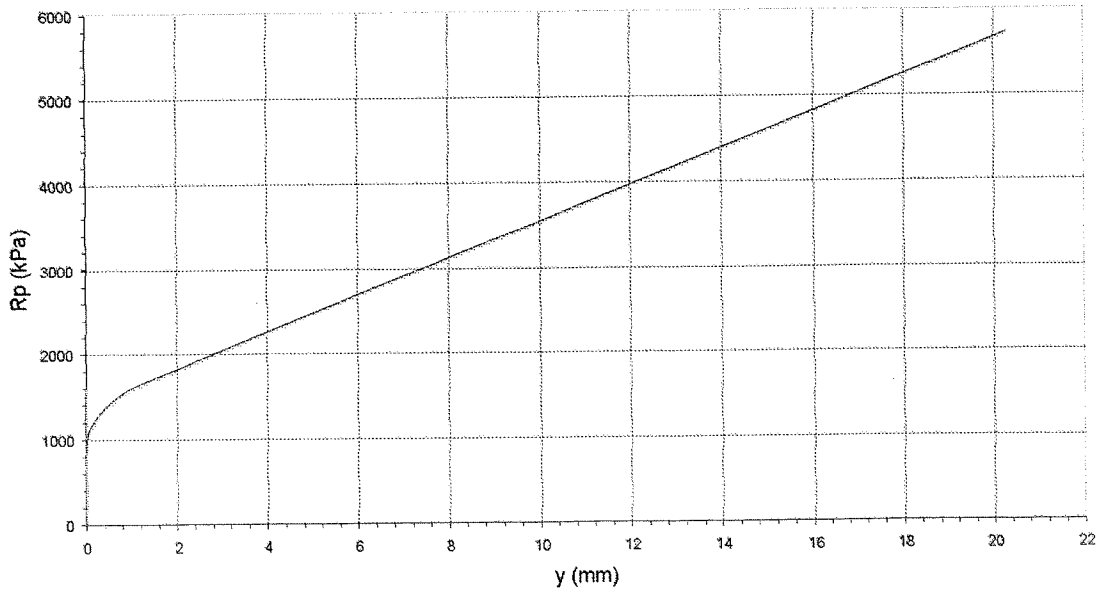
Cambefort - Primeira Lei



# SEGUNDA LEI DE CAMBEFORT

Estaca de Compressão – L = 23 m – D = 0,31m

Cambefort - Segunda Lei



## CONSIDERAÇÕES SOBRES AS PREVISÕES APRESENTADAS

### CONTEÚDO

- NÚMERO E CIDADE DOS PARTICIPANTES DO CONCURSO.
- ENSAIOS DE CAMPO UTILIZADOS.
- MÉTODOS UTILIZADOS PARA PREVISÃO DA CARGA DE RUPTURA À COMPRESSÃO.
- MÉTODOS UTILIZADOS PARA PREVISÃO DA CARGA DE RUPTURA À TRAÇÃO.
- RELAÇÕES ENTRE CARGAS ESTIMADAS E CARGAS OBTIDAS NAS PROVAS DE CARGA.
- MÉTODOS UTILIZADOS PARA PREVISÃO DE DESLOCAMENTOS DAS ESTACAS.
- RELAÇÕES ENTRE DESLOCAMENTOS ESTIMADOS E DESLOCAMENTOS OBTIDOS NAS PROVAS DE CARGA.



**NÚMERO E CIDADE DOS PARTICIPANTES DO CONCURSO.**

<b>CIDADE</b>	<b>No PARTICIPANTES</b>
PORTO ALEGRE (RS)	1
BRASILIA (DF)	1
SÃO PAULO	5
SALTO (SP)	1
SÃO CARLOS (SP)	1
RIBEIRÃO PIRES (SP)	1
OSASCO (SP)	1

NÚMERO DE PARTICIPANTES: 11

NÚMERO DE PREVISÕES DE CARGA DE RUPTURA (PR): 42

NUMERO DE PREVISÕES DE RECALQUE PAR (PR/2): 40

**ENSAIOS DE CAMPO UTILIZADOS**

<b>ENSAIOS</b>	<b>NÚMERO DE PARTICIPANTES</b>
Somente SPT	1
Somente CPT	2
SPT e CPT	7
SPT-TORQUE	2
DPL	1
SPT, CPT e ENSAIOS DE LABORATÓRIO	1

MÉTODOS UTILIZADOS PARA PREVISÃO DA CARGA  
DE RUPTURA À COMPRESSÃO.

<b>MÉTODO</b>	<b>NÚMERO DE UTILIZAÇÕES</b>
DÉCOURT-QUARESMA	8
AOKI-VELLOSO	5
CABRAL	4
PHILLIPONAT	4
P.P.VELLOSO	2
BRASFOND	2
ANTUNES-CABRAL	1
DPL Nilson	1
TEIXEIRA	1
BUSTAMANTE	1
ESLAMI&FELLENIOUS	1
Método PFM	1
Atrito Raiz / Escavada	1

PART.	MÉTODOS
A	BRASFOND
B	ESLAMI & FELLENIUS
C	DÉCOURT-QUARESMA (ADAPTADO)
D	DPL Nilson
E	ATRITO RAIZ / ESCAVADA
F	DÉCOURT-QUARESMA ; PHILLIPONAT
G	PFM – ( A.V. Adaptado)
H	DÉCOURT-QUARESMA; ANTUNES CABRAL AOKI-VELLOSO; CABRAL;
I	DÉCOURT-QUARESMA; P.P. VELLOSO; PHILLIPONAT; CABRAL
J	DÉCOURT-QUARESMA; PHILLIPONAT; BUSTAMANTE; TEIXEIRA; CABRAL;
K	DÉCOURT-QUARESMA (1,2,3); AOKI-VELLOSO (1,2,3); PHILLIPONAT; P.P.VELLOSO; BRASFOND; TEIXEIRA; CABRAL;

MÉTODOS UTILIZADOS PARA PREVISÃO DA CARGA DE RUPTURA À TRAÇÃO.

- NENHUM MÉTODO ESPECÍFICO PARA O CÁLCULO DA CARGA DE RUPTURA À TRAÇÃO FOI UTILIZADO.

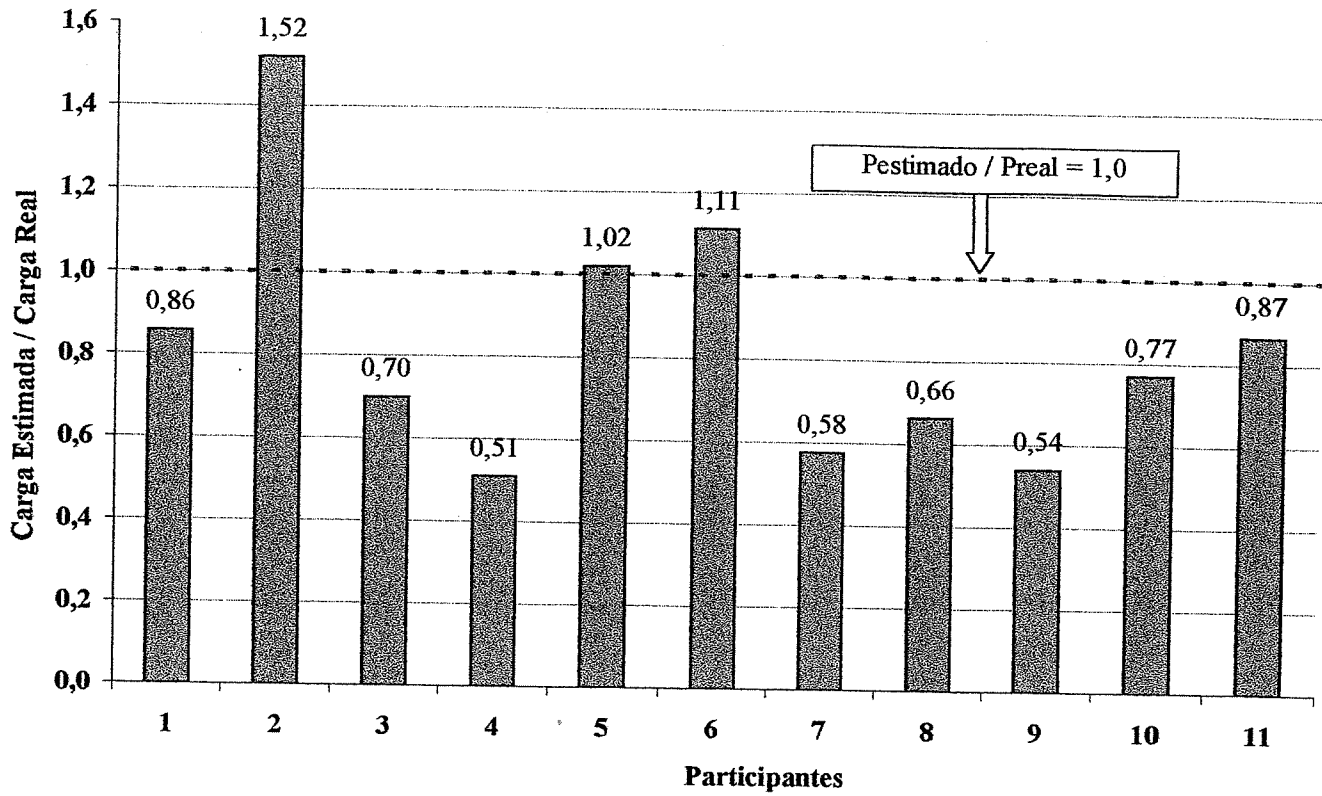
UTILIZOU-SE UMA PORCENTAGEM DA CARGA DE RUPTURA LATERAL À COMPRESSÃO.

<b>% PL Compressão</b>	<b>No Previsões</b>
65	1
70	4
75	2
80	4
85	2
95	2
100	4
115	2

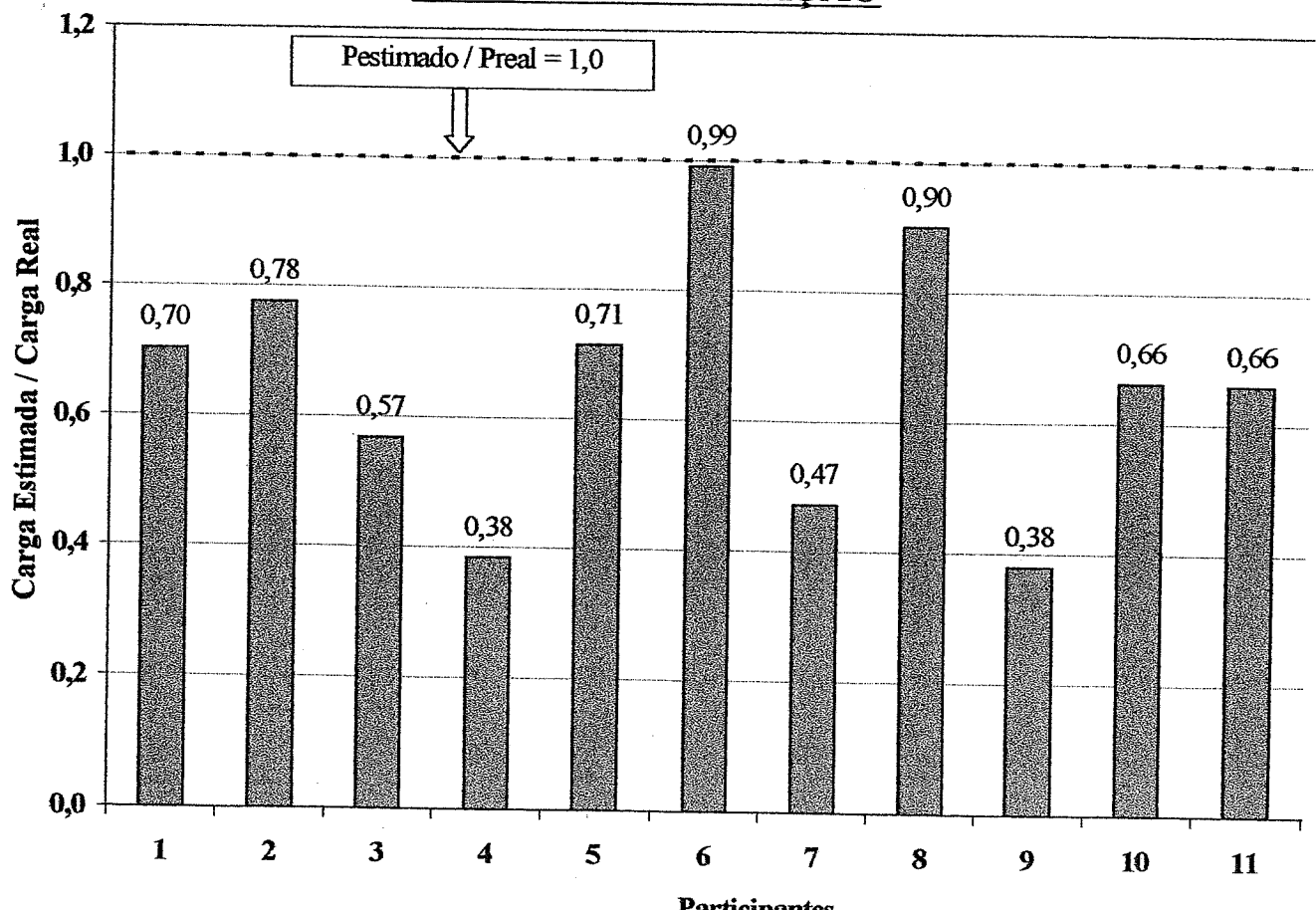
# RELAÇÕES ENTRE CARGAS ESTIMADAS E CARGAS OBTIDAS NAS PROVAS DE CARGA 22

## OBTIDAS NAS PROVAS DE CARGA

### ESTACA 12m - COMPRESSÃO

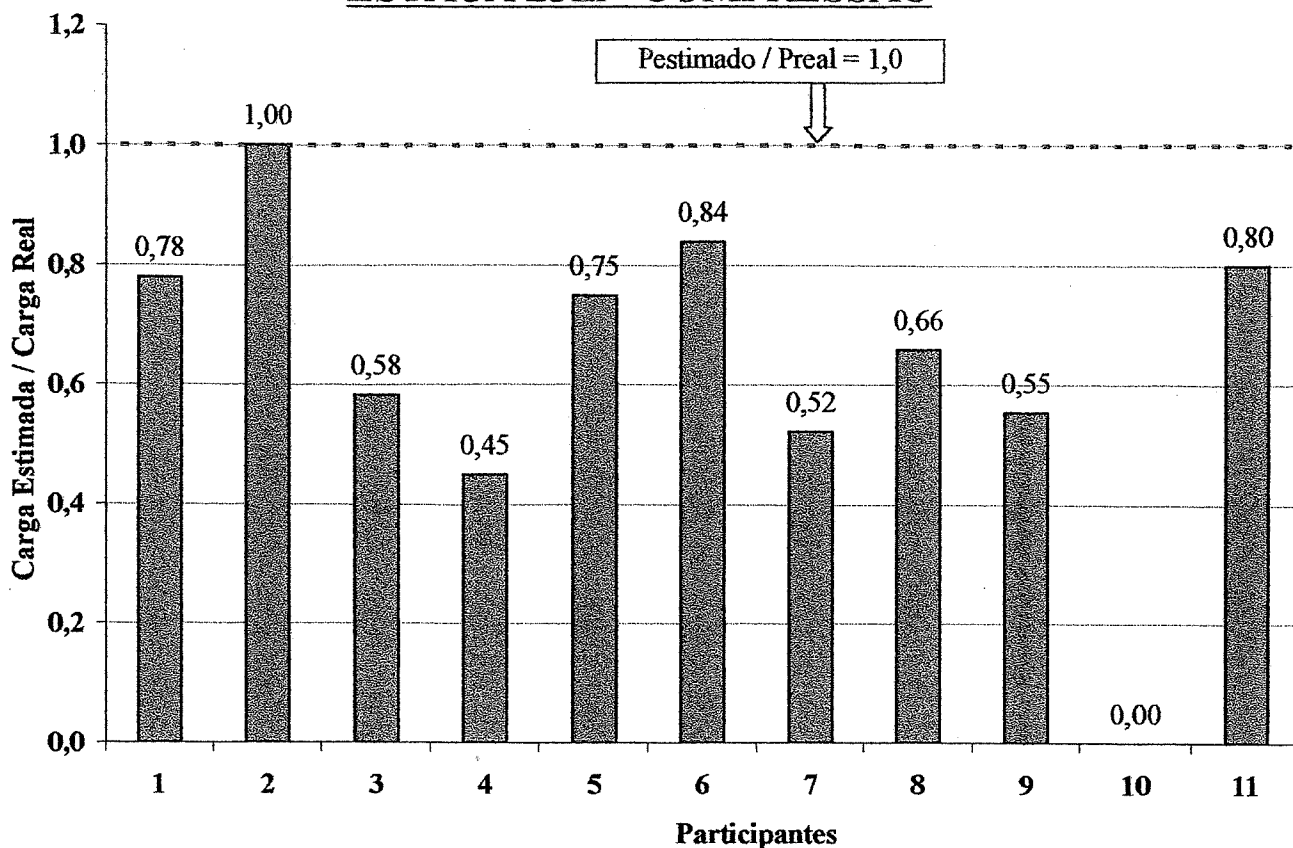


### ESTACA 12m - TRACÇÃO

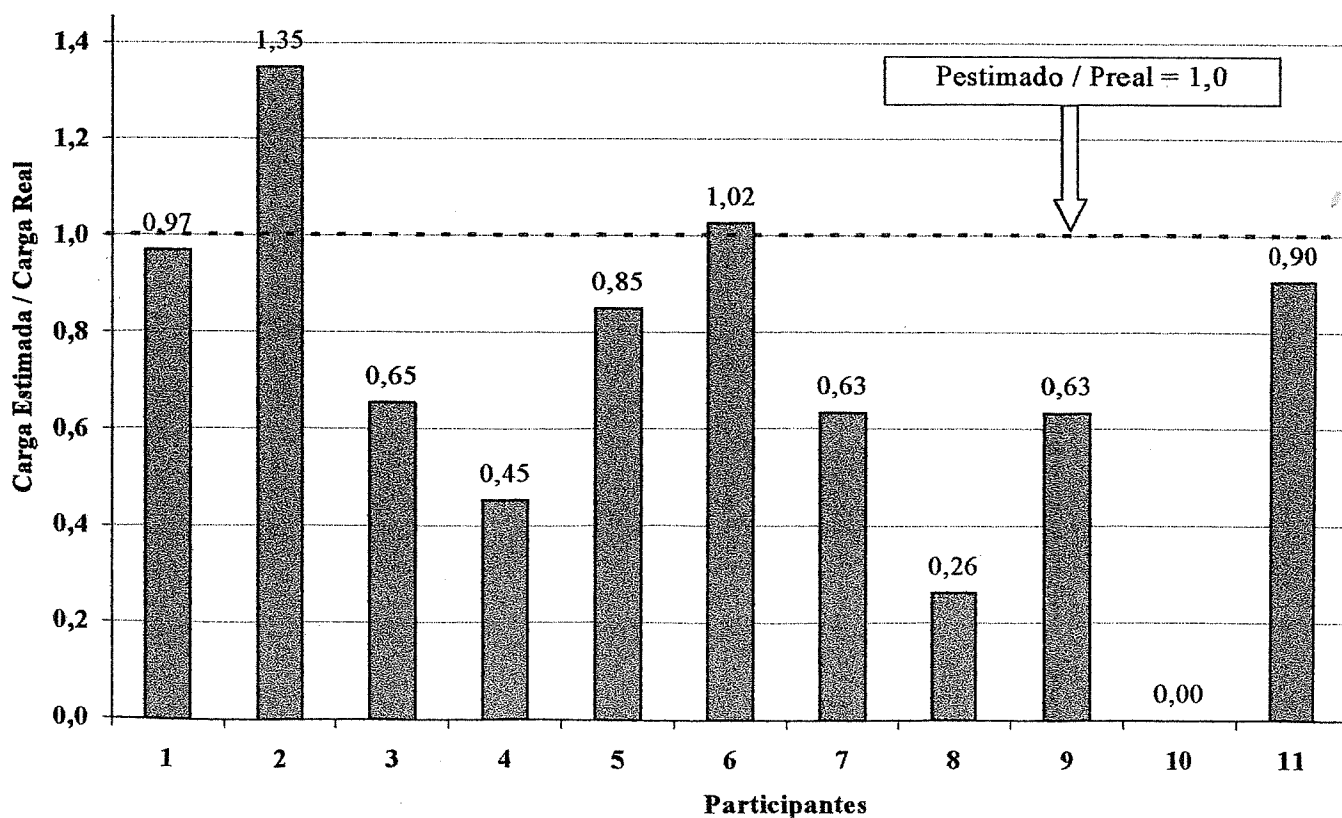


# RELAÇÕES ENTRE CARGAS ESTIMADAS E CARGAS OBTIDAS NAS PROVAS DE CARGA

## ESTACA 23m - COMPRESSÃO

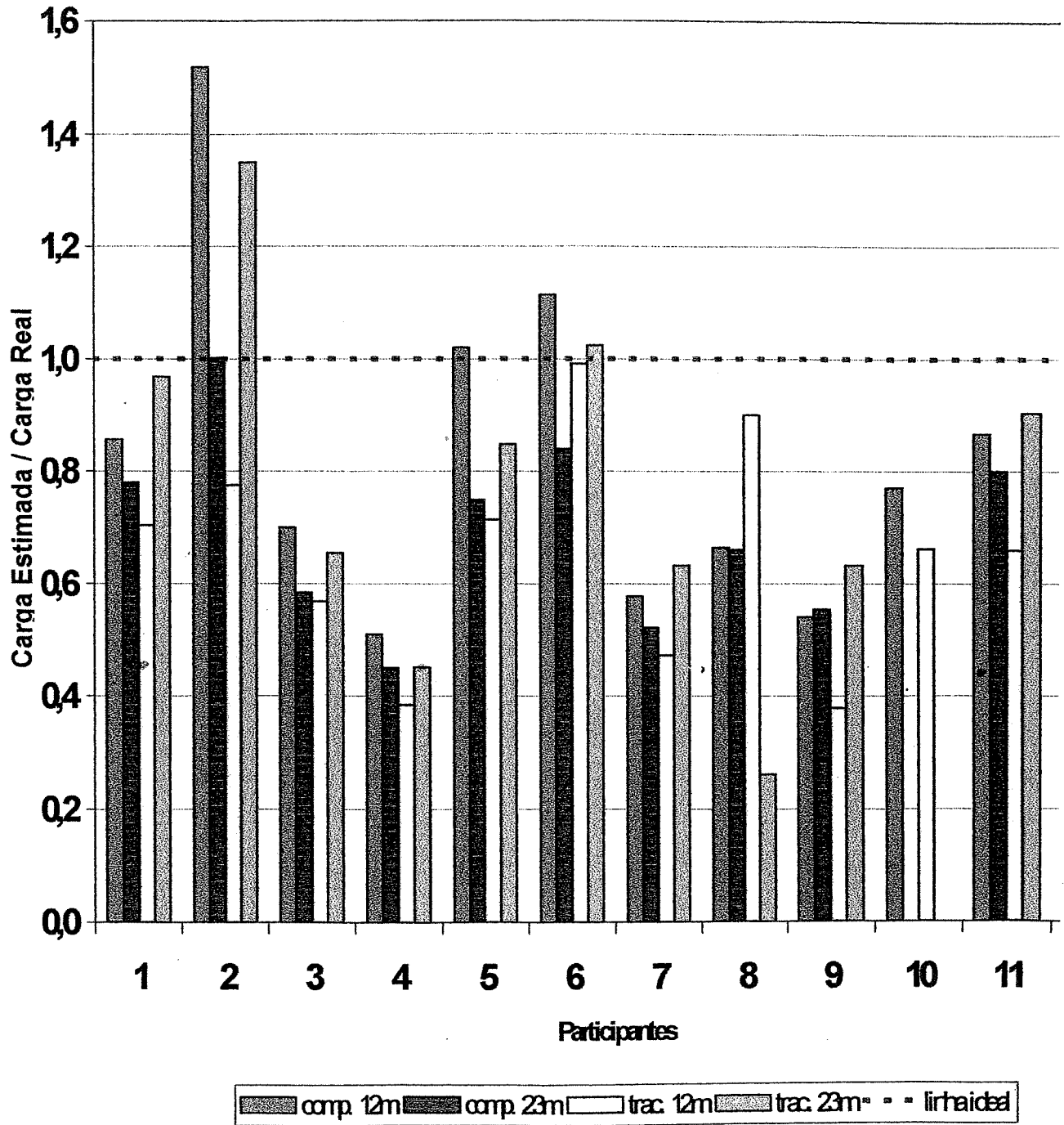


## ESTACA 23m - TRAÇÃO



NÚMERO TOTAL DE PREVISÕES DE CARGA DE RUPTURA

22 CARGAS À COMPRESSÃO  
20 CARGAS À TRAÇÃO



## PORCENTAGEM DE ACERTO

### CARGA DE RUPTURA ESTIMADA / CARGA DE RUPTURA DA PROVA DE CARGA

**+ / - 5 %**

PR estimado / PR prova de

PART.	EC 12m	ET 12m	EC 23m	ET 23m
1	-	-	-	-
2	-	-	<b>1,00</b>	-
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-
5	<b>1,02</b>	-	-	-
6	-	<b>0,99</b>	-	<b>1,02</b>
7	-	-	-	-
8	-	-	-	-
9	-	-	-	-
10	-	-	-	-
11	-	-	-	-



<b>+ / - 10 %</b>
-------------------

<b>PR estimado / PR prova de carga</b>
--

<b>PART.</b>	<b>EC 12m</b>	<b>ET 12m</b>	<b>EC 23m</b>	<b>ET 23m</b>
1	-	-	-	<b>0,97</b>
2	-	-	<b>1,00</b>	-
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-
5	<b>1,02</b>	-	-	-
6	-	<b>0,99</b>	-	<b>1,02</b>
7	-	-	-	-
8	-	<b>0,90</b>	-	-
9	-	-	-	-
10	-	-	-	-
11	-	-	-	<b>0,90</b>

<b>+ / - 15 %</b>
-------------------

<b>PR estimado / PR prova de carga</b>
--

<b>PART.</b>	<b>EC 12m</b>	<b>ET 12m</b>	<b>EC 23m</b>	<b>ET 23m</b>
1	<b>0,86</b>	-	-	<b>0,97</b>
2	-	-	<b>1,00</b>	-
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-
5	<b>1,02</b>	-	-	-
6	<b>1,12</b>	<b>0,99</b>	-	<b>1,02</b>
7	-	-	-	-
8	-	<b>0,90</b>	-	-
9	-	-	-	-
10	-	-	-	-
11	<b>0,87</b>	-	-	<b>0,90</b>

**+ / - 20 %**

**PR estimado / PR prova de carga**

<b>PART.</b>	<b>EC 12m</b>	<b>ET 12m</b>	<b>EC 23m</b>	<b>ET 23m</b>
1	<b>0,86</b>	-	-	<b>0,97</b>
2	-	-	<b>1,00</b>	-
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-
5	<b>1,02</b>	-	-	<b>0,84</b>
6	<b>1,12</b>	<b>0,99</b>	<b>0,84</b>	<b>1,02</b>
7	-	-	-	-
8	-	<b>0,90</b>	-	-
9	-	-	-	-
10	-	-	-	-
11	<b>0,87</b>	-	<b>0,80</b>	<b>0,90</b>

**TODOS  
VALORES**

**PR estimado / PR prova de carga**

<b>PART.</b>	<b>EC 12m</b>	<b>ET 12m</b>	<b>EC 23m</b>	<b>ET 23m</b>
1	0,86	0,70	0,78	0,97
2	1,52	0,78	1,00	1,35
3	0,70	0,57	0,58	0,65
4	0,51	0,38	0,45	0,45
5	1,02	0,71	0,75	0,85
6	1,12	0,99	0,84	1,02
7	0,58	0,47	0,52	0,63
8	0,66	0,90	0,66	0,26
9	0,54	0,38	0,55	0,63
10	0,77	0,66	-	-
11	0,87	0,66	0,80	0,90

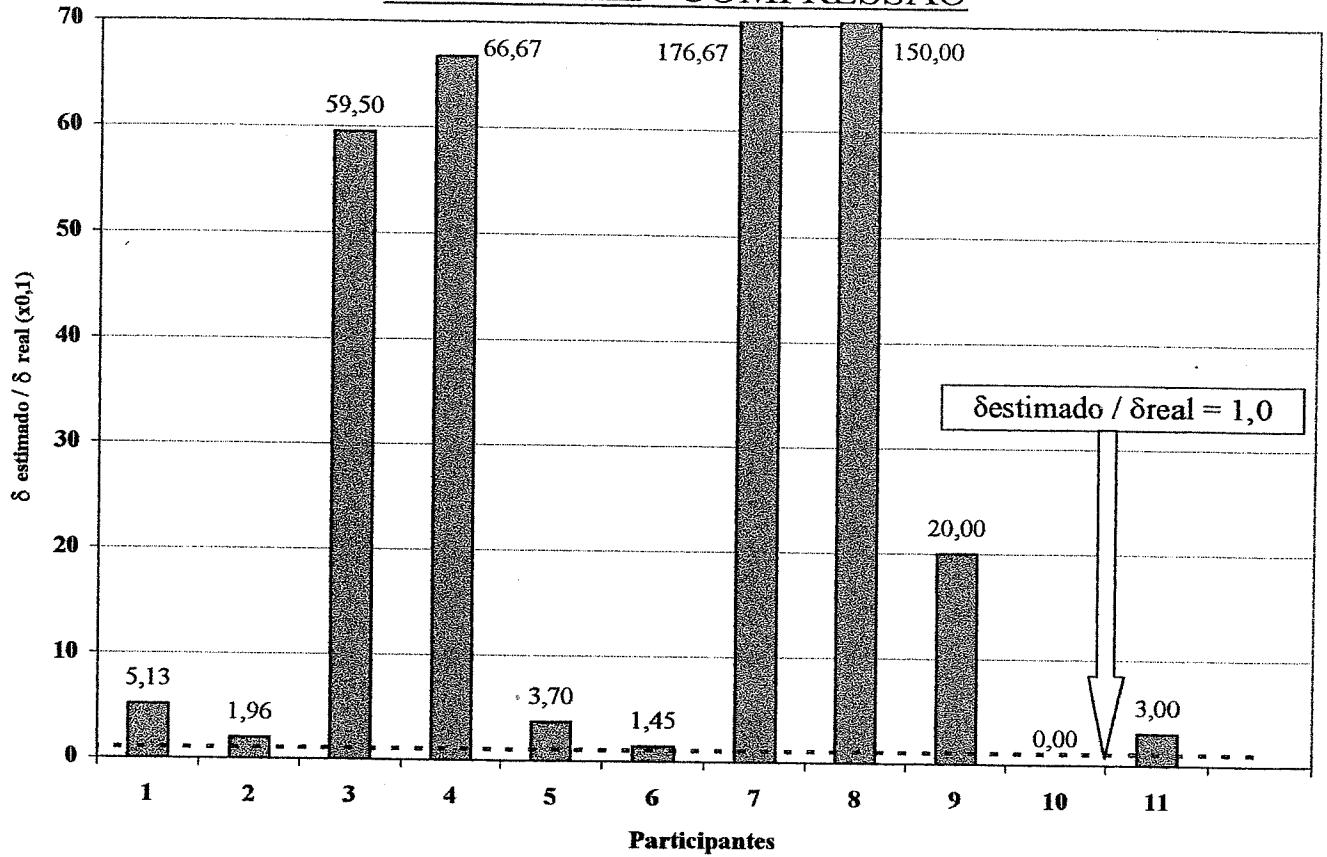
DESLOCAMENTOS DAS ESTACAS PARA METADE DA  
CARGA DE RUPTURA ESTIMADA ( PR/2 )

MÉTODOS DE PREVISÃO UTILIZADOS

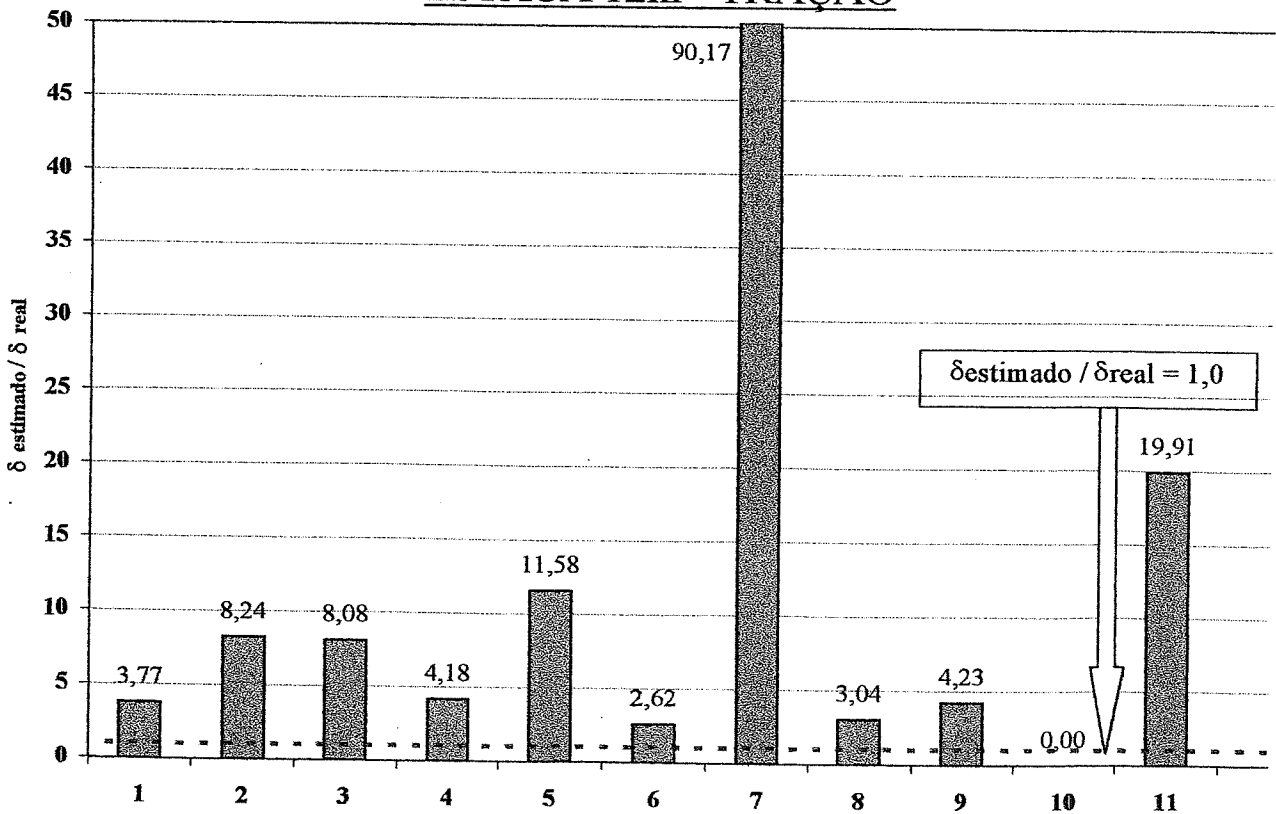
<b>MÉTODO</b>	<b>N<sub>o</sub> DE APLICAÇÕES</b>
RECALQUE ELÁSTICO DA ESTACA	2
VAN DER VEEN	2
AOKI-LOPES	1
PROGRAMA SOILDELF	1
PROGRAMA PLAXIS	1
METODOLOGIA DE FLEMING	1
EXPERIÊNCIA	2

# RELAÇÕES ENTRE DESLOCAMENTOS ESTIMADOS E DESLOCAMENTOS OBTIDOS NAS PROVAS DE CARGA.

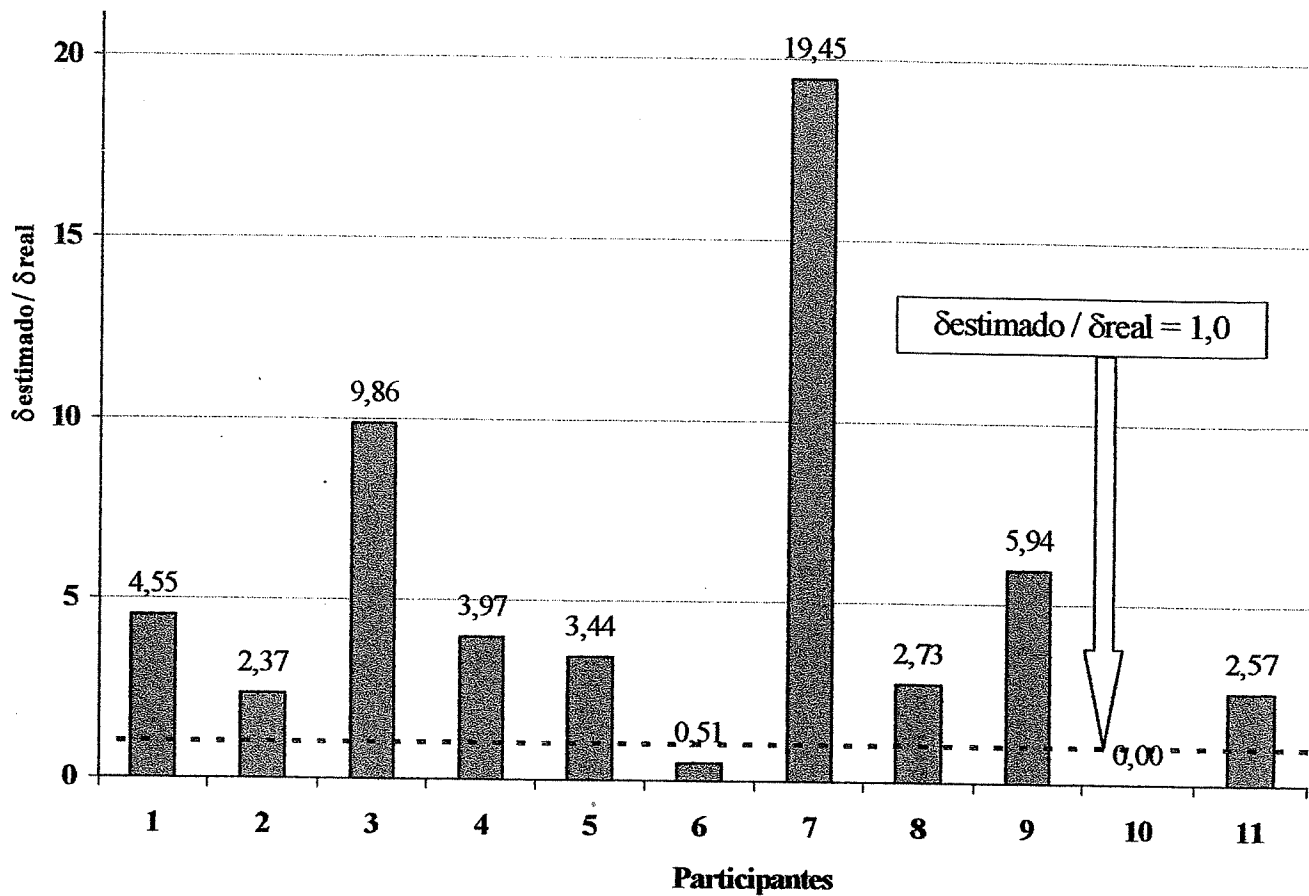
## ESTACA 12m - COMPRESSÃO



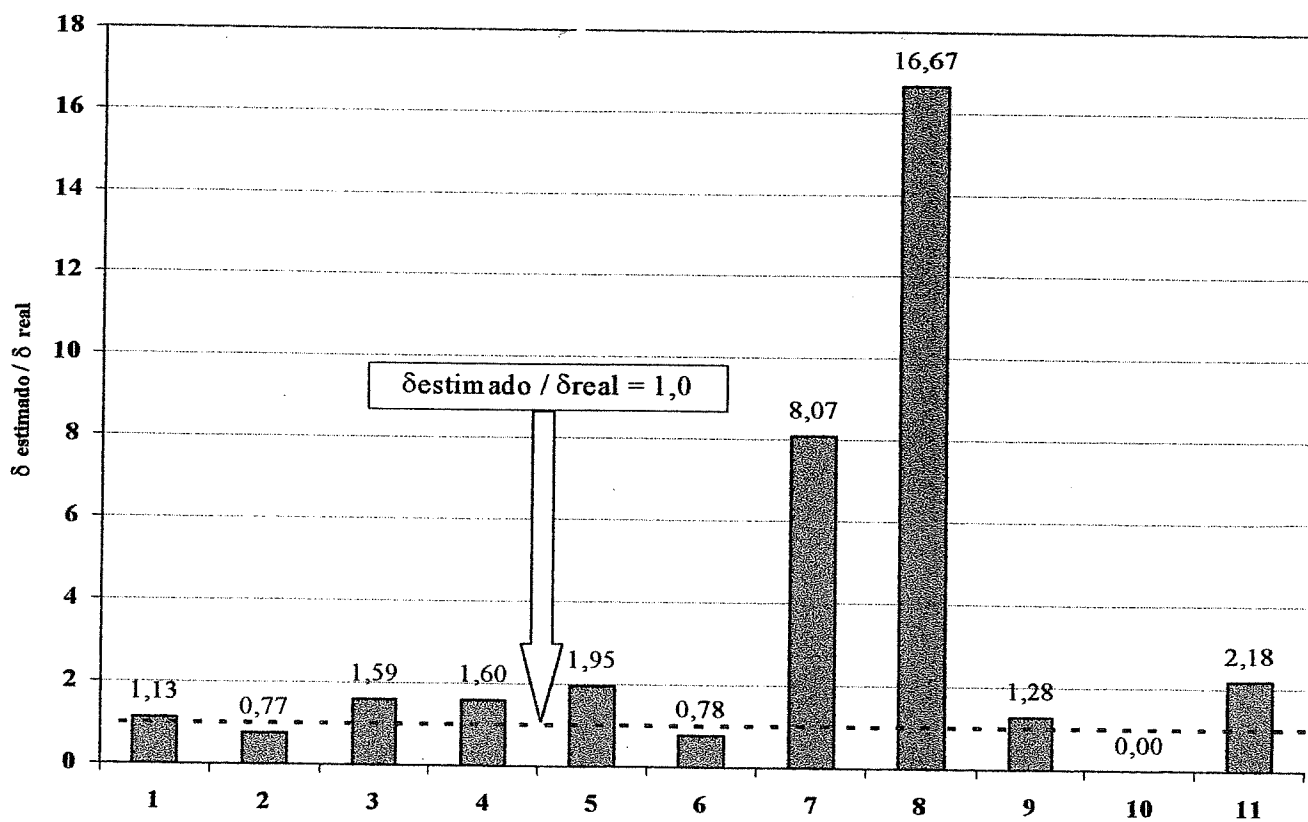
## ESTACA 12m - TRAÇÃO



## ESTACA 23m - COMPRESSÃO



## ESTACA 23m - TRACÃO



RELAÇÕES ENTRE DESLOCAMENTOS ESTIMADOS E  
DESLOCAMENTOS OBTIDOS NAS PROVAS DE  
CARGA.

<b>PART.</b>	<b>EC 12m</b>	<b>ET 12m</b>	<b>EC 23m</b>	<b>ET 23m</b>
1	5,1	3,8	4,6	1,1
2	1,9	8,2	2,4	0,8
3	59,5	8,1	9,9	1,6
4	66,7	4,2	3,9	1,9
5	3,7	11,6	3,4	2,0
6	1,5	2,6	0,5	0,8
7	176,7	90,2	19,5	8,1
8	150,0	3,0	2,7	16,7
9	20,0	4,2	5,9	1,3
10	-	-	-	-
11	3,0	19,9	2,6	2,2

**OBS:** Para a comparação considerou-se o deslocamento na curva da prova de carga, para a carga PR/2 estimada pelo autor da previsão.

## VENCEDOR DO CONCURSO

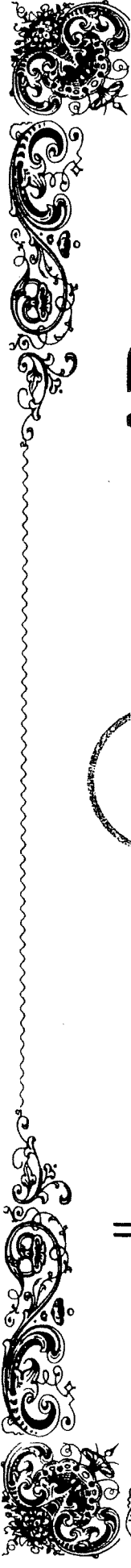
Para a definição do vencedor do Concurso, a Comissão Organizadora analisou os dados de previsão de carga de ruptura e também os dados de previsão de deslocamento para a metade da carga de ruptura prevista pelo autor.

As cargas de ruptura previstas foram comparadas com as cargas de ruptura obtidas através das provas de carga, analisando-se os valores apresentados no intervalo de até  $\pm 20\%$  em relação ao valor obtido na prova de carga. Neste intervalo, as previsões apresentadas, para efeitos do Concurso, foram consideradas para premiação. Dentro destas condições, o participante em que as previsões para as quatro estacas em análise ficaram dentro deste intervalo, foi o Engenheiro Luciano Décourt.

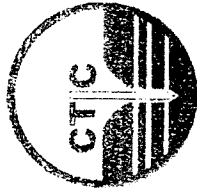
Os valores de deslocamentos das estacas apresentados pelos participantes, para a metade da carga de ruptura prevista, foram comparados com os valores obtidos através das provas de carga. Analisou-se para efeitos de premiação no Concurso, os valores que mais se aproximaram da relação deslocamento previsto / deslocamento da prova de carga, igual a 1. Dentro destas condições, o participante que mais se aproximou desta relação foi Engenheiro Luciano Décourt.

Considerando-se os valores apresentados, tanto em termos de previsões de cargas de ruptura, como em termos de previsões de deslocamentos, a Comissão Organizadora considerou o Engenheiro Luciano Décourt como vencedor do Concurso de Previsão de Comportamento de Estacas Raiz.

Na página seguinte é apresentado o diploma conferido ao Engenheiro Luciano Décourt como vencedor deste Concurso.



abef



ABMS

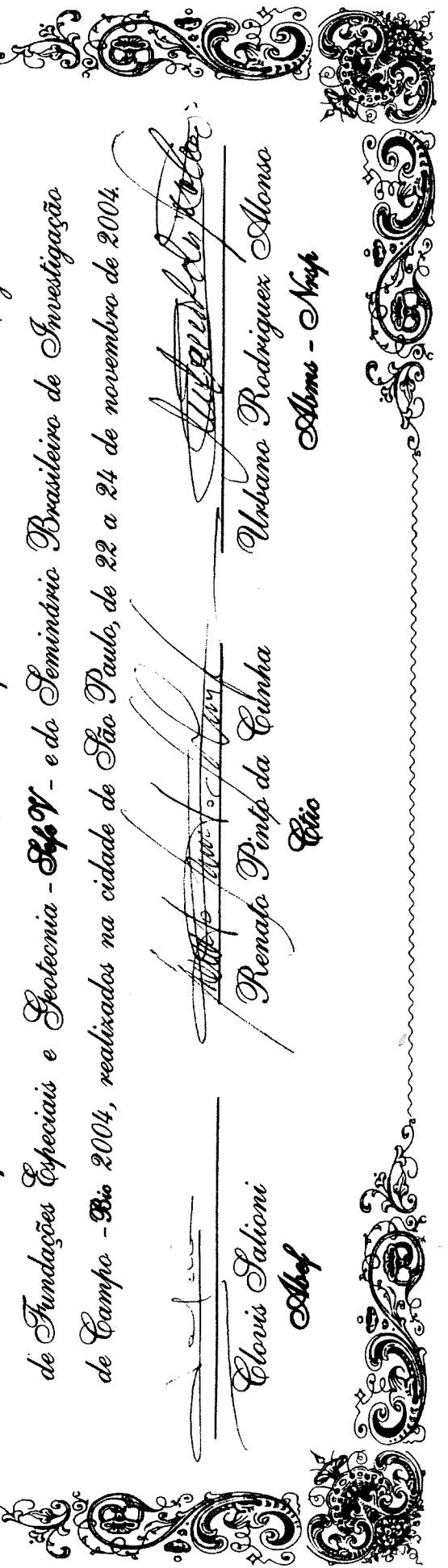
## Diploma

A Associação Brasileira de Empresas de Engenharia de Fundações e Geotecnia *Abef*, a Comissão Técnica de Investigação de Campo - *CtC* - da *Abms* e a Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica/Núcleo Regional de São Paulo - *Abms-NSp* -, conferem este Diploma ao Engenheiro **Luciano Decourt**, como vencedor do "Concurso de Provisão de Comportamento de Estacas Raiz", realizado por ocasião do Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia - *Sp IV* - e do Seminário Brasileiro de Investigação de Campo - *Bio 2004*, realizados na cidade de São Paulo, de 22 a 24 de novembro de 2004.

Cloris Salioni  
*Abef*

Renato Pinto da Cunha  
*CtC*

Urbano Rodriguez Alonso  
*Abms - NSp*





## PARTICIPANTES

Apresentam-se a seguir os memoriais de cálculo completo, da forma como foram encaminhados pelos participantes:

	Página
Participante 1 .....	34
Participante 2 .....	45
Participante 3 .....	50
Participante 4 .....	57
Participante 5 .....	61
Participante 6 – Luciano Décourt .....	64
Participante 7 .....	78
Participante 8 .....	82
Participante 9 .....	121
Participante 10 .....	128
Participante 11 .....	134

# PARTICIPANTE

**1**

São Paulo 07/06/2004

A

Comissão Técnica de Investigações de Campo/SEFEV

Av. Brigadeiro Luís Antonio 317 cj 53

CEP 01317-901 - São Paulo - SP.

Assunto: CONCURSO DE PREVISÃO DE CARGA E RECALQUE  
EM ESTACAS RAÍZ (SEFEV)

Prezados Senhores

Em anexo o memorial de cálculo que permite  
obter os valores abaixo relacionados:

Estaca  $D=41\text{cm}$   $l=12\text{m}$

Compressão : carga de ruptura 84 tf

Tração : " " 64 tf

Recalque para a metade dos valores acima

Compressão (42t)  $s=2\text{mm}$

Tração (32t)  $s=2\text{mm}$

Estaca  $D=31\text{cm}$   $l=23\text{m}$

Compressão : PR = 156 tf

Tração : PR = 137 tf

Recalque para a metade dos valores acima

Compressão (78t)  $s=8\text{mm}$

Tração (68,5t)  $s=7\text{mm}$

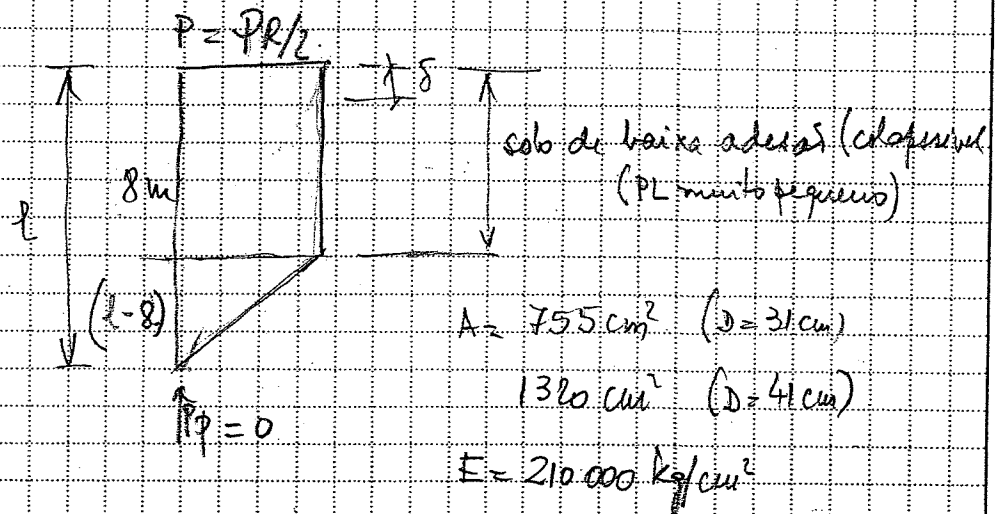
OBRA:

REL.:

DATA:

FOLHA: 02/02

Como para a carga  $PR/2$  não chega carga na ponta da estaca, pois seu valor é inferior a PL, o recalque para essa carga é predominantemente definida pelo recalque elástico da estaca, com  $P_p = 0$ , conforme esquema



$$D = 41\text{ cm} \rightarrow \delta = \frac{42.000}{1320 \times 210.000} \left( 8.000 + \frac{1}{2} \times 4.000 \right) \approx 2\text{ mm}$$

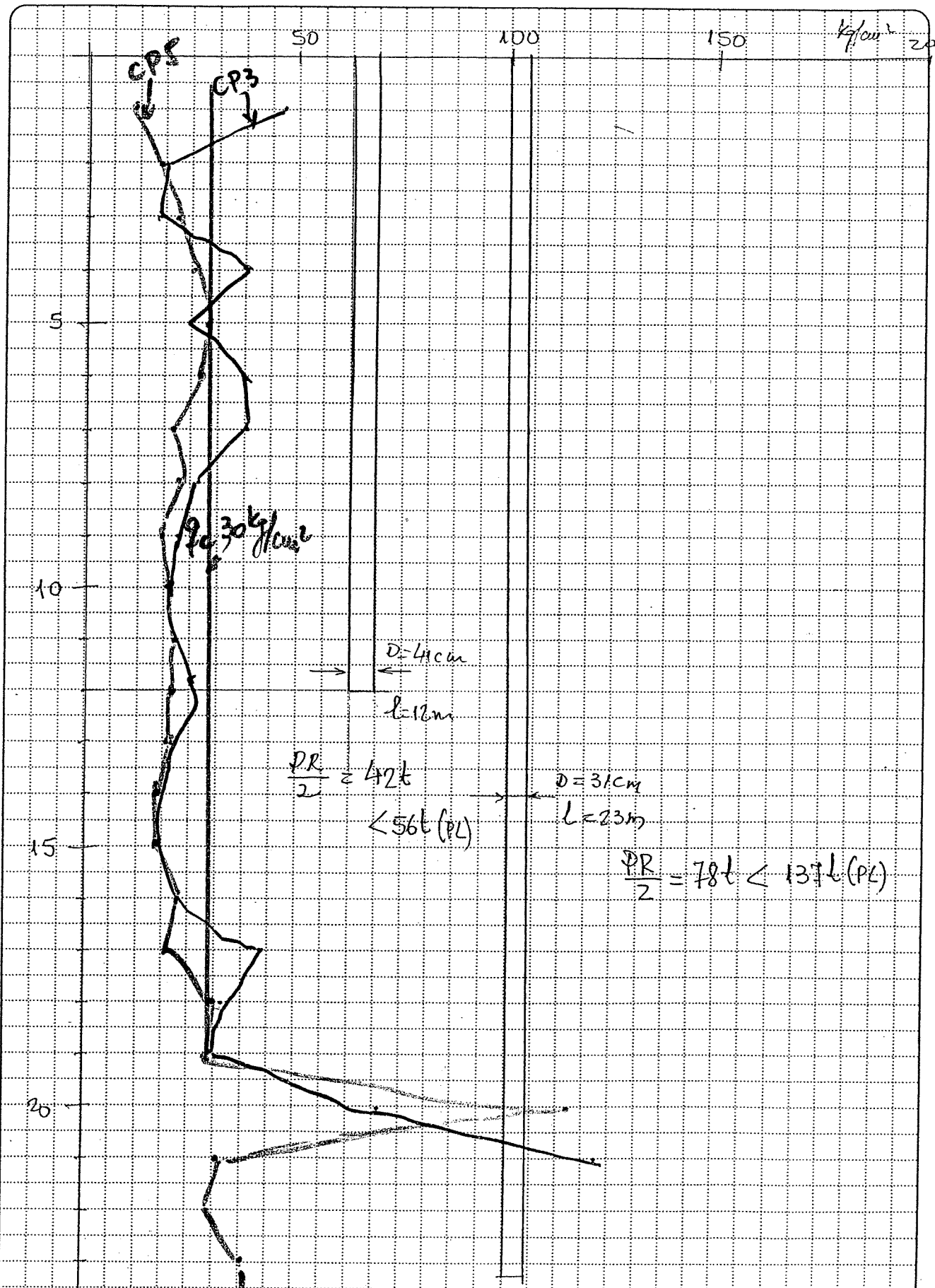
$$D = 31\text{ cm} \rightarrow \delta = \frac{78.000}{755 \times 210.000} \left( 8.000 + \frac{1}{2} \times 15.000 \right) \approx 8\text{ mm}$$

Deslocamentos na tração. Usaremos o mesmo modelo acima

$$D = 41\text{ cm} \quad \frac{32,1}{42} \times 2 \approx 2\text{ mm}$$

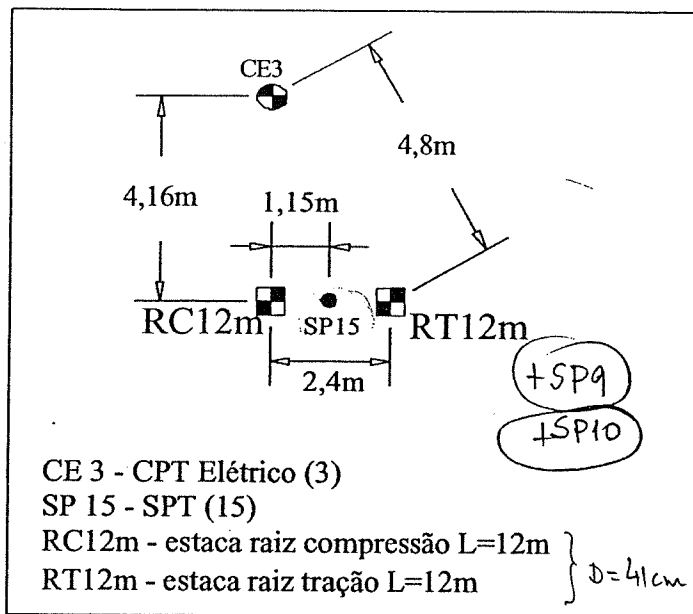
$$D = 31\text{ cm} \quad \frac{68,5}{70} \times 8 \approx 7\text{ mm}$$

$\frac{kg}{cm^2}$  200



**9. Sondagem mais próxima**

Apresentam-se a seguir as locações das estacas e as sondagens (SPT e CPT) mais próximas. As sondagens foram realizadas antes da execução das estacas.



COMPRESSÃO

$$PR = \frac{81 + 66 + 62}{3} = 73t$$

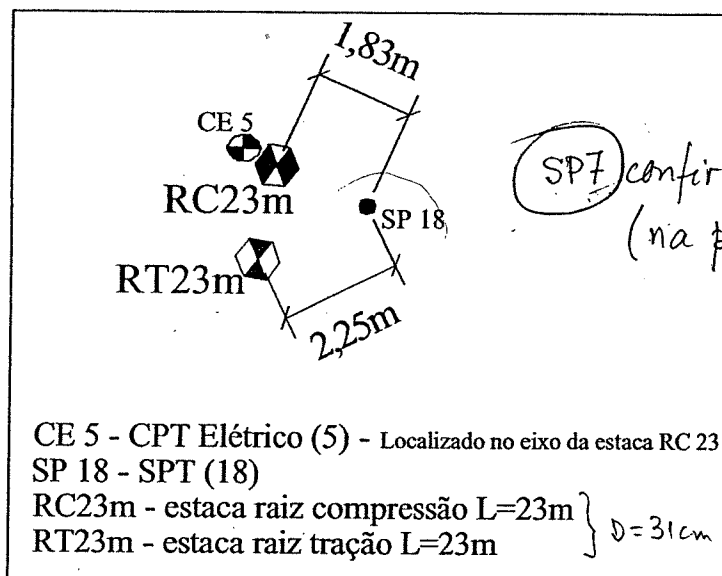
$$+15\% \rightarrow PR = \underline{84t}$$

TRAÇÃO

$$PL = \frac{66 + 53 + 49}{3} = 56t$$

$$+15\% \rightarrow PL = \underline{64t}$$

Figura 9.1 – Estacas de 12m.



COMPRESSÃO

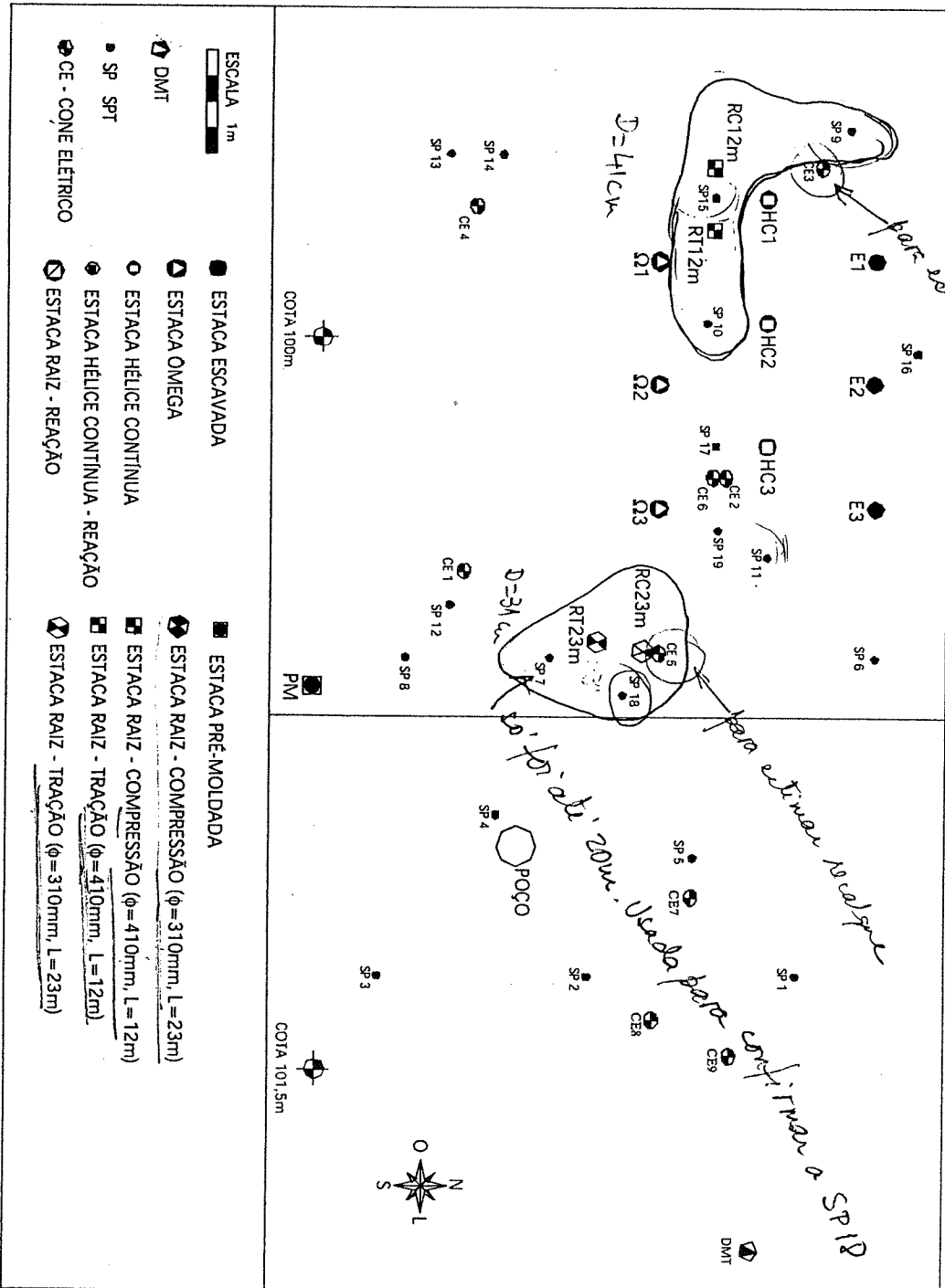
$$PR = 136 \times 1,15 = 156t$$

TRAÇÃO

$$PL = 119 \times 1,15 = 137t$$

Figura 9.2 – Estacas de 23m.

Figura 3.2 - Localização das estacas e dos ensaios



## CAPACIDADE DE CARGA DE ESTACAS RAIZ

CLIENTE: CONCURSO SEFE V

OBRA: CAMPINAS

LOCAL: UNICAMP

DATA: 07/06/04

SPT 9

COTA DO TERRENO: 0.00 (m)

COTA DE ARRASAM: 0.00 (m)

DIAMETRO DA ESTACA : (D= 41cm)

## PERFIL GEOTECNICO

0.00 a 8.00 ARGILA SILTO ARENOSA  
 8.00 a 20.00 SILTE ARGILO ARENOSO

## RESULTADOS (kN)

PROF. (m)	N	PL (kN)	PP (KN)	PR (kN)
1	10	77	62	139
2	2	93	43	136
3	3	116	56	172
4	4	147	50	196
5	5	185	66	251
6	7	240	85	324
7	8	301	94	395
8	7	356	95	450
9	7	410	115	525
10	10	487	138	625
11	12	580	150	730
12	10	657	150	807
13	10	734	146	881
14	9	804	125	928
15	6	850	126	976
16	12	943	200	1143
17	25	1136	271	1407
18	21	1298	322	1620
19	29	1522	432	1955
20	46	1832	523	2354



## CAPACIDADE DE CARGA DE ESTACAS RAIZ

CLIENTE: CONCURSO SEFE V  
 OBRA: CAMPINAS  
 LOCAL: UNICAMP  
 DATA: 07/06/04

SPT 10

COTA DO TERRENO: 0.00 (m)

COTA DE ARRASAM: 0.00 (m)

DIAMETRO DA ESTACA : (D= 41cm)

## PERFIL GEOTECNICO

0.00 a 8.00 ARGILA SILTO ARENOSA  
 8.00 a 20.00 SILTE ARGILO ARENOSO

## RESULTADOS (kN)

PROF. (m)	N	PL (kN)	PP (KN)	PR (kN)
1	3	23	26	50
2	3	46	33	79
3	3	70	43	112
4	4	100	48	149
5	4	131	57	189
6	6	178	70	248
7	6	224	75	299
8	6	270	83	353
9	7	325	97	421
10	7	379	103	482
11	8	441	122	563
12	11	526	132	657
13	8	587	123	711
14	8	649	127	776
15	9	719	126	845
16	9	788	154	942
17	16	912	224	1136
18	23	1090	276	1366
19	21	1252	367	1619
20	71	1561	569	2130

## CAPACIDADE DE CARGA DE ESTACAS RAIZ

CLIENTE: CONCURSO SEFE V

OBRA: CAMPINAS

LOCAL: UNICAMP

DATA: 07/06/04

SPT 15

COTA DO TERRENO: 0.00 (m) COTA DE ARRASAM: 0.00 (m)

DIAMETRO DA ESTACA : (D= 41cm)

## PERFIL GEOTECNICO

0.00 a 8.00 ARGILA SILTO ARENOSA

8.00 a 20.00 SILTE ARGILO ARENOSO

## RESULTADOS (kN)

PROF. (m)	N	PL (kN)	PP (KN)	PR (kN)
1	3	23	23	46
2	2	39	28	66
3	3	62	34	96
4	2	77	39	116
5	5	116	58	174
6	6	162	68	231
7	6	209	70	279
8	4	240	72	311
9	7	294	96	389
10	8	356	100	456
11	7	410	115	525
12	10	(487)	137	(624)
13	11	572	140	712
14	9	641	134	776
15	8	703	133	836
16	10	781	142	922
17	11	866	146	1012
18	10	943	257	1199
19	41	1252	393	1645
20	27	1461	385	1846

## CAPACIDADE DE CARGA DE ESTACAS RAIZ

CLIENTE: CONCURSO SEFE V  
 OBRA: CAMPINAS  
 LOCAL: UNICAMP  
 DATA: 07/06/04

SPT 18

COTA DO TERRENO: 0.00 (m) COTA DE ARRASAM: 0.00 (m)  
 DIAMETRO DA ESTACA : (D= 31cm)

## PERFIL GEOTECNICO

0.00 a 8.00 ARGILA SILTO ARENOSA  
 8.00 a 31.00 SILTE ARGILO ARENOSO

## RESULTADOS (kN)

PROF. (m)	N	PL (kN)	PP (KN)	PR (kN)
1	2	12	11	23
2	4	35	26	61
3	4	58	30	89
4	5	88	36	124
5	7	129	49	178
6	6	164	47	211
7	5	193	40	232
8	7	234	49	283
9	9	286	71	357
10	10	345	81	426
11	10	403	83	486
12	9	456	77	533
13	8	503	68	571
14	7	543	60	604
15	4	567	39	606
16	2	578	21	599
17	7	619	48	667
18	13	695	95	791
19	19	806	145	952
20	13	(882)	(120)	(1003)
21	15	970	120	1090
22	17	1069	137	1206
23	21	(1192)	166	(1358)
24	16	1286	143	1429
25	18	1391	145	1536
26	20	1508	162	1669
27	19	1619	160	1778
28	23	1753	183	1936
29	31	1934	241	2175
30	36	2145	289	2433
31	33	2337	280	2618

SPT

PL PP PR  
 232 116 942 OK!

## CAPACIDADE DE CARGA DE ESTACAS RAIZ

CLIENTE: CONCURSO SEFE V  
 OBRA: CAMPINAS  
 LOCAL: UNICAMP  
 DATA: 07/06/04

SPT 7

COTA DO TERRENO: 0.00 (m)                      COTA DE ARRASAM: 0.00 (m)  
 DIAMETRO DA ESTACA : (D= 31cm)

## PERFIL GEOTECNICO

0.00 a 8.00 ARGILA SILTO ARENOSA  
 8.00 a 20.00 SILTE ARGILO ARENOSO

## RESULTADOS (kN)

PROF. (m)	N	PL (kN)	PP (KN)	PR (kN)
1	1	10	6	15
2	1	19	8	27
3	2	31	13	44
4	4	55	26	81
5	3	72	25	97
6	5	101	34	135
7	6	136	43	180
8	5	166	40	205
9	7	206	54	260
10	9	259	71	330
11	10	317	81	398
12	9	370	77	447
13	9	423	75	497
14	9	475	75	550
15	11	540	87	627
16	6	575	60	635
17	7	616	56	672
18	9	668	71	739
19	14	750	106	856
20	14	832	116	948

# PARTICIPANTE

## 2

### Memória de Cálculo

Obra: Estacas Raiz do Campo Experimental da Unicamp

Data: 30/09/2004

	D (mm)	L (m)
Estaca RC12m	410	12
Estaca RT12m	410	12
Estaca RC23m	310	23
Estaca RT23m	310	23

#### Estaca RC12m

Considerando os ensaios efetuados em estacas escavadas no campo experimental, apresentados por Albuquerque (2001) obtém-se os seguintes atritos unitários da tabela abaixo. Considerando as relações entre atrito de estacas raiz e estacas escavadas ( $\beta_{1R}/\beta_{1E} = 2,3$ ) e idem para a ponta ( $\beta_{2R}/\beta_{2E} = 1,2$ ), conforme apresentado por Amann neste SEFE V, tem-se:

	Escavada			Raiz	
Trecho	Atrito Unitário (kPa)	Área Lateral m <sup>2</sup>	Relação $\beta_{1R}/\beta_{1E}$	PLi (kN)	
0,0 a 5,0 m	31.5	6.440	2.3	466.5972	
5,0 a 12,0 m	47.8	9.016	2.3	991.2598	
				PL =	1457.86 kN
	Ponta (kPa)	Área ponta m <sup>2</sup>	Relação $\beta_{2R}/\beta_{2E}$	PP (kN)	
	157	0.1590	1.2	29.96	kN
				PR =	1487.82 kN

#### Estaca RT12m

A carga de ruptura à tração, por observações de Amann (2000), ficaria em torno de  $0,8 \times (980 - 98) = 705,6$  kN, considerando redução de 20% por desconfinamento do solo na tração.

### Estaca RC23m

Para esta estaca foram usados os valores de  $f_s$  e  $q_c$  do cone elétrico corrigidos para o cone tipo Begemann conforme exposto em Albuquerque (2001). Os fatores F1 e F2 foram obtidos de Amann (2000)

Estaca  
RC23m

Camadas de solo	Tipo de Solo	$\Delta l$ (m)	$f_s$ (kPa)	F2	$q_L$ (kPa)	A lat. (m <sup>2</sup> )	PL (kN)	
0	1	Argila Siltosa	1	90	2	45	0.9739	43.82522
1	5	Argila Siltosa	4	50	2	25	3.8956	97.38937
5	6	Silte Argiloso	1	110	2	55	0.9739	53.56415
6	7	Silte Argiloso	1	190	2	95	0.9739	92.5199
7	12	Silte Argiloso	5	180	2	90	4.8695	438.2522
12	16	Silte Argiloso	4	140	2	70	3.8956	272.6902
16	19	Silte Argiloso	3	160	2	80	2.9217	233.7345
19	21	Silte Argiloso	2	400	2	200	1.9478	389.5575
21	23	Silte Argiloso	2	220	2	110	1.9478	214.2566
							Atrito =	1835.79 kN
Ponta		Silte Argiloso	$q_c$ (kPa)	F1	$q_P$ (kPa)	A pta. (m <sup>2</sup> )	PP (kN)	PP/PR
			3800	3	1266.6667	0.1320	167.23 kN	8.35%
							PR =	2003.02 kN

Considerando que o cálculo obtido por Albuquerque (2001) com o método Aoki-Veloso resultou em 71% da ruptura no ensaio, pode-se estimar que:  $2003,02 / 0,71 = 2821,15$  kN.

Deve-se observar que este valor é próximo à ruptura estrutural da estaca, podendo ocorrer colapso em torno de 2650 kN.

### Estaca RT23m

Considerando que para esta estaca longa chega no máximo à ponta da estaca 3,0% da carga aplicada na ruptura, teríamos:  $2821,15 \times 3\% = 84,36$  kN, restando cerca de 2727,79 kN para o atrito.

Deste, tração, considera-se 70% por desconfinamento, resultando:  $2727,79 \times 0,7 = 1909,45$  kN

### Estimativa de recalque:

Com base nas observações de Amann (2000), pode-se estimar a curva carga-recalque de estacas com estas características e neste tipo de solo conforme as expressões exponenciais de Van der Veen e a parábola no trecho que antecede seu ponto de máximo (o qual corresponde a aproximadamente 80% da ruptura estimada por Van der Veen). Os valores dos fatores  $a'$ ,  $b'$ ,  $a$ ,  $b$  e  $c$  foram estimados com base no trabalho já citado para estacas com características próximas às pesquisadas.

Expressões:

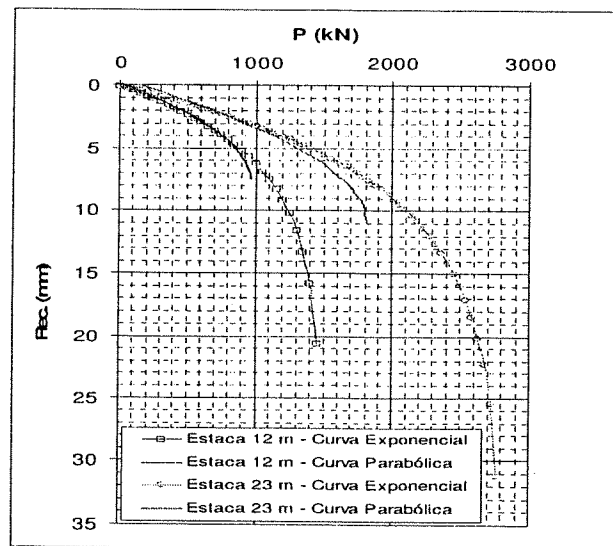
$$P = P_r \cdot \{ 1 - \exp [ - ( a' \cdot \delta + b' ) ] \}$$

$$P = c + b \cdot \delta + a \cdot \delta^2$$

Estacas	PRVdV	$a'$	$b'$	$a$	$b$	$c$	Recalque 50%.PR (mm)
RC12m	1487	0,18	0,04	-16,0	244,5	30,000	4,0
RT12m	*	*	*	*	*	*	6,0*
RC23m	2800	0,14	0,04	-13,5	300,5	141,87	5,5
RT23m	**	**	**	**	**	**	8,0*

Com base nas observações realizadas por Amann (2000) pode-se considerar os recalques à tração de 50 a 60% maiores que à compressão para 50% da carga de ruptura considerada. Assim, para a estaca RT23m pode-se estimar levantamentos da ordem de 7,0 a 8,0 mm e para RT12m chega-se a 6,0 mm.

Figura 1: curvas carga-recalque estimadas à compressão.





**Resumo dos resultados**

Obra: Estacas Raiz do Campo Experimental da Unicamp

Autor: Kurt André Pereira Amann

Data: 30/09/2004

e-mail: kpereira@fei.edu.br

	D (mm)	L (m)
Estaca RC12m	410	12
Estaca RT12m	410	12
Estaca RC23m	310	23
Estaca RT23m	310	23

Estaca	Carga de Ruptura (kN)	Recalque 50%.PR
RC12m	1487,8	4,0
RT12m	705,6	6,0
RC23m	2650,0	5,5
RT23m	1909,5	8,0

# PARTICIPANTE

## 3

**CONCURSO PARA PREVISÃO DE CAPACIDADE DE CARGA E RECALQUE -**  
**ESTACAS RAIZ**

A metodologia usada nas previsões de capacidade de carga usou os dados de CPT do campo experimental da UNICAMP. Dados como resistência de ponta, atrito lateral e poro pressão, avaliada aqui como hidrostática, com nível d'água médio na profundidade 14m conforme o trabalho de Peixoto 2001 (Pág. 74). A metodologia usada é baseada nos trabalhos de determinação da capacidade de suporte (ponta e atrito lateral) conforme Eslami e Fellenius (1997-2002). Estes autores desenvolveram, a partir de 102 casos históricos num total de 40 locais (36 fontes) em 13 países, todos com CPT/CPTU, próximas às estacas ensaiadas. O método avalia a capacidade de suporte para estacas cravadas.

A adequação para estacas raiz é feita, a partir, da adoção de coeficientes empíricos que levam em conta a forma de execução da estaca (estaca escavada) e a pressão de injeção. Os dados usados na metodologia são dados médios (média geométrica) dos 9 furos de CPT tanto para a resistência de ponta quanto atrito lateral.

### **Estaca RC 12**

Diâmetro (m) = 0,41

Comprimento (m) = 12

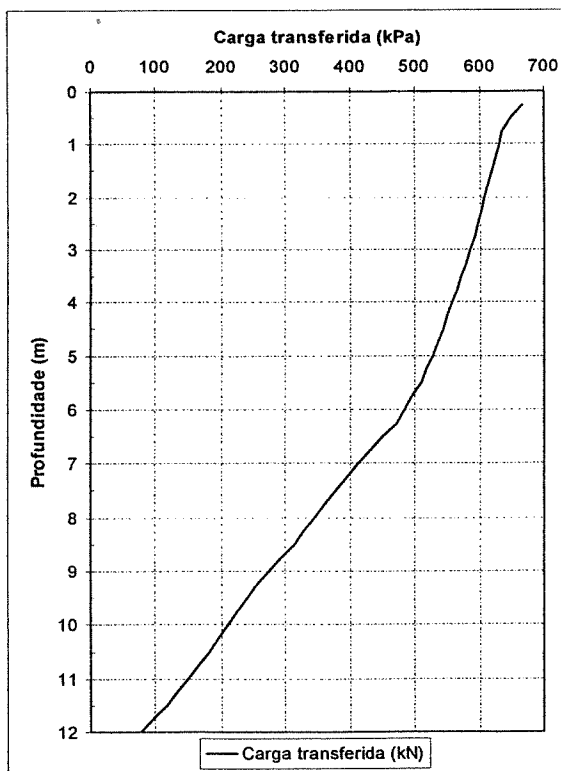
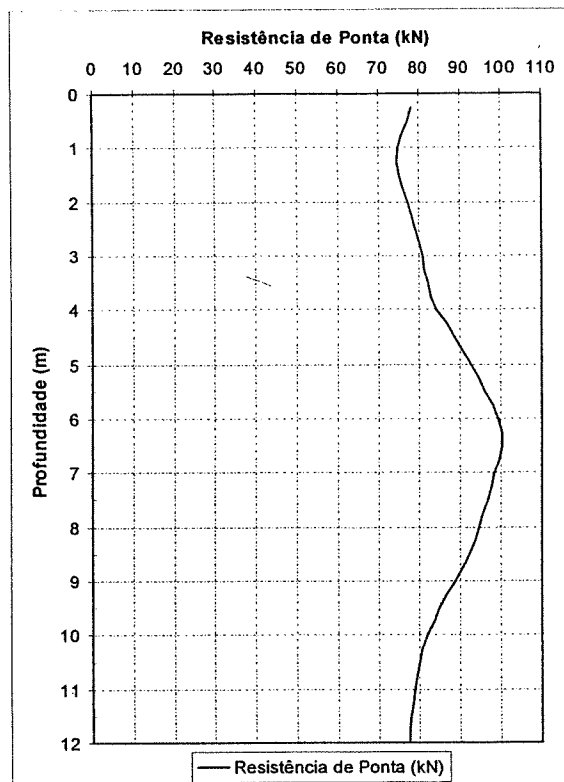
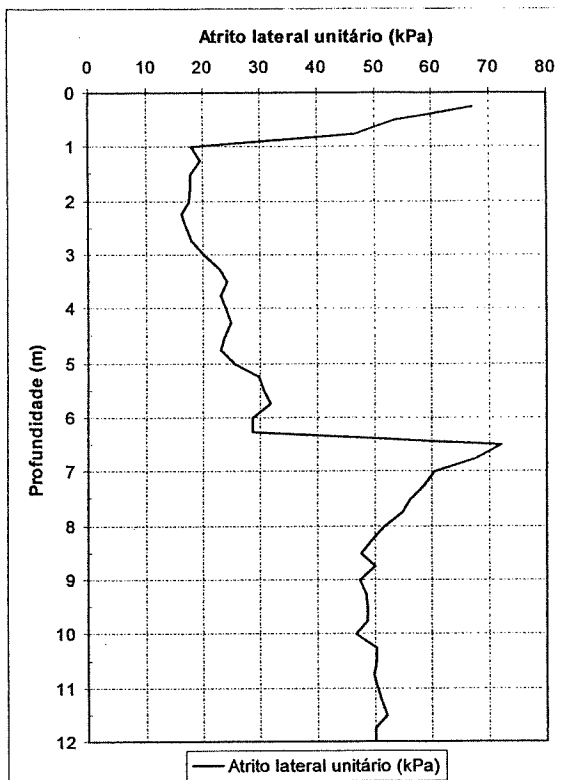
Pressão de injeção (kPa) = 300 (A estaca sofreu injeção nas profundidades 3, 6, 9 e 12m)

#### **Resultados relativos a capacidade de carga:**

Capacidade de carga de ruptura (kN) = 686

Atrito lateral (kN) = 608,5

Ponta (kN) = 77,5



## Recalque: Estaca RC 12

53

A determinação do recalque foi feita com a metodologia idealizada por Fleming 1992. As parcelas do recalque são calculadas conforme dados abaixo:

Diâmetro da Base	Db	0,41	m
Diâmetro do Fuste	Ds	0,41	m
Comprimento Livre (de atrito)	Lo	0,9	m
Comprimento de transferência (atrito)	Lf	11,1	m
Coefficiente do comprimento efetivo de atrito	Ke	0,45	
Fator de Flexibilidade	Ms	0,0025	
Carga Última do Fuste	Us	608,50	kN
Carga Última da Base	Ub	77,50	kN
Módulo de Rigidez do solo (Base)	Eb	30000	kN/m <sup>2</sup>
Módulo de Rigidez do Concreto	Ec	25000000	kN/m <sup>2</sup>

O Módulo de Elasticidade da fundação foi avaliado da seguinte forma:

$$E_p = 5 \cdot \sqrt{f_{ck}}$$

$$f_{ck}(MPa) \rightarrow E_p(GPa)$$

<b>Carga de Trabalho</b>	<b>343</b>	<b>kN</b>
<b>Parcela devida às cargas no fuste e base</b>	<b>1,17</b>	<b>mm</b>
<b>Parcela Elástica</b>	<b>1,20</b>	<b>mm</b>
<b>Total</b>	<b>2,38</b>	<b>mm</b>

## Estaca RT 12

A capacidade de carga à tração será avaliada com valor igual a 85% da carga de ruptura por atrito lateral. Na literatura (O' Neill 2001 e Fellenius 2002) por exemplo, há clara divergência quanto aos valores de provas de carga a tração com relação às de compressão. Valores entre 0,71 e 1 são sugeridos para a relação entre a resistência lateral à tração e compressão respectivamente.

Capacidade de carga de ruptura à tração (kN) = 517,2

## Recalque: Estaca RT 12

Diâmetro da Base	Db	0,41	m
Diâmetro do Fuste	Ds	0,41	m
Comprimento Livre (de atrito)	Lo	0,9	m
Comprimento de transferência (atrito)	Lf	11,1	m
Coefficiente do comprimento efetivo de atrito	Ke	0,45	
Fator de Flexibilidade	Ms	0,0025	
Carga Última do Fuste	Us	517,20	kN
Carga Última da Base	Ub	0,00	kN
Módulo de Rigidez do solo (Base)	Eb	30000	kN/m <sup>2</sup>
Módulo de Rigidez do Concreto	Ec	25000000	kN/m <sup>2</sup>

O Módulo de Elasticidade da fundação foi avaliado da seguinte forma:

$$E_p = 5 \cdot \sqrt{f_{ck}}$$

$$f_{ck}(MPa) \rightarrow E_p(GPa)$$

Carga de Trabalho	258,6	kN
Parcela devida às cargas no fuste e base	1,02	mm
Parcela Elástica	0,91	mm
<b>Total</b>	<b>1,93</b>	<b>mm</b>

## Estaca RC 23

Diâmetro (m) = 0,31

Comprimento (m) = 23

Pressão de injeção (kPa) = 300

- A estaca sofreu injeção nas profundidades 6, 9, 12, 15, 18 e 22,70m

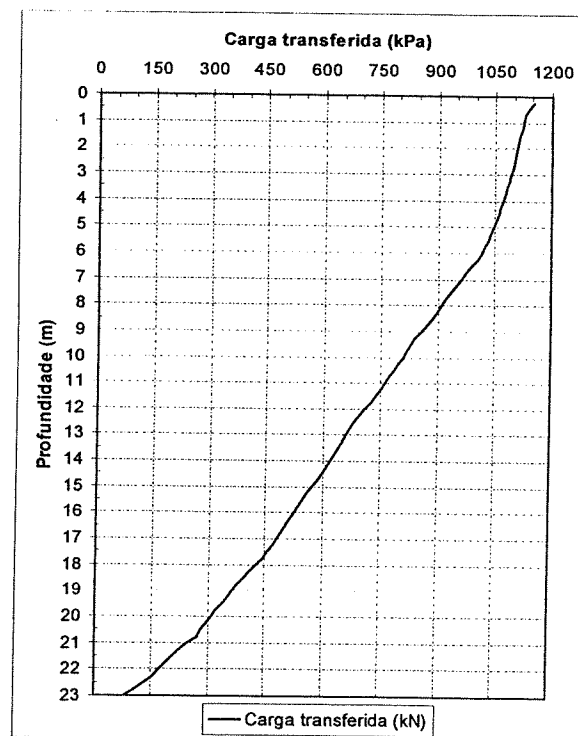
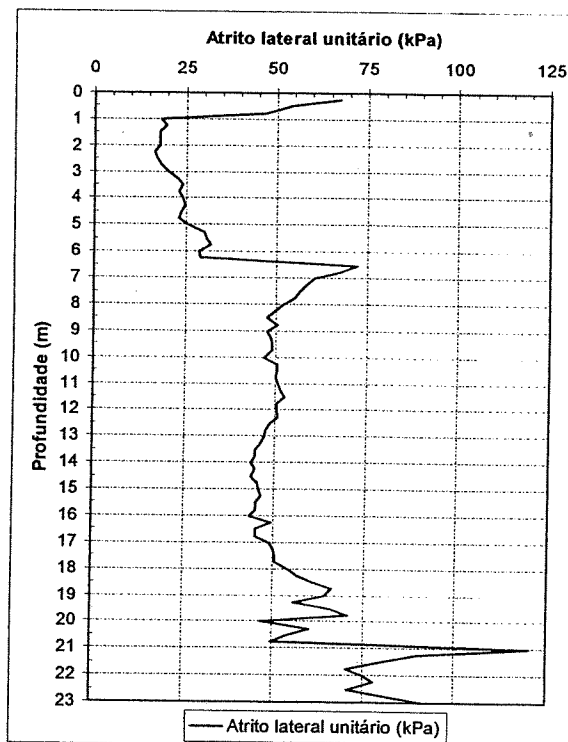
### Resultados relativos a capacidade de carga:

Capacidade de carga de ruptura (kN) = **1167**

Sendo:

Atrito lateral (kN) = **1089**

Ponta (kN) = **78**



## Recalque: Estaca RC 23

Diâmetro da Base	Db	0,31 m
Diâmetro do Fuste	Ds	0,31 m
Comprimento Livre (de atrito)	Lo	0,9 m
Comprimento de transferência (atrito)	Lf	22,1 m
Coefficiente do comprimento efetivo de atrito	Ke	0,45
Fator de Flexibilidade	Ms	0,0025
Carga Última do Fuste	Us	1089,00 kN
Carga Última da Base	Ub	78,00 kN
Módulo de Rigidez do solo (Base)	Eb	30000 kN/m <sup>2</sup>
Módulo de Rigidez do Concreto	Ec	28500000 kN/m <sup>2</sup>

O Módulo de Elasticidade da fundação foi avaliado da seguinte forma:

$$E_p = 5 \cdot \sqrt{f_{ck}}$$

$$f_{ck}(MPa) \rightarrow E_p(GPa)$$

<b>Carga de Trabalho</b>	<b>583,5</b>	<b>kN</b>
<b>Parcela devida às cargas no fuste e base</b>	<b>0,86</b>	<b>mm</b>
<b>Parcela Elástica</b>	<b>6,24</b>	<b>mm</b>
<b>Total</b>	<b>7,10</b>	<b>mm</b>

## Estaca RT 23

A capacidade de carga à tração será avaliada com valor igual a 85% da carga de ruptura por atrito lateral. Capacidade de carga de ruptura à tração (kN)= 925,6

Diâmetro da Base	Db	0,31 m
Diâmetro do Fuste	Ds	0,31 m
Comprimento Livre (de atrito)	Lo	0,9 m
Comprimento de transferência (atrito)	Lf	22,1 m
Coefficiente do comprimento efetivo de atrito	Ke	0,45
Fator de Flexibilidade	Ms	0,0025
Carga Última do Fuste	Us	925,60 kN
Carga Última da Base	Ub	0,00 kN
Módulo de Rigidez do solo (Base)	Eb	30000 kN/m <sup>2</sup>
Módulo de Rigidez do Concreto	Ec	28500000 kN/m <sup>2</sup>

<b>Carga de Trabalho</b>	<b>462,8</b>	<b>kN</b>
<b>Parcela devida às cargas no fuste e base</b>	<b>0,77</b>	<b>mm</b>
<b>Parcela Elástica</b>	<b>4,95</b>	<b>mm</b>
<b>Total</b>	<b>5,72</b>	<b>mm</b>



# PARTICIPANTE

**4**

## 1 – Carga de ruptura

Com base nas informações fornecidas das estacas raiz executadas e das características geológico-geotécnicas do Campo Experimental para a previsão da carga de ruptura chegou-se aos seguintes resultados para estacas de compressão e a tração (admitindo-se que a capacidade de carga da estaca à tração é 70% da capacidade à compressão):

### a) Estaca RC12m: Estaca Raiz D = 41 cm; L = 12 m (Sondagem mais próxima SP 15)

Método Aoki-Velloso:  $P_r = 525$  kN

Método Cabral:  $P_r = 365$  kN

Método Decour-Quaresma:  $P_r = 615$  kN

Método Antunes-Cabral:  $P_r = 475$  kN

### b) Estaca RT12m: Estaca Raiz D = 41 cm; L = 12 m (Sondagem mais próxima SP 18)

Método Aoki-Velloso:  $P_r = 0,7 \times 525$  kN = 370 kN

Método Cabral:  $P_r = 0,7 \times 365$  kN = 255 kN

Método Decour-Quaresma:  $P_r = 0,7 \times 615$  kN = 430 kN

Método Antunes-Cabral:  $P_r = 0,7 \times 475$  kN = 330 kN

### c) Estaca RC23m: Estaca Raiz D = 31 cm; L = 23 m (Sondagem mais próxima SP 15)

Método Aoki-Velloso:  $P_r = 950$  kN

Método Cabral:  $P_r = 610$  kN

Método Decour-Quaresma:  $P_r = 1190$  kN

Método Antunes-Cabral:  $P_r = 855$  kN

### d) Estaca RT23m: Estaca Raiz D = 31 cm; L = 23 m (Sondagem mais próxima SP 15)

Método Aoki-Velloso:  $P_r = 0,7 \times 950$  kN = 665 kN

Método Cabral:  $P_r = 0,7 \times 610$  kN = 430 kN

Método Decour-Quaresma:  $P_r = 0,7 \times 1190$  kN = 850 kN

Método Antunes-Cabral:  $P_r = 0,7 \times 855$  kN = 600 kN

## 2 - Recalque

Para determinação do recalque referente a 50% do valor da carga de ruptura usou-se a equação de Van der Veen:

$$Q = R(1 - e^{-\alpha Q})$$

onde  $\rho$  (mm) é o valor do recalque provocado pela carga  $Q$ (kN),  $R$ (kN) é a carga de ruptura e  $\alpha$  ( $\text{mm}^{-1}$ ) é o coeficiente da curva carga-recalque.

Seguindo o mesmo procedimento da previsão da carga de ruptura, tem-se:

### a) Estaca RC12m: Estaca Raiz D = 41 cm; L = 12 m (Sondagem mais próxima SP 15)

Método Aoki-Velloso:  $P_{50\%} = 265$  kN  $\Rightarrow \rho_{50\%} = 0,5$  mm

Método Cabral:  $P_{50\%} = 156$  kN  $\Rightarrow \rho_{50\%} = 0,3$  mm

Método Decour-Quaresma:  $P_{50\%} = 308$  kN  $\Rightarrow \rho_{50\%} = 0,5$  mm

Método Antunes-Cabral:  $P_{50\%} = 238$  kN  $\Rightarrow \rho_{50\%} = 0,7$  mm

### b) Estaca RT12m: Estaca Raiz D = 41 cm; L = 12 m (Sondagem mais próxima SP 15)

Método Aoki-Velloso:  $P_{50\%} = 185$  kN  $\Rightarrow \rho_{50\%} = 0,4$  mm

Método Cabral:  $P_{50\%} = 130$  kN  $\Rightarrow \rho_{50\%} = 0,2$  mm

Método Decour-Quaresma:  $P_{50\%} = 215$  kN  $\Rightarrow \rho_{50\%} = 0,3$  mm

Método Antunes-Cabral:  $P_{50\%} = 165$  kN  $\Rightarrow \rho_{50\%} = 0,5$  mm

**c) Estaca RC23m: Estaca Raiz D = 31 cm; L = 23 m (Sondagem mais próxima SP 15)**

Método Aoki-Velloso:  $P_{50\%} = 475 \text{ kN} \Rightarrow \rho_{50\%} = 2,5 \text{ mm}$

Método Cabral:  $P_{50\%} = 305 \text{ kN} \Rightarrow \rho_{50\%} = 1,5 \text{ mm}$

Método Decour-Quaresma:  $P_{50\%} = 595 \text{ kN} \Rightarrow \rho_{50\%} = 2,5 \text{ mm}$

Método Antunes-Cabral:  $P_{50\%} = 430 \text{ kN} \Rightarrow \rho_{50\%} = 2,5 \text{ mm}$

**d) Estaca RT23m: Estaca Raiz D = 31 cm; L = 23 m (Sondagem mais próxima SP 15)**

Método Aoki-Velloso:  $P_{50\%} = 330 \text{ kN} \Rightarrow \rho_{50\%} = 2 \text{ mm}$

Método Cabral:  $P_{50\%} = 215 \text{ kN} \Rightarrow \rho_{50\%} = 1 \text{ mm}$

Método Decour-Quaresma:  $P_{50\%} = 425 \text{ kN} \Rightarrow \rho_{50\%} = 2 \text{ mm}$

Método Antunes-Cabral:  $P_{50\%} = 300 \text{ kN} \Rightarrow \rho_{50\%} = 1,8 \text{ mm}$

Finalmente, observando as tendências das curvas carga-recalque para os diversos métodos de determinação da capacidade de carga, podemos estimar:

**a) Estaca RC12m**

$P_r = 500 \text{ kN}$

$\rho_{50\%} = 2,0 \text{ mm}$

**b) Estaca RT12m**

$P_r = 350 \text{ kN}$

$\rho_{50\%} = 0,5 \text{ mm}$

**c) Estaca RC23m**

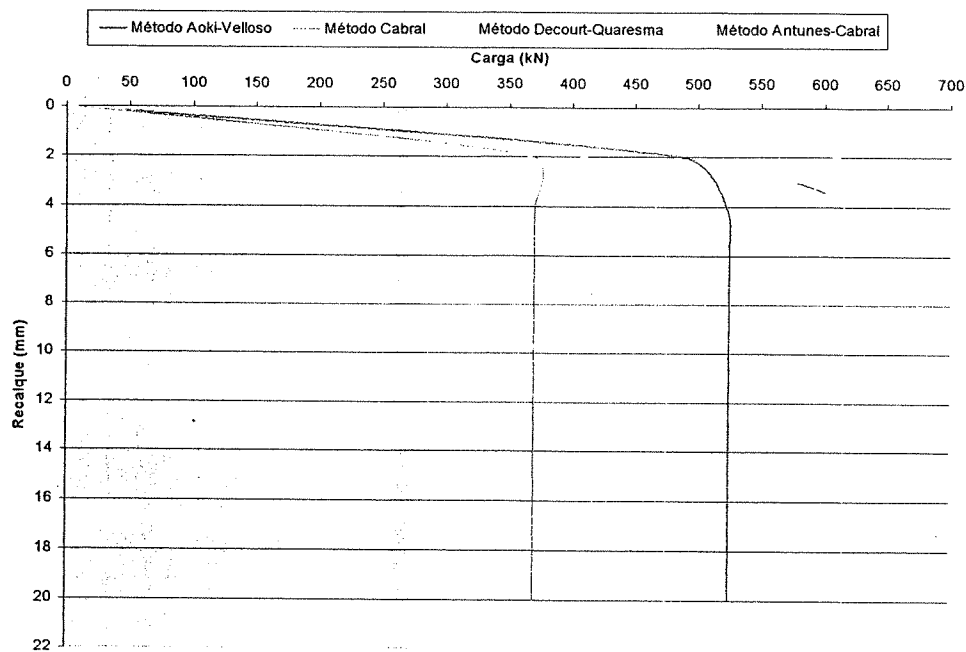
$P_r = 900 \text{ kN}$

$\rho_{50\%} = 2,5 \text{ mm}$

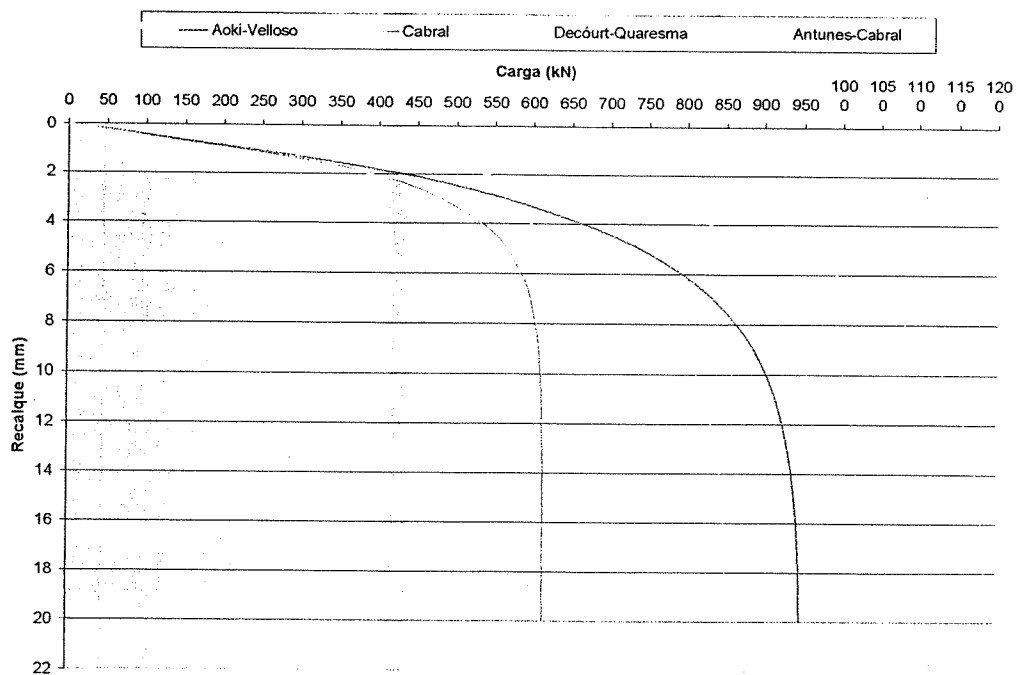
**d) Estaca RT23m**

$P_r = 640 \text{ kN}$

$\rho_{50\%} = 2,0 \text{ mm}$



Curva carga-recalque para estaca raiz de compressão D=41 cm L=12 m



Curva carga-recalque para estaca raiz de compressão D=31 cm L=23 m

# PARTICIPANTE

## 5

## CONCURSO DE PREVISÃO DE CARGA E RECALQUE DE ESTACA RAIZ – SEFE V

### 1. DESCRIÇÃO DOS MÉTODOS DE CÁLCULO:

Para a previsão de carga das estacas tipo “raiz” utilizamos os seguintes métodos:

- a) David Cabral, com a utilização do SPT e considerando a pressão de 3,0 kgf/cm<sup>2</sup> durante a injeção de argamassa.
- b) Pedro Paulo Velloso, também com a utilização do SPT, porém sem a consideração da pressão de ar.
- c) Decourt-Quaresma, com SPT e os fatores de majoração da adesão sugeridos pelo autor.
- d) Philiponat, com a utilização do qc do CPT
- e) Cálculo da resistência por atrito lateral da estaca com adesão obtida diretamente do CPT.
- f) Cálculo da resistência por atrito lateral da estaca com adesão obtida através da coesão, ângulo de atrito e tensão de pré-adensamento fornecidos pelo ensaio triaxial não drenado.
- g) Cálculo da resistência por atrito lateral da estaca com adesão obtida do Torque da sondagem à percussão (fornecido apenas na sondagem SP18 – estacas RC23 e RT23).

Para a previsão dos recalques das estacas tipo “raiz” utilizamos o programa “Soildef” de Nelson Aoki e Paulo Aoki de 1985, que utiliza a solução de Mindlin:

### 2. RESULTADOS:

Além dos métodos utilizados acima descritos, foi feita análise das provas de carga em estacas hélice contínua e tipo Omega próximas às estacas em questão e considerando a nossa experiência nesse tipo de estaca, chegamos aos seguintes valores:

Estaca RC12:

- a) carga de compressão de ruptura, estimada em 100 tf .
- b) recalque estimado para metade da carga de ruptura, 2 mm

Estaca RT12:

- a) carga de tração de ruptura, estimada em 65 tf, entretanto a carga de ruptura estrutural é de cerca de 54tf.
- b) deslocamento para metade da carga de ruptura, estimado em 6,5 mm.

Estaca RC23:

- a) carga de compressão de ruptura, estimada em 150 tf.
- b) Recalque para metade da carga de ruptura, estimado em 5,5 mm.

Estaca RT23:

- a) carga de tração de ruptura, estimada em 120 tf, entretanto a carga de ruptura estrutural é de cerca de 99tf.
- b) deslocamento para metade da carga de ruptura, estimado em 10 mm.

# PARTICIPANTE

6



**SEFE V – SEMINÁRIO DE ENGENHARIA DE  
FUNDAÇÕES ESPECIAIS E GEOTECNIA**

**CONCURSO DE PREVISÃO DE CAPACIDADE DE CARGA  
E RECALQUE – ESTACAS RAIZ**

**1. PREVISÕES**

São apresentadas nesse trabalho as seguintes previsões

- 1.1. Carga de ruptura à compressão de uma estaca raiz de 410mm de diâmetro e 12,0m de comprimento.

Será considerada carga de ruptura a carga de ruptura convencional,  $Q_{uc}$ , definida com a carga correspondente a um recalque de 10% do diâmetro da estaca.

- 1.2. Recalque dessa estaca para a carga de 50% da carga de ruptura convencional ( $Q_{uc}/2$ ).
- 1.3. Carga de ruptura à compressão de uma estaca raiz de 310mm de diâmetro e 23,0m de comprimento.
- 1.4. Recalque dessa estaca para a carga de 50% da carga de ruptura convencional ( $Q_{uc}/2$ ).
- 1.5. Carga de ruptura à tração de uma estaca raiz de 410mm de diâmetro e 12,0m de comprimento.
- 1.6. Recalque dessa estaca para a carga de 50% da carga de ruptura convencional ( $Q_{uc}/2$ ).
- 1.7. Carga de ruptura à tração de uma estaca raiz de 310mm de diâmetro e 23,0m de comprimento.
- 1.8. Recalque dessa estaca para a carga de 50% da carga de ruptura convencional ( $Q_{uc}/2$ ).

**2. MÉTODO DE CÁLCULO**

Será utilizado o método proposto no livro Fundações, Teoria e Prática, que é uma adaptação do método Décourt e Quaresma.

Serão utilizados tanto os valores de  $N_{SPT}$  e/ou de  $N_{eq}$  (T(kgfm)/1,2) quanto os valores de  $q_c$  do CPT, esses últimos convertidos em valores de  $N_{SPT}$  através da seguinte expressão:

$$N_{SPT} = \frac{q_c (MPa)}{0,2}$$

### 3. SOLO LATERÍTICO

Não há formulação plenamente adequada para a avaliação correta da resistência de solos lateríticos em função do  $N_{SPT}$ .

Face à limitada experiência do autor com esses solos, admitiu-se nos cálculos um fator de majoração do atrito lateral,  $B_l$ , igual a 3,0 (três).

### 4. PERFIL ESQUEMÁTICO DO TERRENO

Nas figuras 1 a 8 são apresentados os resultados das análises efetuadas para a avaliação dos parâmetros do solo. As bolinhas pretas representam as médias dos valores de  $N_{SPT}$  e  $q_c$  (CPT) para as diversas profundidades.

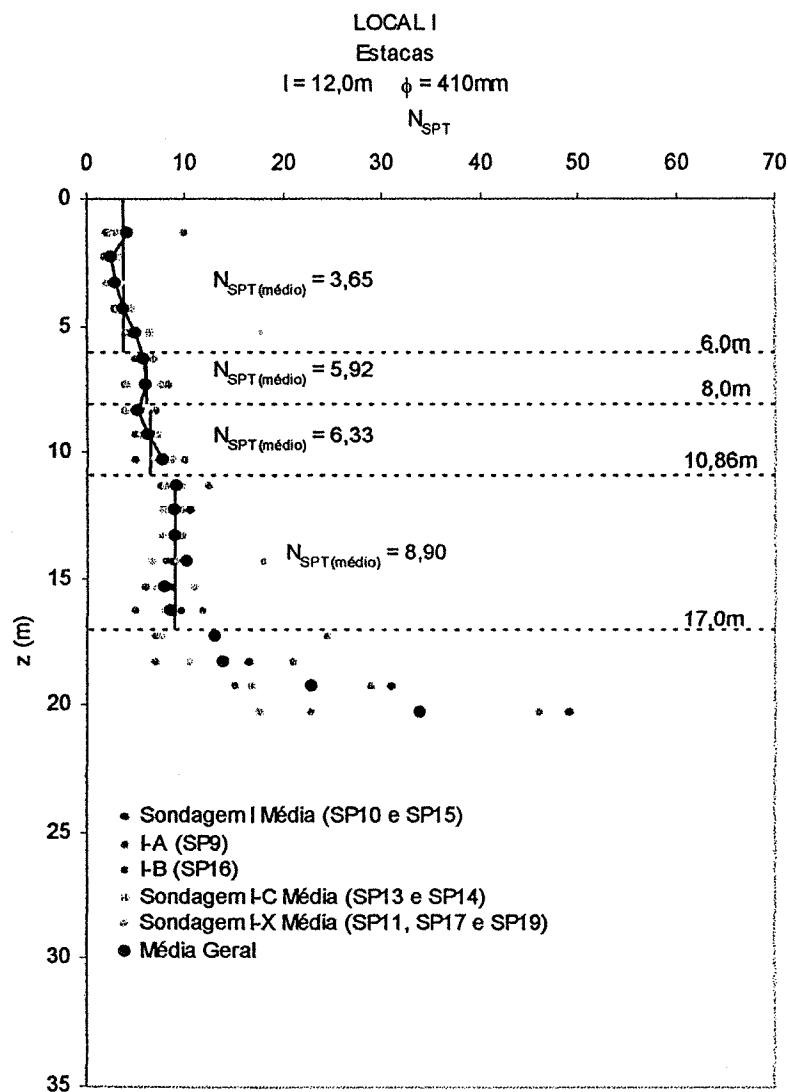
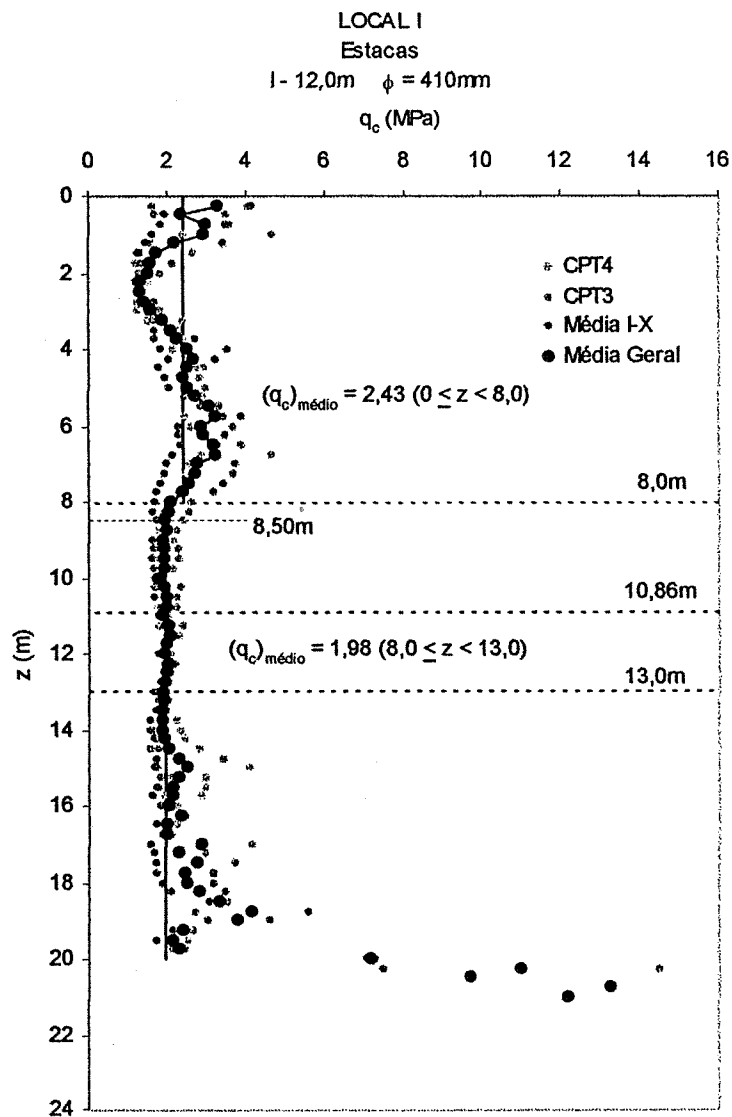


FIGURA 1: Valores médios de  $N_{SPT}$ .

FIGURA 2: Valores médios de  $q_c$  (CPT).

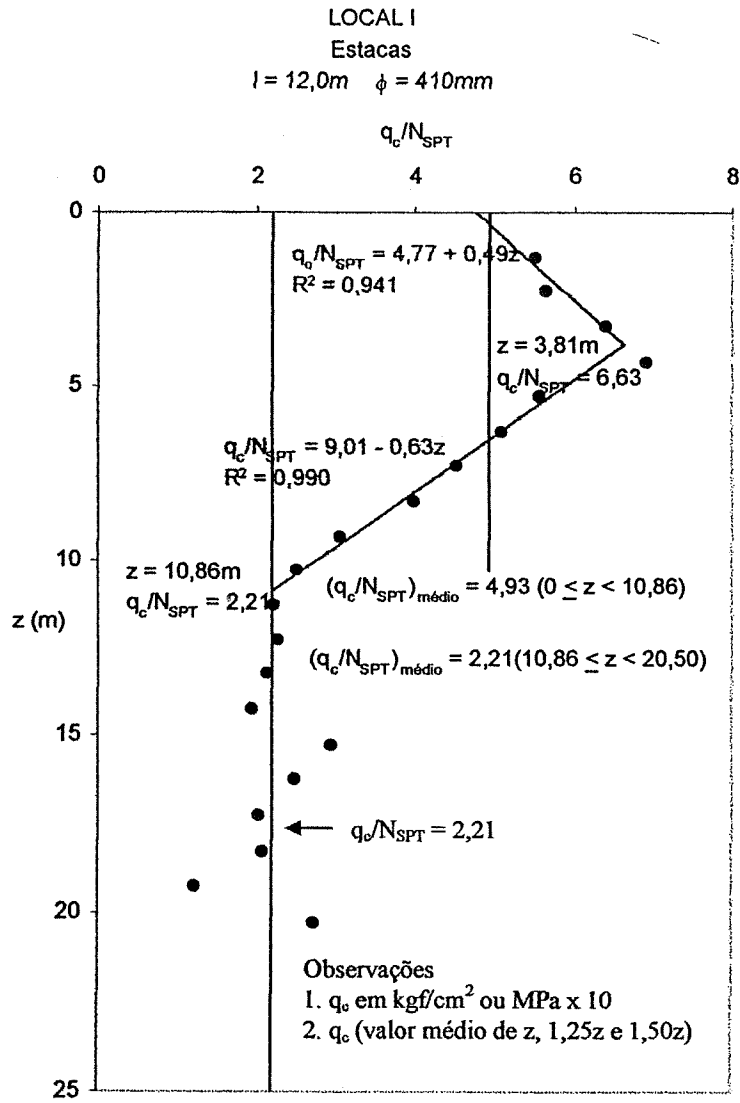


FIGURA 3: Valores das rela\u00e7\u00f5es  $q_c / N_{SPT}$ .

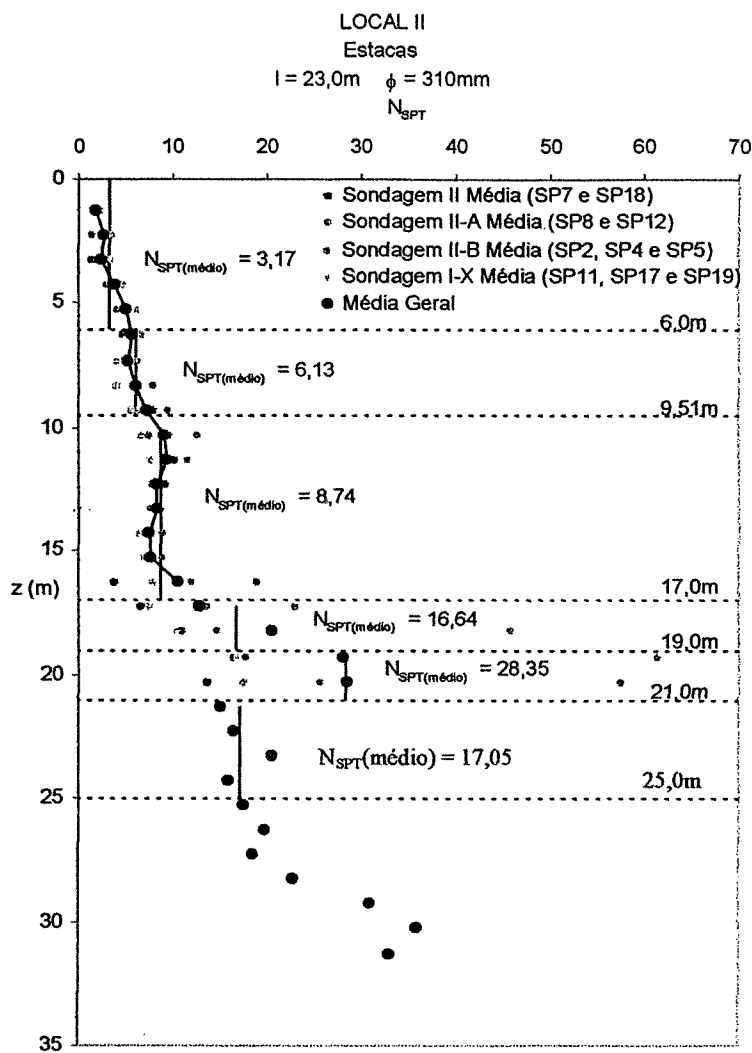


FIGURA 4: Valores médios de  $N_{SPT}$ .

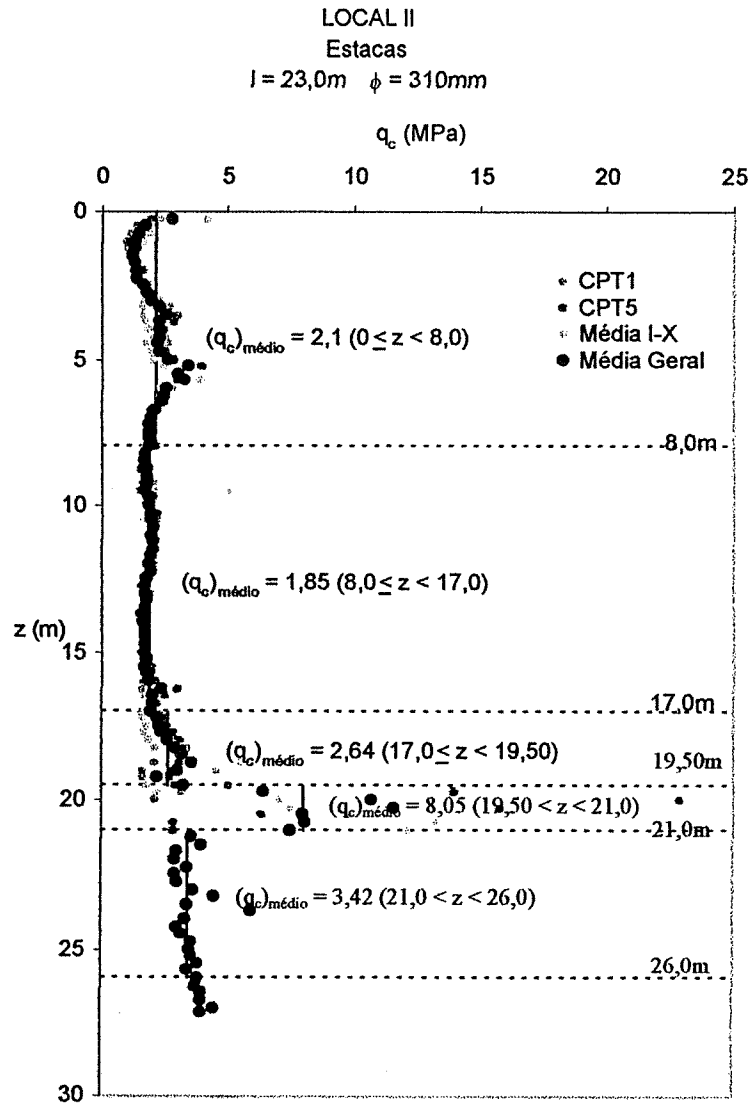


FIGURA 5: Valores médios de  $q_c$  (CPT).

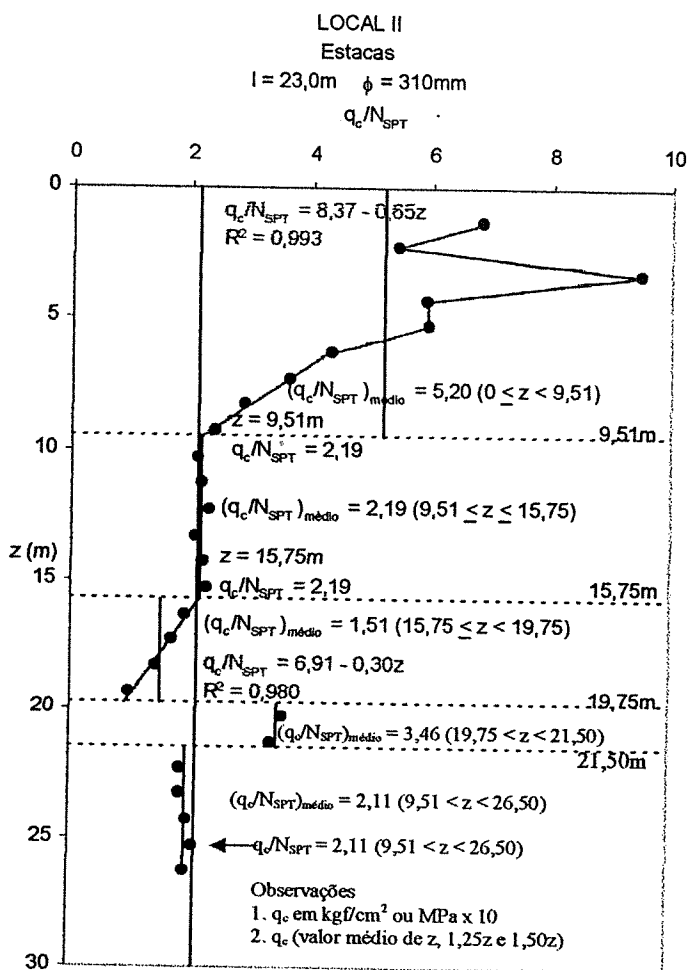


FIGURA 6: Valores das rela\u00e7\u00f5es  $q_c/N_{SPT}$ .

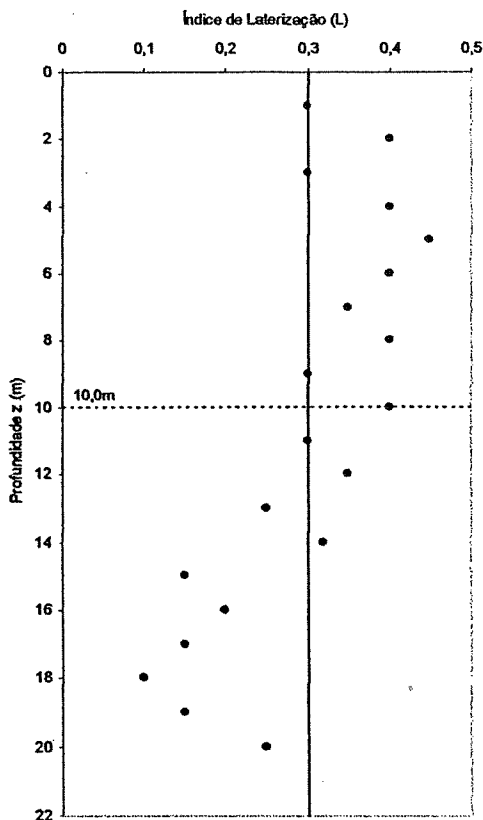


FIGURA 7: Valores do Índice de Laterização (L).

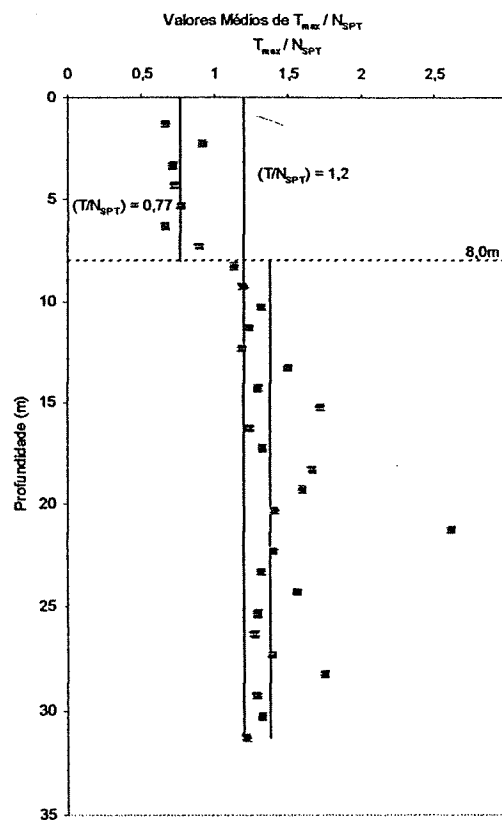


FIGURA 8: Valores do Índice de Torque ( $T/N_{SPT}$ ).

Aos valores de  $N_{SPT}$  associaram-se profundidades de  $z + 0,30(m)$  e médias de três valores de  $q_c$  (CPT),  $z$ ,  $1,25z$  e  $1,50z$ .

Um dos aspectos mais importantes diz respeito à espessura da camada de solo laterítico. Os trabalhos iniciais levados a efeito nesse campo de provas sugerem uma espessura de 6,0m.

Outras considerações sugerem outros valores de espessura, chegando a até 10,86m.

Nesse trabalho concluiu-se que a melhor estimativa da espessura dos solos lateríticos seria de aproximadamente 8,0m, que foi o valor admitido nos cálculos.

## 5. VALORES DE CARGA DE RUPTURA ( $Q_{uc}$ )

Os cálculos efetuados são apresentados no Anexo. Na tabela I são apresentados os resultados das previsões efetuadas.



TABELA I  
Previsões Efetuadas

ESTACA	$Q_{uc}$ (kN) compressão	$Q_{uc}$ (kN) tração	s (mm) para ( $Q=Q_{uc}/2$ ) compressão	s (mm) para ( $Q=Q_{uc}/2$ ) tração
$\phi$ 410mm l = 12,0m	1.091,0	902,44	1,0	5,0
$\phi$ 310mm l = 23,0m	1.680,13	1.450,35	1,0	5,0

## ANEXO

I. CÁLCULO DE CAPACIDADE DE CARGA COM BASE NOS VALORES DE  $N_{SPT}$ I.1. Local I – Estaca  $\phi = 410\text{mm}$  e  $l = 12,0\text{m}$ 

I.1.1 Estaca de Referência

$$Q_{uc} = Q_s + Q_p$$

- Cálculo de  $Q_s$ 

$$Q_s = \pi \times 0,41 \times 12 \times ad$$

- Cálculo de  $\bar{N}_{eq}$ 

$$0 \leq z \leq 8,0\text{m}$$

$$\bar{N} = \frac{3,65 \times 6 + 5,92 \times 2}{8} = 4,22$$

$$N_{eq} = \frac{T}{1,2} = \frac{0,77}{1,2} \times 4,22 = 2,71$$

$$(ad)_1 = 1,90; B_1 = 3,0 \text{ (valor admitido)}$$

$$(ad)_1 = 1,90 \times 3 = 5,7 \text{tf/m}^2 = 57 \text{kN/m}^2$$

$$(Q_s)_1 = 58,735 \text{tf} = 587,35 \text{kN}$$

$$8,0 \leq z \leq 12,0\text{m}$$

$$\bar{N} = \frac{6,33 \times 2,86 + 8,90 \times 1,14}{4} = \frac{18,10 + 10,146}{4} = \frac{28,25}{4} = 7,06$$

$$(ad)_2 = 3,35 \text{tf/m}^2 = 33,5 \text{kN/m}^2$$

$$(Q_s)_2 = 17,26 \text{tf} \text{ ou } 172,6 \text{kN}$$

$$Q'_s = (Q_s)_1 + (Q_s)_2 = 58,735 + 17,26 = 75,995 \text{tf/m}^2 \text{ ou } 759,95 \text{kN/m}^2$$

- Cálculo de  $Q_P$

$$N_{SPT} = 8,9 \text{ (silte-argiloso)}$$

$$Q_P = 0,132 \times 20 \times 8,9 = 23,496 \text{tf ou } 235,0 \text{kN}$$

- Total

$$Q_{uc} = 759,95 + 235,0 = 994,95 \text{kN}$$

I.1.2. Estaca Raiz à Compressão ( $\alpha = 0,6$ ;  $\beta = 1,25$ )

$$Q_s = 1,25Q'_s = 1,25 \times 759,95 = 949,94 \text{kN}$$

$$Q_P = 0,6Q'_P = 0,6 \times 235,0 = 141,0 \text{kN}$$

$$Q_u = 1.090,94 \cong 1.091,0 \text{kN}$$

I.1.3. Estaca Raiz à Tração

$$Q_{st} = 0,95Q_s = 0,95 \times 949,94 = 902,44 \text{kN}$$

I.2. Local II – Estaca  $\phi = 310 \text{mm}$  e  $l = 23,0 \text{m}$

I.2.1. Estaca de Referência

$$Q_{uc} = Q_s + Q_P$$

- Cálculo de  $Q_s$

$$Q_s = \pi \times 0,41 \times 12 \times ad$$

- Cálculo de  $\bar{N}_{SPT}$

$$0 \leq z \leq 8,0\text{m}$$

$$\bar{N} = \frac{3,17 \times 6,0 + 6,13 \times 2}{8} = \frac{31,28}{8} = 3,91$$

$$\bar{T} = 0,77 \times 3,91 = 3,01$$

$$N_{eq} = 2,51$$

$$(ad)_1 = 1,84$$

$$(ad)_1 = 3 \times (ad)_1 = 5,52\text{tf/m}^2 \text{ ou } 55,2\text{kN/m}^2$$

$$(Q_s)_1 = 430\text{tf ou } 430\text{kN}$$

$$8,0 \leq z \leq 23,0\text{m}$$

$$\bar{N} = \frac{6,13 \times 1,51 + 8,74 \times 7,49 + 16,64 \times 2 + 28,35 \times 2 + 17,05 \times 2}{15} = \frac{9,256 + 65,463 + 33,28 + 56,7 + 34,1}{15} = \frac{198,8}{15} = 13,25$$

$$(ad)_2 = 5,417\text{tf/m}^2 = 54,17\text{kN/m}^2$$

$$(Q_s)_2 = 79,13\text{tf/m}^2 \text{ ou } 791,34\text{kN/m}^2$$

$$Q_s = (Q_s)_1 + (Q_s)_2 = 430 + 791,34 = 1.221,34\text{kN}$$

- Cálculo de  $Q_p$

$$Q'_p = 0,075 \times 20 \times 17,05 = 25,575\text{tf ou } 255,75\text{kN}$$

- Total

$$Q_{uc} = 1.221,34 + 255,75 = 1.477,09\text{kN}$$

1.2.2 Estaca Raiz à compressão ( $\alpha = 0,6$ ;  $\beta = 1,25$ )

$$Q_s = 1,25Q'_s = 1.526,68\text{kN}$$

$$Q_p = 0,6Q'_p = 153,45\text{kN}$$

$$Q_{uc} = 1.526,68 + 153,45 = 1.680,13\text{kN}$$

### I.2.3 Estaca Raiz à Tração

$$Q_{uc} = 0,95 \times Q_s = 0,95 + 1.526,68 = 1.450,35\text{kN}$$

## II. CÁLCULO DA CAPACIDADE DE CARGA COM BASE NOS VALORES DE $q_c$ do CPT

Os valores de  $q_c$  foram convertidos em valores de  $N_{SPT}$  através da expressão apresentada no item 2

$$N_{SPT} = \frac{q_c \text{ (MPa)}}{0,2}$$

Os cálculos de capacidade de carga foram então efetuados utilizando a mesma formulação indicada no item I desse Anexo.

Como os resultados obtidos foram praticamente idênticos aos apresentados nesse item I, julgou-se dispensável explicitá-los.

## III. AVALIAÇÕES DE RECALQUE

Os valores de recalque para 50% das cargas de ruptura deverão ser bem pequenos e muito difíceis de serem calculados analiticamente. Empiricamente, admite o autor que esses recalques serão da ordem de grandeza de 1,0mm no caso das estacas de compressão e de 5,0mm no caso de estacas à tração.

# PARTICIPANTE

7

São Paulo, 30 de setembro de 2004

À  
Secretaria Executiva do SEFE V  
Av. Brigadeiro Luiz Antonio, 317 - cj.53  
São Paulo - SP

at.: Sra. Sandra Neves

ref: **Concurso de Previsão de Capacidade de Carga e Recalques em Estacas Raiz**

### **INTRODUÇÃO**

O presente relatório técnico tem por finalidade apresentar os resultados de nossas análises para a determinação de estimativas da capacidade de carga e recalques de 04 (quatro) estacas tipo Raiz executadas no Campo Experimental da UNICAMP, como parte de um concurso a ser realizado durante o SEFE V.

### **ELEMENTOS DE REFERÊNCIA**

Para a elaboração deste relatório foram tomados por referência os seguintes elementos:

- documentação fornecida pela comissão organizadora do SEFE V através da página na Internet da empresa Acqua Consultoria, que faz a secretaria executiva do SEFE V;
- métodos de previsão de capacidade de carga em estacas raiz desenvolvidos por David Cabral e por Alberto Henriques Teixeira e método de previsão da capacidade de carga de estacas em geral, desenvolvido por Luciano Decourt. Todos estes métodos são baseados nos resultados de sondagens à percussão tipo SPT;
- métodos de previsão de capacidade de carga em estacas raiz desenvolvidos por Philipponnat e por Bustamante e Giancesly. Estes métodos são baseados nos resultados de ensaio de penetração do cone (CPT);
- método para estimativa de recalques em estacas, desenvolvido por Aoki e Lopes.

### **SUBSOLO LOCAL**

Segundo os dados disponibilizados, foram executadas 04 (quatro) estacas tipo Raiz no Campo Experimental localizado dentro do Campus da UNICAMP. As estacas de 310mm de diâmetro nominal foram executadas próximo ao furo de sondagem à percussão SP-18 e as estacas de 410mm de diâmetro nominal foram executadas próximo ao furo de sondagem à percussão SP-15

A documentação não apresenta a descrição detalhada das camadas de solo atravessadas pelas sondagens, porém apresenta um perfil típico, que foi então por nós considerado, onde basicamente se divide o estrato em duas camadas, sendo uma de Argila Siltosa, com 6,0m de espessura e outra de Silte Argiloso, com espessura de 18,00m para o furo de sondagem SP-15 e 25,00m para o furo de sondagem SP-18.

#### CAPACIDADE DE CARGA DAS ESTACAS RAIZ

De acordo com os elementos fornecidos, são solicitadas previsões de capacidade de carga de 04 (quatro) estacas tipo Raiz, sendo que 02 (duas) tem 310mm de diâmetro e 23,00m de comprimento e 02 (duas) tem 410mm de diâmetro e 12,00m de comprimento.

Uma estaca de 310mm de diâmetro nominal e 01 (uma) estacas de 410mm de diâmetro nominal foram submetidas à prova de carga à compressão e 01 (uma) estaca de 310mm de diâmetro nominal e 01 (uma) estacas de 410mm de diâmetro nominal foram submetidas à prova de carga à tração. Assim, a comissão organizadora do SEFE V solicita que se faça a estimativa da capacidade de carga das quatro estacas para suas respectivas formas de carregamento nos ensaios, ou seja, capacidade de carga à tração nas estacas assim ensaiadas e capacidade de carga à compressão nas estacas assim ensaiadas.

Para a determinação da capacidade de carga das estacas, independentemente da forma de carregamento (tração ou compressão), utilizamos os métodos descritos anteriormente, sendo que para a capacidade de carga à compressão levamos em consideração tanto a resistência de ponta como a resistência por atrito lateral. Para o caso das estacas solicitadas à tração, apenas foi considerado o valor referente à resistência por atrito lateral. A seguir apresentamos uma tabela com o resumo destes resultados e o valor por nós indicado como capacidade de carga final das estacas (em **tf**):

<i>ESTACA</i>	<i>DAVID CABRAL</i>	<i>TEIXEIRA</i>	<i>DECOURT</i>	<i>PHILIPPONNAT</i>	<i>BUSTAMANTE E GIANESELY</i>	<i>NOSSA PROPOSIÇÃO</i>
RC12	39,5	61,0	42,3	106,7	84,2	<b>56,5</b>
RT12	27,4	48,7	27,5	94,3	68,4	<b>43,0</b>
RC23	91,4	137,8	69,2	149,3	121,2	<b>104,5</b>
RT23	75,5	124,5	53,2	136,8	105,2	<b>89,5</b>

#### ESTIMATIVA DOS RECALQUES DAS ESTACAS RAIZ

De acordo com os elementos fornecidos, são solicitadas previsões de recalques de 04 (quatro) estacas tipo Raiz, sendo que 02 (duas) tem 310mm de diâmetro e 23,00m de comprimento e 02 (duas) tem 410mm de diâmetro e 12,00m de comprimento, quando as mesmas estão carregadas com valor de 50% (cinquenta por cento de sua capacidade de carga).

Uma estaca de 310mm de diâmetro nominal e 01 (uma) estacas de 410mm de diâmetro nominal foram submetidas à prova de carga à compressão e 01 (uma) estaca de 310mm de diâmetro nominal e 01 (uma) estacas de 410mm de diâmetro nominal foram submetidas à prova de carga à tração.



Assim, a comissão organizadora do SEFE V solicita que se faça a estimativa do recalque das quatro estacas para suas respectivas formas de carregamento nos ensaios, ou seja, recalque quando submetida à tração nas estacas assim ensaiadas e recalque quando submetida à compressão nas estacas assim ensaiadas.

Para a determinação da estimativa de recalques, independentemente da forma de carregamento (tração ou compressão), utilizamos os métodos descritos anteriormente. A seguir apresentamos uma tabela com o resumo destes resultados (em **mm**):

<i>ESTACA</i>	<i>NOSSA PROPOSIÇÃO</i>
RC12	5,3
RT12	13,4
RC23	10,7
RT23	26,0

Sendo o que se apresenta para o momento, subscrevemo-nos,

# PARTICIPANTE

## 8

Para: ABMS – Associação Brasileira de Mecânica dos Solos

Assunto: Concurso de Previsão de Capacidade de Carga e Recalque – Estaca Raiz

A/C: ACQUA CONSULTORIA

Conforme as regras pré-estabelecidas para este concurso, estamos apresentando os resultados obtidos a compressão e a tração, em relação a carga de ruptura e os recalques associados, em estacas raiz de 310 mm de diâmetro com 23,00 m de comprimento e 410 mm com 12,00 m. Foram utilizados os seguintes métodos de capacidade de carga em estacas, que possuem na sua metodologia parâmetros de cálculo para a utilização de estaca raiz:

Utilizando o SPT:

1. Método de David Cabral (1986)
2. Método da Brasfond (1991)
3. Método de Aoki e Velloso (1975)
4. Método de Aoki e Velloso, adaptado por Laprovitera (1988)
5. Método de Aoki e Velloso, adaptado por Monteiro (1997)
6. Método de Decourt e Quaresma (1978), 1ª versão
7. Método de Decourt e Quaresma (1978), 2ª versão
8. Método de Decourt (1996)
9. Método de P. Velloso (1981)
10. Método de Teixeira (1996)

Foi feito um estudo com o SPT mais próximo da estaca e posteriormente refeito o estudo para a média de todos os furos de sondagem SPT do local, sendo um total de 19 furos.

Utilizando o CPT:

11. Método de Aoki e Velloso (1975)
12. Método de P. Velloso (1981)

### 13. Método de Philipponnat (1986)

E da mesma forma como para o SPT, foi feito um estudo com o CPT mais próximo da estaca e posteriormente refeito o estudo para a média de todos os furos de sondagem CPT do local, sendo um total de 9 furos.

O solo analisado do local foi dividido em camadas com as seguintes características, conforme Tabela 1:

Tabela 1 – Parâmetros de cálculo

Solo	Profundidade (m)	Coesão (c')	Ângulo de atrito (°)	Peso específico natural (KN/m <sup>3</sup> )	Módulo de Elasticidade (E) (KPa)	Coefficiente de Poisson (μ)	Parâmetro de interface
1	0,00 – 7,00	27,7	30	13,6	3460	0,40	0,70
2	7,00 – 14,00	58,7	22	15,5	23430	0,30	0,70
3	14,00 – 24,00	66	20,6	16,5	27183	0,30	0,70

Com relação a análise de recalques, foi utilizado o programa PLAXIS<sup>®</sup>, versão estudantil, conforme as Figuras xx' a xx. A carga de ruptura a tração das estacas foi tomada como 0,70 da carga de ruptura do atrito lateral obtidos através dos métodos propostos. Também é apresentada a capacidade estrutural das estacas.

Atenciosamente,

Métodos de cálculo_CPT_Furos 3 e 5						
Resistências	Aoki e Veloso (1975)	Veloso (1981)	Philipponnat (1986)	Mínimo (tf)	Máximo (tf)	Médio (tf)
Ql-atrito (ton)	50	47	85	47	85	61
Qp-ponta (ton)	13	12	13	12	13	13
Qr-ruptura (ton)	63	59	98	59	98	73
Ql-atrito (ton)	109	135	131	109	135	125
Qp-ponta (ton)	13	45	13	13	45	24
Qr-ruptura (ton)	122	180	144	122	180	149

Métodos de cálculo_CPT_Média dos furos						
Resistências	Aoki e Veloso (1975)	Veloso (1981)	Philipponnat (1986)	Mínimo (tf)	Máximo (tf)	Médio (tf)
Ql-atrito (ton)	52	49	73	49	73	58
Qp-ponta (ton)	12	11	12	11	12	12
Qr-ruptura (ton)	64	60	85	60	85	70
Ql-atrito (ton)	101	125	119	101	125	115
Qp-ponta (ton)	13	46	12	12	46	24
Qr-ruptura (ton)	114	171	131	114	171	139

Quadro geral_SPT e CPT_Média dos furos						
Resistências	SPT	CPT	Mínimo (tf)	Máximo (tf)	Médio (tf)	
Ql-atrito (ton)	41	58	49	73	50	
Qp-ponta (ton)	18	12	11	12	15	
Qr-ruptura (ton)	59	70	60	85	65	
Ql-atrito (ton)	105	115	101	125	110	
Qp-ponta (ton)	22	24	12	46	23	
Qr-ruptura (ton)	126	139	114	171	132	

COMPRESSÃO				TRAÇÃO	
Resistências	SPT	CPT	Mínimo (tf)	Máximo (tf)	Médio (tf)
Ql-atrito (ton)	41	58	49	73	50
Qp-ponta (ton)	18	12	11	12	15
Qr-ruptura (ton)	59	70	60	85	65
Ql-atrito (ton)	105	115	101	125	110
Qp-ponta (ton)	22	24	12	46	23
Qr-ruptura (ton)	126	139	114	171	132

David

**SPT**

A handwritten signature or mark consisting of a vertical line with a horizontal stroke at the bottom, resembling a stylized 'N' or a checkmark.

prof. (m)	SP01	SP02	SP03	SP04	SP05	SP06	SP07	SP08	SP09	SP10	SP11	SP12	SP13	SP14	SP15	SP16	SP17	SP18	SP19	Média (m)
1,0	1,2	1,5	1,5	1,5	2	1,5	1	1,2	10	3,2	1,8	2,1	3,1	3,1	3	2	2	2,1	3,8	2,50
2,0	1,7	1,8	0,7	1,9	0,5	2	1,2	1,2	1,8	2,5	3,9	5,8	2,2	2,1	2	2	2	4,2	4,1	2,54
3,0	2,6	1,9	1,2	1,7	1	4	2	2	3,1	2,8	3,8	0,9	1,9	2,1	3	3	2	4	4,8	2,51
4,0	3,4	4	2	2,7	3	5	4	2	4	3	4,8	4,1	3	3	2	4	4	4,5	5	3,55
5,0	4	3	4	5	4	4	3	5	5	3,9	7,7	5	5	5,2	5	4	4	7,3	7,2	4,80
6,0	6	4	8	7	3	6	5	8	6,9	5,6	4,4	5,5	-	5,8	6	5	6	6,2	7,3	5,87
7,0	4	8	6	6	5	6	6	4	8,2	5,5	3,8	6	-	7,7	6	4	5	5,2	3,6	5,55
8,0	8	8	8	10	6	7	5	6	7	5,8	4	7	-	5,6	4	4	5	6,7	3,3	6,13
9,0	6	8	12	13	8	7	7	7	6,8	6,6	6,7	5,5	-	7,2	7	5	6	9	4,3	7,33
10,0	11	10	14	18	10	8	9	7	10	7	7	8,3	-	8,7	8	5	7	10	6,2	9,12
11,0	10	8	14	20	7	9	10	9	12,4	8,4	7	6,6	-	9,7	7	8	8	10,3	8,3	9,59
12,0	9	10	12	7	8	10	9	10	9,7	11	7,5	6	-	8	10	8	8	9,3	7,7	8,90
13,0	9	8	9	7	11	10	9	8	9,7	7,9	6,2	7,5	-	7,7	11	9	15	7,5	5,4	8,77
14,0	8	9	15	9	9	10	9	8	9,1	8,2	6,4	6,2	-	18	9	8	8	6,7	5,2	8,98
15,0	8	5	14	10	12	8	11	8	6	9,3	8	6,6	-	11	8	7	8	3,9	5,2	8,27
16,0	7	9	14	18	9	9	6	28	11,8	9	8,7	10	-	-	10	5	7	1,9	8	10,08
17,0	6	8	26	21	12	8	7	30	24,6	15,5	9,7	16	-	-	11	7	6	6,6	7	13,02
18,0	6	12	32	21	11	10	9	29	21	23	15	62,7	-	-	10	7	9	13	7,7	17,55
19,0	7	14	34	25	14	10	14	42	29	21	17,4	80,8	-	-	41	15	16	19	-	24,95
20,0	5	22	96	40	15	25	14	50	46	71,7	13	65,3	-	-	27	23	22	13,4	-	34,27
21,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	-	15,00
22,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16,5	-	16,50
23,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20,7	-	20,70
24,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	-	16,00
25,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17,6	-	17,60
26,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19,7	-	19,70
27,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18,6	-	18,60
28,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,8	-	22,80
29,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31	-	31,00
30,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36	-	36,00
31,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33	-	33,00

12,00 m

23,00 m

**MÉTOD DE DAVID CABRAL (1986) \_RAIZ de 12,00 m com 410 mm**

diâmetro (cm): perímetro U (cm): Prof. (m)	41 129 N	comprimento (m): área da estaca (cm <sup>2</sup> ):				Furo: SP015				VALORES DE β0							
		β2		V2 corrigido		PI camada		PI (ft)		injeção t (kg/cm <sup>2</sup> ):		D/t		VALORES DE β0			
		β1 (%)	V2	V2 corrigido	PI camada	PI (ft)	V1	V1 corrigido	β1 (%)	V1	V1 corrigido	β1 (%)	V1	V1 corrigido	β1 (%)	V1	
1,00	3	0,58	4	1,0	0,07	0,07	0,90	0,9	1,74	1,74	2,30	3,19	10	0,9	1,01	1,12	1,23
2,00	2	0,58	4	1,0	0,05	0,05	0,60	1,5	1,16	1,16	1,53	3,02	12	0,88	0,99	1,1	1,21
3,00	3	0,58	4	1,0	0,07	0,07	0,90	2,4	1,74	1,74	2,30	4,69	15	0,85	0,96	1,07	1,18
4,00	2	0,58	4	1,0	0,05	0,05	0,60	3,0	1,16	1,16	1,53	4,52	16	0,84	0,95	1,06	1,17
5,00	5	0,58	4	1,0	0,12	0,12	1,49	4,5	2,90	2,90	3,83	8,31	20	0,8	0,91	1,02	1,13
6,00	6	0,91	4	1,0	0,22	0,22	2,81	7,3	5,46	5,46	7,20	14,50	25	0,75	0,86	0,97	1,08
7,00	6	0,58	3,5	1,0	0,12	0,12	1,57	8,9	3,48	3,48	4,59	13,45	31	0,69	0,8	0,91	1,02
8,00	4	0,58	3,5	1,0	0,08	0,08	1,05	9,9	2,32	2,32	3,06	12,97	42	0,58	0,69	0,8	0,91
9,00	7	0,91	3,5	1,0	0,22	0,22	2,87	12,8	6,37	6,37	8,41	21,18	VALORES DE β1 e β2				
10,00	8	0,58	3,5	1,0	0,16	0,16	2,09	14,9	4,64	4,64	6,12	20,99	solo	β1 (%)	β2		
11,00	7	0,58	3,5	1,0	0,14	0,14	1,83	16,7	4,06	4,06	5,36	22,05	areia	7	3,0		
12,00	10	0,91	3,5	1,0	0,32	0,32	4,10	21	9,10	9,10	12	areia siltosa					
Obs:	V1: qp = β0 * β2 * N ≤ 50 kgf/cm <sup>2</sup>		V2: q1 = β0 * β1 * N ≤ 2 kgf/cm <sup>2</sup>														
					areia siltosa												
					silte												
					silte arenoso												
					silte argiloso												
					argila												
					argila arenosa												
					argila siltosa												

**MÉTOD DE DAVID CABRAL (1986) \_RAIZ de 23,00 m com 310 mm**

diâmetro (cm): perímetro U (cm): Prof. (m)	31 97 N	comprimento (m): área da estaca (cm <sup>2</sup> ):				Furo: SP018				VALORES DE β0							
		β2		V2 corrigido		PI camada		PI (ft)		injeção t (kg/cm <sup>2</sup> ):		D/t		VALORES DE β0			
		β1 (%)	V2	V2 corrigido	PI camada	PI (ft)	V1	V1 corrigido	β1 (%)	V1	V1 corrigido	β1 (%)	V1	V1 corrigido	β1 (%)	V1	
1,00	2,1	0,69	4	1,0	0,06	0,06	0,75	0,7	1,45	1,45	1,91	2,66	10	0,9	1,01	1,12	1,23
2,00	4,2	0,69	4	1,0	0,12	0,12	1,49	2,2	2,90	2,90	3,82	6,06	12	0,88	0,99	1,1	1,21
3,00	4	0,69	4	1,0	0,11	0,11	1,42	3,7	2,76	2,76	3,64	7,30	15	0,85	0,96	1,07	1,18
4,00	4,5	0,69	4	1,0	0,12	0,12	1,60	5,3	3,11	3,11	4,10	9,36	16	0,84	0,95	1,06	1,17
5,00	7,3	0,69	4	1,0	0,20	0,20	2,59	7,9	5,04	5,04	6,65	14,50	20	0,8	0,91	1,02	1,13
6,00	6,2	1,02	4	1,0	0,25	0,25	3,26	11,1	6,32	6,32	8,35	19,45	25	0,75	0,86	0,97	1,08
7,00	5,2	0,69	3,5	1,0	0,13	0,13	1,62	12,7	3,59	3,59	4,73	17,46	31	0,69	0,8	0,91	1,02
8,00	6,7	0,69	3,5	1,0	0,16	0,16	2,08	14,8	4,62	4,62	6,10	20,91	42	0,58	0,69	0,8	0,91
9,00	9	1,02	3,5	1,0	0,32	0,32	4,14	18,9	9,18	9,18	12,11	31,06	VALORES DE β1 e β2				
10,00	10	0,69	3,5	1,0	0,24	0,24	3,11	22,1	6,90	6,90	9,11	31,16	solo	β1 (%)	β2		
11,00	10,3	0,69	3,5	1,0	0,25	0,25	3,20	25,3	7,11	7,11	9,38	34,64	areia	7	3,0		
12,00	9,3	1,02	3,5	1,0	0,33	0,33	4,27	29,5	9,49	9,49	12,52	42,05	areia siltosa	8	2,8		
13,00	7,5	0,69	3,5	1,0	0,18	0,18	2,33	31,9	5,18	5,18	6,83	38,69	areia argilosa	8	2,3		
14,00	6,7	0,69	3,5	1,0	0,16	0,16	2,08	33,9	4,62	4,62	6,10	40,05	silte	5	1,8		
15,00	3,9	1,02	3,5	1,0	0,14	0,14	1,79	35,7	3,98	3,98	5,25	40,99	silte arenoso	6	2		
16,00	1,9	0,69	3,5	1,0	0,05	0,05	0,59	36,3	1,31	1,31	1,73	38,06	silte argiloso	3,5	1,0		
17,00	6,6	0,69	3,5	1,0	0,16	0,16	2,05	38,4	4,55	4,55	6,01	44,39	argila	5	1,0		
18,00	13	1,02	3,5	1,0	0,46	0,46	5,97	44,4	13,26	13,26	17,50	61,85	argila arenosa	5	1,5		
19,00	19	0,69	3,5	1,0	0,46	0,46	5,91	50,3	13,11	13,11	17,30	67,56	argila siltosa	4	1,0		
20,00	13,4	0,69	3,5	1,0	0,32	0,32	4,17	54,4	9,25	9,25	12,20	66,63	VALORES DE β1 e β2				
21,00	15	0,69	3,5	1,0	0,36	0,36	4,66	59,1	10,35	10,35	13,66	72,75	solo	β1 (%)	β2		
22,00	16,5	0,69	3,5	1,0	0,40	0,40	5,13	64,2	11,39	11,39	15,02	79,25	areia	7	3,0		
23,00	20,7	1,02	3,5	1,0	0,74	0,74	9,51	74	21,11	21,11	28	areia siltosa					
Obs:	V1: qp = β0 * β2 * N ≤ 50 kgf/cm <sup>2</sup>		V2: q1 = β0 * β1 * N ≤ 2 kgf/cm <sup>2</sup>														
					areia siltosa												
					silte												
					silte arenoso												
					silte argiloso												
					argila												
					argila arenosa												
					argila siltosa												



**MÉTODO DA BRASFOND (1991) \_RAIZ de 12,00 m com 410 mm**

diâmetro (cm):	41	comprimento (m):	12,00	Furo:	SP15
perímetro U (cm):	129	área da estaca (cm <sup>2</sup> ):	1320	<b>VALORES DE α</b>	
Prof. (m)	N	N ponta-1,0 m	N ponta	α	
1,00	3	7	10	solo	tf/m <sup>2</sup>
2,00	2	Nmédio	9	areia com pedregulhos	KPa
3,00	3	Np	9	areia	26
4,00	2	Nl	5	areia siltosa	20
5,00	5	qp (tf/m <sup>2</sup> )	93	areia argilosa	16
6,00	6	ql (tf/m <sup>2</sup> )	3	areia argilosa	13
7,00	6	Qp (tf)	12	silte arenoso	12
8,00	4	Ql (tf)	49	silte argiloso	10
9,00	7	Qr (tf)		argila arenosa	11
10,00	8			argila siltosa	9
11,00	7				
12,00	10				
Média	5				

**MÉTODO DA BRASFOND (1991) \_RAIZ de 23,00 m com 310 mm**

diâmetro (cm):	31	comprimento (m):	23,00	Furo:	SP018
perímetro U (cm):	97	área da estaca (cm <sup>2</sup> ):	754	<b>VALORES DE α</b>	
Prof. (m)	N	N ponta-1,0 m	N ponta	α	
1,00	2,1	17	21	solo	tf/m <sup>2</sup>
2,00	4,2	Nmédio	18	areia com pedregulhos	KPa
3,00	4	Np	18	areia	26
4,00	4,5	Nl	9	areia siltosa	20
5,00	7,3	qp (tf/m <sup>2</sup> )	177	areia argilosa	16
6,00	6,2	ql (tf/m <sup>2</sup> )	5	areia argilosa	13
7,00	5,2	Qp (tf)	13	silte arenoso	12
8,00	6,7	Ql (tf)	119	silte argiloso	10
9,00	9	Qr (tf)		argila arenosa	11
10,00	10			argila siltosa	9
11,00	10,3				
12,00	9,3				
13,00	7,5				
14,00	6,7				
15,00	3,9				
16,00	1,9				
17,00	6,6				
18,00	13				
19,00	19				
20,00	13,4				
21,00	15				
22,00	16,5				
23,00	20,7				
Média	9				

*[Handwritten signature]*

Valores de k e alfa (Aoki e Veloso, 1975)		Valores de k e alfa (Laprovitera, 1988)		Valores de k e alfa (Monteiro, 1997)		Valores de F1 e F2 (Aoki e Veloso, 1975; Valloso et al. 1978; UFRJ, 1994 e 1999)	
Tipo de solo	k (kgf/cm <sup>2</sup> )	alfa (%)	Tipo de solo	k (kgf/cm <sup>2</sup> )	alfa (%)	Tipo de estaca	F1
areia	10,0	1,4	areia	6,0	1,4	Frankl	2,5
areia siltosa	8,0	2,0	areia siltosa	5,3	1,9	Metálica	1,75
areia silto-argilosa	7,0	2,4	areia silto-argilosa	5,3	2,4	Prémoldada	1,75
areia argilo-arenosa	5,0	2,8	areia argilo-arenosa	5,3	2,8	Escavada	3,0
areia argilosa	6,0	3,0	areia argilosa	5,3	3,0	Raiz	2,0
areia arenosa	5,5	2,2	areia arenosa	4,8	3,0	Raiz de 410 mm com 12,00 m	
areia arenosa-argilosa	4,5	2,8	areia arenosa-argilosa	3,8	3,0	Raiz de 310 mm com 23,00 m	
areia argilosa	4,0	3,0	areia argilosa	4,8	3,0	Estaca tipo:	
areia argilo-arenosa	2,5	3,0	areia argilo-arenosa	3,8	3,0	diâmetro (cm):	41
areia argilosa	2,3	3,4	areia argilosa	3,0	3,4	comprimento (m):	31
areia arenosa	3,5	2,4	areia arenosa	4,8	4,0	perímetro (cm):	129
areia arenosa-siltosa	3,0	2,8	areia arenosa-siltosa	3,0	4,5	área da base (cm <sup>2</sup> ):	754
areia silto-arenosa	3,3	3,0	areia silto-arenosa	3,0	5,0	Valores de F1 e F2 (Monteiro, 1997)	
areia siltosa	2,2	4,0	areia siltosa	2,5	5,5	Tipo de estaca	F1
areia argilosa	2,0	6,0	areia argilosa	2,5	6,0	Raiz	2,2
							F2
							2,4

Capacidade de carga com valores de k e alfa (Aoki e Veloso, 1975)-Raiz de 410 mm com 12,00 m

Prof. (m)	k (kgf/cm <sup>2</sup> )	alfa (%)	N	PI (KN)	PI (KN)	PI (KN)	Pp (KN)	Pr (KN)	PI (tf)	Pp (tf)
1,00	2,20	4,00	3	8,5	8	44	52	52	0,8	4,4
2,00	2,20	4,00	2	5,7	14	29	43	43	1,4	2,9
3,00	2,20	4,00	3	8,5	23	44	66	66	2,3	4,4
4,00	2,20	4,00	2	5,7	28	29	57	57	2,8	2,9
5,00	2,20	4,00	5	14,2	42	73	115	115	4,2	7,3
6,00	2,20	4,00	6	17,0	59	87	147	147	4,2	7,3
7,00	2,30	3,40	6	15,1	75	91	166	166	5,9	8,7
8,00	2,30	3,40	4	10,1	85	61	145	145	7,5	9,1
9,00	2,30	3,40	7	17,6	102	106	208	208	8,5	6,1
10,00	2,30	3,40	8	20,1	122	121	244	244	10,2	10,6
11,00	2,30	3,40	7	17,6	140	106	246	246	12,2	12,1
12,00	2,30 /	3,40	10	25,2	165	152	317	317	14,0	10,6
									<b>17</b>	<b>15</b>

Capacidade de carga com valores de k e alfa (Laprovitera, 1988)-Raiz de 410 mm com 12,00 m

Prof. (m)	k (kgf/cm <sup>2</sup> )	alfa (%)	N	PI (KN)	PI (KN)	PI (KN)	Pp (KN)	Pr (KN)	PI (tf)	Pp (tf)
1,00	2,50	5,50	3	13,3	13	49	63	63	1,3	4,9
2,00	2,50	5,50	2	8,9	22	33	55	55	2,2	3,3
3,00	2,50	5,50	3	13,3	35	49	85	85	3,5	4,9
4,00	2,50	5,50	2	8,9	44	33	77	77	4,4	3,3
5,00	2,50	5,50	5	22,1	66	82	149	149	6,6	8,2
6,00	2,50	5,50	6	26,6	93	99	192	192	9,3	9,9
7,00	3,00	3,40	6	19,7	113	119	231	231	11,3	11,9
8,00	3,00	3,40	4	13,1	126	79	205	205	12,6	7,9
9,00	3,00	3,40	7	23,0	149	139	287	287	14,9	13,9
10,00	3,00	3,40	8	26,3	175	158	333	333	17,5	15,8
11,00	3,00	3,40	7	23,0	198	139	337	337	19,8	13,9
12,00	3,00	3,40	10	32,8	231	198	429	429	23	20

Capacidade de carga com valores de k e alfa (Monteiro, 1997)-Raiz de 410 mm com 12,00 m

Prof. (m)	k (kgf/cm <sup>2</sup> )	alfa (%)	N	PI (KN)	PI (KN)	PI (KN)	Pp (KN)	Pr (KN)	PI (tf)	Pp (tf)
1,00	2,60	4,50	3	18,8	19	47	66	66	1,9	4,7
2,00	2,60	4,50	2	12,6	31	31	63	63	3,1	3,1
3,00	2,60	4,50	3	18,8	50	47	97	97	5,0	4,7
4,00	2,60	4,50	2	12,6	63	31	94	94	6,3	3,1
5,00	2,60	4,50	5	31,4	94	78	172	172	9,4	7,8
6,00	2,60	4,50	6	37,7	132	94	225	225	13,2	9,4
7,00	3,20	3,60	6	37,1	169	115	284	284	16,9	11,5
8,00	3,20	3,60	4	24,7	194	77	270	270	19,4	7,7
9,00	3,20	3,60	7	43,3	237	134	371	371	23,7	13,4
10,00	3,20	3,60	8	49,4	286	154	440	440	28,6	15,4
11,00	3,20	3,60	7	43,3	330	134	464	464	33,0	13,4
12,00	3,20	3,60	10	61,8	391	192	583	583	<b>39</b>	19,2
13,00	3,20	3,60	11			211				<b>19,2</b>

*Handwritten signature or mark*

Capacidade de carga com valores de k e alfa (Aoki e Velloso, 1975)-Raiz de 310 mm com 23,00 m										
Prof. (m)	k (kgf/cm2)	alfa (%)	N	PI (KN)	PI (KN)	Pp (KN)	Pr (KN)	PI (tf)	Pp (tf)	Pr (tf)
1,00	2,20	4,00	2,1	4,5	4	17	22	0,4	1,7	2,2
2,00	2,20	4,00	4,2	9,0	13	35	48	1,3	3,5	4,8
3,00	2,20	4,00	4	8,6	22	33	55	2,2	3,3	5,5
4,00	2,20	4,00	4,5	9,6	32	37	69	3,2	3,7	6,9
5,00	2,20	4,00	7,3	15,6	47	61	108	4,7	6,1	10,8
6,00	2,20	4,00	6,2	13,3	61	51	112	6,1	5,1	11,2
7,00	2,30	3,40	5,2	9,9	70	45	116	7,0	4,5	11,6
8,00	2,30	3,40	6,7	12,8	83	58	141	8,3	5,8	14,1
9,00	2,30	3,40	9	17,1	100	78	178	10,0	7,8	17,8
10,00	2,30	3,40	10	19,0	119	87	206	11,9	8,7	20,6
11,00	2,30	3,40	10,3	19,6	139	89	228	13,9	8,9	22,8
12,00	2,30	3,40	9,3	17,7	157	81	237	15,7	8,1	23,7
13,00	2,30	3,40	7,5	14,3	171	65	236	17,1	6,5	23,6
14,00	2,30	3,40	6,7	12,8	184	58	242	18,4	5,8	24,2
15,00	2,30	3,40	3,9	7,4	191	34	225	19,1	3,4	22,5
16,00	2,30	3,40	1,9	3,6	195	16	211	19,5	1,6	21,1
17,00	2,30	3,40	6,6	12,6	207	57	265	20,7	5,7	26,5
18,00	2,30	3,40	13	24,7	232	113	345	23,2	11,3	34,5
19,00	2,30	3,40	19	36,2	268	165	433	26,8	16,5	43,3
20,00	2,30	3,40	13,4	25,5	294	116	410	29,4	11,6	41,0
21,00	2,30	3,40	15	28,5	322	130	452	32,2	13,0	45,2
22,00	2,30	3,40	16,5	31,4	354	143	497	35,4	14,3	49,7
23,00	2,30	3,40	20,7	39,4	393	180	573	39	18	57,3
Capacidade de carga com valores de k e alfa (Laprovitera, 1988)-Raiz de 310 mm com 23,00 m										
Prof. (m)	k (kgf/cm2)	alfa (%)	N	PI (KN)	PI (KN)	Pp (KN)	Pr (KN)	PI (tf)	Pp (tf)	Pr (tf)
1,00	2,50	5,50	2,1	7,0	7	20	27	0,7	2,0	2,7
2,00	2,50	5,50	4,2	14,1	21	40	61	2,1	4,0	6,1
3,00	2,50	5,50	4	13,4	34	38	72	3,4	3,8	7,2
4,00	2,50	5,50	4,5	15,1	50	42	92	5,0	4,2	9,2
5,00	2,50	5,50	7,3	24,4	74	69	143	7,4	6,9	14,3
6,00	2,50	5,50	6,2	20,7	95	58	153	9,5	5,8	15,3
7,00	3,00	3,40	5,2	12,9	108	59	166	10,8	5,9	16,6
8,00	3,00	3,40	6,7	16,6	124	76	200	12,4	7,6	20,0
9,00	3,00	3,40	9	22,3	147	102	248	14,7	10,2	24,8
10,00	3,00	3,40	10	24,8	171	113	285	17,1	11,3	28,5
11,00	3,00	3,40	10,3	25,6	197	117	314	19,7	11,7	31,4
12,00	3,00	3,40	9,3	23,1	220	105	325	22,0	10,5	32,5
13,00	3,00	3,40	7,5	18,6	239	85	324	23,9	8,5	32,4
14,00	3,00	3,40	6,7	16,6	255	76	331	25,5	7,6	33,1
15,00	3,00	3,40	3,9	9,7	265	44	309	26,5	4,4	30,9
16,00	3,00	3,40	1,9	4,7	270	21	291	27,0	2,1	29,1
17,00	3,00	3,40	6,6	16,4	286	75	361	28,6	7,5	36,1
18,00	3,00	3,40	13	32,3	318	147	465	31,8	14,7	46,5
19,00	3,00	3,40	19	47,2	365	215	580	36,5	21,5	58,0
20,00	3,00	3,40	13,4	33,3	399	152	550	39,9	15,2	55,0
21,00	3,00	3,40	15	37,2	436	170	606	43,6	17,0	60,6
22,00	3,00	3,40	16,5	41,0	477	187	664	47,7	18,7	66,4
23,00	3,00	3,40	20,7	51,4	528	234	763	53	23	76,3
Capacidade de carga com valores de k e alfa (Monteiro, 1997)-Raiz de 310 mm com 23,00 m										
Prof. (m)	k (kgf/cm2)	alfa (%)	N	PI (KN)	PI (KN)	Pp (KN)	Pr (KN)	PI (tf)	Pp (tf)	Pr (tf)
1,00	2,60	4,50	2,1	10,0	10	19	29	1,0	1,9	2,9
2,00	2,60	4,50	4,2	19,9	30	37	67	3,0	3,7	6,7
3,00	2,60	4,50	4	19,0	49	36	85	4,9	3,6	8,5
4,00	2,60	4,50	4,5	21,4	70	40	110	7,0	4,0	11,0
5,00	2,60	4,50	7,3	34,6	105	65	170	10,5	6,5	17,0
6,00	2,60	4,50	6,2	29,4	134	55	190	13,4	5,5	19,0
7,00	3,20	3,60	5,2	24,3	159	57	216	15,9	5,7	21,6
8,00	3,20	3,60	6,7	31,3	190	74	263	19,0	7,4	26,3
9,00	3,20	3,60	9	42,1	232	99	331	23,2	9,9	33,1
10,00	3,20	3,60	10	46,7	279	110	388	27,9	11,0	38,8
11,00	3,20	3,60	10,3	48,1	327	113	440	32,7	11,3	44,0
12,00	3,20	3,60	9,3	43,5	370	102	472	37,0	10,2	47,2
13,00	3,20	3,60	7,5	35,0	405	82	488	40,5	8,2	48,8
14,00	3,20	3,60	6,7	31,3	437	74	510	43,7	7,4	51,0
15,00	3,20	3,60	3,9	18,2	455	43	498	45,5	4,3	49,8
16,00	3,20	3,60	1,9	8,9	464	21	485	46,4	2,1	48,5
17,00	3,20	3,60	6,6	30,8	495	72	567	49,5	7,2	56,7
18,00	3,20	3,60	13	60,7	555	143	698	55,5	14,3	69,8
19,00	3,20	3,60	19	88,8	644	208	853	64,4	20,8	85,3
20,00	3,20	3,60	13,4	62,6	707	147	854	70,7	14,7	85,4
21,00	3,20	3,60	15	70,1	777	165	941	77,7	16,5	94,1
22,00	3,20	3,60	16,5	77,1	854	181	1035	85,4	18,1	103,5
23,00	3,20	3,60	20,7	96,7	951	227	1178	95	23	117,8
24,00	3,20	3,60	16			176			20	

Valores de C (Decourt e Quaresma, 1978)		N (médio ao longo do fuste)		Atrito lateral (tf/m2)		Raiz de 410 mm com 12,00 m		Raiz de 310 mm com 23,00 m		Coeficiente da maioração e minoração						
C (tf/m2)	N	estaca de 410 mm	estaca de 310 mm	estaca de 410 mm	estaca de 310 mm	estaca tipo:	raiz	estaca tipo:	raiz	Tipo de estaca		Tipo de solo				
12	20	25	40	6	9	12	maior que 15	diâmetro (cm):	comprimento (m):	diâmetro (cm):	comprimento (m):	argilas	siltes	areias	alfa	beta
12	20	25	40	6	9	12	maior que 15	41	12,00	31	23,00	argilas	siltes	areias	0,85	1,5
20	25	40		3	4			1,287	1,287	0,973	0,973				0,6	1,5
25	40			4	5			0,132	0,132	0,075	0,075				0,5	1,5
40				5	6											
				6												
				7												
				8												
				9												
				10												
				11												
				12												
				13												
				14												
				15												
				16												
				17												
				18												
				19												
				20												
				21												
				22												
				23												
				24												
				25												
				26												
				27												
				28												
				29												
				30												
				31												
				32												
				33												
				34												
				35												
				36												
				37												
				38												
				39												
				40												
				41												
				42												
				43												
				44												
				45												
				46												
				47												
				48												
				49												
				50												
				51												
				52												
				53												
				54												
				55												
				56												
				57												
				58												
				59												
				60												
				61												
				62												
				63												
				64												
				65												
				66												
				67												
				68												
				69												
				70												
				71												
				72												
				73												
				74												
				75												
				76												
				77												
				78												
				79												
				80												
				81												
				82												
				83												
				84												
				85												
				86												
				87												
				88												
				89												
				90												
				91												
				92												
				93												
				94												
				95												
				96												
				97												
				98												
				99												
				100												

*Handwritten signature or mark*

Valores aproximados de a, a', b e b' (Velloso, 1981)															
Tipo de solo			Ponta			Atrito			Raiz de 410 mm com 12,00 m			Raiz de 310 mm com 23,00 m			
			a (tf/m <sup>2</sup> )	b	a' (tf/m <sup>2</sup> )	b'				Estaca tipo:	raiz				
			60	1,00	0,50	1,00				diâmetro (cm):	41				
			25	1,00	0,63	1,00				comprimento (m):	12,00				
			50	1,00	0,85	1,00				perímetro (m)	1,287				
			40	1,00	0,80	1,00				área da base (m <sup>2</sup> ):	0,132				
			47	0,96	1,21	0,74									
			0,5												
			1												
			0,83												
			0,88												
areias sedimentares submersas															
argilas sedimentares submersas															
solos residuais de gnaiss arenó-siltosos submersos															
solos residuais de gnaiss silto-arenosos submersos															
Capacidade de carga (Velloso, 1981)															
estaca de 410 mm			estaca de 310 mm												
Prof. (m)	N	Prof. (m)	N												
1,00	3	1,00	2,1												
2,00	2	2,00	4,2												
3,00	3	3,00	4												
4,00	2	4,00	4,5												
5,00	5	5,00	7,3												
6,00	6	6,00	6,2												
7,00	6	7,00	5,2												
8,00	4	8,00	6,7												
9,00	7	9,00	9												
10,00	8	10,00	10												
11,00	7	11,00	10,3												
12,00	10	12,00	9,3												
13,00	11	13,00	7,5												
média do N no fuste			14,00			6,7									
5			15,00			3,9									
média do N para ponta			16,00			1,9									
9			17,00			6,6									
qp (tf/m <sup>2</sup> )	466,7			18,00			13								
ql (tf/m <sup>2</sup> )	4,5			19,00			19								
Qp (tf)	26			20,00			13,4								
Ql (tf)	34			21,00			15								
Qr (tf)				22,00			16,5								
			23,00			20,7									
			24,00			16									
			média do N no fuste			9									
			média do N para ponta			18									
qp (tf/m <sup>2</sup> )	886,7														
ql (tf/m <sup>2</sup> )	7,5														
Qp (tf)															
Ql (tf)	84														
Qr (tf)															

Valores de alfa e beta (Teixeira, 1996)									
Tipo de solo	Tipo de estaca			Tipo de estaca			Raízes		
	prémoldada e metálica	Frankl	Escavadas	Frankl	Escavadas	Raízes	Frankl	Escavadas	Raízes
Valores de alfa (tf/m <sup>2</sup> ) em função do tipo de solo 4-Nspt-40	argila siltosa	11	10	10	10	10	10	10	10
	siltos argiloso	16	12	11	11	11	11	11	11
	argila arenosa	21	16	13	13	13	13	13	13
	siltos arenoso	26	21	16	16	16	16	16	16
	areia argilosa	30	24	20	20	20	19	19	19
	areia siltosa	36	30	24	24	24	22	22	22
	areia	40	34	27	27	27	26	26	26
	areia com pedregulhos	44	38	31	31	31	29	29	29
	Valores de beta (tf/m <sup>2</sup> ) em função do tipo de estaca:	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6
	Capacidade de carga (Teixeira, 1996)								
estaca de 310 mm									
Prof. (m)	N	estaca de 310 mm		N	estaca de 410 mm com 12,00 m		Raiz de 310 mm com 23,00 m		
1,00	3	Prof. (m)	1,00	2,1	Estaca tipo:	raiz	Estaca tipo:	raiz	raiz
2,00	2	2,00	2,00	4,2	diâmetro (cm):	41	diâmetro (cm):	31	31
3,00	3	3,00	3,00	4	comprimento (m):	12,00	comprimento (m):	23,00	23,00
4,00	2	4,00	4,00	4,5	perímetro (m)	1,287	perímetro (m)	0,973	0,973
5,00	5	5,00	5,00	7,3	área da base (m <sup>2</sup> ):	0,132	área da base (m <sup>2</sup> ):	0,075	0,075
6,00	6	6,00	6,00	6,2					
7,00	6	7,00	7,00	5,2					
8,00	4	8,00	8,00	6,7					
9,00	7	9,00	9,00	9					
10,00	8	10,00	10,00	10					
11,00	7	11,00	11,00	10,3					
12,00	10	12,00	12,00	9,3					
13,00	11	13,00	13,00	7,5					
média do N no fuste	5	14,00	14,00	6,7					
média do N para ponta	9	15,00	15,00	3,9					
		16,00	16,00	1,9					
		17,00	17,00	6,6					
Qp (tf)		18,00	18,00	13					
Ql (tf)		19,00	19,00	19					
Qr (tf)		20,00	20,00	13,4					
		21,00	21,00	15					
		22,00	22,00	16,5					
		23,00	23,00	20,7					
		24,00	24,00	16					
		média do N no fuste							
		9							
		média do N para ponta							
		18							
Qp (tf)									
Ql (tf)									
Qr (tf)									

Métodos de cálculo_SPT_Furos 15 e 18													
Resistências	Cabral (1986)	Brasfond (1991)	Aoki e Veloso (1975)	Laprovitera (1988)	Monteiro (1997)	Decourt e Quaresma (1978)	Decourt (1996)	Velloso (1981)	Teixeira (1996)	Mínimo (tf)	Maximo (tf)	Médio (tf)	
Ql-atribo (ton)	21	49	17	23	39	39	65	34	49	17	65	38	
Qp-pontia (ton)	12	12	15	20	18	25	15	26	13	12	26	18	
Qr-ruptura (ton)	33	61	32	43	57	64	80	60	62	32	80	56	
Ql-atribo (ton)	74	119	39	53	95	85	133	84	119	39	133	89	
Qp-pontia (ton)	28	13	18	23	20	27	16	29	15	13	29	22	
Qr-ruptura (ton)	102	132	57	76	115	112	149	113	134	57	149	111	
Métodos de cálculo_SPT_Média dos furos													
Resistências	Cabral (1986)	Brasfond (1991)	Aoki e Veloso (1975)	Laprovitera (1988)	Monteiro (1997)	Decourt e Quaresma (1978)	Decourt (1996)	Velloso (1981)	Teixeira (1996)	Mínimo (tf)	Maximo (tf)	Médio (tf)	
Ql-atribo (ton)	22	53	18	25	42	39	73	37	53	22	73	41	
Qp-pontia (ton)	11	12	14	18	18	26	16	27	14	11	27	18	
Qr-ruptura (ton)	33	65	32	43	60	64	89	64	67	32	89	59	
Ql-atribo (ton)	88	144	47	63	115	85	154	102	144	47	154	105	
Qp-pontia (ton)	28	13	18	23	20	27	16	29	15	13	29	22	
Qr-ruptura (ton)	116	157	65	86	135	112	170	131	159	65	170	126	



**CPT**

A small, handwritten mark or signature located in the bottom right corner of the page. It consists of several overlapping, cursive-like strokes.

Prof. (m)	Valores de fs (kPa)										Medda	Prof. (m)	Valores de qc (MPa)										Medda
	CP1	CP2	CP3-12,00 m	CP4	CP5-23,00 m	CP6	CP7	CP8	CP9	CP10			CP1	CP2	CP3-12,00 m	CP4	CP5-23,00 m	CP6	CP7	CP8	CP9	CP10	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
0,25	119	-	73	200	37	101	27	77	58	87	0,25	2,31	-	1,03	4,08	1,95	4,18	2,38	3,81	2,38	3		
0,5	141	-	32	198	87	122	23	91	32	91	0,5	1,38	-	1,71	3,49	1,87	1,87	2	3,56	2,12	2		
0,75	125	-	47	119	57	93	25	41	4	64	0,75	1,12	-	3,5	3,59	1,53	1,86	2,17	3,59	0,47	2		
1	101	-	73	24	17	88	18	8	0	39	1	1,02	-	4,68	2,43	1,15	1,83	3,22	2,93	0,52	2		
1,25	45	-	52	10	11	45	11	5	5	23	1,25	1,03	-	3,47	1,85	1,32	1,51	3,07	2,37	2,58	2		
1,5	16	-	7	1	10	31	12	5	1	10	1,5	1,13	-	2,85	1,31	1,21	1,35	2,95	2,62	1,94	2		
1,75	7	-	3	0	10	21	12	6	4	8	1,75	1,25	-	2,18	1,25	1,32	1,41	2,52	2,48	2,5	2		
2	7	-	2	1	13	14	9	4	6	7	2	1,20	-	1,85	1,47	1,67	1,35	2,13	2,29	2,41	2		
2,25	26	-	2	1	12	13	5	3	4	8	2,25	1,48	-	1,24	1,55	1,41	1,28	2,41	2,15	1,88	2		
2,5	18	-	0	0	26	18	5	1	2	9	2,5	1,68	-	1,31	1,33	1,82	1,4	2,22	2,08	2,17	2		
2,75	7	-	1	0	34	18	3	2	4	9	2,75	1,83	-	1,27	1,37	1,99	1,68	1,8	2,31	2,37	2		
3	11	-	0	0	19	18	10	4	3	8	3	2,29	-	1,86	1,31	2,04	1,88	2,54	2,41	2,44	2		
3,25	18	20	0	0	32	21	15	3	10	13	3,25	2,74	1,48	2,43	1,54	2,4	1,89	3,36	2,88	2,77	2		
3,5	17	15	3	3	31	27	9	9	9	14	3,5	3,03	1,54	2,32	2,28	2,81	1,81	2,46	2,99	3,08	2		
3,75	13	12	1	3	30	23	6	6	5	11	3,75	2,37	1,86	2,75	2,41	2,83	1,54	2,42	2,57	2,38	2		
4	11	14	7	2	85	18	10	10	12	17	4	2,48	1,95	3,55	2,18	2,42	1,79	2,51	2,81	2,54	2		
4,25	23	10	5	17	42	17	8	7	11	16	4,25	2,55	2,21	3,23	2,72	2,21	1,88	2,41	2,51	3,01	3		
4,5	23	9	2	14	31	14	4	4	19	13	4,5	2,6	1,98	2,79	2,95	2,15	1,81	2,3	2,41	3,13	2		
4,75	16	14	0	10	33	18	15	1	11	13	4,75	2,32	2,09	2,48	2,83	2,51	1,81	2,78	1,53	2,84	2		
5	51	12	0	27	50	33	44	11	6	26	5	2,85	2,03	2,48	2,98	2,83	2,11	3,13	2,32	2,51	3		
5,25	53	31	4	38	73	57	46	41	7	39	5,25	3,84	2,51	2,91	2,86	4	2,48	3,17	2,87	2,82	3		
5,5	22	84	4	58	44	65	18	31	17	36	5,5	3,05	2,86	3,34	3,05	3,11	2,84	3,57	3,14	2,77	3		
5,75	58	58	6	16	87	99	87	84	44	53	5,75	2,94	2,91	3,44	2,45	3,03	4,88	3,01	3,28	3,35	3		
6	73	55	10	31	115	89	79	51	37	60	6	2,78	2,81	3,69	2,82	2,58	1,8	3,43	3,86	3,14	3		
6,25	85	51	17	58	147	120	79	25	40	69	6,25	2,85	2,23	3,51	2,98	2,37	2,4	3,58	3,33	3,32	3		
6,5	95	98	39	87	185	169	125	37	85	97	6,5	2,58	2,35	3,89	3,27	2,28	2,4	3,25	2,86	3,52	3		
6,75	128	104	84	49	135	158	139	18	111	103	6,75	2,17	2,29	4,08	2,89	1,98	2,08	3,13	2,78	3,28	3		
7	140	104	91	80	113	173	129	33	83	104	7	1,98	2,07	3,78	2,58	1,91	1,9	2,51	2,74	2,85	2		
7,25	136	143	161	61	123	158	85	56	113	115	7,25	1,91	2,13	3,72	2,48	1,82	1,8	2,48	2,72	2,56	2		
7,5	131	187	186	71	124	155	137	84	135	128	7,5	1,81	1,96	3,45	2,5	1,82	1,72	2,23	2,84	2,48	2		
7,75	89	173	196	78	127	142	162	54	149	130	7,75	1,91	1,89	3,21	2,3	2,07	1,58	2,11	2,59	2,58	2		
8	135	173	149	108	145	136	117	82	184	136	8	1,85	1,82	2,82	2,02	2,1	1,82	1,87	2,35	2,58	2		
8,25	147	182	141	122	132	142	180	158	143	145	8,25	1,72	1,85	2,57	1,89	1,72	1,79	2,14	2,49	2,25	2		
8,5	132	187	170	92	134	135	152	158	147	143	8,5	1,56	1,8	2,41	1,75	1,72	1,69	1,83	2,48	2,07	2		
8,75	139	178	185	118	111	130	140	154	183	143	8,75	1,79	2,15	2,24	1,79	1,53	1,8	2,29	2,24	2,34	2		
9	148	182	146	130	113	129	164	182	169	145	9	1,82	1,83	2,15	1,84	1,81	1,7	1,85	2,25	2,08	2		
9,25	182	148	158	132	122	117	84	153	174	140	9,25	2,05	1,88	2,32	1,84	1,85	1,89	1,86	2,07	2,44	2		
9,5	173	165	155	128	112	122	79	181	183	142	9,5	2,03	1,95	2,32	1,86	1,57	1,84	1,94	2,18	2,59	2		
9,75	158	167	150	128	123	112	131	183	171	147	9,75	1,88	1,85	2,17	1,8	2,04	1,79	1,78	2,28	2,15	2		
10	181	154	141	123	118	122	147	181	139	10	1,88	1,84	1,88	1,7	1,97	1,88	2,08	1,84	1,82	2			
10,25	183	149	167	107	124	151	144	175	157	149	10,25	1,86	1,48	2,37	1,72	2,19	2,05	2,11	2,28	2,13	2		
10,5	169	165	182	129	136	130	140	175	169	154	10,5	1,96	1,89	2,25	2,11	2,12	1,55	2,08	2,21	2,11	2		
10,75	160	178	155	121	136	119	137	175	147	148	10,75	1,98	1,82	2,26	1,8	2,14	2,01	2,02	2,38	1,85	2		
11	178	177	199	331	133	117	135	148	134	146	11	2,08	1,85	2,07	1,88	2,09	1,8	2,12	2,22	2,15	2		
11,25	183	177	162	125	141	144	147	141	183	157	11,25	2,15	1,77	2,44	1,78	2,02	2,09	1,88	2,18	2,15	2		
11,5	172	172	187	128	152	121	130	140	171	150	11,5	2,07	1,8	2,29	2,01	2,14	2,18	2,08	2,28	2,02	2		
11,75	165	165	151	138	137	133	131	142	158	147	11,75	1,86	1,87	2,01	2,01	2,07	2,03	1,83	2,07	2,24	2		
12	145	164	129	139	130	129	120	144	177	142	12	1,87	1,78	2,13	1,98	2,01	1,87	2,1	2,18	2,2	2		
12,25	173	159	161	118	140	159	137	135	166	152	12,25	2,01	1,8	2,21	1,83	1,83	2,02	2	2,14	2,09	2		
12,5	137	170	132	100	115	139	117	123	166	133	12,5	1,98	2,02	2,1	1,91	1,91	1,86	1,87	1,82	2,09	2		
12,75	118	151	124	100	107	132	117	139	162	128	12,75	1,59	1,87	2,05	1,82	1,85	1,82	1,86	2,21	1,9	2		
13	108	149	115	105	118	117	121	124	153	123	13	1,98	1,81	1,88	2,02	1,87	1,83	1,87	2,1	1,9	2		
13,25	202	153	122	88	118	125	122	111	150	132	13,25	1,73	1,82	2,04	1,98	1,84	1,78	1,72	1,87	1,82	2		
13,5	130	137	108	58	92	123	89	102	138	109	13,5	1,54	1,84	1,86	1,96	1,86	1,72	1,86	1,59	1,87	1,88	2	
13,75	121	109	103	72	79	140	79	112	132	105	13,75	1,5	1,43	1,83	2,25	1,84	1,78	1,61	1,88	1,84	2		
14	97	106	94	86	78	151	96	104	131	105	14	1,6	1,52	1,88	2,37	1,71	1,71	1,73	1,81	1,73	2		
14,25	107	115	105	73	82	115	67	86	138	103	14,25	1,85	1,54	1,77	2,45	1,81	1,89	1,83	1,7	1,78	2		
14,5	84	104	86	73	79	103	75	89	117	90	14,5	1,72	1,7	1,57	2,84	1,64	1,86	1,55	1,67	1,88	2		
14,75	74	100	83	94	69	86	67	102	116	88	14,75	1,87	1,69	1,75	3,47	1,89	1,77	1,54	1,67	1,84	2		
15	84	104	70	167	95	104	69	88	114	96	15	1,56	1,43	1,74	4,12	1,8	1,87	1,81	1,67	1,54	2		
15,25	78	78	90	125	90	114	62	71	117	91	15,25	1,86	1,71	2,1	2,99	1,82	1,86	1,85	1,49	1,8	2		
15,5	58	98	61	83	82	80	82	73	108	81	15,5	1,54	1,88	1,82	3	1,87	1,77	1,82	1,41	1,85	2		
15,75	59	94	80	103	79	84	51	81	105	80	15,75	1,72	1,83	1,86	2,9	1,85	1,84	1,52	1,58	1,83	2		
16	84	111	57	-	81	84	82	64	104	76	16	1,6	1,8	2,28	2,25	-	2,13	1,38	1,81	1,53	1,58	2	
16,25	76	214	83	-	109	75	60	83	111	99	16,25	1,88	2,86	2,46	-	3,04	1,82	1,83	1,46	1,86	2		
16,5	86	148	84	-	149	68	53	64	91	90	16,5	1,71	1,79	2,27	-	2,58	1,69	1,57</					

Valores de F1 e F2 (Aoki e Veloso, 1975; Velloso et al. 1978; UFRJ, 1984 e 1989)	
Tipo de estaca	F1
Frankl	2,5
Metálica	1,75
Pré-moldada	1,75
Escavada	3,0
Raiz	2,0
Raiz de 410 mm com 12,00 m	2,0
Raiz de 310 mm com 23,00 m	4,0
Estaca tipo:	
raiz	Estaca tipo:
diâmetro (cm):	41
comprimento (m):	23,00
perímetro (cm):	1,29
área da base (cm <sup>2</sup> ):	0,97
área da base (m <sup>2</sup> ):	0,13
Valores de F1 e F2 (Monteiro, 1997)	
Tipo de estaca	F1
Raiz	2,2
	F2
	2,4

Aoki e Veloso (1975)-Raiz de 410 mm com 12,00 m												
Prof. (m)	delta l (m)	fs (kPa)	qc (MPa)	q	PI (KN)	Pz (KN)	Pt (KN)	PI (t)	Pz (t)	Pt (t)	PI (%)	Pz (%)
0	0,00	0	0	0,0	0	0,00	0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0
0,25	0,25	73	1,63	9,8	10	97,77	108	1,0	97,77	10,8	1,0	10,8
0,5	0,25	32	1,71	4,3	14	102,57	117	1,4	102,57	11,7	1,4	11,7
0,75	0,25	47	3,5	6,3	20	209,93	230	2,0	209,93	23,0	2,0	23,0
1	0,25	73	4,66	9,8	30	278,51	310	3,0	278,51	31,0	3,0	31,0
1,25	0,25	52	3,47	7,0	37	208,13	245	3,7	208,13	24,5	3,7	24,5
1,5	0,25	7	2,85	0,9	38	186,95	197	3,8	186,95	19,7	3,8	19,7
1,75	0,25	3	2,18	0,4	39	130,76	169	3,8	130,76	16,9	3,8	16,9
2	0,25	2	1,85	0,3	39	110,97	150	3,9	110,97	15,0	3,9	15,0
2,25	0,25	2	1,24	0,3	39	74,58	113	3,9	74,58	11,3	3,9	11,3
2,5	0,25	0	1,31	0,0	39	78,58	118	3,9	78,58	11,8	3,9	11,8
2,75	0,25	1	1,27	0,1	39	78,18	115	3,9	78,18	11,5	3,9	11,5
3	0,25	0	1,86	0,0	39	111,56	151	3,9	111,56	15,1	3,9	15,1
3,25	0,25	0	2,43	0,0	39	145,75	185	3,9	145,75	18,5	3,9	18,5
3,5	0,25	3	2,32	0,4	40	139,18	179	4,0	139,18	17,9	4,0	17,9
3,75	0,25	1	2,75	0,1	40	164,95	205	4,0	164,95	20,5	4,0	20,5
4	0,25	7	3,55	0,9	41	212,93	254	4,1	212,93	25,4	4,1	25,4
4,25	0,25	5	3,23	0,7	41	193,74	235	4,1	193,74	23,5	4,1	23,5
4,5	0,25	2	2,78	0,3	42	167,35	209	4,2	167,35	20,9	4,2	20,9
4,75	0,25	0	2,48	0,0	42	148,75	180	4,2	148,75	18,0	4,2	18,0
5	0,25	0	2,48	0,0	42	148,75	180	4,2	148,75	18,0	4,2	18,0
5,25	0,25	4	2,91	0,5	42	174,55	217	4,2	174,55	21,7	4,2	21,7
5,5	0,25	4	3,34	0,5	43	200,34	243	4,3	200,34	24,3	4,3	24,3
5,75	0,25	6	3,44	0,8	43	206,34	250	4,3	206,34	25,0	4,3	25,0
6	0,25	10	3,69	1,3	45	221,33	266	4,5	221,33	26,6	4,5	26,6
6,25	0,25	39	3,89	5,2	52	210,53	259	4,7	210,53	25,9	4,7	25,9
6,5	0,25	17	3,51	2,3	52	233,33	266	5,2	233,33	26,6	5,2	26,6
6,75	0,25	84	4,66	11,3	62	278,51	343	6,2	278,51	34,3	6,2	34,3
7	0,25	81	3,78	12,2	64	226,73	302	6,4	226,73	30,2	6,4	30,2
7,25	0,25	161	3,72	21,8	97	223,13	320	9,7	223,13	32,0	9,7	32,0
7,5	0,25	186	3,45	22,3	120	206,93	327	12,0	206,93	32,7	12,0	32,7
7,75	0,25	188	3,21	26,3	146	192,54	338	14,6	192,54	33,8	14,6	33,8
8	0,25	149	2,62	20,0	166	157,15	323	16,6	157,15	32,3	16,6	32,3
8,25	0,25	141	2,67	18,9	185	154,19	339	18,5	154,19	33,9	18,5	33,9
8,5	0,25	170	2,41	22,8	208	144,55	352	20,8	144,55	35,2	20,8	35,2
8,75	0,25	160	2,24	21,5	229	134,36	363	22,9	134,36	36,3	22,9	36,3
9	0,25	148	2,15	19,8	249	128,98	378	24,9	128,98	37,8	24,9	37,8
9,25	0,25	158	2,32	21,2	270	139,16	409	27,0	139,16	40,9	27,0	40,9
9,5	0,25	155	2,32	20,8	281	139,16	430	28,1	139,16	43,0	28,1	43,0
9,75	0,25	150	2,17	20,1	311	130,18	443	31,1	130,18	44,3	31,1	44,3
10	0,25	141	1,89	18,9	330	113,36	443	33,0	113,36	44,3	33,0	44,3
10,25	0,25	167	2,37	22,4	352	142,18	484	35,2	142,18	48,4	35,2	48,4
10,5	0,25	182	2,25	24,4	377	134,98	512	37,7	134,98	51,2	37,7	51,2
10,75	0,25	155	2,28	20,8	397	135,95	533	39,7	135,95	53,3	39,7	53,3
11	0,25	166	2,07	22,3	420	124,16	544	42,0	124,16	54,4	42,0	54,4
11,25	0,25	162	2,44	21,7	441	146,35	588	44,1	146,35	58,8	44,1	58,8
11,5	0,25	167	2,29	22,4	464	137,36	601	46,4	137,36	60,1	46,4	60,1
11,75	0,25	151	2,01	20,2	484	120,56	605	48,4	120,56	60,5	48,4	60,5
12	0,25	129	2,13	17,3	501	127,76	629	50,1	127,76	62,9	50,1	62,9
12	0,25	129	2,13	17,3	501	127,76	629	50,1	127,76	62,9	50,1	62,9

Aoki e Velloso (1975)-Raiz de 310 mm com 23,00 m

Prof. (m)	delta l (m)	fs (kPa)	qc (MPa)	qt	Pl (KN)	Pp (KN)	Pr (KN)	Pl (tf)	總Pl (tf)	總Pp (tf)	總Pr (tf)
0	0,00	0	0	0,0	0	0,00	0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,25	0,25	37	1,95	3,8	4	68,87	71	0,4	6,7	7,1	
0,5	0,25	87	1,87	8,8	13	64,12	77	1,3	6,4	7,7	
0,75	0,25	57	1,53	5,8	18	52,46	71	1,8	5,2	7,1	
1	0,25	17	1,15	1,7	20	39,43	60	2,0	3,9	6,0	
1,25	0,25	11	1,32	1,1	21	45,26	66	2,1	4,5	6,6	
1,5	0,25	10	1,21	1,0	22	41,49	64	2,2	4,1	6,4	
1,75	0,25	10	1,32	1,0	23	45,26	68	2,3	4,5	6,8	
2	0,25	13	1,67	1,3	25	57,26	82	2,5	5,7	8,2	
2,25	0,25	12	1,41	1,2	26	48,35	74	2,6	4,8	7,4	
2,5	0,25	26	1,82	2,6	28	62,41	91	2,8	6,2	9,1	
2,75	0,25	34	1,99	3,4	32	68,24	100	3,2	6,8	10,0	
3	0,25	19	2,04	1,9	34	69,95	104	3,4	7,0	10,4	
3,25	0,25	32	2,4	3,2	37	82,30	119	3,7	8,2	11,9	
3,5	0,25	31	2,81	3,1	40	96,36	137	4,0	9,6	13,7	
3,75	0,25	30	2,83	3,0	43	97,04	140	4,3	9,7	14,0	
4	0,25	65	2,42	6,6	50	82,98	133	5,0	8,3	13,3	
4,25	0,25	42	2,21	4,3	54	75,78	130	5,4	7,6	13,0	
4,5	0,25	31	2,15	3,1	57	73,72	131	5,7	7,4	13,1	
4,75	0,25	33	2,51	3,3	61	86,07	147	6,1	8,6	14,7	
5	0,25	50	2,83	5,1	66	97,04	163	6,6	9,7	16,3	
5,25	0,25	73	4	7,4	73	137,16	210	7,3	13,7	21,0	
5,5	0,25	44	3,11	4,5	77	106,64	184	7,7	10,7	18,4	
5,75	0,25	67	3,03	6,8	84	103,90	188	8,4	10,4	18,8	
6	0,25	115	2,58	11,7	96	88,47	184	9,6	8,8	18,4	
6,25	0,25	147	2,37	14,9	111	81,27	192	11,1	8,1	19,2	
6,5	0,25	155	2,28	15,7	127	78,18	205	12,7	7,8	20,5	
6,75	0,25	135	1,99	13,7	140	68,24	208	14,0	6,8	20,8	
7	0,25	113	1,91	11,5	152	65,49	217	15,2	6,5	21,7	
7,25	0,25	123	1,82	12,5	164	62,41	227	16,4	6,2	22,7	
7,5	0,25	124	1,92	12,6	177	65,84	243	17,7	6,6	24,3	
7,75	0,25	127	2,07	12,9	190	70,98	261	19,0	7,1	26,1	
8	0,25	145	2,1	14,7	204	72,01	276	20,4	7,2	27,6	
8,25	0,25	132	1,72	13,4	218	58,98	277	21,8	5,9	27,7	
8,5	0,25	134	1,72	13,6	231	58,98	290	23,1	5,9	29,0	
8,75	0,25	111	1,53	11,3	243	52,46	295	24,3	5,2	29,5	
9	0,25	113	1,81	11,5	254	62,07	316	25,4	6,2	31,6	
9,25	0,25	122	1,65	12,4	266	56,58	323	26,6	5,7	32,3	
9,5	0,25	112	1,57	11,4	278	53,84	332	27,8	5,4	33,2	
9,75	0,25	123	2,04	12,5	290	69,95	360	29,0	7,0	36,0	
10	0,25	118	1,97	12,0	302	67,55	370	30,2	6,8	37,0	
10,25	0,25	124	2,19	12,6	315	75,10	390	31,5	7,5	39,0	
10,5	0,25	136	2,12	13,8	329	72,70	401	32,9	7,3	40,1	
10,75	0,25	136	2,14	13,8	342	73,38	416	34,2	7,3	41,6	
11	0,25	133	2,09	13,5	356	71,67	427	35,6	7,2	42,7	
11,25	0,25	141	2,02	14,3	370	69,27	439	37,0	6,9	43,9	
11,5	0,25	152	2,14	15,4	386	73,38	459	38,6	7,3	45,9	
11,75	0,25	137	2,07	13,9	399	70,98	470	39,9	7,1	47,0	
12	0,25	130	2,01	13,2	413	68,92	482	41,3	6,9	48,2	
12,25	0,25	140	1,93	14,2	427	66,18	493	42,7	6,6	49,3	
12,5	0,25	115	1,91	11,7	438	65,49	504	43,8	6,5	50,4	
12,75	0,25	107	1,85	10,8	449	63,44	513	44,9	6,3	51,3	
13	0,25	118	1,87	12,0	461	64,12	525	46,1	6,4	52,5	
13,25	0,25	116	1,84	11,8	473	63,09	536	47,3	6,3	53,6	
13,5	0,25	92	1,72	9,3	482	58,98	541	48,2	5,9	54,1	
13,75	0,25	79	1,84	8,0	490	63,09	553	49,0	6,3	55,3	
14	0,25	78	1,71	7,9	498	58,64	557	49,8	5,9	55,7	
14,25	0,25	92	1,81	9,3	508	62,07	570	50,8	6,2	57,0	
14,5	0,25	79	1,64	8,0	516	56,24	572	51,6	5,6	57,2	
14,75	0,25	69	1,69	7,0	523	57,95	581	52,3	5,8	58,1	
15	0,25	65	1,8	6,6	529	61,72	591	52,9	6,2	59,1	
15,25	0,25	90	1,92	9,1	538	65,84	604	53,8	6,6	60,4	
15,5	0,25	82	1,97	8,3	547	67,55	614	54,7	6,8	61,4	
15,75	0,25	79	1,95	8,0	555	66,87	622	55,5	6,7	62,2	
16	0,25	61	2,13	6,2	561	73,04	634	56,1	7,3	63,4	
16,25	0,25	109	3,04	11,1	572	104,24	676	57,2	10,4	67,6	
16,5	0,25	149	2,58	15,1	587	88,47	675	58,7	8,8	67,5	
16,75	0,25	98	2,19	9,9	597	75,10	672	59,7	7,5	67,2	
17	0,25	86	1,98	8,7	606	67,89	674	60,6	6,8	67,4	
17,25	0,25	104	2,42	10,5	616	82,98	699	61,6	8,3	69,9	
17,5	0,25	81	2,62	8,2	624	89,84	714	62,4	9,0	71,4	
17,75	0,25	84	2,84	8,5	633	97,38	730	63,3	9,7	73,0	
18	0,25	109	3,11	11,1	644	106,64	751	64,4	10,7	75,1	
18,25	0,25	137	3,18	13,9	658	109,04	767	65,8	10,9	76,7	
18,5	0,25	133	3,15	13,5	671	108,01	779	67,1	10,8	77,9	
18,75	0,25	164	3,14	16,6	688	107,67	796	68,8	10,8	79,6	
19	0,25	151	2,77	15,3	703	94,98	798	70,3	9,5	79,8	
19,25	0,25	135	2,73	13,7	717	93,61	811	71,7	9,4	81,1	
19,5	0,25	113	2,94	11,5	728	100,81	829	72,8	10,1	82,9	
19,75	0,25	224	14,05	22,7	751	481,78	1233	75,1	48,2	123,3	
20	0,25	608	22,97	61,6	813	787,65	1600	81,3	78,8	160,0	
20,25	0,25	505	15,85	51,2	864	543,50	1407	86,4	54,4	140,7	
20,5	0,25	466	8,36	47,3	911	218,09	1129	91,1	21,8	112,9	
20,75	0,25	156	2,9	15,8	927	99,44	1027	92,7	9,9	102,7	
21	0,25	139	2,89	14,1	941	99,10	1040	94,1	9,9	104,0	
21,25	0,25	183	3,59	18,6	960	123,10	1083	96,0	12,3	108,3	
21,5	0,25	243	4,02	24,6	984	137,85	1122	98,4	13,8	112,2	
21,75	0,25	196	3,05	19,9	1004	104,59	1109	100,4	10,5	110,9	
22	0,25	154	2,92	15,6	1020	100,13	1120	102,0	10,0	112,0	
22,25	0,25	196	3,41	19,9	1040	116,93	1157	104,0	11,7	115,7	
22,5	0,25	183	2,92	18,6	1058	100,13	1158	105,8	10,0	115,8	
22,75	0,25	166	3,03	16,8	1075	103,90	1179	107,5	10,4	117,9	
23	0,25	178	3,66	18,0	1093	125,50	1219	109,3	12,5	121,9	

alfa	lambda	Raiz de 410 mm com 12,00 m			Raiz de 310 mm com 23,00 m		
		Estaca tipo:	raiz	Estaca tipo:	raiz	Estaca tipo:	raiz
beta 410	0,83	diâmetro (cm):	41	diâmetro (cm):	31	diâmetro (cm):	31
beta 310	0,88	comprimento (m):	12,00	comprimento (m):	23,00	comprimento (m):	23,00
		perímetro (m)	1,287	perímetro (m)	0,973	perímetro (m)	0,973
		área da base (m2):	0,132	área da base (m2):	0,075	área da base (m2):	0,075
Veloso (1987)-Raiz de 410 mm com 12,00 m							
Prof. (m)	delta l (m)	fs (kPa)	qc (MPa)	ql	PI (KN)	Pp (KN)	Pr (KN)
0	0,00	0	0	0,0	0	0	0,0
0,25	0,25	73	1,63	9,1	9	8	0,9
0,5	0,25	32	1,71	4,0	13	13	1,3
0,75	0,25	47	3,5	5,9	18	18	1,9
1	0,25	73	4,66	8,1	28	28	2,8
1,25	0,25	52	3,47	6,5	35	35	3,5
1,5	0,25	7	2,65	0,9	36	36	3,6
1,75	0,25	3	2,18	0,4	36	36	3,6
2	0,25	2	1,85	0,3	36	36	3,6
2,25	0,25	2	1,24	0,3	36	36	3,6
2,5	0,25	0	1,31	0,0	36	36	3,6
2,75	0,25	1	1,27	0,1	37	37	3,7
3	0,25	0	1,86	0,0	37	37	3,7
3,25	0,25	0	2,43	0,0	37	37	3,7
3,5	0,25	3	2,32	0,4	37	37	3,7
3,75	0,25	1	2,75	0,1	37	37	3,7
4	0,25	7	3,55	0,9	38	38	3,8
4,25	0,25	5	3,23	0,6	39	39	3,9
4,5	0,25	2	2,79	0,3	39	39	3,9
4,75	0,25	0	2,48	0,0	39	39	3,9
5	0,25	0	2,48	0,0	39	39	3,9
5,25	0,25	4	2,91	0,5	39	39	3,9
5,5	0,25	4	3,34	0,5	40	40	4,0
5,75	0,25	6	3,44	0,8	41	41	4,1
6	0,25	10	3,68	1,3	42	42	4,2
6,25	0,25	17	3,51	2,1	44	44	4,4
6,5	0,25	39	3,89	4,9	49	49	4,9
6,75	0,25	84	4,66	10,5	59	59	5,9
7	0,25	91	3,78	11,4	71	71	7,1
7,25	0,25	161	3,72	20,1	91	91	9,1
7,5	0,25	166	3,45	20,8	112	112	11,2
7,75	0,25	196	3,21	24,5	136	136	13,6
8	0,25	149	2,62	18,6	155	155	15,5
8,25	0,25	141	2,97	17,6	172	172	17,2
8,5	0,25	170	2,41	21,3	194	194	19,4
8,75	0,25	180	2,24	20,0	214	214	21,4
9	0,25	148	2,15	18,5	232	232	23,2
9,25	0,25	156	2,32	19,8	252	252	25,2
9,5	0,25	155	2,32	19,4	271	271	27,1
9,75	0,25	150	2,17	18,8	290	290	29,0
10	0,25	141	1,89	17,6	308	308	30,8
10,25	0,25	167	2,37	20,9	328	328	32,8
10,5	0,25	182	2,25	22,8	351	351	35,1
10,75	0,25	155	2,26	19,4	371	371	37,1
11	0,25	166	2,07	20,8	391	391	39,1
11,25	0,25	162	2,44	20,3	412	412	41,2
11,5	0,25	187	2,29	20,9	432	432	43,2
11,75	0,25	151	2,01	18,9	451	451	45,1
12	0,25	129	2,13	16,1	467	467	46,7
12,25			2,21				
12,5			2,1				
12,75			2,05				
13			1,88				
13,25			2,04				
13,5			1,99				

*[Handwritten signature]*

Velloso (1981)-Raiz de 310 mm com 23.00 m									
Prof. (m)	delta l (m)	fs (kPa)	qc (MPa)	ql	PI (KN)	Pp (KN)	Pr (KN)	PI (tf)	Pp (tf)
0	0,00	0	0	0,0	0			0,0	
0,25	0,25	37	1,95	4,6	5			0,5	
0,5	0,25	87	1,87	10,9	16			1,8	
0,75	0,25	57	1,53	7,1	23			2,3	
1	0,25	17	1,15	2,1	25			2,5	
1,25	0,25	11	1,32	1,4	26			2,6	
1,5	0,25	10	1,21	1,3	27			2,7	
1,75	0,25	10	1,32	1,3	29			2,9	
2	0,25	13	1,67	1,6	30			3,0	
2,25	0,25	12	1,41	1,5	32			3,2	
2,5	0,25	26	1,82	3,3	35			3,5	
2,75	0,25	34	1,99	4,3	39			3,9	
3	0,25	19	2,04	2,4	42			4,2	
3,25	0,25	32	2,4	4,0	46			4,6	
3,5	0,25	31	2,81	3,9	50			5,0	
3,75	0,25	30	2,83	3,8	53			5,3	
4	0,25	65	2,42	8,1	61			6,1	
4,25	0,25	42	2,21	5,3	67			6,7	
4,5	0,25	31	2,15	3,9	71			7,1	
4,75	0,25	33	2,51	4,1	75			7,5	
5	0,25	50	2,83	6,3	81			8,1	
5,25	0,25	73	4	9,1	90			9,0	
5,5	0,25	44	3,11	5,5	96			9,6	
5,75	0,25	67	3,03	8,4	104			10,4	
6	0,25	115	2,58	14,4	118			11,8	
6,25	0,25	147	2,37	18,4	137			13,7	
6,5	0,25	155	2,28	19,4	156			15,6	
6,75	0,25	135	1,99	16,9	173			17,3	
7	0,25	113	1,91	14,1	187			18,7	
7,25	0,25	123	1,82	15,4	202			20,2	
7,5	0,25	124	1,92	15,5	216			21,6	
7,75	0,25	127	2,07	15,9	234			23,4	
8	0,25	145	2,1	18,1	252			25,2	
8,25	0,25	132	1,72	16,5	268			26,8	
8,5	0,25	134	1,72	16,8	285			28,5	
8,75	0,25	111	1,53	13,9	299			29,9	
9	0,25	113	1,81	14,1	313			31,3	
9,25	0,25	122	1,65	15,3	328			32,8	
9,5	0,25	112	1,57	14,0	342			34,2	
9,75	0,25	123	2,04	15,4	358			35,8	
10	0,25	118	1,97	14,8	373			37,3	
10,25	0,25	124	2,19	15,5	388			38,8	
10,5	0,25	136	2,12	17,0	405			40,5	
10,75	0,25	136	2,14	17,0	422			42,2	
11	0,25	133	2,09	16,6	439			43,9	
11,25	0,25	141	2,02	17,6	456			45,6	
11,5	0,25	152	2,14	19,0	475			47,5	
11,75	0,25	137	2,07	17,1	492			49,2	
12	0,25	130	2,01	16,3	509			50,9	
12,25	0,25	140	1,93	17,5	526			52,6	
12,5	0,25	115	1,91	14,4	541			54,1	
12,75	0,25	107	1,85	13,4	554			55,4	
13	0,25	118	1,87	14,8	569			56,9	
13,25	0,25	116	1,84	14,5	583			58,3	
13,5	0,25	92	1,72	11,5	595			59,5	
13,75	0,25	79	1,84	9,9	605			60,5	
14	0,25	78	1,71	9,8	614			61,4	
14,25	0,25	92	1,81	11,5	626			62,6	
14,5	0,25	79	1,64	9,9	636			63,6	
14,75	0,25	69	1,69	8,6	644			64,4	
15	0,25	65	1,8	8,1	652			65,2	
15,25	0,25	90	1,92	11,3	664			66,4	
15,5	0,25	82	1,97	10,3	674			67,4	
15,75	0,25	79	1,95	9,9	684			68,4	
16	0,25	61	2,13	7,8	691			69,1	
16,25	0,25	109	3,04	13,6	705			70,5	
16,5	0,25	149	2,58	18,6	724			72,4	
16,75	0,25	98	2,19	12,3	736			73,6	
17	0,25	86	1,98	10,8	747			74,7	
17,25	0,25	104	2,42	13,0	760			76,0	
17,5	0,25	81	2,62	10,1	770			77,0	
17,75	0,25	84	2,84	10,5	780			78,0	
18	0,25	109	3,11	13,6	794			79,4	
18,25	0,25	137	3,18	17,1	811			81,1	
18,5	0,25	133	3,15	16,6	828			82,8	
18,75	0,25	164	3,14	20,5	848			84,8	
19	0,25	151	2,77	18,9	867			86,7	
19,25	0,25	135	2,73	16,9	884			88,4	
19,5	0,25	113	2,94	14,1	898			89,8	
19,75	0,25	224	14,05	28,0	926			92,6	
20	0,25	608	22,97	76,0	1002			100,2	
20,25	0,25	505	15,85	63,1	1065			106,5	
20,5	0,25	466	6,36	58,3	1123			112,3	
20,75	0,25	156	2,9	19,5	1143			114,3	
21	0,25	139	2,89	17,4	1160			116,0	
21,25	0,25	183	3,59	22,9	1183			118,3	
21,5	0,25	243	4,02	30,4	1214			121,4	
21,75	0,25	196	3,05	24,5	1238			123,8	
22	0,25	154	2,92	19,3	1257			125,7	
22,25	0,25	196	3,41	24,5	1282			128,2	
22,5	0,25	183	2,92	22,9	1305			130,5	
22,75	0,25	166	3,03	20,8	1325			132,5	
23	0,25	178	3,66	22,3	1348	13,59		135	45

Raiz de 410 mm com 12.00 m		Raiz de 310 mm com 23.00 m		alfa p	silte	0.45
Estaca tipo:	raiz	Estaca tipo:	raiz	alfa s	silte	80
diâmetro (cm):	41	diâmetro (cm):	31	alfa l	1,25	
comprimento (m):	12,00	comprimento (m):	23,00			
perímetro (m)	1,287	perímetro (m)	0,973			
área da base (m2):	0,132	área da base (m2):	0,075			
Philipponnat (1989)-Raiz de 410 mm com 12.00 m						
Prof. (m)	delta l (m)	qc (MPa)	qs	PI (KN)	Pp (KN)	Pr (KN)
0	0,00	0	0,00	0	0,00	0
0,25	0,25	1,63	10,83	11	88,78	108
0,5	0,25	1,71	11,47	22	101,54	124
0,75	0,25	3,5	23,47	46	207,83	254
1	0,25	4,66	31,25	77	278,72	354
1,25	0,25	3,47	23,27	100	208,05	306
1,5	0,25	2,85	17,77	118	157,36	278
1,75	0,25	2,18	14,82	133	129,45	262
2	0,25	1,85	12,40	145	109,88	255
2,25	0,25	1,24	8,31	153	73,83	227
2,5	0,25	1,31	8,78	162	77,78	240
2,75	0,25	1,27	8,52	171	75,41	246
3	0,25	1,86	12,47	183	110,45	294
3,25	0,25	2,43	16,29	200	144,30	344
3,5	0,25	2,32	15,56	215	137,76	353
3,75	0,25	2,75	18,44	234	163,30	397
4	0,25	3,55	23,80	257	210,80	468
4,25	0,25	3,23	21,88	278	191,80	471
4,5	0,25	2,79	18,71	298	165,87	483
4,75	0,25	2,48	16,63	314	147,27	482
5	0,25	2,48	16,63	331	147,27	478
5,25	0,25	2,81	19,51	350	172,80	523
5,5	0,25	3,34	22,40	373	198,33	571
5,75	0,25	3,44	23,07	396	204,27	600
6	0,25	3,69	24,74	421	218,12	640
6,25	0,25	3,51	23,54	444	208,43	653
6,5	0,25	3,89	28,08	470	230,99	701
6,75	0,25	4,66	31,25	502	276,72	778
7	0,25	3,78	25,35	527	224,48	751
7,25	0,25	3,72	24,94	552	220,80	773
7,5	0,25	3,45	23,13	575	204,87	780
7,75	0,25	3,21	21,52	596	190,81	787
8	0,25	2,82	17,57	614	155,88	770
8,25	0,25	2,57	17,23	631	152,81	784
8,5	0,25	2,41	16,16	647	143,11	791
8,75	0,25	2,24	15,02	662	133,01	795
9	0,25	2,15	14,42	677	127,67	805
9,25	0,25	2,32	15,56	692	137,76	830
9,5	0,25	2,32	15,58	708	137,78	846
9,75	0,25	2,17	14,55	723	128,88	851
10	0,25	1,89	12,87	735	112,23	847
10,25	0,25	2,37	15,89	751	140,73	892
10,5	0,25	2,25	15,09	768	133,61	900
10,75	0,25	2,28	15,15	781	134,20	916
11	0,25	2,07	13,88	795	122,92	918
11,25	0,25	2,44	16,38	812	144,89	958
11,5	0,25	2,29	15,35	827	135,98	963
11,75	0,25	2,01	13,48	840	119,38	960
12	0,25	2,13	14,28	855	127,08	982
12,25		2,21				
12,5		2,1				
12,75		2,05				
13		1,98				
13,25		2,04				
13,5		1,98				

*[Handwritten signature]*

Philipponnat (1986)-Raiz de 310 mm com 23.00 m

Prof. (m)	delta l (m)	fs (kPa)	qc (MPa)	qs	PI (KN)	Pp (KN)	Pr (KN)	Pl (tf)	Pp (tf)
0	0,00	0	0	0,0	0	0,00	0	0,0	
0,25	0,25	37	1,95	9,9	10	66,20	76	1,0	
0,5	0,25	87	1,87	9,5	19	63,48	83	1,9	
0,75	0,25	57	1,53	7,8	27	51,94	79	2,7	
1	0,25	17	1,15	5,8	33	39,04	72	3,3	
1,25	0,25	11	1,32	6,7	40	44,81	84	4,0	
1,5	0,25	10	1,21	6,1	46	41,08	87	4,6	
1,75	0,25	10	1,32	6,7	52	44,81	97	5,2	
2	0,25	13	1,67	8,5	61	56,69	118	6,1	
2,25	0,25	12	1,41	7,1	68	47,87	116	6,8	
2,5	0,25	26	1,82	9,2	77	61,78	139	7,7	
2,75	0,25	34	1,99	10,1	87	67,56	155	8,7	
3	0,25	19	2,04	10,3	98	69,25	167	9,8	
3,25	0,25	32	2,4	12,2	110	81,47	191	11,0	
3,5	0,25	31	2,81	14,2	124	95,39	220	12,4	
3,75	0,25	30	2,83	14,3	139	96,07	235	13,9	
4	0,25	65	2,42	12,3	151	82,15	233	15,1	
4,25	0,25	42	2,21	11,2	162	75,02	237	16,2	
4,5	0,25	31	2,15	10,9	173	72,99	246	17,3	
4,75	0,25	33	2,51	12,7	186	85,21	271	18,8	
5	0,25	50	2,83	14,3	200	96,07	296	20,0	
5,25	0,25	73	4	20,3	220	135,79	358	22,0	
5,5	0,25	44	3,11	15,8	236	105,58	342	23,6	
5,75	0,25	67	3,03	15,4	251	102,86	354	25,1	
6	0,25	115	2,58	13,1	264	87,58	352	26,4	
6,25	0,25	147	2,37	12,0	276	80,46	357	27,6	
6,5	0,25	155	2,28	11,6	288	77,40	365	28,8	
6,75	0,25	135	1,99	10,1	298	67,56	366	29,8	
7	0,25	113	1,91	9,7	308	64,84	373	30,8	
7,25	0,25	123	1,82	9,2	317	61,78	379	31,7	
7,5	0,25	124	1,92	9,7	327	65,18	392	32,7	
7,75	0,25	127	2,07	10,5	337	70,27	408	33,7	
8	0,25	145	2,1	10,6	348	71,29	419	34,8	
8,25	0,25	132	1,72	8,7	357	58,39	415	35,7	
8,5	0,25	134	1,72	8,7	365	58,39	424	36,5	
8,75	0,25	111	1,53	7,8	373	51,94	425	37,3	
9	0,25	113	1,81	9,2	382	61,44	444	38,2	
9,25	0,25	122	1,65	8,4	391	56,01	447	39,1	
9,5	0,25	112	1,57	8,0	399	53,30	452	39,9	
9,75	0,25	123	2,04	10,3	409	69,25	478	40,9	
10	0,25	118	1,97	10,0	419	66,88	486	41,9	
10,25	0,25	124	2,19	11,1	430	74,34	504	43,0	
10,5	0,25	136	2,12	10,7	441	71,97	513	44,1	
10,75	0,25	136	2,14	10,8	452	72,65	524	45,2	
11	0,25	133	2,09	10,6	462	70,95	533	46,2	
11,25	0,25	141	2,02	10,2	472	68,57	541	47,2	
11,5	0,25	152	2,14	10,8	483	72,65	556	48,3	
11,75	0,25	137	2,07	10,5	494	70,27	564	49,4	
12	0,25	130	2,01	10,2	504	68,23	572	50,4	
12,25	0,25	140	1,93	9,8	514	65,52	579	51,4	
12,5	0,25	115	1,91	9,7	523	64,84	588	52,3	
12,75	0,25	107	1,85	9,4	533	62,80	596	53,3	
13	0,25	118	1,87	9,5	542	63,48	606	54,2	
13,25	0,25	116	1,84	9,3	552	62,46	614	55,2	
13,5	0,25	92	1,72	8,7	560	58,39	619	56,0	
13,75	0,25	79	1,84	9,3	570	62,46	632	57,0	
14	0,25	78	1,71	8,7	578	58,05	636	57,8	
14,25	0,25	92	1,81	9,2	588	61,44	649	58,8	
14,5	0,25	79	1,64	8,3	596	55,67	652	59,6	
14,75	0,25	69	1,69	8,6	604	57,37	662	60,4	
15	0,25	65	1,8	9,1	614	61,11	675	61,4	
15,25	0,25	90	1,92	9,7	623	65,18	688	62,3	
15,5	0,25	82	1,97	10,0	633	66,88	700	63,3	
15,75	0,25	79	1,95	9,9	643	66,20	709	64,3	
16	0,25	61	2,13	10,8	654	72,31	726	65,4	
16,25	0,25	109	3,04	15,4	669	103,20	773	66,9	
16,5	0,25	149	2,58	13,1	682	87,58	770	68,2	
16,75	0,25	98	2,19	11,1	694	74,34	768	69,4	
17	0,25	86	1,98	10,0	704	67,22	771	70,4	
17,25	0,25	104	2,42	12,3	716	82,15	798	71,6	
17,5	0,25	81	2,62	13,3	729	88,94	818	72,9	
17,75	0,25	84	2,84	14,4	744	96,41	840	74,4	
18	0,25	109	3,11	15,8	759	105,58	865	75,9	
18,25	0,25	137	3,18	16,1	775	107,95	883	77,5	
18,5	0,25	133	3,15	16,0	791	106,93	898	79,1	
18,75	0,25	164	3,14	15,9	807	106,59	914	80,7	
19	0,25	151	2,77	14,0	821	94,03	915	82,1	
19,25	0,25	135	2,73	13,8	835	92,68	928	83,5	
19,5	0,25	113	2,94	14,9	850	99,81	950	85,0	
19,75	0,25	224	14,05	71,2	921	476,96	1398	92,1	
20	0,25	608	22,97	116,5	1038	779,77	1818	103,8	
20,25	0,25	505	15,85	80,4	1118	538,07	1656	111,8	
20,5	0,25	466	6,36	32,2	1150	215,90	1366	115,0	
20,75	0,25	156	2,9	14,7	1165	98,45	1264	116,5	
21	0,25	139	2,89	14,7	1180	98,11	1278	118,0	
21,25	0,25	183	3,59	18,2	1198	121,87	1320	119,8	
21,5	0,25	243	4,02	20,4	1218	136,47	1355	121,8	
21,75	0,25	196	3,05	15,5	1234	103,54	1337	123,4	
22	0,25	154	2,92	14,8	1249	99,13	1348	124,9	
22,25	0,25	196	3,41	17,3	1266	115,76	1382	126,6	
22,5	0,25	183	2,92	14,8	1281	99,13	1380	128,1	
22,75	0,25	166	3,03	15,4	1296	102,86	1399	129,6	
23	0,25	178	3,66	18,6	1315	125,19	1440	131,5	
23,25			4,49						
23,5			3,43						
23,75			5,95						
24			3,38						



# LIMITE ESTRUTURAL

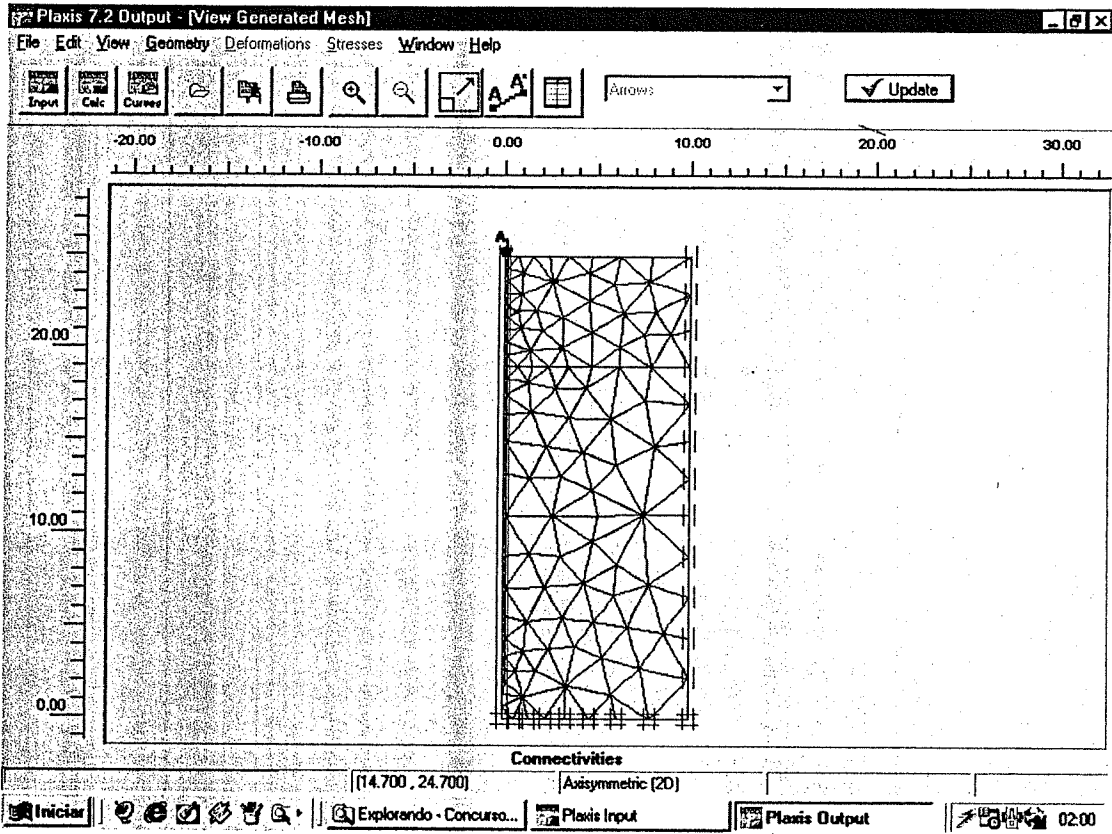


ESTACA RAIZ de 12,00 m com 410 mm						
diâmetro (cm)	área concreto (cm <sup>2</sup> )	aço (mm)	área aço (cm <sup>2</sup> )	barras	área aço total (cm <sup>2</sup> )	área concreto afetiva (cm <sup>2</sup> )
41,00	1319,59	16,00	2,01	6,00	12,06	1307,53
fck (kgf/cm <sup>2</sup> )	fyk (kgf/cm <sup>2</sup> )	Q (tf)				
268,00	5000,00	411				
fcd (kgf/cm <sup>2</sup> )	fyd (kgf/cm <sup>2</sup> )	Q (tf)				
191,43	4347,83	216				

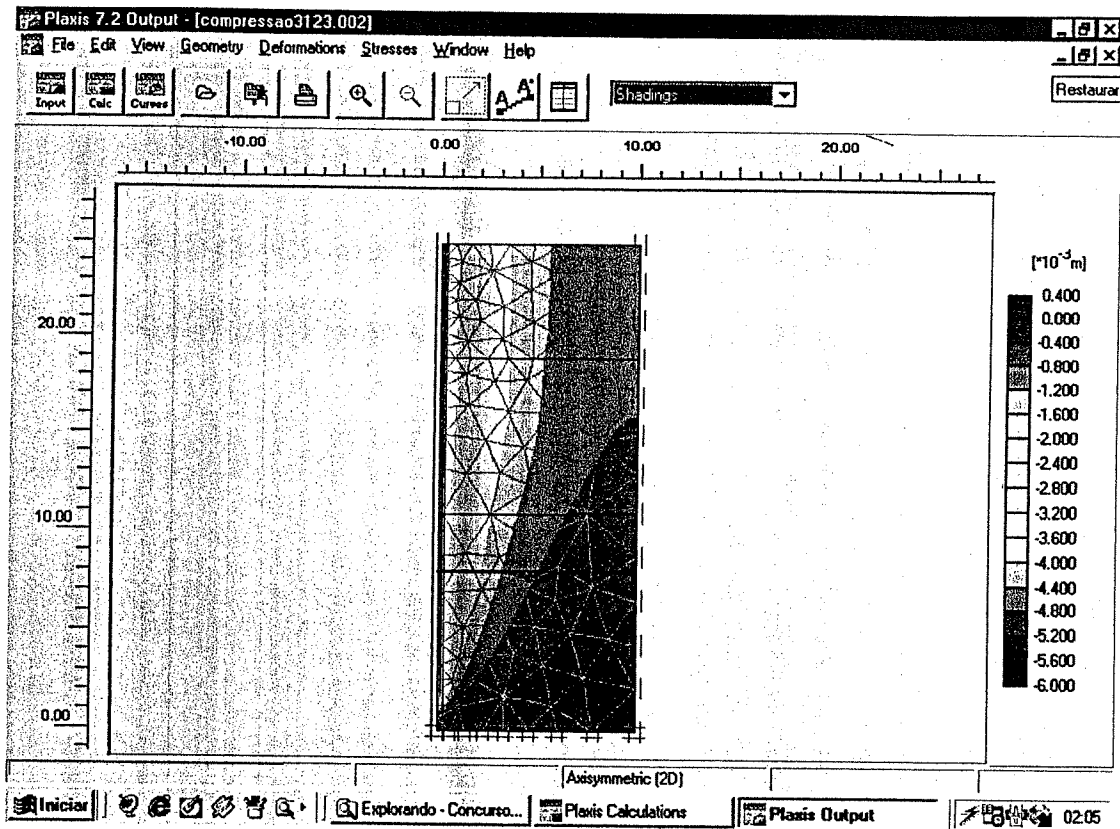
ESTACA RAIZ de 23,00 m com 310 mm						
diâmetro (cm)	área concreto (cm <sup>2</sup> )	aço (mm)	área aço (cm <sup>2</sup> )	barras	área aço total (cm <sup>2</sup> )	área concreto afetiva (cm <sup>2</sup> )
31,00	754,39	20,00	3,14	7,00	21,98	732,41
fck (kgf/cm <sup>2</sup> )	fyk (kgf/cm <sup>2</sup> )	Q (tf)				
322,00	5000,00	346				
fcd (kgf/cm <sup>2</sup> )	fyd (kgf/cm <sup>2</sup> )	Q (tf)				
230,00	4347,83	189				

**SIMULAÇÃO**  
**NUMÉRICA**  
**(compressão)**

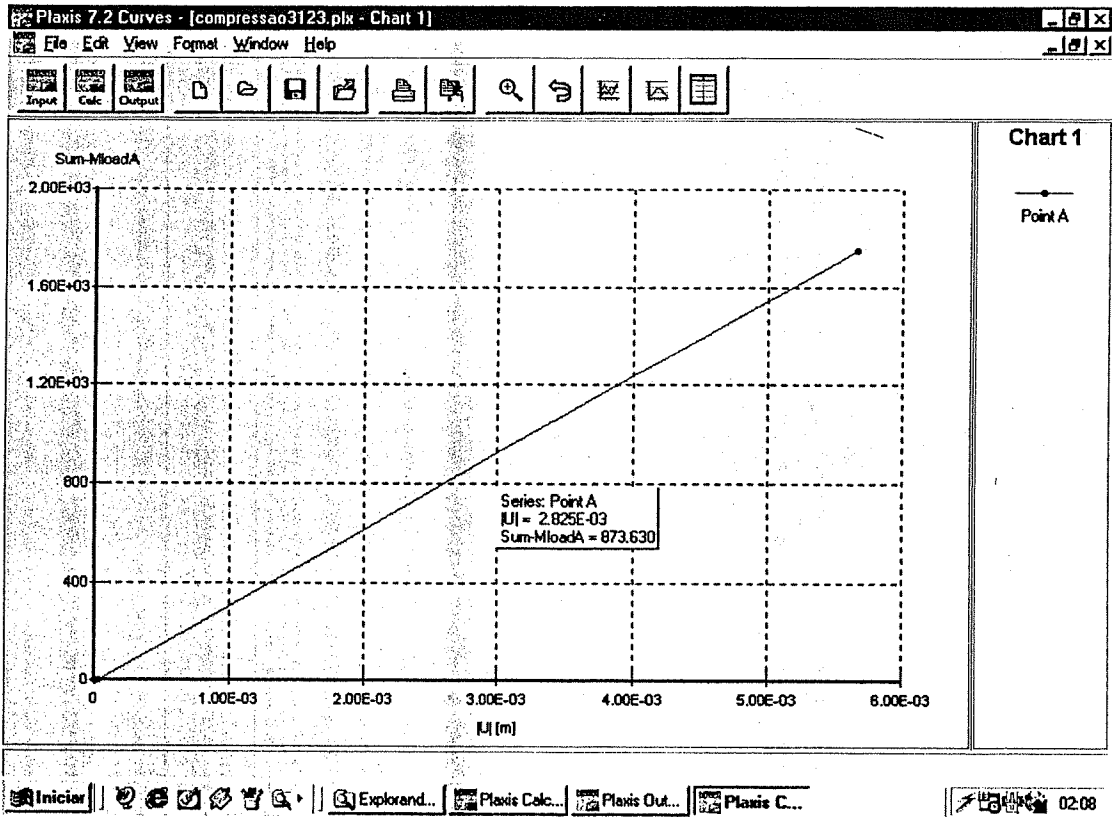


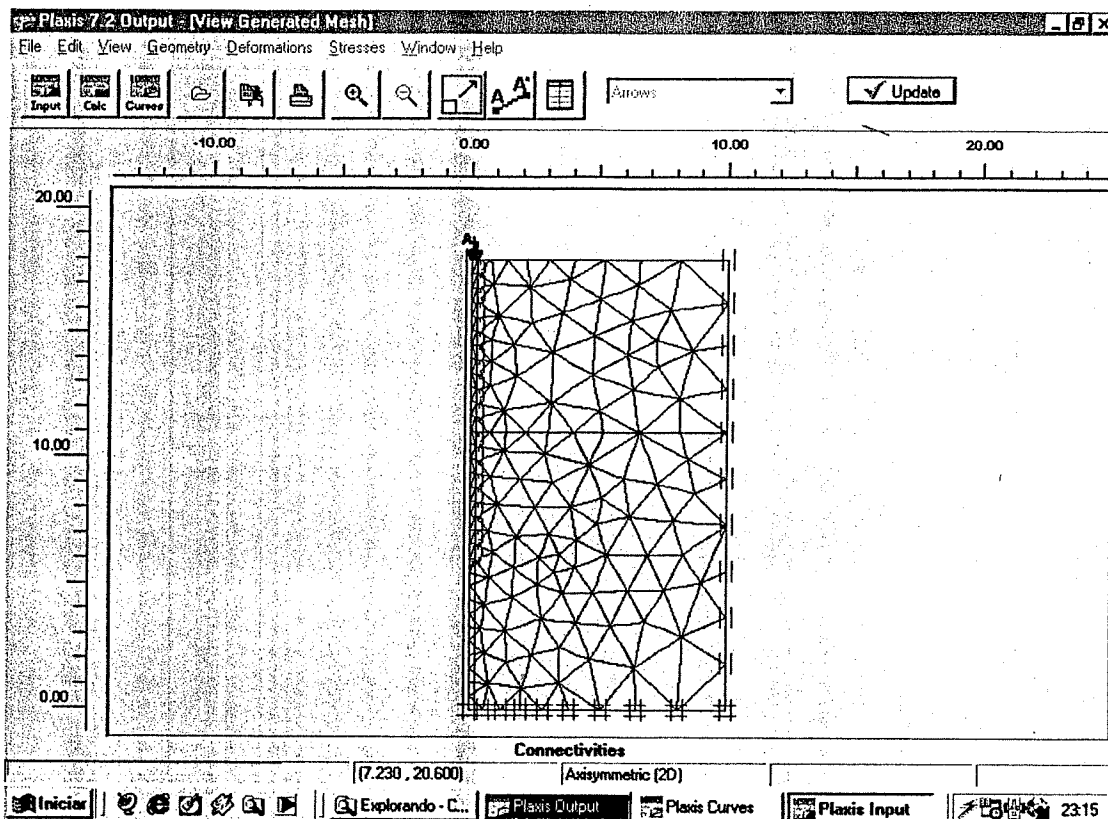


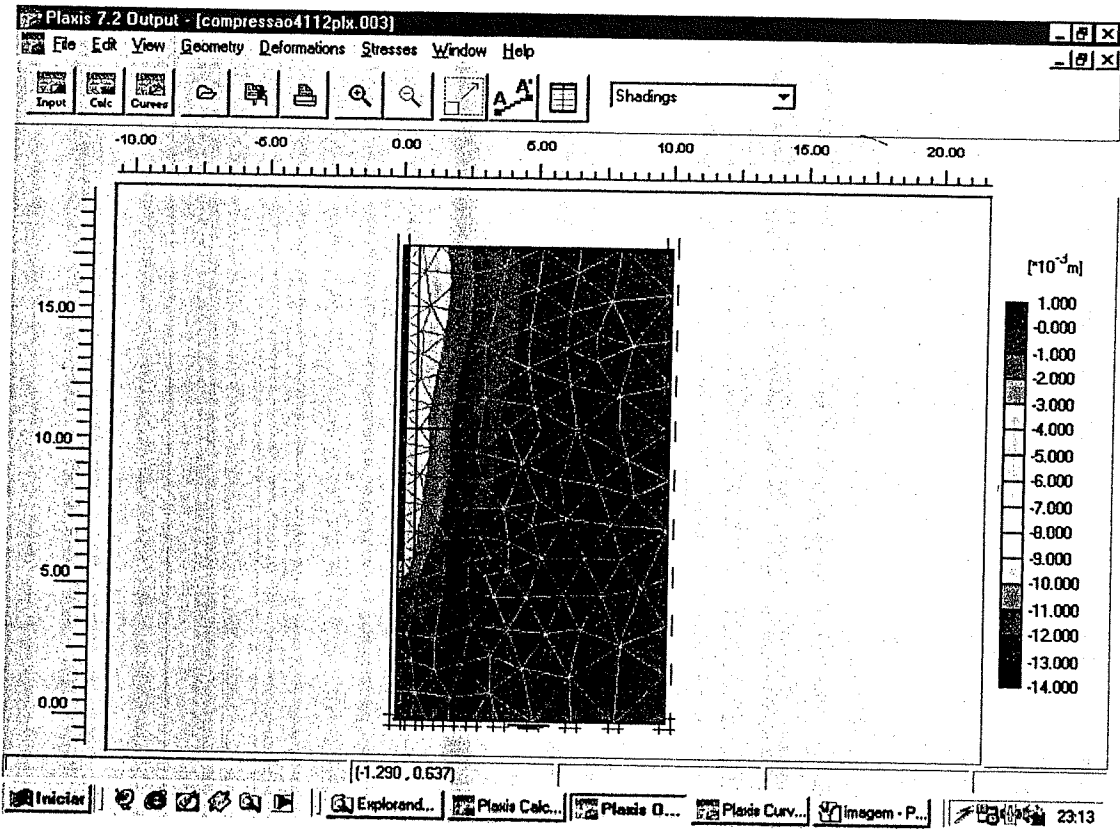
*[Handwritten signature]*



*[Handwritten signature]*

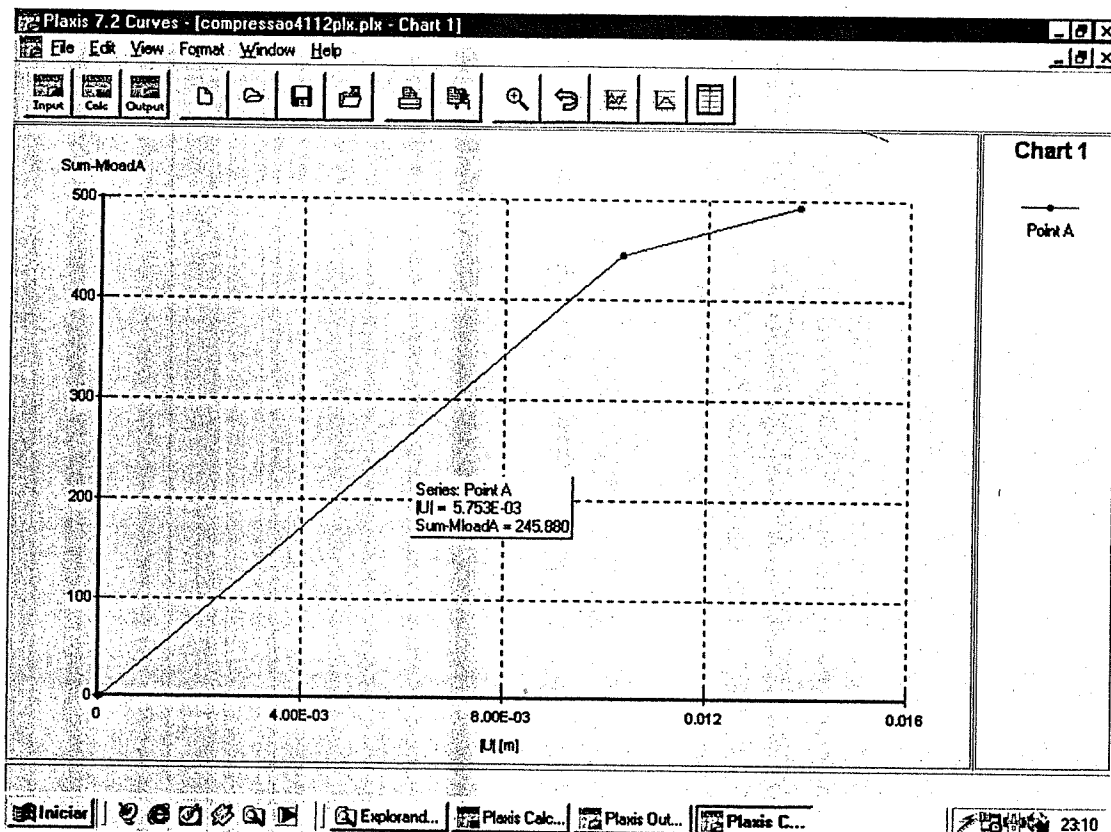






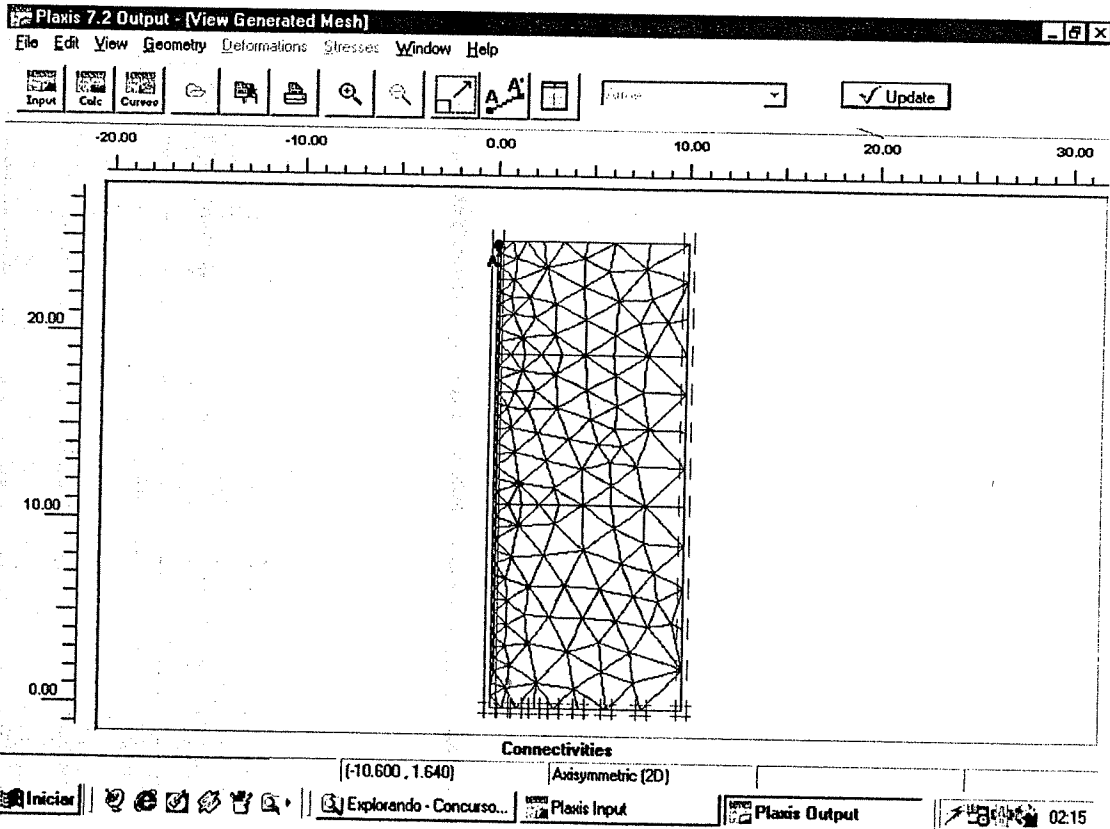
Handwritten signature or initials.



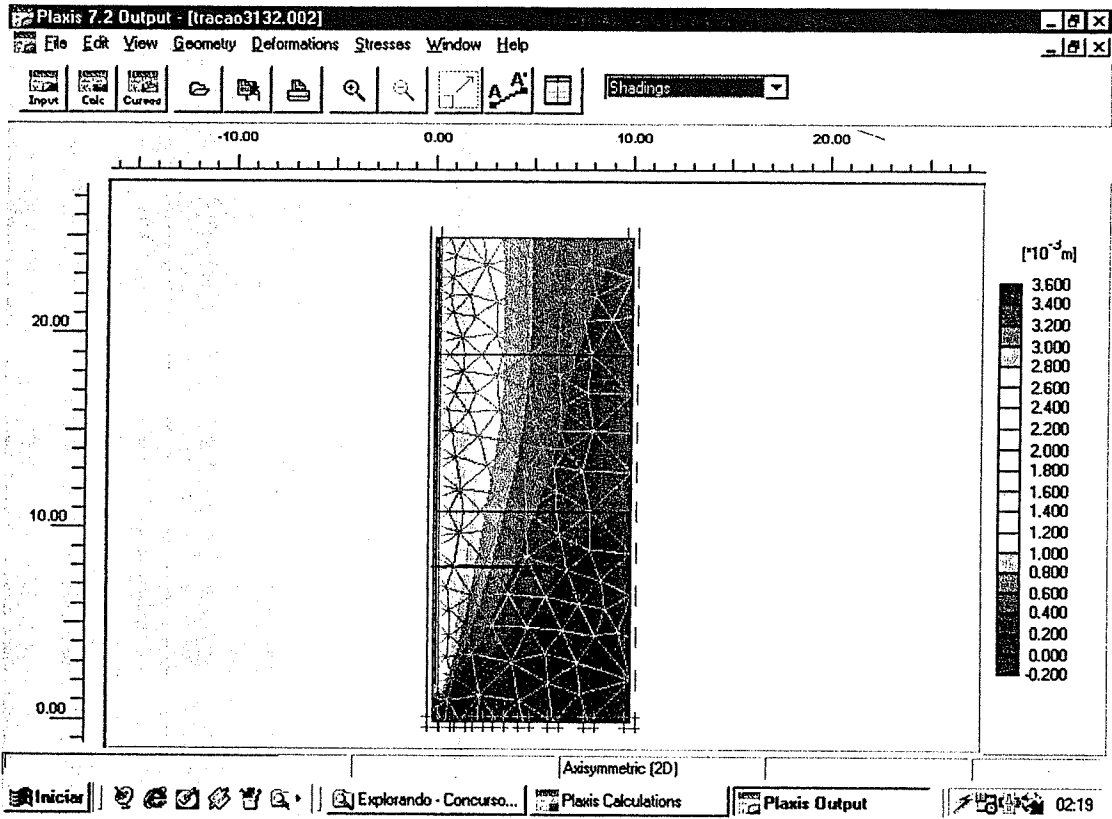


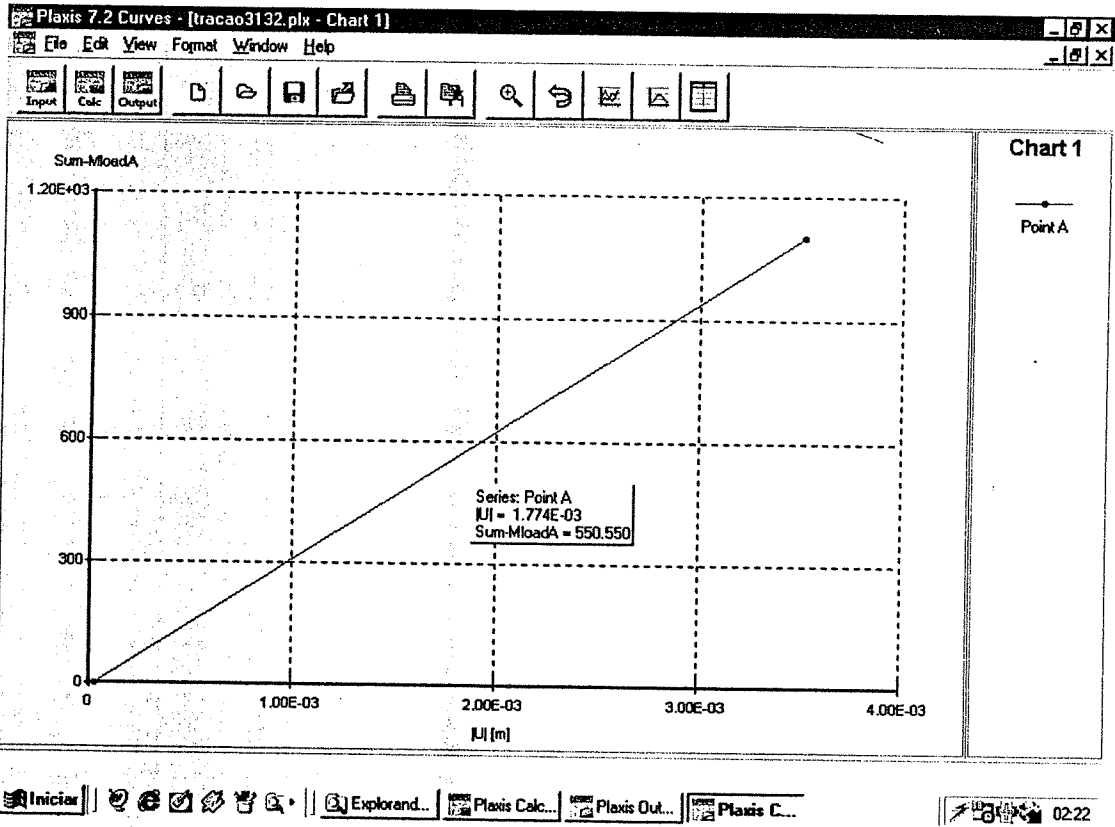
**SIMULAÇÃO**  
**NUMÉRICA**  
**(tração)**

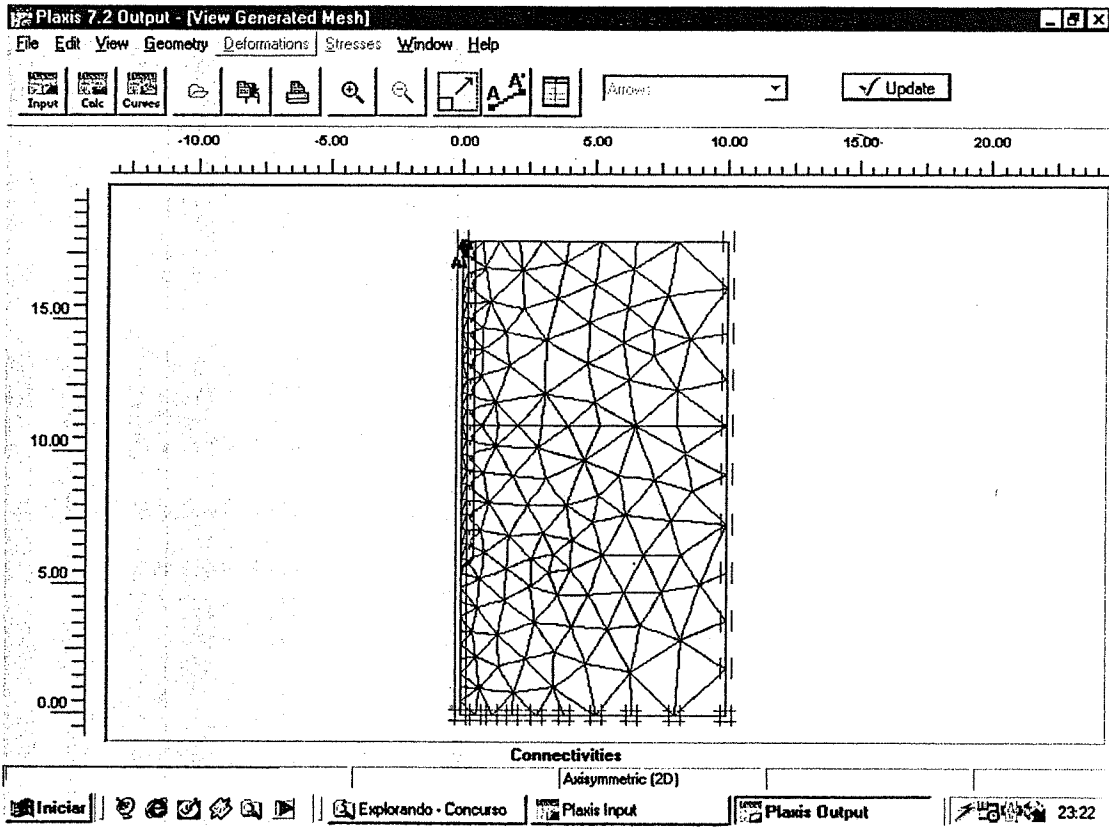
*[Handwritten mark]*

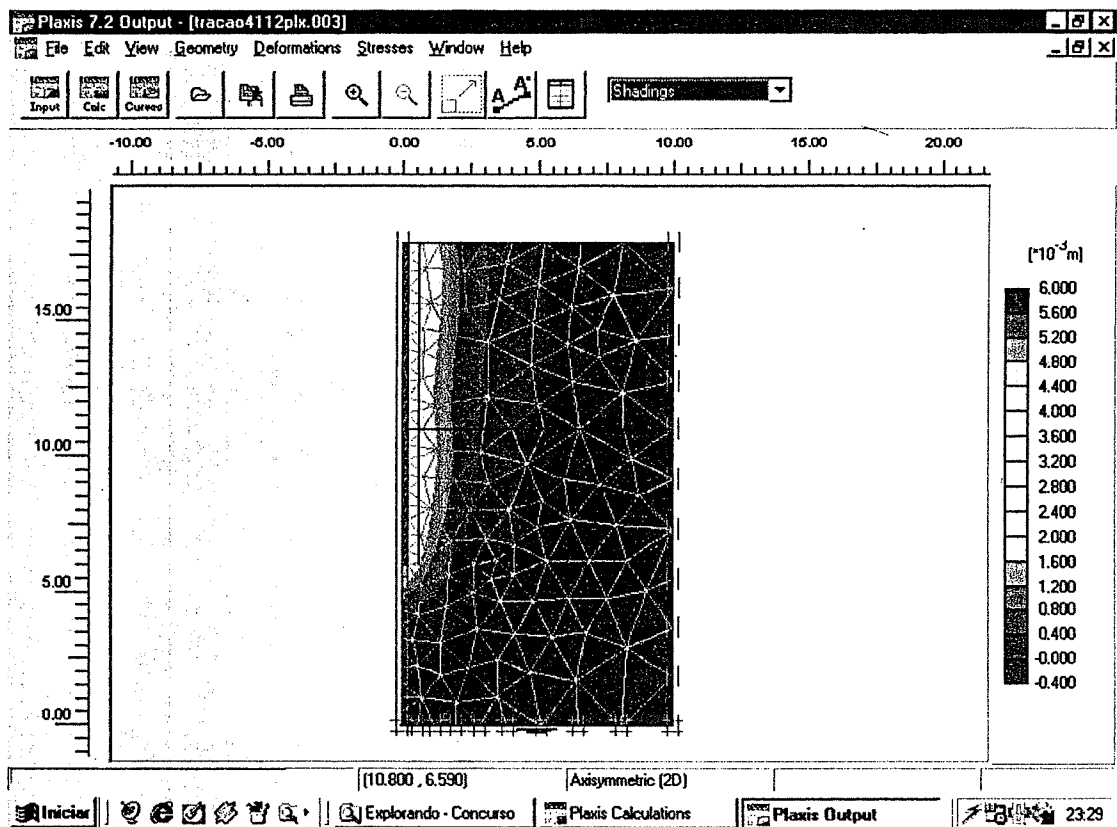


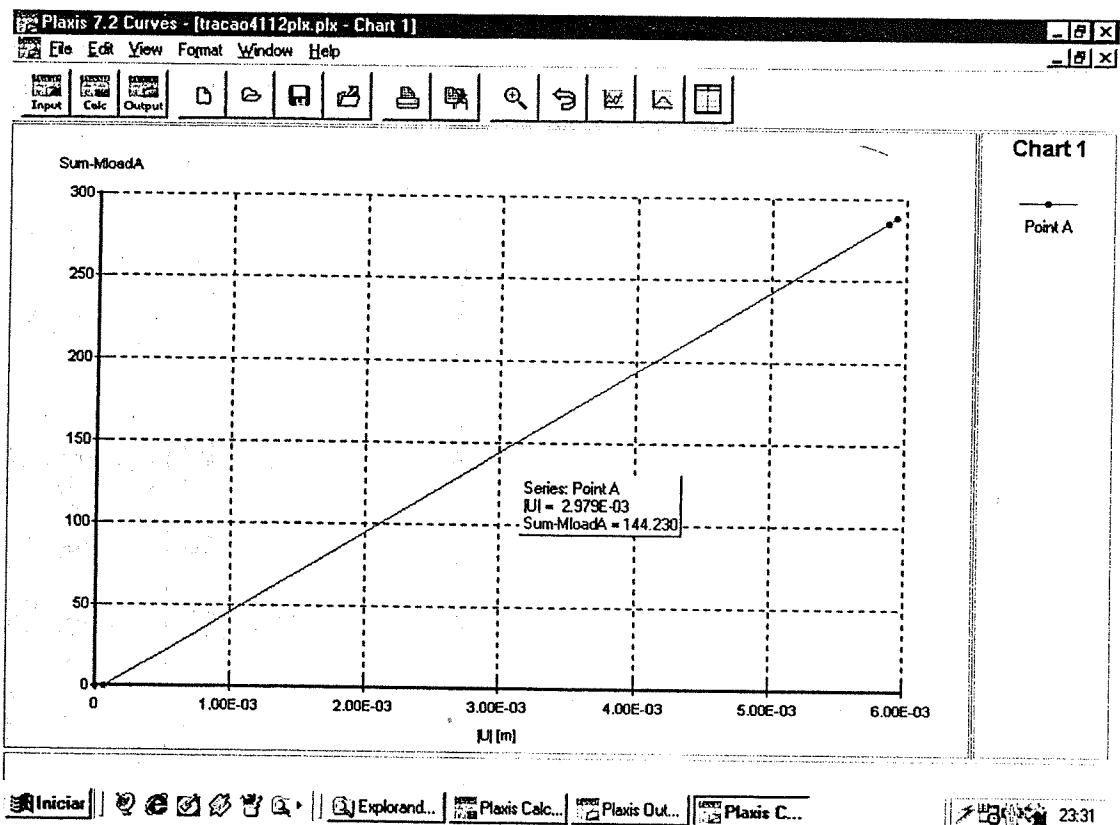
*Handwritten signature or mark.*











Handwritten mark resembling a stylized '2' or 'X' with a vertical line through it.



# PARTICIPANTE

9

## SEFE V

### Concurso - Previsão de Carga de Estaca

#### 1ª Parte: Determinação das Cargas

Uma vez escolhido o tipo de estaca - estaca raiz, o cálculo geotécnico se restringe para um dado comprimento determinar a eventual carga de ruptura da estaca.

Para este estudo vamos utilizar as sondagens executadas no local da obra SP-15 e SP-18.

Para o comprimento atingido pelas estacas a carga máxima a ser atingida sob o ponto de vista do contato estaca-solo. Este procedimento constitui o que se denomina "previsão de capacidade de carga da estaca".

Vamos utilizar nesta análise, o método PFM proposto por nós no SEFE IV - Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia - São Paulo - Julho 2000 - 2º Volume - página 356.

A carga de ruptura  $RT$  do solo que dá suporte a uma estaca é obtida pela expressão:

$$RT = R_p + R_f, \text{ onde,}$$

$RT$  → resistência última da estaca

$R_p$  → resistência de ponta da estaca

$R_f$  → resistência do fuste da estaca.

A análise geotécnica das sondagens, por diâmetro, realizado pelo Método PFM se encontra em anexo.

a) - Estaca  $\phi 410\text{mm}$  - Comprimento  $12,00\text{m}$   
Sondagem SP-15.

Pela análise da sondagem (em anexo) pelo Método PFM para o comprimento de  $12,00\text{m}$  temos os seguintes valores para RT

compressão  $\left. \begin{array}{l} \text{RT1} \rightarrow 53,70\text{t} \\ \text{RT2} \rightarrow 52,10\text{t} \end{array} \right\} \text{média} = 52,90\text{t}$

Tração RL  $\rightarrow 34,50\text{t}$

b) - Estaca  $\phi 310\text{mm}$  - Comprimento  $23,0\text{m}$   
Sondagem SP-18.

Pela análise da sondagem (em anexo) pelo Método PFM para o comprimento de  $23,00\text{m}$  temos os seguintes valores para RT

compressão  $\left. \begin{array}{l} \text{RT1} \rightarrow 112,26 \\ \text{RT2} \rightarrow 109,53 \end{array} \right\} \text{média} = 110,90\text{t}$

tração RL  $\rightarrow 89,53\text{t}$

Cliente: PREVISÃO DE CARGA DE ESTACAS  
 Local: CONCURSO  
 Pref: SEFE V  
 Data: 29/08/20

### PREVISÃO DE PROFUNDIDADE

#### 1) Dados da Estaca

##### Estaca Injetada 410mm

Perímetro: 128.81 cm

Área da Base: 1320.26 cm<sup>2</sup>

Arrasamento: -1.00 m

#### 2) Dados do Terreno

Sondagem: SP - 15

Nível do Terreno: 0.00 m

Num. de Camadas: 3

##### Prof. da Camada (m)

##### Classificação

0.00 a 5.50

5.50 a 6.00

6.00 a 20.00

ARGILA SILTOSA

ARGILA ARENOSA

SILTE ARGILOSO

Intervalo de Índice de Penetração = 1m

#### 3) Capacidade de Carga (t)

RP1 - Resistência de ponta na Camada

RP2 - Resistência de ponta considerando: A Média das 7xDiam da base resistências superiores e 3.5xDiam da base resistências inferiores, bem como o efeito do punçionamento.

RT1 = RL + RP1    RT2 = RL + RP2

<u>Prof.(m)</u>	<u>N</u>	<u>RL</u>	<u>RP1</u>	<u>RP2</u>	<u>RT1</u>	<u>RT2</u>
2.00	2.00	0.63	3.12	2.47	3.75	3.10
3.00	3.00	2.20	4.68	4.71	6.88	6.91
4.00	2.00	3.77	3.12	7.33	6.89	11.10
5.00	5.00	5.97	10.50	9.29	16.47	15.26
6.00	6.00	9.77	11.52	8.99	21.29	18.76
7.00	6.00	13.48	11.52	10.87	25.00	24.35
8.00	4.00	16.57	7.68	13.52	24.25	30.09
9.00	7.00	19.97	13.44	12.64	33.41	32.61
10.00	8.00	24.61	15.36	14.24	39.97	38.85
11.00	7.00	29.25	13.44	15.92	42.69	45.17
→ 12.00	10.00	34.50	19.20	17.60	53.70	52.10
13.00	11.00	40.99	21.12	17.12	62.11	58.11
14.00	9.00	47.18	17.28	18.24	64.46	65.42
15.00	8.00	52.43	15.36	33.68	67.79	86.11
16.00	10.00	58.00	19.20	18.72	77.20	76.72
17.00	11.00	64.49	21.12	33.77	85.61	98.26
18.00	10.00	70.98	19.20	39.21	90.18	110.19
19.00	41.00	86.75	78.74	45.77	165.49	132.52
20.00	27.00	107.77	51.85	50.89	159.62	158.66

**Cliente:** PREVISÃO DE CARGA DE ESTACAS  
**Local:** CONCURSO  
**Pref:** SEFE V  
**Data:** 29/08/20

### PREVISÃO DE PROFUNDIDADE

#### 1) Dados da Estaca

**Estaca Injetada 310mm**  
 Perimetro: 97.39 cm  
 Área da Base: 754.77 cm<sup>2</sup>  
 Arrasamento: -1.00 m

#### 2) Dados do Terreno

Sondagem: SP - 18  
 Nível do Terreno: 0.00 m  
 Num. de Camadas: 3

<u>Prof. da Camada (m)</u>	<u>Classificação</u>
0.00 a 5.50	ARGILA SILTOSA
5.50 a 6.00	ARGILA ARENOSA
6.00 a 31.00	SILTE ARGILOSO

Intervalo de Índice de Penetração = 1m

#### 3) Capacidade de Carga (t)

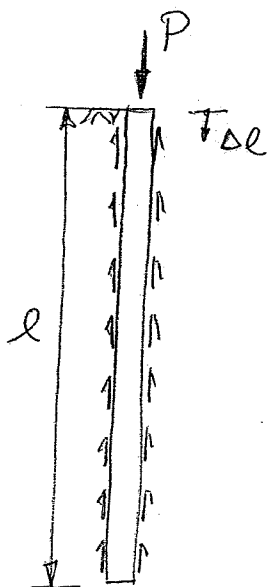
RP1 - Resistência de ponta na Camada

RP2 - Resistência de ponta considerando: A Média das 7xDiam da base resistências superiores e 3.5xDiam da base resistências inferiores, bem como o efeito do punção.

RT1 = RL + RP1    RT2 = RL + RP2

<u>Prof.(m)</u>	<u>N</u>	<u>RL</u>	<u>RP1</u>	<u>RP2</u>	<u>RT1</u>	<u>RT2</u>
2.00	4.19	0.99	3.74	2.52	4.73	3.51
3.00	4.00	2.94	3.57	4.41	6.51	7.35
4.00	4.50	4.96	4.01	5.67	8.97	10.63
5.00	7.30	7.76	8.77	5.85	16.53	13.61
6.00	6.19	11.29	6.80	6.52	18.09	17.81
7.00	5.19	13.95	5.70	7.85	19.65	21.80
8.00	6.69	16.72	7.34	8.52	24.06	25.24
9.00	9.00	20.39	9.88	8.66	30.27	29.05
10.00	10.00	24.83	10.98	9.23	35.81	34.05
11.00	10.30	29.58	11.31	8.74	40.89	38.32
12.00	9.30	34.16	10.21	7.88	44.37	42.04
13.00	7.50	38.08	8.23	8.22	46.31	46.30
14.00	6.69	41.40	7.34	5.88	48.74	47.28
15.00	3.90	43.88	4.28	5.63	48.16	49.51
16.00	1.89	45.23	2.07	7.66	47.30	52.89
17.00	6.59	47.21	7.23	10.77	54.44	57.98
18.00	13.00	51.79	14.27	12.90	66.06	64.69
19.00	19.00	59.27	20.86	14.85	80.13	74.12
20.00	13.39	66.84	14.70	16.95	81.54	83.79
21.00	15.00	73.48	16.47	18.88	89.95	92.36
22.00	16.50	80.84	18.11	18.73	98.95	99.57
→ 23.00	20.70	89.53	22.73	20.00	112.26	109.53
24.00	20.70	99.21	22.73	19.82	121.94	119.03
25.00	16.00	107.79	17.57	21.88	125.36	129.67
26.00	17.60	115.64	19.32	20.45	134.96	136.09
27.00	19.70	124.36	21.63	21.11	145.99	145.47
28.00	18.60	133.31	20.42	24.99	153.73	158.30

## 2ª Parte: Determinação das Deformações



$$\Delta l = \frac{P l}{2 A E}$$

$P \rightarrow$  carga aplicada no topo da estaca

$l \rightarrow$  comprimento do elemento estrutural da estaca

$A \rightarrow$  área da seção da estaca

$E \rightarrow$  módulo de elasticidade do concreto

a) - Estaca  $\phi 410$  mm - Comprimento 12,00m

Sondagem SP-15

$$A = 1320,26 \text{ cm}^2$$

$$RT = 52,90 \text{ t} \div 2 = 26,45 \text{ t}$$

$$E = 220.000 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$\Delta l = \frac{26.450 \times 1200}{2 \times 1320,26 \times 220.000} = 0,06 \text{ cm} \rightarrow \underline{\underline{0,6 \text{ mm}}}$$

b) - Estaca  $\phi 310$  mm - Comprimento 23,00m

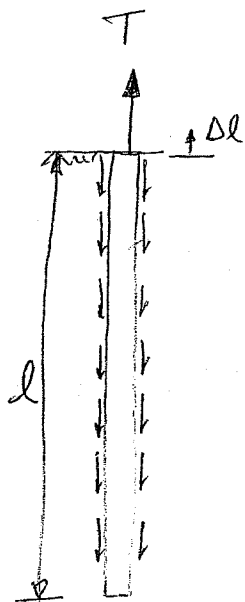
Sondagem SP-18

$$A = 754,77 \text{ cm}^2$$

$$RT = 110,90 \text{ t} \div 2 = 55,45 \text{ t}$$

$$E = 220.000 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$\Delta l = \frac{55.450 \times 2300}{2 \times 754,77 \times 220.000} = 0,38 \text{ cm} \rightarrow \underline{\underline{3,8 \text{ mm}}}$$



$$\Delta l = \frac{Pl}{1,5AE}$$

a) - Estaca  $\phi 410 \text{ mm}$  - Comprimento 12,00 m  
Sondagem SP-15

$$RL = 34,50t \div 2 = 17,25t$$

$$\Delta l = \frac{17250 \times 1200}{1,5 \times 1320,26 \times 220000} = 0,05 \text{ cm} \rightarrow \underline{0,5 \text{ mm}}$$

b) - Estaca  $\phi 310 \text{ mm}$  - Comprimento 23,00 m  
Sondagem SP-18

$$RL = 89,53t \div 2 = 44,77t$$

$$\Delta l = \frac{44770 \times 2300}{1,5 \times 759,77 \times 220000} = 0,41 \text{ cm} \rightarrow \underline{4,1 \text{ mm}}$$

### RESUMO

		Ruptura	deformação
$\phi 410 \text{ mm}$	$l = 12,00 \text{ m}$		
	compressão	$\rightarrow 52,90t$	0,6 mm
	tração	$\rightarrow 34,50t$	0,5 mm
$\phi 310 \text{ mm}$	$l = 23,00 \text{ m}$		
	compressão	$\rightarrow 110,90t$	3,8 mm
	tração	$\rightarrow 89,53t$	4,1 mm

Paulo Frederico Montuio

# PARTICIPANTE

## 10



Calculei a estaca raiz de 12m. Os cálculos baseiam-se em ensaio DP1, dos ensaios de DPL NILSSON, efetuados no campo experimental em 17-18/06 de 2002.

Diâmetro = 41 cm

Comprimento = 12 m

Concreto:  $f_{ck} = 22,2$  MPa

Aço: CA-50

Formulação geral de estaca geral, dimensionada por DPL:

$$P = R \cdot \frac{\left[ q_{pf} \cdot A_p + \int_0^z f \cdot dA_s \right]}{FS}, \text{ nas fórmulas a seguir,}$$

$$R = \frac{Pf(s)}{P_u}$$

$Pf(s)$  A carga nominal em função do recalque admitida, em geral, é uma equação de 2.º grau,  $ax^2+bx+c$

$P_u$  = Carga máxima na prova de carga efetuada

$FS = 1$  (neste caso de concurso)

$$q_{pf} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot q_d$$

$$f = \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot f_s$$

$P$  = Capacidade de carga da estaca (kN) para determinada carga aplicada

$q_d$  = resistência da ponta (kPa)

$f_s$  = atrito lateral medido com torquímetro na ponteira, descontando influência das hastes, (kPa)

$$\alpha_1 = 0,50$$

$$\alpha_2 = 0,20$$

$$\beta_1 = 1,00$$

$$\beta_2 = 2,00$$

z m	qd MPa	fs kPa
1	2,50	3
2	2,50	3
3	2,50	7
4	2,00	6
5	2,50	7
6	3,00	15
7	4,00	25
8	3,50	37
9	2,70	40
10	2,00	48
11	2,00	59
12	2,50	76

Contribuição para estaca raiz:  
Multiplicador por pressão na injeção

$$\beta_0 = 1,15$$

## CONCLUSÃO

$$\underline{P_f(\text{compressão}) = 75,6 \text{ tf}}$$

$$\underline{P_f(\text{tração}) = 60,5 \text{ tf}}$$

## Controle estrutural:

### Compressão:

A carga de ruptura estrutural, sem ocorrência de flambagem, é obtida pela expressão:

$$PR = 0,85 \cdot A_c \cdot f_{ck} + A_s \cdot f_{yk} \quad (1)$$

em que:

$$A_c = \frac{\pi \cdot D^2}{4} - A_s$$

D = diâmetro mínimo da estaca desde a cota de arrasamento até o final da camada de baixa resistência;

$A_c$  = área real da argamassa;

$A_s$  = área da armadura longitudinal;

$f_{ck}$  = resistência mínima da argamassa (pelo corpo de prova) = 22,2 MPa (NBR 6122);

$f_{yk}$  = resistência característica do aço

Apenas considerando a influência do concreto (CÁLCULO REAL),  $PR = A_c \cdot f_{ck} = 293 \text{ tf}$ .

$$PR = 293 \text{ tf}$$

$$Pf = 75,6 \text{ tf}$$

$$PR > Pf$$

### Tração:

Para o dimensionamento estrutural da armadura  $A_s$ , vale em termos gerais a mesma carga admissível a compressão. Se há necessidade calcular a resistência a tração para resistir ao esforço  $T_k$ , utiliza-se

$$T_k = \frac{r_s \cdot A_s \cdot f_{yk}}{\gamma_f \cdot \gamma_s}$$

#### Eliminando as fatores de segurança:

$\gamma_s$  = coeficiente de minoração de resistência de aço CÁLCULO REAL = 1

$\gamma_f$  = coeficiente de majoração da carga, NBR 6122 recomenda que  $\gamma_f = 1,4$ . CÁLCULO REAL = 1

$r_s$  = fator redutor no  $f_{yk}$  de aço, para garantir que durante a prova de carga não ocorra ruptura estrutural. CÁLCULO REAL = 1

Resistência estrutural à tração teórica:  $T_k = 603 \text{ kN}$

Força necessária para retirar a estaca do solo: Resistência à tração estaca-solo  $P_{ft} = 600 \text{ kN}$ . A estaca tracionada não desloca-se por escorregamento entre a estaca e o solo, a ruptura ocorre no solo, que mobiliza uma massa de forma de fúnil, a rompo por um cone entre, o valor de  $T_k$  é bem maior.

**O caso crítico é o estrutural, a estaca tracionada rompe na estrutura.**

$$**$T_k = 60,3 \text{ tf}$**$$

### **CONCLUSÃO**

$$**$P_f (\text{compressão}) = 75,6 \text{ tf}$**$$

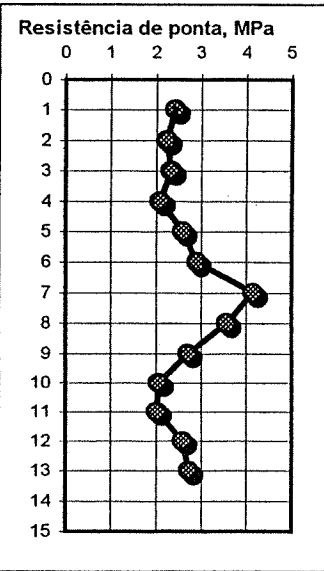
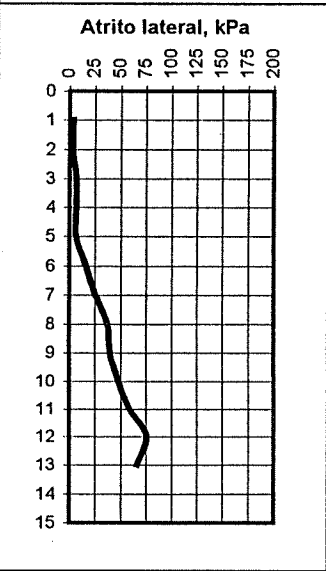
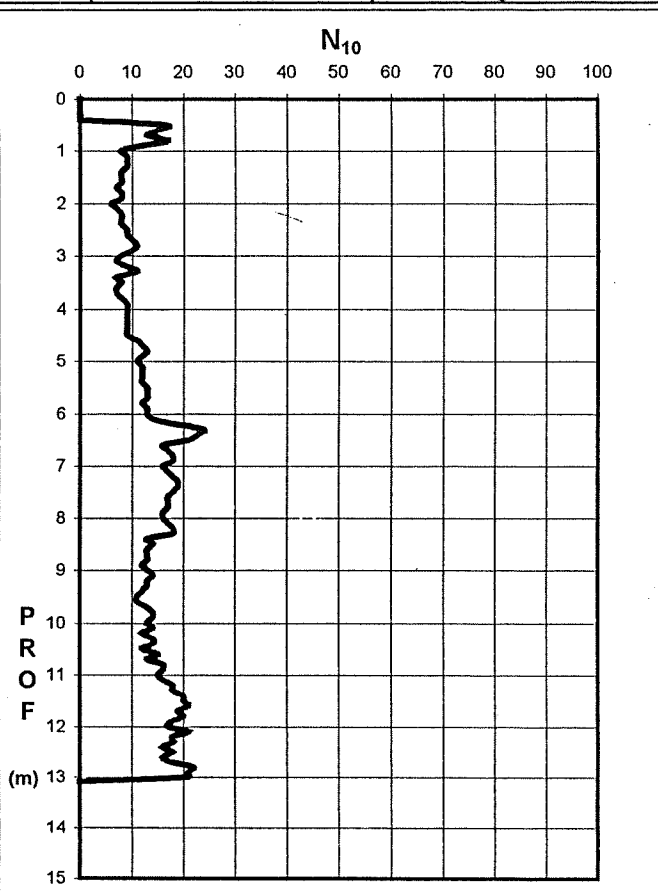
$$**$P_f (\text{tração}) = 60,3 \text{ tf}$**$$



# BOLETIM DE SONDAGEM PENETROMÉTRICO COM DPL

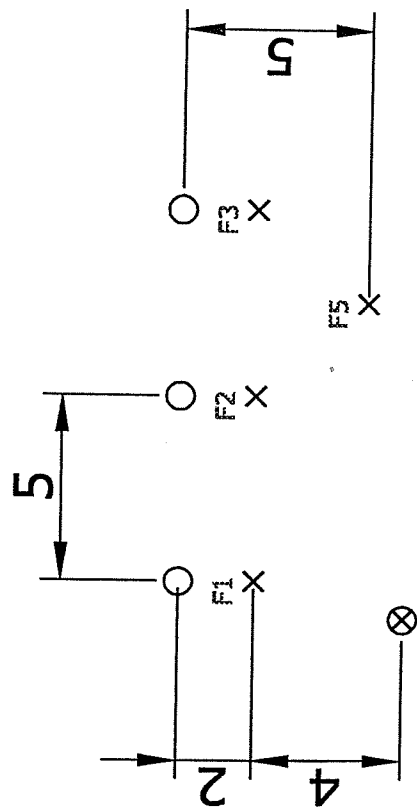
<b>CLIENTE:</b> UNICAMP, Campinas/ SP	<b>CONT:</b> PC4	<b>REG:</b> F1
<b>LOCAL:</b> Faculdade de Engenharia Agrícola	<b>DATA:</b> 18/06/02	<b>CONE :</b> 10 cm <sup>2</sup> 90°
<b>POSIÇÃO:</b> ver croquis/ Thomas/ c/ madeira	<b>COTA:</b> 0,00	<b>Nível de água:</b> NFE

PROF. (m)	N <sub>10</sub>	PROF. (m)	N <sub>10</sub>	PROF. (m)	N <sub>10</sub>
0,1		5,1	12	10,1	14
0,2		5,2	12	10,2	12
0,3		5,3	12	10,3	14
0,4		5,4	12	10,4	14
0,5	17	5,5	13	10,5	12
0,6	15	5,6	13	10,6	15
0,7	13	5,7	13	10,7	13
0,8	17	5,8	12	10,8	16
0,9	12	5,9	13	10,9	16
1	8	6	13	11	15
0,02	0,5	0,12	2,5	0,22	10,0
1,1	9	6,1	14	11,1	16
1,2	9	6,2	18	11,2	18
1,3	9	6,3	24	11,3	18
1,4	8	6,4	23	11,4	20
1,5	8	6,5	21	11,5	20
1,6	8	6,6	16	11,6	21
1,7	7	6,7	17	11,7	19
1,8	8	6,8	18	11,8	20
1,9	8	6,9	18	11,9	18
2	6	7	16	12	17
0,04	0,5	0,14	4,0	0,24	13,0
2,1	7	7,1	17	12,1	21
2,2	8	7,2	18	12,2	18
2,3	8	7,3	19	12,3	18
2,4	8	7,4	19	12,4	16
2,5	9	7,5	18	12,5	18
2,6	9	7,6	17	12,6	16
2,7	10	7,7	17	12,7	18
2,8	11	7,8	17	12,8	22
2,9	10	7,9	16	12,9	21
3	8	8	16	13	21
0,06	1,0	0,16	6,0	0,26	11,5
3,1	7	8,1	17	13,1	
3,2	9	8,2	18	13,2	
3,3	11	8,3	18	13,3	
3,4	7	8,4	13	13,4	
3,5	8	8,5	14	13,5	
3,6	7	8,6	13	13,6	
3,7	7	8,7	13	13,7	
3,8	8	8,8	13	13,8	
3,9	9	8,9	12	13,9	
4	9	9	13	14	
0,08	1,0	0,18	6,5	0,28	
4,1	9	9,1	14	14,1	
4,2	9	9,2	13	14,2	
4,3	9	9,3	13	14,3	
4,4	9	9,4	12	14,4	
4,5	9	9,5	11	14,5	
4,6	11	9,6	11	14,6	
4,7	12	9,7	13	14,7	
4,8	13	9,8	14	14,8	
4,9	12	9,9	14	14,9	
5	11	10	13	15	
0,10	1,0	0,20	8,0	0,3	



PROF. (m)	DESCRIÇÃO TACTIL VISUAL DE CAMPO	% da haste sujeita a atrito
0,00	Brita	0%
0,10	Argila siltosa vermelha arroxada com pouca areia. Plasticidade média a baixa. Umidade baixa.	2%

Texto azul em células hachuradas = 1. Comprimento das hastes sujeitas a atrito (ml) 2 Momento em Torque, (Nm).



⊗ Estaca raiz, diâmetro 41cm, compr. 12 m

○ Estaca escavada, diâmetro 40 cm

F1 Ensaio de DPL NILSSON  
X

Distâncias em metros

# PARTICIPANTE

**11**

## CONCURSO DE PREVISÃO DE CARGA E RECALQUE DE ESTACA RAIZ – SEFE V

As análises de carga de ruptura foram feitas a partir do ensaio de CPT, confrontadas com Método de Decourt Quaresma a partir do SPT. Foi admitida redução da adesão em 40% como correlação entre o ensaio de CPT e a estaca raiz. Os valores de adesão máxima foram limitados a 180kPa conforme sugerido por Decourt na página 281 do livro Fundações Teoria e Prática. Para a determinação da carga de ponta foi utilizado o Método de Philipponat.

Para a verificação a tração foi admitida para a estaca de 12m a carga a tração seja 70% da carga a compressão, e para a estaca de 23m 80%, diferença devida ao maior confinamento do 2º caso.

Para os recalques a compressão foi verificado que para a metade da carga de ruptura não há mobilização de atrito lateral ao longo de toda a estaca, sendo verificado desta forma o encurtamento elástico da estaca para o diagrama de distribuição de atrito lateral admitido.

Para os alongamentos devido à tração foi considerado somente o produto EA da armação, seguindo da mesma forma que para compressão.

Os valores obtidos foram os seguintes:

Estaca	Ruptura a compressão (tf)	Ruptura a tração (tf)	Recalque para 50% compressão (mm)	Alongamento para 50% tração (mm)
410mm	85	60	1,2	8,1
310mm	160	128	4,8	12,1

Obs.: para tração os limites de ruptura estruturais destas estacas são inferiores com respectivamente **54tf** e **99tf**, mas caso fosse possível prosseguir com os ensaios seriam atingidos os valores de Ruptura a Tração da tabela acima. Os recalques e alongamentos foram calculados para a metade das cargas apresentadas na tabela.

A seguir são apresentadas as planilhas utilizadas.

## CONCURSO SEFE V

## Dados das Estacas

Tabela 2.1 - Características geométricas das estacas

Diâmetro da estaca (mm)	410	310
Área da seção transversal (cm <sup>2</sup> )	1320	755
Perímetro da estaca (cm)	129	97
Comprimento da estaca (m)	12	23

Tabela 5.1 - Características da armadura das estacas

Armadura Longitudinal (mm)	16	20
Quantidade de Barras (un)	6	7
Comprimento da armadura (m)	12	23
Estribos (mm)	6,3	6,3
Diâmetro do estribo (mm)	280	200

## Golpes de ar

1a posição (m)	12	23
2a posição (m)	9	18
3a posição (m)	6	15
4a posição (m)	-	12
5a posição (m)	-	9
6a posição (m)	-	6

Sondagens mais próximas	SP15	SP18
CPT mais próximos	CE3	CE5

Perfil do subsolo	Início	Fim
Argila Siltosa	0,00	5,50
Camada Concrecionada	5,50	6,00
Silte Argiloso	6,00	24,00

Nível d'água	17,00	
--------------	-------	--



## CONCURSO SEFE V

Perfil do subsolo	Início	Fim
Argila Siltosa	0,00	5,50
Camada Concrecionada	5,50	6,00
Silte Argiloso	6,00	24,00

Nível d'água 17,00

Diâmetro da estaca (mm)	410
Área da seção transversal (cm <sup>2</sup> )	1320
Perímetro da estaca (cm)	129
Comprimento da estaca (m)	12

## Método de Philipponat

Prof (m)	fs (kPa)	AL (tf)	Alr corr (tf)	Prof (m)	fs (kPa)	AL (tf)	Alr corr (tf)
0,25	73	2,35	1,41	6,25	17	0,55	0,33
0,50	32	1,03	0,62	6,50	39	1,26	0,75
0,75	47	1,51	0,91	6,75	84	2,70	1,62
1,00	73	2,35	1,41	7,00	91	2,93	1,76
1,25	52	1,67	1,00	7,25	161	5,18	3,11
1,50	7	0,23	0,14	7,50	166	5,35	3,21
1,75	3	0,10	0,06	7,75	196	6,31	3,79
2,00	2	0,06	0,04	8,00	149	4,80	2,88
2,25	2	0,06	0,04	8,25	141	4,54	2,72
2,50	0	0,00	0,00	8,50	170	5,47	3,28
2,75	1	0,03	0,02	8,75	160	5,15	3,09
3,00	0	0,00	0,00	9,00	148	4,77	2,86
3,25	0	0,00	0,00	9,25	158	5,09	3,05
3,50	3	0,10	0,06	9,50	155	4,99	2,99
3,75	1	0,03	0,02	9,75	150	4,83	2,90
4,00	7	0,23	0,14	10,00	141	4,54	2,72
4,25	5	0,16	0,10	10,25	167	5,38	3,23
4,50	2	0,06	0,04	10,50	182	5,86	3,52
4,75	0	0,00	0,00	10,75	155	4,99	2,99
5,00	0	0,00	0,00	11,00	166	5,35	3,21
5,25	4	0,13	0,08	11,25	162	5,22	3,13
5,50	4	0,13	0,08	11,50	167	5,38	3,23
5,75	6	0,19	0,12	11,75	151	4,86	2,92
6,00	10	0,32	0,19	12,00	129	4,15	2,49
				Total	3739,00	120,40	72,24

Prof (m)	qc (MPa)
10,75	2,26
11,00	2,07
11,25	2,44
11,50	2,29
11,75	2,01
12,00	2,13
12,25	2,21
12,50	2,10
12,75	2,05
13,00	1,98
13,25	2,04
Total	23,58

Obs.: pelo método é estimado qs em função de qc, mas como dispomos dos valores de qs foi incorporado um incremento de 30%

$$qp \text{ (tf/m}^2\text{)} = 96,46$$

$$\alpha_p = 0,45$$

$$QP \text{ (tf)} = 12,74$$

$$QL \text{ (tf)} = 72,24 \text{ (atrito lateral minorado em 40\%)}$$

$$QR \text{ (tf)} = 84,98 \text{ (compressão)}$$

$$QR \text{ (tf)} = 59,48 \text{ (tração - adotado 70\% do atrito a compressão)}$$

## CONCURSO SEFE V - recalque a compressão

Perfil do subsolo	Início	Fim
Argila Siltosa	0,00	5,50
Camada Concrecionada	5,50	6,00
Silte Argiloso	6,00	24,00

Nível d'água 17,00

Diâmetro da estaca (mm)	410
Área da seção transversal (cm <sup>2</sup> )	1320
Perímetro da estaca (cm)	129
Comprimento da estaca (m)	12
Metade da carga de Ruptura (tf)	42,5

Armadura Longitudinal (mm)	16
Quantidade de Barras (un)	6
Área de Aço (cm <sup>2</sup> )	12,06
E do Aço (tf/m <sup>2</sup> )	21000000
Produto E x A (tf)	25334

Área de Concreto (cm <sup>2</sup> )	1308,19
E do Concreto (tf/m <sup>2</sup> )	2100000
Produto E x A (tf)	274720

Produto E x A equiv (tf) 300054

Prof (m)	Carga Lateral (tf)	Carga no elemento (tf)	Encurtamento (mm)	Acumulado (mm)
0	0,00	42,50	0,14	1,07
1	4,35	38,15	0,13	0,93
2	1,24	36,92	0,12	0,80
3	0,06	36,86	0,12	0,68
4	0,21	36,65	0,12	0,55
5	0,14	36,51	0,12	0,43
6	0,46	36,05	0,12	0,31
7	4,46	31,58	0,11	0,19
8	12,98	18,60	0,06	0,08
9	11,96	6,64	0,02	0,02
10	11,67	0,00	0,00	0,00
11	12,94	0,00	0,00	0,00
12	11,77	0,00	0,00	0,00
			1,07	

Como o encurtamento é bastante pequeno não chega a atingir as adesões máximas ao longo da estaca, por isso é admitido abaixo uma redução da adesão cumulativa de 5% a cada metro

Com isso temos a tabela a seguir recalculada

Prof (m)	Carga Lateral (tf)	Carga no elemento (tf)	Encurtamento (mm)	Acumulado (mm)
0	0,00	42,50	0,14	1,23
1	4,13	38,37	0,13	1,09
2	1,11	37,26	0,12	0,96
3	0,05	37,21	0,12	0,84
4	0,17	37,04	0,12	0,71
5	0,10	36,94	0,12	0,59
6	0,32	36,61	0,12	0,47
7	2,90	33,71	0,11	0,34
8	7,79	25,92	0,09	0,23
9	6,58	19,34	0,06	0,15
10	5,83	13,51	0,05	0,08
11	5,83	7,68	0,03	0,04
12	4,71	2,98	0,01	0,01
			1,23	

**CONCURSO SEFE V - recalque a tração**

## Dados da Sondagem SP15

Perfil do subsolo	Início	Fim
Argila Siltosa	0,00	5,50
Camada Concrecionada	5,50	6,00
Silte Argiloso	6,00	24,00

Nível d'água 17,00

<b>Diâmetro da estaca (mm)</b>	<b>410</b>
Área da seção transversal (cm <sup>2</sup> )	1320
Perímetro da estaca (cm)	129
Comprimento da estaca (m)	12
<b>Metade da carga de Ruptura (tf)</b>	<b>30</b>

Armadura Longitudinal (mm)	16
Quantidade de Barras (un)	6
Área de Aço (cm <sup>2</sup> )	12,06
E do Aço (tf/m <sup>2</sup> )	21000000
Produto E x A (tf)	25334

Prof (m)	Carga Lateral (tf)	Carga no elemento (tf)	Alongamento (mm)	Acumulado (mm)
0	0,00	30,00	1,18	7,95
1	4,35	25,65	1,01	6,76
2	1,24	24,42	0,96	5,75
3	0,06	24,36	0,96	4,79
4	0,21	24,15	0,95	3,82
5	0,14	24,01	0,95	2,87
6	0,46	23,55	0,93	1,92
7	4,46	19,08	0,75	0,99
8	12,98	6,10	0,24	0,24
9	11,96	0,00	0,00	0,00
10	11,67	0,00	0,00	0,00
11	12,94	0,00	0,00	0,00
12	11,77	0,00	0,00	0,00
			7,95	

Como o alongamento é superior a 2mm até os 6m adotada adesão máxima até os 6m e redução da adesão cumulativa de 10% a cada metro seguinte Com isso temos a tabela a seguir recalculada

Prof (m)	Carga Lateral (tf)	Carga no elemento (tf)	Encurtamento (mm)	Acumulado (mm)
0	0,00	30,00	1,18	<b>8,11</b>
1	4,35	25,65	1,01	6,93
2	1,24	24,42	0,96	5,92
3	0,06	24,36	0,96	4,95
4	0,21	24,15	0,95	3,99
5	0,14	24,01	0,95	3,04
6	0,46	23,55	0,93	2,09
7	4,02	19,53	0,77	1,16
8	10,39	9,14	0,36	0,39
9	8,37	0,77	0,03	0,03
10	7,00	0,00	0,00	0,00
11	5,83	0,00	0,00	0,00
12	4,71	0,00	0,00	0,00
			<b>8,11</b>	

## CONCURSO SEFE V

## Dados da Sondagem SP15

Perfil do subsolo	Início	Fim
Argila Siltosa	0,00	5,50
Camada Concrecionada	5,50	6,00
Silte Argiloso	6,00	24,00

Nível d'água 17,00

Diâmetro da estaca (mm)	310
Área da seção transversal (cm <sup>2</sup> )	755
Perímetro da estaca (cm)	97
Comprimento da estaca (m)	23

## Método de Philipponat

Prof (m)	fs (kPa)	Alr' (tf)	Alr corr (tf)	Prof (m)	fs (kPa)	Alr' (tf)	Alr corr (tf)
0,25	37	0,90	0,54	12,00	130	3,17	1,90
0,50	87	2,12	1,27	12,25	140	3,41	2,05
0,75	57	1,39	0,83	12,50	115	2,80	1,68
1,00	17	0,41	0,25	12,75	107	2,61	1,56
1,25	11	0,27	0,16	13,00	118	2,87	1,72
1,50	10	0,24	0,15	13,25	116	2,82	1,69
1,75	10	0,24	0,15	13,50	92	2,24	1,34
2,00	13	0,32	0,19	13,75	79	1,92	1,15
2,25	12	0,29	0,18	14,00	78	1,90	1,14
2,50	26	0,63	0,38	14,25	92	2,24	1,34
2,75	34	0,83	0,50	14,50	79	1,92	1,15
3,00	19	0,46	0,28	14,75	69	1,68	1,01
3,25	32	0,78	0,47	15,00	65	1,58	0,95
3,50	31	0,75	0,45	15,25	90	2,19	1,31
3,75	30	0,73	0,44	15,50	82	2,00	1,20
4,00	65	1,58	0,95	15,75	79	1,92	1,15
4,25	42	1,02	0,61	16,00	61	1,49	0,89
4,50	31	0,75	0,45	16,25	109	2,65	1,59
4,75	33	0,80	0,48	16,50	149	3,63	2,18
5,00	50	1,22	0,73	16,75	98	2,39	1,43
5,25	73	1,78	1,07	17,00	86	2,09	1,26
5,50	44	1,07	0,64	17,25	104	2,53	1,52
5,75	67	1,63	0,98	17,50	81	1,97	1,18
6,00	115	2,80	1,68	17,75	84	2,05	1,23
6,25	147	3,58	2,15	18,00	109	2,65	1,59
6,50	155	3,77	2,26	18,25	137	3,34	2,00
6,75	135	3,29	1,97	18,50	133	3,24	1,94
7,00	113	2,75	1,65	18,75	164	3,99	2,40
7,25	123	2,99	1,80	19,00	151	3,68	2,21
7,50	124	3,02	1,81	19,25	135	3,29	1,97
7,75	127	3,09	1,86	19,50	113	2,75	1,65
8,00	145	3,53	2,12	19,75	224	5,45	3,27
8,25	132	3,21	1,93	20,00	300	7,30	4,38
8,50	134	3,26	1,96	20,25	300	7,30	4,38
8,75	111	2,70	1,62	20,50	300	7,30	4,38
9,00	113	2,75	1,65	20,75	156	3,80	2,28
9,25	122	2,97	1,78	21,00	139	3,38	2,03
9,50	112	2,73	1,64	21,25	183	4,46	2,67
9,75	123	2,99	1,80	21,50	243	5,92	3,55
10,00	118	2,87	1,72	21,75	196	4,77	2,86
10,25	124	3,02	1,81	22,00	154	3,75	2,25
10,50	136	3,31	1,99	22,25	196	4,77	2,86
10,75	136	3,31	1,99	22,50	183	4,46	2,67
11,00	133	3,24	1,94	22,75	166	4,04	2,42
11,25	141	3,43	2,06	23,00	178	4,33	2,60
11,50	152	3,70	2,22				
11,75	137	3,34	2,00				
				Total	10102,00	245,96	147,57

Prof (m)	qc (MPa)
22,00	2,92
22,25	3,41
22,50	2,92
22,75	3,03
23,00	3,66
23,25	4,49
23,50	3,43
23,75	5,95
24,00	3,38
Total	33,19

Obs.: pelo método é estimado  $q_s$  em função de  $q_c$ , mas como dispomos dos valores de  $q_s$  foi incorporado um incremento de 30%

$\alpha_p =$	0,45	
$q_p$ (tf/m <sup>2</sup> )=	165,95	
QP (tf) =	12,53	
QL (tf) =	147,57	(atrito lateral minorado em 40%)
QR (tf) =	160,10	(compressão)
QR (tf) =	128,08	(tração - adotado 80% do atrito a compressão)

## CONCURSO SEFE V - recalque a compressão

Perfil do subsolo	Início	Fim
Argila Siltosa	0,00	5,50
Camada Concrecionada	5,50	6,00
Silte Argiloso	6,00	24,00

Nível d'água 17,00

Diâmetro da estaca (mm)	310
Área da seção transversal (cm <sup>2</sup> )	755
Perímetro da estaca (cm)	97
Comprimento da estaca (m)	23
Metade da carga de Ruptura (tf)	80

Armadura Longitudinal (mm)	20
Quantidade de Barras (un)	7
Área de Aço (cm <sup>2</sup> )	21,99
E do Aço (tf/m <sup>2</sup> )	21000000
Produto E x A (tf)	46181

Área de Concreto (cm <sup>2</sup> )	732,78
E do Concreto (tf/m <sup>2</sup> )	2100000
Produto E x A (tf)	153883

Produto E x A equiv (tf) 200064

Prof (m)	Carga Lateral (tf)	Carga no elemento (tf)	Encurtamento (mm)	Acumulado (mm)
0	0,00	80,00	0,40	3,91
1	2,89	77,11	0,39	3,51
2	0,64	76,46	0,38	3,12
3	1,33	75,14	0,38	2,74
4	2,31	72,83	0,36	2,36
5	2,28	70,55	0,35	2,00
6	4,37	66,18	0,33	1,65
7	8,03	58,15	0,29	1,32
8	7,58	50,56	0,25	1,03
9	7,16	43,41	0,22	0,77
10	6,94	36,47	0,18	0,56
11	7,73	28,74	0,14	0,37
12	8,18	20,56	0,10	0,23
13	7,01	13,55	0,07	0,13
14	5,33	8,21	0,04	0,06
15	4,46	3,76	0,02	0,02
16	4,56	0,00	0,00	0,00
17	6,46	0,00	0,00	0,00
18	5,52	0,00	0,00	0,00
19	8,55	0,00	0,00	0,00
20	11,28	0,00	0,00	0,00
21	13,07	0,00	0,00	0,00
22	11,34	0,00	0,00	0,00
23	10,56	0,00	0,00	0,00
			3,91	

Como o encurtamento é inferior a 2mm a partir dos 6m não chega a atingir as adesões máximas ao longo da estaca, por isso é admitido abaixo uma redução da adesão cumulativa de 5% a cada metro a partir dos 6m

Com isso temos a tabela a seguir recalculada

Prof (m)	Carga Lateral (tf)	Carga no elemento (tf)	Encurtamento (mm)	Acumulado (mm)
0	0,00	80,00	0,40	4,75
1	2,89	77,11	0,39	4,35
2	0,64	76,46	0,38	3,96
3	1,33	75,14	0,38	3,58
4	2,31	72,83	0,36	3,21
5	2,28	70,55	0,35	2,84
6	4,15	66,40	0,33	2,49
7	7,23	59,17	0,30	2,16
8	6,44	52,72	0,26	1,86

9	5,73	47,00	0,23	1,60
10	5,20	41,79	0,21	1,36
11	5,41	36,38	0,18	1,15
12	5,32	31,07	0,16	0,97
13	4,21	26,86	0,13	0,82
14	2,93	23,93	0,12	0,68
15	2,23	21,70	0,11	0,56
16	2,05	19,65	0,10	0,46
17	2,58	17,06	0,09	0,36
18	1,93	15,13	0,08	0,27
19	2,56	12,57	0,06	0,20
20	2,82	9,75	0,05	0,13
21	2,61	7,13	0,04	0,08
22	1,70	5,43	0,03	0,05
23	1,06	4,38	0,02	0,02
			4,75	

## CONCURSO SEFE V - recalque a compressão

Perfil do subsolo	Início	Fim
Argila Siltosa	0,00	5,50
Camada Concrecionada	5,50	6,00
Silte Argiloso	6,00	24,00

Nível d'água 17,00

Diâmetro da estaca (mm)	310
Área da seção transversal (cm <sup>2</sup> )	755
Perímetro da estaca (cm)	97
Comprimento da estaca (m)	23
Metade da carga de Ruptura (tf)	64

Armadura Longitudinal (mm)	20
Quantidade de Barras (un)	7
Área de Aço (cm <sup>2</sup> )	21,99
E do Aço (tf/m <sup>2</sup> )	21000000
Produto E x A (tf)	46181

Prof (m)	Carga Lateral (tf)	Carga no elemento (tf)	Encurtamento (mm)	Acumulado (mm)
0	0,00	64,00	1,39	11,87
1	2,89	61,11	1,32	10,48
2	0,64	60,46	1,31	9,16
3	1,33	59,14	1,28	7,85
4	2,31	56,83	1,23	6,57
5	2,28	54,55	1,18	5,34
6	4,37	50,18	1,09	4,16
7	8,03	42,15	0,91	3,07
8	7,58	34,56	0,75	2,16
9	7,16	27,41	0,59	1,41
10	6,94	20,47	0,44	0,82
11	7,73	12,74	0,28	0,37
12	8,18	4,56	0,10	0,10
13	7,01	0,00	0,00	0,00
14	5,33	0,00	0,00	0,00
15	4,46	0,00	0,00	0,00
16	4,56	0,00	0,00	0,00
17	6,46	0,00	0,00	0,00
18	5,52	0,00	0,00	0,00
19	8,55	0,00	0,00	0,00
20	11,28	0,00	0,00	0,00
21	13,07	0,00	0,00	0,00
22	11,34	0,00	0,00	0,00
23	10,56	0,00	0,00	0,00
			11,87	

Como o encurtamento é inferior a 2mm a partir dos 9m não chega a atingir as adesões máximas ao longo da estaca, por isso é admitido abaixo uma redução da adesão cumulativa de 5% a cada metro a partir dos 9m

Com isso temos a tabela a seguir recalculada

Prof (m)	Carga Lateral (tf)	Carga no elemento (tf)	Encurtamento (mm)	Acumulado (mm)
0	0,00	64,00	1,39	12,10
1	2,89	61,11	1,32	10,71
2	0,64	60,46	1,31	9,39
3	1,33	59,14	1,28	8,08
4	2,31	56,83	1,23	6,80
5	2,28	54,55	1,18	5,57
6	4,37	50,18	1,09	4,39
7	8,03	42,15	0,91	3,30
8	7,58	34,56	0,75	2,39
9	6,80	27,76	0,60	1,64
10	6,25	21,52	0,47	1,04
11	6,57	14,95	0,32	0,57
12	6,54	8,41	0,18	0,25
13	5,26	3,15	0,07	0,07



14	3,73	0,00	0,00	0,00
15	2,90	0,00	0,00	0,00
16	2,73	0,00	0,00	0,00
17	3,55	0,00	0,00	0,00
18	2,76	0,00	0,00	0,00
19	3,85	0,00	0,00	0,00
20	4,51	0,00	0,00	0,00
21	4,58	0,00	0,00	0,00
22	3,40	0,00	0,00	0,00
23	2,64	0,00	0,00	0,00
			12,10	

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS



# CAMPO EXPERIMENTAL DE MECÂNICA DOS SOLOS E FUNDAÇÕES DA UNICAMP

Prof. Dr. David de Carvalho – Unicamp / SP  
Prof. Dr. Paulo José Rocha de Albuquerque – Unicamp / SP  
Prof. Dr. Eduardo Beira Fontaine – Universidade do Oriente – Cuba  
Prof. MSc. João Alexandre Paschoalin Filho – Uninove / SP  
Eng. MSc. Rogério Carvalho Ribeiro Nogueira – Unicamp / SP

MATERIAL PUBLICADO POR OCASIÃO DO SEFE V - 2004

## INTRODUÇÃO

Os primeiros trabalhos realizados para implantar o Campo Experimental de Mecânica dos Solos e Fundações da Unicamp datam de meados de 1990. Nessa época foram realizados os primeiros ensaios de campo (SPT) e laboratoriais. Ao longo destes 14 anos diversas pesquisas foram realizadas no local, resultando em Teses de Doutorado, Dissertações de Mestrado e publicações a nível nacional e internacional.

O Campo situa-se dentro do Campus da Universidade Estadual de Campinas, mais especificamente na área reservada à Faculdade de Engenharia Agrícola. Situa-se em local privilegiado, com fácil acesso a rede elétrica, água, telefone e sistema de computadores, o que facilita sua utilização. No local já foram realizados vários ensaios de campo e laboratório; provas de carga em estacas do tipo pré-moldada, escavada, hélice contínua e ômega.

Apresentam-se nos capítulos subseqüentes todas as informações pertinentes às características do Campo Experimental

Os trabalhos realizados no local só foram possíveis através do apoio das seguintes empresas e instituições:

UNICAMP – UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

POLI - USP – ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

UNESP – BAURU – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

EESC - USP – ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

FAPESP – FUNDAÇÃO DE AMPARO A PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO

FAEP – FUNDAÇÃO DE APOIO AO ENSINO E PESQUISA – UNICAMP

FUNDESP – FUNDAÇÕES ESPECIAIS LTDA

ENGESOLOS ENGENHARIA DE SOLOS E FUNDAÇÕES S.A.

SONDOSOLO GEOTECNIA E ENGENHARIA LTDA

SOLUM ENGENHARIA E GEOLOGIA LTDA

VOTORANTIM CIMENTOS

VOTOMASSA – ARGAMASSA DA VOTORANTIM

INCOTEP INJECTION ANCHORS SYSTEM

HELIX ENGENHARIA E GEOLOGIA LTDA

CONCRETOS ENGEMIX

PTS GEOTECNIA

## SUMÁRIO

<b>1. CAMPO EXPERIMENTAL.....</b>	<b>1</b>
<b>2. GEOLOGIA.....</b>	<b>2</b>
<b>3. ENSAIOS DE CAMPO.....</b>	<b>3</b>
<b>4. ENSAIOS LABORATORIAIS.....</b>	<b>20</b>
4.1. Distribuição Granulométrica.....	20
4.2. Limites de Atterberg e Índices Físicos.....	21
4.3. Compactação – Proctor Normal.....	22
4.4. Resistência à Compressão Simples.....	23
4.5. Compressão Edométrica.....	23
4.6. Resistência ao Cisalhamento.....	24
<b>5. ESTACAS JÁ ENSAIADAS NO CAMPO EXPERIMENTAL.....</b>	<b>25</b>
5.1 - Estaca Pré-Moldada.....	25
5.2 - Estaca Escavada (sem lama bentonítica).....	25
5.3 - Estaca Hélice Contínua.....	25
5.4 - Estaca Ômega.....	26
<b>6 – DADOS OBTIDOS DE PROVAS DE CARGA NAS ESTACAS ENSAIADAS.....</b>	<b>28</b>
6.1. Estaca Pré-Moldada Protendida.....	28
6.2 – Estacas Escavadas.....	30
6.3 – Estacas Hélice Contínua.....	33
6.4 – Estacas Ômega.....	36
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>38</b>

### 1. Campo Experimental

O Campo Experimental se situa dentro do Campus da UNICAMP em Campinas-SP, junto ao prédio do Laboratório de Ensaio de Materiais da Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI) (Figura 1). Este local está reservado para pesquisas de Mecânica dos Solos e Fundações e tem aproximadamente 1700m<sup>2</sup> de área.

A Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP - encontra-se no município de Campinas-SP, o qual se localiza na porção Centro-Leste do Estado de São Paulo, no Planalto Atlântico. Sua Posição geográfica é determinada pelas coordenadas 22°53'22" de Latitude sul e 47°04'39" de Longitude oeste.

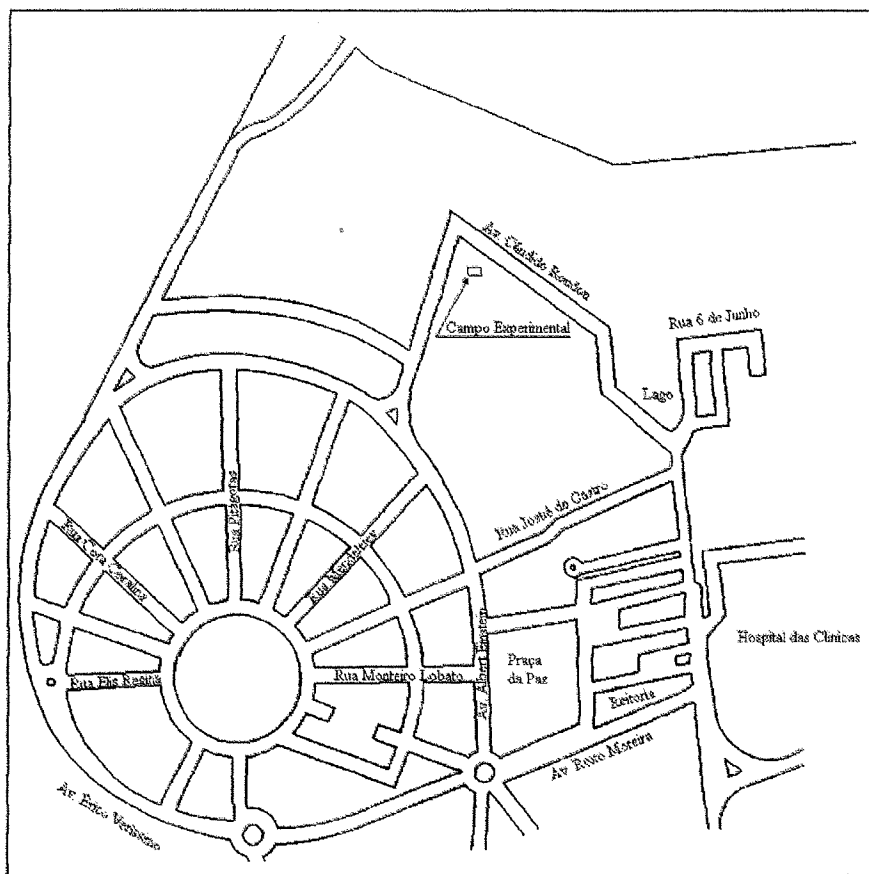


Figura 1.1 - Localização do Campo Experimental dentro do Campus da UNICAMP.

## 2. Geologia

O subsolo da região é formado por magmatitos básicos, ocorrendo rochas intrusivas básicas (Diabásios) da Formação Serra Geral, que faz parte do Grupo São Bento. Perfazem 98 km<sup>2</sup> da região de Campinas, ocupando 14% da área total (Figura 2.1).

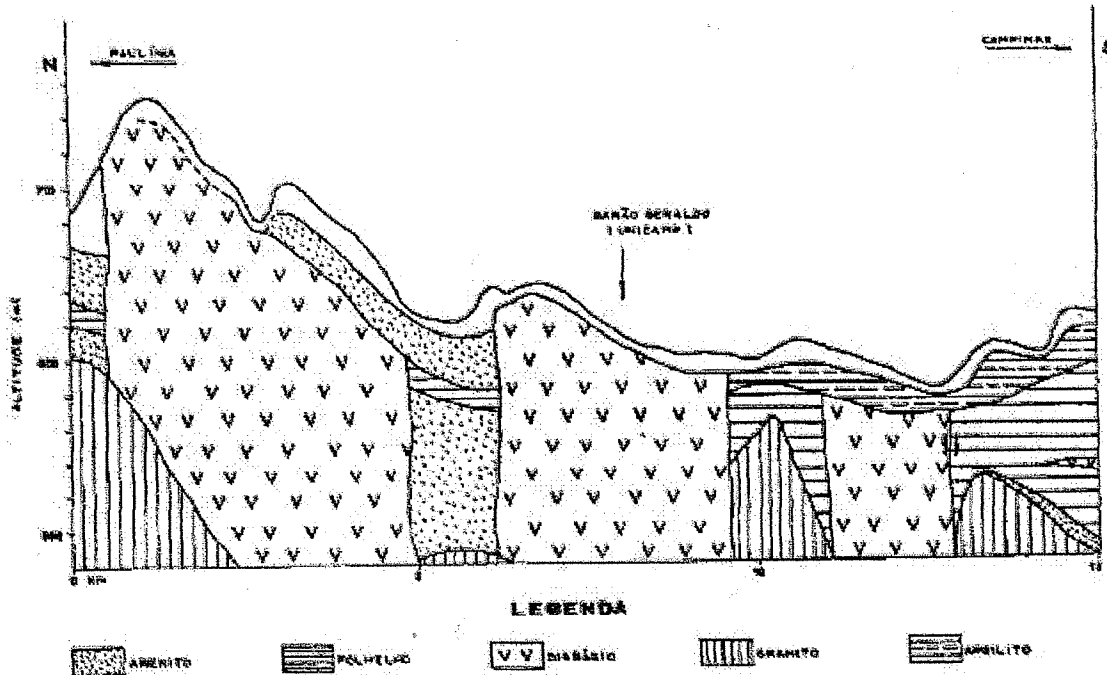


Figura 2.1 – Perfil Geológico da Região de Campinas (Zuquete, 1987).

O perfil do Campo Experimental é constituído por solo de Diabásio, apresentando uma camada superficial de 6,5m de espessura constituída de argila siltosa de alta porosidade, seguida de uma camada de silte argiloso até 20m. O nível de água não é encontrado até 17m de profundidade.

Em termos geotécnicos, a camada superficial, constituída essencialmente por minerais secundários ou transformados, como os argilominerais, óxidos e hidróxidos de ferro, manganês, titânio, e alguns casos de alumínio, recebe o nome de solo maduro. A camada subsuperficial, que ainda guarda características herdadas da rocha de origem, é denominada solo residual jovem, solo saprolítico ou saprolito, abaixo do qual está a rocha alterada, onde os minerais exibem sinais evidentes de alteração com as perdas de brilho e cor. A primeira camada é formada por um solo maduro o qual sofreu intenso processo de intemperização. O fenômeno da lixiviação pode explicar sua porosidade, devido ao carreamento dos finos para o horizonte mais profundo. A segunda camada é formada por um solo residual jovem, que conserva características herdadas da rocha de origem.

### 3. Ensaio de Campo

Apresentam-se a seguir os resultados obtidos em ensaios de campo (SPT-T, Cone Elétrico, Dilatômetro de Marchetti, Pressiômetro)

#### PERFIL DO SUBSOLO

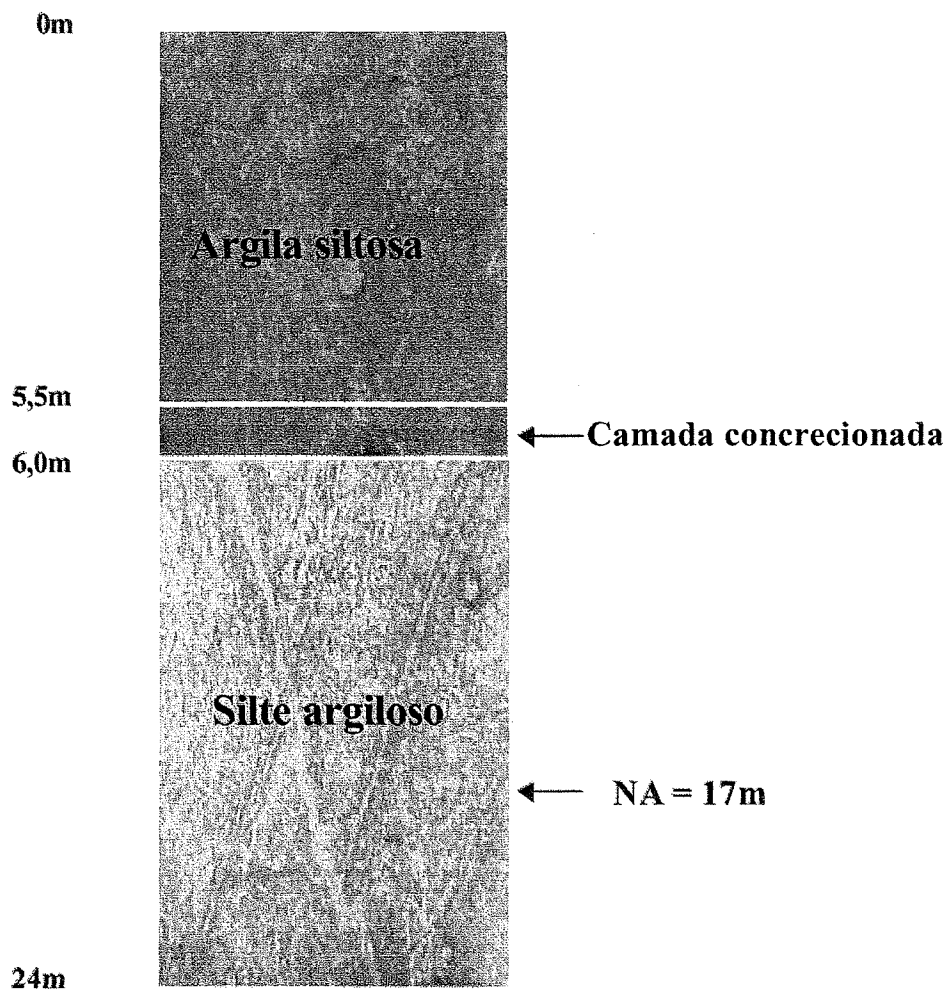


Figura 3.1 – Perfil do subsolo

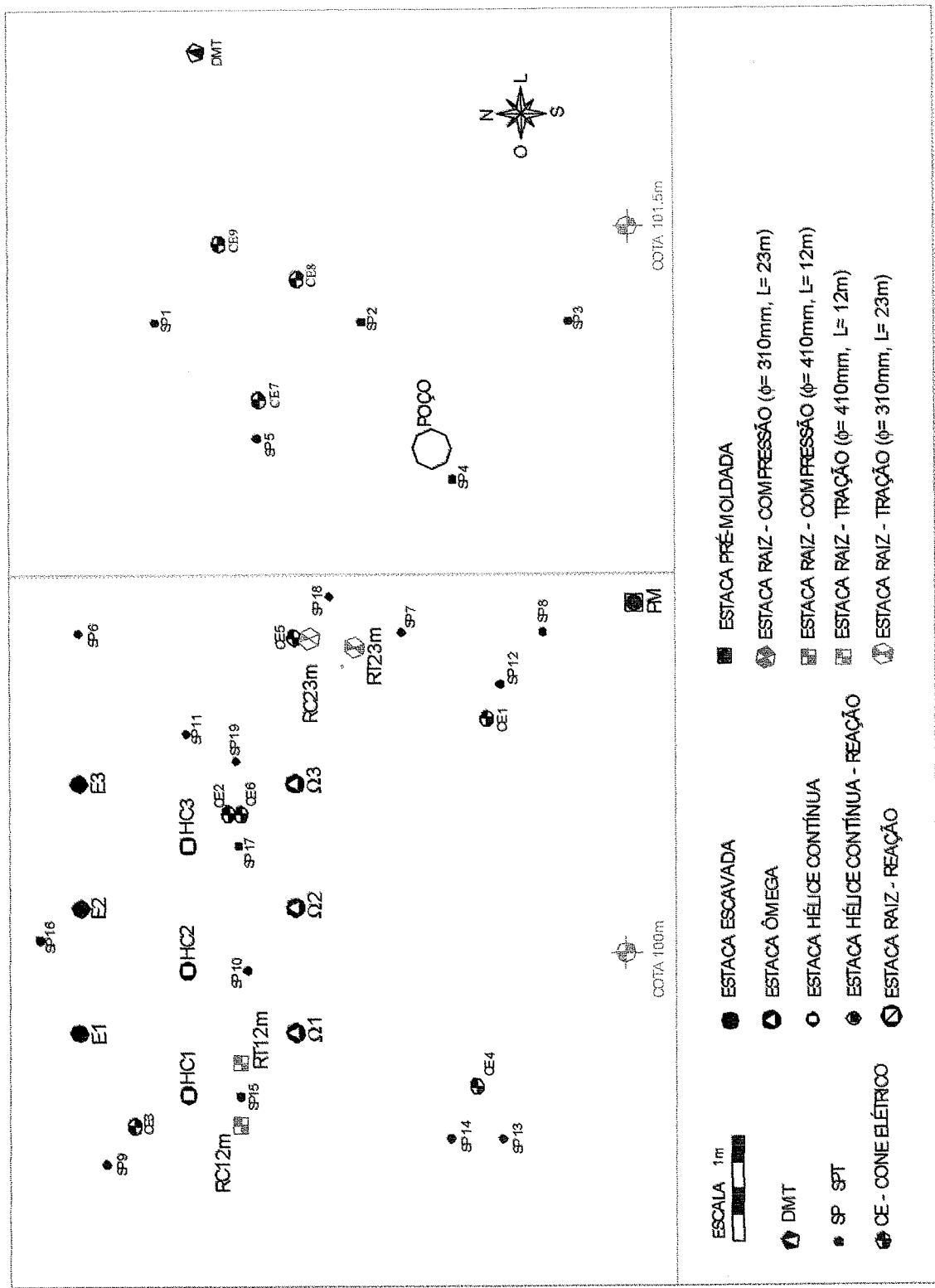


Figura 3.2 - Localização das estacas e dos ensaios



Tabela 3.1 – Valores de  $N_{SPT}$  (Os valores foram convertidos para 30cm de penetração).

Prof (m)	SP 01	SP 02	SP 03	SP 04	SP 05	SP 06	SP 07	SP 08	SP 09	SP 10	SP 11	SP 12	SP 13	SP 14	SP 15	SP 16	SP 17	SP 18	SP 19	
1	1,2	1,5	1,5	1,5	2	1,5	1	1,2	10	3,2	1,8	2,1	3,1	3,1	3	2	2	2,1	3,8	
2	1,7	1,8	0,7	1,9	0,5	2	1,2	1,2	1,8	2,5	3,9	5,8	2,2	2,1	2	3	2	4,2	4,1	
3	2,6	1,9	1,2	1,7	1	4	2	2	3,1	2,8	3,8	0,9	1,9	2,1	3	3	2	4	4,8	
4	3,4	4	2	2,7	3	5	4	2	4	3,9	4,8	4,1	3	3	2	4	4	4,5	5	
5	4	3	4	5	4	4	3	5	5	3,9	7,7	5	5	5,2	5	4	4	7,3	7,2	
6	6	4	8	7	3	6	5	8	6,9	5,6	4,4	5,5	---	5,8	6	5	6	6,2	7,3	
7	4	8	6	6	5	6	6	4	8,2	5,5	3,8	6	---	7,7	6	4	5	5,2	3,6	
8	8	8	8	10	6	7	5	6	7	5,8	4	7	---	5,6	4	4	5	6,7	3,3	
9	6	8	12	13	8	7	7	7	6,8	6,6	6,7	5,5	---	7,2	7	5	6	9	4,3	
10	11	10	14	18	10	8	9	7	10	7	7	8,3	---	8,7	8	5	7	10	6,2	
11	10	8	14	20	7	9	10	9	12,4	8,4	7	6,6	---	9,7	7	8	8	10,3	8,3	
12	9	10	12	7	8	10	9	10	9,7	11	7,5	6	---	8	10	8	8	9,3	7,7	
13	9	8	9	7	11	10	9	8	9,7	7,9	6,2	7,5	---	7,7	11	9	15	7,5	5,4	
14	8	9	15	9	9	10	9	8	9,1	8,2	6,4	6,2	---	18	9	8	8	6,7	5,2	
15	8	5	14	10	12	8	11	8	6	9,3	8	6,6	---	11	8	7	8	3,9	5,2	
16	7	9	14	18	9	9	6	28	11,8	9	8,7	10	---	---	10	5	7	1,9	8	
17	6	8	26	21	12	8	7	30	24,6	15,5	9,7	16	---	---	11	7	6	6,6	7	
18	6	12	32	21	11	10	9	29	21	23	15	62,7	---	---	10	7	9	13	7,7	
19	7	14	34	25	14	10	14	42	29	21	17,4	80,8	---	---	41	15	16	19	---	
20	5	22	96	40	15	25	14	50	46	71,1	13	65,3	---	---	27	23	22	13,4	---	
21	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	15	---
22	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	16,5	---	---
23	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	20,7	---	---
24	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	16	---	---
25	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	17,6	---	---
26	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	19,7	---	---
27	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	18,6	---	---
28	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	22,8	---	---
29	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	31	---	---
30	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	36	---	---
31	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	33	---	---

Tabela 3.2 - Valores de  $T_{m\acute{a}x}$  e  $T_{res}$  (SPT-T). (Torquímetro Analógico)

Profundidade (m)	SP9	SP10	SP11	SP8	SP13	SP14	SP18
	$T_{m\acute{a}x}$ (kgf.m)						
	$T_{res}$ (kgf.m)						
1	2,0	1,7	1,6	2,0	2,5	3,0	3,8
	1,0	0,0	0,4	1,0	1,0	1,0	0,9
2	0,8	2,5	2,0	3,0	1,4	1,7	5,0
	0,0	0,8	0,5	1,5	0,9	0,8	1,0
3	1,0	1,7	2,8	1,0	2,2	1,5	4,0
	0,0	0,4	0,9	0,5	0,9	0,5	1,0
4	1,0	4,0	4,0	3,4	2,3	1,5	2,8
	0,0	1,0	2,0	2,5	0,9	1,0	0,9
5	1,5	3,6	3,6	6,0	2,9	4,0	9,3
	0,0	0,9	3,0	4,0	1,4	2,0	1,9
6	1,8	4,0	3,9	3,9		3,9	7,0
	0,5	1,5	3,0	3,0		2,0	4,0
7	2,8	3,6	6,0	6,0		5,9	6,8
	1,0	2,0	4,0	4,0		3,0	4,9
8	3,8	5,7	6,9	8,0		6,7	9,0
	2,0	4,0	4,9	6,5		3,8	7,0
9	5,6	5,7	12,0	6,5		10,0	12,0
	3,8	4,8	6,0	5,5		7,0	8,0
10	10,0	8,0	10,0	11,7		13,7	12,0
	7,0	6,0	5,5	7,8		11,7	10,0
11	10,8	8,8	9,0	11,0		16,6	14,0
	6,9	5,9	6,5	8,5		12,7	9,0
12	10,5	12,0	7,8	9,8		14,0	12,0
	6,7	8,0	5,9	7,8		10,0	9,0
13	10,0	9,8	9,8	14,0		14,7	12,0
	7,5	7,3	6,9	8,0		10,8	8,0
14	8,2	10,0	14,7	10,5		20,0	9,8
	5,6	6,5	10,3	8,6		12,0	6,8
15	10,0	13,0	19,0	12,0		20,0	6,0
	7,0	9,0	16,0	8,0		11,0	3,0
16	18,0	14,4	20,0	17,0			4,3
	14,0	10,5	15,0	14,0			3,5
17	28,0	21,5	25,0	25,0			15,0
	23,0	18,6	20,0	14,0			10,3
18	28,0	30,0	24,5	58,4			28,0
	26,0	23,0	19,6	54,7			23,0
19	32,0	30,0	20,0	88,4			35,0
	28,0	19,0	17,0	96,4			28,0
20	49,4	59,6		88,4			19,6
	43,9	59,6		80,4			16,6
21	51,9	45,0					21,0
	51,9	40,0					18,0
22		23,5					23,0
		18,6					18,0
23		24,5					30,0
		17,6					24,0
24		24,0					26,0
		24,0					20,0
25		25,4					20,0
		19,6					18,0
26		26,0					24,0
		20,0					20,0
27		30,0					22,0
		25,0					18,0
28							40,0
							30,0
29							40,0
							33,0
30							48,0
							34,0
31							40,0
							35,0

O ensaio de Cone Elétrico forneceu valores a cada 2cm. Nas Tabelas são apresentados os valores médios a cada 25cm.

Tabela 3.3 - Valores de fs (Cone Elétrico).

Prof. (m)	CPT1	CPT2	CPT3	CPT4	CPT5	CPT6	CPT7	CPT8	CPT9
	kPa								
0,00	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,25	119	--	73	200	37	101	27	77	58
0,50	141	--	32	198	87	122	23	91	32
0,75	125	--	47	119	57	93	25	41	4
1,00	101	--	73	24	17	68	18	8	0
1,25	45	--	52	10	11	45	11	5	5
1,50	16	--	7	1	10	31	12	5	1
1,75	7	--	3	0	10	21	12	6	4
2,00	7	--	2	1	13	14	9	4	6
2,25	26	--	2	1	12	13	5	3	4
2,50	18	--	0	0	26	16	5	1	2
2,75	7	--	1	0	34	18	3	2	4
3,00	11	--	0	0	19	16	10	4	3
3,25	18	20	0	0	32	21	15	3	10
3,50	17	15	3	3	31	27	9	9	9
3,75	13	12	1	3	30	23	6	6	5
4,00	11	14	7	2	65	18	10	10	12
4,25	23	10	5	17	42	17	8	7	11
4,50	23	9	2	14	31	14	4	4	19
4,75	16	14	0	10	33	18	15	1	11
5,00	51	12	0	27	50	33	44	11	6
5,25	53	31	4	38	73	57	46	41	7
5,50	22	64	4	58	44	65	18	31	17
5,75	56	58	6	16	67	99	67	64	44
6,00	73	55	10	31	115	89	79	51	37
6,25	85	51	17	59	147	120	79	25	40
6,50	95	98	39	87	155	169	125	37	65
6,75	128	104	84	49	135	158	139	18	111
7,00	140	104	91	60	113	173	129	33	93
7,25	138	143	161	61	123	158	85	56	113
7,50	131	167	166	71	124	155	137	64	135
7,75	89	173	196	78	127	142	162	54	149
8,00	135	173	149	108	145	138	117	92	164
8,25	147	162	141	122	132	142	160	158	143
8,50	132	167	170	93	134	135	152	156	147
8,75	139	178	160	116	111	130	140	154	163
9,00	146	162	148	130	113	129	154	152	169
9,25	162	148	158	132	122	117	94	153	174
9,50	173	165	155	128	112	122	79	161	183
9,75	159	167	150	126	123	112	131	183	171
10,00	161	154	141	123	118	122	122	147	161
10,25	163	149	167	107	124	151	144	175	157
10,50	160	165	182	129	136	130	140	175	168
10,75	160	178	155	121	136	119	137	175	147
11,00	178	177	166	131	133	117	135	146	134

11,25	193	177	162	125	141	144	147	141	183
Prof. (m)	CPT1	CPT2	CPT3	CPT4	CPT5	CPT6	CPT7	CPT8	CPT9
	kPa								
11,50	172	172	167	128	152	121	130	140	171
11,75	165	165	151	138	137	133	131	142	158
12,00	145	164	129	139	130	129	120	144	177
12,25	173	159	161	116	140	159	137	135	186
12,50	137	170	132	100	115	139	117	123	166
12,75	116	151	124	100	107	132	117	139	162
13,00	106	149	115	105	118	117	121	124	153
13,25	202	153	122	88	116	125	122	111	150
13,50	130	137	106	68	92	123	89	102	138
13,75	121	109	103	72	79	140	79	112	132
14,00	97	106	94	86	78	151	96	104	131
14,25	107	115	105	73	92	115	97	86	138
14,50	84	104	86	73	79	103	75	89	117
14,75	74	100	83	94	69	86	67	102	116
15,00	84	104	70	167	65	104	69	88	114
15,25	76	78	90	125	90	114	62	71	117
15,50	58	98	61	83	82	90	82	73	106
15,75	59	94	60	103	79	84	51	81	105
16,00	64	111	57	--	61	84	62	64	104
16,25	76	214	83	--	109	75	60	63	111
16,50	66	146	84	--	149	68	53	64	91
16,75	51	92	86	--	98	78	50	79	92
17,00	73	92	168	--	86	94	59	70	89
17,25	122	92	147	--	104	78	62	73	105
17,50	89	89	181	--	81	69	45	67	74
17,75	90	85	184	--	84	73	41	63	75
18,00	109	98	150	--	109	69	60	50	76
18,25	167	131	188	--	137	87	57	48	116
18,50	178	192	170	--	133	90	72	65	86
18,75	138	264	159	--	164	179	55	72	83
19,00	89	310	161	--	151	266	82	63	91
19,25	98	143	161	--	135	--	79	88	140
19,50	141	114	147	--	113	--	89	86	103
19,75	204	111	116	--	224	--	104	68	88
20,00	83	258	182	--	608	--	180	77	83
20,25	--	289	408	--	505	--	--	84	103
20,50	--	385	--	--	466	--	--	--	98
20,75	--	455	--	--	156	--	--	--	136
21,00	--	502	--	--	139	--	--	--	146
21,25	--	--	--	--	183	--	--	--	188
21,50	--	--	--	--	243	--	--	--	155
21,75	--	--	--	--	196	--	--	--	142
22,00	--	--	--	--	154	--	--	--	184
22,25	--	--	--	--	196	--	--	--	195
22,50	--	--	--	--	183	--	--	--	178
22,75	--	--	--	--	166	--	--	--	200
23,00	--	--	--	--	178	--	--	--	--
23,25	--	--	--	--	234	--	--	--	--

Prof. (m)	CPT1	CPT2	CPT3	CPT4	CPT5	CPT6	CPT7	CPT8	CPT9
	kPa								
23,50	--	--	--	--	176	--	--	--	--
23,75	--	--	--	--	291	--	--	--	--
24,00	--	--	--	--	182	--	--	--	--
24,25	--	--	--	--	148	--	--	--	--
24,50	--	--	--	--	140	--	--	--	--
24,75	--	--	--	--	135	--	--	--	--
25,00	--	--	--	--	140	--	--	--	--
25,25	--	--	--	--	191	--	--	--	--
25,50	--	--	--	--	170	--	--	--	--
25,75	--	--	--	--	138	--	--	--	--
26,00	--	--	--	--	125	--	--	--	--
26,25	--	--	--	--	198	--	--	--	--
26,50	--	--	--	--	179	--	--	--	--
26,75	--	--	--	--	163	--	--	--	--
27,00	--	--	--	--	176	--	--	--	--
27,20	--	--	--	--	161	--	--	--	--

Tabela 3.4 - Valores de qc.

Prof. (m)	CPT1	CPT2	CPT3	CPT4	CPT5	CPT6	CPT7	CPT8	CPT9
	MPa								
0,00	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,25	2,31	--	1,63	4,09	1,95	4,19	2,39	3,81	2,38
0,50	1,38	--	1,71	3,49	1,87	1,97	2,00	3,56	2,12
0,75	1,12	--	3,50	3,59	1,53	1,86	2,17	3,59	0,47
1,00	1,02	--	4,66	2,43	1,15	1,65	3,22	2,93	0,52
1,25	1,03	--	3,47	1,65	1,32	1,51	3,07	2,37	2,56
1,50	1,13	--	2,65	1,31	1,21	1,35	2,95	2,62	1,94
1,75	1,25	--	2,18	1,25	1,32	1,41	2,52	2,46	2,50
2,00	1,26	--	1,85	1,47	1,67	1,35	2,13	2,29	2,41
2,25	1,48	--	1,24	1,55	1,41	1,28	2,41	2,15	1,86
2,50	1,68	--	1,31	1,33	1,82	1,40	2,22	2,08	2,17
2,75	1,83	--	1,27	1,37	1,99	1,68	1,90	2,31	2,37
3,00	2,29	--	1,86	1,31	2,04	1,68	2,54	2,41	2,44
3,25	2,74	1,46	2,43	1,54	2,40	1,89	3,36	2,66	2,77
3,50	3,03	1,54	2,32	2,29	2,81	1,81	2,46	2,99	3,08
3,75	2,37	1,86	2,75	2,41	2,83	1,54	2,42	2,57	2,38
4,00	2,48	1,95	3,55	2,16	2,42	1,79	2,51	2,61	2,54
4,25	2,55	2,21	3,23	2,72	2,21	1,88	2,41	2,51	3,01
4,50	2,60	1,98	2,79	2,95	2,15	1,61	2,30	2,41	3,13
4,75	2,32	2,09	2,48	2,83	2,51	1,81	2,79	1,53	2,84
5,00	2,85	2,03	2,48	2,98	2,83	2,11	3,13	2,32	2,51
5,25	3,94	2,51	2,91	2,86	4,00	2,46	3,17	2,87	2,62
5,50	3,05	2,96	3,34	3,05	3,11	2,84	3,57	3,14	2,77
5,75	2,94	2,91	3,44	2,45	3,03	4,88	3,01	3,28	3,35
6,00	2,78	2,81	3,69	2,62	2,58	1,80	3,43	3,66	3,14
6,25	2,65	2,23	3,51	2,98	2,37	2,40	3,58	3,33	3,32
6,50	2,58	2,35	3,89	3,27	2,28	2,40	3,25	2,89	3,52
6,75	2,17	2,29	4,66	2,89	1,99	2,06	3,13	2,78	3,26

7,25	1,91	2,13	3,72	2,46	1,82	1,80	2,48	2,72	2,59
7,50	1,81	1,96	3,45	2,50	1,92	1,72	2,23	2,64	2,48
7,75	1,81	1,89	3,21	2,30	2,07	1,58	2,11	2,59	2,56
8,00	1,85	1,82	2,62	2,02	2,10	1,62	1,97	2,35	2,45
8,25	1,72	1,55	2,57	1,89	1,72	1,79	2,14	2,49	2,25
8,50	1,59	1,80	2,41	1,75	1,72	1,69	1,83	2,48	2,07
8,75	1,79	2,15	2,24	1,79	1,53	1,80	2,26	2,34	2,34
9,00	1,82	1,63	2,15	1,84	1,81	1,70	1,85	2,25	2,08
9,25	2,05	1,68	2,32	1,84	1,65	1,69	1,86	2,07	2,44
9,50	2,03	1,65	2,32	1,86	1,57	1,64	1,94	2,18	2,59
9,75	1,88	1,65	2,17	1,90	2,04	1,79	1,78	2,26	2,15
10,00	1,88	1,64	1,89	1,70	1,97	1,88	2,06	1,94	1,92
10,25	1,96	1,48	2,37	1,72	2,19	2,05	2,11	2,28	2,13
10,50	1,96	1,86	2,25	2,11	2,12	1,55	2,06	2,21	2,11
10,75	1,98	1,82	2,26	1,80	2,14	2,01	2,02	2,38	1,65
11,00	2,08	1,85	2,07	1,86	2,09	1,80	2,12	2,22	2,15
11,25	2,15	1,77	2,44	1,78	2,02	2,09	1,98	2,18	2,15
11,50	2,07	1,80	2,29	2,01	2,14	2,18	2,06	2,28	2,02
11,75	1,86	1,87	2,01	2,01	2,07	2,03	1,93	2,07	2,24
12,00	1,87	1,78	2,13	1,96	2,01	1,87	2,10	2,18	2,20
12,25	2,01	1,90	2,21	1,93	1,93	2,02	2,00	2,14	2,09
12,50	1,68	2,02	2,10	1,91	1,91	1,86	1,97	1,92	2,09
12,75	1,59	1,87	2,05	1,92	1,85	1,82	1,96	2,21	1,90
13,00	1,68	1,81	1,98	2,02	1,87	1,63	1,97	2,10	1,90
13,25	1,73	1,82	2,04	1,96	1,84	1,76	1,72	1,87	1,92
13,50	1,64	1,64	1,99	1,96	1,72	1,86	1,59	1,87	1,88
13,75	1,50	1,43	1,93	2,25	1,84	1,78	1,61	1,98	1,84
14,00	1,60	1,52	1,68	2,37	1,71	1,71	1,73	1,81	1,73
14,25	1,65	1,54	1,77	2,45	1,81	1,89	1,63	1,70	1,78
14,50	1,72	1,70	1,57	2,84	1,64	1,86	1,55	1,67	1,68
14,75	1,67	1,69	1,75	3,47	1,69	1,77	1,54	1,67	1,64
15,00	1,56	1,43	1,74	4,12	1,80	1,97	1,61	1,67	1,54
15,25	1,66	1,71	2,10	2,99	1,92	1,98	1,65	1,49	1,60
15,50	1,54	1,68	1,82	3,00	1,97	1,77	1,82	1,41	1,65
15,75	1,72	1,63	1,98	2,90	1,95	1,64	1,52	1,56	1,63
16,00	1,60	2,28	2,25	--	2,13	1,38	1,61	1,53	1,58
16,25	1,68	2,96	2,46	--	3,04	1,62	1,63	1,46	1,66
16,50	1,71	1,79	2,27	--	2,58	1,69	1,57	1,42	1,65
16,75	2,04	1,87	2,13	--	2,19	1,90	1,54	1,51	1,40
17,00	2,32	1,56	4,16	--	1,98	1,62	1,70	1,54	1,73
17,25	2,51	1,64	2,99	--	2,42	1,72	1,68	1,67	1,80
17,50	2,47	1,78	3,77	--	2,62	1,76	1,59	1,42	1,55
17,75	2,53	1,92	3,18	--	2,84	1,58	1,72	1,41	1,62
18,00	2,96	2,17	3,18	--	3,11	1,64	1,85	1,55	1,66
18,25	3,45	2,44	3,51	--	3,18	1,81	1,66	1,38	1,82
18,50	3,40	4,11	3,54	--	3,15	2,10	1,74	1,28	1,76
18,75	2,10	6,53	2,73	--	3,14	4,65	1,83	1,56	1,55
19,00	1,64	5,35	3,04	--	2,77	3,89	2,33	1,54	1,81

19,25	1,63	1,75	2,70	--	2,73	2,59	3,01	1,81	1,99
Prof. (m)	CPT1	CPT2	CPT3	CPT4	CPT5	CPT6	CPT7	CPT8	CPT9
	MPa								
19,50	5,09	1,77	2,51	--	2,94	--	3,14	1,93	1,93
19,75	3,17	2,18	2,49	--	14,05	--	3,65	1,78	1,73
20,00	2,11	7,12	7,28	--	22,97	--	4,29	2,17	2,06
20,25	--	7,51	14,49	--	15,85	--	--	2,26	2,04
20,50	--	9,72	--	--	6,36	--	--	--	2,54
20,75	--	13,28	--	--	2,90	--	--	--	3,17
21,00	--	12,19	--	--	2,89	--	--	--	3,18
21,25	--	--	--	--	3,59	--	--	--	3,58
21,50	--	--	--	--	4,02	--	--	--	2,48
21,75	--	--	--	--	3,05	--	--	--	2,61
22,00	--	--	--	--	2,92	--	--	--	3,09
22,25	--	--	--	--	3,41	--	--	--	2,86
22,50	--	--	--	--	2,92	--	--	--	2,75
22,75	--	--	--	--	3,03	--	--	--	3,46
23,00	--	--	--	--	3,66	--	--	--	--
23,25	--	--	--	--	4,49	--	--	--	--
23,50	--	--	--	--	3,43	--	--	--	--
23,75	--	--	--	--	5,95	--	--	--	--
24,00	--	--	--	--	3,38	--	--	--	--
24,25	--	--	--	--	3,00	--	--	--	--
24,50	--	--	--	--	3,17	--	--	--	--
24,75	--	--	--	--	3,61	--	--	--	--
25,00	--	--	--	--	3,50	--	--	--	--
25,25	--	--	--	--	3,64	--	--	--	--
25,50	--	--	--	--	3,85	--	--	--	--
25,75	--	--	--	--	3,47	--	--	--	--
26,00	--	--	--	--	3,87	--	--	--	--
26,25	--	--	--	--	3,75	--	--	--	--
26,50	--	--	--	--	4,01	--	--	--	--
26,75	--	--	--	--	4,03	--	--	--	--
27,00	--	--	--	--	4,48	--	--	--	--
27,20	--	--	--	--	4,03	--	--	--	--

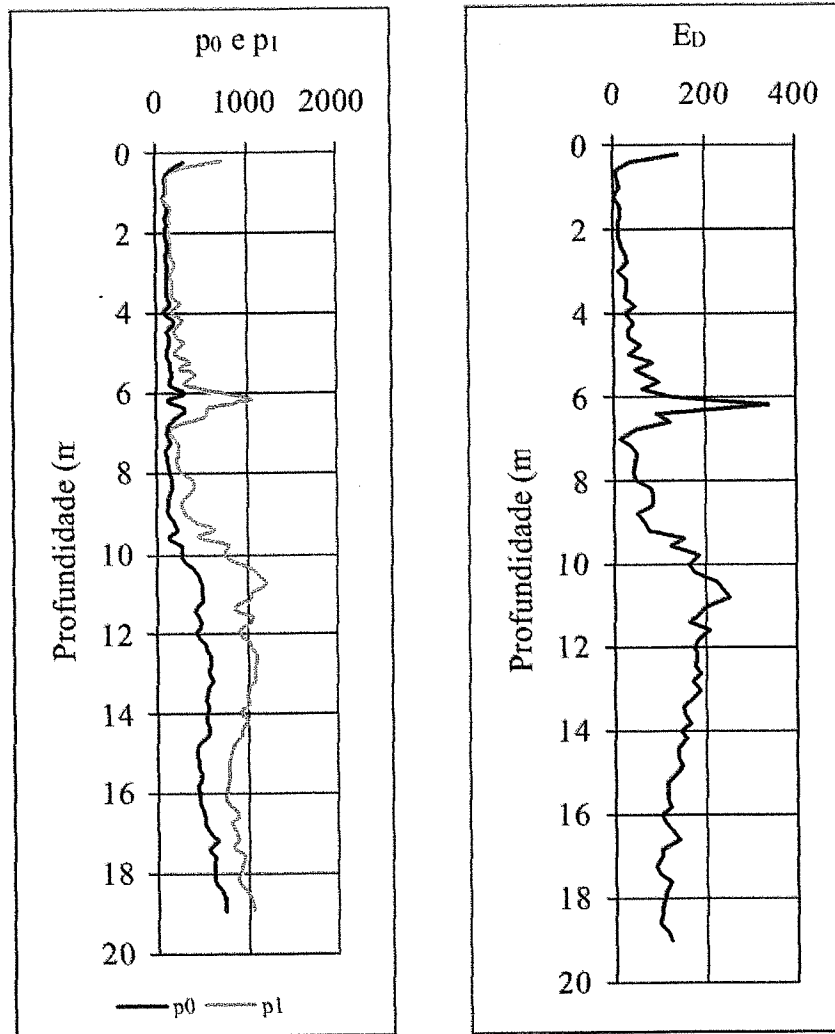


Figura 3.3 - Resultados de ensaios DMT (Dilatômetro de Marchetti).



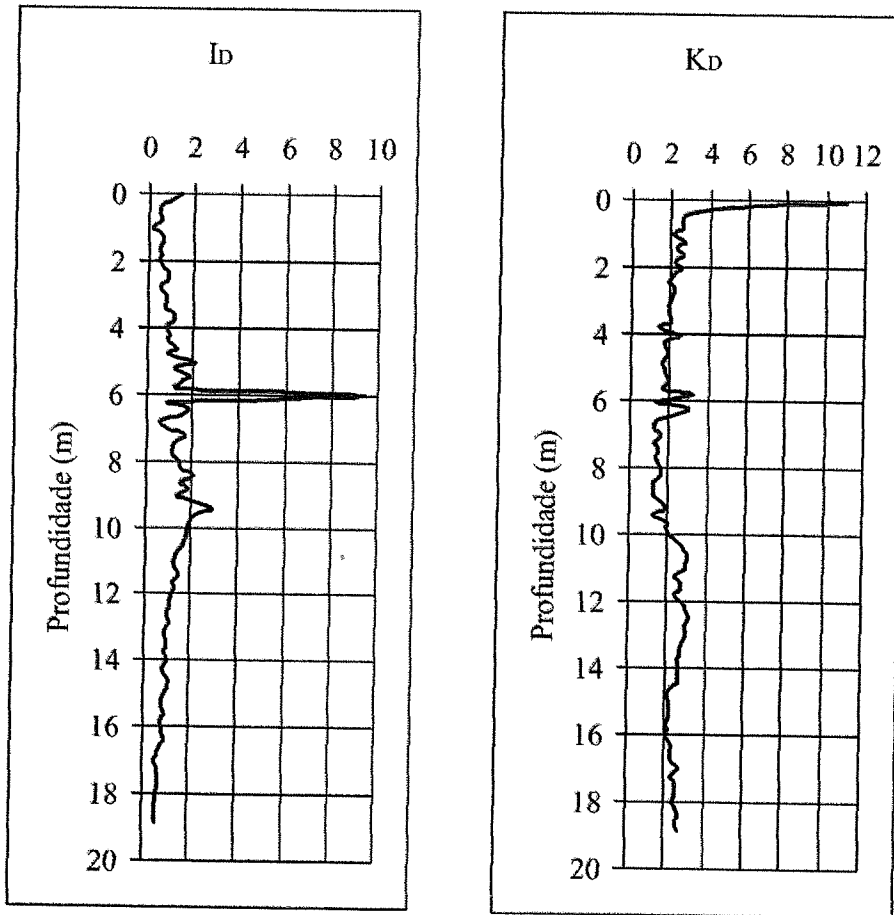


Figura 3.4 - Resultados de ensaios DMT (Dilatômetro de Marchetti).

Tabela 3.5 - Valores de  $p_0$ ,  $p_1$ ,  $I_D$  e  $K_D$ , do Dilatômetro de Marchetti.

Profundidade (m)	$P_0$ (bar)	$P_1$ (bar)	$I_D$	$K_D$
1	0,903	1,25	0,38	2,05
2	0,998	1,45	0,45	1,67
3	1,198	1,65	0,38	1,59
4	0,786	1,5	0,91	0,86
5	1,178	2,05	0,74	1,11
6	3,301	6,85	1,08	2,68
7	1,001	1,4	0,4	0,72
8	1,354	2,75	1,03	0,87
9	1,176	3,15	1,68	0,68
10	2,7	7,45	1,77	1,42
11	4,943	10,75	1,17	2,38
12	4,279	9,35	1,19	1,9
13	5,663	11,05	0,95	2,32
14	5,476	9,55	0,74	2,09
15	4,386	8,25	0,88	1,57
16	4,683	7,55	0,61	1,58
17	5,783	8,65	0,5	1,84
18	6,423	9,5	0,48	1,93
19	7,458	10,85	0,45	2,13
20	0,903	1,25	0,38	2,05

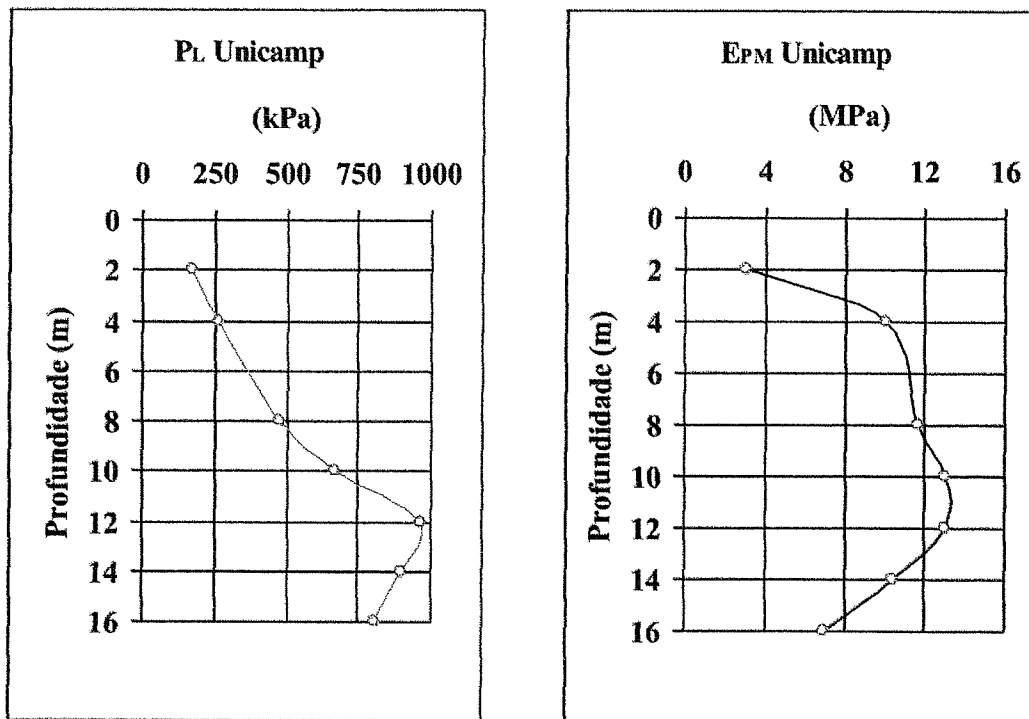


Figura 3.5 - Resultados de ensaios pressiométricos tipo Menard.

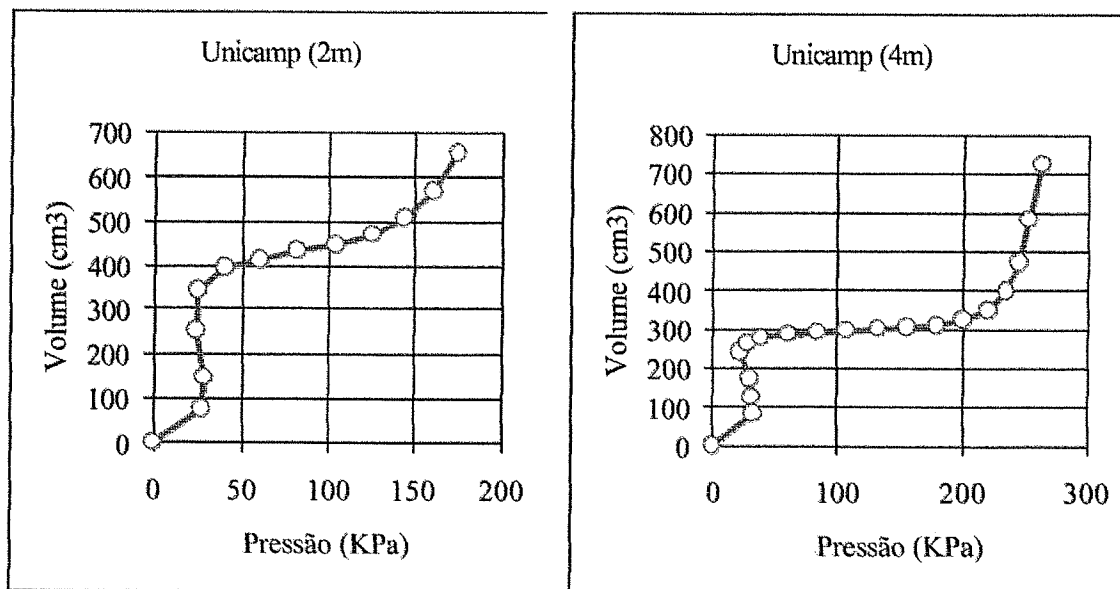


Figura 3.6 - Curvas pressão x volume - Ensaios Pressiométricos tipo Menard (profundidades 2m e 4m).

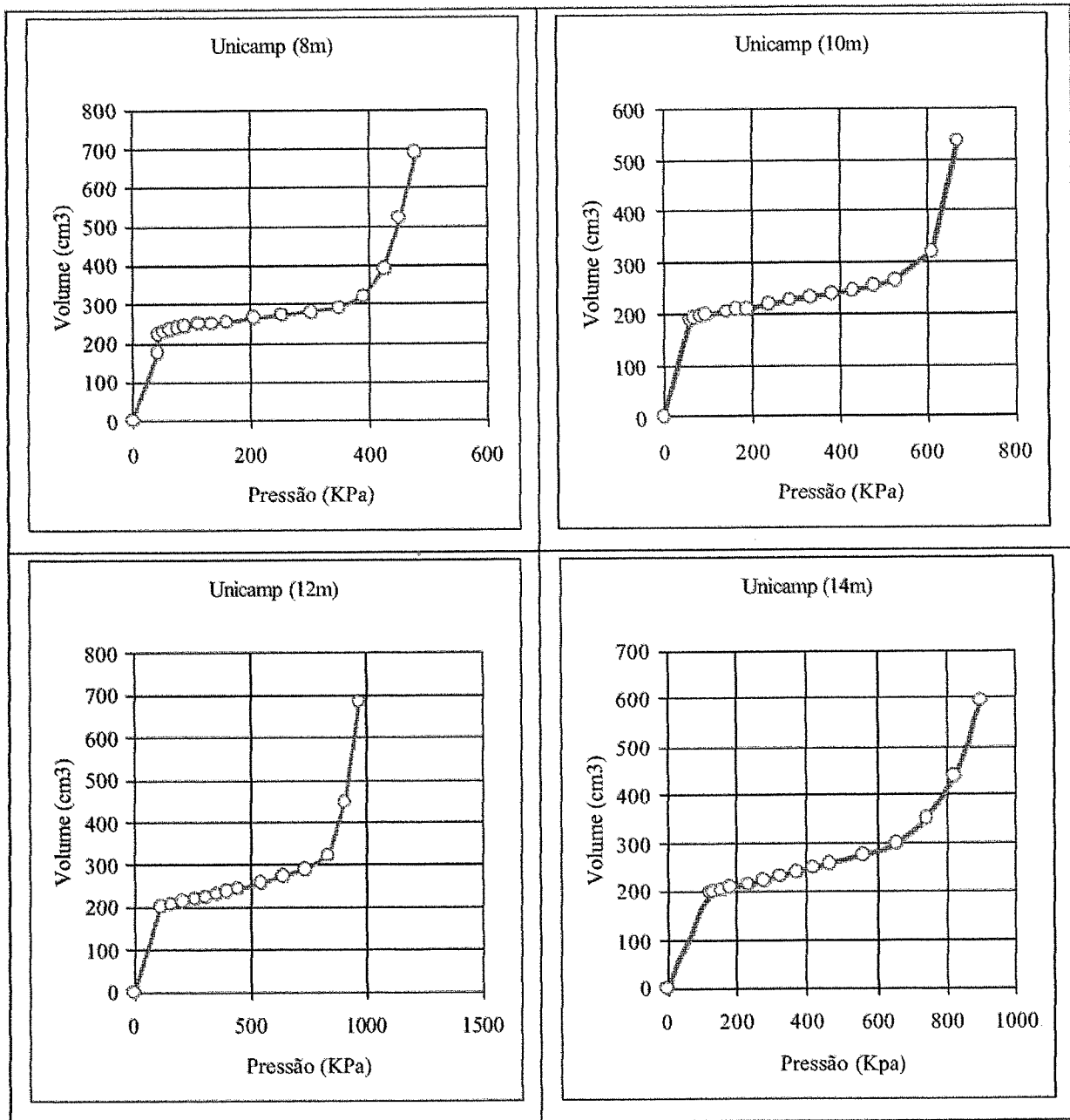


Figura 3.7 – Curvas pressão x volume -Ensaio Pressiométrico tipo Menard (profundidades 8m, 10m, 12m e 14m).

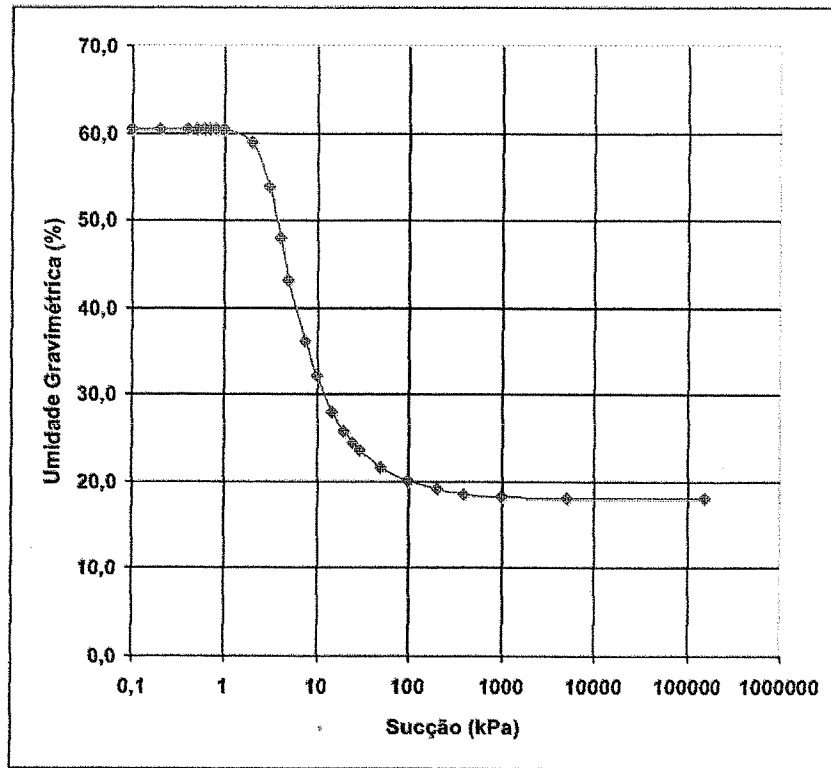


Figura 3.8 – Curva de Sucção (solo superficial).

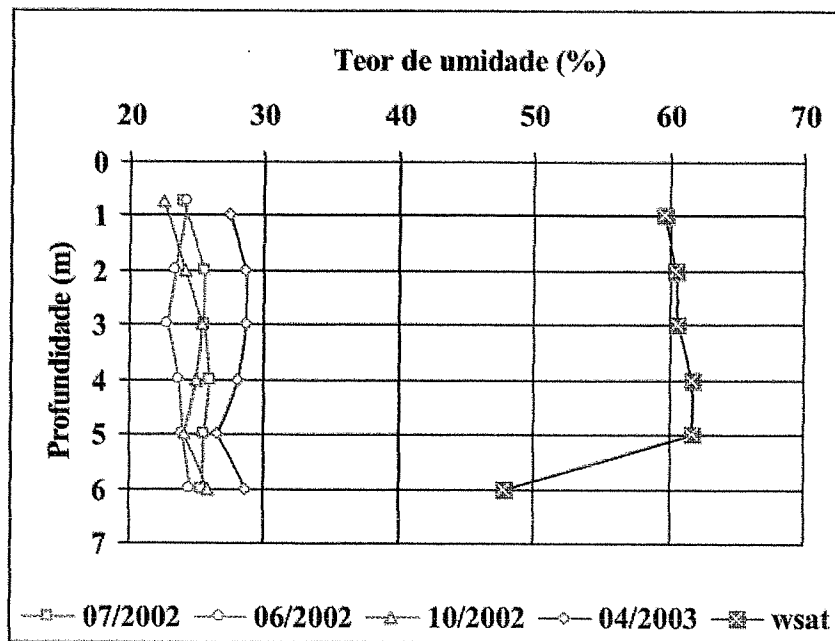


Figura 3.9 – Valores de umidade em períodos e profundidades distintas.

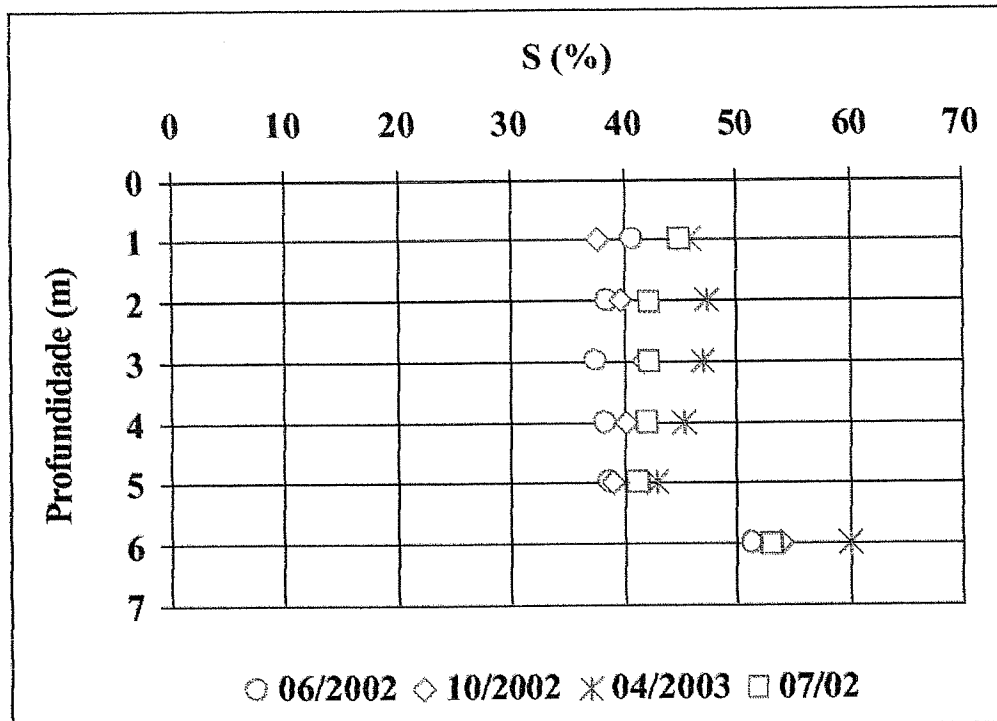


Figura 3.10 - Grau de Saturação em períodos e profundidades distintas.

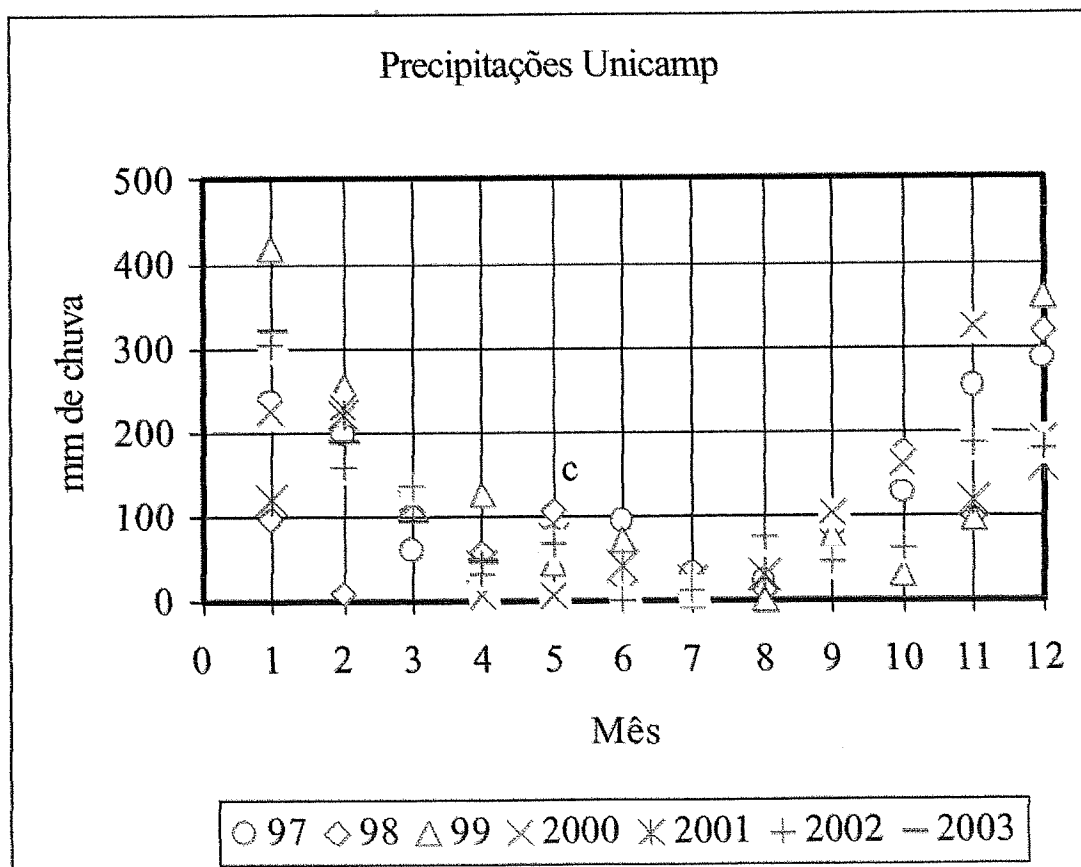


Figura 3.11 - Índices pluviométricos.

#### 4. Ensaio Laboratoriais

O programa de investigação através de ensaios de laboratório vem sendo executado desde a implantação do Campo Experimental com o intuito de se obter as propriedades geotécnicas do solo local.

Os ensaios aqui apresentados foram executados nos laboratórios de Mecânica dos Solos do Departamento de Geotecnia e Ensaio de Materiais das Faculdades de Engenharia Civil e Agrícola da Unicamp.

##### 4.1. Distribuição Granulométrica

Apresentam-se na Figura 4.1 as porcentagens de argila, areia e silte obtidas por meio de ensaios de Distribuição Granulométrica a cada metro.

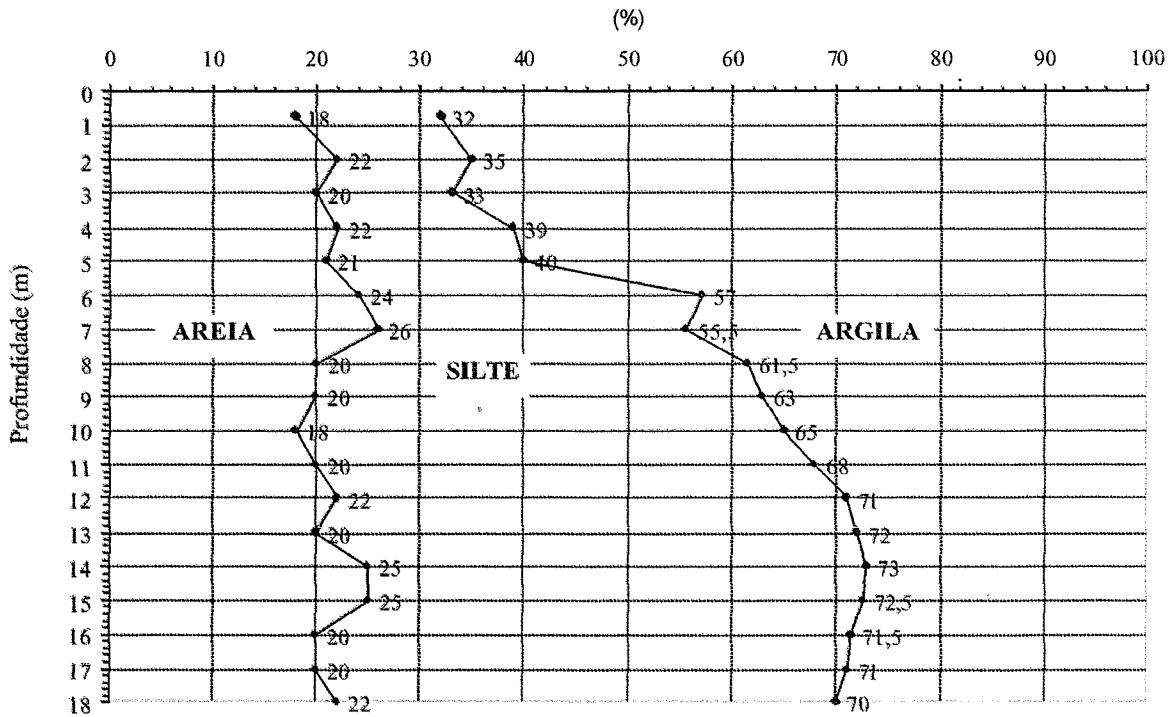


Figura 4.1 - Valores de Distribuição Granulométrica.

#### 4.2. Limites de Atterberg e Índices Físicos

Apresentam-se na Figura 4.2 os valores de Limite de Liquidez, Limite de Plasticidade e Índice de Plasticidade, até uma profundidade de 17m.

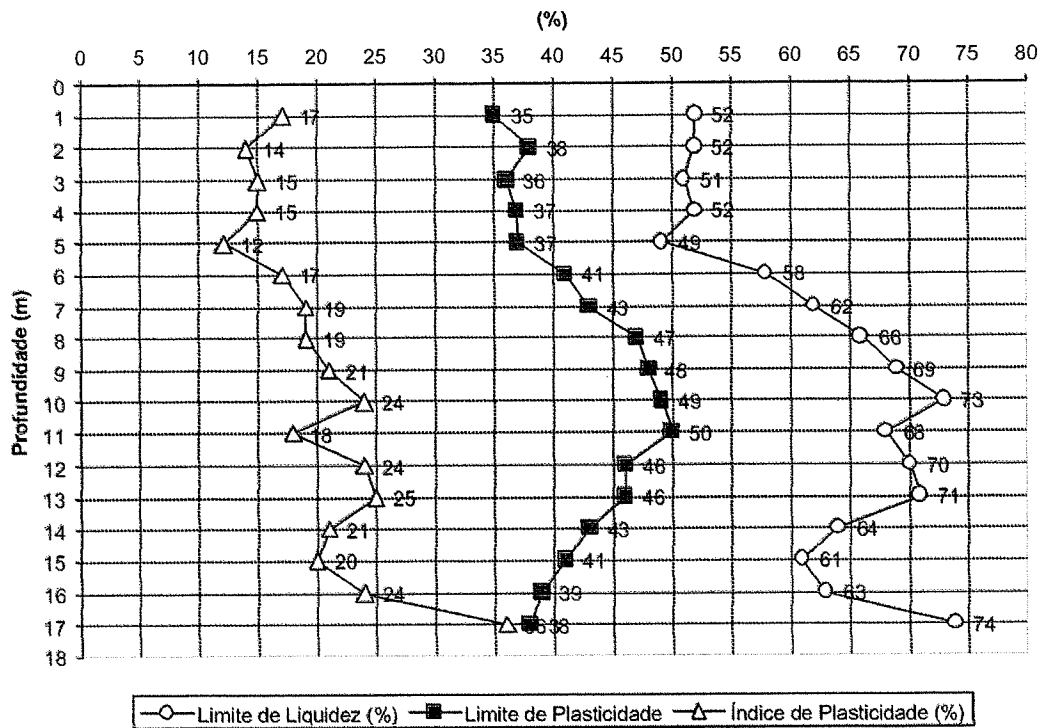


Figura 4.2 - Valores de limites de Atterberg.

Apresentam-se na Figura 4.3 os valores dos índices físicos obtidos para o Campo Experimental.

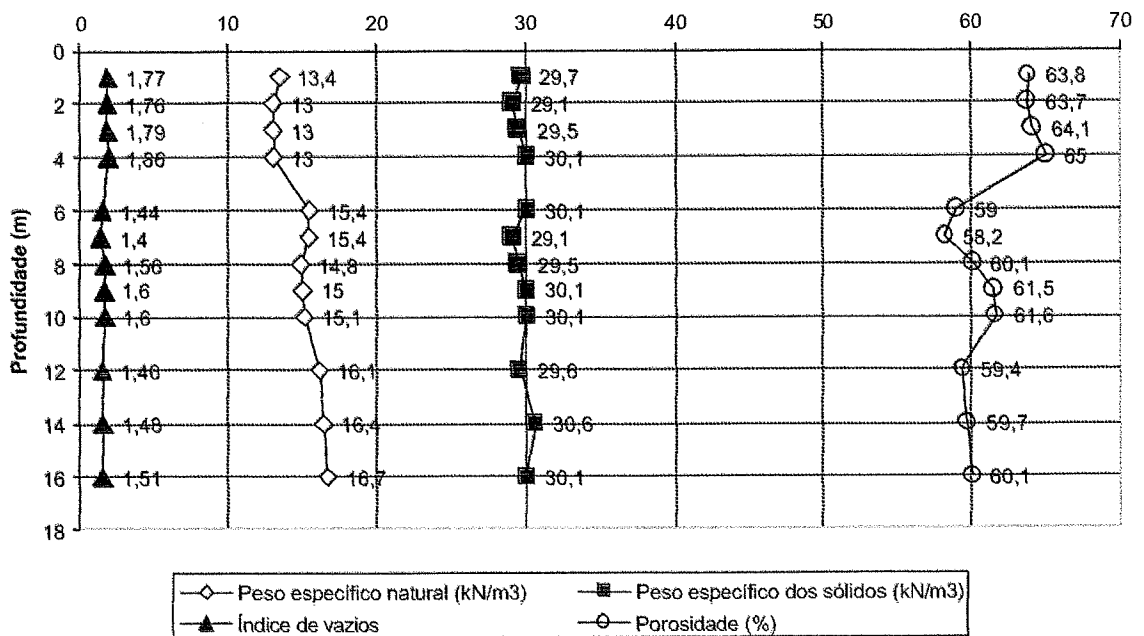


Figura 4.3 - Índices físicos obtidos.



### 4.3. Compactação – Proctor Normal

Apresentam-se na Figura 4.4 as curvas obtidas por meio de ensaios tipo Proctor Normal, em amostras retiradas às profundidades de 1,0m a 4,0m.

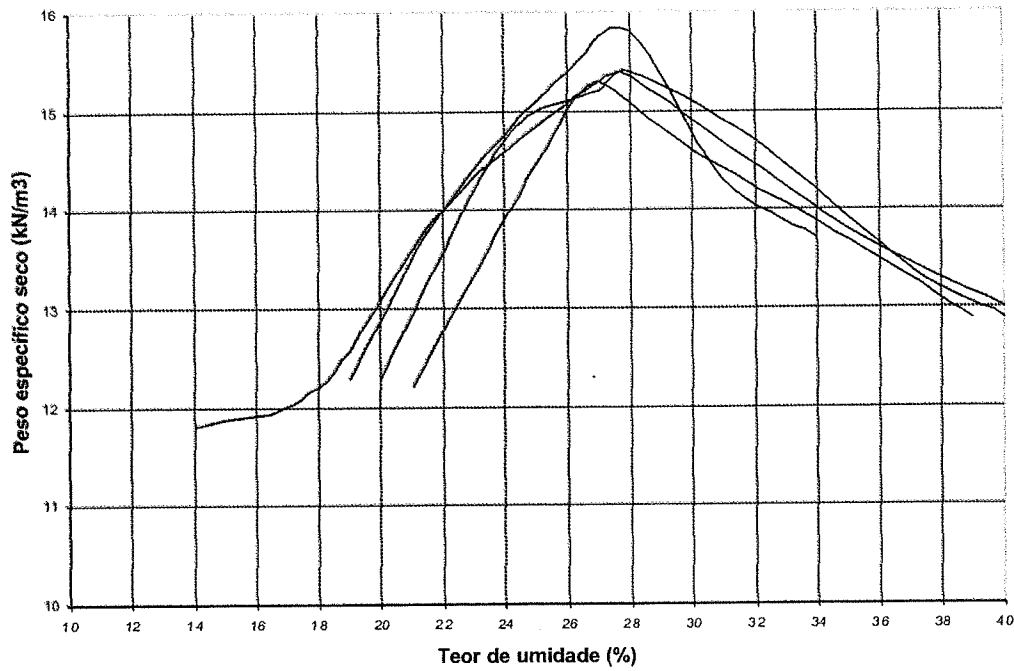


Figura 4.4 - Curvas de compactação obtidas por meio de ensaio tipo Proctor Normal.

Os parâmetros obtidos nos ensaios são apresentados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Parâmetros obtidos nos ensaios de compactação.

Amostra	Umidade ótima (%)	Peso específico seco (kN/m³)
1	28	15,4
2	28	15,4
3	27	15,3
4	28	15,8

#### 4.4. Resistência à Compressão Simples

A Figura 4.5 abaixo apresenta os parâmetros referentes à resistência à compressão simples até uma profundidade de 16m.

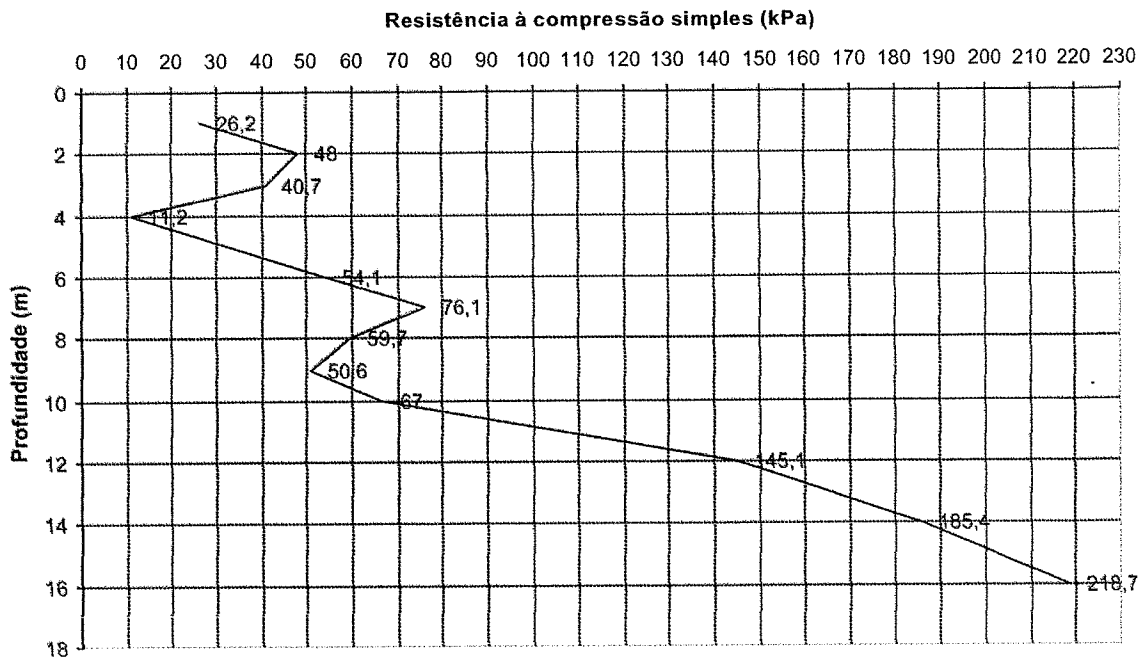


Figura 4.5 - Parâmetros de resistência à compressão obtidos até 16m.

#### 4.5. Compressão Edométrica

Apresentam-se na Tabela 4.2 os valores de Índice de Compressão e Tensão de Pré-Adensamento.

Tabela 4.2 - Valores de  $C_c$  e  $\sigma_a$ .

Profundidade (m)	$C_c$	$\sigma_a$ (kPa)
1,0	0,60	55
2,0	0,60	130
3,0	0,58	198
4,0	0,60	91
6,0	***	***
7,0	***	***
8,0	0,65	120
9,0	0,60	140
10,0	***	***
12,0	***	***
14,0	***	***
16,0	***	***

#### 4.6. Resistência ao Cisalhamento

Apresentam-se na Figura 4.6 os valores dos parâmetros de resistência obtidos em termos de tensões totais por meio de ensaios triaxiais tipo Adensado não Drenado (CU).

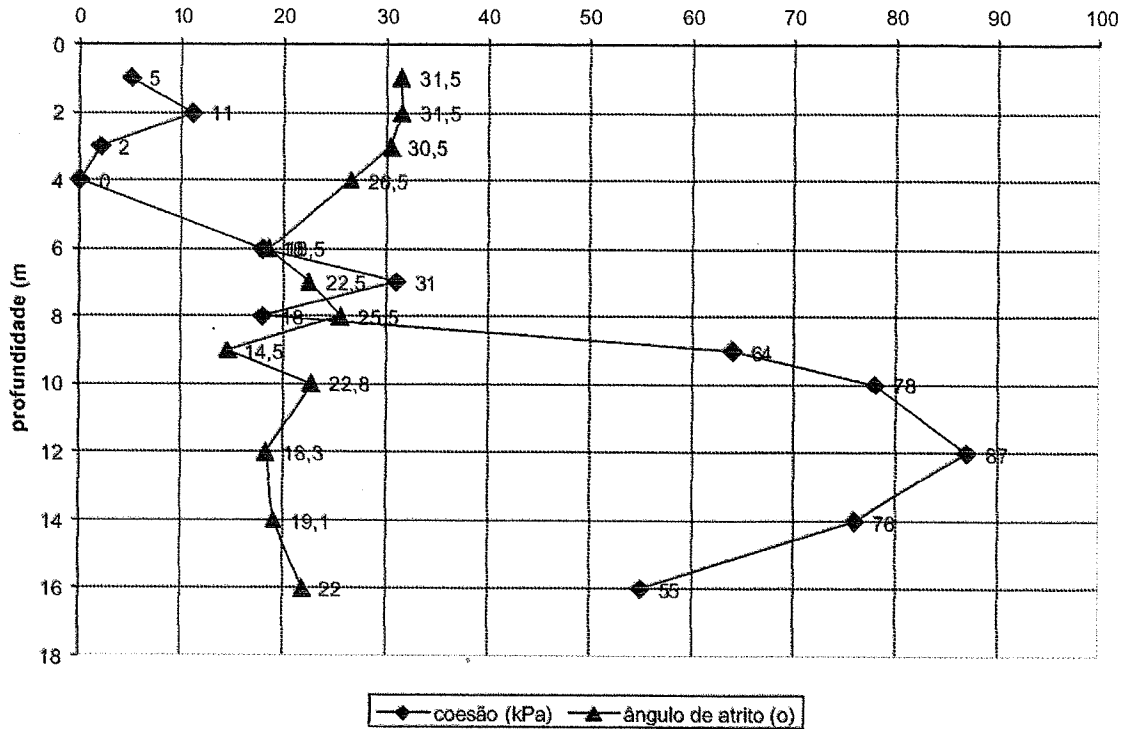


Figura 4.6 - Parâmetros de resistência totais obtidos em ensaios triaxiais tipo Adensado não Drenado (CU).

## 5. Estacas Já Ensaaiadas no Campo Experimental

No Campo Experimental já foram ensaiadas os seguintes tipos de estacas: pré-moldada, escavada convencional, hélice contínua e ômega. A seguir faz-se um relato do processo executivo de cada tipo de estaca e apresentam-se os resultados obtidos nas provas de carga.

### 5.1 - Estaca Pré-Moldada

Este tipo de estaca, constituído por elemento estrutural de concreto armado ou protendido, vibrado ou centrifugado, é introduzida no terreno por percussão, através de golpes de martelo. O sistema de cravação deve ser dimensionado de modo a levar a estaca até a profundidade para se atingir a capacidade de carga prevista sem danificá-la.

### 5.2 - Estaca Escavada (sem lama bentonítica)

Este tipo de estaca é executada através de trado mecânico, o qual é aprofundado gradativamente no terreno como movimentos de subida e descida. O solo depositado em volta da boca da estaca deve ser retirado constantemente. Após a perfuração, coloca-se a armadura presa à superfície, de acordo com a cota de arrasamento da estaca. A estaca deve ser concretada com o auxílio de um funil de madeira ou aço, orientando fluxo de concreto. É recomendável que a concretagem seja realizada no mesmo dia do término da escavação, registrando-se esta data.



Figura 5.1- Trado – Estaca Escavada.

### 5.3 - Estaca Hélice Contínua

É um tipo de estaca moldada in-loco, caracterizada pela escavação do solo através de um trado contínuo, possuidor de hélices em torno de um tubo central vazado. Para evitar que durante a introdução do trado haja entrada de solo ou água na haste tubular existe, em sua face inferior, uma tampa metálica, a qual é deslocada pela pressão do concreto no início da concretagem. Após a sua introdução no solo até a cota especificada, o trado é extraído concomitantemente à injeção do concreto através do tubo vazado. À medida que o trado vai sendo retirado, o solo confinado entre as pás da hélice é removido. O concreto utilizado é caracterizado pela mistura de agregados (pedrisco e areia), o consumo mínimo de cimento é da ordem de  $400\text{kg/m}^3$  com o abatimento devendo ser da ordem de 240mm.

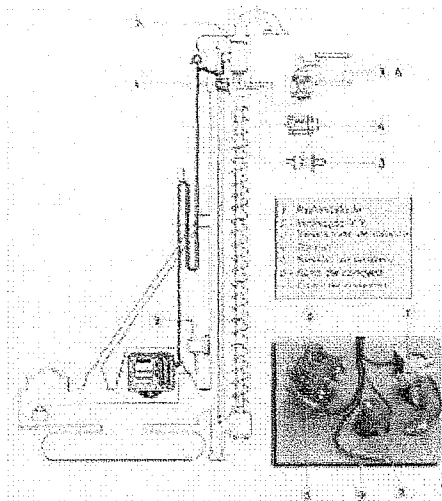


Figura 5.2 – Equipamento para execução de estaca hélice contínua.

Uma importante característica da estaca hélice contínua é a possibilidade de sua execução em diversos tipos de terreno e abaixo do lençol freático. Outra característica é a possibilidade de um monitoramento eletrônico contínuo. Além de fornecer a documentação da execução da estaca os seguintes parâmetros são registrados pelo computador:

- data e hora;
- profundidade de escavação;
- velocidade de penetração;
- torque;
- volume e pressão do concreto;
- diâmetro da estaca;
- velocidade de extração da broca.

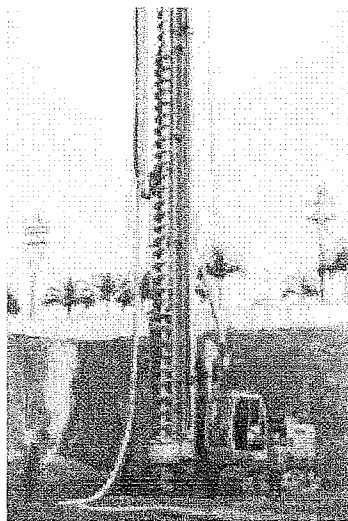


Figura 5.3 - Equipamento – Estaca Hélice Contínua.

#### 5.4 - Estaca Ômega

A diferença da estaca ômega para a hélice contínua está relacionada ao transporte do solo à superfície; sendo que a estaca ômega não retira o solo, o qual permanece comprimido ao redor do fuste da estaca. Sua configuração está associada à forma cônica e a variação do “passo” do parafuso que oferece a característica peculiar de movimentar o solo para baixo e para os lados.

O processo de execução da estaca pode ser resumido da seguinte maneira: a cabeça é penetrada no solo por rotação, podendo ser empregada à mesma máquina utilizada nas estacas hélice contínua,

trocando somente a haste de perfuração. Durante a descida do elemento perfurante o solo é deslocado para baixo e para o lado do furo. Ao término da perfuração, concomitantemente à retirada da haste com rotação, o concreto deve ser injetado sob pressão (Figura 4). O concreto utilizado é caracterizado pela mistura de agregados (pedrisco e areia), o consumo mínimo de cimento é da ordem de  $400\text{kg/m}^3$  e o abatimento deve ser da ordem de 240mm. O que limita a utilização dessa estaca é o torque disponível pela máquina, que não deve ser superior a 150kN.m, e o comprimento da haste, no máximo 30m. Atualmente, seu diâmetro pode variar de 310 a 660mm. Durante sua execução o monitoramento é feito obtendo-se os parâmetros de profundidade, torque, taxa de penetração e características da concretagem.

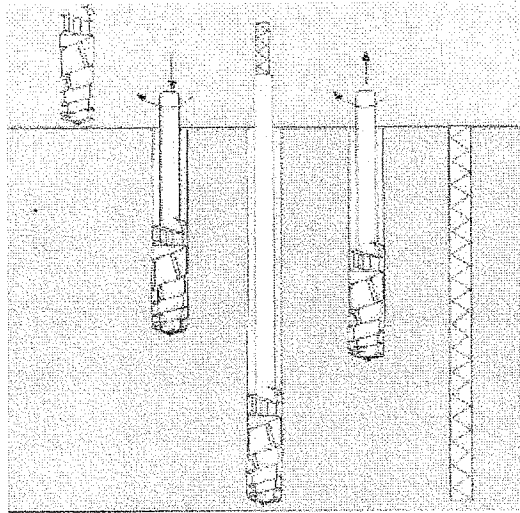


Figura 5.4 – Processo de execução da estaca ômega.

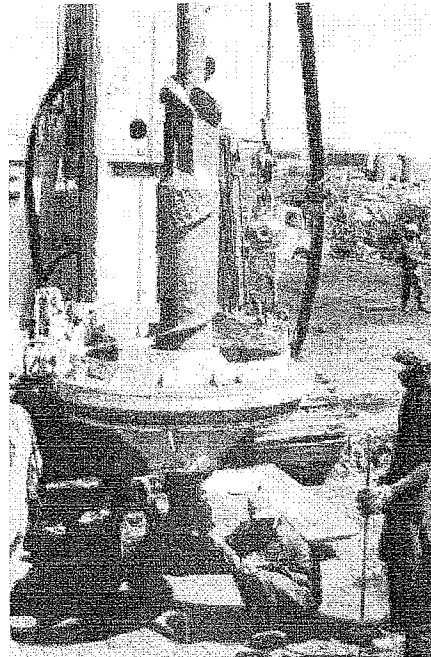
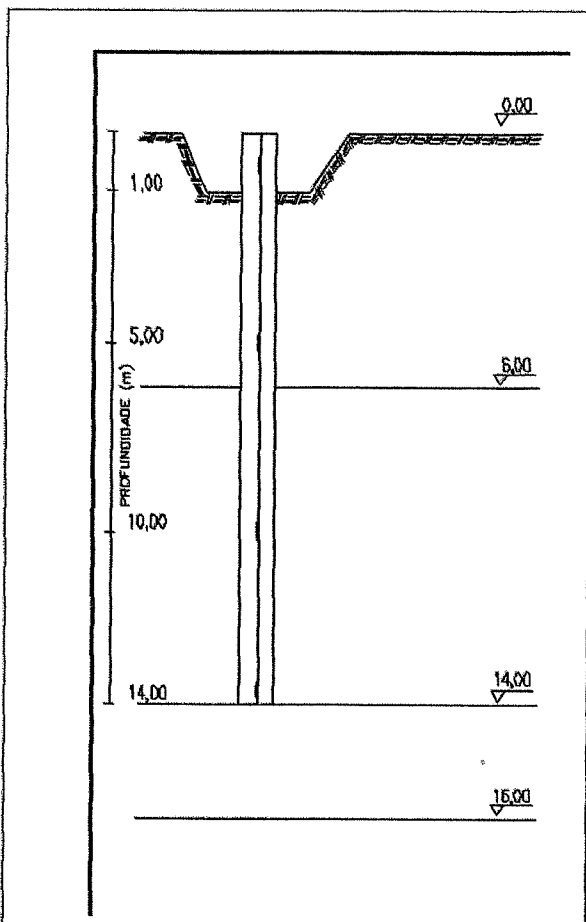


Figura 5.5 – Detalhe do trado da estaca omega.

## 6 – Dados Obtidos de Provas de Carga nas Estacas Ensaaiadas.

### 6.1. Estaca Pré-Moldada Protendida



Número de golpes por metro linear cravado.

PENETRAÇÃO (m)	Nº DE GOLPES
0,00 - 1,00	4
1,00 - 2,00	5
2,00 - 3,00	8
3,00 - 4,00	13
4,00 - 5,00	28
5,00 - 6,00	28
6,00 - 7,00	29
7,00 - 8,00	15
8,00 - 9,00	22
9,00 - 10,00	43
10,00 - 11,00	68
11,00 - 12,00	65
12,00 - 13,00	68
13,00 - 13,65	35

Resistência mobilizada média para diferentes penetrações ( $J=0,4$ )

Penetração (m)	Nº Golpes	RMX médio (kN)
5,20 - 7,00	54	149
7,00 - 8,00	15	166
8,00 - 9,00	34	172
9,00 - 11,00	66	214
11,00 - 12,00	65	210
12,00 - 13,00	68	217
13,00 - 13,65	35	238
nega	28	248

#### Características da estaca

Capacidade de Carga Estrutural	Massa Nominal	Concreto $f_{ck}$
360 kN	64	$\geq 35$
Diâmetro = 0,18m		
Comprimento = 14m		
Martelo queda-livre - pilão = 1650kg		

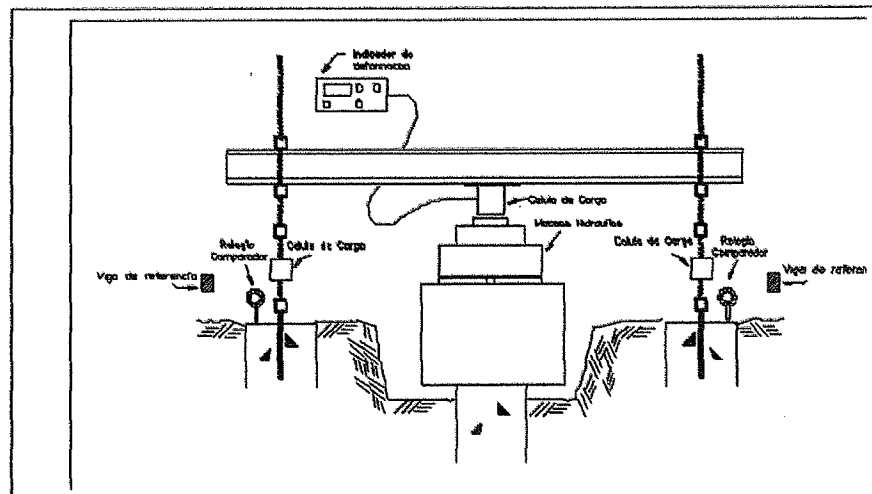
A armadura longitudinal constituiu-se de seis fios de aço RN150 de diâmetro 5mm, envolvida em toda sua extensão por uma espiral de fios de aço cujo passo variou de 5 a 10cm; na extremidade das estacas esta espiral foi menos espaçada.

Carga x Deslocamento -prova de carga estática.

CARGA (kN)	DESLOCAMENTO(mm)
0	0
40	0,27
80	0,37
120	0,53
160	1,56
200	2,77
240	5,58
262	54,13
220	54,37
165	54,24
110	53,75
55	52,16
0	51,69

Valores de carga transferida

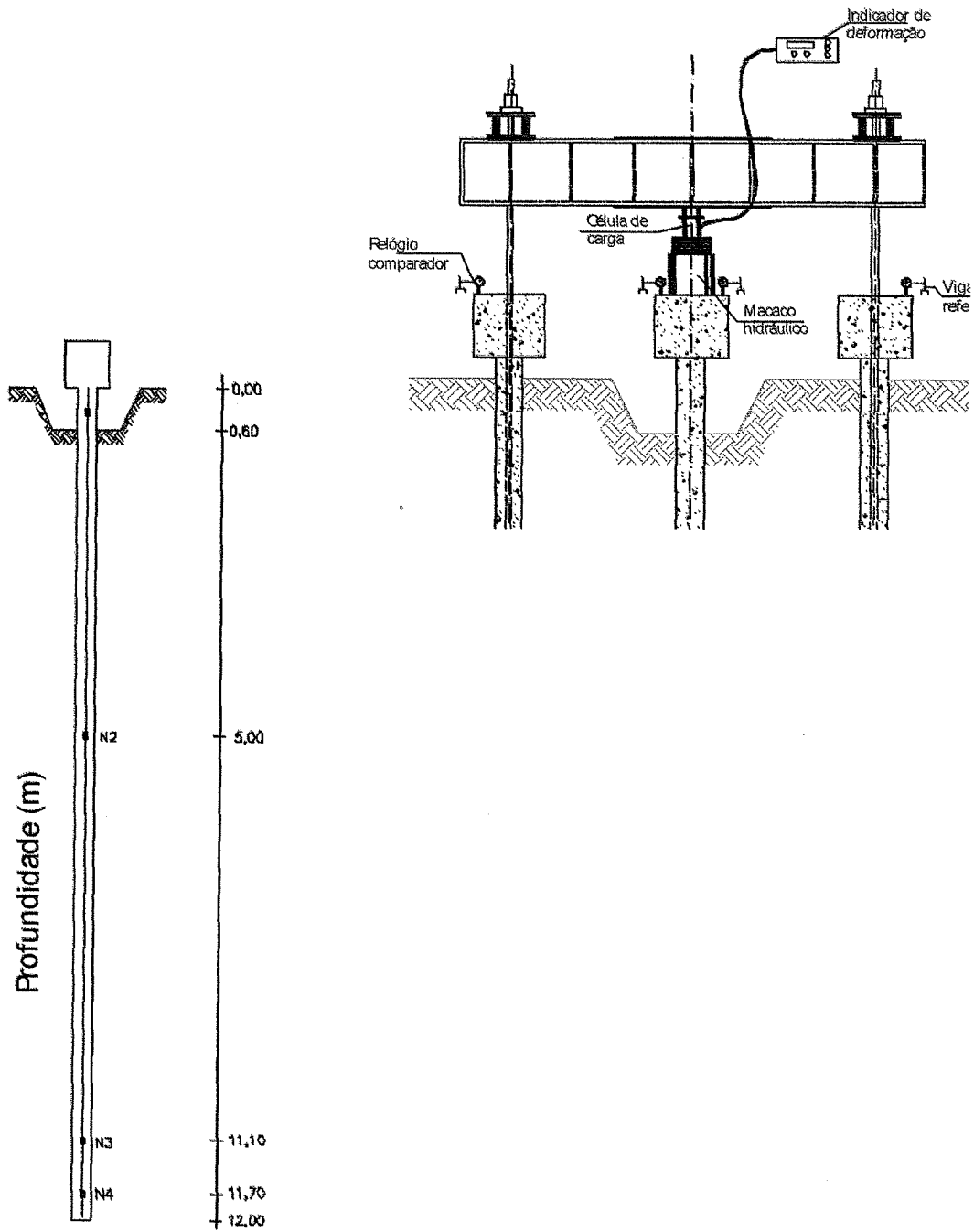
Carga no topo (kN)	Carga no nível (kN)	
	Nível 10m	Nível 14m
0	0	0
40	11,4	0,2
80	27,4	0,5
120	51,2	5,5
160	77,7	13,6
200	101,8	19,8
240	126,8	31,5
262	139,0	42,2





6.2 – Estacas Escavadas

Características da estaca	
Diâmetro Nominal	Comprimento
0,40m	12m



Carga x Deslocamento -prova de carga estática.

Escavada 1		Escavada 2		Escavada 3	
Carga (kN)	Recalque(mm)	Carga (kN)	Recalque (mm)	Carga (kN)	Recalque (mm)
0	0,00	0	0,00	0	0,00
60	0,03	60	0,04	60	0,00
120	0,10	120	0,20	120	0,00
180	0,13	180	0,39	180	0,00
240	0,16	240	0,55	240	0,00
300	0,36	300	0,80	300	0,01
360	0,52	360	1,11	360	0,02
420	0,59	420	1,71	420	0,13
480	0,80	480	2,68	480	0,57
540	1,22	540	4,51	540	1,78
600	4,05	600	8,11	600	5,13
660	58,48	660	18,02	660	15,05
684	112,48	670	107,70	693	65,94
510	112,39	536	107,65	554	65,85
340	112,07	402	107,44	416	65,65
170	111,66	268	107,10	278	65,51
0	110,72	134	106,51	138	65,44
		0	105,67	0	64,94

Valores de carga no topo, nos níveis instrumentados e porcentagem de ponta – estaca escavada 1.

Carga no topo (kN)	Carga no nível (kN)				% de ponta
	5m	11,1m	11,7	Ponta*	
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
60	44,2	7,3	2,5	0,0	0,0
180	123,1	20,4	6,9	0,0	0,0
300	200,7	34,1	12,2	1,0	0,3
420	273,0	46,0	16,2	2,1	0,5
540	353,3	59,2	20,6	2,5	0,5
600	390,1	64,8	22,4	2,8	0,5
684	441,6	75,9	27,9	3,4	0,5

\* Valor extrapolado

Valores de carga no topo, nos níveis instrumentados e porcentagem de ponta – estaca escavada 2.

Carga no topo (kN)	Carga no nível (kN)				% de ponta
	5m	11,1m	11,7	Ponta*	
<b>0</b>	0,0	0,0	0,0	0	0,0
<b>60</b>	42,4	7,0	2,4	0	0,0
<b>120</b>	74,8	13,3	5,3	1,1	0,9
<b>240</b>	182,1	33,2	13,7	3,7	1,5
<b>360</b>	296,9	52,8	20,8	4,4	1,2
<b>480</b>	412,9	72,9	28,3	5,5	1,1
<b>600</b>	484,0	85,8	33,6	6,9	1,2
<b>660</b>	532,6	96,8	40,2	11,4	1,7
<b>670</b>	542,6	100,8	42,9	13,3	2,0

\* Valor extrapolado

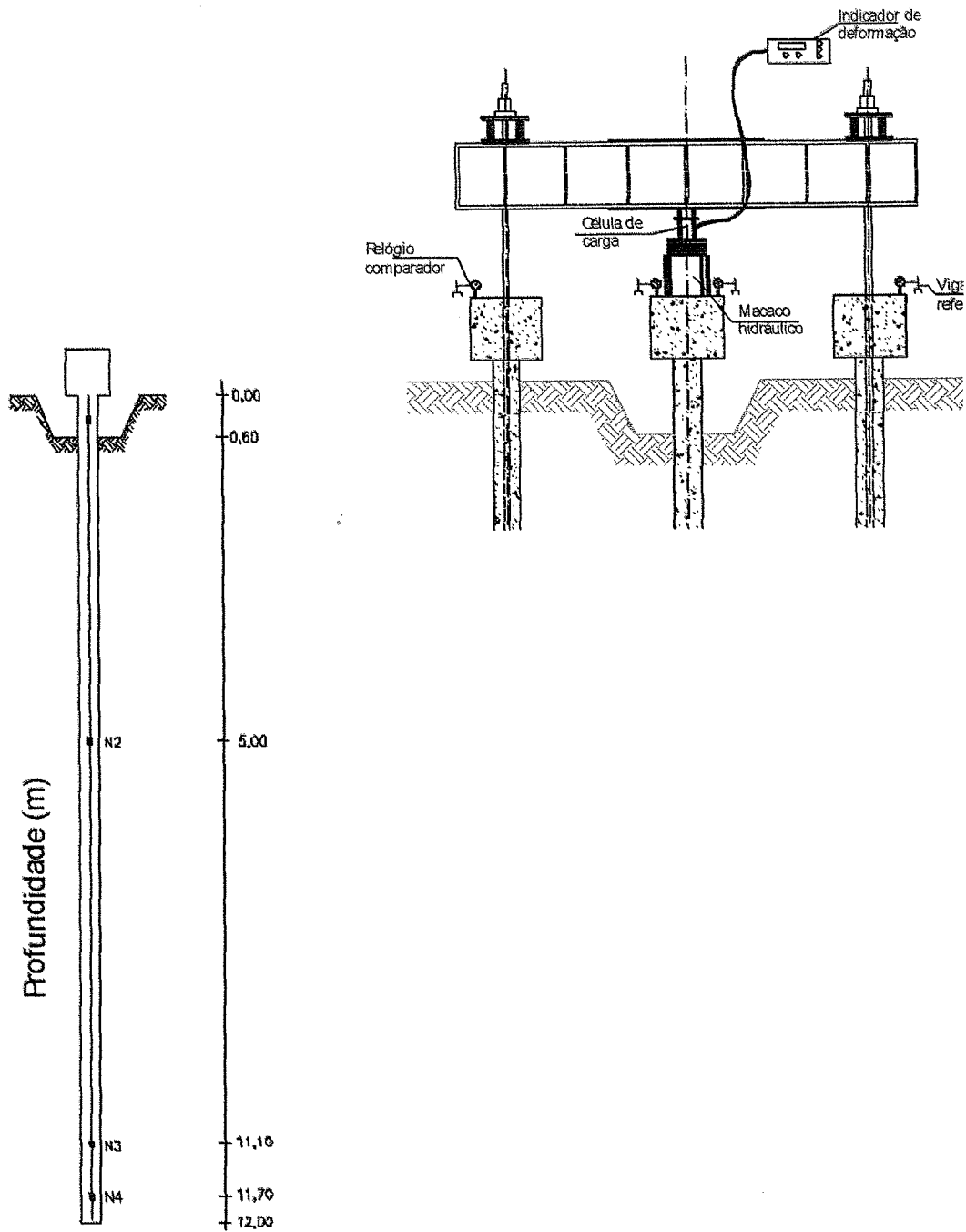
Valores de carga no topo, nos níveis instrumentados e porcentagem de ponta – estaca escavada 3.

Carga no topo (kN)	Carga no nível (kN)				% de ponta
	5m	11,1m	11,7	Ponta*	
<b>0</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>60</b>	48,0	7,9	2,7	0,0	0,0
<b>120</b>	93,6	15,5	5,2	0,0	0,0
<b>240</b>	169,1	28,0	9,5	0,0	0,0
<b>360</b>	244,7	47,6	21,8	8,6	2,4
<b>480</b>	320,3	65,8	32,5	15,4	3,2
<b>600</b>	406,7	83,9	41,6	19,9	3,3
<b>660</b>	443,9	95,2	47,0	23,5	3,6
<b>693</b>	475,1	99,5	50,2	25,1	3,6

\* Valor extrapolado

6.3 – Estacas Hélice Contínua

Características da estaca	
Diâmetro Nominal	Comprimento
0,40m	12m



Carga x Deslocamento - prova de carga estática.

Hélice Contínua 1		Hélice Contínua 2		Hélice Contínua 3	
Carga (kN)	Recalque (mm)	Carga (kN)	Recalque (mm)	Carga (kN)	Recalque (mm)
0	0,00	0	0,00	0	0,00
60	0,00	60	0,03	60	0,02
120	0,01	120	0,05	120	0,08
180	0,01	180	0,06	180	0,12
240	0,02	240	0,19	240	0,22
300	0,05	300	0,27	300	0,34
360	0,08	360	0,41	360	0,57
420	0,13	420	0,58	420	0,79
480	0,28	480	0,88	480	1,18
540	0,50	540	1,18	540	1,56
600	0,78	600	1,53	600	2,34
660	1,34	660	2,14	660	4,38
720	2,13	720	2,77	720	88,23
780	2,97	780	2,91	548	88,16
840	4,73	840	4,59	408	87,88
900	8,26	900	7,43	268	87,68
960	80,24	960	10,85	128	87,66
717	80,22	975	85,62	0	87,51
535	80,11	717	85,53		
352	79,58	535	85,35		
170	78,80	352	85,17		
0	78,34	170	84,93		
		0	84,40		

Valores de carga no topo, nos níveis instrumentados e porcentagem de ponta – estaca hélice contínua 1.

Carga no topo (kN)	Carga no nível (kN)				% de ponta
	5m	11,1m	11,7	Ponta*	
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
60	32,0	5,7	2,3	0,5	0,8
120	59,3	10,9	4,5	1,3	1,1
240	115,1	20,6	8,2	1,9	0,8
360	173,3	33,9	15,6	6,3	1,8
480	242,1	48,7	23,4	10,4	2,2
600	308,6	72,7	41,8	26,0	4,3
720	380,9	98,8	61,8	42,9	6,0
840	454,5	134,3	92,4	70,9	8,4
900	478,3	151,8	108,9	85,7	9,5
960	516,0	170,3	125,0	101,8	10,6

\* Valor extrapolado

Valores de carga no topo, nos níveis instrumentados e porcentagem de ponta – estaca hélice contínua 2.

Carga no topo (kN)	Carga no nível (kN)				% de ponta
	5m	11,1m	11,7	Ponta*	
<b>0</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>60</b>	29,7	6,7	3,7	2,2	3,7
<b>120</b>	56,0	12,3	6,6	3,7	3,1
<b>240</b>	112,0	23,7	12,1	6,2	2,6
<b>360</b>	178,3	36,4	17,8	8,3	2,3
<b>480</b>	251,4	51,7	25,6	12,2	2,5
<b>600</b>	323,4	68,9	35,6	18,5	3,1
<b>720</b>	394,2	89,8	49,9	29,5	4,1
<b>840</b>	452,1	112,4	67,3	44,3	5,3
<b>900</b>	469,9	132,7	84,1	59,4	6,6
<b>975</b>	536,0	147,9	97,1	71,0	7,3

\* Valor extrapolado

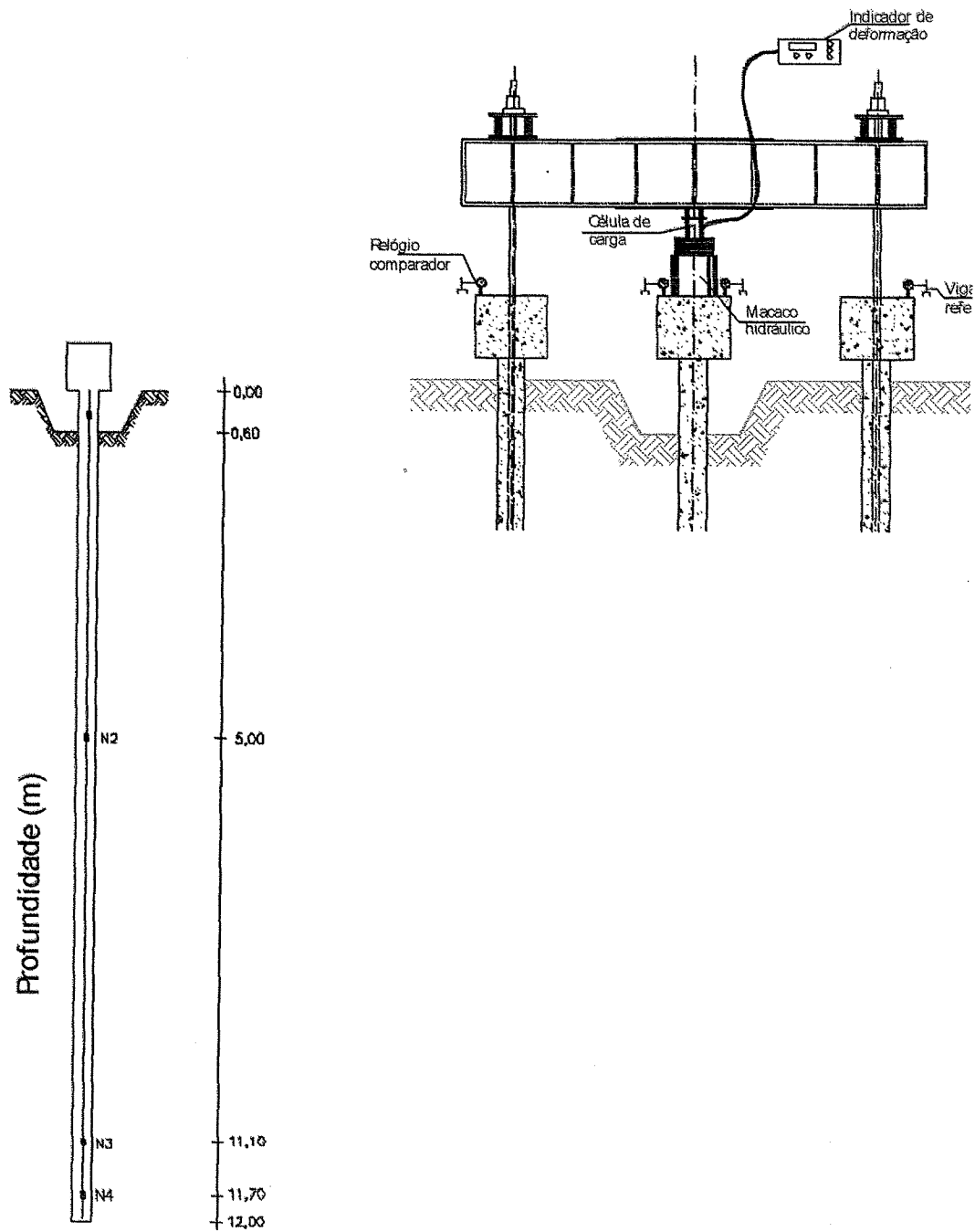
Valores de carga no topo, nos níveis instrumentados e porcentagem de ponta – estaca hélice contínua 3.

Carga no topo (kN)	Carga no nível (kN)				% de ponta
	5m	11,1m	11,7	Ponta*	
<b>0</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>60</b>	18,8	2,2	0,7	0,0	0,0
<b>120</b>	43,8	5,9	2,2	0,0	0,0
<b>240</b>	97,0	16,1	5,5	0,0	0,0
<b>360</b>	159,7	28,6	11,4	2,6	0,7
<b>480</b>	230,1	44,9	20,6	8,2	1,7
<b>600</b>	288,0	58,1	28,0	12,6	2,1
<b>660</b>	317,0	66,5	34,3	17,9	2,7
<b>720</b>	342,0	76,1	41,2	23,0	3,2

\* Valor extrapolado

## 6.4 – Estacas Ômega

Características da estaca	
Diâmetro Nominal	Comprimento
0,37m	12m



Carga x Deslocamento -prova de carga estática.

Ômega 1	
Carga (kN)	Recalque (mm)
0	0,00
120	0,07
240	0,17
360	0,21
480	0,44
600	0,79
720	1,11
840	1,37
960	1,85
1080	2,21
1200	3,31
1320	4,41
1440	7,93
1545	64,57
1232	64,56
924	64,42
616	63,58
308	62,38
0	60,41

Ômega 2	
Carga (kN)	Recalque (mm)
0	0
120	0,02
240	0,04
360	0,15
480	0,30
600	0,73
720	1,28
840	1,77
960	2,65
1080	3,66
1200	5,18
1320	12,98
1420	61,83
1130	61,80
841	61,63
554	60,98
265	60,08
0	58,28

Ômega 3	
Carga (kN)	Recalque (mm)
0	0,00
120	0,06
240	0,13
360	0,49
480	0,60
600	1,19
720	1,63
840	2,21
960	3,20
1080	4,09
1200	7,33
1320	22,52

Valores de carga no topo, nos níveis instrumentados e porcentagem de ponta – estaca ômega 1.

Carga no topo (kN)	Carga no nível (kN)				% de ponta
	5m	11,1m	11,7	Ponta*	
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
120	75,3	16,0	8,2	4,2	3,5
360	225,9	47,9	24,5	12,6	3,5
600	377,2	81,4	42,6	22,8	3,8
840	532,3	123,6	70,1	42,7	5,1
1080	688,3	168,3	100,1	65,3	6,0
1320	851,6	229,8	148,2	106,5	8,1
1440	932,7	267,2	188,9	139,7	9,7
1545	1013,7	308,3	215,9	168,6	10,9

\* Valor extrapolado



Valores de carga no topo, nos níveis instrumentados e porcentagem de ponta – estaca ômega 2.

Carga no topo (kN)	Carga no nível (kN)				% de ponta
	5m	11,1m	11,7	Ponta*	
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
120	74,0	12,9	4,9	0,0	0,0
240	148,8	27,7	11,8	3,7	1,5
480	299,3	59,5	28,0	11,9	2,5
720	461,9	119,1	74,2	51,2	7,1
960	630,4	192,8	135,7	106,1	11,1
1200	803,7	277,4	208,4	173,1	14,4
1320	897,4	348,7	264,9	233,6	17,7
1420	984,0	405,1	329,2	290,4	20,5

\* Valor extrapolado

Valores de carga no topo, nos níveis instrumentados e porcentagem de ponta – estaca ômega 3.

Carga no topo (kN)	Carga no nível (kN)				% de ponta
	5m	11,1m	11,7	Ponta*	
0	0,0	0,0	0,0	0	0,0
120	84,0	17,8	7,7	3,2	2,7
360	240,0	42,9	17,1	3,9	1,1
600	408,0	83,6	41,1	19,4	3,2
840	618,0	140,3	77,7	45,7	5,4
1080	835,0	217,7	136,8	95,4	8,8
1200	950,0	257,8	166,2	114,3	9,5
1320	1064,0	291,0	189,7	137,8	10,4

\* Valor extrapolado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, P. J. R. **Análise do comportamento de estaca pré-moldada de pequeno diâmetro, instrumentada, em solo residual de diabásio da região de Campinas.** Dissertação de Mestrado – FEAGRI, Unicamp, 1996. 170f.

\_\_\_\_\_, CARVALHO, D. **Análise de transferência de carga de estaca pré-moldada em solo residual de diabásio.** *Revista Solos e Rochas*, São Paulo, v.22, n.2, p.101-109, 1999.

\_\_\_\_\_, CARVALHO, D., FERREIRA, C.V. **Capacidade de carga de estaca pré-moldada de concreto em solo residual de diabásio, submetida a carregamentos de tração** In: SEMINÁRIO DE ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES ESPECIAIS – SEFE IV, 4<sup>o</sup>, 2000, São Paulo. *Anais...* São Paulo, A.B.M.S., 2000. v.1, p.341-348.

ZUQUETTE, L. V. **Análise crítica da cartografia geotécnica e proposta metodológica para condições brasileiras.** Tese de Doutorado. EESC/USP, 1987, 3 v. 673f.