



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**  
Centro de Tecnologia e Ciências  
Faculdade de Engenharia

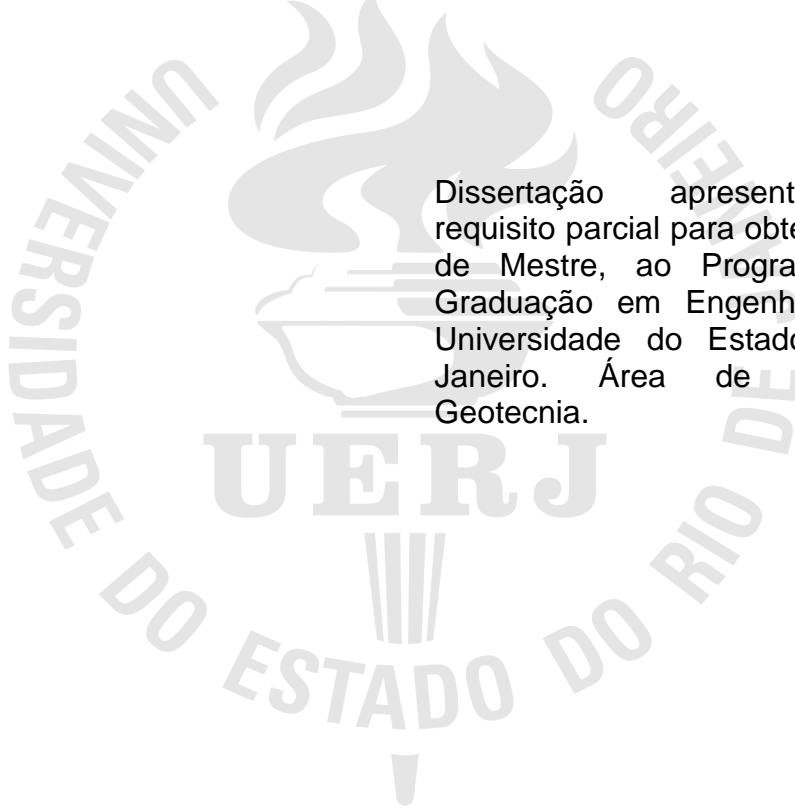
Bruno Lúcio Moura da Silva

**Contribuição à confiabilidade de estacas tipo raiz através de um  
estudo de provas de carga estáticas com aplicação da teoria  
bayesiana**

Rio de Janeiro  
2015

Bruno Lúcio Moura da Silva

**Contribuição à confiabilidade de estacas tipo raiz através de um estudo de  
provas de carga estáticas com aplicação da teoria bayesiana**



Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Geotecnia.

Orientadores: Prof. Dra. Bernadete Ragoni Danziger  
Prof. Dr. Marcus Peigas Pacheco

Rio de Janeiro

2015

CATALOGAÇÃO NA FONTE  
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/B

S586 Silva, Bruno Lúcio Moura da.  
Contribuição à confiabilidade de estacas tipo raiz através de um estudo de provas de carga estáticas com aplicação da teoria bayesiana / Bruno Lúcio Moura da Silva. - 2015.  
230 f.

Orientadores: Bernadete Ragoni Danziger, Marcus Peigas Pacheco.

Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia.

1. Engenharia Civil. 2. Estacas (Engenharia civil) - Dissertações. 3. Teoria bayesiana de decisão estatística - Dissertações. 4. Fundações (Engenharia) -- Avaliação - Dissertações. I. Danziger, Bernadete Ragoni. II. Pacheco, Marcus Peigas, III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. IV. Título.

CDU 624.15

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese, desde que citada a fonte.

---

Assinatura

---

Data

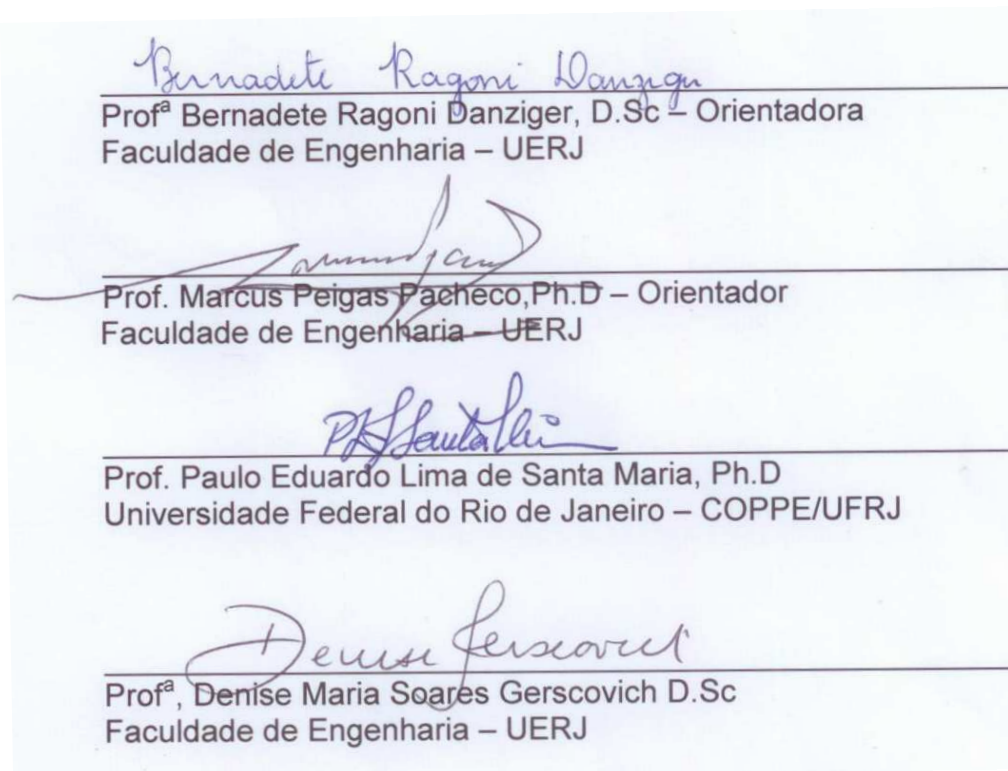
Bruno Lúcio Moura da Silva

**Contribuição à confiabilidade de estacas tipo raiz através de um estudo de provas de carga estáticas com aplicação da teoria bayesiana**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Geotecnia.

Aprovado em: 26 de maio de 2015.

Banca Examinadora:



Rio de Janeiro

2015

## DEDICATÓRIA

À amiga e esposa Lorielen e ao nosso filho João Guilherme.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, autor e sustentador da vida.

A minha orientadora, Prof. Dra. Bernadete Ragoni Danziger, por toda a ajuda e exemplo de força de vontade, pela paixão no ensino, dedicação inspiradora, pela excelente orientação, os estímulos para o desenvolvimento deste trabalho e pela amizade demonstrada desde os anos da graduação na UERJ.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marcus Peigas Pacheco, pela contribuição acadêmica e profissional ao longo da graduação, mestrado até a conclusão desta dissertação.

A professora, Prof. Dra. Denise Maria Soares Gerscovich, pela base sólida em Mecânica dos Solos, concedendo-me confiança para trilhar qualquer caminho na Engenharia Geotécnica.

Ao Professor, Prof. Dr. Paulo Eduardo Lima de Santa Maria, pela generosidade de participar da Banca Examinadora.

Aos demais professores da UERJ, pelos ensinamentos, dentro e fora da sala de aula, durante a época da graduação e agora do mestrado.

Ao engenheiro Eduardo Cabral, por ceder, sem reservas, todo o material objeto de estudo nesta dissertação.

À minha equipe de trabalho, liderada pelo engenheiro Hierônimo Santos Souza, pela paciência e compreensão com os meus estudos.

Aos meus colegas de mestrado, pelo companheirismo e pelo inegável apoio quando necessário.

A UERJ, por permitir de várias formas este sonho de conquista.

A todos aqueles, que embora não citados nominalmente, contribuíram direta e indiretamente para a execução deste trabalho.

A felicidade não é um lugar aonde se chega,  
mas um jeito como se vai.

*Ed René Kivitz*

## RESUMO

SILVA, B. L. M. *Contribuição à confiabilidade de estacas tipo raiz através de um estudo de provas de carga estáticas com aplicação da teoria bayesiana*. 2015. 2320f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

Atualmente, o assunto de segurança em fundações tem despertado a atenção de diversos pesquisadores. Muitos entendem ser ultrapassada a utilização, pura e simples, de fatores de segurança em obras geotécnicas. O tratamento determinístico nos projetos de fundações não corresponde às variações e incertezas geradas em todo o processo de investigação do subsolo e processo executivo da fundação, sendo ainda o projeto de fundações um “fim de linha” de uma longa fila de disciplinas que a precedem e que geram também incertezas nas informações de esforços de suas estruturas e solicitações nas fundações. Porém, são as fundações as primeiras a serem executadas em qualquer obra civil. Este aspecto tem levado à necessidade crescente de verificar também a probabilidade de ruína da fundação por meio da chamada análise de confiabilidade. Com o objetivo de contribuir com a discussão sobre o emprego da análise de confiabilidade, as orientações da norma e o aprimoramento de modelos de cálculo, esta dissertação apresenta, através da aplicação em um estudo de caso, os diferentes aspectos de segurança abordados em projetos de fundações. Procura-se destacar dois tipos básicos de incertezas: aquelas inerentes à variabilidade espacial das propriedades do solo e as decorrentes do modelo de cálculo. Nesta pesquisa são procedidas inicialmente as extrapolações das curvas das provas de carga, que resultarão nos valores da função de Verossimilhança, para a atualização por Bayes. Numa segunda etapa se procede à estimativa da capacidade de carga “a priori” por alguns métodos consagrados e amplamente utilizados no Brasil. A atualização da estimativa da capacidade de carga é, a seguir, realizada através da metodologia de Bayes, sendo esta uma aplicação de conceitos da probabilidade condicional. A ideia de se proceder a estas duas alternativas de análise “à priori” foi norteadas por duas motivações distintas: i) contribuir para a prática, pelo procedimento de combinação de informações num caso real bem documentado, conforme proposto por Vrouwenvelder (1992) e ii) motivar discussão de opiniões polêmicas de engenheiros de fundações brasileiros em relação à adoção de um fator de segurança inferior a 2 no caso de provas de carga especificadas na fase de projeto.

Palavras-chave: Análise Bayesiana; Confiabilidade; Estacas tipo raiz.



## ABSTRACT

Safety is a subject of great interest in foundation engineering researches, mainly in recent times. Most researchers understand that the simple utilization of safety factor represents an outdated approach for geotechnical designs. The deterministic treatment does not include the uncertainties due to the construction process being the foundation the last step of the design. This aspect has led to the increasing necessity to also verify the risk of the foundation collapse by means of a reliability analysis. The present research aims at contributing to the discussion of the reliability analysis, based on the Brazilian Code rules and the recent developments of predictive methods for pile capacity estimations through a case study using root piles. Two types of uncertainties are studied: that related to soil variability and that from the estimation model. The pile ultimate soil resistance is initially extrapolated by different methods as the maximum likelihood function for using Bayes update. Then the "a priori" estimation is obtained. Finally, the updating is performed using Bayes method. Two "a priori" estimation are considered in order to contribute to the open discussions posed by some specialized Brazilian engineers and researchers on risk analysis in foundation engineering. The main idea to consider two distinct "a priori" estimate was based on two motivations: i) to contribute to the practice in combining information from a documented case as proposed by Vrouwenvelder (1992) and ii) to motivate discussion about the polemic arguments from foundation engineering in Brazil related do the adoption of safety factors below 2 in case of pile tests specified during foundation design.

Keywords: Bayesian theory; Reliability; Root piles.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Fator de capacidade de carga $N_q$ , US Corps of Engineers (2005).....	31
Figura 1.2 - Valores de $\alpha$ em função de $S_U$ , US Corps of Engineers (2005). ....	32
Figura 1.3 - Valores de $\alpha_1$ e $\alpha_2$ para estacas muito longas, US Corps of Engineers (2005).....	33
Figura 1.4 – Método de Van der Veen (1953), modificado por Aoki (1976). ....	39
Figura 1.5 - Gráfico de Rigidez. Estaca pré-moldada de concreto armado, Decourt (2008).....	40
Figura 1.6 - Gráfico de rigidez. Separação dos domínios por atrito lateral e por ponta, Decourt (2008). ....	41
Figura 1.7 - Gráfico de Rigidez. Exemplo de fundações que não rompem (a) e que rompem (b), Seabra (2013).....	41
Figura 1.8 – Método da NBR 6122 (ABNT, 2010). ....	42
Figura 1.9 - Fator de segurança e probabilidade de ruptura, Lacasse e Nadim (1994). ....	44
Figura 1.10 - Relação entre as distribuições “a priori”, a função de verossimilhança e a distribuição “a posteriori”, adaptado de Cabral (2008). ....	46
Figura 2.1 - Região do Superporto de Rio Grande (desde a ponte do Franceses até Molhes da Barra – aproximadamente 12km). Fonte: Goularte (2012). ....	50
Figura 2.2 - Estaleiro Rio Grande. Fonte: Google Maps/Google Earth 2015. ....	50
Figura 2.3 - Perfil representativo do subsolo da obra do Estaleiro Rio Grande com valores médios $N_{SPT}$ (Dias et al., 2008).....	51
Figura 2.4 – Planta geral – área do pórtico e via Norte. ....	53
Figura 2.5 – Diagrama de execução da estaca raiz E.315.....	54
Figura 2.6 – Estágios de carregamento, compressão e descompressão, da estaca E.501.....	56
Figura 2.7 – Gráfico de carga aplicada x deslocamento medido, estaca E.501.....	57
Figura 2.8 – Sondagem SP-26, interpretação da sondagem SP-26 e perfil representativo, por Dias et al. (2008). ....	59
Figura 2.9 – Trecho da planta de locação das estacas. ....	60

Figura 3.1 – Distribuição normal “a priori”, verossimilhança e “a posteriori”, sem conhecimento das provas de carga.....	75
Figura 3.2 - Distribuição normal “a priori”, verossimilhança e “a posteriori”, com o conhecimento das provas de carga.....	86
Figura 4.1 - Aplicação da teoria de Bayes na aferição da segurança. ....	88
Figura A.1 – Planta de Locação de Sondagens. ....	106
Figura A.2 – Esquema de montagem dos ensaios.....	119

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 – Valores de $k$ e $\alpha$ (Monteiro, 1997).....	23
Tabela 1.2 - Valores de F1 e F2 (Monteiro, 1997).....	23
Tabela 1.3– Valores dos fatores de correção $\alpha_{DQ}$ e $\beta_{DQ}$ .....	25
Tabela 1.4 – Valores de $C_p$ em função do solo junto à ponta. ....	25
Tabela 1.5 - Valores de a, b, a' e b' obtidos por Velloso (1981).....	28
Tabela 3.1 - Extrapolação da carga de ruptura por Van der Veen (1953).....	66
Tabela 3.2 - Extrapolação da carga de ruptura por Decourt (1996). ....	67
Tabela 3.3 - Extrapolação da carga de ruptura pela NBR 6122 (ABNT, 2010). ....	68
Tabela 3.4 - Média entre as extrapolações de Van der Veen (1953) e Decourt (1996). .....	69
Tabela 3.5 - Valores “a priori” Aoki e Velloso (1975).....	71
Tabela 3.6 - Valores “a priori” Decourt e Quaresma (1978) e Decourt (1996). ....	72
Tabela 3.7 - Atualização das estimativas, sem conhecimento prévio dos ensaios. ..	74
Tabela 3.8 - Estimativas “a priori” conhecidos os ensaios previamente. Método Aoki e Velloso (1975). ....	77
Tabela 3.9 - Estimativas “a priori” conhecidos os ensaios previamente. Método Decourt (1978) e Decourt (1996).....	81
Tabela 3.10 - Atualização das estimativas, com conhecimento prévio dos ensaios. ....	85
Tabela 4.1 - Valores de carga admissível nas diferentes análises, análise 1. ....	89
Tabela 4.2 - Valores de carga admissível nas diferentes, análise 2.....	90

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CPT	Cone Penetration Test
CPTu	Cone Penetration Test com medida de poropressão
FEN	Faculdade de Engenharia
NGI	Norwegian Geotechnical Institute
PGECIV	Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil
SPT	Standard Penetration Test
UERJ	Universidade do Estado do Rio de Janeiro
FURG	Universidade Federal do Rio Grande
PCE	Prova de Carga Estática

## LISTA DE SÍMBOLOS

$A_p$	Área de ponta total da estaca
$c_a$	Adesão entre a argila e a estaca
$C_c$	Índice de compressão virgem
$D_c$	Profundidade crítica
$e$	Índice de vazios
$e_f$	Valor médio da eficiência do ensaio SPT
$L$	Comprimento da estaca
$n$	Número de camadas de solo
$N_q$	Fator de capacidade de carga
$N_C$	Fator de capacidade de carga
$N_{SPT}$	Valor do $N_{SPT}$ padrão brasileiro
$N_{SPT\text{EUA}}$	Valor do $N_{SPT}$ padrão americano
$p_a$	Tensão de referência
$P$	Perímetro da estaca
$q_C$	Resistência de ponta do cone
$q_p$	Resistência unitária de ponta
$Q_p$	Parcela de carga de ruptura resultante da ponta da estaca
$Q_{rupt}$	Capacidade de carga da estaca
$q_s$	Adesão ao longo do fuste
$Q_s$	Parcela de carga de ruptura resultante do atrito ao longo do fuste
$Q_U$	Carga de ruptura da estaca
$R$	Coefficiente de explicação
$S_U$	Resistência não drenada da argila.
$S_{UNC}$	Resistência não drenada das argilas normalmente adensadas
$S_{ur}$	Resistência amolgada da argila
$\alpha$	Fator de adesão
$\phi$	Diâmetro da Estaca

$\phi'$	Ângulo de atrito interno do solo
$\phi_{tc}$	Ângulo de atrito para camadas de solos arenosos em ensaios triaxiais de compressão
$\mu_Q^P$	Valor esperado da resistência prevista originalmente (“a priori”)
$\mu_Q^L$	Valor esperado da resistência a partir da extrapolação da curva carga-recalque (função de verossimilhança)
$\mu_{Q_{rupt}}$	Valor esperado da capacidade de carga
$k$	Coeficiente de empuxo
$\sigma_Q^P$	Desvio padrão “a priori”
$\sigma_Q^2$	Variância da distribuição atualizada da capacidade de carga (“a posteriori”)
$\sigma_P^{2,P}$	Variância da distribuição prevista originalmente, pelos ensaios de campo, “a priori”
$\sigma_Q^{2,L}$	Variância obtida a partir das provas de carga (pela função de verossimilhança)
$\sigma_{Q_{rupt}}^2$	Variância da capacidade de carga
$\tau_s$	Resistência unitária por atrito lateral

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>17</b>
<b>1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>21</b>
<b>1.1 Métodos de Estimativa de Capacidade de Carga por Métodos Estáticos</b> ..	<b>21</b>
1.1.1 <u>Método de Aoki e Velloso (1975)</u> .....	21
1.1.2 <u>Método de Decourt e Quaresma (1978) e Decourt (1996)</u> .....	24
1.1.3 <u>Método de Velloso (1981)</u> .....	25
1.1.4 <u>Método do Corpo de Engenheiros do Exército Americano</u> .....	28
<b>1.2 Provas de Carga Estática</b> .....	<b>35</b>
1.2.1 <u>Interpretação de Provas de Carga Estática</u> .....	35
1.2.2 <u>Método de Van der Veen (1953)</u> .....	37
1.2.3 <u>Método de Decourt (1996)</u> .....	39
1.2.4 <u>Método da NBR 6122 (ABNT, 2010)</u> .....	42
<b>1.3 Aplicação da Teoria Bayesiana ao Estudo de Confiabilidade de Fundações</b> .....	<b>43</b>
1.3.1 <u>Generalidades</u> .....	43
<b>1.4 Atualização da Capacidade de Carga através da Metodologia de Bayes..</b>	<b>45</b>
1.4.1 <u>Determinação da Capacidade de Carga “a priori”, verossimilhança e “a posteriori”</u> .....	47
<b>2 CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO EM ESTUDO E DO BANCO DE DADOS</b>	<b>49</b>
<b>2.1 Geotecnia da cidade de Rio Grande/ RS</b> .....	<b>49</b>
<b>2.2 Caracterização do Banco de Dados</b> .....	<b>51</b>
<b>2.3 Diagramas de execução de estacas raiz</b> .....	<b>53</b>
<b>2.4 Relatórios de provas de carga estáticas em estacas raiz</b> .....	<b>54</b>
<b>2.5 Relatório de sondagens</b> .....	<b>58</b>
<b>2.6 Plantas de locação de estacas e locação de sondagens</b> .....	<b>59</b>
<b>3 ANÁLISE DO BANCO DE DADOS</b> .....	<b>61</b>
<b>3.1 Determinação da Função de Verossimilhança</b> .....	<b>65</b>
3.1.1 <u>Método de Van der Veen (1953)</u> .....	65
3.1.2 <u>Método de Decourt (1996)</u> .....	67
3.1.3 <u>Método NBR 6122 (ABNT, 2010)</u> .....	68
3.1.4 <u>Média entre as extrapolações de Van der Veen (1953) e Decourt (1996)</u> .....	69



<b>3.2</b>	<b>Previsão “a priori” da Capacidade de Carga não conhecendo a prova de carga previamente</b> .....	<b>70</b>
3.2.1	<u>Previsão por Aoki e Velloso (1975)</u> .....	70
3.2.2	<u>Previsão por Decourt e Quaresma (1978) e Decourt (1996)</u> .....	71
3.2.3	<u>Estimativas “a posteriori” sem conhecimento prévio dos ensaios</u> .....	73
<b>3.3</b>	<b>Previsão de Capacidade de Carga conhecendo a prova de carga previamente</b> .....	<b>76</b>
3.3.1	<u>Previsão por Aoki e Velloso (1975)</u> .....	76
3.3.2	<u>Previsão por Decourt e Quaresma (1978) e Decourt (1996)</u> .....	80
3.3.3	<u>Estimativas “a posteriori” por Aoki e Velloso (1975) e por Decourt e Quaresma (1978) e Decourt (1996)</u> .....	84
<b>4</b>	<b>INTERPRETAÇÃO DOS NÍVEIS DE SEGURANÇA</b> .....	<b>88</b>
<b>4.1</b>	<b>Interpretação da Segurança da Norma para a determinação da Carga Admissível com base nas estimativas “a posteriori”</b> .....	<b>89</b>
4.1.1	<u>Aplicação da Segurança da Norma para determinação da carga admissível, em termos de Fator de Segurança Global, às estimativas “à posteriori” quando da execução das provas de carga após o início do estaqueamento.</u> ....	89
4.1.2	<u>Aplicação da Segurança da Norma para determinação da carga admissível, em termos de Fator de Segurança Global, às estimativas “à posteriori” quando da execução das provas de carga por ocasião do projeto</u> .....	90
<b>4.2</b>	<b>Aplicação da Segurança da Norma para determinação da carga admissível, por método semi-empírico a partir das estimativas “a priori”</b> .91	
4.2.1	<u>Carga admissível por método semi-empírico quando não se conhecem regiões representativas</u> .....	91
4.2.2	<u>Carga admissível por método semi-empírico quando se conhecem regiões representativas</u> .....	91
<b>4.3</b>	<b>Aplicação da Segurança da Norma para determinação da carga admissível por provas de carga executadas na fase de elaboração ou adequação do projeto</b> .....	<b>92</b>
4.3.1	<u>Carga admissível obtida por provas de carga quando numa região representativa não há mais de duas provas de carga</u> .....	92
4.3.2	<u>Carga admissível obtida por provas de carga quando numa região representativa há mais de duas provas de carga</u> .....	92
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA PESQUISA FUTURA</b> .....	<b>94</b>

<b>5.1</b>	<b>Conclusões .....</b>	<b>94</b>
<b>5.2</b>	<b>Sugestões para pesquisa futura .....</b>	<b>96</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>97</b>
	<b>APÊNDICE – PROCEDIMENTO PARA CALIBRAÇÃO DOS MODELOS DE CAPACIDADE DE CARGA. ....</b>	<b>102</b>
	<b>ANEXO A - SETORES ANALISADOS, DADOS DAS SONDAgens E RELATÓRIO DE PROVAS DE CARGA ESTÁTICA DAS ESTACAS ANALISADAS .....</b>	<b>106</b>
	<b>ANEXO B - ESTACAS ENSAIADAS E DADOS DOS ENSAIOS.....</b>	<b>183</b>
	<b>ANEXO C - PREVISÃO DE CAPACIDADE DE CARGA .....</b>	<b>184</b>
	<b>ANEXO D - RESULTADOS DE EXTRAPOLAÇÕES DE CARGA DE RUPTURA.</b>	<b>192</b>
	<b>ANEXO E - SEGURANÇA NAS FUNDAÇÕES, REPRODUZIDO DO TEXTO DA NORMA, E TAMBÉM DESEMPENHO DE FUNDAÇÕES EM ESTACAS .....</b>	<b>212</b>
	<b>ANEXO F – EFEITOS DE ENSAIOS SOBRE A CONFIABILIDADE DE ESTACAS .. .....</b>	<b>218</b>

## INTRODUÇÃO

### Relevância e Objetivos

O projeto geotécnico de fundações costumava ser realizado no passado apenas com base no conceito de fator de segurança global, a partir do qual era estabelecida a carga admissível. A nova versão da norma NBR 6122 (ABNT, 2010) permite a seleção do enfoque de valores admissíveis, em que as cargas ou tensões de ruptura são divididas por um fator de segurança global, ou do enfoque de valores de projeto, em que as cargas ou tensões de ruptura são divididas pelo coeficiente de minoração das resistências e as ações são multiplicadas por fatores de majoração, ou seja, enfoque baseado em fatores de segurança parciais, conceitualmente utilizado, de forma ampla, pelos projetistas de estruturas.

A norma de fundações também considera a possibilidade de obtenção da carga admissível (ou carga resistente de projeto) através de provas de carga executadas na fase de elaboração ou adequação do projeto. Nesta situação, face à redução das incertezas pela realização prévia das provas de carga, os valores de segurança para a determinação da carga admissível (ou carga resistente de projeto) são inferiores.

A análise de registros de desempenho de obras realizadas é relevante à validação destes novos aspectos de segurança, uma vez que as normas são desenvolvidas e modificadas, ao longo dos anos, de forma a prover a segurança adequada ao bom desempenho de obras cujo projetos são norteados pelas recomendações vigentes.

A presente dissertação tem por objetivo a análise de um banco de dados de provas de carga em estacas tipo raiz, numa região bem caracterizada por estudos anteriores. O banco de dados inclui resultados de 20 provas de carga do tipo incremental lenta e algumas mistas, realizadas de acordo com a NBR 12131 (ABNT, 2006).

Neste estudo, procurou-se interpretar os resultados à luz das diferentes possibilidades prescritas para os fatores de segurança de fundações profundas na NBR 6122 (ABNT, 2010) i) resistência calculada por método semi-empírico, utilizando o fator de segurança global 2,0 para a carga admissível ou de 1,4 para a

carga resistente de projeto ou ii) resistência obtida por provas de carga executadas na fase de elaboração ou adequação do projeto, utilizando o fator de segurança global de 1,6, para a determinação da carga admissível, e de 1,14 para a carga resistente de projeto.

A norma contempla ainda, para a determinação dos valores de resistência característica da fundação, a consideração da influência do número de ensaios (ou de provas de carga) numa mesma região representativa. Estas possibilidades estão relacionadas à redução na incerteza pelo maior conhecimento fornecido por um maior número de ensaios de campo ou de provas de carga numa região representativa do subsolo, definida como aquela que apresenta pequena variabilidade de características geotécnicas.

Para a interpretação dos resultados do banco de dados apresentado na dissertação, utiliza-se o conceito de probabilidade condicional através da Teoria Bayesiana.

## **Motivação**

Este assunto de segurança tem despertado a atenção de diversos pesquisadores nos últimos anos. Vários pesquisadores consideram ultrapassado considerar que os fatores de segurança prescritos em norma garantam a ausência de ruptura. Este aspecto tem levado à necessidade crescente de verificar também a probabilidade de ruína da fundação por meio da chamada análise de confiabilidade. Exemplos contemplando estudos de casos de obra têm sido objeto de estudo para ilustrar a necessidade de se quantificar também os riscos envolvidos.

Na realidade, existe uma relação entre a probabilidade de ruína e o fator de segurança. De fato, quanto maior o fator de segurança, menor é a probabilidade de ruína. Porém, a variabilidade da resistência exerce uma influência muito grande na probabilidade de ruptura.

A motivação deste estudo é, portanto, verificar através da aplicação em um estudo de caso, os diferentes aspectos de segurança abordados em projeto. Procura-se destacar dois tipos básicos de incertezas: aquelas inerentes à variabilidade espacial das propriedades do solo e as decorrentes do modelo de cálculo. Procura-se observar ainda, além de quantificar, os recursos que o projetista

de fundações possui para intervir no projeto de forma a reduzir as incertezas inerentes, visando um projeto de fundações mais confiável, e assim contribuindo para um melhor desempenho e economia da construção.

### **Estrutura da dissertação**

Após esta introdução apresenta-se, no Capítulo **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, uma revisão bibliográfica onde são descritos os principais métodos utilizados na prática corrente de fundações para a estimativa da capacidade de carga. Nestes métodos são incluídos fatores que permitem seu emprego para diversos tipos de estacas. Também são considerados aspectos da execução e interpretação de provas de carga, bem como as prescrições da nova versão da norma para a questão da segurança das fundações. Um resumo da teoria bayesiana e seu potencial no estudo da confiabilidade das fundações também é destacado.

No Capítulo 2 é feita a caracterização do local de estudo. São enfatizados trabalhos anteriores de pesquisadores atuantes na área da obra que gerou o banco de dados. São reunidas todas as informações referentes a cada uma das estacas testadas (sondagem mais próxima, distância entre o ensaio e a estaca, relatório de execução, etc), bem como dos ensaios realizados.

A análise do banco de dados é descrita no Capítulo 3 sob duas considerações distintas. Na primeira considerou-se que as provas de carga tivessem sido executadas após o término da execução, ou seja, por ocasião da avaliação do desempenho do estaqueamento. Na segunda análise, as provas de carga foram consideradas como tendo sido realizadas previamente à obra, ou seja, durante a fase de elaboração do projeto. Esta segunda alternativa leva a uma maior confiabilidade, ou uma menor incerteza, uma vez que alguns parâmetros dos métodos de cálculo, função do tipo de estaca, podem ser ajustados aos resultados das provas de carga. Neste capítulo a teoria de Bayes é utilizada em ambas as análises, ou seja, com o conhecimento prévio, ou o conhecimento após execução, das provas de carga. Nestas análises foram utilizados diferentes métodos de cálculo (para estimativas “à priori”) e diferentes métodos de interpretação de provas de carga (diferentes funções de verossimilhança). Consequentemente, serão obtidas diferentes estimativas “a posteriori” (atualizada) da capacidade de carga.

Ainda no Capítulo 3 os resultados de capacidade de carga “a posteriori”, ou seja, atualizados pelo conhecimento das provas de carga, são apresentados e analisados numa tentativa de quantificar a redução nas incertezas e aumento da segurança pelo conhecimento prévio das provas de carga (antes da execução do estaqueamento).

O Capítulo 4 resume a interpretação dos resultados, incluindo a verificação das influências dos diversos métodos de análise e de interpretação dos resultados das provas de carga na confiabilidade dos valores de capacidade de carga atualizados.

O Capítulo 5 detalha as conclusões e sugere temas de pesquisas futuras.

Seguem as referências bibliográficas e os Anexos.

## 1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 1.1 Métodos de Estimativa de Capacidade de Carga por Métodos Estáticos

Uma fundação dimensionada corretamente apresenta segurança em relação aos possíveis modos de ruptura, bem como deslocamentos aceitáveis sob carga de serviço.

A verificação em relação à sua segurança é, portanto, imprescindível e sua estimativa é assunto que será tratado neste capítulo.

Na estimativa por método estático, a capacidade de carga de uma estaca é calculada por fórmulas que estimam as forças de resistência mobilizadas pela resistência ao cisalhamento disponível ao longo do fuste e da resistência à compressão do solo na ponta da estaca. Os métodos estáticos separam-se em:

- Racionais ou teóricos
- Empíricos
- Semiempíricos

Para verificação da capacidade de carga da estaca sob o ponto de vista de interação estaca-solo foram resumidas três metodologias semi-empíricas de cálculo distintas: Método de Aoki-Velloso (1975), Método de Décourt- Quaresma (1978) e Decourt (1996), Método de Velloso (1981). Adicionalmente, foi também resumida uma metodologia teórica, qual seja, Método do Corpo de Engenheiros do Exército Americano (2005).

#### 1.1.1 Método de Aoki e Velloso (1975)

O Método de Aoki e Velloso (1975) foi desenvolvido a partir de um estudo comparativo entre resultados de provas de carga em estacas e do resultado de sondagens à percussão, SPT, correlacionada ao ensaio de cone.

A primeira expressão da capacidade de carga da estaca pode ser escrita relacionando a resistência de ponta e o atrito lateral da estaca com resultados do cone (CPT, ou CPTu) como:

$$Q_{ult} = A_b \times q_p + U \Sigma \tau_l \Delta l = A_b \times \frac{q_{cone}}{F1} + U \Sigma \frac{\tau_{cone}}{F2} \Delta l \quad (1.1)$$

onde F1 e F2 são fatores de escala e execução.

Ao introduzir-se correlações entre o SPT e o ensaio de cone holandês (CPT mecânico) a expressão foi adaptada para o ensaio SPT, resultando na seguinte formulação:

$$Q_{ult} = A_b \times \frac{k \times N}{F1} + U \Sigma \frac{\alpha \times k \times N}{F2} \Delta l \quad (1.2)$$

Os valores de  $k$  e  $\alpha$  foram retirados da **Tabela 1.1** e os valores de F1 e F2 da **Tabela 1.2**. Estes valores não correspondem aos inicialmente propostos por Aoki e Velloso (1975), mas contemplam atualizações relatadas a seguir.

Em duas dissertações de mestrado (Laprovitera, 1988; Benegas, 1993), foram feitas avaliações do método Aoki e Velloso, a partir de um Banco de Dados de provas de carga em estacas compilado pela COPPE-UFRJ. Nas análises realizadas, os valores de  $k$  e  $\alpha$  utilizados não foram os do método Aoki e Velloso original, mas aqueles modificados por Danziger (1982). Como nem todos os 15 tipos de solos tinham sido avaliados por Danziger (1982), alguns valores foram complementados – por interpolação – por Laprovitera (1988). Cabe destacar que os valores originais de  $k$  presentes no método de Aoki e Velloso (1975) foram obtidos por da Costa Nunes e Fonseca (1956) para um banco de dados muito mais reduzido e que foram também interpolados por Aoki e Velloso (1975) de forma a cobrir uma faixa mais ampla de granulometria das camadas atravessadas nas sondagens.

Monteiro (1997) contribuiu com importantes recomendações ao método, como, por exemplo, a limitação do valor  $N_{SPT}$  a 40 e a determinação de resistência de ponta da estaca, isto com base na sua experiência profissional na firma Estacas Franki Ltda. Este autor também estabeleceu correlações diferentes tanto para  $k$  e  $\alpha$  quanto para F1 e F2, acrescentado, também, mais tipos de estacas em seus estudos, como por exemplo as estacas raiz e hélice contínua.



Tabela 1.1 – Valores de  $k$  e  $\alpha$  (Monteiro, 1997).

Valores de "k" e "α"		
Tipo de Solo	α (%)	K (kN/m <sup>2</sup> )
Areia	2,1	730,0
Areia argilosa	2,8	540,0
Areia argilo-siltosa	2,9	570,0
Areia silto-argilosa	2,4	630,0
Areia siltosa	2,3	680,0
Argila	5,5	250,0
Argila arenosa	3,2	440,0
Argila areno-siltosa	3,8	300,0
Argila silto-arenosa	4,1	330,0
Argila siltosa	4,5	260,0
Silte	3,2	480,0
Silte areno-argiloso	3,2	450,0
Silte arenoso	3,0	500,0
Silte argilo-arenoso	3,3	400,0
Silte argiloso	3,6	320,0

Tabela 1.2 - Valores de F1 e F2 (Monteiro, 1997).

Fatores F1 e F2		
Tipo de Estaca	F1	F2
Franki de fuste apilado	2,30	3,00
Franki de fuste vibrado	2,30	3,20
Metálica	1,75	3,50
Pré-moldada de concreto cravada a percussão	2,50	3,50
Pré-moldada de concreto cravada por prensagem	1,20	2,30
escava com lama bentonítica	3,50	4,50
Raiz	2,20	2,40
Straus	4,20	3,90
Hélice contínua	3,00	3,80

Os valores de F1 e F2 são fatores de escala e execução para cada tipo de estaca e foram obtidos a partir de retroanálise de resultados de provas de carga em estacas (cerca de 100 provas de carga entre os vários tipos de estacas). Como não se dispunha de provas de carga instrumentadas, que permitiriam separar a capacidade do fuste da capacidade da ponta, só seria possível obter um dos fatores, assim adotou-se  $F2=2F1$ .

Nesta dissertação serão utilizados os valores de  $k$ ,  $\alpha$ , F1 e F2 para estaca raiz recomendados mais recentemente por Monteiro (1997). Também optou-se pelo procedimento proposto por Monteiro (1997) em relação ao cômputo da resistência unitária de ponta, qual seja, considerou valores ao longo das espessuras iguais a 7 e 3,5 vezes o diâmetro da base, para cima e para baixo da profundidade de base, respectivamente. Os valores para cima fornecem, na média,  $q_{ps}$ , e os valores para baixo, na média,  $q_{pi}$ . O valor adotado, foi, então:

$$q_{p,ult} = \frac{q_{ps} + q_{pi}}{2} \quad (1.3)$$

### 1.1.2 Método de Decourt e Quaresma (1978) e Decourt (1996)

Em princípio, esse método foi desenvolvido originalmente para estacas do tipo pré-moldadas de concreto cravadas, as quais foram consideradas como estaca de referência. Velloso e Lopes (2010) comentam que esse método sofreu diversas modificações para incluir outros tipos de estacas e ajustes dos coeficientes de tipo de solo. Este Método foi estendido por Decourt (1996) a estacas em geral através da inclusão dos fatores  $\beta$  e  $\alpha$ . As tensões  $q_L$  e  $q_P$  mobilizadas na ruptura ficam assim definidas:

$$q_L = 10 \times \left( \frac{\bar{N}_{SPT}}{3} + 1 \right) \times \beta_{DQ} \quad (1.4)$$

$$q_P = \bar{N}_P \times C_P \times \alpha_{DQ} \quad (1.5)$$

Onde:

$\bar{N}_{SPT}$  = Número de golpes médio ao longo do fuste da estaca  $3 \leq N \leq 50$ ; os valores de N considerados para a resistência de ponta não são empregados no cômputo da resistência lateral;

$\bar{N}_P$  = Média dos três valores em torno (embutimento) da ponta (1,0m acima, na ponta e 1,0m abaixo desta);

$C_p$  = Coeficiente empírico do solo da ponta;

$\alpha_{DQ}$  e  $\beta_{DQ}$  = Coeficientes empíricos da estaca e solo, respectivamente para a ponta e atrito lateral.

Os valores dos coeficientes empíricos originalmente propostos encontram-se na Tabela 1.3 e Tabela 1.4 abaixo:

Tabela 1.3– Valores dos fatores de correção  $\alpha_{DQ}$  e  $\beta_{DQ}$ .

Tipo de Solo	Estacas Escavadas (em geral)	Estacas escavadas (bentonita)	Estaca Hélice contínua	Estaca Raiz	Injetadas sob alta pressão
Argilas	$\alpha_{DQ}=0,85$ $\beta_{DQ}=0,80$	0,85 0,9	0,3 1	0,85 1,5	1 3
Solos Intermediários	$\alpha_{DQ}=0,60$ $\beta_{DQ}=0,65$	0,6 0,75	0,3 1	0,6 1,5	1 3
Areias	$\alpha_{DQ}=0,50$ $\beta_{DQ}=0,50$	0,5 0,6	0,3 1	0,5 1,5	1 3

Tabela 1.4 – Valores de  $C_p$  em função do solo junto à ponta.

Tipo de Solo	$C_p$ (kN/m <sup>2</sup> )
Argila	120
Silte argiloso (residual)	200
Silte arenoso	250
Areia	400

### 1.1.3 Método de Velloso (1981)

Este método utiliza-se de dados obtidos de sondagens à percussão para determinação da capacidade de carga de estacas, através de correlações com o ensaio de penetração estático, CPT. As expressões gerais são análogas às dos métodos anteriores:

$$P_u = P_{su} + P_{bu} \quad (1.6)$$

Onde:

$P_u$  = Capacidade de suporte da estaca.

$P_{su}$  = Capacidade de suporte do solo por atrito ou aderência lateral ao longo do fuste da estaca.

$P_{bu}$  = Capacidade de suporte do solo sob a base (ponta) da estaca.

$$P_{su} = P_s \alpha \lambda \sum_{i=1}^n (l_i f_{ui}) \quad (1.7)$$

$$P_{bu} = A_b \alpha \beta q_u \quad (1.8)$$

Onde:

$P_s$  Perímetro da seção transversal do fuste (diâmetro  $d$ ).

=

$A_b$  Área da ponta (diâmetro  $d_b$ ).

=

$\alpha$  Fator de execução da estaca (1,0 para estacas cravadas e 0,5 para estacas escavadas).

=

$\lambda$  = Fator de carregamento (1,0 para estacas comprimidas e 0,7 para estacas tracionadas).

$\beta$  Fator de dimensão da base ( $1,016 - 0,016 \frac{d_b}{d_c}$  para estacas comprimidas e 0,0 para estacas tracionadas).

=

$d_c$  Diâmetro da ponta do ensaio de cone (3,6cm no CPT e CPTu).

=

$f_{ui}$  Atrito, ou aderência, lateral médio em cada camada de solo, com espessura ( $l_i$ ), atravessada pela estaca.

=

$q_u$  Resistência de ponta da estaca.

=

Caso tenha os resultados de ensaios de cone, adota-se:

$$f_u \cong f_c \quad (1.9)$$

$$q_u = \frac{\bar{q}_{c1} + \bar{q}_{c2}}{2} \quad (1.10)$$

Onde:

$f_c$  = Atrito ou aderência lateral medido na haste (lisa) do ensaio de cone.

$\bar{q}_{c1}$  = Média dos valores medidos da resistência de ponta ( $q_c$ ) no ensaio de cone, numa espessura igual a  $8d_b$  logo acima do nível da estaca (adotar valores nulos de  $q_c$ , acima do nível do terreno, quando  $l < 8d_b$ ).

$\bar{q}_{c2}$  = Idem, numa espessura igual a  $3,5d_b$  logo abaixo do nível da ponta da estaca.

No caso de se dispor apenas dos resultados de sondagens à percussão, deve-se obter os valores de  $f_c$  e  $q_c$  através de correlações potenciais entre o penetrômetro estático e o dinâmico, pelas seguintes expressões:

$$f_{ui} = a' N^{b'} \quad (1.11)$$

$$q_u = a N^b \quad (1.12)$$

Onde:

$N$  = Índice de resistência à penetração do amostrador na sondagem à percussão.

$a, b, a', b'$  = Parâmetros de correlação entre a sondagem de percussão e a ensaio de cone, definidos para o solo do local da obra.

$$q_u = \frac{\bar{q}_1 + \bar{q}_2}{2} \quad (1.13)$$

Sendo:

$\bar{q}_2$  Média dos valores de  $q_u$ , 3,5 diâmetros abaixo da ponta da  
= estaca.

$\bar{q}_1$  Média dos valores de  $q_u$ , 8 diâmetros acima da ponta da  
= estaca.

Os valores aproximados de a, b, a' e b' obtidos por Velloso (1981) são os indicados na **Tabela 1.5**.

Tabela 1.5 - Valores de a, b, a' e b' obtidos por Velloso (1981).

TIPO DE SOLO	a (tf/m <sup>2</sup> )	b	a' (tf/m <sup>2</sup> )	b'
Areias sedimentares submersas *	60	1,00	0,50	1,0
Argilas sedimentares submersas *	25	1,00	0,63	1,0
Solos residuais de gnaiss arenosiltosos submersos *	50	1,00	0,85	1,0
Solos residuais de gnaiss siltoarenosos submersos *	40*	1,00*	0,8*	1,00*
	47**	0,96**	1,21**	0,74**

\* dados obtidos na área da Refinaria Duque de Caxias (RJ).

\*\* dados obtidos na área da Açominas (MG).

#### 1.1.4 Método do Corpo de Engenheiros do Exército Americano

Neste item resumiu-se o método utilizado pelo US Army Corps of Engineers (2005). São apresentadas apenas as expressões e tabelas associadas à aplicação do método às estacas pré-moldadas de concreto, trabalhando à compressão, uma vez ser esta uma estaca considerada como padrão pelos autores da maior parte dos métodos. Para a aplicação a outros tipos de estacas, há que se considerar os diferentes tipos de execução.

A vantagem do método do US Corps of Engineers (2005) é que, por ser um método teórico, envolvendo os parâmetros de resistência ao cisalhamento do solo, podem ser determinadas as resistências a curto prazo, ou seja, decorrente de um carregamento rápido, em condições não drenadas, bem como resistências a longo prazo. Este aspecto pode ser relevante quando se necessita carregar as estacas antes que sejam dissipadas as poro pressões geradas durante a sua cravação. Os demais métodos, semiempíricos, por serem calibrados por provas de carga estáticas, realizadas muito tempo após a execução, são geralmente aplicados a carregamentos lentos, do tipo drenado.

#### 1.1.4.1 Estacas em solos não coesivos (de comportamento drenado)

- *Atrito Lateral*

O atrito lateral de estacas em solos arenosos varia linearmente com a profundidade até uma profundidade crítica,  $D_c$ , permanecendo constante abaixo desta profundidade. A profundidade crítica varia entre 10 a 20 diâmetros (ou largura B), dependendo da densidade relativa da areia, da seguinte forma:

$D_c = 10 B$ , para areias fofas;

$D_c = 15 B$ , para areias médias;

$D_c = 20 B$ , para areias densas.

O atrito lateral  $f_s$  unitário é determinado pela seguinte expressão:

$$f_s = K \times \sigma'_v \times \tan \delta \quad (1.14)$$

onde:

$\sigma'_v$  = tensão efetiva vertical, para  $D < D_c$ ;

$\sigma'_v$  = tensão efetiva vertical na profundidade crítica  $D_c$  para  $D > D_c$ ;

$K$  = coeficiente de empuxo lateral, variando de 1,0 a 2,0 para areias, 1,0 para siltes e 1,0 para argilas;

$\delta$  = ângulo de atrito entre o solo e a estaca, variando de 0,9 a 1,0  $\phi'$ , para estacas de concreto;

$D$  = profundidade considerada.

A resistência total de atrito num certo trecho é dada por:

$$Q_s = f_s \times A_s \quad (1.15)$$

onde  $A_s$  é a área lateral da estaca em contato com o solo.

- *Resistência de ponta*

A resistência unitária na ponta é calculada como:

$$q = \sigma'_v \times N_q \quad (1.16)$$

sendo:

$\sigma'_v$  = tensão efetiva vertical, para  $D < D_c$ ;

$\sigma'_v$  = tensão efetiva vertical na profundidade crítica  $D_c$  para  $D \geq D_c$

Os mesmos valores estabelecidos da profundidade crítica para o atrito lateral são utilizados para o cálculo da resistência de ponta.

O valor de  $N_q$  deve ser obtido da **Figura 1.1**, em função de  $\phi'$ .



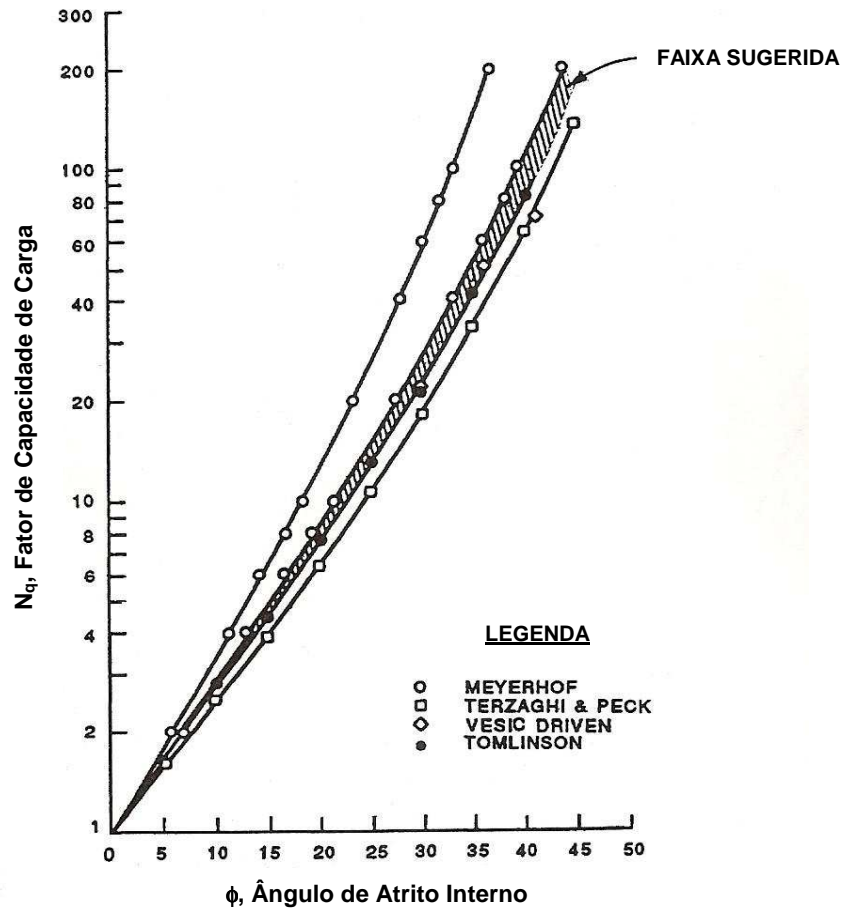


Figura 1.1 - Fator de capacidade de carga  $N_q$ , US Corps of Engineers (2005).

#### 1.1.4.2 Estacas em solos coesivos (de comportamento não drenado)

- *Atrito lateral*

Embora denominado de atrito lateral, a publicação do US Army Corps of Engineers (2005) ressalta que a resistência é devida à coesão ou adesão da argila ao fuste da estaca, calculada como:

$$f_s = c_a \quad (1.17)$$

sendo

$$c_a = \alpha \times S_u \quad (1.18)$$

onde:

$c_a$  = adesão entre a argila e a estaca;

$\alpha$  = fator de adesão;

$S_u$  = resistência não drenada da argila.

A resistência lateral total num certo trecho é dada por:

$$Q_s = f_s \times A_s \quad (1.19)$$

onde  $A_s$  é a área lateral da estaca em contato com o solo.

Os valores de  $\alpha$ , função da resistência não drenada, são obtidos da **Figura**

**1.2.**

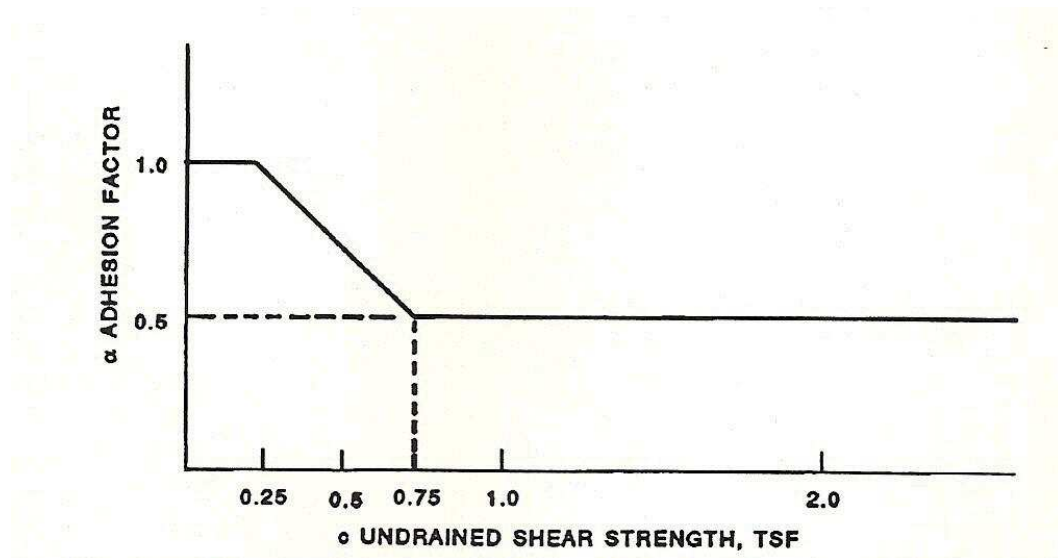


Figura 1.2 - Valores de  $\alpha$  em função de  $S_u$ , US Corps of Engineers (2005).

Um procedimento alternativo desenvolvido por Semple e Ridgen (1984), conforme citado pelo US Army Corps of Engineers (2005), consiste na obtenção dos valores de  $\alpha$  que são especialmente aplicados a estacas longas, dados por:

$$\alpha = \alpha_1 \times \alpha_2 \quad (1.20)$$

e

$$f_s = \alpha \times S_u \quad (1.21)$$

com  $\alpha_1$  e  $\alpha_2$  obtidos da Figura 1.3.

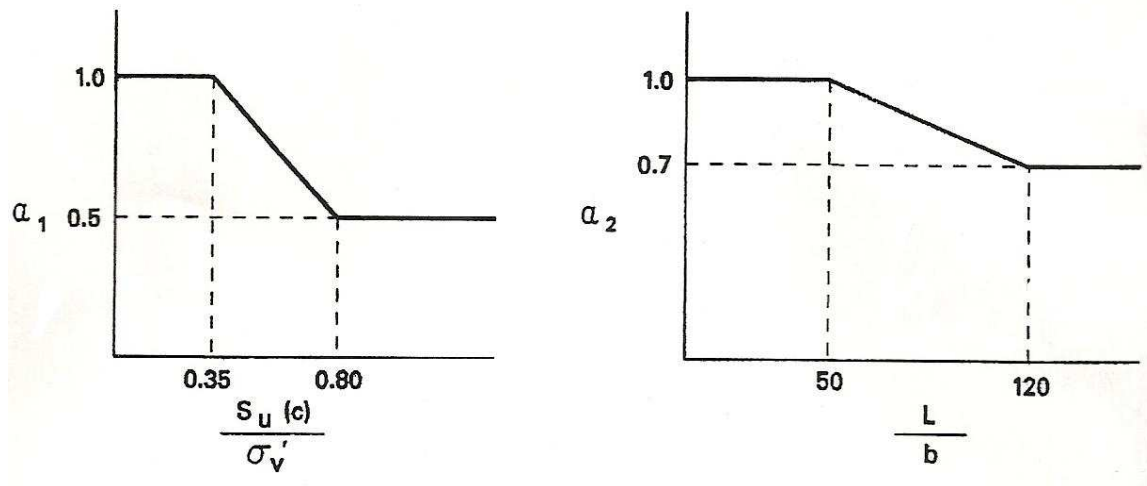


Figura 1.3 - Valores de  $\alpha_1$  e  $\alpha_2$  para estacas muito longas, US Corps of Engineers (2005).

- *Resistência de ponta*

A resistência de ponta é calculada como:

$$q = 9 \times S_u \quad (1.22)$$

e

$$Q_t = A_t \times q \quad (1.23)$$

#### 1.1.4.3 Estacas em solos siltosos

A diferença para o caso das areias, para o atrito lateral, consiste na introdução da parcela  $\alpha \times c$ , sendo  $\alpha$  obtido da **Figura 1.2** e  $c$  a parcela de coesão.

$$\tau_s = K \times \sigma_v' \times \tan \delta + \alpha \times c \quad (1.24)$$

com  $K = 1,0$ .

Não há diferença para o caso das areias no caso da resistência de ponta.

#### 1.1.4.4 Estacas em solos estratificados

A publicação do Corpo de Engenheiros do Exército Americano ressalta ainda que no caso de solos estratificados, os procedimentos de cálculo devem ser utilizados com base em cada camada. A capacidade de carga na ponta deve ser determinada a partir das propriedades da camada de solo na ponta. Contudo, quando camadas mais fracas existirem a profundidades de até cerca de 1,5 m ou 8 diâmetros abaixo da ponta, o que for maior, a resistência de ponta vai ser afetada. Torna-se necessário computar este efeito e considerá-lo quando do cálculo da resistência de ponta. No cálculo do atrito lateral, a contribuição de cada camada é computada separadamente, considerando as camadas acima como sobrecargas e aplicando os fatores de redução apropriados para o tipo de solo envolvido em cada incremento de profundidade.

#### 1.1.4.5 Parâmetros geotécnicos

Na aplicação do método do Corpo de Engenheiros do Exército Americano (2005) há que se selecionar parâmetros de resistência ao cisalhamento dos solos. A utilização de correlações dos parâmetros geotécnicos com ensaios de campo é muito empregada na prática.

Para as camadas de natureza arenosa, os valores de ângulo de atrito do solo podem ser obtidos, entre outras, da correlação de Kulhawy e Mayne (1990).

$$\phi_{tc} = \tan^{-1} \left[ \frac{N}{12,2 + 20,3 \sigma'_{v0} / p_a} \right]^{0,34} \quad (1.25)$$

Nesta correlação  $N$  é o valor do  $N_{SPT}$  padrão americano, cuja energia é da ordem de 55 a 60% da energia teórica de queda livre, enquanto a eficiência que tem sido medida no SPT brasileiro é da ordem de 72 a 83%. O valor de  $\sigma'_{v0}$  é a tensão efetiva vertical, enquanto  $p_a$  é uma tensão de referência, igual a 100 kPa.

Com base na equação 1.25 acima, e introduzindo-se os valores médios das eficiências tem-se:

$$(N_{SPT} \cdot ef)_{Brasil} = (N_{SPT} \cdot ef)_{EUA} \quad (1.26)$$

$$(N_{SPT})_{EUA} = 1,35 (N_{SPT})_{Brasil} \quad (1.27)$$

Cabe observar que os valores de ângulo de atrito da correlação acima, obtidos após correção da energia, são excessivos em muitas situações, quando comparados à experiência com alguns solos brasileiros. Por este motivo, os valores encontrados, quando fracionários, devem ser aproximados para valores inteiros reduzidos.

Para as camadas de solo argiloso, utiliza-se diretamente a expressão **(1.28)**, também proposta por Kulhawy e Mayne (1990).

$$(S_u / p_a) = 0,06 (N_{SPT})_{EUA} \quad (1.28)$$

onde  $p_a$  é uma tensão de referência, igual a 100 kPa.

## 1.2 Provas de Carga Estática

### 1.2.1 Interpretação de Provas de Carga Estática

Como a ruptura física não costuma ocorrer no caso de fundações profundas, considera-se como ruptura a carga obtida através de interpretação da curva de campo com base em algum critério de extrapolação.

Para fins de avaliação do desempenho, a norma brasileira de fundações considera como satisfatório quando são verificadas, simultaneamente, as seguintes condições:

- i. Fator de segurança no mínimo igual a 2,0 com relação à carga de ruptura obtida na prova de carga ou por sua extrapolação.

ii. Recalque para a carga de trabalho admissível pela estrutura.

A curva carga-recalque precisa, portanto, ser interpretada para se definir a carga admissível da estaca (ou tubulão).

Um exame apenas visual da curva pode ser enganador mesmo nos casos em que esta tende a uma assíntota vertical. Conforme mostrado por Van der Veen (1953), a simples mudança de escala do eixo dos recalques pode dar uma impressão muito diferente do comportamento da estaca. Assim, algum critério de análise precisa ser aplicado.

Há um grande número de critérios, como mostram Vesic (1975), Fellenius (1975) e Godoy (1983), que podem ser agrupados em quatro categorias:

- 1) Critérios que se baseiam num valor absoluto (ou relativo ao diâmetro) do recalque, seja total, plástico ou residual (observado após o descarregamento);
- 2) Critérios que se baseiam na aplicação de uma regra geométrica à curva;
- 3) Critérios que buscam uma assíntota vertical;
- 4) Critérios que caracterizam a ruptura pelo encurtamento elástico da estaca somado a uma porcentagem do diâmetro.

Os métodos escolhidos para serem utilizados nesta dissertação se encontram entre as categorias 3 e 4, acima citadas.

Na terceira categoria estão os métodos de Van der Veen (1953), Decourt (1996), Chin (1971), etc, que procuram estabelecer uma assíntota vertical para a curva. Esses critérios são difíceis de serem aplicados em alguns casos da prática em que há uma assíntota inclinada.

Há uma discussão quanto à confiabilidade da extrapolação pelo método de Van der Veen (1953). Curvas carga-recalque limitadas a um nível de carregamento baixo (ou seja, num trecho inicial, quase elástico) conduzem a valores de carga de ruptura exagerados. A experiência de Velloso e Lopes (2010) com a extrapolação da curva carga-recalque pelo método de Van der Veen (1953) indica que se pode obter uma extrapolação razoável se o recalque máximo atingido na prova for de, pelo menos, 1% do diâmetro da estaca. Outra questão que se apresenta é que em estacas

carregadas até um nível elevado não apresentam, necessariamente, uma assíntota vertical.

Mais recente, Decourt (1996) sugeriu outra proposta na qual a interpretação dos resultados da prova de carga é feita no gráfico de rigidez; isto é, no eixo vertical plota-se a razão  $Q/r$  (carga/recalque) em cada estágio de carregamento e no eixo horizontal a carga atingida no estágio. Decourt observou que apenas no caso de estacas cravadas que têm a quase totalidade da sua capacidade de carga devida a atrito lateral, o gráfico apresenta uma reta que, se prolongada, atingiria o eixo horizontal indicando rigidez nula e portanto, ruptura física. Em trabalho recente, Decourt (2008) propõe que o gráfico de rigidez seja interpretado com os pontos correspondentes aos primeiros estágios como indicadores do comportamento do atrito e com os pontos correspondentes aos últimos estágios como indicadores de comportamento da ponta ou base.

Na quarta categoria está a norma canadense, baseada no conhecido método de Davisson (1972), mais conservativo do que a norma brasileira, que caracteriza a ruptura pelo recalque correspondente ao encurtamento elástico da estaca (calculada como uma coluna), somado a um deslocamento de ponta igual a  $D/120 + 3,8\text{mm}$ .

A norma brasileira segue a norma canadense, exceto em que o deslocamento a ser somado é  $D/30$ . O critério da norma pode ser aplicado mesmo quando a curva apresenta uma assíntota vertical, conduzindo à interpretação de uma carga de ruptura menor (a favor da segurança).

### 1.2.2 Método de Van der Veen (1953)

O Método de Van der Veen (1953) é o método de extrapolação da curva recalque mais utilizado no Brasil. Neste método, a carga última é definida por tentativas através de uma equação matemática ajustada como função do trecho que se dispõe da curva carga-recalque.

Partindo-se de um determinado valor de  $P_r$  (Carga de ajuste) qualquer adotado, calculam-se os valores correspondentes de " $\ln(1/(P/P_r))$ " que são plotados em um gráfico em função do recalque " $r$ ". Novas tentativas são realizadas com

outros valores de  $P_r$  até que o gráfico resulte, aproximadamente, em uma linha reta, adotando este valor  $P_r$  como o valor de carga de ruptura do elemento.

A expressão que define a carga de ruptura definida por Van der Veen, é esta abaixo:

$$P = P_r(1 - e^{-ar}) \quad (1.29)$$

Onde:

$P$ = carga nos diversos pontos da curva carga-recalque

$r$ = recalque nos diversos pontos da curva carga-recalque

$a$ = parâmetro determinado por regressão linear que define a forma da curva.

$P_r$ = valor de carga a ser determinado

Na aplicação do método de Van der Veen (1953), Aoki (1976) observou que a reta obtida (correspondente à carga de ruptura) não passava pela origem, mas apresentava um intercepto.

Deste modo, Aoki propôs a inclusão de um intercepto “b”, dando a origem do método de Van der Veen generalizado (ou Van der Veen modificado por Aoki). Com base na expressão generalizada obtém-se a curva ajustada (ver **Figura 1.4**), arbitrando-se valores para  $r$  e calculando os valores correspondentes para  $P$ .

$$P = P_r(1 - e^{-(b+ar)}) \quad (1.30)$$

Onde

$b$ = ponto de interseção da reta procurada no método com os eixos das abcissas.

Ou seja,  $P = P_r(1 - e^{-(b+ar)})$  onde  $P$  corresponde ao recalque  $r$ . A partir desta expressão, pode-se escrever:

$$1 - \frac{P}{P_r} = e^{-(b+ar)} \text{ ou seja, } -\ln\left(1 - \frac{P}{P_r}\right) = ar + b \quad (1.31)$$

Fazendo,



$$y = -\ln\left(1 - \frac{P}{P_r}\right) \quad y = ar + b \quad (1.32)$$

A expressão plotada conduz a uma reta.

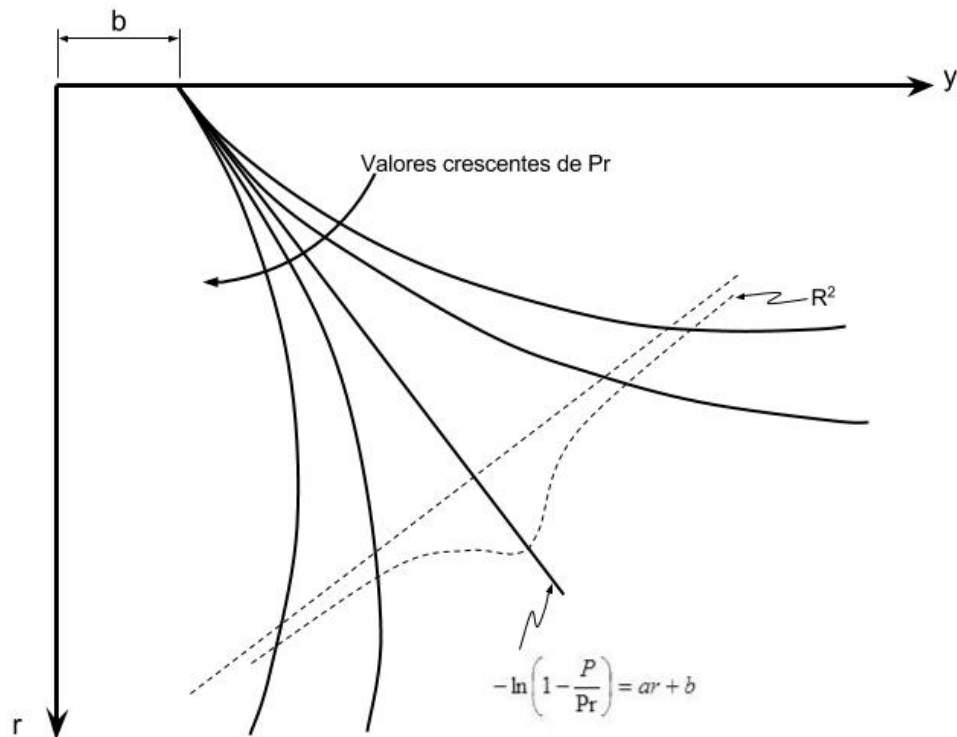


Figura 1.4 – Método de Van der Veen (1953), modificado por Aoki (1976).

Arbitram-se valores de  $P_r$ , e para cada valor arbitrado, interpola-se uma reta pelo método dos mínimos quadrados. O valor de  $P_r$  será aquele correspondente a regressão que fornecer o coeficiente de correlação  $R^2$  mais próximo possível de 1.

Inúmeras discussões já levantaram a questão da confiabilidade das curvas carga-recalque extrapoladas pelo método de Van der Veen, uma vez que as extrapolações obtidas a partir de provas de carga cuja curva carga-recalque não ultrapassa o trecho elástico, podem conduzir a valores de ruptura superestimados.

### 1.2.3 Método de Décourt (1996)

Décourt (1996) apresenta uma maneira de se extrapolar a carga de ruptura com base no conceito de rigidez. A rigidez “R” é definida como a relação entre a carga aplicada a uma fundação e o recalque que ela acarreta.

A aplicação prática desse conceito se faz através do chamado Gráfico da Rigidez. Colocando-se o valor de rigidez no eixo das ordenadas e o valor da carga aplicada no eixo das abscissas, observa-se que a rigidez, tipicamente, diminui com o aumento da carga. Uma vez que o ensaio seja conduzido até valores pequenos de rigidez, ele irá permitir que, através de extrapolações criteriosas, seja obtido o ponto de rigidez nula, que por definição está associado à carga de ruptura física.

Em algumas provas de carga bem projetadas e executadas é possível definir, com razoável precisão, tanto a ruptura física como a convencional. São exemplos as provas de carga em estacas de deslocamento e a carga correspondente a mobilização integral do atrito lateral estaca-solo.

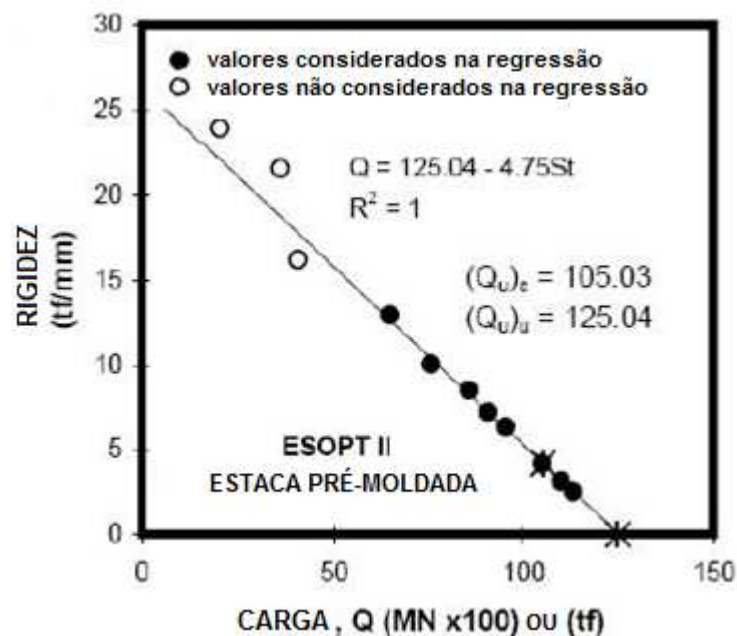


Figura 1.5 - Gráfico de Rigidez. Estaca pré-moldada de concreto armado, Decourt (2008).

A ruptura física seria aquela caracterizada quando a estaca apresentar rigidez nula, que seria um deslocamento infinito para uma dada carga aplicada, o que na prática de engenharia seria impossível. A ruptura convencional já é definida como sendo a carga para um deslocamento na ponta de cerca de 10% do diâmetro.

As demais fundações, como sapatas, bases de tubulões e estacas escavadas (estacões, barretes, Strauss e Hélices contínuas) não rompem. À medida que as cargas vão aumentando na prova de carga, há uma redução da rigidez, mas não de forma linear como no caso anterior (estacas de deslocamentos). À medida que a rigidez vai se reduzindo, a carga vai aumentando, mas de forma não linear. O

conceito de carga de ruptura convencional continua aplicável, mas a diferença entre essa carga e a eventual ruptura física passa a ser grande.

Segundo Decourt (2008), se o carregamento for conduzido até grandes deslocamentos, dois domínios serão facilmente identificados: o domínio da ponta e o domínio do atrito lateral. No trecho onde a transferência por ponta é preponderante (upper bound), a relação entre a carga e a rigidez é uma curva, tornando-se linear no gráfico log x log. E no trecho onde o atrito lateral é dominante (lower bound), essa relação é nitidamente linear.

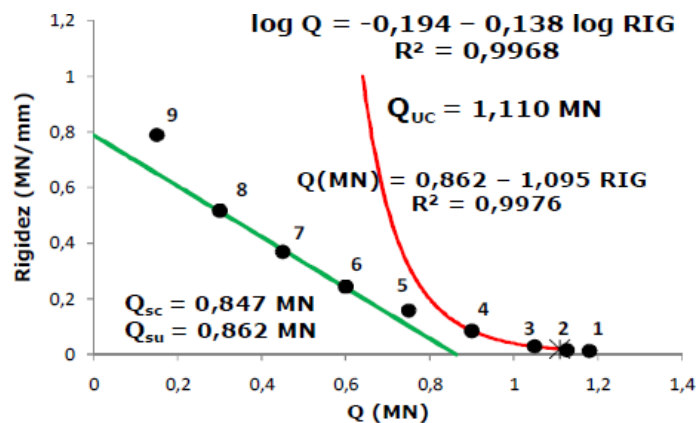


Figura 1.6 - Gráfico de rigidez. Separação dos domínios por atrito lateral e por ponta, Decourt (2008).

Segundo Decourt (2008), o gráfico de Rigidez mostra duas situações típicas distintas em relação á ruptura física:

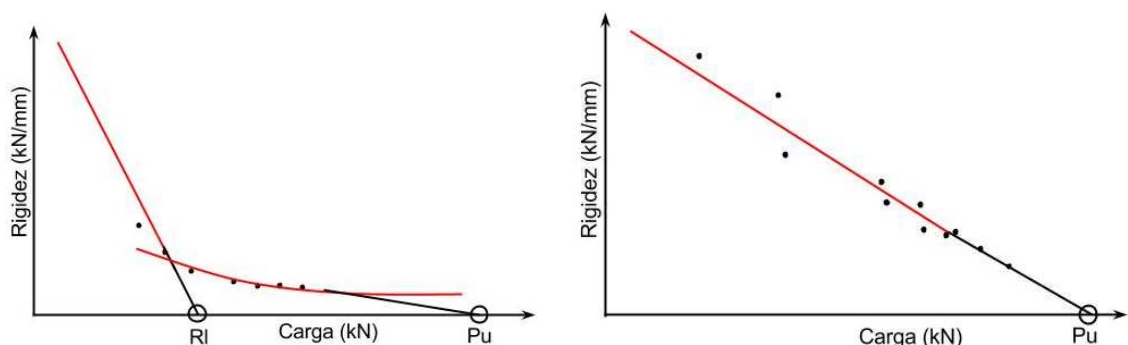


Figura 1.7 - Gráfico de Rigidez. Exemplo de fundações que não rompem (a) e que rompem (b), Seabra (2013).

- As fundações que praticamente não rompem – estacas escavadas (**Figura 1.7a**)

- As fundações que rompem (estacas de deslocamento) que neste caso definem a ruptura convencional e a ruptura física (Figura 1.7b).

Se a prova de carga for levada a pequenos valores de rigidez, pode ser usada a extrapolação linear para estimar a ruptura física. Quanto menor for a rigidez no ensaio, mais precisa será a estimativa da carga de ruptura.

Segundo Decourt (2008) existe uma limitação na utilização do método aos ensaios realizados com carregamentos mistos, pois conduz a resultados que tendem contra a segurança.

#### 1.2.4 Método da NBR 6122 (ABNT, 2010)

A NBR 6122 (ABNT, 2010) estabelece um critério de ruptura convencional para qualquer prova de carga em que não ocorrer ruptura nítida. Conforme a **Figura 1.8**, a carga de ruptura pode ser convencionalizada como aquela correspondente à interseção da curva carga x recalque (extrapolada, se necessário) com a reta de equação:

$$\rho = \frac{D}{30} + \frac{P \cdot L}{A \cdot E} \quad (1.33)$$

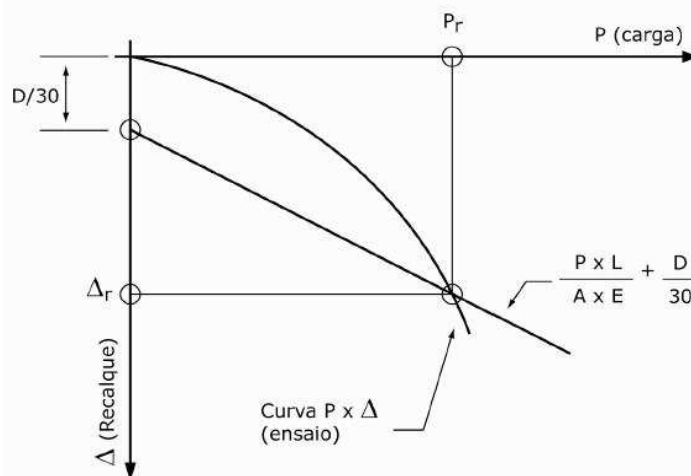


Figura 1.8 – Método da NBR 6122 (ABNT, 2010).

Sendo L o comprimento da estaca; D e A, o diâmetro e a área da seção transversal do fuste, respectivamente; e E, o módulo de elasticidade do material da

estaca. A parcela  $P \cdot L / A \cdot E$  representa o encurtamento elástico da estaca considerada como coluna livre, ou seja, sem atrito lateral.

Alguns autores – CINTRA et al (2013), por exemplo – entendem que este método pode ter sido inspirado no método de Davisson (1972 apud Fellenius, 1975), representado por:

$$\rho = 3,8mm + \frac{D}{120} + \frac{P \cdot L}{A \cdot E} \quad (1.34)$$

A capacidade de carga  $R$  dada por um critério de ruptura convencional é sempre menor que a dada por um critério de ruptura física, pois a ruptura convencional refere-se a um recalque finito, enquanto a ruptura física está associada a um recalque infinito.

### **1.3 Aplicação da Teoria Bayesiana ao Estudo de Confiabilidade de Fundações**

#### **1.3.1 Generalidades**

Lacasse e Nadim (1994) ressaltam que a previsão do comportamento de fundações não pode ser feita com exatidão face às variações espaciais das propriedades do solo, investigação limitada do subsolo, limitação nos modelos de cálculo, incerteza nos parâmetros do solo e incertezas nas cargas atuantes. Os citados autores salientam sobre a importância da adoção de enfoques de projeto racionais e bem documentados que informem e levem em conta as incertezas na análise dos parâmetros. A análise da confiabilidade permite que se mapeie e avalie as incertezas.

Os autores ilustram na Figura 1.9 os resultados da análise de confiabilidade na estaca mais carregada de uma plataforma offshore, instalada em 1976 e reanalisada em 1989, após nova investigação geotécnica. Esta figura revela que um elevado fator de segurança não significa, necessariamente, uma elevada margem de segurança, em razão da influência das incertezas nos parâmetros de análise na distribuição probabilística real do fator de segurança.

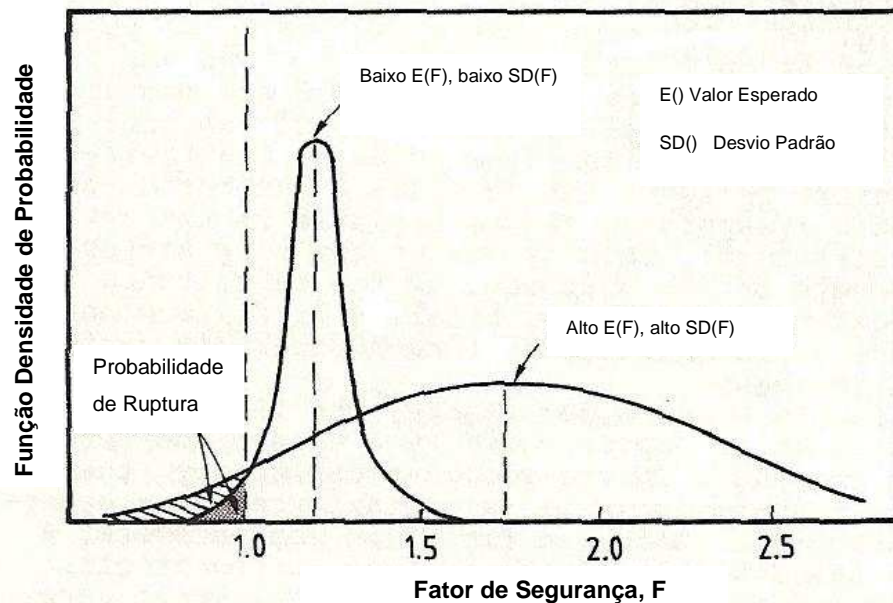


Figura 1.9 - Fator de segurança e probabilidade de ruptura, Lacasse e Nadim (1994).

Os citados autores fazem referência a uma comunicação pessoal de Robert Olesen, do Det Norske Veritas Research, de que é melhor se estar “provavelmente correto” do que “exatamente incorreto”.

Vrouwenvelder (1992) apresentou uma contribuição interessante onde ele destaca a importância do controle de execução ou inspeções realizadas durante a obra na confiabilidade de estaqueamentos. Este aspecto do trabalho de Vrouwenvelder (1992) diz respeito exatamente a interpretação que se pretende dar, nesta dissertação, às provas de carga realizadas por ocasião do projeto. Pelo interesse nas questões levantadas, a publicação está transcrita no ANEXO F.

Na presente dissertação, ao dar continuidade a esta pesquisa bibliográfica, será detalhada em seguida a atualização da capacidade de carga através da metodologia de Bayes, que se trata exatamente da última análise proposta por Vrouwenvelder (1992), qual seja, a da combinação de informação de vários métodos. Esta ferramenta estatística foi utilizada na dissertação de mestrado de Cabral (2008), bem como em alguns trabalhos de final de curso da UERJ, como de Bazani (2011), fazendo parte de uma das linhas de pesquisa da pós graduação da UERJ.

## 1.4 Atualização da Capacidade de Carga através da Metodologia de Bayes

O enfoque de atualização da resistência do solo através da metodologia de Bayes é uma aplicação de conceitos da probabilidade condicional.

O enfoque de Bayes assume que os parâmetros da distribuição probabilística utilizada são variáveis randômicas. A incerteza do parâmetro é modelada por distribuições “a priori” e “a posteriori”. A distribuição “a posteriori” é calculada pela atualização da distribuição “a priori”, utilizando uma função de máxima verossimilhança, que contém a observação obtida de dados disponíveis.

Segundo Pacheco (2007) e reportando-se a Harr (1987) e Ang e Tang (1984), o teorema de Bayes apresenta-se muito útil em aplicações de Engenharia e resulta da regra da multiplicação, qual seja:

$$p(A_i / B) = \frac{p(B / A_i) \times p(A_i)}{\sum_{i=1}^m p(B / A_i) \times p(A_i)} \quad (1.35)$$

Onde:

$p(A_i / B)$  é a probabilidade (condicional) de ocorrência do evento  $A_i$ , dado que o evento  $B$  ocorreu, também chamada de probabilidade posterior (ou “a posteriori”),

$p(B / A_i)$  é a probabilidade (condicional) de ocorrência do evento  $B$  dado que o evento  $A_i$  ocorreu, que representa a nova informação (ou função de verossimilhança),

$p(A_i)$  é a probabilidade de ocorrer o evento  $A_i$ , chamada também de probabilidade anterior, ou “a priori”.

O valor de  $\sum_{i=1}^m p(B / A_i) \times p(A_i)$  é chamado fator de normalização ou de ponderação. Segundo Pacheco (2007), a expressão acima pode ser vista como uma média ponderada, sendo muito útil na atualização de probabilidades.

Esta ferramenta será utilizada na presente pesquisa para atualizar o valor esperado, bem como a variância, da distribuição probabilística da capacidade de carga das estacas raiz do Estaleiro do Rio Grande. A metodologia é ilustrada na

**Figura 1.10**, tendo sido utilizada originalmente por Guttormsen (1987) em aplicações a fundações offshore. Guttormsen (1987) ressalta que a metodologia de atualização de Bayes permite que um julgamento subjetivo, baseado em cálculos realizados “a priori”, sejam combinados com observações objetivas (função de verossimilhança), resultando numa estimativa atualizada. Guttormsen (1987) também comenta que este procedimento auxilia o engenheiro na organização, avaliação e acúmulo da experiência fornecida pelos registros de obra, além de prover elementos para decisões in-situ quanto ao desempenho das estacas.

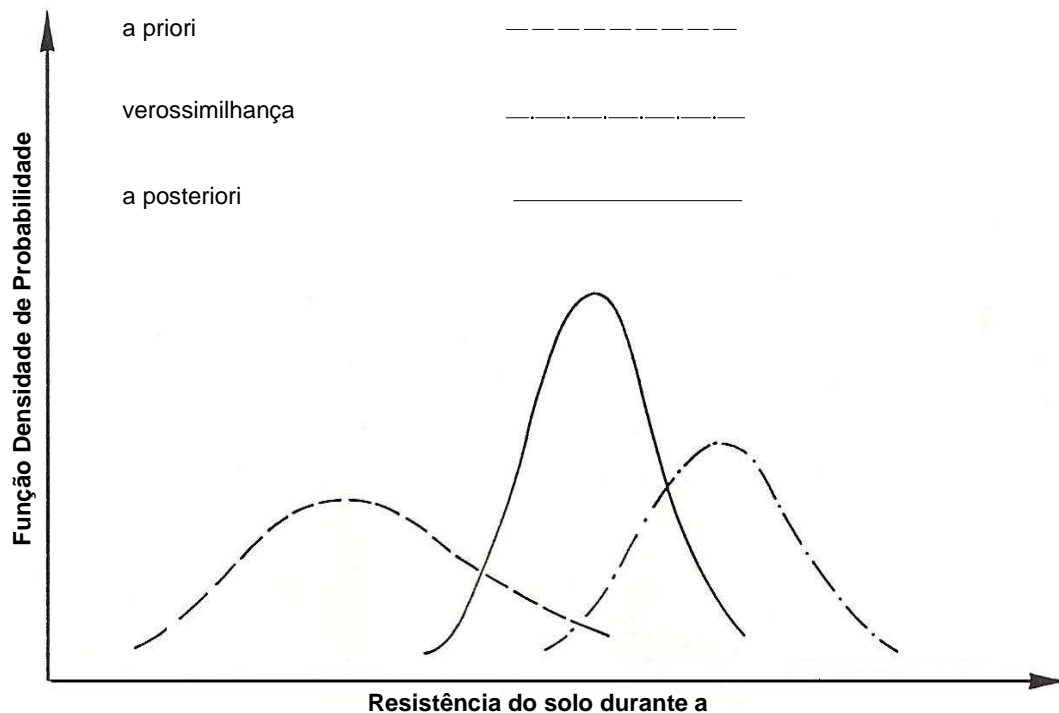


Figura 1.10 - Relação entre as distribuições “a priori”, a função de verossimilhança e a distribuição “a posteriori”, adaptado de Cabral (2008).

Este enfoque de atualização da estimativa da resistência é o mesmo reportado por Vrouwenvelder (1992), que ressalta que esta estimativa atualizada pode ser obtida também através da execução de provas de carga estáticas e dinâmicas e/ou do simples acompanhamento do processo de instalação das estacas. Esta alternativa, na sua forma mais simples, pode ser considerada como o registro do número de golpes durante a cravação. Em função dos dados dos ensaios, ou dos registros da cravação, pode-se atualizar a estimativa da capacidade de carga. Além disso, como a nova estimativa é baseada em informações adicionais, as incertezas são menores, o que justificaria o emprego de um fator de segurança



menor. O autor apresenta um resumo dos diferentes métodos de ensaio e da forma como os resultados podem ser combinados para se chegar a uma estimativa atualizada, considerando também a questão dos fatores de segurança. Vrouwenvelder (1992) faz referência aos trabalhos de Lacasse et al (1989), que resumem as análises realizadas por Guttormsen (1987).

A aplicação do método está descrita no Capítulo 3, sendo a distribuição da resistência “a priori” detalhada nos itens 3.2 e 3.3, a distribuição da função de verossimilhança no item 3.1 e a distribuição da resistência “a posteriori”, ou atualizada, nos itens 3.2.3 e 3.3.3.

Um detalhamento mais profundo da teoria de Bayes pode ser encontrado em livros texto de estatística aplicada à engenharia, como Ang e Tang (1984).

#### 1.4.1 Determinação da Capacidade de Carga “a priori”, verossimilhança e “a posteriori”

Neste item será apresentada a aplicação da metodologia conforme realizada por Cabral (2008), em que o foco do estudo era a resistência oferecida pelo solo por ocasião da cravação. Oportunamente, nos Capítulos 3 e 4 esta metodologia será aplicada às estacas tipo raiz, a partir do banco de dados de provas de carga estáticas.

A **Figura 1.10**, apresentada no item anterior, mostra a função densidade de probabilidade da resistência do solo durante a cravação. O teorema de Bayes permite a obtenção da distribuição “a posteriori”, a partir da estimativa da distribuição “a priori” e da distribuição da função de verossimilhança. As equações (1.36) e (1.37) apresentadas por Lacasse et al (1989,1991) e Lacasse e Goulois (1989), baseadas no teorema de Bayes, possibilitam, assim, o cálculo da estimativa do valor esperado e da variância da resistência atualizada do solo durante a cravação, “a posteriori”, em função do valor esperado e da variância da estimativa “a priori” e da distribuição probabilística da função de verossimilhança.

$$\mu_Q = \frac{\sigma_Q^{2,L} \cdot \mu_Q^P + \sigma_Q^{2,P} \cdot \mu_Q^L}{\sigma_Q^{2,L} + \sigma_Q^{2,P}} \quad (1.36)$$

$$\sigma_Q^2 = \frac{\sigma_Q^{2,L} \cdot \sigma_Q^{2,P}}{\sigma_Q^{2,L} + \sigma_Q^{2,P}} \quad (1.37)$$

Nas equações (1.36) e (1.37)  $\mu_Q$  é o valor esperado da resistência atualizada das estacas ensaiadas, ou seja, obtida “a posteriori”, enquanto  $\mu_Q^P$  e  $\mu_Q^L$  são, respectivamente, o valor esperado da resistência prevista pelos métodos de capacidade de carga (“a priori”) e aquela obtida a partir das provas de carga estática (função de verossimilhança). O valor de  $\sigma_Q^2$  designa a variância da distribuição atualizada da resistência das estacas ensaiadas (“a posteriori”) e,  $\sigma_Q^{2,P}$  e  $\sigma_Q^{2,L}$  são, respectivamente, as variâncias da distribuição prevista pelos métodos de capacidade de carga, “a priori”, e a partir das provas de carga estática (pela função de verossimilhança).

Cabe lembrar que as equações acima são idênticas àquelas resumidas por Vrouwenvelder (1992) e serão também utilizadas nas análises desta dissertação. Como Cabral (2008) apresentou detalhadamente este assunto, o autor recomenda a leitura de Cabral (2008) para um conhecimento mais aprofundado neste tema.

## 2 CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO EM ESTUDO E DO BANCO DE DADOS

A obra em estudo refere-se a construção das fundações para base dos trilhos para a instalação do pórtico de 15 MN para movimentação de blocos de navios no Estaleiro Rio Grande, na cidade do Rio Grande, Rio Grande do Sul.

A quantidade de estacas tipo raiz construídas nestas vias são de, aproximadamente, 1500 unidades, originando, em conformidade com a NBR 12131/2006, um número total de 20 provas de carga estáticas (ver **Figura 2.1** e **Figura 2.2**).

### 2.1 Geotecnia da cidade de Rio Grande/ RS

As fundações do pórtico de 15 MN fazem parte da construção de um grande estaleiro - Estaleiro Rio Grande – implantado na área portuária da cidade de Rio Grande, mais especificamente na região do Superporto de Rio Grande, em um pacote superficial arenoso relativamente plano, perfazendo uma área total de 560.000 m<sup>2</sup>.

A formação geológica da região da cidade do Rio Grande, segundo Dias e Bastos (1994), apresenta um subsolo composto por camadas de sedimentos marinhos e lagunares, em um pacote com até 52m de espessura, descrito como uma sucessão de materiais justapostos em diversas camadas (areia e argila) depositados em ambiente transicional altamente influenciados pela maré e pelas correntes de maré enchente e vazante. A camada basal deste pacote sedimentar ocorre a partir dos 46m de profundidade, com a presença de uma camada de areia fina a grossa muito compacta, seguida de estratos de argila silto-arenosa e argila siltosa dura até a profundidade máxima investigada na região de 63,5m (Dias e Bastos, 1997).

Em Dias et al. (1998) define-se a década de setenta para o início dos primeiros estudos em profundidade do solo argiloso encontrado no Superporto da cidade de Rio Grande, tendo sido apresentado os primeiros dados em Dias (1979), sendo estes estudos destinados ao conhecimento do subsolo para implantação de terminais e fábricas nesta área da cidade.



Figura 2.1 - Região do Superporto de Rio Grande (desde a ponte do Franceses até Molhes da Barra – aproximadamente 12km). Fonte: Goularte (2012).

Uma extensa campanha de sondagens tipo SPT foi realizada na área do empreendimento. Os testemunhos coletados no amostrador padrão foram descritos no Laboratório de Geotecnia e Concreto da FURG (Goularte, 2012).



Figura 2.2 - Estaleiro Rio Grande. Fonte: Google Maps/Google Earth 2015.

A análise da estratigrafia do terreno a partir das sondagens SPT possibilitou retratar um perfil estratigráfico identificando quatro camadas representativas e de comportamentos variados, gerando um perfil representativo, com os valores médios do  $N_{SPT}$  ao longo da profundidade, apresentado na **Figura 2.3**.

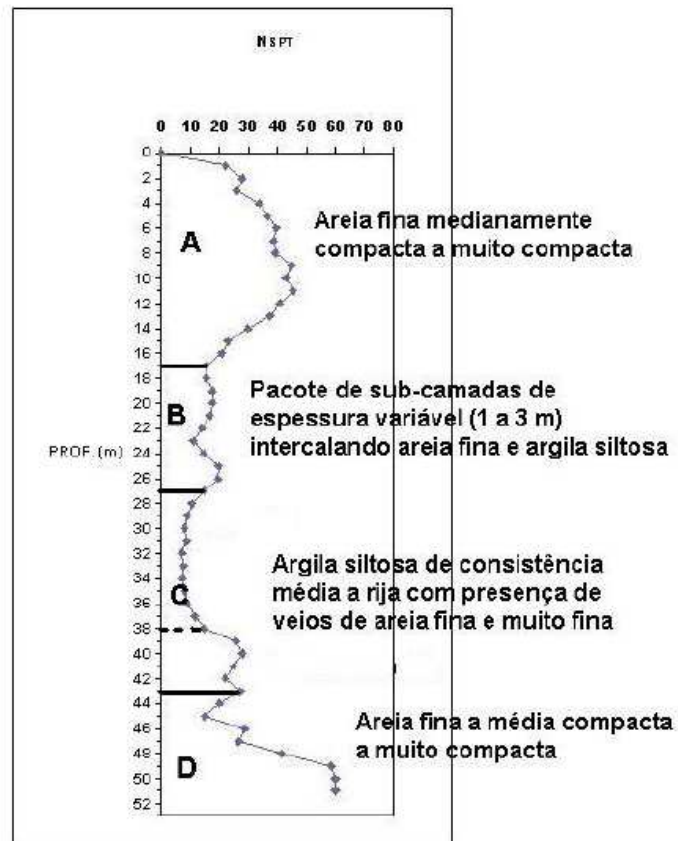


Figura 2.3 - Perfil representativo do subsolo da obra do Estaleiro Rio Grande com valores médios  $N_{SPT}$  (Dias et al., 2008).

## 2.2 Caracterização do Banco de Dados

O banco de dados foi reunido digitalmente em arquivos eletrônicos organizados em pastas pelo autor da dissertação, além de documentos impressos. Foram reunidos os seguintes documentos:

- Relatório da avaliação de comprimento de estacas;
- Diagramas de execução de estacas raiz e diagramas de cravação de estacas tubulares metálicas;

- Relatórios de provas de carga estáticas;
- Relatório de provas de carga dinâmicas;
- Relatório de sondagens;
- Plantas de locação de estacas;
- Plantas de locação de sondagens;
- Plantas de detalhamento estrutural das estacas raiz e metálica.

Todos os dados foram verificados quanto à observância das normas vigentes e analisado a consistência dos valores apresentados em todos os relatórios, inclusive comparação das datas, como por exemplo, data de execução das diferentes estacas e data dos diferentes ensaios de determinação da capacidade de carga estática.

Os principais dados foram organizados em planilha única para facilitar verificação e o desenvolvimento do trabalho de pesquisa.

Os critérios adotados para a seleção, organização e utilização dos dados experimentais na formação do banco de dados para a análise da dissertação foram: os documentos deveriam conter o registro detalhado de todos os processos de execução das estacas; os registros também deveriam conter e selecionar, dentre as investigações geotécnicas disponíveis, o resultado da sondagem à percussão mais próxima de cada uma das estacas testadas, informando a distância entre o ensaio e a estaca; os registros deveriam contemplar o relatório completo de ensaio de capacidade de carga estática ou dinâmica de cada uma das estacas, após verificação da execução dos ensaios em conformidade às normas vigentes.

Considerou-se, para esta pesquisa, apenas o grupo de estacas tipo raiz por apresentarem melhores resultados na avaliação e consistência dos dados recebidos da obra.

Os demais resultados, como as estacas metálicas, estão organizados e disponíveis para aplicações futuras a outros pesquisadores do grupo.

### 2.3 Diagramas de execução de estacas raiz

A **Figura 2.4** mostra a região onde está instalado o pórtico de 15MN e apresenta a via onde foram executadas as estacas raiz; esta via é denominada como Via Norte. Esta informação torna-se importante para a identificação e localização de todas as estacas da obra, inclusive das estacas que foram ensaiadas com prova de carga estática (PCE).

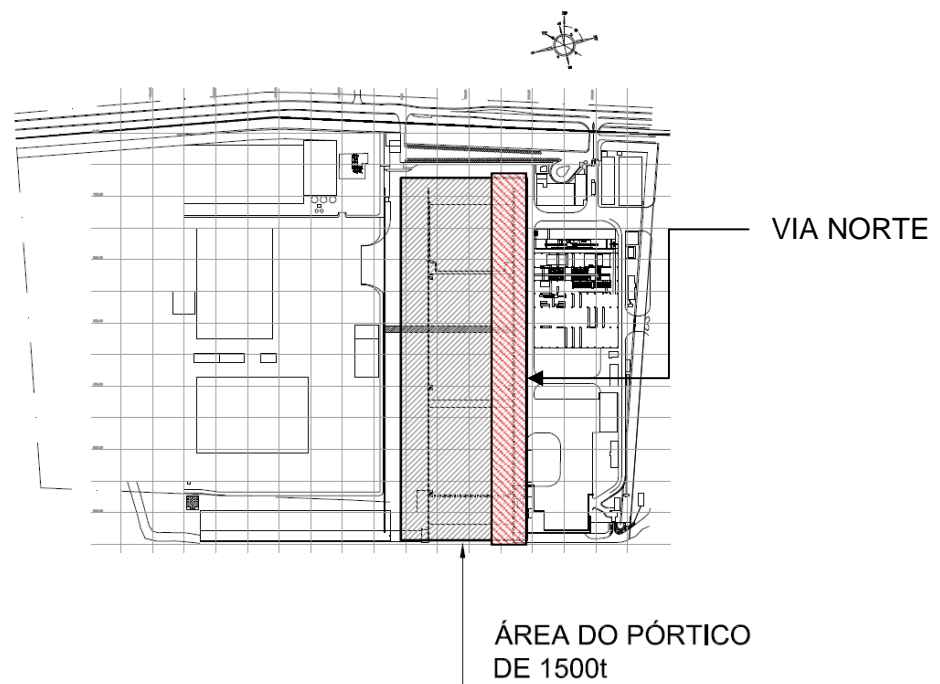


Figura 2.4 – Planta geral – área do pórtico e via Norte.

Os diagramas das 20 estacas raiz escolhidas para serem ensaiadas com PCE estão de acordo com as recomendações da NBR 6122 (ABNT, 2010) no item L.10. As informações necessárias ao controle de desempenho de cada uma das estacas são listadas abaixo:

- Comprimento total da estaca;
- Diâmetro da perfuração;
- Sobreconsumo de argamassa;
- Aplicação de ar comprimido;
- Observações gerais.

Na **Figura 2.5** apresenta-se o diagrama de execução da estaca E.315. Os demais dados de execução de todas as estacas utilizadas nesta pesquisa foram inseridos e organizados em planilhas e encontram-se no ANEXO B.

Cliente: LAMB CONSTRUÇÕES E ENGENHARIA LTDA.				Estaca: E.315			
Obra: ERG1				Projeto: ECX00-P00009-F1-TF-DE-0102			
Local: Rio Grande - RS				Localiz.: Via de Rolamento do Pórtico - Via Norte			

PERFURAÇÃO										
Início		Conclusão		Perfuração Ø (mm)	Ferramenta de Perfuração	Equipamento	Perfuração (m)			Perfil Litológico
Data	Hora	Data	Hora				Início	Fim	Total (ml)	
03/03/12	15:05	03/03/12	17:00	355,0	Revestimento	B.125	0,0	27,00	27,00	Solo
05/03/12	8:30	05/03/12	11:20	355,0	Revestimento	B.125	27,00	45,65	18,65	Solo
									-	
									-	
									-	
									-	
Comprimento em Solo (estaca acabada Ø 410 mm)									45,65	
Comprimento Total da Estaca:									45,65	
Obs. PERFURAÇÃO:										

ARMADURA						
Instalação da Amadura	Data:	Início (h)	15:35	Longitudinal:	0,65m até 9,65m	9 Ø 20 mm
	06/03/12	Fim (h)	18:12		9,65m até 45,65m	6 Ø 20 mm
					Estribos:	Ø 6,3 mm a cada 15,0 cm
Comprimento Total (m)	Obs. ARMADURA:					
45,00						

INJEÇÃO									
Início		Conclusão		Tempo de Injeção	Aplicação de Ar Comprimido		Vol. Teórico (m³)	Vol. Real (m³)	Sobreconsumo (%)
Data	Hora	Data	Hora		(nº golpes)	(Kgf/cm²)			
08/03/12	15:15	08/03/12	20:30	5:15	12,0	4,00	6,027	7,000	16%
Traço:	(massa)	600 Kg. de cimento + 1250 Kg. de areia + 295 Litros de água + 4,497 Litros de Aditivo Rheoset tec mult 828 LF							
Obs. INJEÇÃO:									

Figura 2.5 – Diagrama de execução da estaca raiz E.315.

## 2.4 Relatórios de provas de carga estáticas em estacas raiz

Foram reunidos 7 relatórios com os resultados de 3 ou 4 estacas ensaiadas em cada, contemplando também a descrição mínima dos resultados dos ensaios exigidos pela NBR 12131 (ABNT, 2006), no seu item 4. Nestes relatórios estão indicados os dois métodos de ensaio utilizados quanto ao carregamento: misto e lento. No carregamento misto, a partir do sexto estágio de carregamento, o incremento de carga aplicada foi da metade do incremento de carga anterior até chegar na carga máxima de ensaio.



Observou-se em alguns relatórios que, mesmo a descrição do ensaio indicando carregamento lento, alguns estágios de carregamento obedeceram apenas ao tempo para as leituras dos deslocamentos preconizado na norma, mas não a estabilização dos deslocamentos. Resumindo, não foram atendidos os 5% do valor máximo da diferença entre duas leituras de deslocamento consecutivas como critério de estabilização. Outro fato importante foi que algumas estacas estavam a mais de 5m de distância da sondagem mais próxima.

A seguir será resumida uma apresentação da estrutura do relatório.

- **Introdução** – descreve a obra, estacas ensaiadas e a data de início e fim dos ensaios.
- **Dados das estacas ensaiadas** – explicita o comprimento executado das estacas, a data de execução e a armadura da estaca.
- **Resultados dos ensaios** – apresenta a carga de projeto, a carga máxima de ensaio e deslocamentos máximo e residual.
- **Descrição do ensaio** – neste item é indicado o tipo de carregamento, os equipamentos utilizados no ensaio e a descrição da NBR 12131 (ABNT, 2006) definindo o momento de paralização do ensaio.
- **Considerações finais** – relata resultado parcial da estaca ensaiada, indicando se houve problemas na aplicação das carga de ensaio ou ruptura da estaca.
- **Anexos** - estão anexados os gráficos e listas de Carga aplicada x Deslocamento medido, planta de locação e boletins de sondagem.

Apresentam-se, a seguir, na **Figura 2.6** e **Figura 2.7** os dados da estaca E.501, conforme relatório da PCE. Os dados das demais estacas estão relacionados no ANEXO B.

FUNDARE		Prova de Carga Estática com carregamento misto - Carga de Compressão- Estaca E501						
ENGENHARIA								
Cliente: Engevix								
Local: Estaleiro Rio Grande								
Obra: Pórtico 2000tf								
Data de início do ensaio: 19/02/2013								
Leituras iniciais dos relógios comparadores: FE01: 43,40 FE02: 38,12 FE03: 42,06 FE09: 41,01 Média: 41,15								
Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	Estágios de Carregamento				Média	Deslocamento médio estaca (mm)
			FE01	FE02	FE03	FE04		
51,2	26	0	43,05	37,73	41,67	40,64	40,77	-0,38
		2	43,05	37,73	41,67	40,64	40,77	-0,38
		4	43,05	37,71	41,66	40,62	40,76	-0,39
		8	43,05	37,71	41,66	40,61	40,76	-0,39
		15	43,05	37,70	41,65	40,61	40,75	-0,40
		30	43,05	37,70	41,65	40,61	40,75	-0,40
102,4	52	0	42,59	37,20	41,12	40,09	40,25	-0,90
		2	42,58	37,20	41,11	40,08	40,24	-0,91
		4	42,56	37,19	41,11	40,08	40,24	-0,91
		8	42,55	37,17	41,10	40,06	40,22	-0,93
		15	42,55	37,17	41,10	40,06	40,22	-0,93
		30	42,55	37,17	41,10	40,06	40,22	-0,93
153,6	78	0	42,00	36,57	40,45	39,43	39,61	-1,54
		2	41,99	36,56	40,44	39,42	39,60	-1,54
		4	41,98	36,54	40,43	39,41	39,59	-1,56
		8	41,95	36,51	40,40	39,38	39,56	-1,59
		15	41,91	36,47	40,36	39,34	39,52	-1,63
		30	41,88	36,44	40,32	39,30	39,49	-1,66
204,8	104	0	41,42	35,92	39,76	38,74	38,96	-2,19
		2	41,41	35,91	39,75	38,74	38,95	-2,20
		4	41,39	35,89	39,73	38,71	38,93	-2,22
		8	41,38	35,87	39,70	38,69	38,91	-2,24
		15	41,34	35,84	39,68	38,67	38,88	-2,26
		30	41,33	35,84	39,68	38,67	38,88	-2,27
256,0	130	0	40,71	35,22	39,00	38,02	38,24	-2,81
		2	40,69	35,14	38,95	37,95	38,18	-2,97
		4	40,68	35,10	38,91	37,90	38,15	-3,00
		8	40,64	35,07	38,88	37,88	38,12	-3,03
		15	40,60	35,04	38,85	37,85	38,09	-3,06
		30	40,58	35,01	38,83	37,83	38,06	-3,09
307,2	156	0	40,03	34,40	38,17	37,20	37,45	-3,70
		2	39,96	34,36	38,10	37,14	37,39	-3,76
		4	39,92	34,28	38,06	37,09	37,34	-3,81
		8	39,89	34,24	38,03	37,06	37,31	-3,84
		15	39,86	34,22	38,01	37,03	37,28	-3,87
		30	39,84	34,20	37,99	37,01	37,26	-3,89
332,8	169	0	39,60	33,92	37,69	36,72	36,98	-4,17
		5	39,51	33,81	37,60	36,64	36,89	-4,26
358,4	182	0	39,23	33,50	37,25	36,31	36,57	-4,58
		5	39,05	33,35	37,10	36,17	36,42	-4,73
384,0	195	0	38,75	32,99	36,76	35,83	36,08	-5,07
		5	38,64	32,86	36,63	35,71	35,96	-5,19
409,6	208	0	38,36	32,54	36,26	35,37	35,63	-5,52
		5	38,25	32,40	36,12	35,24	35,50	-5,65
435,2	221	0	37,90	32,00	35,67	34,82	35,10	-6,05
		5	37,81	31,91	35,59	34,74	35,01	-6,14
460,8	234	0	37,46	31,50	35,15	34,34	34,61	-6,54
		5	37,33	31,35	35,00	34,20	34,47	-6,68
486,4	247	0	37,05	31,02	34,64	33,85	34,14	-7,01
		5	36,85	30,81	34,44	33,65	33,94	-7,21
512,0	260	0	36,62	30,52	34,14	33,39	33,67	-7,48
		5	36,51	30,39	34,01	33,27	33,55	-7,60
		10	36,38	30,25	33,22	33,10	33,24	-7,91
		30	36,27	30,13	33,71	32,96	33,27	-7,88
		60	36,13	29,97	33,57	32,82	33,12	-8,03
		90	35,91	29,75	33,22	32,57	32,86	-8,29
0,0	0	0	42,04	36,50	40,46	39,42	39,61	-1,54
		5	42,17	36,61	40,55	39,51	39,71	-1,44

FUNDARE		Prova de Carga Estática com carregamento misto - Carga de Compressão- Estaca E501						
ENGENHARIA								
Cliente: Engevix								
Local: Estaleiro Rio Grande								
Obra: Pórtico 2000tf								
Data de início do ensaio: 19/02/2013								
Leituras iniciais dos relógios comparadores: FE01: 43,40 FE02: 38,12 FE03: 42,06 FE09: 41,01 Média: 41,15								
Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	Estágios de Descarregamento				Média	Deslocamento médio estaca (mm)
			FE01	FE02	FE03	FE04		
409,6	208	0	36,27	30,21	33,84	33,03	33,34	-7,81
		5	36,32	30,26	33,95	33,16	33,42	-7,73
307,2	156	0	37,02	31,08	34,79	33,90	34,20	-6,95
		5	37,25	31,33	35,10	34,24	34,48	-6,67
204,8	104	0	38,35	32,49	36,40	35,47	35,68	-5,47
		5	38,65	32,82	36,61	35,66	35,94	-5,21
102,4	52	0	40,06	34,34	38,17	37,18	37,44	-3,71
		5	40,37	34,66	38,48	37,50	37,75	-3,40
0,0	0	0	42,04	36,50	40,46	39,42	39,61	-1,54
		5	42,17	36,61	40,55	39,51	39,71	-1,44

Figura 2.6 – Estágios de carregamento, compressão e descompressão, da estaca E.501.

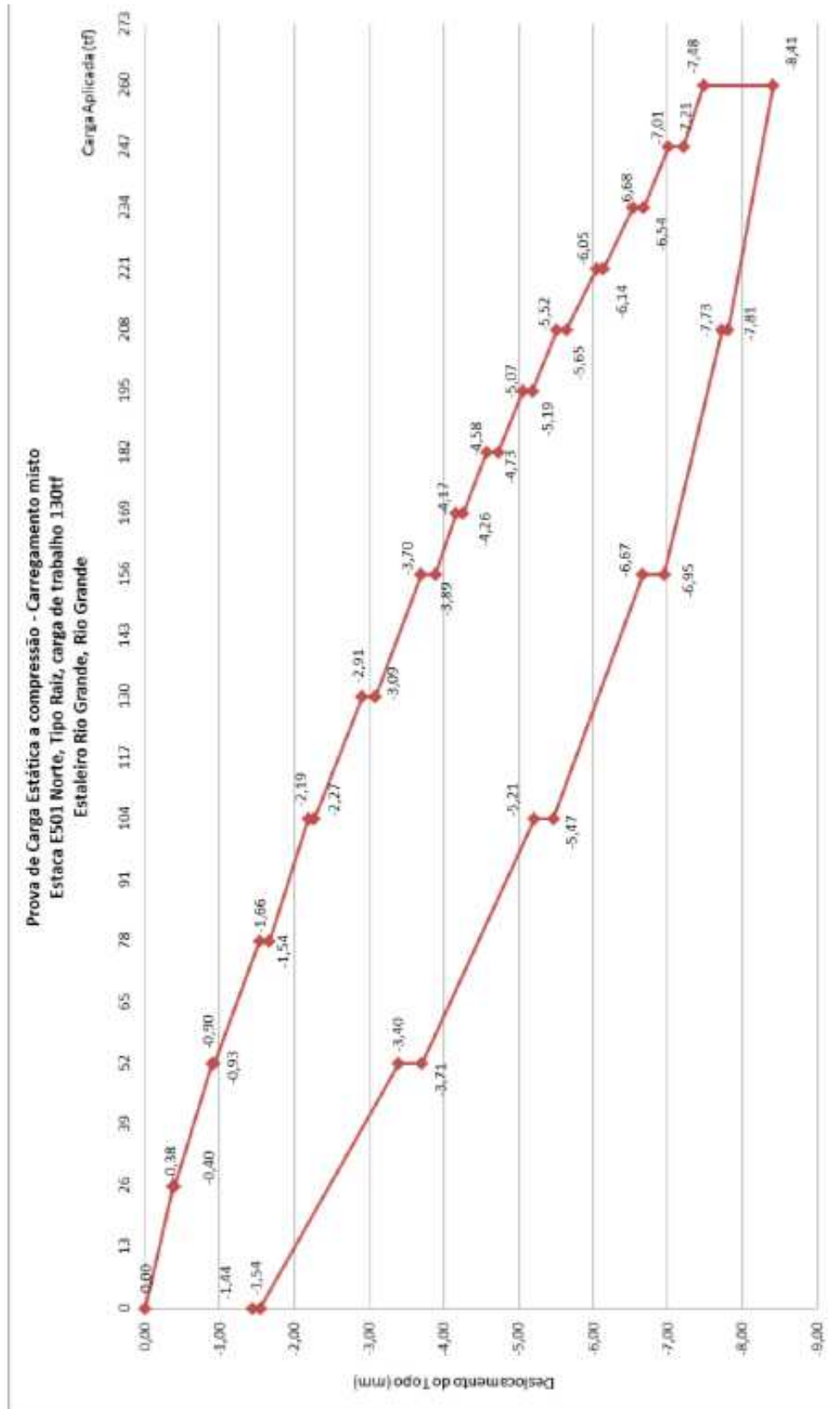


Figura 2.7 – Gráfico de carga aplicada x deslocamento medido, estaca E.501.

## 2.5 Relatório de sondagens

As sondagens utilizadas na presente pesquisa estão apresentadas no (ANEXO A).

Para a presente pesquisa utilizou-se as sondagens SP-18, SP-26, SP-29, SP-63 e SP-117. Estas sondagens chegam a uma profundidade entre 40 e 45m, sendo que, nos primeiros 20m, em média, ocorre uma camada com predominância de areia fina compacta; de 20m a 35m de profundidade, uma camada de argila média a rija e, até 50m, uma camada de areia muito compacta.

Na **Figura 2.8** apresentam-se a sondagem SP-26, a interpretação da sondagem para cálculo da capacidade de carga e o perfil representativo do subsolo da área do Estaleiro do Rio Grande proposto por Dias et al. (2008).

As demais sondagens utilizadas nesta pesquisa estão apresentadas no ANEXO A. Já no ANEXO B estão identificadas as sondagens para cada estaca raiz ensaiada e, também, a distância entre a locação da sondagem e a estaca.



As plantas de locação de estacas indicam o posicionamento de cada tipo estaca ao longo das vias Norte e Sul e, por isso, as vias estão divididas em trechos em uma escala maior. Também encontram-se nas plantas informações técnicas para a execução das estacas, orientações quanto a interferências, cargas admissíveis, comprimento médio das estacas, etc.

Na **Figura 2.9** apresenta-se um trecho da planta de locação das estacas da Via Norte, dos eixos longitudinais A e A' partindo do eixo transversal D no sentido do eixo transversal E. A planta de locação das sondagens está apresentada no ANEXO A.

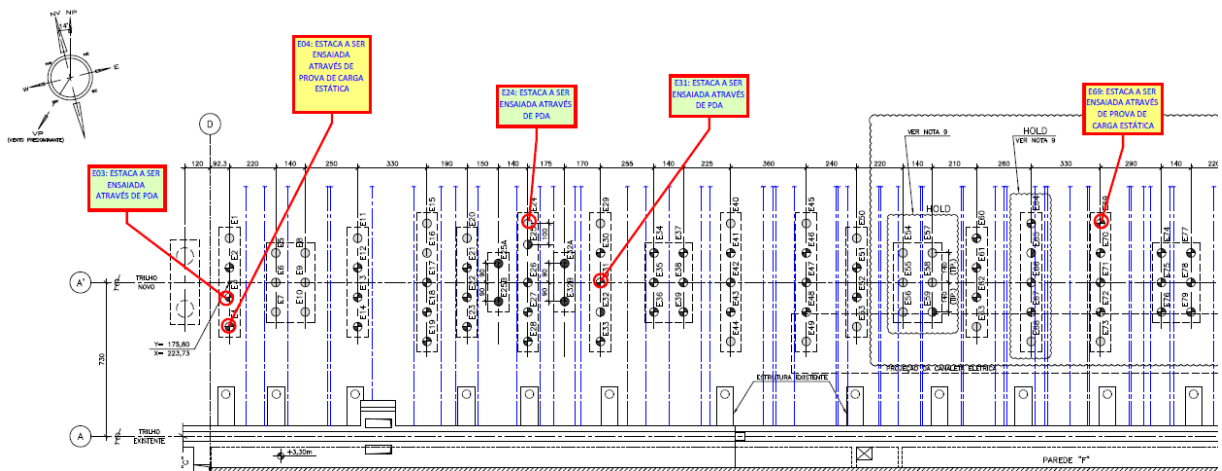


Figura 2.9 – Trecho da planta de locação das estacas.

### 3 ANÁLISE DO BANCO DE DADOS

O banco de dados disponibilizado para este estudo reuniu, conforme já relatado, 20 provas de carga em estacas do tipo raiz num subsolo bem caracterizado em estudos anteriores.

Como as provas de carga não atingiram a ruptura física, a determinação da capacidade de carga convencional foi realizada por três diferentes métodos de extrapolação: Van der Veen (1953) , Decourt (1996) e Norma Brasileira (NBR 6122, ABNT 2010).

O seguinte procedimento foi adotado nesta pesquisa:

- i) Inicialmente são procedidas (e apresentadas) as extrapolações das curvas dos ensaios, que resultarão nos valores da função de Verossimilhança.
- ii) Numa segunda etapa se procederá à estimativa da capacidade de carga, aqui designada como estimativa “a priori”, por alguns dos métodos descritos no Capítulo **Erro! Fonte de referência não encontrada.**
- iii) Numa terceira etapa a capacidade de carga é atualizada, com base na atualização de Bayes.

Cabe aqui uma explicação, para melhor compreensão do leitor: esta segunda etapa, que consiste na determinação da estimativa “à priori”, será realizada com dois enfoques diferentes, vislumbrando a análise e discussão de um ponto polêmico da norma de fundações, que será discutido amplamente nesta pesquisa, e que foi um dos pontos motivadores ao seu desenvolvimento. Numa primeira alternativa de análise, será considerado que o conhecimento dos resultados das provas de carga apenas ocorreu após a realização do estaqueamento, o que foi, de fato, a situação real neste caso específico (basta comparar a data de realização dos ensaios, sempre posteriores às datas dos registros de execução da estacas). Numa segunda análise, será considerada (de forma hipotética) que se conhecia, previamente, os resultados dos ensaios, antes da execução. Nesta situação, os ensaios teriam sido realizados antes da execução, e por ocasião do projeto geotécnico. Nesta alternativa, embora presentes a incerteza intrínseca da variabilidade do solo, a incerteza devida ao modelo de cálculo de capacidade de carga do solo seria muito

reduzida, pela possibilidade de calibração, anterior ao projeto, de características intrínsecas do modelo de cálculo.

A ideia de se proceder a estas duas alternativas de análise “à priori” foi norteada por duas motivações distintas: a primeira busca contribuir para a prática, implementando, num caso real bem documentado, as recomendações de Vrouwenvelder (1992). Aquele autor, ao propor a combinação de informações de vários métodos em análise de confiabilidade (ver item 1.3), alertou para o principal problema de sua aplicação prática: a falta de informação estatística com relação à acurácia dos diversos métodos de cálculo. Esta falta de informação é que se deseja suprir com pesquisas desta natureza. A segunda motivação decorre da polêmica causada entre os engenheiros de fundações brasileiros em relação à adoção de um fator de segurança inferior a 2 no caso de provas de carga especificadas na fase de projeto e executadas no início da obra. Neste ponto, cabe reportar comentários extensos de CINTRA et al (2013), transcritos a seguir, que inclusive contêm uma avaliação crítica à versão atualizada da NBR 6122( ABNT, 2010), cujo tratamento está sendo, também, muito analisado nesta dissertação. O autor procurou transcrever o texto dos autores em sua total extensão, de forma a não comprometer o seu conteúdo. O trecho de interesse da NBR 6122( ABNT, 2010) encontra-se no ANEXO E.

A NBR 6122 (ABNT, 2010) não aborda a problemática da probabilidade de ruína nem contempla a existência do fator de segurança individual, usando apenas o fator de segurança global (às vezes com a denominação simplificada “fator de segurança”), mas aplicado ao resultado de somente uma prova de carga.

No método de valores admissíveis, essa norma divide o valor de resistência correspondente à carga de ruptura (representado por  $R_{ult}$ ), que pode ser único (valor determinístico), pelo fator de segurança global para obter a carga admissível. Para ensaios realizados no início da obra, o fator de segurança global é fixado em 1,6, mas pode ser diminuído para 1, se houver mais de uma prova de carga e utilizarmos o valor característico de resistência (denominado  $R_{c,k}$ , com índice de compressão), o qual é dado por uma expressão que considera o mínimo de dois valores; 1) a média dos resultados das várias prova de carga, reduzida por um fator tabelado; e 2) o menor dos resultados, reduzido por outro valor tabelado.

No método de valores de projeto (o dos fatores de segurança parciais), a NBR 6122 (ABNT, 2010) divide o valor de resistência  $R_{ult}$  pelo fator de minoração ( $\gamma_m$ ) para obter a carga resistente de projeto ( $R_d$ ). Essa norma indica que o fator de segurança parcial para a carga resistente de projeto é 1,14, mas que, se empregada a expressão de resistência característica ( $R_{c,k}$ ) com os fatores de redução tabelados, não deve ser aplicado fator de minoração de carga.

Precisamos atentar que, para a NBR 6122 (ABNT, 2010), a resistência característica não tem o conceito estatístico de quantil inferior empregado em engenharia de estruturas (de 5%, para valores de resistência). O seu conceito sui generis de resistência característica, que parece ter sido obtido no Eurocode 7 (CEN, 2004), mas com a troca da tabela dos fatores de redução por valores diminuídos significativamente, é apresentado apenas indiretamente quando da definição dos valores característicos de parâmetros geomecânicos como aqueles



**determinados a favor da segurança.** Como é uma forma de levar em conta a variabilidade dos resultados, essa resistência característica da NBR 6122 (ABNT, 2010), pode ser considerada um valor representativo de resistência, de acordo com a terminologia da NBR 8681 (ABNT, 2003), como o são o valor médio e o valor característico inferior do quantil de 5%.

A realização de várias provas de carga, em uma quantidade estatisticamente representativa, possibilita a determinação do valor médio de resistência, necessário para o cálculo (não determinístico) do fator de segurança global real, e da curva de resistência, que permite a análise de confiabilidade da fundação, com a estimativa da probabilidade de ruína, conforme Cintra e Aoki (2010).

Conjecturamos que, na maioria dos casos, o fator de segurança global tradicional 2 possivelmente implica uma probabilidade de ruína aceitável. Há casos, todavia, em que o risco associado pode ser inadmissível.

O fator de segurança global reflete o afastamento relativo entre as curvas de resistência e solicitação, conforme esquematizado na Fig 4.1. Quanto maior o fator de segurança, maior o afastamento entre as curvas, e vice-versa (para  $F_s \geq 1$ , obviamente). De outro modo, fixando o valor de  $F_s$  e, em consequência, o afastamento entre as curvas de resistência e solicitação, quanto mais significativas forem as variabilidades (curvas mais abertas), maior será a área de interseção dessas curvas e, portanto, maior a probabilidade de ruína. Se esse risco for inaceitável, teremos de aumentar o fator de segurança global para obtermos um maior afastamento entre as curvas e, com isso, um risco menor.

Assim, um fator de segurança global  $F_s = 2$ , aplicado em resultados de provas de carga estáticas, pode não ser suficiente. Por isso, julgamos temerária a prescrição da NBR 6122(ABNT, 2010) de utilizar o fator de segurança 1,6 no caso de prova(s) de carga especificada(s) na fase de projeto e executada(s) no início da obra.

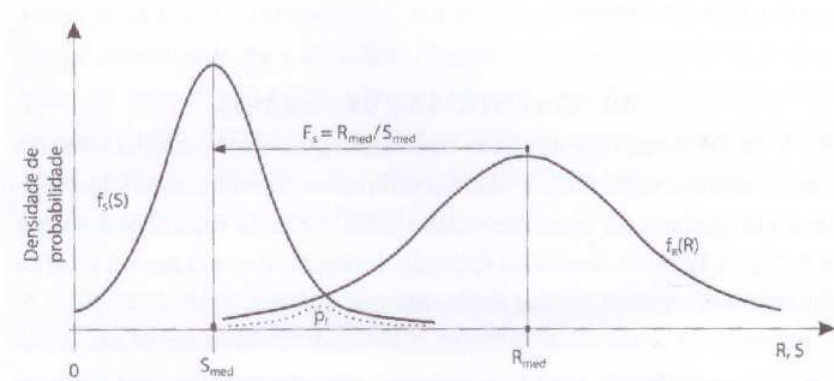


Fig. 4.1 Distribuição normal de valores de resistência e solicitação

Fonte: Cintra e Aoki (2010).

A redução do fator de segurança implica uma maior proximidade entre as curvas de resistência e solicitação e, portanto, uma maior probabilidade de ruína, o que pode ser demonstrado graficamente com base na Fig. 4.1. Por isso, recomendamos não utilizar um fator de segurança global inferior a 2, mesmo nas provas de carga realizadas na fase de projeto ou de início do estaqueamento, a menos que a análise de confiabilidade demonstre que a probabilidade de ruína associada seja aceitável.

O fator de segurança poderia ser diminuído mediante a adoção, em todas as estacas, de algum procedimento executivo que propiciasse uma redução importante na variabilidade dos valores reais de resistência, resultando em uma curva mais fechada (valores mais próximos em torno do valor médio). A comprovação viria do cálculo da probabilidade de ruína que atendesse um risco considerado admissível.

Um caso ilustrativo disso é a utilização insólita de estacas mega em fundações convencionais de edifícios (não como reforço), em que se procede à prensagem das estacas em etapas, usando como reação o peso próprio da parte já

edificada. O comprimento final de cada estaca é atingido para uma carga de prensagem igual a 1,5 a carga admissível, o que garante o fator de segurança individual de 1,5 em toda a fundação, com variabilidade praticamente nula.

Aquela redução de norma do fator de segurança global de 2 para 1,6, realizada com base em uma única prova de carga, pode embutir um agravante se a estaca ensaiada apresentar um resultado superior ao médio do estaqueamento. Consideremos, por exemplo, uma prova de carga realizada no início do estaqueamento que indique uma capacidade de carga de 1600 kN, num caso em que a realização de um número maior de provas de carga levaria a um valor médio de resistência de 1300 kN. Pela norma, poderíamos utilizar uma carga admissível de 1000 kN, o que implicaria um fator de segurança global real inaceitável de 1,3. É o equívoco de aplicar o fator de segurança global a um resultado de prova de carga, o que é pertinente à abordagem determinística, e não ao valor médio de vários ensaios.

A NBR 6122( ABNT, 2010), ao tratar do caso em que uma prova de carga apresente “resultado insatisfatório”, recomenda que “se deve elaborar um programa de provas de carga adicionais”. Mas faltou uma prescrição idêntica para o caso de “resultado satisfatório” de uma prova de carga. O melhor mesmo teria sido mencionar que ensaiar uma única estaca não permite inferir o comportamento do estaqueamento. Daí a necessidade de um conjunto representativo de ensaios, ou de ensaiar um número adequado de estacas e usar uma abordagem estatística, como prescreve a norma britânica BS 8004 (BSI, 1986).

Ademais, considerar que uma prova de carga dê resultado satisfatório ( $F_s \geq 2$ ) ou insatisfatório ( $F_s < 2$ ) faz parte da concepção determinística, pela qual um único valor encontrado representa o conjunto. Em vez de se exigir a condição  $F_s \geq 2$  em cada resultado de prova de carga, o que importa é garantir um fator de segurança mínimo de 2 ao valor médio, para que o comportamento do estaqueamento como um todo seja satisfatório, a menos da análise de confiabilidade. Individualmente, é suficiente um fator de segurança superior a 1, desde que, em média, ele não seja inferior a 2.

Vejamos o exemplo numérico de uma fundação com valores reais e capacidade de carga variando entre 500 kN e 1000 kN e valor médio de 700 kN. Se a carga admissível for de 350 kN, teremos fatores de segurança individuais variando entre 1,4 e 2,9, e um fator de segurança global igual a 2. Não haverá necessidade de reforço da fundação, a menos da análise de confiabilidade, mesmo com fatores de segurança individuais inferiores a 2.

A NBR 6122 (ABNT, 2010) trata de quantidade de provas de carga estática sem abordar a questão da representatividade estatística. Torna obrigatória a execução do ensaio em pelo menos 1% das estacas, qualquer que seja o número delas, com o arredondamento sempre para cima. Como exceção, estaqueamentos e obras em certas condições e com até 50 ou 100 estacas, dependendo do tipo de estaca, ficam isentos da obrigatoriedade. Para obras com mais de 500 estacas, a quantidade pode ser inferior a 1% em determinadas condições. Além disso, dá critérios de substituição de ensaios estáticos por dinâmicos, na proporção de um para cinco.

Essa obrigatoriedade de ensaio em 1% das estacas foi instituída na edição de 2010 da NBR 6122, acompanhada da exigência controversa de que as provas de carga sejam realizadas sempre no início da obra (seção 9.2.2.1), com a indicação redundante de que nesse 1% estão incluídas as provas de carga realizadas na fase da elaboração ou adequação do projeto. A alínea b dessa seção revela o significado da expressão “início da obra” como “início do estaqueamento”: “a(s) prova(s) de carga seja(m) especificada(s) na fase de projeto e executada(s) no início da obra, de modo que o projeto possa ser adequado para as demais estacas” (ABNT, 2010). Já as provas de carga para avaliação do desempenho não estariam incluídas naquele 1% nem seriam obrigatórias. Essas disposições normativas serão questionáveis, pois as primeiras estacas podem ter uma representatividade ainda menor do estaqueamento, até por serem executadas com a informação prévia de que serão ensaiadas. Reduzir o fator de segurança global e desobrigar a avaliação de desempenho podem constituir um duplo problema. (CINTRA et al, 2013, p.100-102, grifo do autor).

Finalizada esta transcrição do texto do livro de CINTRA et al (2013), o autor desta dissertação observa a relevância das duas análises “a priori” desenvolvidas

neste trabalho, sem e com conhecimento prévio das provas de carga, numa expectativa de que seus resultados, de fato, permitam esclarecer alguns dos pontos polêmicos levantados no extenso texto reproduzido do livro citado.

Continuando, numa segunda análise “a priori”, será considerada uma alternativa hipotética, como se procurou comentar anteriormente, de que se conheça previamente o resultado dos ensaios (como se todas as provas de carga tivessem sido realizadas antes do início do estaqueamento).

### **3.1 Determinação da Função de Verossimilhança**

As funções de verossimilhança foram determinadas através das provas de carga, conhecidas após a conclusão da obra, considerando a extrapolação através do método de Van der Veen (1953) , Decourt (1996) e da NBR 6122 (ABNT, 2010). Foi considerado, também, a média entre as extrapolações de Van der Veen (1953) e Decourt (1996), por sugestão de Pacheco (2015).

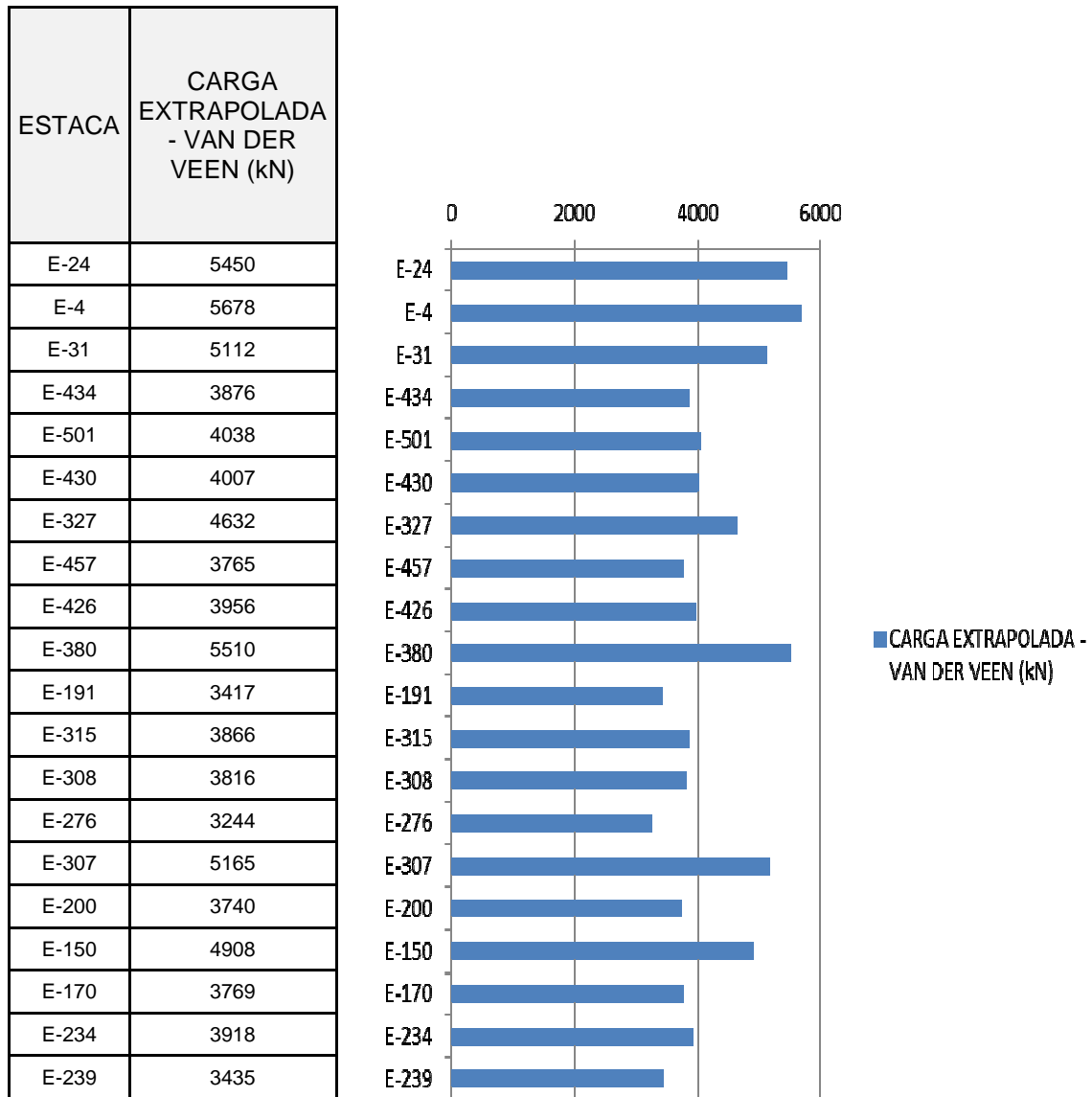
O método de extrapolação de Decourt (1996), foi realizado conforme sugestões de Pacheco (2015), visto que os valores extrapolados pelo método original resultou em valores cerca de 2 vezes maiores que os valores extrapolados por Van der Veen (1953), por exemplo. Pacheco (2015), sugeriu, conforme a experiência em interpretar provas de carga através do referido método e, também, pela análise dos relatórios de prova de carga, objeto de estudo nesta dissertação, interpolar os três e/ou dois últimos pontos do gráfico Rigidez x Carga.

Os resultados dos cálculos e respectivos gráficos dos métodos de extrapolação de carga utilizados nesta dissertação encontram-se no ANEXO D.

#### **3.1.1 Método de Van der Veen (1953)**

A extrapolação de Van der Veen (1953), descrita no item 1.2.2, aplicada aos diferentes ensaios realizados, produziu os resultados indicados na Tabela 3.1 a seguir.

Tabela 3.1 - Extrapolação da carga de ruptura por Van der Veen (1953).



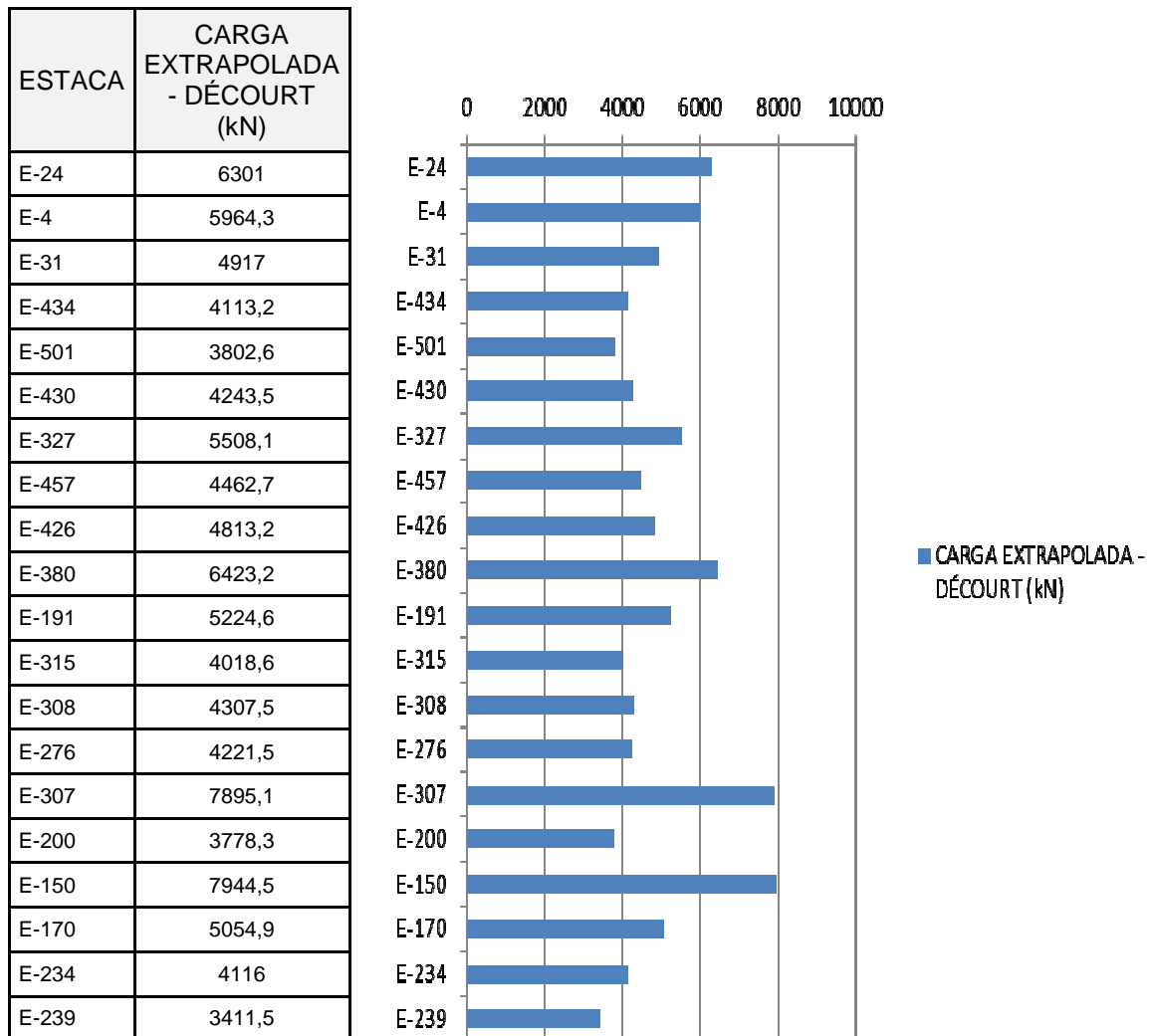
O ANEXO D reúne os resultados da planilha elaborada para esta determinação. A listagem dos dados coletados encontram-se no ANEXO B.

Os valores de  $\mu_{Q, Van\ der\ Veen}^L = 4265,1$  kN e  $\sigma_{Q, Van\ der\ Veen}^{2,L} = (764,1 \text{ kN})^2$  são, respectivamente, média e variância da distribuição normal dos valores encontrados da função de verossimilhança pela extrapolação de Van der Veen (1953), cujo coeficiente de variação resultante é de 0,18.

### 3.1.2 Método de Decourt (1996)

A extrapolação de Decourt (1996), descrita no item 1.2.3, aplicada aos diferentes ensaios realizados, produziu os resultados indicados na **Tabela 3.2** a seguir.

Tabela 3.2 - Extrapolação da carga de ruptura por Decourt (1996).



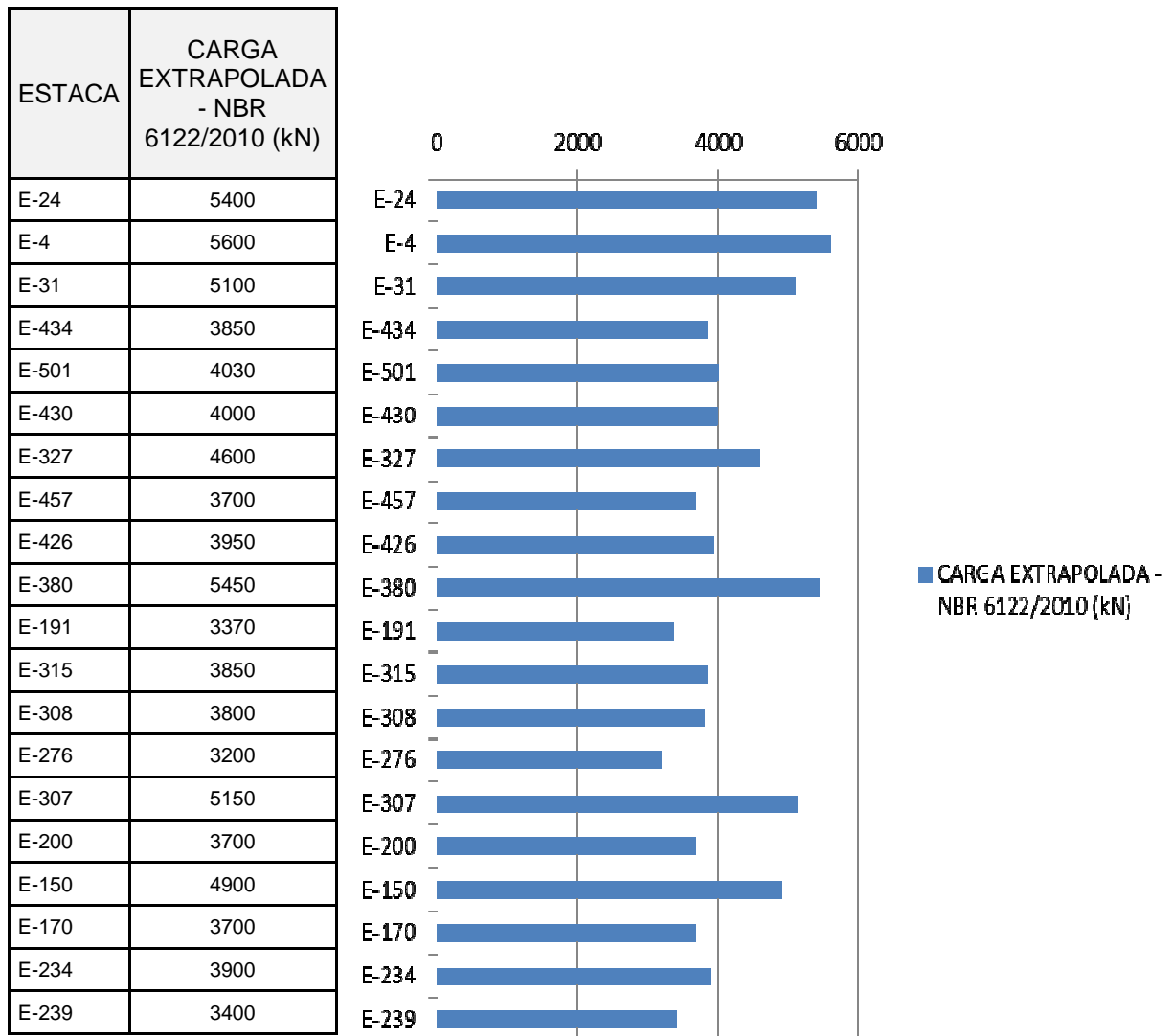
O ANEXO D reúne os resultados da planilha elaborada pelo autor para esta determinação.

Os valores  $\mu_{Q,Decourt}^L = 5026,1 \text{ kN}$  e  $\sigma_{Q,Decourt}^{2,L} = (1297,1 \text{ kN})^2$  são, respectivamente, média e variância da distribuição normal dos valores encontrados da função de verossimilhança pela extrapolação de Decourt (2008), cujo coeficiente de variação resultante é de 0,25.

### 3.1.3 Método NBR 6122 (ABNT, 2010)

A extrapolação adotada pela NBR 6122 (ABNT, 2010), descrita no item 1.2.4, aplicada aos diferentes ensaios realizados, produziu os resultados indicados na **Tabela 3.3** a seguir.

Tabela 3.3 - Extrapolação da carga de ruptura pela NBR 6122 (ABNT, 2010).



O ANEXO D reúne os resultados da planilha elaborada pelo autor para esta determinação.

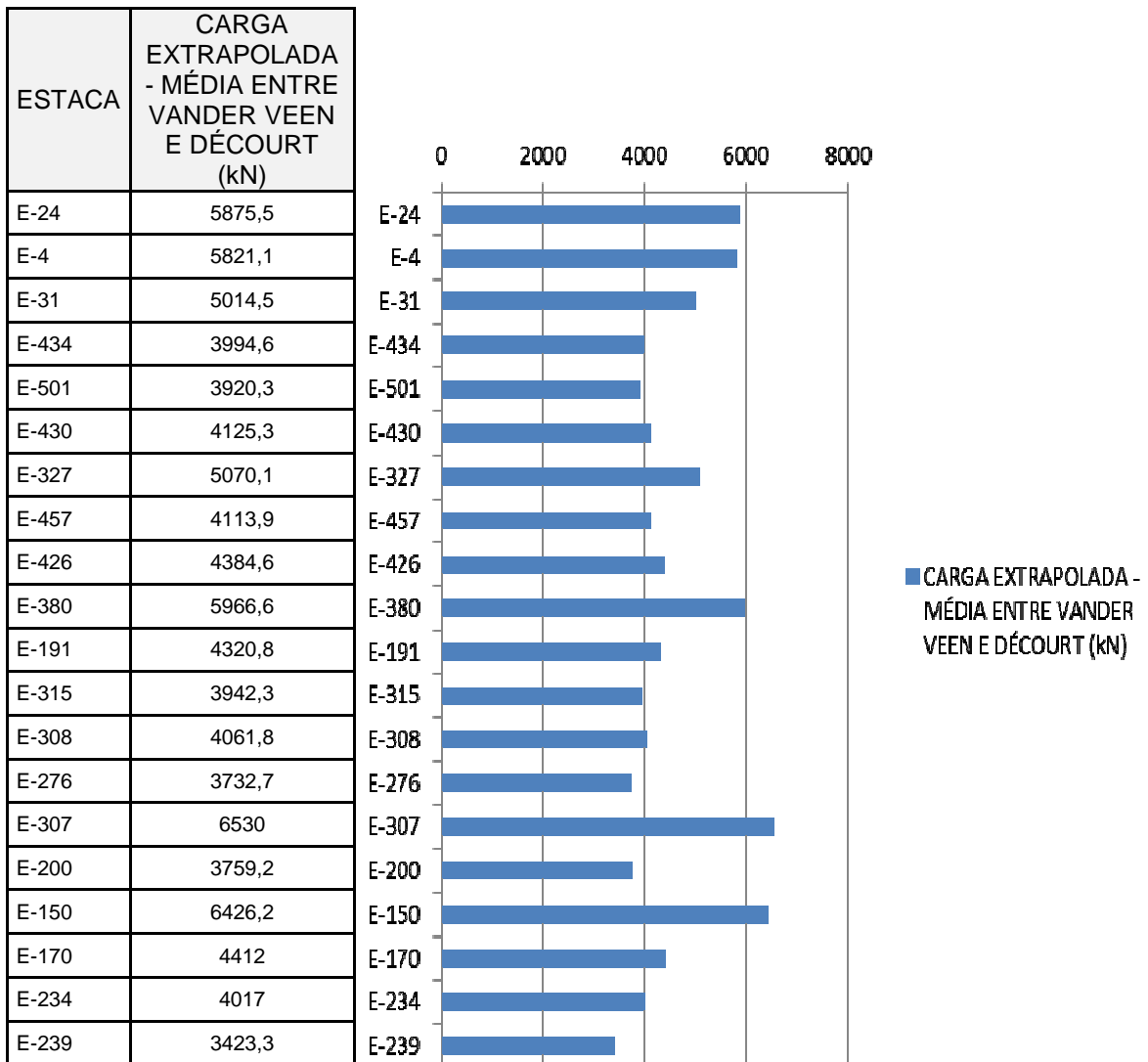
Os valores  $\mu_{Q, NBR 6122}^L = 4232,5 \text{ kN}$  e  $\sigma_{Q, NBR 6122}^{2,L} = (761,2 \text{ kN})^2$  são, respectivamente, média e variância da distribuição normal dos valores encontrados

da função de verossimilhança pela extrapolação de Decourt (2008), cujo coeficiente de variação resultante é de 0,18.

### 3.1.4 Média entre as extrapolações de Van der Veen (1953) e Decourt (1996)

A média entre as extrapolações segue como mais um tratamento para avaliar as atualizações de carga, apresentadas nos itens 3.2 e 3.3. Aplicada aos diferentes ensaios realizados, produziu os resultados indicados na **Tabela 3.4** a seguir.

Tabela 3.4 - Média entre as extrapolações de Van der Veen (1953) e Decourt (1996).



Os valores  $\mu_{Q,MÉDIA}^L = 4645,6 \text{ kN}$  e  $\sigma_{Q,MÉDIA}^{2,L} = (966,6 \text{ kN})^2$  são, respectivamente, média e variância da distribuição normal dos valores encontrados da função de verossimilhança pela média da extrapolação de Van der Veen (1953) e Decourt (2008), cujo coeficiente de variação resultante é de 0,21.

Como não poderia deixar de ser, esta “combinação” resultou em valores intermediários da média e coeficiente de variação. O autor da presente pesquisa considera que o método de extrapolação de Decourt merece ser melhor estudado, uma vez que o coeficiente de variação de seus resultados foram maiores e mais afastados dos demais.

### **3.2 Previsão “a priori” da Capacidade de Carga não conhecendo a prova de carga previamente**

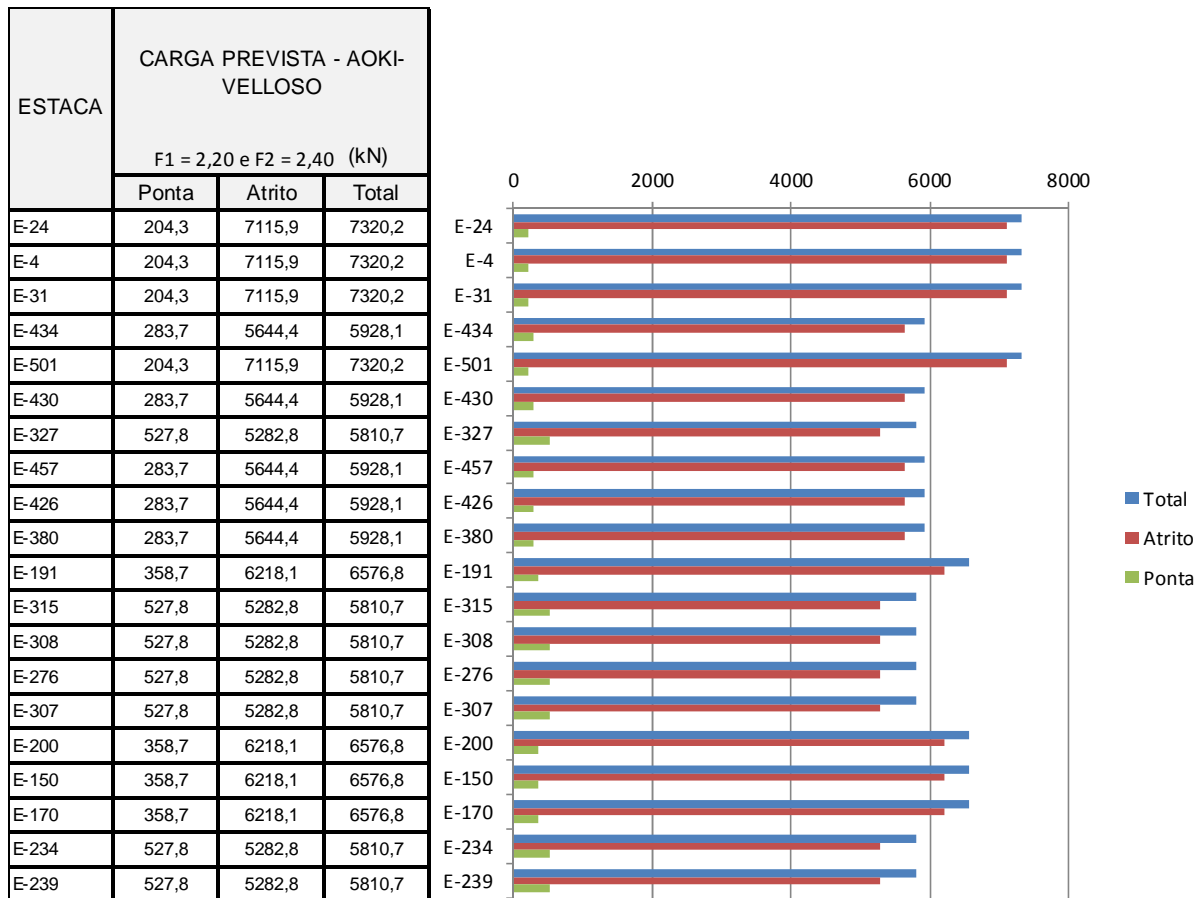
As tabelas a seguir ilustram as previsões realizadas.

#### **3.2.1 Previsão por Aoki e Velloso (1975)**

Na **Tabela 3.5** são indicados os valores calculados “a priori” para o método Aoki e Velloso (1975).



Tabela 3.5 - Valores "a priori" Aoki e Velloso (1975).



Os valores médios e coeficiente de variação da parcela de ponta e atrito lateral são:

$$P_p = 368,3 \text{ kN} , c_{v,p} = 0,35$$

$$P_l = 5926,9 \text{ kN} , c_{v,l} = 0,12$$

Os valores da distribuição estatística "a priori", da capacidade de carga global, são resumidos por:

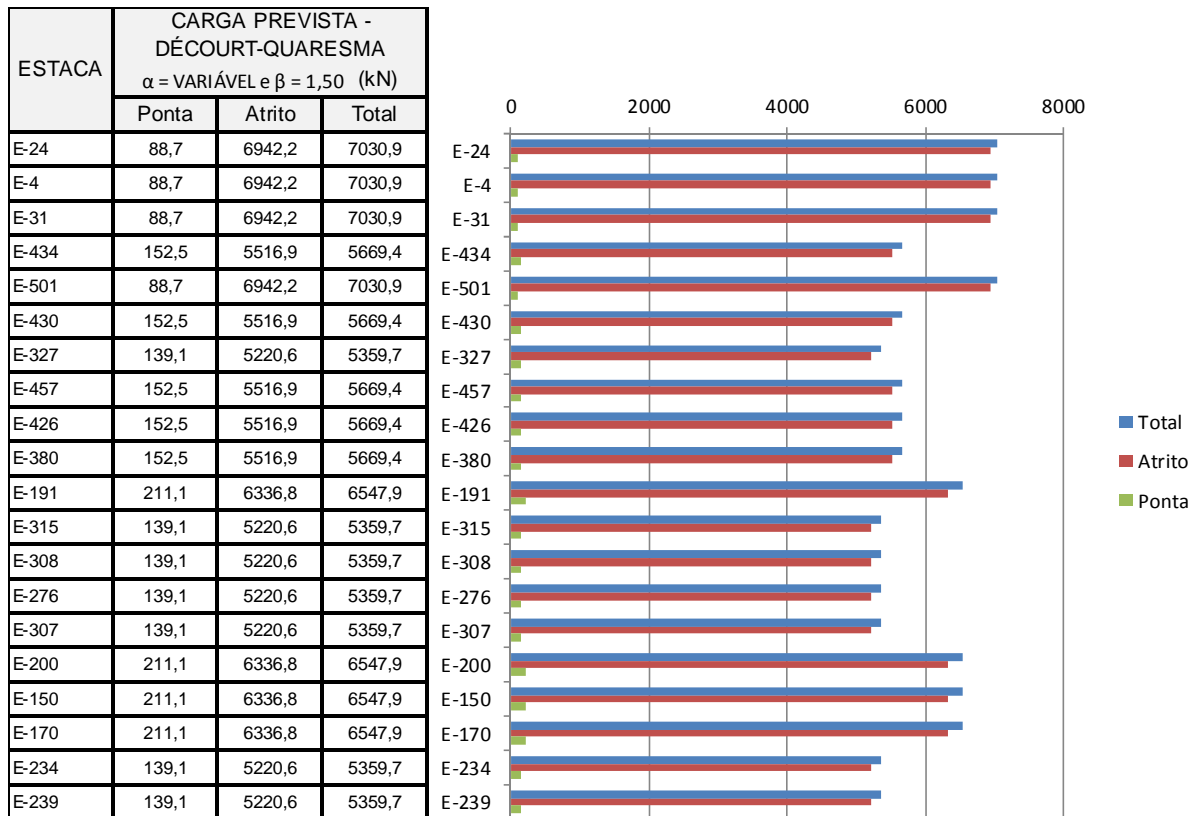
$$\mu_{Q^P, \text{Aoki e Velloso}}^P = 6295,1 \text{ kN} \text{ e } \sigma_{Q^P, \text{Aoki e Velloso}}^2 = (599,9 \text{ kN})^2,$$

cujo coeficiente de variação global é de  $c_v = 0,10$ .

### 3.2.2 Previsão por Decourt e Quaresma (1978) e Decourt (1996)

Na Tabela 3.6 são indicados os valores calculados "a priori" para o método Decourt e Quaresma (1978), para estacas pré-moldadas, estendido por Decourt (1996), para estacas em geral.

Tabela 3.6 - Valores “a priori” Decourt e Quaresma (1978) e Decourt (1996).



Os valores médios e coeficiente de variação da parcela de ponta e atrito lateral são:

$$P_p = 146,8 \text{ kN}, c_v = 0,27$$

$$P_l = 5862,2 \text{ kN}, c_v = 0,11$$

Os valores da distribuição estatística “a priori”, da capacidade de carga global, são resumidos por:

$$\mu_{Q, Decourt}^P = 6009,0 \text{ kN e } \sigma_{Q, Decourt}^{2,P} = (683,1 \text{ kN})^2,$$

cujo coeficiente de variação global é de  $c_v = 0,11$ .

Cabe destacar duas observações: i) a distribuição estatística do atrito lateral tem muito menor dispersão do que a da ponta, caracterizada pelo menor coeficiente de variação. De fato, Cabral (2008) também observou este resultado, o que vem ao encontro à proposta de Decourt, segundo Velloso e Lopes (2010), de adotar fatores de segurança diferentes para a parcela de ponta e atrito, conforme a equação (3.1).

$$Q_{adm} = \frac{Q_{l,ult}}{1,3} + \frac{Q_{p,ult}}{4,0} \quad (3.1)$$

A ideia de Decourt de emprego diferenciado de segurança para a ponta e atrito objetiva contemplar uma série de fatores, sendo:

$F_p$  = coeficiente de segurança relativo aos parâmetros do solo (igual a 1,1 para o atrito lateral e 1,35 para a resistência de ponta);

$F_f$  = coeficiente de segurança em relação à formulação adotada (igual a 1);

$F_d$  = coeficiente de segurança para evitar recalques excessivos (igual a 1 para o atrito e 2,5 para a resistência de ponta);

$F_w$  = coeficiente de segurança relativo à carga de trabalho da estaca (igual a 1,2);

Com isso tem-se:

- para a resistência lateral:  $F_s = 1,1 \times 1 \times 1 \times 1,2 = 1,32 \approx 1,3$
- para a resistência de ponta:  $F_s = 1,35 \times 1 \times 2,5 \times 1,2 = 4,05 \approx 4,0$

Cabe observar que os coeficientes de variação sinalizam para a mesma indicação: uma vez que o atrito apresenta uma distribuição estatística mais fechada, com menor dispersão, a incerteza é menor e, portanto, um menor fator de segurança deveria ser aplicado. Para a resistência de ponta, o contrário acontece.

A segunda observação a ser destacada diz respeito ao fato da estaca raiz apresentar, no cálculo “a priori”, uma maior parcela de atrito. Como a distribuição do atrito é mais fechada, apresentando menor variância, o resultado da capacidade de carga global vai tender a apresentar uma variância mais próxima àquela da parcela de atrito.

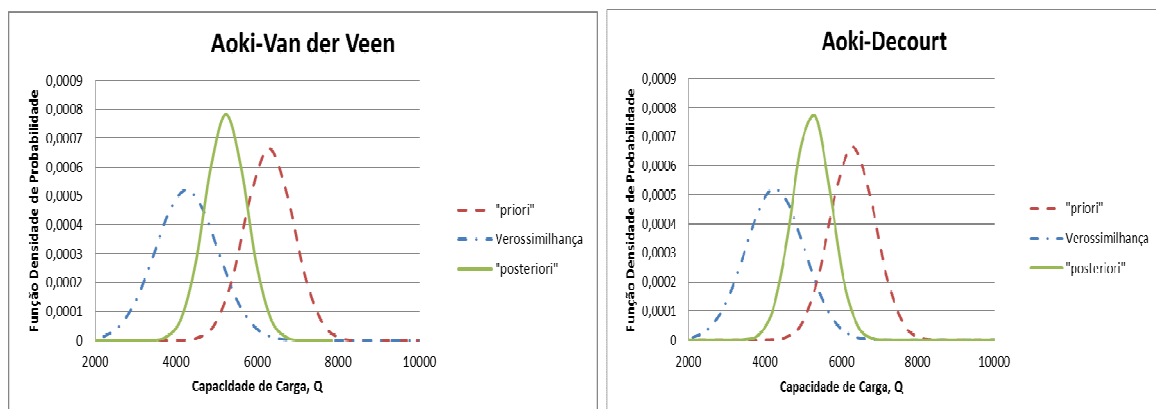
### 3.2.3 Estimativas “a posteriori” sem conhecimento prévio dos ensaios

Neste item são apresentados os valores calculados da função de verossimilhança e da distribuição “a priori”, respectivamente, calculadas nos itens 3.1 e 3.2, e a capacidade de carga atualizada “a posteriori” sem o conhecimento prévio das provas de carga estáticas.

Tabela 3.7 - Atualização das estimativas, sem conhecimento prévio dos ensaios.

Método Previsão - Extrapolação	"a priori" (kN)	Verossimilhança (kN)	"a posteriori" (kN)
Aoki-Van der Veen	<b>6295,1</b> (599,9) <sup>2</sup> 0,10	<b>4265,1</b> (764,1) <sup>2</sup> 0,18	<b>5521,1</b> (471,8) <sup>2</sup> 0,09
Decourt-Van der Veen	<b>6009,0</b> (683,1) <sup>2</sup> 0,11		<b>5234,4</b> (509,3) <sup>2</sup> 0,10
Aoki-Decourt	<b>6295,1</b> (599,9) <sup>2</sup> 0,10	<b>5026,1</b> (1297,1) <sup>2</sup> 0,26	<b>6071,5</b> (544,5) <sup>2</sup> 0,09
Decourt-Decourt	<b>6009,0</b> (683,1) <sup>2</sup> 0,11		<b>5795,6</b> (604,4) <sup>2</sup> 0,10
Aoki-NORMA	<b>6295,1</b> (599,9) <sup>2</sup> 0,10	<b>4232,5</b> (761,2) <sup>2</sup> 0,18	<b>5504,9</b> (471,1) <sup>2</sup> 0,09
Decourt-NORMA	<b>6009,0</b> (683,1) <sup>2</sup> 0,11		<b>5216,5</b> (508,4) <sup>2</sup> 0,10
Aoki-MÉDIA	<b>6295,1</b> (599,9) <sup>2</sup> 0,10	<b>4645,6</b> (966,6) <sup>2</sup> 0,21	<b>5836,5</b> (509,7) <sup>2</sup> 0,09
Decourt-MÉDIA	<b>6009,0</b> (683,1) <sup>2</sup> 0,11		<b>5554,9</b> (557,9) <sup>2</sup> 0,10

Apresenta-se na **Figura 3.1** as distribuições normais dos métodos de Aoki e Velloso (1975) e Decourt e Quaresma (1978) e Decourt (1996) "a priori", função de verossimilhança pelas extrapolações de Van der Veen (1953) e Decourt (1996) e as atualizações "a posteriori".



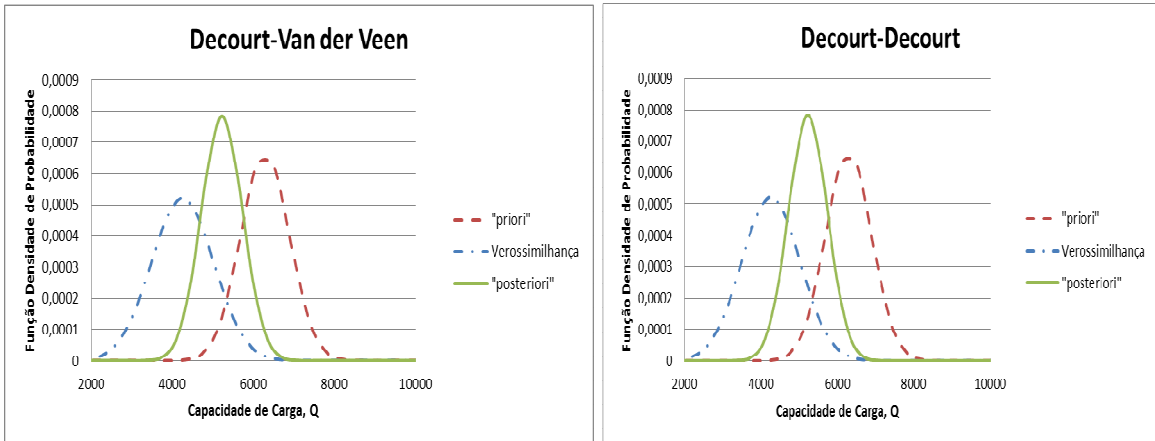


Figura 3.1 – Distribuição normal “a priori”, verossimilhança e “a posteriori”, sem conhecimento das provas de carga.

A Figura 3.1 indica que ambos os métodos analisados de estimativa “a priori” forneceram valores contra a segurança, ou seja, valores previstos superiores aos resultados da função de verossimilhança. A atualização, neste caso, reduziu o valor da estimativa “a posteriori”.

Observa-se que, ao fazer a atualização das estimativas, os valores atualizados, “a posteriori”, apresentam uma maior confiabilidade, ou seja, menor variância.

A influência da função de verossimilhança pode ser também observada. Os diferentes procedimentos de extrapolação da capacidade de carga indicam diferenças máximas de cerca de  $(5026,1 - 4232,5) / 5026,1 = 0,15 = 15\%$ .

Os modelos de cálculo utilizados apresentaram em suas atualizações uma mesma variância, com coeficientes de variação atualizados, respectivos, de 0,09 e 0,10, para todos os métodos de extrapolação dos resultados de provas de carga.

Por se tratar de estacas cuja previsão “a priori” indicou grande porcentagem de atrito, as distribuições apresentaram pequena variância em ambos os métodos de cálculo. Observa-se que a função de verossimilhança apresentou maior variância quando comparada à calculada “a priori”, induzindo o autor a concluir que a parcela de ponta real, presente durante o ensaio, tenha sido maior do que a calculada.

Com os valores atualizados e considerando-se o coeficiente de segurança da norma de 2,0, as cargas admissíveis das estacas, com o conhecimento do resultado das provas de carga ao final da execução, variam na faixa de 2608 a 3036 kN.

### **3.3 Previsão de Capacidade de Carga conhecendo a prova de carga previamente**

A nova versão da Norma brasileira de fundações NBR 6122 (ABNT, 2010), estabelece que, uma vez que a prova de carga seja realizada na etapa de projeto, pode-se reduzir o fator de segurança global e também os parciais. Isso se deve ao fato de que, ao se testar previamente as fundações, os parâmetros de projeto podem ser aferidos, ainda por ocasião da estimativa “a priori”.

O processo de aferição ou calibração dos modelos de cálculo para as estimativas “a priori” está apresentado no APÊNDICE.

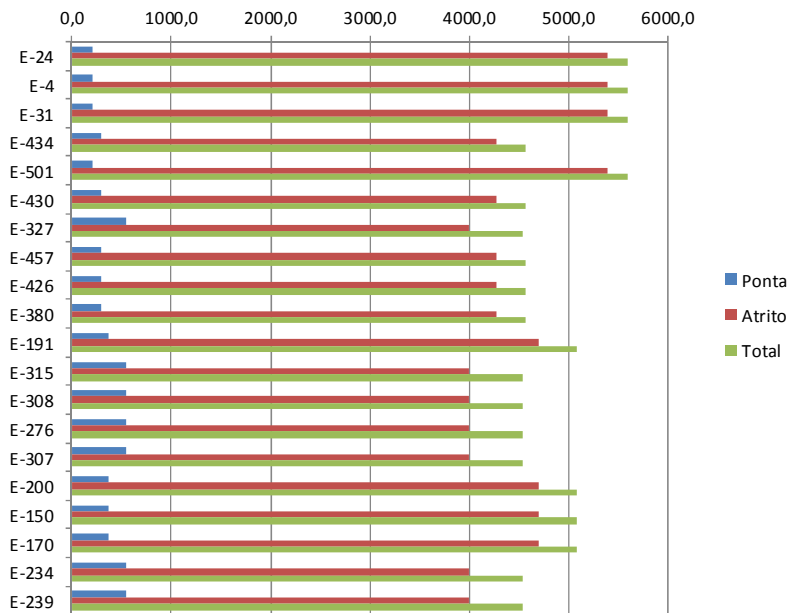
#### **3.3.1 Previsão por Aoki e Velloso (1975)**

Com base na aferição dos valores de F1 e F2, a partir de sua calibração com os resultados das provas de carga, chegou-se aos valores ajustados de 2,13 e 3,17; 2,16 e 3,72; 2,16 e 3,75 e 2,15 e 3,42, quando se extrapola, respectivamente, os ensaios experimentais através dos métodos de Decourt (1996), Van der Veen (1953), NBR 6122 (ABNT, 2010) e pela média entre Van der Veen (1953) e Decourt (1996) (ver ANEXO D).

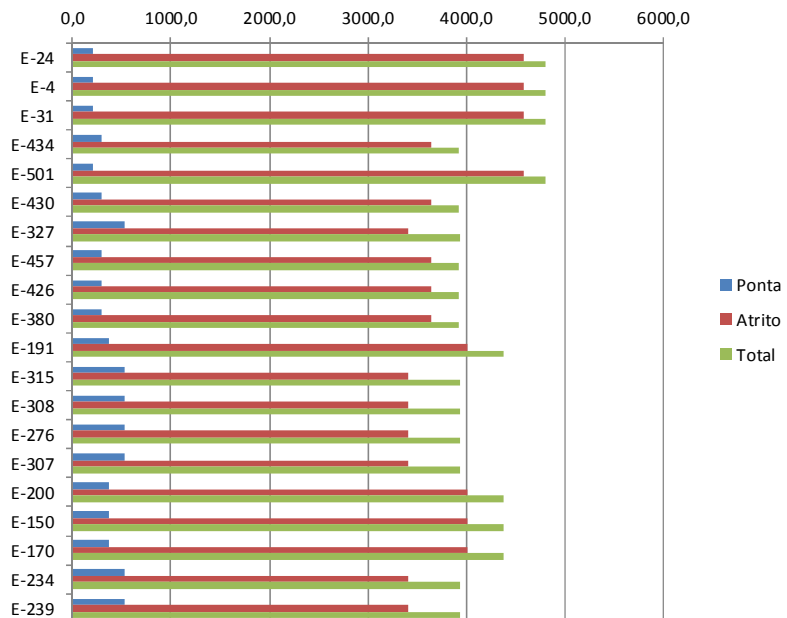
A **Tabela 3.8** apresenta os valores de estimativa “a priori” obtidos com o conhecimento prévio das provas de carga.

Tabela 3.8 - Estimativas “a priori” conhecidos os ensaios previamente. Método Aoki e Velloso (1975).

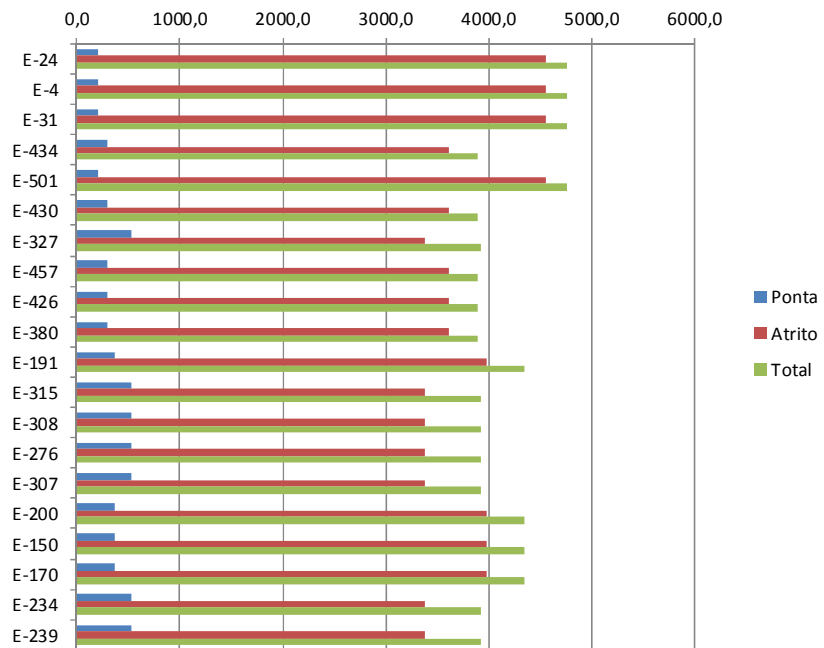
ESTACA	CARGA PREVISTA - AOKI-VELLOSO F1 =2,13 e F2 =3,17 (kN) Ajustado por Decourt		
	Ponta	Atrito	Total
E-24	210,8	5387,0	5597,7
E-4	210,8	5387,0	5597,7
E-31	210,8	5387,0	5597,7
E-434	292,7	4273,0	4565,6
E-501	210,8	5387,0	5597,7
E-430	292,7	4273,0	4565,6
E-327	544,5	3999,3	4543,8
E-457	292,7	4273,0	4565,6
E-426	292,7	4273,0	4565,6
E-380	292,7	4273,0	4565,6
E-191	370,0	4707,3	5077,3
E-315	544,5	3999,3	4543,8
E-308	544,5	3999,3	4543,8
E-276	544,5	3999,3	4543,8
E-307	544,5	3999,3	4543,8
E-200	370,0	4707,3	5077,3
E-150	370,0	4707,3	5077,3
E-170	370,0	4707,3	5077,3
E-234	544,5	3999,3	4543,8
E-239	544,5	3999,3	4543,8



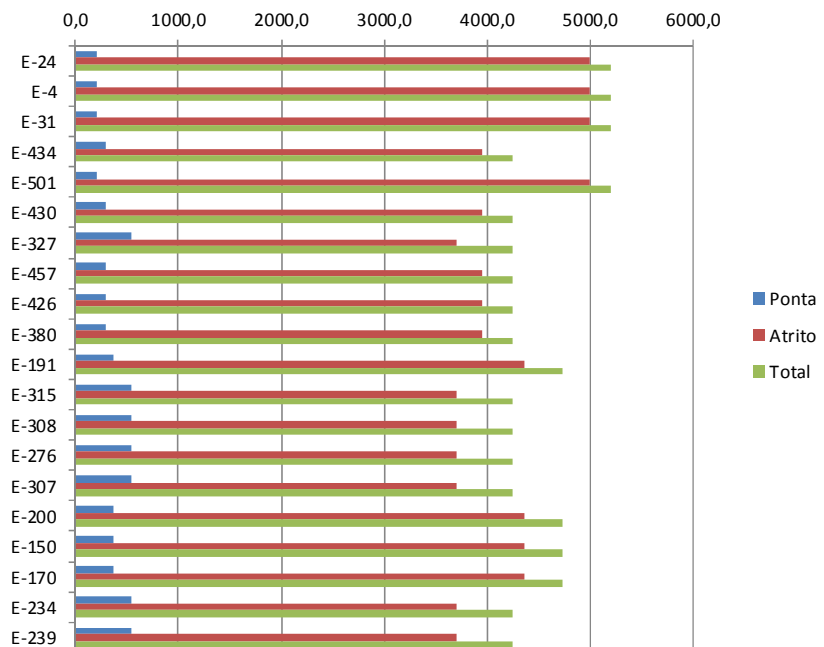
ESTACA	CARGA PREVISTA - AOKI-VELLOSO F1 =2,16 e F2 =3,72 (kN) Ajustado por Van der Veen		
	Ponta	Atrito	Total
E-24	207,8	4590,5	4798,3
E-4	207,8	4590,5	4798,3
E-31	207,8	4590,5	4798,3
E-434	288,5	3641,2	3929,7
E-501	207,8	4590,5	4798,3
E-430	288,5	3641,2	3929,7
E-327	536,8	3408,0	3944,8
E-457	288,5	3641,2	3929,7
E-426	288,5	3641,2	3929,7
E-380	288,5	3641,2	3929,7
E-191	364,8	4011,4	4376,1
E-315	536,8	3408,0	3944,8
E-308	536,8	3408,0	3944,8
E-276	536,8	3408,0	3944,8
E-307	536,8	3408,0	3944,8
E-200	364,8	4011,4	4376,1
E-150	364,8	4011,4	4376,1
E-170	364,8	4011,4	4376,1
E-234	536,8	3408,0	3944,8
E-239	536,8	3408,0	3944,8



ESTACA	CARGA PREVISTA - AOKI-VELLOSO F1 =2,16 e F2 =3,75 (kN) Ajustado por Norma 6122/2010		
	Ponta	Atrito	Total
E-24	207,6	4555,2	4762,8
E-4	207,6	4555,2	4762,8
E-31	207,6	4555,2	4762,8
E-434	288,3	3613,2	3901,5
E-501	207,6	4555,2	4762,8
E-430	288,3	3613,2	3901,5
E-327	536,4	3381,8	3918,2
E-457	288,3	3613,2	3901,5
E-426	288,3	3613,2	3901,5
E-380	288,3	3613,2	3901,5
E-191	364,5	3980,5	4345,0
E-315	536,4	3381,8	3918,2
E-308	536,4	3381,8	3918,2
E-276	536,4	3381,8	3918,2
E-307	536,4	3381,8	3918,2
E-200	364,5	3980,5	4345,0
E-150	364,5	3980,5	4345,0
E-170	364,5	3980,5	4345,0
E-234	536,4	3381,8	3918,2
E-239	536,4	3381,8	3918,2



ESTACA	CARGA PREVISTA - AOKI-VELLOSO F1 =2,15 e F2 =3,42 (kN) Ajustado por Média Van der Veen e Décourt		
	Ponta	Atrito	Total
E-24	209,4	4988,8	5198,1
E-4	209,4	4988,8	5198,1
E-31	209,4	4988,8	5198,1
E-434	290,8	3957,1	4247,9
E-501	209,4	4988,8	5198,1
E-430	290,8	3957,1	4247,9
E-327	540,9	3703,7	4244,6
E-457	290,8	3957,1	4247,9
E-426	290,8	3957,1	4247,9
E-380	290,8	3957,1	4247,9
E-191	367,6	4359,3	4726,9
E-315	540,9	3703,7	4244,6
E-308	540,9	3703,7	4244,6
E-276	540,9	3703,7	4244,6
E-307	540,9	3703,7	4244,6
E-200	367,6	4359,3	4726,9
E-150	367,6	4359,3	4726,9
E-170	367,6	4359,3	4726,9
E-234	540,9	3703,7	4244,6
E-239	540,9	3703,7	4244,6



Os valores médios e coeficiente de variação da parcela de ponta e atrito lateral, quando a aferição é feita pela extrapolação do ensaio por Van der Veen (1953), são:

$$P_p = 374,5 \text{ kN} , c_v = 0,35$$



$$P_I = 3823,5 \text{ kN}, c_v = 0,12$$

Os valores da distribuição estatística “a priori”, da capacidade de carga global, são resumidos por:

$$\mu_{Q, Van\ der\ Veen}^P = 4198,0 \text{ kN}$$

$$\sigma_{Q, Van\ der\ Veen}^{2,P} = (353,7 \text{ kN})^2$$

$$c_v = 0,08$$

Os valores médios e coeficiente de variação da parcela de ponta e atrito lateral, quando a aferição é feita pela extrapolação do ensaio por Decourt (1996), são:

$$P_p = 379,9 \text{ kN}, c_v = 0,35$$

$$P_I = 4486,9 \text{ kN}, c_v = 0,12$$

Os valores da distribuição estatística “a priori”, da capacidade de carga global, são resumidos por:

$$\mu_{Q, Decourt}^P = 4866,7 \text{ kN}$$

$$\sigma_{Q, Decourt}^{2,P} = (429,1 \text{ kN})^2$$

$$c_v = 0,09$$

Os valores médios e coeficiente de variação da parcela de ponta e atrito lateral, quando a aferição é feita pela extrapolação do ensaio por NBR 6122 (ABNT, 2010), são:

$$P_p = 374,3 \text{ kN}, c_v = 0,35$$

$$P_I = 3794,0 \text{ kN}, c_v = 0,12$$

Os valores da distribuição estatística “a priori”, da capacidade de carga global, são resumidos por:

$$\mu_{Q, NBR\ 6122}^P = 4168,3 \text{ kN}$$

$$\sigma_{Q, NBR\ 6122}^{2,P} = (350,4 \text{ kN})^2$$

$$c_v = 0,08$$

Os valores médios e coeficiente de variação da parcela de ponta e atrito lateral, quando a aferição é feita pela média entre Van der Veen (1953) e Decourt (2008), são:

$$P_p = 377,4 \text{ kN} , c_v = 0,35$$

$$P_l = 4155,2 \text{ kN} , c_v = 0,12$$

Os valores da distribuição estatística “a priori”, da capacidade de carga global, são resumidos por:

$$\mu_{Q, Média}^P = 4532,6 \text{ kN}$$

$$\sigma_{Q, Média}^{2,P} = (391,3 \text{ kN})^2$$

$$c_v = 0,09$$

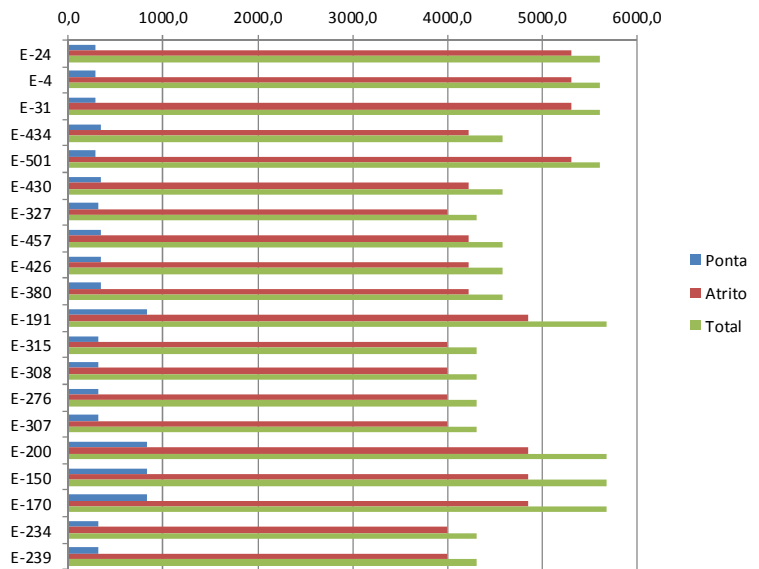
### 3.3.2 Previsão por Decourt e Quaresma (1978) e Decourt (1996)

Com base na aferição dos valores de  $\alpha$  e  $\beta$  chegou-se aos valores ajustados de 1,95 e 1,15; 1,80 e 0,98; 1,70 e 0,97; 1,95 e 1,06 quando se extrapola, respectivamente, o ensaio através dos métodos de Decourt (1996), Van der Veen (1953), NBR 6122 (ABNT, 2010) e pela média entre Van der Veen (1953) e Decourt (1996).

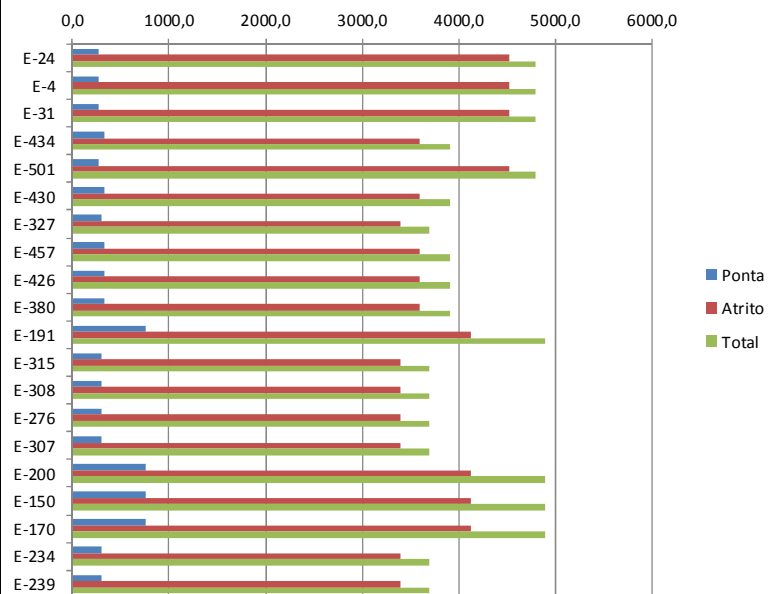
A **Tabela 3.9** apresenta os valores de estimativa “a priori” obtidos com o conhecimento prévio das provas de carga.

Tabela 3.9 - Estimativas “a priori” conhecidos os ensaios previamente. Método Decourt (1978) e Decourt (1996).

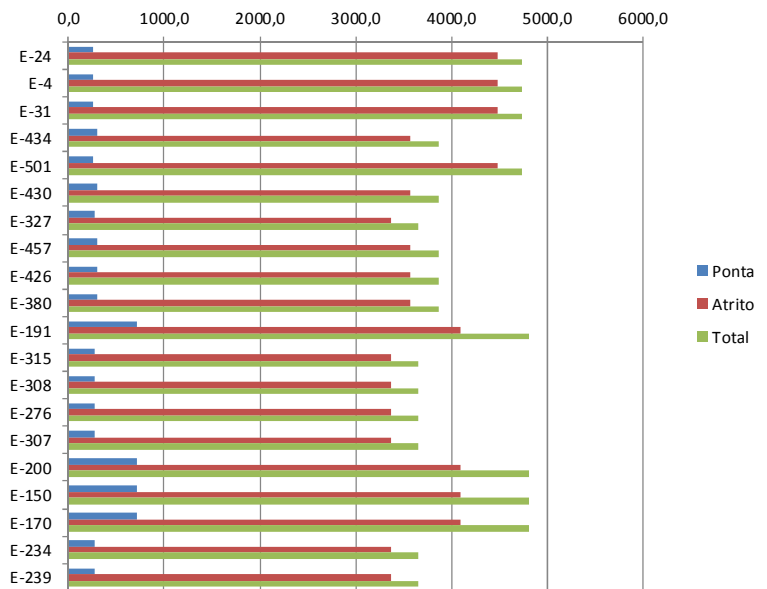
ESTACA	CARGA PREVISTA - DÉCOURT-QUARESMA $\alpha = 1,95$ e $\beta = 1,15$ (kN) Ajustado por Decourt		
	Ponta	Atrito	Total
E-24	288,2	5316,9	5605,1
E-4	288,2	5316,9	5605,1
E-31	288,2	5316,9	5605,1
E-434	350,0	4225,3	4575,3
E-501	288,2	5316,9	5605,1
E-430	350,0	4225,3	4575,3
E-327	319,0	3998,4	4317,4
E-457	350,0	4225,3	4575,3
E-426	350,0	4225,3	4575,3
E-380	350,0	4225,3	4575,3
E-191	823,5	4853,3	5676,7
E-315	319,0	3998,4	4317,4
E-308	319,0	3998,4	4317,4
E-276	319,0	3998,4	4317,4
E-307	319,0	3998,4	4317,4
E-200	823,5	4853,3	5676,7
E-150	823,5	4853,3	5676,7
E-170	823,5	4853,3	5676,7
E-234	319,0	3998,4	4317,4
E-239	319,0	3998,4	4317,4



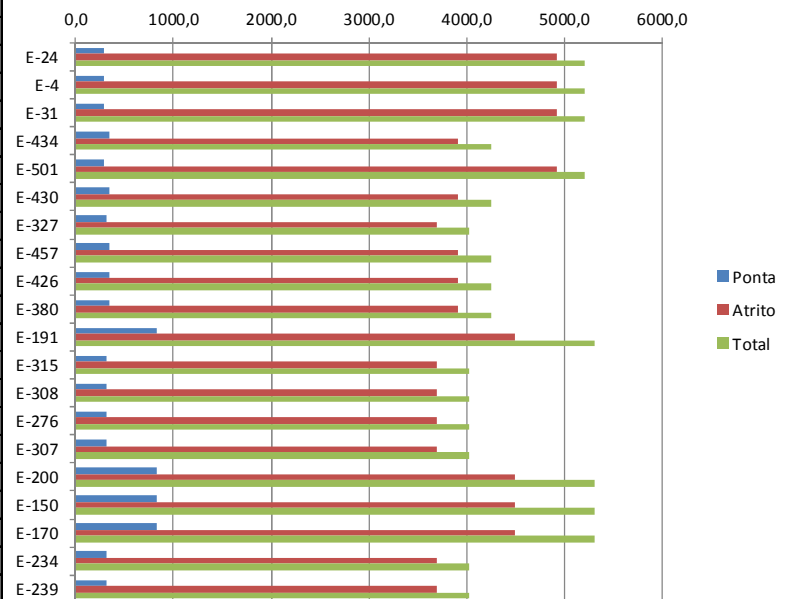
ESTACA	CARGA PREVISTA - DÉCOURT-QUARESMA $\alpha = 1,8$ e $\beta = 0,98$ (kN) Ajustado por Van der Veen		
	Ponta	Atrito	Total
E-24	266,0	4523,5	4789,6
E-4	266,0	4523,5	4789,6
E-31	266,0	4523,5	4789,6
E-434	323,1	3594,8	3917,9
E-501	266,0	4523,5	4789,6
E-430	323,1	3594,8	3917,9
E-327	294,5	3401,8	3696,2
E-457	323,1	3594,8	3917,9
E-426	323,1	3594,8	3917,9
E-380	323,1	3594,8	3917,9
E-191	760,1	4129,1	4889,2
E-315	294,5	3401,8	3696,2
E-308	294,5	3401,8	3696,2
E-276	294,5	3401,8	3696,2
E-307	294,5	3401,8	3696,2
E-200	760,1	4129,1	4889,2
E-150	760,1	4129,1	4889,2
E-170	760,1	4129,1	4889,2
E-234	294,5	3401,8	3696,2
E-239	294,5	3401,8	3696,2



ESTACA	CARGA PREVISTA - DÉCOURT-QUARESMA $\alpha = 1,7$ e $\beta = 0,97$ (kN) Ajustado por Norma 6122/2010		
	Ponta	Atrito	Total
E-24	251,3	4488,6	4739,9
E-4	251,3	4488,6	4739,9
E-31	251,3	4488,6	4739,9
E-434	305,2	3567,1	3872,2
E-501	251,3	4488,6	4739,9
E-430	305,2	3567,1	3872,2
E-327	278,1	3375,5	3653,6
E-457	305,2	3567,1	3872,2
E-426	305,2	3567,1	3872,2
E-380	305,2	3567,1	3872,2
E-191	717,9	4097,2	4815,1
E-315	278,1	3375,5	3653,6
E-308	278,1	3375,5	3653,6
E-276	278,1	3375,5	3653,6
E-307	278,1	3375,5	3653,6
E-200	717,9	4097,2	4815,1
E-150	717,9	4097,2	4815,1
E-170	717,9	4097,2	4815,1
E-234	278,1	3375,5	3653,6
E-239	278,1	3375,5	3653,6



ESTACA	CARGA PREVISTA - DÉCOURT-QUARESMA $\alpha = 1,95$ e $\beta = 1,06$ (kN) Ajustado por Média Van der Veen e Décourt		
	Ponta	Atrito	Total
E-24	288,2	4920,2	5208,4
E-4	288,2	4920,2	5208,4
E-31	288,2	4920,2	5208,4
E-434	350,0	3910,1	4260,1
E-501	288,2	4920,2	5208,4
E-430	350,0	3910,1	4260,1
E-327	319,0	3700,1	4019,1
E-457	350,0	3910,1	4260,1
E-426	350,0	3910,1	4260,1
E-380	350,0	3910,1	4260,1
E-191	823,5	4491,2	5314,6
E-315	319,0	3700,1	4019,1
E-308	319,0	3700,1	4019,1
E-276	319,0	3700,1	4019,1
E-307	319,0	3700,1	4019,1
E-200	823,5	4491,2	5314,6
E-150	823,5	4491,2	5314,6
E-170	823,5	4491,2	5314,6
E-234	319,0	3700,1	4019,1
E-239	319,0	3700,1	4019,1



Os valores médios e coeficiente de variação da parcela de ponta e atrito lateral, quando a aferição é feita pela extrapolação do ensaio por Van der Veen (1953), são:

$$P_p = 389,1 \text{ kN}, c_v = 0,49$$

$$P_l = 3819,8 \text{ kN}, c_v = 0,12$$

Os valores da distribuição estatística “a priori”, da capacidade de carga global, são resumidos por:

$$\mu_{Q, Van\ der\ Veen}^P = 4208,9 \text{ kN}$$

$$\sigma_{Q, Van\ der\ Veen}^{2,P} = (488,6 \text{ kN})^2$$

$$c_v = 0,12$$

Os valores médios e coeficiente de variação da parcela de ponta e atrito lateral, quando a aferição é feita pela extrapolação do ensaio por Decourt (1996), são:

$$P_p = 421,5 \text{ kN} , c_v = 0,49$$

$$P_l = 4489,8 \text{ kN} , c_v = 0,12$$

Os valores da distribuição estatística “a priori”, da capacidade de carga global, são resumidos por:

$$\mu_{Q, Decourt}^P = 4911,3 \text{ kN}$$

$$\sigma_{Q, Decourt}^{2,P} = (567,6 \text{ kN})^2$$

$$c_v = 0,12$$

Os valores médios e coeficiente de variação da parcela de ponta e atrito lateral, quando a aferição é feita pela extrapolação do ensaio por NBR 6122 (ABNT, 2010), são:

$$P_p = 367,5 \text{ kN} , c_v = 0,49$$

$$P_l = 3790,4 \text{ kN} , c_v = 0,12$$

Os valores da distribuição estatística “a priori”, da capacidade de carga global, são resumidos por:

$$\mu_{Q, NBR\ 6122}^P = 4157,8 \text{ kN}$$

$$\sigma_{Q, NBR\ 6122}^{2,P} = (481,3 \text{ kN})^2$$

$$c_v = 0,12$$

Os valores médios e coeficiente de variação da parcela de ponta e atrito lateral, quando a aferição é feita pela média entre Van der Veen (1953) e Decourt (1996), são:

$$P_p = 421,5 \text{ kN}, c_v = 0,49$$

$$P_l = 4154,8 \text{ kN}, c_v = 0,12$$

Os valores da distribuição estatística “a priori”, da capacidade de carga global, são resumidos por:

$$\mu_{Q, Média}^P = 4576,3 \text{ kN}$$

$$\sigma_{Q, Média}^{2,P} = (582,7 \text{ kN})^2$$

$$c_v = 0,13$$

### 3.3.3 Estimativas “a posteriori” por Aoki e Velloso (1975) e por Decourt e Quaresma (1978) e Decourt (1996)

Na **Tabela 3.10** resumiu-se o resultado das estimativas “a posteriori”. Cabe observar que quando a calibração das estimativas “a priori” foi procedida pela extrapolação de Van der Veen (1953), utilizou-se, como função de verossimilhança, o mesmo critério de Van der Veen (1953). Da mesma forma, quando a calibração das estimativas “a priori” foi procedida pela extrapolação de Decourt (1996), utilizou-se, como função de verossimilhança, o mesmo critério de Decourt (1996).

Tabela 3.10 - Atualização das estimativas, com conhecimento prévio dos ensaios.

Método Previsão - Extrapolação	"a priori" (kN)	Verossimilhança (kN)	"a posteriori" (kN)
Aoki-Van der Veen	<b>4198,0</b> (353,7) <sup>2</sup> 0,08	<b>4265,1</b> (764,1) <sup>2</sup> 0,18	<b>4209,8</b> (321,0) <sup>2</sup> 0,08
Decourt-Van der Veen	<b>4208,9</b> (488,6) <sup>2</sup> 0,12		<b>4227,5</b> (438,9) <sup>2</sup> 0,10
Aoki-Decourt	<b>4866,7</b> (429,1) <sup>2</sup> 0,09	<b>5026,1</b> (1297,1) <sup>2</sup> 0,26	<b>4882,5</b> (407,4) <sup>2</sup> 0,09
Decourt-Decourt	<b>4911,3</b> (567,6) <sup>2</sup> 0,12		<b>4932,6</b> (559,3) <sup>2</sup> 0,11
Aoki-NORMA	<b>4168,3</b> (350,4) <sup>2</sup> 0,08	<b>4232,5</b> (761,2) <sup>2</sup> 0,18	<b>4179,5</b> (318,3) <sup>2</sup> 0,08
Decourt-NORMA	<b>4157,8</b> (481,3) <sup>2</sup> 0,12		<b>4182,0</b> (433,1) <sup>2</sup> 0,10
Aoki-MÉDIA	<b>4532,6</b> (391,3) <sup>2</sup> 0,09	<b>4645,6</b> (966,6) <sup>2</sup> 0,21	<b>4548,5</b> (362,7) <sup>2</sup> 0,08
Decourt-MÉDIA	<b>4576,3</b> (582,7) <sup>2</sup> 0,13		<b>4594,8</b> (499,1) <sup>2</sup> 0,11

Apresenta-se na **Figura 3.2** as distribuições normais dos métodos de Aoki e Velloso (1975) e Decourt e Quaresma (1978) e Decourt (1996) “a priori” com os coeficientes calibrados, função de verossimilhança pelas extrapolações de Van der Veen (1953) e Decourt (1996) e as atualizações “a posteriori”.

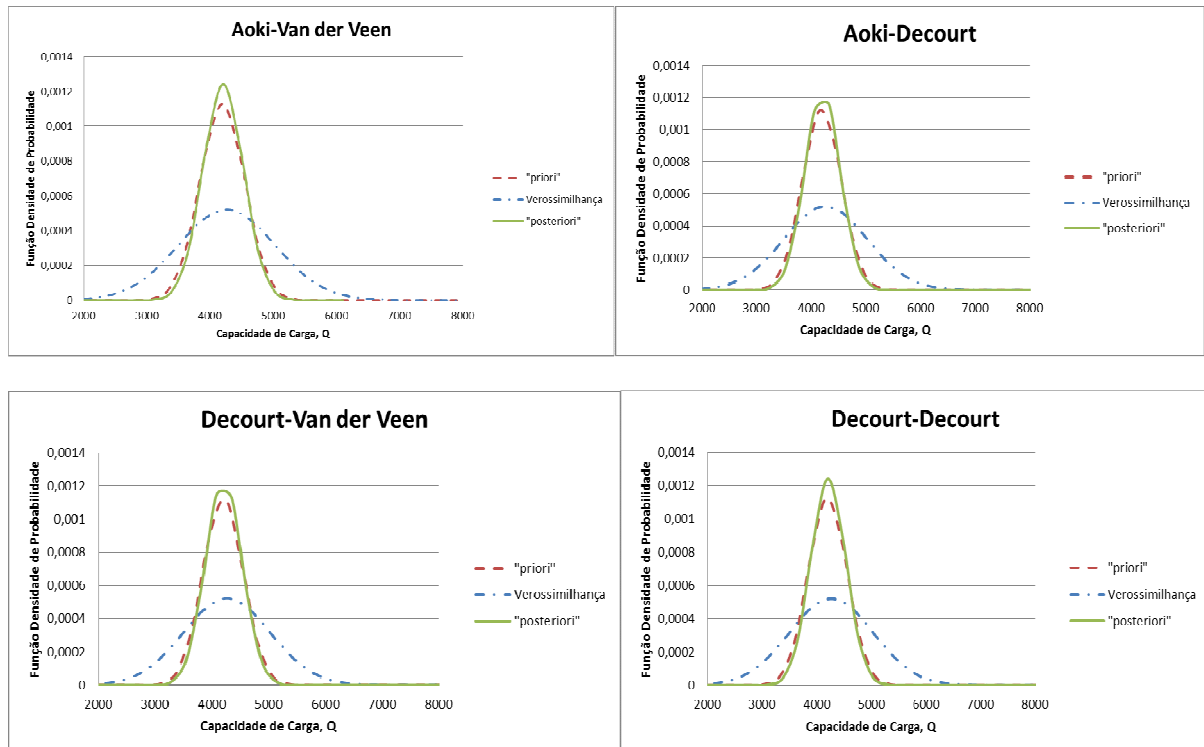


Figura 3.2 - Distribuição normal “a priori”, verossimilhança e “a posteriori”, com o conhecimento das provas de carga.

A **Figura 3.2** revela, para todas as análises, que o valor esperado foi muito próximo nas três distribuições, “a priori”, verossimilhança e “a posteriori”.

Os coeficientes de variação da distribuição atualizada, “a posteriori”, foi equivalente ou ligeiramente inferior aos da distribuição “a priori”. De fato, ao se conhecer as provas de carga previamente e ao se “calibrar” os parâmetros de cálculo resultou na redução da incerteza já na distribuição “a priori”. Assim, a atualização Bayesiana não foi tão efetiva na segunda análise. Na realidade, a atualização Bayesiana, quando se conhece previamente as provas de carga, não parece ser uma ferramenta importante pois a possibilidade de calibrar os modelos de cálculo na estimativa “a priori” já confere uma redução significativa das incertezas na estimativa da capacidade de carga.

Cabe observar que, com a aferição prévia dos modelos de cálculo pelos ensaios realizados, supostamente, por ocasião do projeto, os dois modelos de cálculo “a priori” apresentaram resultados muito mais próximos entre si, em torno de  $(4911,3-4866,7)/(4911,3) = 0,01$ , ou seja, 1%. Para as estimativas “a posteriori” a variação máxima observada nos valores foi de  $(4932,6 - 4882,5)/4932,6 = 0,01$ , ou seja, 1%, indicando que a atualização não reduziu a incerteza dos modelos de



cálculo. Isso se deve ao fato do conhecimento prévio das provas de carga ser muito mais efetivo, na redução das incertezas do modelo de cálculo, do que a atualização de Bayes.

O conhecimento prévio das provas de carga foi capaz de corrigir ambos os modelos de cálculo, o que fez com que ambos se aproximassem. A atualização de Bayes não reduziu esta diferença dos modelos quando comparada com a primeira análise, em que se observou a maior aproximação dos resultados com a atualização.

Como as provas de carga eram as mesmas, não houve qualquer diferença na função de verossimilhança, portanto, os diferentes procedimentos de extrapolação da capacidade de carga indicam diferenças máximas de cerca de 15%; diferenças estas que superam as diferenças entre os dois distintos modelos de cálculo.

O conhecimento prévio das provas de carga teve um papel relevante na uniformização dos valores esperados, tanto a “priori” como “a posteriori”, porém não mudou, praticamente, as variâncias das distribuições.

Com os valores atualizados e considerando-se o coeficiente de segurança da norma de 1,60, na situação hipotética, as cargas admissíveis das estacas, com o conhecimento do resultado das provas de carga na etapa de projeto, variaram na faixa de 2613 a 3083 kN.

#### 4 INTERPRETAÇÃO DOS NÍVEIS DE SEGURANÇA

A aplicação da teoria de Bayes tem por objetivo, na presente dissertação, a verificação da adequação dos fatores de segurança globais prescritos na Norma Brasileira de Fundações para as duas situações analisadas: resultados de provas de carga conhecidos por ocasião do projeto ou após o início da obra.

Na **Figura 4.1** abaixo observa-se que a atualização da capacidade de carga resulta numa distribuição de menor incerteza, em relação à capacidade de carga à priori”. O valor atualizado está sempre compreendido entre o valor “a priori” e o e verossimilhança, se aproximando mais daquele que contempla uma menor variância.

A Norma preconiza um fator de segurança global de 2,0, quando não se conhece previamente os resultados das provas de carga e um fator de segurança global de 1,6 quando se conhece previamente os resultados dos ensaios. Ou seja, o conhecimento prévio dos resultados das provas de carga permite ao projetista a redução dos níveis de segurança, uma vez que se reduz a incerteza das estimativas.

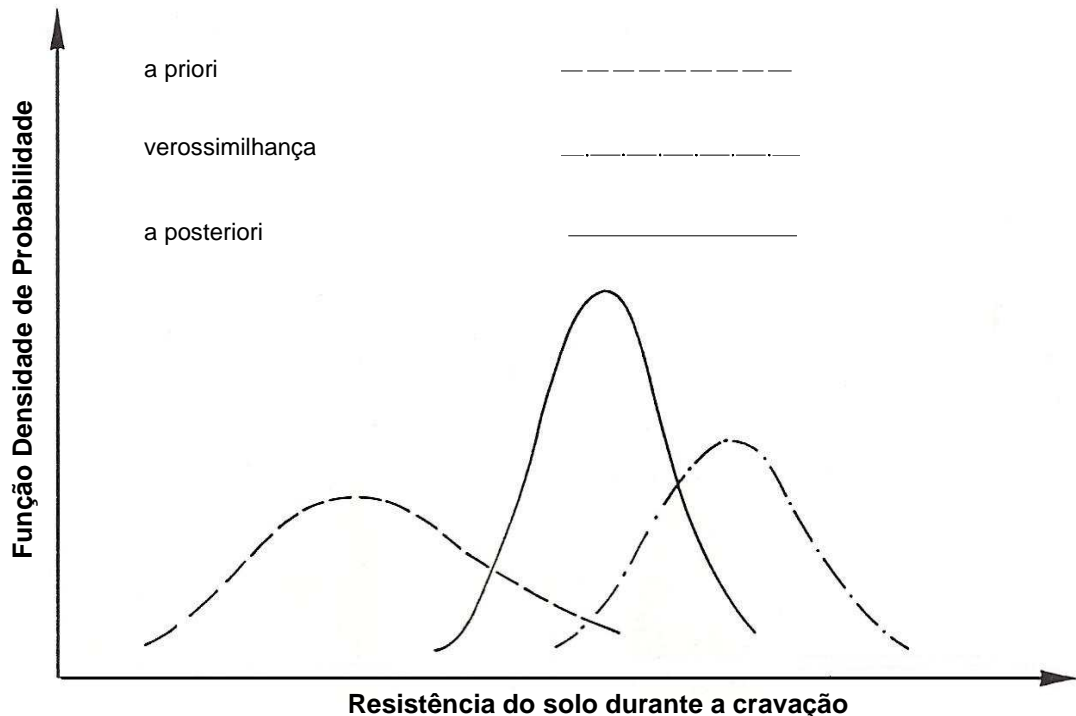


Figura 4.1 - Aplicação da teoria de Bayes na aferição da segurança.

A comparação será realizada para cada grupo de análise efetuado.

## 4.1 Interpretação da Segurança da Norma para a determinação da Carga Admissível com base nas estimativas “a posteriori”

### 4.1.1 Aplicação da Segurança da Norma para determinação da carga admissível, em termos de Fator de Segurança Global, às estimativas “à posteriori” quando da execução das provas de carga após o início do estaqueamento.

O valor admissível, neste caso, é obtido da aplicação de um fator de segurança de 2,0, com valores listados na **Tabela 4.1** para os diversos modelos de cálculo e de interpretação das provas de carga.

Tabela 4.1 - Valores de carga admissível nas diferentes análises, análise 1.

<b>Método</b> <b>Previsão - Extrapolação</b>	<b>"a posteriori"</b> <b>(kN)</b>	<b>Q<sub>adm</sub> (kN)</b>
Aoki-Van der Veen	<b>5521,1</b> (471,8) <sup>2</sup> 0,09	<b>2761</b>
Decourt-Van der Veen	<b>5234,4</b> (509,3) <sup>2</sup> 0,10	<b>2617</b>
Aoki-Decourt	<b>6071,5</b> (544,5) <sup>2</sup> 0,09	<b>3036</b>
Decourt-Decourt	<b>5795,6</b> (604,4) <sup>2</sup> 0,10	<b>2898</b>
Aoki-NORMA	<b>5504,9</b> (471,1) <sup>2</sup> 0,09	<b>2752</b>
Decourt-NORMA	<b>5216,5</b> (508,4) <sup>2</sup> 0,10	<b>2608</b>
Aoki-MÉDIA	<b>5836,5</b> (509,7) <sup>2</sup> 0,09	<b>2918</b>
Decourt-MÉDIA	<b>5554,9</b> (557,9) <sup>2</sup> 0,10	<b>2777</b>

4.1.2 Aplicação da Segurança da Norma para determinação da carga admissível, em termos de Fator de Segurança Global, às estimativas “à posteriori” quando da execução das provas de carga por ocasião do projeto

O valor admissível, neste caso, é obtido da aplicação de um fator de segurança de 1,6, com valores listados na **Tabela 4.2** para os diversos modelos de cálculo e de interpretação das provas de carga.

A última coluna desta tabela indica o valor do FS, a ser aplicado neste caso da análise 2, para que a carga admissível seja equivalente àquela obtida na análise 1.

Tabela 4.2 - Valores de carga admissível nas diferentes, análise 2.

Método Previsão - Extrapolação	"a posteriori" (kN)	$Q_{adm}$ (kN)	FS (valor equivalente)
Aoki-Van der Veen	4209,8 (321,0) <sup>2</sup> 0,08	2631	2,10
Decourt-Van der Veen	4227,5 (438,9) <sup>2</sup> 0,1	2642	1,98
Aoki-Decourt	4882,5 (407,4) <sup>2</sup> 0,08	3052	1,99
Decourt-Decourt	4932,6 (559,3) <sup>2</sup> 0,11	3083	1,88
Aoki-NORMA	4179,5 (318,3) <sup>2</sup> 0,08	2612	2,11
Decourt-NORMA	4182,0 (433,1) <sup>2</sup> 0,10	2614	2,00
Aoki-MÉDIA	4548,5 (362,7) <sup>2</sup> 0,08	2843	2,05
Decourt-MÉDIA	4594,8 (499,1) <sup>2</sup> 0,11	2872	1,93

Os resultados revelam um valor médio de FS global de 2, na **Tabela 4.2**. Conclui-se, assim, para o banco de dados analisado, que o fator de segurança de

1,6, quando se conhece previamente as proas de carga, foi equivalente ao fator de segurança 2, quando se conhece as provas de carga apenas ao final da obra.

## 4.2 Aplicação da Segurança da Norma para determinação da carga admissível, por método semi-empírico a partir das estimativas “a priori”.

### 4.2.1 Carga admissível por método semi-empírico quando não se conhecem regiões representativas

Para esta situação, os valores conhecidos são os calculados “à priori”, através do conhecimento dos ensaios de campo, para os quais se adota o fator de segurança de 2,0. (ver ANEXO E)

$$\mu_{Q, Aoki e Velloso}^P = 6295,1 \text{ kN e } \sigma_{Q, Aoki e Velloso}^{2,P} = (599,9 \text{ kN})^2$$

$$\mu_{Q, Decourt}^P = 6009,0 \text{ kN e } \sigma_{Q, Decourt}^{2,P} = (683,1 \text{ kN})^2$$

A carga admissível de projeto seria de 3147 kN, para o modelo de cálculo do Aoki e Velloso (1975) e 3005kN para o método de Decourt e Quaresma (1978) e Decourt (1996).

### 4.2.2 Carga admissível por método semi-empírico quando se conhecem regiões representativas

Partindo da hipótese de que a região de Rio Grande apresenta um perfil de subsolo bem caracterizado por estudos anteriores, sendo o perfil do sítio representativo do trecho em estudo, a resistência característica pode ser determinada com base na equação (4.1) (ver ANEXO E).

$$R_{c,k} = \text{Min}[(R_{c,cal})_{med} / \xi_1; (R_{c,cal})_{mim} / \xi_2] \quad (4.1)$$

Para o número de sondagens do trecho maior do que 10, tem-se  $\xi_1 = 1,27$  e  $\xi_2 = 1,11$ , portanto,

$$R_{c,k,Aoki \ e \ Velloso} = \text{Min}[(6295/1,27);(5810/1,11)] = 4957 \text{ kN}$$

$$R_{c,k,Decourt \ e \ Quaresma} = \text{Min}[(6009/1,27);(5359/1,11)] = 4731 \text{ kN}$$

Aplicando-se o fator de segurança de 1,4 para a determinação da carga admissível, tem-se:

A carga admissível seria de 3541 kN, para o modelo de cálculo do Aoki e Velloso (1975) e 3379 kN para o método de Decourt e Quaresma (1978) e Decourt (1996).

### **4.3 Aplicação da Segurança da Norma para determinação da carga admissível por provas de carga executadas na fase de elaboração ou adequação do projeto.**

#### **4.3.1 Carga admissível obtida por provas de carga quando numa região representativa não há mais de duas provas de carga**

Considerando a média da resistência obtida pelas provas de carga, utilizando-se do procedimento de extrapolação da norma brasileira, tem-se:

$$(R_{c,cal})_{\text{médio}} = 4232,5 \text{ kN}$$

Aplicando-se o fator de 1,6 carga admissível seria 2645 kN.

#### **4.3.2 Carga admissível obtida por provas de carga quando numa região representativa há mais de duas provas de carga**

Considerando, hipoteticamente, que as provas de carga tenham sido executadas na fase de elaboração do projeto, e como o número de provas de carga superam 5, tem-se (ver ANEXO E):

$$R_{c,k} = \text{Min}[(R_{c,cal})_{\text{med}} / \xi_3; (R_{c,cal})_{\text{mim}} / \xi_4] \quad (4.2)$$

Considerando-se a aplicação do procedimento de extrapolação da norma brasileira  $(R_{c,cal})_{médio} = 4232,5 \text{ kN}$  e  $(R_{c,cal})_{mínimo} = 3200,0 \text{ kN}$ .

$$R_{c,k} = \text{Min}[(4232,5 / 1,00; 3200 / 1,00)] = 3200 \text{ kN}$$

Nesta situação a norma prevê a aplicação de um fator de segurança global de no mínimo 1,4.

A carga admissível seria, neste caso, de 2286 kN.

O autor observa, assim, que mais relevante do que as questões levantadas e discutidas pelos especialistas quando aos diferentes enfoques em relação à segurança (fatores de segurança global 2 ou 1,6) é a questão da melhor aferição dos métodos de cálculo e sua extensão aos diferentes tipos de estacas.

## 5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA PESQUISA FUTURA

### 5.1 Conclusões

Ao comparar os resultados da determinação das cargas admissíveis pela aplicação direta das estimativas “a priori”, os valores determinados foram:

#### **Método Aoki e Velloso (1975):**

- Fator de segurança global quando não se conhecem regiões representativas:

$$Q_{adm} = 3147 \text{ kN}$$

- Fator de segurança parcial conhecendo-se regiões representativas:

$$Q_{adm} = 3541 \text{ kN}$$

- Fator de segurança global conhecendo-se os resultados previamente das provas de carga, com menos de 2 provas por região representativa:

$$Q_{adm} = 2645 \text{ kN}$$

- Fator de segurança global conhecendo-se os resultados previamente das provas de carga, com mais de 2 provas por região representativa:

$$Q_{adm} = 2286 \text{ kN}$$

**Método de Decourt e Quaresma (1978) e Decourt (1996)**, estendido às estacas tipo raíz:

- Fator de segurança global quando não se conhecem regiões representativas:

$$Q_{adm} = 3005 \text{ kN}$$

- Fator de segurança parcial conhecendo-se regiões representativas:

$$Q_{adm} = 3379 \text{ kN}$$

- Fator de segurança global conhecendo-se os resultados previamente das provas de carga, com menos de 2 provas por região representativa:

$$Q_{adm} = 2645 \text{ kN}$$

- Fator de segurança global conhecendo-se os resultados previamente das provas de carga, com mais de 2 provas por região representativa:

$$Q_{adm} = 2286 \text{ kN}$$



Ao comparar os resultados da determinação das cargas admissíveis pela aplicação após atualização de Bayes, estimativas “a posteriori”, os valores determinados foram, para a interpretação das provas de carga pela Norma Brasileira:

**Método Aoki e Velloso (1975):**

- Quando não se conhece previamente os resultados de provas de carga:

$$Q_{adm} = 2752 \text{ kN}$$

- Conhecendo-se os resultados previamente das provas de carga :

$$Q_{adm} = 2612 \text{ kN}$$

- Média das provas de carga, quando não se conhece previamente os resultados de provas de carga :

$$Q_{adm} = 2918 \text{ kN}$$

- Média das provas de carga, quando não se conhece previamente os resultados de provas de carga :

$$Q_{adm} = 2843 \text{ kN}$$

**Método de Decourt e Quaresma (1978) e Decourt (1996)**, estendido às estacas tipo raíz:

- Quando não se conhece previamente os resultados de provas de carga:

$$Q_{adm} = 2608 \text{ kN}$$

- Conhecendo-se os resultados previamente das provas de carga :

$$Q_{adm} = 2614 \text{ kN}$$

- Média das provas de carga, quando não se conhece previamente os resultados de provas de carga :

$$Q_{adm} = 2777 \text{ kN}$$

- Média das provas de carga, quando não se conhece previamente os resultados de provas de carga :

$$Q_{adm} = 2872 \text{ kN}$$

Conclui-se que o fator de segurança global proposto pela norma ao se ter o conhecimento prévio das provas de carga é seguro, uma vez que resulta num valor de carga admissível menor do que aquela determinada pela média das provas de carga. Entretanto, este valor deve, de fato, ser mais pesquisado, justificando a recomendação de Cintra et al (2013) quanto à inadequação de seu uso na prática.

A atualização Bayesiana permitiu uma pequena redução na estimativa pelo modelo de cálculo do método de Decourt e Quaresma (1978) e Decourt (1996) e Aoki e Velloso (1975), reduzindo a carga admissível, após a atualização. Sua utilização resulta numa menor incerteza e numa melhor expectativa de bom desempenho da fundação.

## **5.2 Sugestões para pesquisa futura**

- Extensão deste estudo a outros tipos de estacas;
- Aplicação deste estudo a outras regiões, com outros perfis de subsolo;
- Aplicações da atualização Bayesiana a diferentes controles executivos de diferentes estacas de forma a reduzir as incertezas ainda presentes, principalmente quanto aos modelos de cálculo, cuja aferição apenas são possíveis com a execução de um número crescente de provas de carga.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 2010. 91 p.

\_\_\_\_\_. NBR 6484: Solo - Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2001. 17 p.

\_\_\_\_\_. NBR 12131: Estacas – Prova de carga estática – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2006. 8 p.

ANG, A. H. S. e TANG, W, H. *Probability Concepts in Engineering Planning and Design*. John Wiley & Sons, Inc, Vol. 1 e 2, 1984.

AOKI, N. Considerações sobre a capacidade de carga de estacas isoladas. Notas de aula. Universidade Gama Filho, 1976.

AOKI, N. e VELLOSO, D. A. *An Approximate Method to Estimate the Bearing Capacity of Piles*. Proceedings of the 5th Pan American Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Buenos Aires, vol. 1, 1975.

BAZANI, C. M. *Análise de Desempenho das Fundações do Espelho d'Água do Museu do Amanhã*. 2011. 220 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

BEGEMANN, H. K. S. *The use of the Static Penetrometer in Holland*. NZ Engng, 18, 2, 41, 1963.

BENEGAS, H. Q. *Previsões para a curva carga-recalque de estacas a partir de SPT*. 1993. Dissertação (Mestrado) – COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1993.

BUSSAB, W. O. *Métodos Quantitativos: Análise de Variância e de Regressão*. Atual Editora Ltda, São Paulo, 1986.

CABRAL, E. V. *Contribuição à Confiabilidade de Estacas Cravadas através de um Estudo de Caso com Aplicação da Teoria Bayesiana*. 2008. 136 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil

– Área de Concentração: Geotecnia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

CHIN, E. K. Discussion: “Pile Tests: Arkansas River Project”. American Society of Civil Engineers, Journal of Soil Mechanics and Foundation Engineering, ASCE, v. 97, n. SM7, p. 930-932, 1971.

CINTRA, J. C. A. et al. *Fundações: ensaios estáticos e dinâmicos*. Oficina de Textos, São Paulo, p.144, 2013.

DA COSTA NUNES, A. J. Discussion. Proceedings of the 5th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Paris, 1961.

DANZIGER, B. R. *Estudo de correlações entre os ensaios de penetração estática e dinâmica e suas aplicações ao projeto de fundações profundas*. Dissertação (Mestrado) – COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1982.

DAVISSON, M. T. High capacity piles. Innovations in Foundation Construction, ASCE. Lecture Series, Illinois, 1972.

DAVISSON, M. T. High capacity piles. Innovations in Foundation Construction, ASCE. Lecture Series, Illinois, 1972 apud FELLENIUS, B. H. Test loading of piles and new proof testing procedure, JGED, ASCE, v. 101, n. GT4, p. 855-869, 1975.

DECOURT, L. *Prediction of the Bearing Capacity of Piles Based Exclusively on N Values of the SPT*. Proceedings of the Second European Symposium of Penetration Testing, Amsterdam, 1982.

DECOURT, L. e Quaresma, A. R. *Capacidade de Carga de Estacas a partir de Valores de SPT*. Anais do 6° COBRAMSEF, Rio de Janeiro, vol.1, p. 45-53, 1978.

DÉCOURT, L.. *Provas de carga em estacas podem dizer muito mais do que têm dito*. Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia, SEFE VI – Tema 2 – Fundações Profundas 1 – São Paulo, 2008.

DÉCOURT, L. *A Ruptura de Fundações Avaliada com Base no Conceito de Rigidez*. SEFE III, Vol. I, pp. 215-224, São Paulo, 1996.

DÉCOURT, L. ALBIERO, J.H. & CINTRA, J.C.A. (1996). *Análise e Projetos de Fundações Profundas*: Fundações: teoria e prática, Hachich, W. Falconi, F. Saes, J.L. Frota, R.G.Q. Carvalho, C.S. & Niyama, S. (eds), Editora PINI Ltda, São Paulo, SP, 265-327.

DÉCOURT, L. *Load Tests*: Interpretation and Prediction of their Results. From Research to Practice in Geotechnical Engineering. ASCE, GSP nº. 180, pp. 452-470, 2008.

DIAS, C. R. R. *Comportamento de estacas de fundação dos silos do Terminal de Trigo e Soja do Superporto de Rio Grande*. Solos e Rochas, São Paulo, v.2, n.2, p.27-37, 1979.

DIAS, C. R. R.; BASTOS, C. A. B. *Propriedades geotécnicas da argila siltosa marinha de Rio Grande/RS*: uma interpretação a luz da história geológica recente da região. In: Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações, Foz do Iguaçu. Anais, Rio de Janeiro: ABMS, 7v. v.2, p.555-562, 1994.

DIAS, C. R. R. BASTOS, C. A. B. *Argila siltosa marinha de Rio Grande/RS*: Análise dos dados geotécnicos aplicados às obras portuárias. In: VI Congresso Brasileiro da ABEQUA, Anais, Curitiba, Brasil, p.53-57, 1997.

DIAS, C. R.R.; MORAES, J. M. *A experiência sobre argilas moles da região do estuário da Laguna dos Patos e Porto de Rio Grande*. In: 1º Simpósio de Prática de Engenharia Geotécnica da Região Sul, Porto Alegre. Anais, Porto Alegre, Brasil, p.179-196, 1998.

DIAS, C. R. R. et al. Caracterização do subsolo do Superporto de Rio Grande a partir de novas investigações geotécnicas para obras portuárias. In: IV Congresso Luso-Brasileiro de Geotecnia, Coimbra. Anais, Coimbra, Portugal, p.375-382, 2008.

FELLENIUS, B. H. Test loading of piles and new proof testing procedure, JGED, ASCE, v. 101, n. GT4, p. 855-869, 1975.

FUNDARE. Relatórios de Serviço Técnico. Prova de Carga Estática, 2012.

GODOY, N. S. *Interpretação de provas de carga em estacas*. In: Encontro Técnico sobre Capacidade de Carga de Estacas pré-moldadas, São Paulo. Anais... São Paulo: ABMS-NRSP, p. 25-60, 1983.

GOULARTE, C. L. *Inventário e Análise dos Parâmetros Geotécnicos da argila Siltosa Profunda da Região Portuária de Rio Grande*. 2012. 171 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Oceânica, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2012.

GUTTORMSEN, T. R. *Uncertainty in Offshore Geotechnical Engineering. Application of Bayesian Theory to Pile Driving Predictions*. Research Report Societe Nationale Elf Aquitaine. NGI Report 85307-9, 1987.

HARR, M. E. *Reliability-based Design in Civil Engineering*. Mc. Graw-Hill, Inc, USA, 1987.

KULHAWY, F. H e MAYNE, P. W. *Manual on Estimating Soil Properties for Foundation Design*. Cornell University, 1990.

LACASSE, S. e GOULOIS, A. *Reliability Analysis of Axial Pile Capacity*. Proceedings of the XII International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Rio de Janeiro, 1989. Anais, Rotterdam, 1989.

LACASSE, S., TAN, A. H. e KEAVENY, J. M. *Expert Assistant for Updating Axial pile Capacity from Pile Driving observations*. Proc. Field Measurements in Geotechnics. Sorum, Balkema, 1991.

LACASSE, S. e NADIM, F. *Reliability Issues and Future Challenges in Geotechnical Engineering for Offshore Structures*. NGI Publication, No 191, p. 1-30, 1994.

LAPROVITERA, H. *Reavaliação de método semi-empírico de previsão da capacidade de carga de estacas a partir do Banco de Dados*. Dissertação (Mestrado) – COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1998.

MONTEIRO, P. F. Capacidade de carga de estacas – método Aoki-Velloso, Relatório interno de Estacas Franki Ltda., 1997.

PACHECO, M. P. Notas de Aula do Curso de Métodos Probabilísticos em Geotecnia, UERJ, 2007.

PACHECO, M. P. Comunicação pessoal, UERJ, 2015.

SEABRA, J. P. *Análise de Resultados de Provas de Carga Estáticas*. 2013. 280 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

SEMPLE, R. M. e RIDGEN, W. J. *Shaft Capacity of Driven Piles in Clay*. ASCE, Proceedings, Symposium on analysis and design of pile foundation, São Francisco, California. Vol 1, pp 59-79, 1984.

TOOLAN, F. E. e FOX, D. A. *Geotechnical Planning for Pile Foundation for Offshore Platforms*. Proc.ICE, Part 1, Vol.1, pp. 221-243, Londres, 1977.

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. Rede Sirius. *Roteiro para apresentação das teses e dissertações da Universidade do Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro, 2007. 133 p.

US ARMY CORPS OF ENGINEERS. *Design of Pile Foundations*. University Press of the Pacific, Honolulu, Hawaii, 2005.

VAN DER VEEN (1953). *The Bearing Capacity of a Pile*. III ICSMFE, Zurich. Volume 2, pag 84-90.

VELLOSO, D. A. e LOPES, F. R. *Fundações: critérios de projeto, investigação do subsolo, fundações superficiais, fundações profundas*. Oficina de Textos, São Paulo, 2010.

VELLOSO, P. P. C. *Estacas Escavadas: Aspectos Geotécnicos de Projeto*. Anais do Ciclo de Palestras sobre Estacas Escavadas. Clube de Engenharia, Fev. 1981.

VESIC, A. S. *Principles of pile foundation design*. Soil Mechanics Series n. 38, Duke University School of Engineering, 1975.

VROUWENVELDER, A. *Effects of Inspection on the Reliability of Foundation Piles*. In: Barends, F.B.J. (ed), *Application of Stress Wave Theory to Piles*, Rotterdam, 1992.

## APÊNDICE – Procedimento para calibração dos modelos de capacidade de carga.

Neste apêndice será apresentado o procedimento adotado nesta pesquisa para a calibração dos modelos de capacidade de carga de Aoki e Velloso (1975) e Decourt e Quaresma (1978) e Decourt (1996), isto considerando que os ensaios foram realizados durante a fase de projeto, sendo esta uma situação hipotética, já que os dados disponíveis tratam-se de provas de carga realizadas posteriormente a execução de todo estaqueamento.

**1° Passo** – Ajuste dos coeficientes da parcela de atrito ( $F2_{ajustado}$  e  $\beta_{ajustado}$ ).

Plota-se um gráfico com os valores da parcela de atrito ( $Q_{atrito}$ ) e 90% das cargas extrapoladas das provas de carga estáticas ( $Q_{ensaio\ 90\%}$ ) de cada estaca, respectivamente, nos eixos  $x$  e  $y$ , isto, separadamente para ambos os métodos. Aplica-se, em seguida, o método dos mínimos quadrados para o cálculo do coeficiente de ajuste da reta que passa pela origem,  $k_c$ , calculado conforme equação 1.

$$k_c = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{\sum_{i=1}^n x_i^2} \quad (1)$$

Calculam-se os coeficientes  $F2_{ajustado}$  e  $\beta_{ajustado}$ , respectivamente conforme equações 2 e 3.

$$F2_{ajustado} = \frac{F2_{Modelo}}{k_c} \quad (2)$$

$$\beta_{ajustado} = \beta_{Modelo} \cdot k_c \quad (3)$$

**2° Passo** – Ajustes dos coeficientes da parcela de ponta ( $F1_{ajustado}$  e  $\alpha_{ajustado}$ ).

Nas planilhas de cálculo da capacidade de carga, substitui-se os coeficientes  $F2$  e  $\beta$  pelos ajustados  $F2_{ajustado}$  e  $\beta_{ajustado}$ , mantendo os coeficientes originais dos métodos da parcela de ponta,  $F1_{Modelo}$  e  $\alpha_{Modelo}$ .



Plota-se novamente o gráfico do passo anterior, agora com as cargas totais dos métodos e das extrapolações ( $Q_{Total}$  e  $Q_{ensaio 100\%}$ ). Calcula-se  $k_c$  e, posteriormente, os coeficientes  $F1_{ajustado}$  e  $\alpha_{ajustado}$  conforme equações 4 e 5.

$$F1_{ajustado} = \frac{F1_{Modelo}}{k_c} \quad (4)$$

$$\alpha_{ajustado} = \alpha_{Modelo} \cdot k_c \quad (5)$$

**3° Passo** – Cálculo da capacidade de carga com os coeficientes  $F1_{ajustado}$ ,  $F2_{ajustado}$ ,  $\alpha_{ajustado}$  e  $\beta_{ajustado}$ .

Aplica-se os coeficientes ajustados nas respectivas planilhas de cálculo da capacidade de carga dos modelos Aoki e Velloso (1975) e Decourt e Quaresma (1978) e Decourt (1996). Posteriormente, plota-se novamente os valores conforme o 1° Passo e calcula-se  $k_c$ ; o valor de  $k_c$  deve ser próximo de 1.

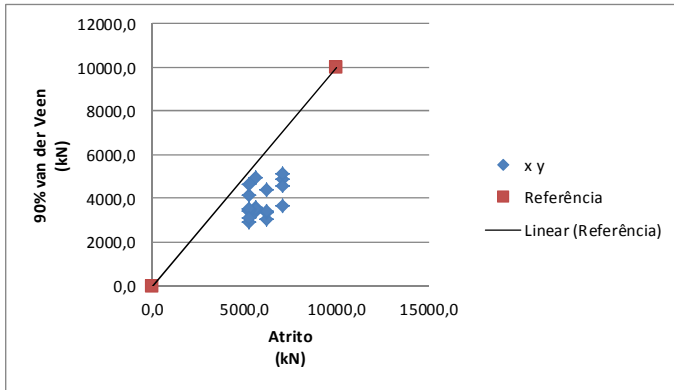
Um exemplo da calibração do modelo Aoki e Velloso (1975) através das provas de carga estáticas extrapoladas por Van der Veen (1953), é apresentado a seguir:

ESTACA	CARGA PREVISTA - AOKI-VELLOSO F1 = 2,20 e F2 = 2,40 (kN)			ESTACA	CARGA EXTRAPOLADA - VAN DER VEEN (kN)
	Ponta	Atrito	Total		
E-24	204,3	7115,9	7320,2	E-24	5450
E-4	204,3	7115,9	7320,2	E-4	5678
E-31	204,3	7115,9	7320,2	E-31	5112
E-434	283,7	5644,4	5928,1	E-434	3876
E-501	204,3	7115,9	7320,2	E-501	4038
E-430	283,7	5644,4	5928,1	E-430	4007
E-327	527,8	5282,8	5810,7	E-327	4632
E-457	283,7	5644,4	5928,1	E-457	3765
E-426	283,7	5644,4	5928,1	E-426	3956
E-380	283,7	5644,4	5928,1	E-380	5510
E-191	358,7	6218,1	6576,8	E-191	3417
E-315	527,8	5282,8	5810,7	E-315	3866
E-308	527,8	5282,8	5810,7	E-308	3816
E-276	527,8	5282,8	5810,7	E-276	3244
E-307	527,8	5282,8	5810,7	E-307	5165
E-200	358,7	6218,1	6576,8	E-200	3740
E-150	358,7	6218,1	6576,8	E-150	4908
E-170	358,7	6218,1	6576,8	E-170	3769
E-234	527,8	5282,8	5810,7	E-234	3918
E-239	527,8	5282,8	5810,7	E-239	3435

1º Passo – Ajuste dos coeficientes da parcela de atrito ( $F2_{ajustado}$ ).

**Ajuste de F2 com 90% de Van der Veen**

x	y	x.y	x <sup>2</sup>
7115,9	4905,0	34903369,7	50635685,08
7115,9	5110,2	36363547,3	50635685,08
7115,9	4600,8	32738720,3	50635685,08
5644,4	3488,4	19689751,1	31858688,78
7115,9	3634,2	25860515	50635685,08
5644,4	3606,3	20355220	31858688,78
5282,8	4168,8	22023089,3	27908362,81
5644,4	3388,5	19125880,5	31858688,78
5644,4	3560,4	20096144,3	31858688,78
5644,4	4959,0	27990332,5	31858688,78
6218,1	3075,3	19122498	38664666,88
5282,8	3479,4	18381101,8	27908362,81
5282,8	3434,4	18143374,1	27908362,81
5282,8	2919,6	15423769,8	27908362,81
5282,8	4648,5	24557266,1	27908362,81
6218,1	3366,0	20930097,3	38664666,88
6218,1	4417,2	27466555,5	38664666,88
6218,1	3392,1	21092389,5	38664666,88
5282,8	3526,2	18628338,5	27908362,81
5282,8	3091,5	16331889,4	27908362,81
459223850	711853391,4	0,645110	

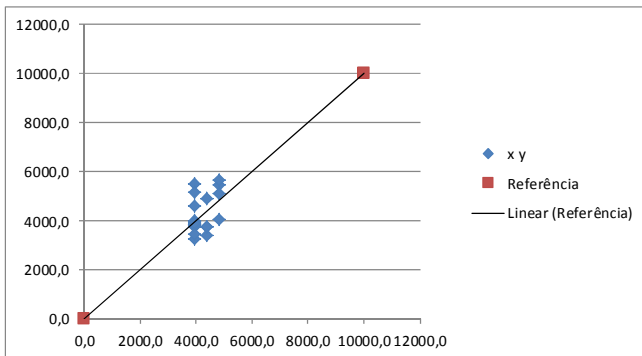


$k_c = 0,64511$   
 $F2AJUSTE = F2/k_c = 3,720295$

2º Passo – Ajustes dos coeficientes da parcela de ponta ( $F1_{ajustado}$ ).

**Ajuste de F1 com 100% de Van der Veen sendo o ajuste de F2=3,72**

x	y	x.y	x <sup>2</sup>
4794,8	5450,0	26131847	22990436,16
4794,8	5678,0	27225069,3	22990436,16
4794,8	5112,0	24511193	22990436,16
3924,9	3876,0	15213061,1	15405141,22
4794,8	4038,0	19361541	22990436,16
3924,9	4007,0	15727228,1	15405141,22
3935,8	4632,0	18230836,6	15490880,14
3924,9	3765,0	14777393	15405141,22
3924,9	3956,0	15527056,2	15405141,22
3924,9	5510,0	21626410,4	15405141,22
4370,0	3417,0	14932431,5	19097261,94
3935,8	3866,0	15215978,9	15490880,14
3935,8	3816,0	15019186,6	15490880,14
3935,8	3244,0	12767882,9	15490880,14
3935,8	5165,0	20328642,2	15490880,14
4370,0	3740,0	16343954,9	19097261,94
4370,0	4908,0	21448163,2	19097261,94
4370,0	3769,0	16470686,1	19097261,94
3935,8	3918,0	15420642,8	15490880,14
3935,8	3435,0	13519629,4	15490880,14
359798834	353812659,5	1,016919	



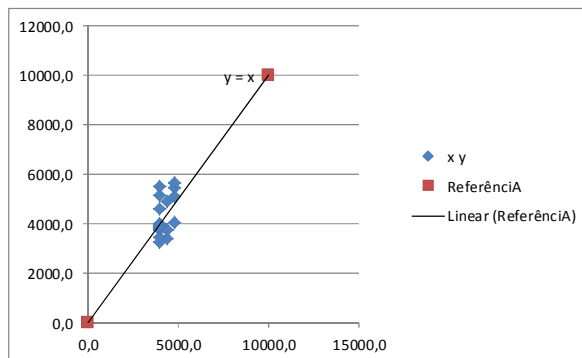
$k_c = 1,016919$   
 $F1AJUSTE = F1/k_c = 2,163397$

3° Passo – Cálculo da capacidade de carga com os coeficientes  $F1_{ajustado}$  e  $F2_{ajustado}$ .

**Ajuste proporcional de F1 e F2 já ajustados**

x	y	x.y	x <sup>2</sup>
4798,3	5450,0	26150686,3	23023597,14
4798,3	5678,0	27244696,7	23023597,14
4798,3	5112,0	24528863,9	23023597,14
3929,7	3876,0	15231666,4	15442844,6
4798,3	4038,0	19375499,3	23023597,14
3929,7	4007,0	15746462,1	15442844,6
3944,8	4632,0	18272202,4	15561257,64
3929,7	3765,0	14795465,4	15442844,6
3929,7	3956,0	15546045,5	15442844,6
3929,7	5510,0	21652859,1	15442844,6
4376,1	3417,0	14953168,1	19150339,25
3944,8	3866,0	15250504	15561257,64
3944,8	3816,0	15053265,2	15561257,64
3944,8	3244,0	12796853,3	15561257,64
3944,8	5165,0	20374768	15561257,64
4376,1	3740,0	16366651,6	19150339,25
4376,1	4908,0	21477948,2	19150339,25
4376,1	3769,0	16493558,8	19150339,25
3944,8	3918,0	15455632,3	15561257,64
3944,8	3435,0	13550305,5	15561257,64

360317102 354838772 1,015439



0,0 0,0  
10000,0 10000,0

	antigo	novos	
F2	2,4	3,7203	155%
F1	2,2	2,1634	98%

## ANEXO A - Setores Analisados, Dados das Sondagens e Relatório de Provas de Carga Estática das Estacas Analisadas

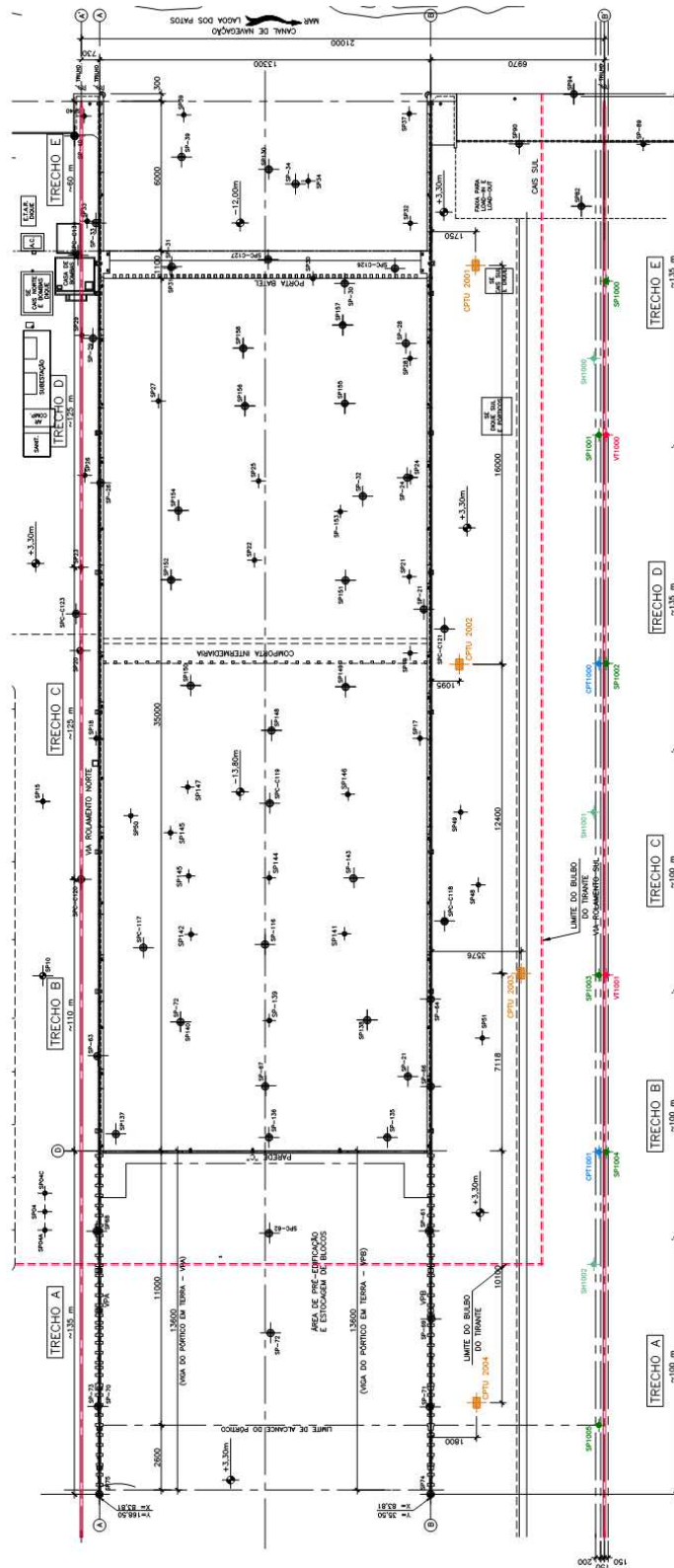


Figura A.1 – Planta de Localização de Sondagens.



**RELATÓRIO DE ENSAIO**  
**SONDAGEM A PERCUSSÃO**  
 Execução de sondagens de simples  
 reconhecimento dos solos

PROJ. ESO FT 011/2001-5032



NBR 6484/2001

CONTRATANTE **WTORRE ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO S.A.** FOLHA N.º **22 / 23**  
 OBRA **ESTALEIRO RIO GRANDE S.A.** ESCALA **1 : 100**  
 LOCAL **Rua Maximiano da Fonseca, 4361 - Distrito Industrial - Rio Grande - RS** TRAB. N.º **507027**  
 SONDAGEM **SP.63** COTA **3,300** DATA DE INÍCIO **12/09/2007** COORD. N **RE N.º**  
 TÉRMINO **21/09/2007** E

COTA (m)	PERFIL GEOLOGICO	INTER. GEOLOGICA	PROFUN. CAMADA (m)	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	CONSIS- TÊNCIA* OU COMPAC- CIDADE**	NUMERO DE GOLPES S. P. T.	RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO						N. A. (m)
							AMOSTRADOR TIPO TERZAGHI N.º DE GOLPES / 30 cm. 35 30 25 20 15 10 5						
0,30				AREIA FINA COR AMARELA	COMP.**	7 11 11 15 15 15	22						
					FOFA**	4 1 2 15 15 15	5						
					COMP.**	6 14 12 15 15 10	26/25						
						13 14 22 15 15 15	36						
						0 13 33 15 15 15	48						
						13 20 34 15 15 15	54						
						MUITO COMP.**	10 18 30 15 15 15	48					
						5 15 36 15 15 15	51						
						MEDIA. COMP.**	4 5 7 15 15 15	42					
			10,45		ARGILA COR CINZA ESCURO	MUITO COMP.**	0 20 30 15 15 10	50/25					
			11,25	DURA*		0 22 24 15 15 15	48						
				AREIA FINA COR VERDE	MUITO COMP.**	7 10 32 15 15 15	42						
					COMP.**	8 26 15 15 15 15	40						
Leitura		Data/Hora	N.A.(m)	Método	Início(m)	Fim(m)	Lavagem por tempo - 10 min. Profun. Início (m): Estagio 1 (cm): Estagio 2 (cm): Estagio 3 (cm):						OBS.: 47,45 m: LIMITE DE SONDAAGEM
1				T. Cavadeira									
2				T. Espiral									
3				Lavagem									

Porto Alegre, 2 de outubro de 2007

Responsável Técnico

**NOTA IMPORTANTE:**  
 Os resultados deste ensaio têm  
 significação restrita e se aplicam tão  
 somente à(s) amostra(s) ensaiada(s).

A reprodução deste documento depende de autorização prévia por escrito, não sendo permitida a reprodução parcial.

**EPT - ENGENHARIA E PESQUISAS TECNOLÓGICAS S.A.**

Rua Catão, 523 - Lapa - São Paulo/SP - CEP 05049-000 - PABX: (11) 3873-3399 - Fax: (11) 3672-5411 - E-mail: ept@ept.com.br  
 Rua Marcelo Gama, 41 - Porto Alegre/RS - CEP 90540-040 - Fone: (51) 342-7766 - Fax: (51) 342-7642 - E-mail: eptpoa@aol.com



**RELATÓRIO DE ENSAIO**  
**SONDAGEM A PERCUSSÃO**  
 Execução de sondagens de simples  
 reconhecimento dos solos  
 NBR 6484/2001



CONTRATANTE **WTORRE ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO S.A.**  
 OBRA **ESTALEIRO RIO GRANDE S.A.**  
 LOCAL **Rua Maximiano da Fonseca, 4361 - Distrito Industrial - Rio Grande - RS**  
 SONDAGEM **SP.63** COTA **3,300** DATA DE INÍCIO **12/09/2007** COORD. N  
 TÉRMINO **21/09/2007** E

FOLHA N.º **22 CONT. / 23**  
 ESCALA **1 : 100**  
 TRAB. N.º **507027**  
 RE N.º

COTA (m)	PERFIL GEOLOGICO	INTER. GEOLOGICA	PROFUN. CAMADA (m)	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	CONSISTÊNCIA OU COMPACTIDADE	NUMERO DE GOLPES S. P. T.	RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO						N. A. (m)	
							AMOSTRADOR TIPO TERZAGHI							
							N.º DE GOLPES / 30 cm.							
						35	30	25	20	15	10	5		
		AREA	15,70	AREIA FINA COR VERDE	COMP.º	8 21 12 15 15 15	33							
					POUCO COMP.º	3 2 4 15 15 15							6	
					MEDIAº	2 2 2 15 15 15							4	
					MOLEº	1 5 6 15 15 15							11	
-14,70		ARGILA		ARGILA COR CINZA ESCURO	RUAº	2 2 3 15 15 15							5	
					MOLEº	2 5 14 15 15 15							19	
					RUAº	4 5 4 15 15 15							9	
			20,45	AREIA ARGILOSA COR CINZA ESCURO	MEDIAº	4 5 8 15 15 15							13	
		AREA	21,45	AREIA FINA COR CINZA	POUCO COMP.º	3 3 4 15 15 15							7	
					MEDIAº	2 3 2 15 15 15							5	
		ARGILA	23,45	ARGILA ARENOSA COR CINZA ESCURO	MOLEº	0 21 30 15 15 15							51	
					DURAº	0 20 31 15 15 15							51	
		AREA	26,00	AREIA FINA COR CINZA ESCURO	MUITO COMP.º	6 9 10 15 15 15							19	
					RUAº	3 4 2 15 15 15							6	
		ARGILA		ARGILA COR CINZA ESCURO	MEDIAº									
-19,70														
-24,70														
Leitura		Data/Hora	N.A.(m)	Método	Início(m)	Fim(m)	Lavagem por tempo - 10 min.		OBS.:					
1				T. Cavadeira			Profun. Início (m):		47,45 m: LIMITE DE SONDAAGEM					
2				T. Espiral			Estagio 1 (cm):							
3				Lavagem			Estagio 2 (cm):							
							Estagio 3 (cm):							

Porto Alegre, 2 de outubro de 2007

**NOTA IMPORTANTE:**  
 Os resultados deste ensaio têm  
 significação restrita e se aplicam tão  
 somente à(s) amostra(s) ensaiada(s).

**Responsável Técnico**

A reprodução deste documento depende de autorização prévia por escrito, não sendo permitida a reprodução parcial.

**EPT - ENGENHARIA E PESQUISAS TECNOLÓGICAS S.A.**

Rua Catão, 523 - Lapa - São Paulo/SP - CEP 05049-000 - PABX: (11) 3873-3399 - Fax: (11) 3672-5411 - E-mail: ept@ept.com.br  
 Rua Marcelo Gama, 41 - Porto Alegre/RS - CEP 90540-040 - Fone: (51) 342-7766 - Fax: (51) 342-7642 - E-mail: eptpoa@aol.com



**RELATÓRIO DE ENSAIO**  
**SONDAGEM A PERCUSSÃO**  
 Execução de sondagens de simples  
 reconhecimento dos solos  
 NBR 6484/2001

PROJ. ESO FT 011/2001-5032

CONTRATANTE **WTORRE ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO S.A.**FOLHA N.º **22 CONT. / 23**OBRA **ESTALEIRO RIO GRANDE S.A.**ESCALA **1 : 100**LOCAL **Rua Maximiano da Fonseca, 4361 - Distrito Industrial - Rio Grande - RS**TRAB. N.º **507027**SONDAGEM **SP.63** COTA **3,300** DATA DE INÍCIO **12/09/2007** COORD. N  
TÉRMINO **21/09/2007** E

RE N.º

COTA (m)	PERFIL GEOLOGICO	INTER. GEOLOGICA	PROFUND. CAMADA (m)	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	CONSISTÊNCIA OU COMPACTAÇÃO CIDADE	NUMERO DE GOLPES S. P. T.	RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO						N. A. (m)						
							AMOSTRADOR TIPO TERZAGHI												
							N.º DE GOLPES / 30 cm.												
						35	30	25	20	15	10	5							
-29,70		ARGILA		ARGILA COR CINZA ESCURO	MEDIAS	3	4	4							8				
						15	15	15											
						3	4	4											8
						15	15	15											
						3	4	4											8
						15	15	15											
						2	3	4											7
						15	15	15											
						3	5	4											9
						15	15	15											
-34,70	ARGILA			ARGILA COR CINZA ESCURO	MOLES	3	2	3							5				
						15	15	15											
						4	4	4										8	
						15	15	15											
						4	4	4										8	
						15	15	15											
						2	4	3										7	
						15	15	15											
						4	5	5										10	
						15	15	15											
	4	5	6										11						
	15	15	15																
	3	5	6										11						
	15	15	15																
	4	5	6										11						
	15	15	15																
	4	6	8										14						
	15	15	15																

Leitura	Data/Hora	N.A.(m)	Método	Início(m)	Fim(m)	Lavagem por tempo - 10 min.	OBS.:
1	---	---	T. Cavadeira			Profun. Início (m) :	47,45 m: LIMITE DE SONDAAGEM
2	---	---	T. Espiral			Estagio 1 (cm) :	
3	---	---	Lavagem			Estagio 2 (cm) :	
						Estagio 3 (cm) :	

Porto Alegre, 2 de outubro de 2007

Responsável Técnico

**NOTA IMPORTANTE:**  
 Os resultados deste ensaio têm  
 significação restrita e se aplicam tão  
 somente à(s) amostra(s) ensaiada(s).

A reprodução deste documento depende de autorização prévia por escrito, não sendo permitida a reprodução parcial.

**EPT - ENGENHARIA E PESQUISAS TECNOLÓGICAS S.A.**Rua Catão, 523 - Lapa - São Paulo/SP - CEP 05049-000 - PABX: (11) 3873-3399 - Fax: (11) 3672-5411 - E-mail: ept@ept.com.br  
Rua Marcelo Gama, 41 - Porto Alegre/RS - CEP 90540-040 - Fone: (51) 342-7766 - Fax: (51) 342-7642 - E-mail: eptpoa@aol.com



**RELATÓRIO DE ENSAIO**  
**SONDAGEM A PERCUSSÃO**  
 Execução de sondagens de simples  
 reconhecimento dos solos  
 NBR 6484/2001



CONTRATANTE **WTORRE ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO S.A.**

FOLHA N.º **22 CONT. / 23**

OBRA **ESTALEIRO RIO GRANDE S.A.**

ESCALA **1 : 100**

LOCAL **Rua Maximiano da Fonseca, 4361 - Distrito Industrial - Rio Grande - RS**

TRAB. N.º **507027**

SONDAGEM **SP.63** COTA **3,300** DATA DE INÍCIO **12/09/2007** COORD. N  
 TÉRMINO **21/09/2007** E

RE N.º

COTA (m)	PERFIL GEOLOGICO	INTER. GEOLOGICA	PROFUND. CAMADA (m)	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	CONSISTÊNCIA OU COMPACTIDADE	NUMERO DE GOLPES S. P. T.	RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO						N. A. (m)		
							AMOSTRADOR TIPO TERZAGHI N.º DE GOLPES / 30 cm. 35 30 25 20 15 10 5								
	[Hatched Pattern]	ARGILA	45,45	ARGILA COR CINZA ESCURO	RUA*	5	5	7							12
15						15	15								
5						5	7								
	[Hatched Pattern]	ARGILA	46,80	ARGILA COR PRETA	RUA*	6	6	7						13	
15						15	15								
	[Dotted Pattern]	AREIA	47,45	AREIA FINA COR CINZA ESCURO	MEDIA. COMP.*** FOFA**	3	4	10						14	
						15	15	15							
Leitura		Data/Hora	N.A.(m)	Método	Início(m)	Fim(m)	Lavagem por tempo - 10 min.						OBS.:		
1	---	---	---	T. Cavadeira			Profun. Início (m) :						47,45 m: LIMITE DE SONDAAGEM		
2	---	---	---	T. Espiral			Estagio 1 (cm) :								
3	---	---	---	Lavagem			Estagio 2 (cm) :								
							Estagio 3 (cm) :								

Porto Alegre, 2 de outubro de 2007

**NOTA IMPORTANTE:**  
 Os resultados deste ensaio têm  
 significação restrita e se aplicam tão  
 somente à(s) amostra(s) ensaiada(s).



**Responsável Técnico**

A reprodução deste documento depende de autorização prévia por escrito, não sendo permitida a reprodução parcial.

**EPT - ENGENHARIA E PESQUISAS TECNOLÓGICAS S.A.**

Rua Catão, 523 - Lapa - São Paulo/SP - CEP 05049-000 - PABX: (11) 3873-3399 - Fax: (11) 3672-5411 - E-mail: ept@ept.com.br  
 Rua Marcelo Gama, 41 - Porto Alegre/RS - CEP 90540-040 - Fone: (51) 342-7766 - Fax: (51) 342-7642 - E-mail: eptpoa@aol.com



PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAAGEM A PERCUSSÃO						SPC-117							
ENSAIOS SPT REALIZADOS COM A UTILIZAÇÃO DO SISTEMA AUTOMÁTICO DE QUEDA LIVRE DO MARTELO													
COTA E N A	PROF. (m)	PERFIL	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	N° DE GOLPES				AMOS.	PENETRAÇÃO SPT (30cm)				
				PENETRAÇÕES			SPT		10	20	30	40	
1,84 03/09/2007	1,50	[Dotted pattern]	medionamente compacta	04 / 15	05 / 15	06 / 15	11	[Graph line]					
				04 / 15	05 / 15	08 / 15	13						
				04 / 15	02 / 15	01 / 15	03						
	4,00	[Dotted pattern]	fofa a pco. compacta	02 / 15	01 / 15	02 / 15	03						
				04 / 15	03 / 15	02 / 15	05						
				01 / 30	04 / 15	- / -	04/15						
	6,00	[Dotted pattern]	AREIA FINA, MARROM CLARO.	03 / 15	03 / 15	02 / 15	05						
				03 / 15	06 / 15	23 / 15	29						
				22 / 15	22 / 15	25 / 15	47						
	8,00	[Dotted pattern]	compacta a muito compacta	06 / 15	11 / 15	14 / 15	25						
				02 / 17	02 / 15	04 / 15	06						
				03 / 15	04 / 15	06 / 15	10						
	8,50	[Dotted pattern]	pouco a medionamente compacta	03 / 15	03 / 15	07 / 15	10						
				03 / 15	03 / 15	07 / 15	10						
				02 / 15	04 / 15	07 / 15	11						
				compacta	09 / 15	17 / 15	19 / 15						
DATA INICIO: 03/09/07 TERMINO: 05/09/07		COORDENADAS N : 150,8855 E : 304,4175		AVANÇO TRADO: 47,65m LAVAGEM: ---		REVEST. PROF.: 47,00m		COTA 3,19					
 TECNOLOGIA APLICADA S.A.  RUA JOÃO FERREIRA DE CAMARGO, 703 TAMBORÉ - BARUERI - SP CEP 06460-060 PABX: 4196 5400 - FAX 4195 1656				CLIENTE: 									
				LOCAL: PORTO DO RIO GRANDE- RS									
RESPONSÁVEL: EDEMIR AUGUSTO DO COUTO CREA: 0600301773			DESENHISTA: ApS		ESCALA: 1:50		DATA: 08/09/07		DESENHO Nº: S/2046-09(flh.1/6)		REV: R0		

Sondagem realizada segundo as diretrizes da ABGE.  
O resultado da sondagem tem significado restrito e se refere tão somente ao ponto sondado, não devendo ser extrapolado.

AG230

MANUAL DE PROCEDIMENTO MP-035

RELATÓRIO  
AGR/ 2046

PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAGEM A PERCUSSÃO						SPC-117					
ENSAIOS SPT REALIZADOS COM A UTILIZAÇÃO DO SISTEMA AUTOMÁTICO DE QUEDA LIVRE DO MARTELO											
COTA E N A	PROF. (m)	PERFIL	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	Nº DE GOLPES			AMOS.	PENETRAÇÃO SPT (30cm)			
				PENETRAÇÕES				10 20 30 40			
				06	13	13					
	8,50		pouca a medianamente compacta, marrom claro	15	15	15	26				
	10,00			03	04	08	09				
				15	15	15					
	10,00			05	04	03	07				
				15	15	15					
	10,00			02	06	30	36/25				
				20	10	15					
	10,00			06	33	30	63/25				
				15	15	10					
	10,00			30	30	-	30/08				
		15	08	-							
	10,00	33	35	-	35/10						
		15	10	-							
	10,00	20	26	24	50						
		15	15	15							
	10,00	06	18	23	41						
		15	15	15							
	10,00	10	30	-	30/10						
		15	10	-							
	10,00	10	25	30	50/20						
		15	15	05							
	10,00	11	23	30	53/25						
		15	15	10							
	10,00	14	30	-	30/15						
		15	15	-							
	10,00	15	20	30	50/21						
		15	15	08							
	10,00	12	30	-	30/10						
		15	10	-							
	10,00	12	25	30	55/25						
		15	15	10							
	16,50		compacta	03	06	17	23				
	17,00			15	15	15					
DATA		COORDENADAS		AVANÇO		REVEST.		COTA			
INÍCIO: 03/09/07		N: 150,8855		TRADO: 47,65m		PROF.: 47,00m		3,19			
TERMINO: 05/09/07		E: 304,4175		LAVAGEM: ---							
				CLIENTE:							
				LOCAL:		PORTO DO RIO GRANDE - RS					
RUA JOÃO FERREIRA DE CAMARGO, 703 TAMBORÉ - BARUERI - SP CEP 06460-080 FONE: 4195 5400 - FAX 4195 1656											
RESPONSÁVEL:		DESENHISTA:		ESCALA:		DATA:		DESENHO N.		REV:	
EDEMIR AUGUSTO DO COUTO		ApS		1:50		08/09/07		S/2046-09(fih.2/6)		R0	
CREA: 0800301773											

Sondagem realizada segundo as diretrizes da ABGE.  
O resultado da sondagem tem significado restrito e se refere tão somente ao ponto sondado, não devendo ser extrapolado.

AG230

MANUAL DE PROCEDIMENTO MP-035

RELATÓRIO  
AGR/ 2046

PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAAGEM A PERCUSSÃO MECANIZADA						SPC-117									
ENSAIOS SPT REALIZADOS COM A UTILIZAÇÃO DO SISTEMA AUTOMÁTICO DE QUEDA LIVRE DO MARTELO															
COTA E N A	PROF. (m)	PERFIL	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	Nº DE GOLPES			AMOS.	PENETRAÇÃO SPT (30cm)							
				PENETRAÇÕES				10 20 30 40							
17,00			SEDIMENTOS MARINHOS	02	02	06	08								
				15	15	15									
				02	02	05	07								
				15	15	15									
				04	03	03	06								
				15	15	15									
				03	02	02	04								
				15	15	15									
				19,00			02						01	05	06/25
				20	20	10	15								
				04	03	02	05								
				15	20	10									
				04	02	09	11								
				15	20	10									
				20,50		medianamente compacta	10						18	25	43
21,00		muito compacta	15	15	15										
06	04	02	06												
15	15	15													
01	01	02	03												
15	15	15													
03	04	04	08												
15	15	15													
02	02	03	05												
15	15	15													
04	03	04	07												
15	15	15													
01	01	01	02												
15	15	15													
01	01	02	03												
15	15	15													
24,50			07	15	20	35									
25,50		compacta a muito compacta	15	15	15										
08	13	33	46												
15	15	15													

DATA INÍCIO: 03/09/07 TERMINO: 05/09/07	COORDENADAS N : 150,8855 E : 304,4175	AVANÇO TRADO: 47,65m LAVAGEM: ----	REVEST. PROF.: 47,00m	COTA 3,19	
<b>Alphageos</b> TECNOLOGIA APLICADA S.A.		CLIENTE: <b>WTORRE</b> ENGENHARIA	LOCAL: PORTO DO RIO GRANDE - RS		
RUA JOÃO FERREIRA DE CAMARGO, 703 TAMBORÉ - BARUERI - SP CEP 06460-060 PABX: 4196 5400 - FAX 4196 1656					
RESPONSÁVEL: EDENIR AUGUSTO DO COITO CREA: 0600301773	DESENHISTA: ApS	ESCALA: 1:50	DATA: 08/09/07	DESENHO N. S/2046-09(flh.3/6)	REV: RD

Sondagem realizada segundo as diretrizes da ABGE.  
O resultado da sondagem tem significado restrito e se refere tão somente ao ponto sondado, não devendo ser extrapolado.  
AG230



MANUAL DE PROCEDIMENTO MP-035

RELATÓRIO  
AGR/ 2046



PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAAGEM A PERCUSSÃO							SPC-117						
ENSaios SPT REALIZADOS COM A UTILIZAÇÃO DO SISTEMA AUTOMÁTICO DE QUEDA LIVRE DO MARTELO													
COTA E N A	PROF. (m)	PERFIL	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	N° DE GOLPES			AMOS.	PENETRAÇÃO SPT (30cm)					
				PENETRAÇÕES				SPT	10	20	30	40	
25,50			SEDIMENTOS MARINHOS	32 15	-	-	32/15						
			AREIA FINA, COMPACTA A MUITO COMPACTA, CINZA ESVERDEADO.	08 15	20 15	26 15	46						
				08 15	07 15	20 15	27						
27,00				04 15	04 15	03 15	07						
				02 15	03 15	04 15	07						
28,00			multo mole	01 20	01 10	02 15	03						
28,50				02 15	03 15	03 15	06						
29,00			mole	02 15	02 15	03 15	05						
29,50				04 15	04 15	04 15	08						
			ARGILA SILTOSA, MÉDIA, CINZA ESVERDEADO.	03 15	03 15	04 15	07						
				03 15	04 15	04 15	08						
				02 15	03 15	04 15	07						
				02 15	03 15	04 15	07						
				03 15	03 14	05 14	08						
				03 15	04 15	04 15	08						
				04 15	04 15	04 15	08						
34,00				02 15	04 15	04 15	08						

DATA INÍCIO: 03/09/07 TÉRMINO: 05/09/07	COORDENADAS N : 150,8855 E : 304,4175	AVANÇO TRADO: 47,65m LAVAGEM: ----	REVEST. PROF.: 47,00m	COTA 3,19
		CLIENTE: 	LOCAL: PORTO DO RIO GRANDE - RS	
RUA JOÃO FERREIRA DE CAMARGO, 703 TAUBOIRE - BARUERI - SP CEP 06460-060 PABX: 4196 5400 - FAX 4195 1656				
RESPONSÁVEL: EDMIR AUGUSTO DO COUTO CREA: 080301773	DESENHISTA: ApS	ESCALA: 1:50	DATA: 08/09/07	DESENHO N. S/2046-09(flh.4/6)
				REV: RO

Sondagem realizada segundo as diretrizes da ABGE.  
O resultado da sondagem tem significado restrito e se refere tão somente ao ponto sondado, não devendo ser extrapolado.



AG230

MANUAL DE PROCEDIMENTO MP-035

RELATÓRIO  
AGR/ 2046



PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAAGEM A PERCUSSÃO						SPC-117							
ENSAIOS SPT REALIZADOS COM A UTILIZAÇÃO DO SISTEMA AUTOMÁTICO DE QUEDA LIVRE DO MARTELO													
COTA E N. A	PROF. (m)	PERFIL	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	N.º DE GOLPES			AMOS.	PENETRAÇÃO SPT (30cm)					
				PENETRAÇÕES				10	20	30	40		
42,50			cinza esverdeado	06 15	07 15	10 15	17						
43,50			SEDIMENTOS MARINHOS	04 15	05 15	07 15	12						
44,50			ARGILA SILTOSA.	03 15	05 15	07 15	12						
45,00			média	05 15	05 15	06 15	11						
			c/frag. de conchas, preta	04 15	05 15	05 15	10						
				03 15	05 15	06 15	11						
				07 15	06 15	09 15	15						
				-	-	-	▲						
47,00			AREIA FINA, PCO. SILTOSA, MTO. COMPACTA, MARROM CLARO.	06 15	06 15	09 15	15						
47,65			FURO TERMINADO C/47,65m. * PARA OS PRIMEIROS 15cm.	30 10	-	-	30/10						
			▲ ENSAIO NÃO EXECUTADO.	30 15	-	-	30/15						

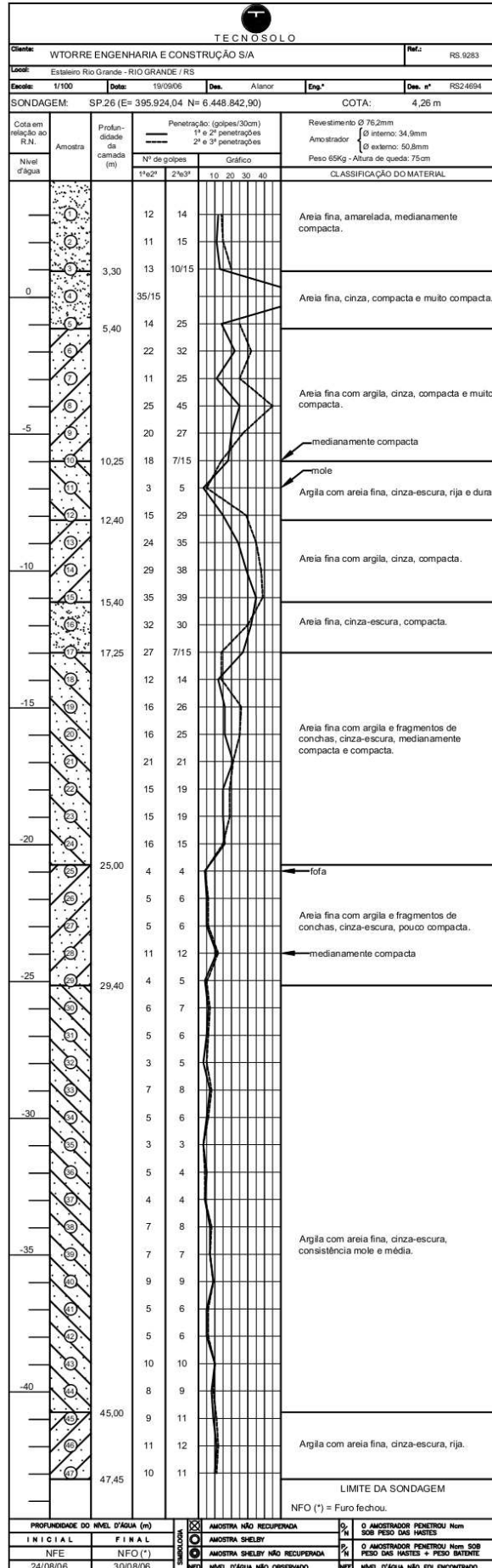
DATA	COORDENADAS	AVANÇO	REVEST.	COTA
INÍCIO: 03/09/07 TÉRMINO: 05/09/07	N : 150,8855 E : 304,4175	TRADO: 47,65m LAVAGEM: ---	PROF.: 47,00m	3,19
		CLIENTE:		
RUA JOÃO FERREIRA DE CAMARGO, 703 TAMBORÉ - BARUERI - SP CEP 06450-080 PABX: 4196 5400 - FAX 4195 1856		LOCAL:	PORTO DO RIO GRANDE - RS	
RESPONSÁVEL:	DESENHISTA:	ESCALA:	DATA:	DESENHO N.
EDEMIR AUGUSTO DO OOUTO CREA: 0600301773	ApS	1:50	08/09/07	S/2046-09(fih.6/6)
				REV: RO

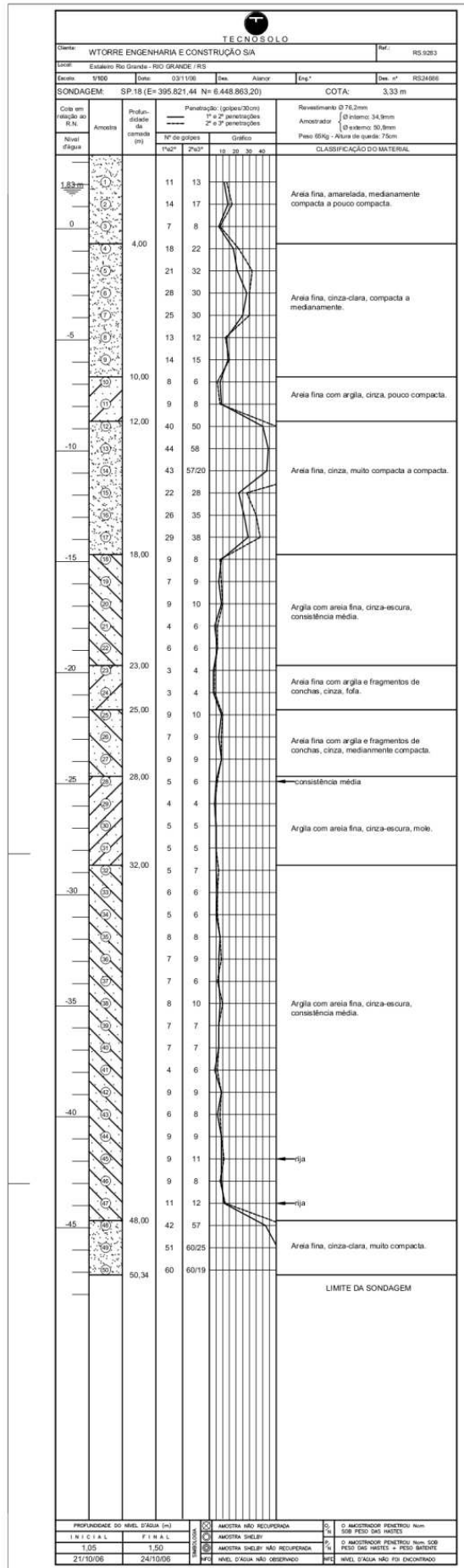
Sondagem realizada segundo as diretrizes da ABGE.  
O resultado da sondagem tem significado restrito e se refere tão somente ao perfil sondado, não devendo ser extrapolado.

AG230

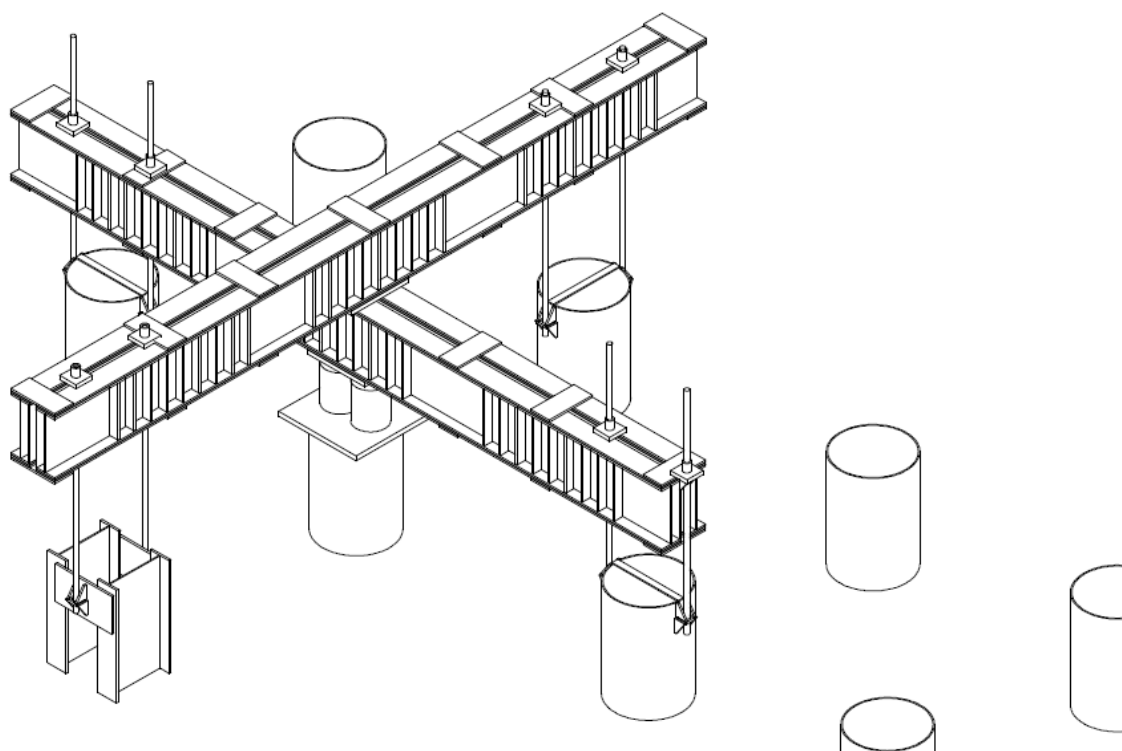
MANUAL DE PROCEDIMENTO MP-035

 RELATÓRIO  
 AGR/ 2046









**Figura A.2 – Esquema de montagem dos ensaios.**

<b>FUNDARE</b> ENGENHARIA		Prova de Carga Estática com carregamento misto - Carga de Compressão- Estaca E4						
Cliente: Engevix								
Local: Estaleiro Rio Grande								
Obra: Pórtico 2000tf								
Data de início do ensaio: 22/12/2012								
Leituras iniciais dos relógios comparadores: FE01: 35,57 FE02: 35,80 FE03: 38,45 FE09: 35,98 Média: 36,45								
Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	Estágios de Carregamento					Deslocamento médio estaca (mm)
			FE01	FE02	FE03	FE04	Média	
51,2	26	0	34,89	35,04	37,98	35,70	35,90	-0,55
		2	34,87	35,02	37,88	35,70	35,87	-0,58
		4	34,87	35,02	37,86	35,70	35,86	-0,59
		8	34,86	35,00	37,86	35,70	35,86	-0,59
		15	34,86	35,00	37,86	35,70	35,86	-0,59
		30	34,86	35,00	37,86	35,70	35,86	-0,59
102,4	52	0	34,22	34,31	37,35	35,24	35,28	-1,17
		2	34,20	34,30	37,34	35,23	35,27	-1,18
		4	34,20	34,29	37,33	35,23	35,26	-1,19
		8	34,20	34,29	37,33	35,23	35,26	-1,19
		15	34,20	34,29	37,33	35,23	35,26	-1,19
		30	34,19	34,29	37,33	35,23	35,26	-1,19
153,6	78	0	33,43	33,41	36,68	34,75	34,57	-1,88
		2	33,42	33,40	36,67	34,74	34,56	-1,89
		4	33,42	33,39	36,66	34,74	34,55	-1,90
		8	33,34	33,37	36,65	34,73	34,52	-1,93
		15	33,36	33,34	36,62	34,72	34,51	-1,94
		30	33,36	33,33	36,60	34,70	34,50	-1,95
204,8	104	0	32,64	32,40	35,92	34,17	33,78	-2,67
		2	32,62	32,38	35,92	34,17	33,77	-2,68
		4	32,59	32,35	35,92	34,17	33,76	-2,69
		8	32,57	32,33	35,89	34,15	33,74	-2,72
		15	32,55	32,28	35,85	34,11	33,70	-2,75
		30	32,55	32,27	35,84	34,10	33,69	-2,76
256,0	130	0	31,75	31,32	35,00	33,44	32,88	-3,57
		2	31,73	31,29	34,97	33,43	32,86	-3,60
		4	31,70	31,25	34,95	33,41	32,83	-3,62
		8	31,68	31,23	34,94	33,40	32,81	-3,64
		15	31,64	31,19	34,90	33,38	32,78	-3,67
		30	31,64	31,17	34,90	33,38	32,77	-3,68

<b>FUNDARE</b> ENGENHARIA		Prova de Carga Estática com carregamento misto - Carga de Compressão- Estaca E4							
Cliente: Engevix									
Local: Estaleiro Rio Grande									
Obra: Pórtico 2000tf									
Data de início do ensaio: 22/12/2012									
Leituras iniciais dos relógios comparadores:		FE01: 35,57 FE02: 35,80 FE03: 38,45 FE09: 35,98 Média: 36,45							
Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	Estágios de Carregamento					Média	Deslocamento médio estaca (mm)
			FE01	FE02	FE03	FE04			
307,2	156	0	30,84	30,24	34,06	32,75	31,97	-4,48	
		2	30,81	30,21	34,04	32,74	31,95	-4,50	
		4	30,79	30,18	34,00	32,74	31,93	-4,52	
		8	30,77	30,15	33,98	32,72	31,91	-4,54	
		15	30,76	30,14	33,95	32,71	31,89	-4,56	
		30	30,75	30,12	33,94	32,70	31,88	-4,57	
332,8	169	0	30,48	29,78	33,60	32,47	31,58	-4,87	
		5	30,40	29,68	33,55	32,44	31,52	-4,93	
358,4	182	0	30,02	29,28	33,14	32,15	31,15	-5,30	
		5	29,90	29,13	33,00	32,05	31,02	-5,43	
384,0	195	0	29,52	28,68	32,55	31,69	30,61	-5,84	
		5	29,42	28,53	32,45	31,62	30,51	-5,95	
409,6	208	0	29,07	28,12	32,04	31,31	30,14	-6,32	
		5	28,88	27,85	31,88	31,19	29,95	-6,50	
435,2	221	0	28,50	27,46	31,45	30,89	29,58	-6,88	
		5	28,40	27,35	31,35	30,81	29,48	-6,97	
460,8	234	0	28,00	26,91	30,86	30,44	29,05	-7,40	
		5	27,90	26,80	30,78	30,38	28,97	-7,49	
486,4	247	0	27,49	26,39	30,33	30,04	28,56	-7,89	
		5	27,35	26,25	30,15	29,90	28,41	-8,04	
512,0	260	0	26,89	25,76	29,64	29,49	27,95	-8,51	
		5	26,76	25,62	29,49	29,36	27,81	-8,64	
		10	26,69	26,54	29,43	29,32	28,00	-8,46	
		30	26,58	26,43	29,35	29,26	27,91	-8,55	
		60	26,42	26,20	29,22	29,18	27,76	-8,70	
		90	26,34	26,12	29,16	29,14	27,69	-8,76	
		120	26,30	26,09	29,14	29,12	27,66	-8,79	

<b>FUNDARE</b> ENGENHARIA		Prova de Carga Estática com carregamento misto - Carga de Compressão- Estaca E4						
Cliente: Engevix								
Local: Estaleiro Rio Grande								
Obra: Pórtico 2000tf								
Data de início do ensaio: 22/12/2012								
Leituras iniciais dos relógios comparadores: FE01: 35,57 FE02: 35,80 FE03: 38,45 FE09: 35,98 Média: 36,45								
Estágios de Descarregamento								
Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	FE01	FE02	FE03	FE04	Média	Deslocamento médio estaca (mm)
409,6	208	0	26,75	25,58	29,61	29,54	27,87	-8,58
		5	26,75	25,59	29,62	29,55	27,88	-8,57
307,2	156	0	27,6	26,56	30,38	30,37	28,73	-7,72
		5	27,63	26,58	30,71	30,39	28,83	-7,62
204,8	104	0	29,28	28,38	32,50	31,76	30,48	-5,97
		5	29,28	28,38	32,50	31,76	30,48	-5,97
102,4	52	0	31,25	30,67	34,67	33,33	32,48	-3,97
		5	31,35	30,77	34,73	33,36	32,55	-3,90
0,0	0	0	34,13	34,27	36,95	34,73	35,02	-1,43
		5	34,19	34,34	37,02	34,78	35,08	-1,37
		10	34,25	34,40	37,03	34,82	35,13	-1,33
		30	34,29	34,44	37,08	34,85	35,17	-1,29
		60	34,32	34,49	37,12	34,88	35,20	-1,25

<b>FUNDARE</b> ENGENHARIA		Prova de Carga Estática com carregamento lento - Carga de Compressão - E24						
Cliente: Engevix								
Local: Estaleiro Rio Grande								
Obra: Pórtico 2000tf								
Data de início do ensaio: 21/12/2012								
Leituras iniciais dos relógios comparadores: FE01: 44,64 FE02: 41,46 FE03: 37,25 FE04: 44,23 Média: 41,90								
Estágios de Carregamento								
Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	FE01	FE02	FE03	FE04	Média	Deslocamento médio estaca (mm)
51,31	26	0	44,20	41,08	36,93	44,08	41,57	-0,32
		2	44,20	41,08	36,93	44,08	41,57	-0,32
		4	44,17	40,99	36,92	44,06	41,54	-0,36
		8	44,17	40,96	36,90	44,01	41,51	-0,38
		15	44,17	40,96	36,90	44,01	41,51	-0,38
		30	44,10	40,90	36,80	43,96	41,44	-0,45
102,62	52	0	43,85	40,65	36,42	43,66	41,15	-0,75
		2	43,83	40,63	36,42	43,65	41,13	-0,76
		4	43,80	40,60	36,41	43,63	41,11	-0,78
		8	43,80	40,57	36,41	43,63	41,10	-0,79
		15	43,75	40,55	36,40	43,62	41,08	-0,81
		30	43,75	40,52	36,40	43,62	41,07	-0,82
153,94	78	0	43,40	40,20	35,99	43,15	40,69	-1,21
		2	43,38	40,15	35,95	43,14	40,66	-1,24
		4	43,35	40,10	35,93	43,12	40,63	-1,27
		8	43,20	40,00	35,85	43,05	40,53	-1,37
		15	43,15	39,90	35,83	43,04	40,48	-1,42
		30	43,14	39,89	35,82	43,03	40,47	-1,43
205,25	104	0	42,75	39,40	35,26	42,52	39,98	-1,91
		2	42,70	39,33	35,24	42,48	39,94	-1,96
		4	42,63	39,25	35,20	42,45	39,88	-2,01
		8	42,58	39,18	35,12	42,40	39,82	-2,08
		15	42,53	39,18	35,11	42,36	39,80	-2,10
		30	42,51	39,16	35,10	42,35	39,78	-2,12
256,56	130	0	41,94	38,46	34,39	41,73	39,13	-2,76
		2	41,88	38,44	34,37	41,69	39,10	-2,80
		4	41,85	38,44	34,35	41,66	39,08	-2,82
		8	41,82	38,40	34,30	41,64	39,04	-2,86
		15	41,80	38,40	34,30	41,61	39,03	-2,87
		30	41,75	38,38	34,28	41,60	39,00	-2,89



<b>FUNDARE</b> ENGENHARIA			Prova de Carga Estática com carregamento lento - Carga de Compressão - E24					
Cliente: Engevix								
Local: Estaleiro Rio Grande								
Obra: Pórtico 2000tf								
Data de início do ensaio: 21/12/2012								
leituras iniciais dos relógios comparadores: FE01: 44,84 FE02: 41,46 FE03: 37,25 FE04: 44,23 Média: 41,90								
Estágios de Carregamento								
Manóm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	FE01	FE02	FE03	FE04	Média	Deslocamento médio estaca (mm)
307,87	156	0	41,37	37,94	33,65	41,26	38,56	-3,34
		2	41,32	37,88	33,60	41,20	38,50	-3,40
		4	41,21	37,81	33,55	41,11	38,42	-3,47
		8	41,16	37,76	33,51	41,04	38,37	-3,53
		15	41,12	37,70	33,46	41,00	38,32	-3,58
		30	41,06	37,64	33,40	40,96	38,27	-3,63
359,19	182	0	40,62	37,22	32,79	40,64	37,82	-4,08
		2	40,56	37,10	32,70	40,58	37,74	-4,16
		4	40,49	37,03	32,63	40,51	37,67	-4,23
		8	40,44	36,93	32,59	40,44	37,60	-4,29
		15	40,40	36,89	32,55	40,42	36,61	-5,28
		30	40,36	36,86	32,50	40,42	37,54	-4,36
410,50	208	0	39,91	36,30	31,76	40,05	37,01	-4,89
		2	39,88	36,26	31,70	40,03	36,97	-4,93
		4	39,86	36,20	31,68	40,02	36,94	-4,95
		8	39,82	36,18	31,62	39,99	36,90	-4,99
		15	39,78	36,15	31,59	39,97	36,87	-5,02
		30	39,75	36,10	31,56	39,95	36,84	-5,05
461,81	234	0	39,29	35,41	30,82	39,46	36,25	-5,65
		2	39,27	35,34	30,74	39,43	36,20	-5,70
		4	39,25	35,25	30,69	39,40	36,15	-5,75
		8	39,20	35,23	30,67	39,37	36,12	-5,78
		15	39,16	35,21	30,61	39,35	36,08	-5,81
		30	39,09	35,03	30,48	39,30	35,98	-5,92
513,12	260,0	0	38,47	34,44	29,78	38,54	35,31	-6,59
		2	38,41	34,40	29,74	38,50	35,26	-6,63
		4	38,38	34,38	29,71	38,46	35,23	-6,66
		8	38,29	34,31	29,65	38,39	35,16	-6,74
		15	38,23	34,20	29,54	38,32	35,07	-6,82
		30	38,23	34,19	29,50	38,28	35,05	-6,85
		720	38,08	34,00	29,15	38,19	34,86	-7,04

<b>FUNDARE</b> ENGENHARIA		Prova de Carga Estática com carregamento lento - Carga de Compressão - E24						
Cliente: Engevix								
Local: Estaleiro Rio Grande								
Obra: Pórtico 2000tf								
Data de início do ensaio: 21/12/2012								
Leituras iniciais dos relógios comparadores: FE01: 44,64 FE02: 41,46 FE03: 37,25 FE04: 44,23 Média: 41,90								
Estágios de Descarregamento								
Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	FE01	FE02	FE03	FE04	Média	Deslocamento médio estaca (mm)
384,84	195,0	0	38,51	34,46	29,83	38,78	35,40	-6,50
		2	38,58	34,49	29,85	38,84	35,44	-6,46
		4	38,58	34,49	29,85	38,85	35,44	-6,45
		8	38,59	34,49	29,85	38,85	35,45	-6,45
		15	38,59	34,49	29,85	38,85	35,45	-6,45
256,56	130,0	0	39,23	35,59	31,31	40,28	36,60	-5,29
		2	39,23	35,61	31,35	40,28	36,63	-5,26
		4	39,23	35,62	31,39	40,29	36,63	-5,26
		8	39,23	35,62	31,39	40,29	36,63	-5,26
		15	39,23	35,63	31,39	40,30	36,64	-5,26
128,28	65,0	0	40,51	36,85	34,13	41,81	38,33	-3,57
		2	40,59	37,01	34,28	41,88	38,44	-3,46
		4	40,65	37,29	34,40	41,92	38,57	-3,33
		8	40,66	37,35	34,46	41,95	38,61	-3,29
		15	40,68	37,41	34,50	41,96	38,64	-3,26
0,00	0,0	0	43,37	40,25	35,82	43,75	40,80	-1,10
		2	43,38	40,26	35,83	43,77	40,81	-1,08
		4	43,40	40,27	35,84	43,78	40,82	-1,07
		8	43,41	40,28	35,84	43,79	40,83	-1,07
		15	43,43	40,28	35,86	43,80	40,84	-1,05

<b>FUNDARE</b> ENGENHARIA		Prova de Carga Estática com carregamento lento - Carga de Compressão - E31						
Cliente: Engevix								
Local: Estaleiro Rio Grande								
Obra: Pórtico 2000tf								
Data de início do ensaio: 12/12/2012								
Leituras iniciais dos relógios comparadores: FE01: 32,39 FE02: 44,05 FE03: 43,41 FE04: 42,99 Média: 40,96								
Estágios de Carregamento								
Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	FE01	FE02	FE03	FE04	Média	Deslocamento médio estaca (mm)
51,31	26	0	32,04	44,65	43,09	42,71	40,62	-0,34
		2	32,04	44,65	43,09	42,71	40,62	-0,34
		4	32,04	44,65	43,09	42,71	40,62	-0,34
		8	32,04	44,63	43,08	42,70	40,61	-0,35
		15	32,04	44,61	43,06	42,70	40,60	-0,36
		30	32,04	44,61	43,06	42,70	40,60	-0,36
102,62	52	0	31,39	44,03	42,51	42,22	40,04	-0,92
		2	31,39	44,02	42,51	42,21	40,03	-0,93
		4	31,38	44,01	42,50	42,21	40,03	-0,94
		8	31,38	44,01	42,50	42,20	40,02	-0,94
		15	31,38	44,01	42,50	42,20	40,02	-0,94
		30	31,37	44,01	42,50	42,20	40,02	-0,94
153,94	78	0	30,84	43,49	42,03	41,71	39,52	-1,44
		2	30,82	43,49	42,03	41,71	39,51	-1,45
		4	30,81	43,48	42,01	41,70	39,50	-1,46
		8	30,81	43,45	41,99	41,70	39,49	-1,47
		15	30,78	43,42	41,97	41,67	39,46	-1,50
		30	30,75	43,40	41,95	41,65	39,44	-1,52
205,25	104	0	30,15	42,75	41,36	41,15	38,85	-2,11
		2	30,14	42,75	41,36	41,15	38,85	-2,11
		4	30,12	42,72	41,33	41,10	38,82	-2,14
		8	30,12	42,72	41,33	41,10	38,82	-2,14
		15	30,12	42,72	41,33	41,10	38,82	-2,14
		30	30,09	42,70	41,31	41,10	38,80	-2,16
256,56	130	0	29,48	42,15	40,80	40,58	38,25	-2,71
		2	29,46	42,14	40,78	40,57	38,24	-2,72
		4	29,45	42,13	40,78	40,56	38,23	-2,73
		8	29,45	42,13	40,78	40,56	38,23	-2,73
		15	29,44	42,11	40,76	40,56	38,22	-2,74
		30	29,44	42,11	40,76	40,56	38,22	-2,74



<b>FUNDARE</b> ENGENHARIA		Prova de Carga Estática com carregamento lento - Carga de Compressão - E31						
Cliente: Engevix								
Local: Estaleiro Rio Grande								
Obra: Pórtico 2000tf								
Data de início do ensaio: 12/12/2012								
Leituras iniciais dos relógios comparadores: FE01: 32,39 FE02: 45,05 FE03: 43,41 FE04: 42,99 Média: 40,96								
Estágios de Carregamento								
Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	FE01	FE02	FE03	FE04	Média	Deslocamento médio estaca (mm)
307,87	156	0	28,85	41,64	40,35	40,11	37,74	-3,22
		2	28,80	41,58	403,00	40,08	128,37	87,41
		4	28,80	41,58	40,30	40,08	37,69	-3,27
		8	28,80	41,56	40,30	40,07	37,68	-3,28
		15	28,79	41,55	40,29	40,07	37,68	-3,29
		30	28,79	41,55	40,29	40,07	37,68	-3,29
359,19	182	0	28,22	41,02	39,80	39,64	37,17	-3,79
		2	28,20	40,96	39,75	39,60	37,13	-3,83
		4	28,19	40,95	39,73	39,59	37,12	-3,85
		8	28,17	40,93	39,71	39,57	35,82	-5,14
		15	28,17	40,92	39,70	39,57	37,09	-3,87
		30	28,14	40,91	39,69	39,56	37,08	-3,89
410,50	208	0	27,57	40,42	39,23	39,10	36,58	-4,38
		2	27,53	40,39	39,20	39,08	36,55	-4,41
		4	27,50	40,37	39,18	39,61	36,66	-4,30
		8	27,47	40,35	39,16	39,04	36,51	-4,46
		15	27,46	40,33	39,15	39,02	36,49	-4,47
		30	27,43	40,32	39,10	39,01	36,47	-4,50
461,81	234	0	26,80	39,65	38,50	38,50	35,86	-5,10
		2	26,76	39,57	38,47	38,46	35,82	-5,15
		4	26,72	39,51	38,40	38,42	35,76	-5,20
		8	26,67	39,50	38,39	38,40	35,74	-5,22
		15	26,67	39,49	38,38	38,38	35,73	-5,23
		30	26,61	39,47	38,37	38,35	35,70	-5,26
513,12	260,0	0	25,91	38,86	37,80	37,71	35,07	-5,89
		2	25,79	38,71	37,68	37,63	34,95	-6,01
		4	25,72	38,55	37,51	37,55	34,83	-6,13
		8	25,68	38,50	37,49	37,53	34,80	-6,16
		15	25,65	38,48	37,46	37,51	34,78	-6,19
		30	25,58	38,40	37,42	37,44	34,71	-6,25
		720	25,32	38,15	37,18	37,20	34,46	-6,50

<b>FUNDARE</b> ENGENHARIA		Prova de Carga Estática com carregamento lento - Carga de Compressão - E31						
Cliente: Engevix								
Local: Estaleiro Rio Grande								
Obra: Pórtico 2000ef								
Data de início do ensaio: 12/12/2012								
leituras iniciais dos relógios comparadores: FE01: 32,39 - FE02: 45,05 - FE03: 43,41 - FE04: 42,99 Média: 40,96								
Estágios de Descarregamento								
Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	FE01	FE02	FE03	FE04	Média	Deslocamento médio estaca (mm)
384,84	195,0	0	26,10	38,61	37,63	37,78	35,03	-5,93
		2	26,10	38,61	37,63	37,78	35,03	-5,93
		4	26,10	38,61	37,63	37,78	35,03	-5,93
		8	26,11	38,61	37,63	37,78	35,03	-5,93
		15	26,11	38,62	37,63	37,78	35,04	-5,93
256,56	130,0	0	27,31	39,65	38,61	38,72	36,07	-4,89
		2	27,32	39,70	38,63	38,75	36,10	-4,86
		4	27,33	39,70	38,63	38,76	36,11	-4,86
		8	27,33	39,71	38,63	38,76	36,11	-4,85
		15	27,35	39,71	38,64	38,77	36,12	-4,84
128,28	65,0	0	28,94	41,19	40,04	40,14	37,58	-3,38
		2	29,06	41,21	40,06	40,21	37,64	-3,33
		4	29,11	41,37	40,17	40,28	37,73	-3,23
		8	29,11	41,38	40,17	40,28	37,74	-3,23
		15	29,12	41,42	40,21	40,30	37,76	-3,20
0,00	0,0	0	31,43	43,75	42,30	42,18	39,92	-1,05
		2	31,47	43,79	42,33	42,24	39,96	-1,00
		4	31,47	43,80	42,33	42,26	39,97	-1,00
		8	31,47	43,81	42,34	42,26	39,97	-0,99
		15	31,53	43,85	42,39	42,29	40,02	-0,95

<b>FUNDARE</b> ENGENHARIA		Prova de Carga Estática com carregamento lento - Carga de Compressão - E31						
Cliente: Engovix								
Local: Estaleiro Rio Grande								
Obra: Pórtico 2000tf								
Data de início do ensaio: 11/12/2012								
leituras iniciais dos relógios comparadores: FE01: 39,70 FE02: 46,88 FE03: 39,43 FE04: 31,90 Média: 39,48								
Estágios de Carregamento								
Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	FE01	FE02	FE03	FE04	Média	Deslocamento médio estaca (mm)
51,31	26	0	39,46	46,57	39,20	31,67	39,23	-0,25
		2	39,43	46,56	39,19	31,64	39,21	-0,27
		4	39,39	46,51	39,14	31,62	39,17	-0,31
		8	39,39	46,51	39,14	31,62	39,17	-0,31
		15	39,39	46,51	39,14	31,62	39,17	-0,31
		30	39,39	46,51	39,14	31,62	39,17	-0,31
102,62	52	0	38,90	46,00	38,68	31,21	38,70	-0,78
		2	38,90	46,00	38,68	31,20	38,70	-0,78
		4	38,90	46,00	38,68	31,20	38,70	-0,78
		8	38,89	45,99	38,67	31,20	38,69	-0,79
		15	38,89	45,99	38,67	31,20	38,69	-0,79
		30	38,89	45,99	38,67	31,20	38,69	-0,79
153,94	78	0	38,34	45,43	38,20	30,71	38,17	-1,31
		2	38,33	45,42	38,19	30,70	38,16	-1,32
		4	38,31	45,42	38,19	30,69	38,15	-1,33
		8	38,31	45,41	38,19	30,68	38,15	-1,33
		15	38,31	45,41	38,19	30,68	38,15	-1,33
		30	38,30	45,40	38,19	30,68	38,14	-1,34
205,25	104	0	37,80	44,92	37,78	30,26	37,69	-1,79
		2	37,75	44,90	37,78	30,22	37,66	-1,82
		4	37,69	44,85	37,71	30,18	37,61	-1,87
		8	37,68	44,81	37,66	30,17	37,58	-1,90
		15	37,66	44,78	37,62	30,14	37,55	-1,93
		30	37,64	44,78	37,62	30,13	37,54	-1,94
256,56	130	0	37,14	44,27	37,22	29,69	37,08	-2,40
		2	37,06	44,18	37,14	29,61	37,00	-2,48
		4	37,01	44,15	37,13	29,57	36,97	-2,51
		8	36,99	44,13	37,09	29,55	36,94	-2,54
		15	36,86	44,11	37,08	29,54	36,90	-2,58
		30	36,95	44,10	37,06	29,52	36,91	-2,57



<b>FUNDARE</b> ENGENHARIA		Prova de Carga Estática com carregamento lento - Carga de Compressão - E31						
Cliente: Engevix								
Local: Estaleiro Rio Grande								
Obra: Pórtico 2000tf								
Data de início do ensaio: 11/12/2012								
Leituras iniciais dos relógios comparadores: FE01: 39,70 FE02: 46,88 FE03: 39,43 FE04: 31,90 Média: 39,48								
Estágios de Carregamento								
Manômi. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	FE01	FE02	FE03	FE04	Média	Deslocamento médio estaca (mm)
307,87	156	0	36,35	43,50	36,53	29,00	36,35	-3,13
		2	36,30	43,45	36,49	28,95	36,30	-3,18
		4	36,27	43,43	36,47	28,92	36,27	-3,21
		8	36,23	43,42	36,45	28,89	36,25	-3,23
		15	36,18	43,35	36,41	28,86	36,20	-3,28
		30	36,16	43,34	36,40	28,85	36,19	-3,29
359,19	182	0	35,58	42,75	35,86	28,35	35,64	-3,84
		2	35,45	42,64	35,75	28,22	35,52	-3,96
		4	35,40	42,60	35,75	28,20	35,49	-3,99
		8	35,39	42,51	35,65	28,18	35,43	-4,05
		15	35,34	42,48	35,63	28,14	35,40	-4,08
		30	35,30	42,44	35,60	28,10	35,36	-4,12
410,50	208	0	34,61	41,78	35,00	27,50	34,72	-4,76
		2	34,55	41,74	34,96	27,45	34,68	-4,80
		4	34,52	41,70	34,93	27,42	34,64	-4,84
		8	34,50	41,69	34,91	27,40	34,63	-4,85
		15	34,43	41,51	34,78	27,33	34,51	-4,97
		30	34,34	41,47	34,69	27,25	34,44	-5,04
461,81	234	0	33,53	40,75	34,08	26,54	33,73	-5,75
		2	33,45	40,63	33,91	26,48	33,62	-5,86
		4	33,44	40,61	33,90	26,45	33,60	-5,88
		8	33,36	40,39	33,59	26,26	33,40	-6,08
		15	33,30	40,37	33,59	26,24	33,38	-6,10
		30	33,23	40,36	33,59	26,23	33,35	-6,13
513,12	260,0	0						
		2						
		4						
		8						
		15						
		30						
		720						

<b>FUNDARE</b> ENGENHARIA		Prova de Carga Estática com carregamento misto - Carga de Compressão- Estaca E434						
Cliente: Engevix								
Local: Estaleiro Rio Grande								
Obra: Pórtico 2000tf								
Data de início do ensaio: 23/01/2013								
Leituras iniciais dos relógios comparadores: FE01: 44,87 FE02: 33,66 FE03: 36,29 FE09: 43,34 Média: 39,54								
Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	Estágios de Carregamento					Deslocamento médio estaca (mm)
			FE01	FE02	FE03	FE04	Média	
51,2	26	0	44,52	33,44	35,96	43,08	39,25	-0,29
		2	44,52	33,43	35,95	43,08	39,25	-0,29
		4	44,51	33,43	35,95	43,07	39,24	-0,30
		8	44,51	33,43	35,94	43,07	39,24	-0,30
		15	44,51	33,43	35,94	43,07	39,24	-0,30
		30	44,51	33,43	35,94	43,07	39,24	-0,30
102,4	52	0	44,20	33,04	35,54	42,82	38,90	-0,64
		2	44,20	33,03	35,54	42,81	38,90	-0,64
		4	44,19	33,02	35,53	42,81	38,89	-0,65
		8	44,19	33,01	35,53	42,81	38,89	-0,66
		15	44,19	33,01	35,53	42,81	38,89	-0,66
		30	44,18	33,01	35,53	42,80	38,88	-0,66
153,6	78	0	43,70	32,52	34,94	42,34	38,38	-1,17
		2	43,70	32,51	34,93	42,33	38,37	-1,17
		4	43,69	32,51	34,93	42,33	38,37	-1,18
		8	43,69	32,50	34,92	42,32	38,36	-1,18
		15	43,68	32,50	34,90	42,30	38,35	-1,20
		30	43,67	32,49	34,90	42,30	38,34	-1,20
204,8	104	0	43,19	31,98	34,34	41,85	37,84	-1,70
		2	43,18	31,97	34,33	41,84	37,83	-1,71
		4	43,17	31,96	34,31	41,83	37,82	-1,72
		8	43,15	31,93	34,28	41,80	37,79	-1,75
		15	43,13	31,91	34,28	41,80	37,78	-1,76
		30	43,12	31,90	34,27	41,80	37,77	-1,77
256,0	130	0	42,58	31,34	33,64	41,28	37,21	-2,33
		2	42,57	31,33	33,63	41,28	37,20	-2,34
		4	42,54	31,29	33,59	41,24	37,17	-2,38
		8	42,51	31,26	33,53	41,21	37,13	-2,41
		15	42,47	31,20	33,50	41,20	37,09	-2,45
		30	42,44	31,18	33,47	41,17	37,07	-2,48

<b>FUNDARE</b> ENGENHARIA		Prova de Carga Estática com carregamento misto - Carga de Compressão- Estaca E434						
Cliente: Engevix								
Local: Estaleiro Rio Grande								
Obra: Pórtico 2000ef								
Data de início do ensaio: 23/01/2013								
Leituras iniciais dos relógios comparadores:		FE01: 44,87 FE02: 33,66 FE03: 36,29 FE09: 43,34 Média: 39,54						
Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	Estágios de Carregamento				Média	Deslocamento médio estaca (mm)
			FE01	FE02	FE03	FE04		
307,2	156	0	41,89	30,58	32,81	40,60	36,47	-3,07
		2	41,85	30,55	32,80	40,59	36,45	-3,09
		4	41,81	30,50	32,80	40,57	36,42	-3,12
		8	41,80	30,48	32,75	40,56	36,40	-3,14
		15	41,74	30,43	32,68	40,52	36,34	-3,20
		30	41,71	30,40	32,66	40,49	36,32	-3,23
332,8	169	0	41,52	30,19	32,45	40,30	36,12	-3,43
		5	41,44	30,09	32,36	40,23	36,03	-3,51
358,4	182	0	41,16	29,78	32,06	39,98	35,75	-3,80
		5	41,03	29,66	31,90	39,84	35,61	-3,93
384,0	195	0	40,75	29,34	31,58	39,57	35,31	-4,23
		5	40,64	29,23	31,48	39,48	35,21	-4,33
409,6	208	0	40,32	28,87	31,13	39,20	34,88	-4,66
		5	40,26	28,80	31,04	39,11	34,80	-4,74
435,2	221	0	39,92	28,44	30,65	38,78	34,45	-5,09
		5	39,78	28,30	30,50	38,64	34,31	-5,24
460,8	234	0	39,49	27,98	30,19	38,36	34,01	-5,54
		5	39,30	27,78	30,00	38,20	33,82	-5,72
486,4	247	0	39,02	27,48	29,79	37,92	33,55	-5,99
		5	38,82	27,28	29,47	37,73	33,33	-6,22
512,0	260	0	38,50	26,92	29,11	37,44	32,99	-6,55
		5	38,33	26,71	28,90	37,26	32,80	-6,74
		10	38,23	26,61	28,79	37,16	32,70	-6,84
		30	38,12	26,50	28,68	37,07	32,59	-6,95
		60	38,07	26,44	28,58	36,96	32,51	-7,03
		90	38,02	26,39	28,54	36,90	32,46	-7,08
		120	37,99	26,35	28,50	36,90	32,44	-7,11

<b>FUNDARE</b> ENGENHARIA		Prova de Carga Estática com carregamento misto - Carga de Compressão- Estaca E434						
Cliente: Engevix								
Local: Estaleiro Rio Grande								
Obra: Pórtico 2000tf								
Data de início do ensaio: 23/01/2013								
Leituras iniciais dos relógios comparadores: FE01: 44,87 FE02: 33,66 FE03: 36,29 FE09: 43,34 Média: 39,54								
Estágios de Descarregamento								
Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	FE01	FE02	FE03	FE04	Média	Deslocamento médio estaca (mm)
409,6	208	0	38,41	26,82	29,07	37,37	32,92	-6,62
		5	38,42	26,84	29,09	37,38	32,93	-6,61
307,2	156	0	39,09	27,59	29,90	38,07	33,66	-5,88
		5	39,13	27,59	29,91	38,08	33,68	-5,86
204,8	104	0	40,09	28,65	31,10	39,05	34,72	-4,82
		5	40,13	28,68	31,12	39,07	34,75	-4,79
102,4	52	0	41,44	30,10	32,66	40,34	36,14	-3,41
		5	41,52	30,20	32,72	40,40	36,21	-3,33
0,0	0	0	43,17	32,00	34,66	42,00	37,96	-1,58
		5	43,25	32,09	34,72	42,09	38,04	-1,50



<b>FUNDARE</b> ENGENHARIA		Prova de Carga Estática com carregamento misto - Carga de Compressão- Estaca E501						
Cliente: Engevix								
Local: Estaleiro Rio Grande								
Obra: Pórtico 2000tf								
Data de início do ensaio: 19/02/2013								
Leituras iniciais dos relógios comparadores: FE01: 43,40 FE02: 38,12 FE03: 42,06 FE04: 41,01 Média: 41,15								
Estágios de Carregamento								
Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	FE01	FE02	FE03	FE04	Média	Deslocamento médio estaca (mm)
51,2	26	0	43,05	37,73	41,67	40,64	40,77	-0,38
		2	43,05	37,73	41,67	40,64	40,77	-0,38
		4	43,05	37,71	41,66	40,62	40,76	-0,39
		8	43,05	37,71	41,66	40,61	40,76	-0,39
		15	43,05	37,70	41,65	40,61	40,75	-0,40
		30	43,05	37,70	41,65	40,61	40,75	-0,40
102,4	52	0	42,59	37,20	41,12	40,09	40,25	-0,90
		2	42,58	37,20	41,11	40,08	40,24	-0,91
		4	42,56	37,19	41,11	40,08	40,24	-0,91
		8	42,55	37,17	41,10	40,06	40,22	-0,93
		15	42,55	37,17	41,10	40,06	40,22	-0,93
		30	42,55	37,17	41,10	40,06	40,22	-0,93
153,6	78	0	42,00	36,57	40,45	39,43	39,61	-1,54
		2	41,99	36,56	40,44	39,42	39,60	-1,54
		4	41,98	36,54	40,43	39,41	39,59	-1,56
		8	41,95	36,51	40,40	39,38	39,56	-1,59
		15	41,91	36,47	40,36	39,34	39,52	-1,63
		30	41,88	36,44	40,32	39,30	39,49	-1,66
204,8	104	0	41,42	35,92	39,76	38,74	38,96	-2,19
		2	41,41	35,91	39,75	38,74	38,95	-2,20
		4	41,39	35,89	39,73	38,71	38,93	-2,22
		8	41,38	35,87	39,70	38,69	38,91	-2,24
		15	41,34	35,84	39,68	38,67	38,88	-2,26
		30	41,33	35,84	39,68	38,67	38,88	-2,27
256,0	130	0	40,71	35,22	39,00	38,02	38,24	-2,91
		2	40,69	35,14	38,95	37,95	38,18	-2,97
		4	40,68	35,10	38,91	37,90	38,15	-3,00
		8	40,64	35,07	38,88	37,88	38,12	-3,03
		15	40,60	35,04	38,85	37,85	38,09	-3,06
		30	40,58	35,01	38,83	37,83	38,06	-3,09



<b>FUNDARE</b>		Prova de Carga Estática com carregamento misto - Carga de Compressão- Estaca E501						
<b>ENGENHARIA</b>								
Cliente: Engevix								
Local: Estaleiro Rio Grande								
Obra: Pórtico 2000tf								
Data de início do ensaio: 14/02/2013								
Leituras iniciais dos relógios comparadores:		FE01: 43,40 FE02: 38,12 FE03: 42,06 FE04: 41,01 Média: 41,15						
		Estágios de Carregamento						
Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	FE01	FE02	FE03	FE04	Média	Deslocamento médio estaca (mm)
307,2	156	0	40,03	34,40	38,17	37,20	37,45	-3,70
		2	39,96	34,36	38,10	37,14	37,39	-3,76
		4	39,92	34,28	38,06	37,09	37,34	-3,81
		8	39,89	34,24	38,03	37,06	37,31	-3,84
		15	39,86	34,22	38,01	37,03	37,28	-3,87
		30	39,84	34,20	37,99	37,01	37,26	-3,89
332,8	169	0	39,60	33,92	37,69	36,72	36,98	-4,17
		5	39,51	33,81	37,60	36,64	36,89	-4,26
358,4	182	0	39,23	33,50	37,25	36,31	36,57	-4,58
		5	39,05	33,35	37,10	36,17	36,42	-4,73
384,0	195	0	38,75	32,99	36,76	35,83	36,08	-5,07
		5	38,64	32,86	36,63	35,71	35,96	-5,19
409,6	208	0	38,36	32,54	36,26	35,37	35,63	-5,52
		5	38,25	32,40	36,12	35,24	35,50	-5,65
435,2	221	0	37,90	32,00	35,67	34,82	35,10	-6,05
		5	37,81	31,91	35,59	34,74	35,01	-6,14
460,8	234	0	37,46	31,50	35,15	34,34	34,61	-6,54
		5	37,33	31,35	35,00	34,20	34,47	-6,68
486,4	247	0	37,05	31,02	34,64	33,85	34,14	-7,01
		5	36,85	30,81	34,44	33,65	33,94	-7,21
512,0	260	0	36,62	30,52	34,14	33,39	33,67	-7,48
		5	36,51	30,39	34,01	33,27	33,55	-7,60
		10	36,38	30,25	33,22	33,10	33,24	-7,91
		30	36,27	30,13	33,71	32,96	33,27	-7,88
		60	36,13	29,97	33,57	32,82	33,12	-8,03
		90	35,91	29,75	33,22	32,57	32,86	-8,29
		120	35,80	29,61	33,14	32,40	32,74	-8,41

<b>FUNDARE</b> <b>ENGENHARIA</b>		Prova de Carga Estática com carregamento misto - Carga de Compressão- Estaca E501						
Cliente: Engevix								
Local: Estaleiro Rio Grande								
Obra: Pórtico 2000tf								
Data de início do ensaio: 12/02/2013								
Leituras iniciais dos relógios comparadores: FE01: 43,40 FE02: 38,12 FE03: 42,06 FE04: 41,01 Média: 41,15								
Estágios de Descarregamento								
Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	FE01	FE02	FE03	FE04	Média	Deslocamento médio estaca (mm)
409,6	208	0	36,27	30,21	33,84	33,03	33,34	-7,81
		5	36,32	30,26	33,95	33,16	33,42	-7,73
307,2	156	0	37,02	31,08	34,79	33,90	34,20	-6,95
		5	37,25	31,33	35,10	34,24	34,48	-6,67
204,8	104	0	38,35	32,49	36,40	35,47	35,68	-5,47
		5	38,65	32,82	36,61	35,66	35,94	-5,21
102,4	52	0	40,06	34,34	38,17	37,18	37,44	-3,71
		5	40,37	34,66	38,48	37,50	37,75	-3,40
0,0	0	0	42,04	36,50	40,46	39,42	39,61	-1,54
		5	42,17	36,61	40,55	39,51	39,71	-1,44

<b>FUNDARE</b> ENGENHARIA		Prova de Carga Estática com carregamento misto - Carga de Compressão- Estaca E430							
Cliente: Engevix									
Local: Estaleiro Rio Grande									
Obra: Pórtico 2000tf									
Data de início do ensaio: 06/02/2012									
Leituras iniciais dos relógios comparadores: FE01: 29,45 FE02: 40,49 FE03: 43,44 FE04: 34,91 Média: 37,07									
Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	Estágios de Carregamento					Média	Deslocamento médio estaca (mm)
			FE01	FE02	FE03	FE04			
51,2	26	0	29,22	40,29	43,11	33,89	36,63	-0,45	
		2	29,22	40,29	43,11	33,89	36,63	-0,45	
		4	29,21	40,28	43,10	33,89	36,62	-0,45	
		8	29,21	40,28	43,10	33,89	36,62	-0,45	
		15	29,21	40,28	43,09	33,88	36,62	-0,46	
		30	29,21	40,28	43,09	33,88	36,62	-0,46	
102,4	52	0	28,92	40,00	42,68	33,48	36,27	-0,80	
		2	28,92	40,00	42,68	33,47	36,27	-0,81	
		4	28,91	39,99	42,67	33,46	36,26	-0,81	
		8	28,90	39,97	42,67	33,45	36,25	-0,82	
		15	28,82	39,89	42,65	33,44	36,20	-0,87	
		30	28,82	39,89	42,65	33,44	36,20	-0,87	
153,6	78	0	28,25	39,28	42,12	32,84	35,62	-1,45	
		2	28,22	39,26	42,08	32,84	35,60	-1,47	
		4	28,22	39,26	42,08	32,82	35,60	-1,48	
		8	28,22	39,26	42,08	32,81	35,59	-1,48	
		15	28,22	39,26	42,08	32,81	35,59	-1,48	
		30	28,19	39,22	42,06	32,78	35,56	-1,51	
204,8	104	0	27,63	38,67	41,50	32,16	34,99	-2,08	
		2	27,60	38,64	41,47	32,14	34,96	-2,11	
		4	27,56	38,60	41,45	32,10	34,93	-2,15	
		8	27,54	38,58	41,44	32,06	34,91	-2,17	
		15	27,50	38,55	41,40	32,01	34,87	-2,21	
		30	27,44	38,50	41,38	32,00	34,83	-2,24	
256,0	130	0	26,89	37,93	40,73	31,28	34,21	-2,87	
		2	26,87	37,90	40,70	31,28	34,19	-2,89	
		4	26,84	37,88	40,66	31,27	34,16	-2,91	
		8	26,82	37,87	40,61	31,20	34,13	-2,95	
		15	26,80	37,85	40,58	31,18	34,10	-2,97	
		30	26,78	37,82	40,58	31,14	34,08	-2,99	

<b>FUNDARE</b> ENGENHARIA		Prova de Carga Estática com carregamento misto - Carga de Compressão - Estaca E430						
Cliente: Engevix								
Local: Estaleiro Rio Grande								
Obra: Pórtico 2000tf								
Data de início do ensaio: 06/02/2012								
Leituras iniciais dos relógios comparadores:		FE01: 29,45 FE02: 40,49 FE03: 43,44 FE09: 34,91 Média: 37,07						
Mandm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	Estágios de Carregamento				Média	Deslocamento médio estaca (mm)
			FE01	FE02	FE03	FE04		
307,2	156	0	26,06	37,10	39,84	30,39	33,35	-3,73
		2	26,04	37,08	39,83	30,35	33,33	-3,75
		4	26,02	37,07	39,80	30,32	33,30	-3,77
		8	26,00	37,05	39,73	30,30	33,27	-3,80
		15	25,98	37,02	39,70	30,25	33,24	-3,84
		30	25,96	37,00	39,67	30,22	33,21	-3,86
332,8	169	0	25,63	36,68	39,42	29,94	32,92	-4,15
		5	25,55	36,60	39,35	29,82	32,83	-4,24
358,4	182	0	25,30	36,35	38,96	29,49	32,53	-4,55
		5	25,19	36,24	38,84	29,36	32,41	-4,67
384,0	195	0	24,75	35,79	38,43	28,89	31,97	-5,11
		5	24,61	35,66	38,28	28,75	31,83	-5,25
409,6	208	0	24,20	35,26	37,90	28,40	31,44	-5,63
		5	24,14	35,21	37,76	28,25	31,34	-5,73
435,2	221	0	23,74	34,78	37,43	27,86	30,95	-6,12
		5	23,59	34,63	37,26	27,69	30,79	-6,28
460,8	234	0	23,22	34,25	36,78	27,26	30,38	-6,70
		5	23,14	34,17	36,68	27,13	30,28	-6,79
486,4	247	0	22,65	33,65	36,28	26,72	29,83	-7,25
		5	22,56	33,56	36,17	26,56	29,71	-7,36
512,0	260	0	22,26	33,26	35,77	26,10	29,35	-7,73
		5	22,09	33,06	35,69	26,01	29,21	-7,86
		10	22,91	32,99	35,60	25,91	29,35	-7,72
		30	21,71	32,68	35,35	25,75	28,87	-8,20
		60	21,67	32,64	35,29	25,72	28,83	-8,24
		90	21,62	32,60	35,18	25,67	28,77	-8,31
		120	21,59	32,56	35,15	25,53	28,71	-8,36



<b>FUNDARE</b>		Prova de Carga Estática com carregamento misto - Carga de Compressão- Estaca E430						
<b>ENGENHARIA</b>		E430						
Cliente: Engevix								
Local: Estaleiro Rio Grande								
Obra: Pórtico 2000tf								
Data de início do ensaio: 06/02/2012								
Leituras iniciais dos relógios comparadores: FE01: 29,45 FE02: 40,49 FE03: 43,44 FE09: 34,91 Média: 37,07								
Estágios de Descarregamento								
Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	FE01	FE02	FE03	FE04	Média	Deslocamento médio estaca (mm)
409,6	208	0	22,27	33,23	35,71	26,24	29,36	-7,71
		5	22,33	33,33	35,80	26,34	29,45	-7,62
307,2	156	0	23,29	34,29	36,77	27,30	30,41	-6,66
		5	23,33	34,34	36,80	27,32	30,45	-6,63
204,8	104	0	24,52	35,64	38,08	28,59	31,71	-5,37
		5	24,64	35,76	38,20	28,75	31,84	-5,24
102,4	52	0	26,20	37,34	39,77	30,48	33,45	-3,63
		5	26,29	37,43	39,92	30,59	33,56	-3,52
0,0	0	0	27,98	39,16	41,75	32,48	35,34	-1,73
		5	28,01	39,20	41,80	32,52	35,38	-1,69
		30	28,07	39,23	41,88	32,58	35,44	-1,63
		60	28,11	39,28	42,00	32,68	35,52	-1,56

<b>FUNDARE</b> ENGENHARIA		Prova de Carga Estática com carregamento misto - Carga de Compressão- Estaca E327						
Cliente: Engevix								
Local: Estaleiro Rio Grande								
Obra: Pórtico 2000tf								
Data de início do ensaio: 07/02/2012								
Leituras Iniciais dos relógios comparadores: FE01: 49,02 FE02: 29,85 FE03: 40,74 FE04: 38,43 Média: 39,51								
Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	Estágios de Carregamento				Média	Deslocamento médio estaca (mm)
			FE01	FE02	FE03	FE04		
51,2	26	0	48,71	29,45	40,33	38,05	39,14	-0,38
		2	48,70	29,44	40,38	38,04	39,14	-0,37
		4	48,70	29,44	40,38	38,04	39,14	-0,37
		8	48,70	29,43	40,38	38,04	39,14	-0,37
		15	48,69	29,43	40,38	38,03	39,13	-0,38
		30	48,69	29,42	40,37	38,03	39,13	-0,38
102,4	52	0	48,26	29,00	39,97	37,61	38,71	-0,80
		2	48,26	28,99	39,96	37,61	38,71	-0,81
		4	48,25	28,98	39,96	37,60	38,70	-0,81
		8	48,23	28,96	39,95	37,59	38,68	-0,83
		15	48,22	28,95	39,94	37,57	38,67	-0,84
		30	48,22	28,95	39,92	37,55	38,66	-0,85
153,6	78	0	47,66	28,42	39,48	37,08	38,16	-1,35
		2	47,66	28,42	39,47	37,08	38,16	-1,35
		4	47,65	28,41	39,45	37,06	38,14	-1,37
		8	47,65	28,41	39,45	37,05	38,14	-1,37
		15	47,63	28,39	39,45	37,03	38,13	-1,39
		30	47,61	28,39	39,45	37,03	38,12	-1,39
204,8	104	0	47,05	28,02	38,59	36,25	37,48	-2,03
		2	47,00	27,98	38,58	36,24	37,45	-2,06
		4	46,99	27,94	38,56	36,22	37,43	-2,08
		8	46,96	27,93	38,54	36,20	37,41	-2,10
		15	46,93	27,91	38,53	36,17	37,39	-2,13
		30	46,93	27,90	38,53	36,16	37,38	-2,13
256,0	130	0	46,28	27,32	38,00	35,57	36,79	-2,72
		2	46,26	27,31	37,99	35,55	36,78	-2,73
		4	46,24	27,28	37,96	35,53	36,75	-2,76
		8	46,21	27,24	37,90	35,46	36,70	-2,81
		15	46,19	27,22	37,89	35,45	36,69	-2,82
		30	46,18	27,20	37,89	35,44	36,68	-2,83

<b>FUNDARE</b>		Prova de Carga Estática com carregamento misto - Carga de Compressão - Estaca E327						
<b>EMPRESA</b>								
Cliente: Engexia								
Local: Estaleiro Rio Grande								
Obra: Pórtico 2000tf								
Data de início do ensaio: 07/02/2012								
Leituras iniciais dos relógios comparadores:		FE01: 49,02 FE02: 29,85 FE03: 40,74 FE04: 38,43 Média: 39,51						
		Estágios de Carregamento						
Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	FE01	FE02	FE03	FE04	Média	Deslocamento médio estaca (mm)
307,2	156	0	45,46	26,54	37,32	34,82	36,04	-3,48
		2	45,41	26,52	37,28	34,78	36,00	-3,51
		4	45,38	26,48	37,25	34,72	35,96	-3,55
		8	45,36	26,45	37,24	34,72	35,94	-3,57
		15	45,33	26,43	37,24	34,71	35,93	-3,58
		30	45,32	26,43	37,22	34,70	35,92	-3,59
332,8	169	0	45,00	26,14	36,96	34,40	35,63	-3,89
		5	44,98	26,06	36,90	34,33	35,57	-3,94
358,4	182	0	44,54	25,67	36,57	33,98	35,19	-4,32
		5	44,49	25,62	36,52	33,90	35,13	-4,38
384,0	195	0	44,16	25,34	36,26	33,64	34,85	-4,66
		5	43,98	25,18	36,11	33,46	34,68	-4,83
409,6	208	0	43,61	24,80	35,82	33,13	34,34	-5,17
		5	43,50	24,72	35,76	33,06	34,26	-5,25
435,2	221	0	43,14	24,35	35,41	32,72	33,91	-5,61
		5	42,92	24,25	35,34	32,63	33,79	-5,73
460,8	234	0	42,58	23,88	35,27	31,84	33,39	-6,12
		5	42,46	23,77	35,15	31,73	33,28	-6,23
486,4	247	0	42,11	23,42	34,80	31,38	32,93	-6,58
		5	41,92	23,27	34,70	31,26	32,79	-6,72
512,0	260	0	41,67	23,00	34,50	31,05	32,56	-6,96
		5	41,55	22,87	34,39	30,94	32,44	-7,07
		10	41,51	22,82	34,36	30,90	32,40	-7,11
		30	41,46	22,78	34,33	30,87	32,36	-7,15
		60	41,43	22,75	34,30	30,84	32,33	-7,18
		90	41,28	22,62	34,21	30,76	32,22	-7,29
		120	41,14	22,50	34,13	30,70	32,12	-7,39

Cliente: Engevix

Local: Estaleiro Rio Grande

Obra: Pórtico 2000tf

Data de início do ensaio: 07/02/2012

Leituras iniciais dos relógios comparadores: FE01: 49,02 FE02: 29,85 FE03: 40,74 FE04: 38,43 Média: 39,51

## Estágios de Descarregamento

Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	FE01	FE02	FE03	FE04	Média	Deslocamento médio estaca (mm)
409,6	208	0	41,84	23,16	34,73	32,27	33,00	-6,51
		5	41,84	23,18	34,75	32,29	33,02	-6,50
307,2	156	0	42,71	24,05	35,58	33,14	33,87	-5,64
		5	42,79	24,12	35,65	33,23	33,95	-5,56
204,8	104	0	43,00	25,31	36,71	34,27	34,82	-4,69
		5	43,07	25,37	36,78	34,35	34,89	-4,62
102,4	52	0	45,54	27,82	38,12	35,71	36,80	-2,71
		5	45,61	27,90	38,20	35,80	36,88	-2,63
0,0	0	0	47,45	28,58	39,63	37,45	38,28	-1,23
		5	47,46	28,61	39,65	37,47	38,30	-1,21
		30	47,51	28,66	39,69	37,50	38,34	-1,17
		60	47,60	28,73	39,72	37,54	38,40	-1,11



<b>FUNDARE</b> ENGENHARIA		Prova de Carga Estática com carregamento lento - Carga de Compressão - E457						
Cliente: Engovix								
Local: Estaleiro Rio Grande								
Obra: Pórtico 2000tf								
Data de início do ensaio: 21/02/2013								
Leituras iniciais dos relógios comparadores: FE01: 42,10 FE02: 41,19 FE03: 35,09 FE04: 44,61 Média: 44,75								
Estágios de Carregamento								
Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	FE01	FE02	FE03	FE04	Média	Deslocamento médio estaca (mm)
51,31	26	0	41,68	40,82	34,67	44,20	40,34	-0,41
		2	41,67	40,82	34,66	44,19	40,34	-0,41
		4	41,67	40,82	34,66	44,19	40,34	-0,41
		8	41,67	40,82	34,65	44,19	40,33	-0,41
		15	41,66	40,82	34,65	44,18	40,33	-0,42
		30	41,66	40,82	34,65	44,18	40,33	-0,42
102,62	52	0	41,25	40,40	34,19	43,71	39,89	-0,86
		2	41,24	40,39	34,18	43,70	39,88	-0,87
		4	41,24	40,39	34,18	43,70	39,88	-0,87
		8	41,24	40,38	34,18	43,69	39,87	-0,88
		15	41,23	40,38	34,18	43,69	39,87	-0,88
		30	41,21	40,36	34,15	43,66	39,85	-0,90
153,94	78	0	40,74	39,88	33,62	43,16	39,35	-1,40
		2	40,72	39,87	33,61	43,15	39,34	-1,41
		4	40,70	39,85	33,58	43,12	39,31	-1,44
		8	40,70	39,84	33,57	43,11	39,31	-1,44
		15	40,69	39,83	33,56	43,10	39,30	-1,45
		30	40,67	39,82	33,55	43,09	39,28	-1,47
205,25	104	0	40,12	39,26	32,92	42,45	38,69	-2,06
		2	40,06	39,20	32,86	42,40	38,63	-2,12
		4	40,04	39,20	32,84	42,37	38,61	-2,14
		8	40,02	39,19	32,81	42,35	38,59	-2,16
		15	39,95	39,15	32,78	42,33	38,55	-2,20
		30	39,92	39,10	32,76	42,31	38,52	-2,23
256,56	130	0	39,26	38,44	32,03	41,68	37,85	-2,90
		2	39,24	38,43	32,01	41,55	37,81	-2,94
		4	39,21	38,40	31,99	41,53	37,78	-2,97
		8	39,19	38,38	31,95	41,50	37,76	-2,99
		15	39,17	38,36	31,93	41,48	37,74	-3,01
		30	39,14	38,33	31,90	41,45	37,71	-3,04

<b>FUNDARE</b> <b>ENGENHARIA</b>		Prova de Carga Estática com carregamento lento - Carga de Compressão - E457						
Cliente: Engevix								
Local: Estaleiro Rio Grande								
Obra: Pórtico 2000tf								
Data de início do ensaio: 21/02/2013								
Leituras iniciais dos relógios comparadores: FE01: 42,10 FE02: 41,19 FE03: 35,09 FE04: 44,61 Média: 44,75								
Estágios de Carregamento								
Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	FE01	FE02	FE03	FE04	Média	Deslocamento médio estaca (mm)
307,87	156	0	38,52	37,70	31,36	40,90	37,12	-3,63
		2	38,49	37,69	31,31	40,87	37,09	-3,66
		4	38,43	37,61	31,27	40,81	37,03	-3,72
		8	38,41	37,59	31,22	40,77	37,00	-3,75
		15	38,39	37,57	31,17	40,70	36,96	-3,79
		30	38,28	37,45	31,09	40,62	36,86	-3,89
359,19	182	0	37,62	36,83	30,40	39,91	36,19	-4,56
		2	37,54	36,75	30,31	39,86	36,12	-4,63
		4	37,50	36,72	30,27	39,83	36,08	-4,67
		8	37,45	36,70	30,23	39,80	36,05	-4,70
		15	37,43	36,69	30,20	39,76	36,02	-4,73
		30	37,41	36,64	30,17	39,71	35,98	-4,77
410,50	208	0	36,72	35,90	29,37	38,93	35,23	-5,52
		2	36,63	35,84	29,30	38,86	35,16	-5,59
		4	36,57	35,77	29,24	38,78	35,09	-5,66
		8	36,54	35,74	29,20	38,75	35,06	-5,69
		15	36,50	35,69	29,14	38,70	35,01	-5,74
		30	36,45	35,64	29,08	38,64	34,95	-5,80
461,81	234	0	35,81	35,00	28,41	37,98	34,30	-6,45
		2	35,78	34,97	28,38	37,95	34,27	-6,48
		4	35,72	34,92	28,32	37,90	34,22	-6,53
		8	35,59	34,80	28,19	37,75	34,08	-6,67
		15	35,51	34,75	28,12	37,69	34,02	-6,73
		30	35,47	34,67	28,05	37,62	33,95	-6,80
513,12	260,0	0	34,83	34,04	27,36	36,94	33,29	-7,46
		2	34,71	33,92	27,25	36,82	33,18	-7,57
		4	34,68	33,89	27,21	36,79	33,14	-7,61
		8	34,65	33,84	27,17	36,74	33,10	-7,65
		15	34,49	33,71	26,96	36,62	32,95	-7,80
		30	34,37	33,58	26,88	36,48	32,83	-7,92
		720	33,60	32,86	26,24	35,87	32,14	-8,61

**FUNDARE**

ENGENHARIA

Prova de Carga Estática com carregamento lento - Carga de Compressão - E457

Cliente: Engovix

Local: Estaleiro Rio Grande

Obra: Pórtico 2000tf

Data de início do ensaio: 21/02/2013

Leituras iniciais dos relógios comparadores: FE01: 42,10 FE02: 41,19 FE03: 35,09 FE04: 44,61 Média: 44,75

## Estágios de Descarregamento

Mandm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	FE01	FE02	FE03	FE04	Média	Deslocamento médio estaca (mm)
384,84	195,0	0	34,42	33,62	27,09	36,71	32,96	-7,79
		2	34,43	33,63	27,09	36,72	32,97	-7,78
		4	34,44	33,64	27,10	36,73	32,98	-7,77
		8	34,45	33,65	27,10	36,74	32,99	-7,76
		15	34,46	33,65	27,10	36,75	32,99	-7,76
256,56	130,0	0	35,75	34,93	28,49	38,09	34,32	-6,43
		2	35,79	34,97	28,54	38,14	34,36	-6,39
		4	35,80	34,98	28,55	38,15	34,37	-6,38
		8	35,81	34,99	28,56	38,16	34,38	-6,37
		15	35,82	35,00	28,57	38,17	34,39	-6,36
128,28	65,0	0	37,65	36,84	30,61	40,20	36,33	-4,42
		2	37,69	36,87	30,64	40,24	36,36	-4,39
		4	37,71	36,89	30,66	40,25	36,38	-4,37
		8	37,72	36,91	30,68	40,27	36,40	-4,35
		15	37,74	36,92	30,69	40,29	36,41	-4,34
0,00	0,0	0	40,07	39,26	33,26	42,79	38,85	-1,90
		2	40,13	39,32	33,31	42,80	38,89	-1,86
		4	40,15	39,33	33,32	42,84	38,91	-1,84
		8	40,16	39,34	33,33	42,87	38,93	-1,82
		15	40,19	39,35	33,34	42,89	38,94	-1,81

**FUNDARE****ENGENHARIA**

Prova de Carga Estática com carregamento lento - Carga de Compressão - E426

Cliente: Engevix

Local: Estaleiro Rio Grande

Obra: Pórtico 2000tf

Data de início do ensaio: 18/02/2013

Leituras iniciais dos relógios comparadores: FE01: 47,26 FE02: 40,94 FE03: 43,57 FE04: 44,43 Média: 44,05

## Estágios de Carregamento

Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	FE01	FE02	FE03	FE04	Média	Deslocamento médio estaca (mm)
51,31	26	0	46,84	40,53	43,15	44,00	43,63	-0,42
		2	46,84	40,53	43,15	43,99	43,63	-0,42
		4	46,83	40,53	43,14	43,99	43,62	-0,43
		8	46,82	40,52	43,13	43,98	43,61	-0,44
		15	46,81	40,51	43,13	43,97	43,61	-0,45
		30	46,81	40,50	43,13	43,97	43,60	-0,45
102,62	52	0	46,28	39,96	42,58	43,43	43,06	-0,99
		2	46,20	39,88	42,50	43,36	42,99	-1,07
		4	46,18	39,85	42,49	43,34	42,97	-1,08
		8	46,19	39,85	42,48	43,34	42,97	-1,09
		15	46,18	39,85	42,47	43,33	42,96	-1,09
		30	46,17	39,85	42,47	43,33	42,96	-1,10
153,94	78	0	45,49	39,38	41,76	42,61	42,26	-1,79
		2	45,44	39,33	41,72	42,58	42,22	-1,83
		4	45,40	39,30	41,70	42,52	42,18	-1,87
		8	45,39	39,08	41,68	42,50	42,16	-1,89
		15	45,38	39,06	41,63	42,47	42,14	-1,92
		30	45,38	39,05	41,61	42,47	42,13	-1,92
205,25	104	0	44,68	38,39	40,97	41,82	41,47	-2,59
		2	44,65	38,36	40,90	41,76	41,42	-2,63
		4	44,63	38,31	40,87	41,74	41,39	-2,66
		8	44,59	38,29	40,85	41,72	41,36	-2,69
		15	44,58	38,28	40,83	41,71	41,35	-2,70
		30	44,58	38,28	40,83	41,70	41,35	-2,70
256,56	130	0	43,85	37,54	40,14	41,00	40,63	-3,42
		2	43,80	37,49	40,10	40,93	40,58	-3,47
		4	43,77	37,45	40,07	40,90	40,55	-3,50
		8	43,74	37,42	40,00	40,86	40,51	-3,55
		15	43,69	37,38	39,95	40,82	40,46	-3,59
		30	43,68	37,36	39,93	40,80	40,44	-3,61

<b>FUNDARE</b> ENGENHARIA		Prova de Carga Estática com carregamento lento - Carga de Compressão - E426						
Cliente: Engevix								
Local: Estaleiro Rio Grande								
Obra: Pórtico 2000tf								
Data de início do ensaio: 18/02/2013								
Leituras iniciais dos relógios comparadores: FE01: 47,26 FE02: 40,94 FE03: 43,57 FE04: 44,43 Média: 44,05								
Estágios de Carregamento								
Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	FE01	FE02	FE03	FE04	Média	Deslocamento médio estaca (mm)
307,87	156	0	42,92	36,63	39,25	40,12	39,73	-4,32
		2	42,83	36,55	39,17	40,04	39,65	-4,40
		4	42,79	36,51	39,13	40,00	39,61	-4,44
		8	42,75	36,48	39,08	39,97	39,57	-4,48
		15	42,74	36,45	39,04	39,94	39,54	-4,51
		30	42,69	36,41	39,00	39,89	39,50	-4,55
359,19	182	0	41,95	35,66	38,32	39,21	38,79	-5,26
		2	41,89	35,61	38,24	39,12	38,72	-5,33
		4	41,80	35,53	38,20	39,04	38,64	-5,41
		8	41,75	35,47	38,11	38,99	38,58	-5,47
		15	41,73	35,44	38,07	38,95	38,55	-5,50
		30	41,70	35,42	38,04	38,92	38,52	-5,53
410,50	208	0	40,92	34,71	37,31	38,20	37,79	-6,27
		2						
		4						
		8						
		15						
		30						
461,81	234	0						
		2						
		4						
		8						
		15						
		30						
513,12	260,0	0						
		2						
		4						
		8						
		15						
		30						
		720						



<b>FUNDARE</b> ENGENHARIA		Prova de Carga Estática com carregamento lento - Carga de Compressão - E426						
Cliente: Engevix								
Local: Estaleiro Rio Grande								
Obra: Pórtico 2000tf								
Data de início do ensaio: 20/02/2013								
Leituras iniciais dos relógios comparadores: FE01: 45,97 FE02: 45,53 FE03: 43,70 FE04: 45,21 Média: 45,10								
Estágios de Carregamento								
Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	FE01	FE02	FE03	FE04	Média	Deslocamento médio estaca (mm)
51,31	26	0	45,45	45,02	43,17	44,69	44,58	-0,52
		2	45,45	45,02	43,16	44,69	44,58	-0,52
		4	45,45	45,01	43,15	44,68	44,57	-0,53
		8	45,44	45,01	43,14	44,68	44,57	-0,54
		15	45,44	45,00	43,14	44,68	44,57	-0,54
		30	45,44	45,00	43,14	44,68	44,57	-0,54
102,62	52	0	44,75	44,31	42,48	44,00	43,89	-1,22
		2	44,74	44,30	42,47	43,99	43,88	-1,23
		4	44,74	44,30	42,47	43,99	43,88	-1,23
		8	44,73	44,29	42,46	43,98	43,87	-1,24
		15	44,73	44,29	42,46	43,98	43,87	-1,24
		30	44,73	44,29	42,46	43,97	43,86	-1,24
153,94	78	0	44,13	43,69	41,85	43,38	43,26	-1,84
		2	44,11	43,68	41,84	43,37	43,25	-1,85
		4	44,10	43,66	41,84	43,35	43,24	-1,87
		8	44,10	43,66	41,83	43,35	43,24	-1,87
		15	44,09	43,65	41,82	43,33	43,22	-1,88
		30	44,07	43,64	41,80	43,32	43,21	-1,90
205,25	104	0	43,42	43,00	41,17	42,68	42,57	-2,54
		2	43,40	42,98	41,12	42,64	42,54	-2,57
		4	43,38	42,96	41,10	42,63	42,52	-2,59
		8	43,37	42,94	41,10	42,62	42,51	-2,60
		15	43,37	42,93	41,10	42,62	42,51	-2,60
		30	43,35	42,92	41,07	42,59	42,48	-2,62
256,56	130	0	42,73	42,31	40,46	41,99	41,87	-3,23
		2	42,72	42,30	40,45	41,98	41,86	-3,24
		4	42,70	42,29	40,44	41,96	41,85	-3,26
		8	42,68	42,25	40,41	41,94	41,82	-3,28
		15	42,64	42,23	40,38	41,90	41,79	-3,32
		30	42,63	42,22	40,37	41,89	41,78	-3,33

<b>FUNDARE</b> ENGENHARIA		Prova de Carga Estática com carregamento lento - Carga de Compressão - E426						
Cliente: Engevix								
Local: Estaleiro Rio Grande								
Obra: Pórtico 2000ef								
Data de início do ensaio: 20/02/2013								
Leituras iniciais dos relógios comparadores: FE01: 45,97 FE02: 45,53 FE03: 43,70 FE04: 45,21 Média: 45,10								
Estágios de Carregamento								
Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	FE01	FE02	FE03	FE04	Média	Deslocamento médio estaca (mm)
307,87	156	0	42,03	41,62	39,77	41,30	41,18	-3,92
		2	41,99	41,58	39,73	41,26	41,14	-3,96
		4	41,97	41,56	39,70	41,24	41,12	-3,99
		8	41,95	41,55	39,69	41,23	41,11	-4,00
		15	41,93	41,53	39,67	41,20	41,08	-4,02
		30	41,90	41,50	39,65	41,18	41,06	-4,04
359,19	182	0	41,25	40,84	39,00	40,51	40,40	-4,70
		2	41,21	40,80	38,98	40,49	40,37	-4,73
		4	41,20	40,77	38,94	40,47	40,35	-4,76
		8	41,18	40,74	38,90	40,45	40,32	-4,79
		15	41,14	40,72	38,89	40,41	40,29	-4,81
		30	41,08	40,68	38,84	40,37	40,24	-4,86
410,50	208	0	40,41	40,02	38,19	39,70	39,58	-5,52
		2	40,38	39,99	38,15	39,67	39,55	-5,56
		4	40,36	39,96	38,13	39,64	39,52	-5,58
		8	40,30	39,90	38,08	39,60	39,47	-5,63
		15	40,26	39,86	38,00	39,57	39,42	-5,68
		30	40,20	39,80	37,97	39,50	39,37	-5,74
461,81	234	0	39,50	39,11	36,62	38,95	38,55	-6,56
		2	39,38	38,95	36,59	38,93	38,46	-6,64
		4	39,26	38,82	36,57	38,90	38,39	-6,72
		8	39,24	38,79	36,55	38,88	38,37	-6,74
		15	39,21	38,76	36,50	38,83	38,33	-6,78
		30	39,15	38,71	36,45	38,77	38,27	-6,83
513,12	260,0	0	38,40	38,00	35,67	38,03	37,53	-7,58
		2	38,31	37,97	35,59	37,97	37,46	-7,64
		4	38,26	37,87	35,53	37,89	37,39	-7,72
		8	38,23	37,82	35,50	37,85	37,35	-7,75
		15	38,11	37,70	35,48	37,75	37,26	-7,84
		30	38,00	37,59	35,30	37,64	37,13	-7,97
		720	37,50	37,10	34,76	37,14	36,63	-8,48

<b>FUNDARE</b> ENGENHARIA		Prova de Carga Estática com carregamento lento - Carga de Compressão - E426						
Cliente: Engevix								
Local: Estaleiro Rio Grande								
Obra: Pórtico 2000tf								
Data de início do ensaio: 20/02/2013								
Leituras iniciais dos relógios comparadores: FE01: 45,97 FE02: 45,53 FE03: 43,70 FE04: 45,21 Média: 45,10								
Estágios de Descarregamento								
Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	FE01	FE02	FE03	FE04	Média	Deslocamento médio estaca (mm)
384,84	195,0	0	38,24	37,80	35,46	37,85	37,34	-7,77
		2	38,24	37,80	35,46	37,85	37,34	-7,77
		4	38,24	37,80	35,46	37,85	37,34	-7,77
		8	38,24	37,81	35,46	37,86	37,34	-7,76
		15	38,24	37,81	35,46	37,86	37,34	-7,76
256,56	130,0	0	39,56	39,13	36,77	39,20	38,67	-6,44
		2	39,56	39,14	36,78	39,21	38,67	-6,43
		4	39,57	39,15	36,78	39,22	38,68	-6,42
		8	39,57	39,16	36,80	39,23	38,69	-6,41
		15	39,58	39,17	36,80	39,23	38,70	-6,41
128,28	65,0	0	41,66	41,20	38,90	41,32	40,77	-4,33
		2	41,69	41,23	38,93	41,34	40,80	-4,31
		4	41,71	41,27	38,95	41,36	40,82	-4,28
		8	41,73	41,29	38,97	41,39	40,85	-4,26
		15	41,75	41,31	39,00	41,40	40,87	-4,24
0,00	0,0	0	44,36	43,85	41,56	43,95	43,43	-1,67
		2	44,38	43,90	41,60	43,99	43,47	-1,64
		4	44,41	43,92	41,63	44,02	43,50	-1,61
		8	44,45	43,97	41,69	44,08	43,55	-1,56
		15	44,48	43,98	41,71	44,13	43,58	-1,53



<b>FUNDARE</b> ENGENHARIA		Prova de Carga Estática com carregamento misto - Carga de Compressão- Estaca E380						
Cliente: Engevix								
Local: Estaleiro Rio Grande								
Obra: Pórtico 2000tf								
Data de início do ensaio: 22/02/2013								
Leituras iniciais dos relógios comparadores: FE01: 37,70 FE02: 23,40 FE03: 41,15 FE04: 44,59 Média: 36,71								
Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	Estágios de Carregamento				Média	Deslocamento médio estaca (mm)
			FE01	FE02	FE03	FE04		
51,2	26	0	37,45	23,10	40,62	44,14	36,33	-0,38
		2	37,45	23,10	40,60	44,13	36,32	-0,39
		4	37,44	23,10	40,60	44,13	36,32	-0,39
		8	37,43	23,09	40,59	44,12	36,31	-0,40
		15	37,43	23,09	40,59	44,12	36,31	-0,40
		30	37,43	23,08	40,58	44,10	36,30	-0,41
102,4	52	0	36,90	22,64	40,14	43,58	35,82	-0,90
		2	36,90	22,64	40,14	43,58	35,82	-0,90
		4	36,90	22,64	40,14	43,58	35,82	-0,90
		8	36,90	22,63	40,14	43,57	35,81	-0,90
		15	36,89	22,63	40,14	43,57	35,81	-0,90
		30	36,87	22,61	40,14	43,56	35,80	-0,91
153,6	78	0	36,38	22,17	39,47	42,93	35,24	-1,47
		2	36,37	22,16	39,42	42,92	35,22	-1,49
		4	36,37	22,16	39,42	42,91	35,22	-1,50
		8	36,36	22,15	39,41	42,90	35,21	-1,51
		15	36,35	22,15	39,41	42,90	35,20	-1,51
		30	36,34	22,14	39,41	42,89	35,20	-1,52
204,8	104	0	35,75	21,53	38,55	42,12	34,49	-2,22
		2	35,73	21,50	38,50	42,08	34,45	-2,26
		4	35,70	21,48	38,45	42,03	34,42	-2,29
		8	35,66	21,46	38,41	42,00	34,38	-2,33
		15	35,66	21,45	38,40	41,99	34,38	-2,34
		30	35,65	21,45	38,38	41,99	34,37	-2,34
256,0	130	0	35,22	20,91	37,75	41,37	33,81	-2,90
		2	35,20	20,73	37,75	41,30	33,75	-2,97
		4	35,16	20,67	37,73	41,29	33,71	-3,00
		8	35,12	20,60	37,72	41,28	33,68	-3,03
		15	35,00	20,51	37,63	41,14	33,57	-3,14
		30	34,95	20,42	37,55	41,12	33,51	-3,20

<b>FUNDARE</b> ENGENHARIA		Prova de Carga Estática com carregamento misto - Carga de Compressão - Estaca E380						
Cliente: Engovix								
Local: Estaleiro Rio Grande								
Obra: Pórtico 2000tf								
Data de início do ensaio: 22/02/2013								
Leituras iniciais dos relógios comparadores:		FE01: 37,70 FE02: 23,40 FE03: 41,15 FE04: 44,59 Média: 36,71						
Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	Estágios de Carregamento				Média	Deslocamento médio estaca (mm)
			FE01	FE02	FE03	FE04		
307,2	156	0	34,21	19,68	36,83	40,28	32,75	-3,96
		2	34,14	19,63	36,73	40,21	32,68	-4,03
		4	34,10	19,60	36,74	40,18	32,66	-4,06
		8	34,08	19,57	36,71	40,14	32,63	-4,09
		15	34,06	19,55	36,69	40,11	32,60	-4,11
		30	34,04	19,54	36,67	40,09	32,59	-4,13
332,8	169	0	33,73	19,30	36,34	39,74	32,28	-4,43
		5	33,61	19,16	36,16	39,72	32,16	-4,55
358,4	182	0	33,36	18,85	35,61	39,32	31,79	-4,93
		5	33,23	18,69	35,46	39,21	31,65	-5,06
384,0	195	0	32,90	18,28	34,93	38,70	31,20	-5,51
		5	32,77	18,15	34,80	38,56	31,07	-5,64
409,6	208	0	32,51	17,89	34,41	38,15	30,74	-5,97
		5	32,42	17,74	34,20	37,99	30,59	-6,12
435,2	221	0	32,26	17,23	33,74	37,52	30,19	-6,52
		5	32,23	17,16	33,67	37,46	30,13	-6,58
460,8	234	0	31,98	16,94	33,27	37,02	29,80	-6,91
		5	31,92	16,74	33,08	36,87	29,65	-7,06
486,4	247	0	31,60	16,34	32,54	36,40	29,22	-7,49
		5	31,55	16,29	32,40	36,28	29,13	-7,58
512,0	260	0	31,45	16,11	31,64	36,14	28,84	-7,88
		5	31,45	16,12	31,55	36,10	28,81	-7,91
		10	31,45	16,06	31,50	36,07	28,77	-7,94
		30	31,40	16,00	31,41	35,91	28,68	-8,03
		60	31,33	15,91	31,33	35,86	28,61	-8,10
		90	31,28	15,83	31,21	35,77	28,52	-8,19
		120	31,25	15,75	31,15	35,70	28,46	-8,25

<b>FUNDARE</b> ENGENHARIA		Prova de Carga Estática com carregamento misto - Carga de Compressão- Estaca E380						
Cliente: Engevix								
Local: Estaleiro Rio Grande								
Obra: Pórtico 2000tf								
Data de início do ensaio: 22/02/2013								
Leituras iniciais dos relógios comparadores: FE01: 37,70 FE02: 23,40 FE03: 41,15 FE09: 44,59 Média: 36,71								
Estágios de Descarregamento								
Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	FE01	FE02	FE03	FE04	Média	Deslocamento médio estaca (mm)
409,6	208	0	31,50	16,01	31,62	36,15	28,82	-7,89
		5	31,53	16,04	31,65	36,18	28,85	-7,86
307,2	156	0	32,3	16,87	32,89	37,38	29,86	-6,85
		5	32,31	16,89	32,90	37,39	29,87	-6,84
204,8	104	0	33,18	18,45	34,59	38,93	31,29	-5,42
		5	33,21	18,48	34,62	38,97	31,32	-5,39
102,4	52	0	34,37	20,45	38,68	41,23	33,68	-3,03
		5	34,38	20,48	38,69	41,26	33,70	-3,01
0,0	0	0	36,52	22,30	40,32	43,78	35,73	-0,98
		5	36,57	22,35	40,37	43,83	35,78	-0,93
		30	36,59	22,37	40,41	43,88	35,81	-0,90
		60	36,60	22,39	40,43	43,90	35,83	-0,88

**FUNDARE**

B R O E N N A R I A

Prova de Carga Estática com carregamento lento - Carga de Compressão - E191

Cliente: Engevix

Local: Estaleiro Rio Grande

Obra: Pórtico 2000tf

Data de início do ensaio: 25/02/2013

Leituras iniciais dos relógios comparadores: FE01: 47,37 FE02: 42,05 FE03: 45,08 FE04: 41,22 Média: 43,93

## Estágios de Carregamento

Manóm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	FE01	FE02	FE03	FE04	Média	Deslocamento médio estaca (mm)
51,31	26	0	46,39	37,75	42,94	39,69	41,69	-2,24
		2	46,37	37,71	42,84	39,68	41,65	-2,28
		4	46,36	37,69	42,93	39,68	41,67	-2,27
		8	46,36	37,68	42,93	39,68	41,66	-2,27
		15	46,36	37,67	42,93	39,68	41,66	-2,27
		30	46,36	37,66	42,93	39,68	41,66	-2,27
102,62	52	0	45,19	36,60	42,25	38,57	40,65	-3,28
		2	45,17	36,59	42,23	38,56	40,64	-3,29
		4	45,17	36,58	42,23	38,56	40,64	-3,30
		8	45,16	36,58	42,23	38,56	40,63	-3,30
		15	45,15	36,57	42,23	38,56	40,63	-3,30
		30	45,14	36,56	42,23	38,55	40,62	-3,31
153,94	78	0	44,18	35,61	41,52	37,77	39,77	-4,16
		2	44,17	35,60	41,51	37,76	39,76	-4,17
		4	44,15	35,58	41,51	37,75	39,75	-4,18
		8	44,14	35,57	41,50	37,74	39,74	-4,19
		15	44,13	35,56	41,49	37,74	39,73	-4,20
		30	44,11	35,55	41,49	37,73	39,72	-4,21
205,25	104	0	43,95	34,40	40,55	36,71	38,90	-5,03
		2	43,90	34,36	40,53	36,69	38,87	-5,06
		4	43,87	34,35	40,51	36,67	38,85	-5,08
		8	43,86	34,35	40,50	36,67	38,85	-5,09
		15	43,85	34,34	40,50	36,66	38,84	-5,09
		30	43,85	34,33	40,50	36,65	38,83	-5,10
256,56	130	0	41,72	32,62	38,90	34,83	37,02	-6,91
		2	41,68	32,58	38,86	34,79	36,98	-6,95
		4	41,64	32,55	38,81	34,76	36,94	-6,99
		8	41,59	32,53	38,79	34,71	36,91	-7,03
		15	41,55	32,50	38,77	34,68	36,88	-7,06
		30	41,52	32,48	38,75	34,66	36,85	-7,08



<b>FUNDARE</b> ENGENHARIA		Prova de Carga Estática com carregamento lento - Carga de Compressão - E191						
Cliente: Engevix								
Local: Estaleiro Rio Grande								
Obra: Pórtico 2000tf								
Data de início do ensaio: 25/02/2013								
Leituras iniciais dos relógios comparadores: FE01: 47,37 FE02: 42,05 FE03: 45,08 FE04: 41,22 Média: 43,93								
Estágios de Carregamento								
Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	FE01	FE02	FE03	FE04	Média	Deslocamento médio estaca (mm)
307,87	156	0	38,00	30,60	37,06	32,62	34,57	-9,36
		2	37,84	30,49	36,94	32,50	34,44	-9,49
		4	37,81	30,47	36,92	32,49	34,42	-9,51
		8	37,79	30,46	36,90	32,47	34,41	-9,53
		15	39,78	30,45	36,90	32,46	34,90	-9,03
		30	37,76	30,44	36,87	32,44	34,38	-9,55
359,19	182	0	34,95	28,47	35,09	30,22	32,18	-11,75
		2	34,79	28,39	34,98	30,09	32,06	-11,87
		4	34,70	28,31	34,91	29,97	31,97	-11,96
		8	34,65	28,28	34,86	29,27	31,77	-12,17
		15	34,56	28,18	34,82	29,91	31,87	-12,06
		30	34,50	28,14	34,79	29,88	31,83	-12,10
410,50	208	0	31,60	26,10	33,05	27,62	29,59	-14,34
		2	31,49	25,99	32,99	27,57	29,51	-14,42
		4	31,38	25,95	32,94	27,50	29,44	-14,49
		8	31,28	25,88	32,90	27,44	29,38	-14,56
		15	31,24	25,84	32,88	27,39	29,34	-14,59
		30	31,18	25,81	32,84	27,37	29,30	-14,63
461,81	234	0	27,78	23,53	30,89	25,00	26,80	-17,13
		2	27,64	23,47	30,80	24,96	26,72	-17,21
		4	27,55	23,38	30,74	24,85	26,63	-17,30
		8	27,51	23,37	30,72	24,84	26,61	-17,32
		15	27,48	23,36	30,71	24,83	26,60	-17,34
		30	27,27	23,17	30,57	24,66	26,42	-17,51
513,12	260,0	0	23,36	20,60	28,62	22,40	23,75	-20,19
		2	23,11	20,48	28,51	22,29	23,60	-20,33
		4	22,93	20,32	28,38	22,13	23,44	-20,49
		8	22,81	20,26	28,32	22,07	23,37	-15,57
		15	22,69	20,15	28,28	22,00	23,28	-20,65
		30	22,27	19,84	28,07	21,77	22,99	-20,94
		720	21,69	19,32	27,78	21,40	22,55	-21,38

Cliente: Engevix

Local: Estaleiro Rio Grande

Obra: Pórtico 2000tf

Data de início do ensaio: 25/02/2013

Leituras iniciais dos relógios comparadores: FE01: 47,37 FE02: 42,05 FE03: 45,08 FE04: 41,22 Média: 43,93

## Estágios de Descarregamento

Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	FE01	FE02	FE03	FE04	Média	Deslocamento médio estaca (mm)
384,84	195,0	0	22,46	20,01	28,46	22,14	23,27	-20,66
		2	22,46	20,00	28,46	22,14	23,27	-20,67
		4	22,46	20,00	28,45	22,13	23,26	-20,67
		8	22,46	20,00	28,45	22,13	23,26	-20,67
		15	22,46	20,00	28,45	22,13	23,26	-20,67
256,56	130,0	0	25,23	22,52	30,75	24,53	25,76	-18,17
		2	25,24	22,53	30,75	24,53	25,76	-18,17
		4	25,25	22,53	30,76	24,54	25,77	-18,16
		8	25,26	22,54	30,76	24,54	25,78	-18,16
		15	25,32	22,58	30,80	24,58	25,82	-18,11
128,28	65,0	0	30,34	26,50	35,25	29,18	30,32	-13,61
		2	30,40	26,60	35,30	29,24	30,39	-13,55
		4	30,49	26,65	35,38	29,30	30,46	-13,48
		8	30,52	26,68	35,39	29,31	30,48	-13,46
		15	30,55	26,72	35,41	29,33	30,50	-13,43
0,00	0,0	0	36,98	37,13	42,65	35,40	38,04	-5,89
		2	37,07	37,21	42,71	35,49	38,12	-5,81
		4	37,15	37,30	42,76	35,54	38,19	-5,74
		8	37,19	37,34	42,80	35,57	38,23	-5,71
		15	37,21	37,36	42,84	35,62	38,26	-5,67

**FUNDARE****ENGENHARIA**

Prova de Carga Estática com carregamento misto - Carga de Compressão- Estaca E315

Cliente: Engevix

Local: Estaleiro Rio Grande

Obra: Pórtico 2000tf

Data de início do ensaio: 27/02/2013

Leituras iniciais dos relógios comparadores: FE01: 38,55 FE02: 44,67 FE03: 42,47 FE04: 44,75 Média: 42,61

Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	Estágios de Carregamento				Média	Deslocamento médio estaca (mm)
			FE01	FE02	FE03	FE04		
51,2	26	0	38,15	43,32	41,99	44,34	41,95	-0,66
		2	38,14	43,31	41,98	44,33	41,94	-0,67
		4	38,14	43,31	41,98	44,33	41,94	-0,67
		8	38,14	43,31	41,98	44,33	41,94	-0,67
		15	38,14	43,31	41,98	44,33	41,94	-0,67
		30	38,14	43,31	41,98	44,33	41,94	-0,67
102,4	52	0	37,65	42,73	41,44	43,82	41,41	-1,20
		2	37,63	42,71	41,42	43,80	41,39	-1,22
		4	37,60	42,70	41,41	43,79	41,38	-1,24
		8	37,57	42,66	41,39	43,76	41,35	-1,27
		15	37,56	42,65	41,38	43,76	41,34	-1,27
		30	37,55	42,64	41,37	43,76	41,33	-1,28
153,6	78	0	36,95	42,00	40,73	43,13	40,70	-1,91
		2	36,94	41,99	40,71	43,11	40,69	-1,92
		4	36,92	41,97	40,70	43,09	40,67	-1,94
		8	36,90	41,95	40,68	43,07	40,65	-1,96
		15	36,86	41,92	40,66	43,05	40,62	-1,99
		30	36,84	41,88	40,64	43,02	40,60	-2,02
204,8	104	0	36,20	41,35	40,12	42,50	40,04	-2,57
		2	36,11	41,29	40,07	42,44	39,98	-2,63
		4	36,05	41,21	40,00	42,39	39,91	-2,70
		8	36,05	41,20	39,97	42,37	39,90	-2,71
		15	36,00	41,16	39,95	42,35	39,87	-2,75
		30	35,98	41,11	39,91	42,32	39,83	-2,78
256,0	130	0	35,14	40,30	39,11	41,53	39,02	-3,59
		2	35,12	40,29	39,10	41,52	39,01	-3,60
		4	35,11	40,27	39,10	41,51	39,00	-3,61
		8	35,11	40,26	39,10	41,51	39,00	-3,62
		15	35,06	40,24	39,09	41,49	38,97	-3,64
		30	34,91	39,96	38,91	41,20	38,75	-3,86

Cliente: Engevix

Local: Estaleiro Rio Grande

Obra: Pórtico 2000ef

Data de início do ensaio: 27/02/2013

Leituras iniciais dos relógios comparadores: FE01: 38,55 FE02: 44,67 FE03: 42,47 FE04: 44,75 Média: 42,61

Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	Estágios de Carregamento				Média	Deslocamento médio estaca (mm)
			FE01	FE02	FE03	FE04		
307,2	156	0	34,36	39,53	38,40	40,79	38,27	-4,34
		2	34,33	39,50	38,38	40,78	38,25	-4,36
		4	34,28	39,45	38,37	40,77	38,22	-4,39
		8	34,23	39,40	38,35	40,75	38,18	-4,43
		15	34,17	39,33	38,29	40,68	38,12	-4,49
		30	34,17	39,33	38,29	40,68	38,12	-4,49
332,8	169	0	34,00	39,12	38,16	40,55	37,96	-4,65
		5	33,94	39,10	38,12	40,51	37,92	-4,69
358,4	182	0	33,72	38,90	37,90	40,32	37,71	-4,90
		5	33,76	38,75	37,79	40,20	37,63	-4,99
384,0	195	0	33,32	38,48	37,54	39,95	37,32	-5,29
		5	33,10	38,28	37,35	39,74	37,12	-5,49
409,6	208	0	32,68	37,85	36,95	39,36	36,71	-5,90
		5	32,50	37,64	36,79	39,20	36,53	-6,08
435,2	221	0	31,08	37,23	36,40	38,79	35,88	-6,74
		5	31,89	37,06	36,28	38,65	35,97	-6,64
460,8	234	0	31,56	36,71	36,00	38,40	35,67	-6,94
		5	31,42	36,58	35,85	38,28	35,53	-7,08
486,4	247	0	31,09	36,28	35,56	37,97	35,23	-7,39
		5	30,89	36,07	35,38	37,80	35,04	-7,58
512,0	260	0	30,68	35,86	35,19	37,60	34,83	-7,78
		5	30,31	35,47	34,85	37,30	34,48	-8,13
		30	30,17	35,29	34,71	37,19	34,34	-8,27
		60	29,00	35,11	34,59	37,01	33,93	-8,68
		90	29,80	34,93	34,41	36,86	34,00	-8,61
		120	29,67	34,82	34,34	36,77	33,90	-8,71



<b>FUNDARE</b>		Prova de Carga Estática com carregamento misto - Carga de Compressão- Estaca E315						
<b>ENGENHARIA</b>								
Cliente: Engevix								
Local: Estaleiro Rio Grande								
Obra: Pórtico 2000ef								
Data de início do ensaio: 27/02/2013								
Leituras iniciais dos relógios-comparadores: FE01: 38,55 FE02: 44,67 FE03: 42,47 FE04: 44,75 Média: 42,61								
Estágios de Descarregamento								
Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	FE01	FE02	FE03	FE04	Média	Deslocamento médio estaca (mm)
384,0	195	0	30,67	35,82	35,18	37,59	34,82	-7,79
		5	30,37	35,85	35,20	37,91	34,83	-7,78
		10	30,71	35,87	35,22	37,64	34,86	-7,75
256,0	130	0	31,97	37,13	36,35	38,70	36,04	-6,57
		5	32	37,16	36,44	38,80	36,10	-6,51
		10	32,22	37,36	36,54	38,90	36,26	-6,36
128,0	65	0	34,59	39,71	38,67	41,05	38,51	-4,11
		5	34,65	39,78	38,74	41,11	38,57	-4,04
		10	34,72	39,82	38,78	41,17	38,62	-3,99
0,0	0	0	36,90	41,88	40,81	43,26	40,71	-1,90
		5	37,03	42,02	40,89	43,34	40,82	-1,79
		10	37,05	42,08	40,92	43,35	40,85	-1,76

<b>FUNDARE</b> <b>ENGENHARIA</b>		Prova de Carga Estática com carregamento misto - Carga de Compressão- Estaca E308						
Cliente: Engevix								
Local: Estaleiro Rio Grande								
Obra: Pórtico 2000tf								
Data de início do ensaio: 28/02/2013								
Leituras iniciais dos relógios comparadores: FE01: 34,46 FE02: 43,93 FE03: 36,95 FE04: 40,85 Média: 39,05								
Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	Estágios de Carregamento					Deslocamento médio estaca (mm)
			FE01	FE02	FE03	FE04	Média	
51,2	26	0	34,06	43,54	36,59	40,45	38,66	-0,39
		2	34,06	43,54	36,59	40,45	38,66	-0,39
		4	34,06	43,54	36,59	40,45	38,66	-0,39
		8	34,05	43,52	36,57	40,43	38,64	-0,41
		15	34,04	43,51	36,56	40,41	38,63	-0,42
		30	34,03	42,50	36,56	40,41	38,38	-0,67
102,4	52	0	33,34	42,91	36,05	39,95	38,06	-0,98
		2	33,33	42,90	36,04	39,94	38,05	-1,00
		4	33,31	42,89	36,02	39,93	38,04	-1,01
		8	33,30	42,88	36,01	39,91	38,03	-1,02
		15	33,25	42,84	35,98	39,88	37,99	-1,06
		30	33,25	42,84	35,98	39,88	37,99	-1,06
153,6	78	0	32,55	42,21	35,37	39,29	37,36	-1,69
		2	32,51	42,16	35,31	39,23	37,30	-1,75
		4	32,49	42,14	35,29	39,21	37,28	-1,77
		8	32,46	42,11	35,27	39,18	37,26	-1,79
		15	32,44	42,10	35,24	39,17	37,24	-1,81
		30	32,44	42,08	35,21	39,15	37,22	-1,83
204,8	104	0	31,74	41,41	34,53	38,45	36,53	-2,52
		2	31,63	41,31	34,43	38,34	36,43	-2,62
		4	31,55	41,22	35,33	38,25	36,59	-2,46
		8	31,55	41,20	34,31	38,24	36,33	-2,72
		15	31,54	41,19	34,30	38,23	36,32	-2,73
		30	31,53	41,18	34,28	38,22	36,30	-2,75
256,0	130	0	30,90	40,56	33,66	37,55	35,67	-3,38
		2	30,84	40,50	33,59	37,49	35,61	-3,44
		4	30,79	40,44	33,55	37,42	35,55	-3,50
		8	30,75	40,41	33,52	37,38	35,52	-3,53
		15	30,73	40,39	33,49	37,35	35,49	-3,56
		30	30,70	40,37	33,46	37,33	35,47	-3,58

Cliente: Engovix

Local: Estaleiro Rio Grande

Obra: Pórtico 2000ef

Data de início do ensaio: 28/02/2013

Leituras iniciais dos relógios comparadores: FE01: 34,46 FE02: 43,93 FE03: 36,95 FE04: 40,85 Média: 39,05

Módulo (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	Estágios de Carregamento				Média	Deslocamento médio estaca (mm)
			FE01	FE02	FE03	FE04		
307,2	156	0	29,77	39,45	32,53	36,37	34,53	-4,52
		2	29,75	39,41	32,50	36,34	34,50	-4,55
		4	29,72	39,39	32,48	36,29	34,47	-4,58
		8	29,70	39,37	32,43	36,25	34,44	-4,61
		15	29,65	39,31	32,36	36,17	34,37	-4,68
		30	29,41	39,06	32,10	35,90	34,12	-4,93
332,8	169	0	29,30	38,94	31,97	35,75	33,99	-5,06
		5	29,25	38,88	31,90	35,68	33,93	-5,12
358,4	182	0	28,86	38,51	31,54	35,29	33,55	-5,50
		5	28,65	38,32	31,35	35,10	33,36	-5,69
384,0	195	0	28,28	37,51	30,95	34,68	32,86	-6,19
		5	28,05	37,70	30,74	34,46	32,74	-6,31
409,6	208	0	27,61	37,31	30,36	34,07	32,34	-6,71
		5	27,33	37,01	30,06	33,74	32,04	-7,01
435,2	221	0	26,90	36,59	29,65	33,30	31,61	-7,44
		5	26,69	36,39	29,44	33,09	31,40	-7,65
460,8	234	0	26,12	35,81	28,83	32,48	30,81	-8,24
		5	25,97	35,66	28,69	32,34	30,67	-8,38
486,4	247	0	25,44	35,15	28,20	31,78	30,14	-8,91
		5	25,23	34,93	28,00	31,58	29,94	-9,11
512,0	260	0	24,76	34,00	27,19	30,85	29,20	-9,85
		5	24,53	33,81	27,01	30,71	29,02	-10,03
		10	24,45	33,69	26,90	30,59	28,41	-12,64
		30	24,35	33,60	26,81	30,51	28,82	-10,23
		60	24,30	33,55	26,77	30,47	28,77	-10,28
		90	24,25	33,51	26,72	30,44	28,73	-10,32

**FUNDARE**

E N G E N H A R I A

Prova de Carga Estática com carregamento misto - Carga de Compressão - Estaca E308

Cliente: Engovix

Local: Estaleiro Rio Grande

Obra: Pórtico 2000tf

Data de início do ensaio: 28/02/2013

Leituras iniciais dos relógios comparadores: FE01: 34,46 FE02: 43,93 FE03: 36,95 FE04: 40,83 Média: 39,05

## Estágios de Descarregamento

Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	FE01	FE02	FE03	FE04	Média	Deslocamento médio estaca (mm)
409,6	208	0	24,87	34,16	27,35	31,05	29,36	-9,69
		5	24,90	34,20	27,38	31,09	29,39	-9,66
307,2	156	0	26,15	35,44	28,60	32,37	30,64	-8,41
		5	26,19	35,49	28,64	32,42	30,69	-8,36
204,8	104	0	27,55	36,84	30,03	33,84	32,07	-6,98
		5	27,63	36,91	30,12	33,95	32,15	-6,90
102,4	52	0	29,62	38,92	31,99	35,95	34,12	-4,93
		5	29,75	39,08	32,17	36,13	34,28	-4,77
0,0	0	0	32,23	41,46	34,55	38,53	36,69	-2,36
		5	32,35	41,56	34,69	38,65	36,81	-2,24
		15	32,37	41,58	34,71	38,69	36,84	-2,21
		30	32,38	41,60	34,76	38,71	36,86	-2,19
		60	32,43	41,63	34,80	38,75	36,90	-2,15

Cliente: Engovix

Local: Estaleiro Rio Grande

Obra: Pórtico 2000tf

Data de início do ensaio: 11/03/2013

Leituras iniciais dos relógios comparadores: FE01: 39,72 FE02: 38,85 FE03: 42,19 FE04: 17,44 Média: 39,55

## Estágios de Carregamento

Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	FE01	FE02	FE03	FE04	Média	Deslocamento médio estaca (mm)
51,31	26	0	39,50	38,64	41,65	36,90	39,17	-0,38
		2	39,49	38,63	41,64	36,88	39,16	-0,39
		4	39,48	38,62	41,63	36,88	39,15	-0,40
		8	39,48	38,62	41,63	36,87	39,15	-0,40
		15	39,47	38,61	41,62	36,87	39,14	-0,41
		30	39,47	38,60	41,61	36,86	39,14	-0,41
102,62	52	0	39,38	38,36	41,04	36,23	38,75	-0,80
		2	39,37	38,34	41,02	36,20	38,73	-0,82
		4	39,36	38,31	41,00	36,18	38,71	-0,84
		8	39,36	38,30	40,97	36,15	38,70	-0,85
		15	39,34	38,28	40,94	36,12	38,67	-0,88
		30	39,31	38,24	40,93	36,10	38,65	-0,90
153,94	78	0	39,00	37,87	40,41	35,55	38,21	-1,34
		2	38,99	37,85	40,38	35,53	38,19	-1,36
		4	38,96	37,83	40,34	35,50	38,16	-1,39
		8	38,94	37,82	40,32	35,48	38,14	-1,41
		15	38,92	37,81	40,31	35,46	38,13	-1,43
		30	38,91	37,80	40,30	35,46	38,12	-1,43
205,25	104	0	38,37	36,28	39,52	34,70	37,22	-2,33
		2	38,36	36,25	39,50	34,68	37,20	-2,35
		4	38,35	36,23	39,47	34,65	37,18	-2,38
		8	38,33	36,22	39,46	34,62	37,16	-2,39
		15	38,32	36,21	39,43	34,60	37,14	-2,41
		30	38,30	36,20	39,41	34,59	37,13	-2,43
256,56	130	0	37,59	35,56	38,60	33,85	36,40	-3,15
		2	37,57	35,52	38,55	33,75	36,35	-3,20
		4	37,52	35,49	38,49	33,69	36,30	-3,25
		8	37,46	35,45	38,41	33,64	36,24	-3,31
		15	37,39	35,40	38,39	33,61	36,20	-3,35
		30	37,35	35,37	38,35	33,57	36,16	-3,39

Cliente: Engovix

Local: Estaleiro Rio Grande

Obra: Pórtico 2000tf

Data de início do ensaio: 11/03/2013

Leituras iniciais dos relógios comparadores: FE01: 39,72 FE02: 38,85 FE03: 42,19 FE04: 37,44 Média: 39,55

## Estágios de Carregamento

Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	FE01	FE02	FE03	FE04	Média	Deslocamento médio estaca (mm)
307,87	156	0	36,72	34,76	37,50	32,79	35,44	-4,11
		2	36,69	34,71	37,46	32,74	35,40	-4,15
		4	36,65	34,67	37,40	32,69	35,35	-4,20
		8	36,59	34,62	37,32	32,64	35,29	-4,26
		15	36,56	34,60	37,29	32,60	35,26	-4,29
		30	36,54	34,57	37,26	32,58	35,24	-4,31
359,19	182	0	35,74	33,81	36,29	31,71	34,39	-5,16
		2	35,70	33,77	36,25	31,67	34,35	-5,20
		4	35,67	33,70	36,19	31,61	34,29	-5,26
		8	35,59	33,66	36,14	31,56	34,24	-5,31
		15	35,55	33,60	36,09	31,50	34,19	-5,36
		30	35,50	33,56	36,02	31,45	34,13	-5,42
410,50	208	0	34,49	32,55	35,89	30,38	33,33	-6,22
		2	34,45	32,51	35,81	30,31	33,27	-6,28
		4	34,40	32,47	35,75	30,26	33,22	-6,33
		8	34,36	32,45	35,70	30,20	33,18	-6,37
		15	34,30	32,40	35,66	30,18	33,14	-6,42
		30	34,14	32,22	35,42	30,90	33,17	-6,38
461,81	234	0	33,33	31,42	33,41	28,83	31,75	-7,80
		2	33,22	31,31	33,20	28,76	31,62	-7,93
		4	33,09	31,23	33,16	28,61	31,52	-8,03
		8	32,99	31,10	33,09	28,53	31,43	-8,12
		15	32,90	31,02	33,00	28,43	31,34	-8,21
		30	32,87	31,00	32,92	28,36	31,29	-8,26
513,12	260,0	0	31,98	30,15	31,85	27,24	30,31	-9,25
		2	31,88	30,09	31,76	27,09	30,21	-9,35
		4	31,74	29,88	31,64	26,98	30,06	-9,49
		8	31,61	29,76	31,52	26,84	29,93	-9,62
		15	31,53	29,66	31,39	26,69	29,82	-9,73
		30	31,42	29,58	31,25	26,58	29,71	-9,84
		720	30,75	28,95	30,31	25,61	28,91	-10,65

Cliente: Engovix

Local: Estaleiro Rio Grande

Obra: Pórtico 2000tf

Data de início do ensaio: 11/03/2013

Leituras iniciais dos relógios comparadores: FE01: 39,72 FE02: 38,85 FE03: 42,19 FE04: 37,44 Média: 39,55

## Estágios de Descarregamento

Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	FE01	FE02	FE03	FE04	Média	Deslocamento médio estaca (mm)
384,84	195,0	0	31,44	30,58	31,09	26,42	29,88	-9,67
		2	31,44	30,59	31,11	26,43	29,89	-9,66
		4	31,45	30,60	31,13	26,44	29,91	-9,65
		8	31,45	30,60	31,14	26,45	29,91	-9,64
		15	31,45	30,62	31,14	26,45	29,92	-9,63
256,56	130,0	0	32,77	31,78	32,62	27,95	31,28	-8,27
		2	32,83	31,84	32,76	28,10	31,38	-8,17
		4	32,84	31,85	32,76	28,10	31,39	-8,16
		8	32,84	31,89	32,80	28,13	31,42	-8,14
		15	32,90	31,90	32,80	28,14	31,44	-8,12
128,28	65,0	0	34,87	33,75	35,33	30,65	33,65	-5,90
		2	34,94	33,79	35,38	30,70	33,70	-5,85
		4	34,97	33,86	35,41	30,76	33,75	-5,80
		8	35,00	33,90	35,49	30,81	33,80	-5,75
		15	35,04	33,93	35,50	30,84	33,83	-5,72
0,00	0,0	0	37,52	36,35	39,15	34,53	36,89	-2,66
		2	37,59	36,41	39,20	34,58	36,95	-2,61
		4	37,64	36,48	39,26	34,64	37,01	-2,55
		8	37,67	36,51	39,27	34,65	37,03	-2,52
		15	37,70	36,55	39,30	34,67	37,06	-2,50

Cliente: Engevix

Local: Estaleiro Rio Grande

Obra: Pórtico 2000tf

Data de início do ensaio: 12/03/2013

Leituras iniciais dos relógios comparadores: FE01: 37,90 FE02: 45,32 FE03: 38,56 FE04: 42,01 Média: 41,00

## Estágios de Carregamento

Manôb. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	FE01	FE02	FE03	FE04	Média	Deslocamento médio estaca (mm)
51,31	26	0	37,50	45,26	38,22	41,70	40,67	-0,33
		2	37,49	45,26	38,21	41,69	40,66	-0,34
		4	37,48	45,25	38,21	41,69	40,66	-0,34
		8	37,48	45,25	38,21	41,68	40,66	-0,34
		15	37,47	45,25	38,20	41,68	40,65	-0,35
		30	37,46	45,24	38,20	41,68	40,65	-0,35
102,62	52	0	36,82	44,84	37,67	41,19	40,13	-0,87
		2	36,81	44,82	37,66	41,19	40,12	-0,88
		4	36,81	44,82	37,66	41,19	40,12	-0,88
		8	36,81	44,82	37,66	41,18	40,12	-0,88
		15	36,81	44,81	37,65	41,17	40,11	-0,89
		30	36,80	44,80	37,65	41,16	40,10	-0,90
153,94	78	0	36,21	44,40	37,19	40,68	39,62	-1,38
		2	36,17	44,37	37,16	40,65	39,59	-1,41
		4	36,12	44,34	37,11	40,60	39,54	-1,46
		8	36,12	44,33	37,10	40,59	39,54	-1,46
		15	36,10	44,32	37,09	40,58	39,52	-1,48
		30	36,08	44,31	37,08	40,57	39,51	-1,49
205,25	104	0	35,56	43,85	36,54	40,00	38,99	-2,01
		2	35,54	43,81	36,51	39,98	38,96	-2,04
		4	35,53	43,79	36,49	39,96	38,94	-2,06
		8	35,52	43,78	36,46	39,93	38,92	-2,08
		15	35,51	43,76	36,44	39,91	38,91	-2,09
		30	35,50	43,75	36,42	39,88	38,89	-2,11
256,56	130	0	34,83	43,31	35,88	39,32	38,34	-2,66
		2	34,77	43,27	35,85	39,28	38,29	-2,71
		4	34,71	43,21	35,75	39,24	38,23	-2,77
		8	34,66	43,18	35,72	39,17	38,18	-2,82
		15	34,66	43,18	35,72	39,17	38,18	-2,82
		30	34,66	43,18	35,72	39,17	38,18	-2,82



Cliente: Engevix

Local: Estaleiro Rio Grande

Obra: Pórtico 2000ef

Data de início do ensaio: 12/03/2013

Leituras iniciais dos relógios-comparadores: FE01: 37,90 FE02: 45,52 FE03: 38,56 FE04: 42,01 Média: 41,00

## Estágios de Carregamento

Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	FE01	FE02	FE03	FE04	Média	Deslocamento médio estaca (mm)
307,87	156	0	34,10	42,64	35,13	38,56	37,61	-3,39
		2	34,06	42,60	35,07	38,52	37,56	-3,44
		4	34,01	42,57	35,04	38,46	37,52	-3,48
		8	33,99	42,52	35,00	38,43	37,49	-3,51
		15	33,95	42,49	34,96	38,38	37,45	-3,55
		30	33,90	42,44	34,90	38,31	37,39	-3,61
359,19	182	0	33,01	41,68	34,08	37,51	36,57	-4,43
		2	32,98	41,65	34,05	37,48	36,54	-4,46
		4	32,96	41,62	34,04	37,45	36,52	-4,48
		8	32,92	41,59	34,00	37,42	36,48	-4,52
		15	32,87	41,57	33,97	37,40	36,45	-4,55
		30	32,85	41,52	33,94	37,36	36,42	-4,58
410,50	208	0	32,39	41,09	33,47	36,87	35,96	-5,04
		2	32,35	41,04	33,42	36,84	35,91	-5,09
		4	32,31	41,00	33,38	36,81	35,88	-5,12
		8	32,27	40,98	33,33	36,76	35,84	-5,16
		15	32,23	40,94	33,30	36,71	35,80	-5,20
		30	32,12	40,86	33,21	36,60	35,70	-5,30
461,81	234	0	31,39	40,20	32,49	35,84	34,98	-6,02
		2	31,36	40,16	32,44	35,80	34,94	-6,06
		4	31,31	40,10	32,38	35,75	34,89	-6,11
		8	31,23	40,04	32,29	35,69	34,81	-6,19
		15	31,11	39,95	32,11	35,61	34,70	-6,30
		30	30,97	39,88	32,07	35,54	34,62	-6,38
513,12	260,0	0	30,50	39,50	31,72	35,14	34,22	-6,78
		2	30,35	39,34	31,57	34,98	34,06	-6,94
		4	30,28	39,29	31,50	34,90	33,99	-7,01
		8	30,25	39,24	31,47	34,88	33,96	-7,04
		15	30,19	39,20	31,41	34,82	33,91	-7,09
		30	30,15	39,14	31,37	34,77	33,86	-7,14
		720	30,02	39,01	31,24	34,65	33,73	-7,27

Cliente: Engevix

Local: Estaleiro Rio Grande

Obra: Pórtico 2000tf

Data de início do ensaio: 12/03/2013

Leituras iniciais dos relógios comparadores: FE01: 37,90 FE02: 45,52 FE03: 38,56 FE04: 42,01 Média: 41,00

## Estágios de Descarregamento

Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	FE01	FE02	FE03	FE04	Média	Deslocamento médio estaca (mm)
384,84	195,0	0	30,64	39,57	31,89	35,29	34,35	-6,65
		2	30,65	39,58	31,89	35,30	34,36	-6,64
		4	30,66	39,59	31,90	35,31	34,37	-6,63
		8	30,67	39,60	31,90	35,32	34,37	-6,63
		15	30,68	39,60	31,90	35,33	34,38	-6,62
256,56	130,0	0	31,77	40,68	33,09	36,47	35,50	-5,50
		2	31,81	40,72	33,14	36,52	35,55	-5,45
		4	31,82	40,73	33,15	36,53	35,56	-5,44
		8	31,83	40,74	33,16	36,54	35,57	-5,43
		15	31,84	40,75	33,17	36,55	35,58	-5,42
128,28	65,0	0	33,47	42,39	35,01	38,38	37,31	-3,69
		2	33,51	42,42	35,04	38,42	37,35	-3,65
		4	33,53	42,44	35,06	38,43	37,37	-3,63
		8	33,54	42,46	35,08	38,45	37,38	-3,62
		15	33,56	42,47	35,09	38,47	37,40	-3,60
0,00	0,0	0	35,69	44,61	37,46	40,77	39,63	-1,37
		2	35,75	44,67	37,51	40,78	39,68	-1,32
		4	35,77	44,68	37,52	40,82	39,70	-1,30
		8	35,78	44,69	37,53	40,85	39,71	-1,29
		15	35,81	44,70	37,54	40,87	39,73	-1,27

Cliente: Engevix

Local: Estaleiro Rio Grande

Obra: Pórtico 2000ef

Data de início do ensaio: 13/03/2013

Leituras iniciais dos relógios comparadores: FE01: 43,06 FE02: 41,82 FE03: 45,27 FE04: 47,75 Média: 44,48

## Estágios de Carregamento

Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	FE01	FE02	FE03	FE04	Média	Deslocamento médio estaca (mm)
51,31	26	0	42,54	41,46	45,10	47,40	44,13	-0,35
		2	42,53	41,45	45,10	47,39	44,12	-0,36
		4	42,53	41,44	45,09	47,38	44,11	-0,37
		8	42,52	41,44	45,08	47,38	44,11	-0,37
		15	42,51	41,44	45,08	47,36	44,10	-0,38
		30	42,50	41,44	45,08	47,35	44,09	-0,38
102,62	52	0	41,72	40,72	44,71	46,88	43,51	-0,97
		2	41,71	40,76	44,70	46,87	43,51	-0,97
		4	41,70	40,75	44,70	46,87	43,51	-0,97
		8	41,68	40,74	44,69	46,85	43,49	-0,98
		15	41,67	40,73	44,68	46,84	43,48	-0,99
		30	41,65	40,71	44,66	46,83	43,46	-1,01
153,94	78	0	40,90	40,08	44,28	46,36	42,91	-1,57
		2	40,82	40,02	44,28	46,36	42,87	-1,61
		4	40,74	39,96	44,24	46,32	42,82	-1,66
		8	40,71	39,95	44,24	46,32	42,81	-1,67
		15	40,70	39,94	44,24	46,31	42,80	-1,68
		30	40,69	39,91	44,23	46,30	42,78	-1,69
205,25	104	0	39,92	39,00	43,62	45,70	42,06	-2,42
		2	39,92	39,00	43,62	45,70	42,06	-2,42
		4	39,86	38,99	43,61	45,69	42,04	-2,44
		8	39,85	38,87	43,60	45,69	42,00	-2,47
		15	39,84	38,87	43,60	45,68	42,00	-2,48
		30	39,84	38,87	43,60	45,68	42,00	-2,48
256,56	130	0	38,98	38,35	43,26	45,18	41,44	-3,03
		2	38,83	38,26	43,22	45,13	41,36	-3,12
		4	38,74	38,20	43,19	45,09	41,31	-3,17
		8	38,70	38,18	43,17	45,07	41,28	-3,20
		15	38,68	38,15	43,14	45,05	41,26	-3,22
		30	38,64	38,15	43,12	45,02	41,23	-3,24

Cliente: Engovix

Local: Estaleiro Rio Grande

Obra: Pórtico 2000ef

Data de início do ensaio: 13/03/2013

Leituras iniciais dos relógios comparadores: FE01: 43,06 FE02: 41,82 FE03: 45,27 FE04: 47,75 Média: 44,48

## Estágios de Carregamento

Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	FE01	FE02	FE03	FE04	Média	Deslocamento médio estaca (mm)
307,87	156	0	37,71	37,35	42,63	44,35	40,51	-3,97
		2	37,60	37,33	42,58	44,33	40,46	-4,02
		4	37,53	37,27	42,53	44,29	40,41	-4,07
		8	37,49	37,20	42,49	44,26	40,36	-4,12
		15	37,45	37,13	42,47	44,24	40,32	-4,15
		30	37,33	37,10	42,45	44,21	40,27	-4,20
359,19	182	0	36,67	36,14	41,71	43,12	39,41	-5,07
		2	36,51	36,11	41,69	42,99	39,33	-5,15
		4	36,40	36,07	41,63	42,94	39,26	-5,22
		8	36,36	35,99	41,60	42,90	39,21	-5,26
		15	36,15	35,90	41,51	42,71	39,07	-5,41
		30	36,04	35,81	41,45	42,50	38,95	-5,53
410,50	208	0	34,61	35,04	40,81	41,14	37,90	-6,57
		2	34,52	35,00	40,77	41,01	37,83	-6,65
		4	34,43	34,96	40,71	40,92	37,76	-6,72
		8	34,31	34,91	40,69	40,83	37,69	-6,79
		15	34,23	34,85	40,66	40,70	37,61	-6,87
		30	34,05	34,79	40,62	40,51	37,49	-6,98
461,81	234	0	32,74	33,99	40,12	39,28	36,53	-7,94
		2	32,50	33,90	40,08	38,91	36,35	-8,13
		4	32,02	33,78	40,04	38,82	36,17	-8,31
		8	31,05	33,66	40,00	38,70	35,85	-8,62
		15	30,57	33,40	39,95	38,39	35,58	-8,90
		30	30,00	33,34	39,90	38,05	35,32	-9,15
513,12	260,0	0						
		2						
		4						
		8						
		15						
		30						
720								

**FUNDARE****ENGENHARIA**

Prova de Carga Estática com carregamento lento - Carga de Compressão - E150

Cliente: Engovix

Local: Estaleiro Rio Grande

Obra: Pórtico 2000tf

Data de início do ensaio: 14/03/2013

leituras iniciais dos relógios comparadores: FE01: 42,92 FE02: 48,17 FE03: 37,68 FE04: 40,88 Média: 42,41

## Estágios de Carregamento

Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	FE01	FE02	FE03	FE04	Média	Deslocamento médio estaca (mm)
51,31	26	0	42,66	47,93	37,23	40,60	42,11	-0,31
		2	42,60	47,89	37,29	40,56	42,09	-0,33
		4	42,55	47,82	37,27	40,51	42,04	-0,38
		8	42,49	47,77	37,23	40,50	42,00	-0,41
		15	42,41	47,60	37,20	40,49	41,93	-0,49
		30	42,41	47,60	37,20	40,46	41,92	-0,50
102,62	52	0	41,87	46,90	36,71	39,97	41,36	-1,05
		2	41,85	46,88	36,69	39,96	41,35	-1,07
		4	41,83	46,85	36,67	39,96	41,33	-1,09
		8	41,82	46,83	36,66	39,95	41,32	-1,10
		15	41,80	46,82	36,65	39,93	41,30	-1,11
		30	41,80	46,82	36,64	39,91	41,29	-1,12
153,94	78	0	41,12	46,11	36,15	39,38	40,69	-1,72
		2	41,10	46,10	36,14	39,37	40,68	-1,74
		4	41,08	46,10	36,13	39,36	40,67	-1,75
		8	41,06	46,08	36,12	39,36	40,66	-1,76
		15	41,04	46,08	36,11	39,35	40,65	-1,77
		30	41,01	46,07	36,11	39,35	40,64	-1,78
205,25	104	0	40,05	45,26	35,49	38,69	39,87	-2,54
		2	40,04	45,25	35,48	38,68	39,86	-2,55
		4	40,03	45,23	35,47	38,67	39,85	-2,56
		8	40,02	45,20	35,45	38,66	39,83	-2,58
		15	39,99	45,17	35,43	38,64	39,81	-2,61
		30	39,96	45,14	35,41	38,62	39,78	-2,63
256,56	130	0	39,10	44,30	34,80	37,12	38,83	-3,58
		2	39,02	44,26	34,75	37,08	38,78	-3,64
		4	38,97	44,21	34,72	37,05	38,74	-3,68
		8	38,90	44,14	34,69	37,01	38,69	-3,73
		15	38,87	44,09	34,67	36,99	38,66	-3,76
		30	38,84	44,05	34,64	36,97	38,63	-3,79

Cliente: Engevix

Local: Estaleiro Rio Grande

Obra: Pórtico 2000tf

Data de início do ensaio: 14/03/2013

Leituras iniciais dos relógios-comparadores: FE01: 42,92 FE02: 48,17 FE03: 37,68 FE04: 40,88 Média: 42,41

## Estágios de Carregamento

Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	FE01	FE02	FE03	FE04	Média	Deslocamento médio estaca (mm)
307,87	156	0	38,02	43,17	33,94	37,24	38,09	-4,32
		2	37,95	43,10	33,82	37,18	38,01	-4,40
		4	37,87	43,02	33,75	37,12	37,94	-4,47
		8	37,85	43,02	33,70	37,11	37,92	-4,49
		15	37,82	43,01	33,66	37,09	37,90	-4,52
		30	37,65	42,92	33,61	37,05	37,81	-4,61
359,19	182	0	36,73	41,84	32,51	36,95	37,01	-5,41
		2	36,69	41,79	32,49	36,79	36,94	-5,47
		4	36,61	41,75	32,45	36,47	36,82	-5,59
		8	36,55	41,69	32,42	36,27	36,73	-5,68
		15	36,52	41,62	32,38	36,24	36,69	-5,72
		30	36,49	41,58	32,36	36,21	36,66	-5,75
410,50	208	0	35,76	40,68	31,59	35,54	35,89	-6,52
		2	35,70	40,60	31,53	35,49	35,83	-6,58
		4	35,65	40,53	31,48	35,44	35,78	-6,64
		8	35,58	40,48	31,43	35,39	35,72	-6,69
		15	35,50	40,30	31,33	35,27	35,60	-6,81
		30	35,41	40,21	31,24	35,16	35,51	-6,91
461,83	234	0	34,65	39,29	30,66	34,40	34,75	-7,66
		2	34,50	39,09	30,64	34,33	34,64	-7,77
		4	34,42	38,99	30,64	34,21	34,57	-7,85
		8	34,29	38,81	30,59	34,12	34,45	-7,96
		15	34,20	38,65	30,55	34,01	34,35	-8,06
		30	34,12	38,57	30,53	33,99	34,30	-8,11
513,12	260,0	0	33,34	37,67	29,08	33,36	33,36	-9,05
		2	33,08	37,51	29,94	33,23	33,44	-8,97
		4	32,94	37,37	29,80	33,14	33,31	-9,10
		8	32,71	37,30	29,68	33,00	33,17	-9,24
		15	32,70	37,28	29,65	32,98	33,15	-9,26
		30	32,70	37,20	29,63	32,95	33,12	-9,29
		720	32,51	37,06	29,51	32,79	32,97	-9,45

**FUNDARE****ENGENHARIA**

Prova de Carga Estática com carregamento lento - Carga de Compressão - E150

Cliente: Engevix

Local: Estaleiro Rio Grande

Obra: Pórtico 2000ef

Data de início do ensaio: 14/03/2013

leituras iniciais dos relógios comparadores: FE01: 42,92 FE02: 46,17 FE03: 37,68 FE04: 40,08 Média: 42,41

## Estágios de Descarregamento

Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	FE01	FE02	FE03	FE04	Média	Deslocamento médio estaca (mm)
384,84	195,0	0	33,33	37,82	30,36	33,63	33,79	-8,63
		2	33,34	37,83	30,36	33,64	33,79	-8,62
		4	33,35	37,84	30,37	33,65	33,80	-8,61
		8	33,36	37,85	30,37	33,66	33,81	-8,60
		15	33,37	37,85	30,37	33,67	33,82	-8,60
256,56	130,0	0	34,66	39,13	31,76	35,01	35,14	-7,27
		2	34,70	39,17	31,81	35,06	35,19	-7,23
		4	34,71	39,18	31,82	35,07	35,20	-7,22
		8	34,72	39,19	31,83	35,08	35,21	-7,21
		15	34,73	39,20	31,84	35,09	35,22	-7,20
128,28	65,0	0	36,56	41,04	33,88	37,12	37,15	-5,26
		2	36,60	41,07	33,91	37,16	37,19	-5,23
		4	36,62	41,09	33,93	37,17	37,20	-5,21
		8	36,63	41,11	33,95	37,19	37,22	-5,19
		15	36,65	41,12	33,96	37,21	37,24	-5,18
0,00	0,0	0	38,98	43,46	36,53	39,71	39,67	-2,74
		2	39,04	43,52	36,58	39,72	39,72	-2,70
		4	39,06	43,53	36,59	39,76	39,74	-2,68
		8	39,07	43,54	36,60	39,79	39,75	-2,66
		15	39,10	43,55	36,61	39,81	39,77	-2,65



Prova de Carga Estática com carregamento misto - Carga de Compressão- Estaca E170

Cliente: Engovix

Local: Estaleiro Rio Grande

Obra: Pórtico 2000ef

Data de início do ensaio: 16/03/2013

Leituras iniciais dos relógios comparadores: FE01: 44,14 FE02: 42,41 FE03: 48,87 FE04: 38,35 Média: 43,44

Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	Estágios de Carregamento				Média	Deslocamento médio estaca (mm)
			FE01	FE02	FE03	FE04		
51,2	26	0	43,90	42,10	48,64	38,12	43,19	-0,25
		2	43,87	42,09	48,63	38,09	43,17	-0,27
		4	43,83	42,04	48,58	38,07	43,13	-0,31
		8	43,83	42,04	48,58	38,07	43,13	-0,31
		15	43,83	42,04	48,58	38,07	43,13	-0,31
		30	43,83	42,04	48,58	38,07	43,13	-0,31
102,4	52	0	43,34	41,53	48,12	37,66	42,66	-0,78
		2	43,34	41,53	48,12	37,65	42,66	-0,78
		4	43,34	41,53	48,12	37,65	42,66	-0,78
		8	43,33	41,52	48,11	37,65	42,65	-0,79
		15	43,33	41,52	48,11	37,65	42,65	-0,79
		30	43,33	41,52	48,11	37,65	42,65	-0,79
153,6	78	0	42,78	40,96	47,64	37,16	42,14	-1,31
		2	42,77	40,95	47,63	37,15	42,13	-1,32
		4	42,75	40,95	47,63	37,14	42,12	-1,33
		8	42,75	40,94	47,63	37,13	42,11	-1,33
		15	42,75	40,94	47,63	37,13	42,11	-1,33
		30	42,74	40,93	47,63	37,13	42,11	-1,34
204,8	104	0	42,24	40,45	47,22	36,71	41,66	-1,79
		2	42,19	40,43	47,22	36,67	41,63	-1,82
		4	42,13	40,38	47,15	36,63	41,57	-1,87
		8	42,12	40,34	47,10	36,62	41,55	-1,90
		15	42,10	40,31	47,06	36,59	41,52	-1,93
		30	42,08	40,31	47,06	36,58	41,51	-1,94
256,0	130	0	41,58	39,80	46,66	36,14	41,05	-2,40
		2	41,50	39,71	46,58	36,06	40,96	-2,48
		4	41,45	39,68	46,57	36,02	40,93	-2,51
		8	41,43	39,66	46,53	36,00	40,91	-2,54
		15	41,30	39,64	46,52	35,99	40,86	-2,58
		30	41,39	39,63	46,50	35,97	40,87	-2,57



<b>FUNDARE</b> ENGENHARIA		Prova de Carga Estática com carregamento misto - Carga de Compressão - Estaca E170						
Cliente: Engevix								
Local: Estaleiro Rio Grande								
Obra: Pórtico 2000tf								
Data de início do ensaio: 16/03/2013								
Leituras iniciais dos relógios comparadores:		FE01: 44,14 FE02: 42,41 FE03: 48,87 FE09: 38,35 Média: 43,44						
Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	Estágios de Carregamento				Média	Deslocamento médio estaca (mm)
			FE01	FE02	FE03	FE04		
307,2	156	0	40,79	39,03	45,97	35,45	40,31	-3,13
		2	40,74	38,98	45,93	35,40	40,26	-3,18
		4	40,71	38,96	45,91	35,37	40,24	-3,21
		8	40,67	38,95	45,89	35,34	40,21	-3,23
		15	40,62	38,88	45,85	35,31	40,17	-3,28
		30	40,60	38,87	45,84	35,30	40,15	-3,29
332,8	169	0	40,26	38,61	45,65	35,07	39,90	-3,54
		5	40,22	38,58	45,56	35,03	39,85	-3,60
358,4	182	0	40,02	38,28	45,30	34,80	39,60	-3,84
		5	39,94	38,24	45,28	34,76	39,56	-3,89
384,0	195	0	39,56	37,76	44,85	34,37	39,14	-4,31
		5	39,52	37,67	44,81	34,35	39,09	-4,36
409,6	208	0	39,05	37,31	44,44	33,95	38,69	-4,76
		5	38,99	37,25	44,42	33,92	38,65	-4,80
435,2	221	0	38,51	36,73	44,02	33,44	38,18	-5,27
		5	38,46	36,68	43,95	33,40	38,12	-5,32
460,8	234	0	37,97	36,28	43,52	32,99	37,69	-5,75
		5	37,85	36,23	43,49	32,92	37,62	-5,82
486,4	247	0	37,19	35,71	42,97	32,38	37,06	-6,38
		5	37,13	35,62	42,85	32,35	36,99	-6,46
512,0	260	0	36,53	35,15	42,33	31,79	36,45	-6,99
		5	36,47	35,08	42,31	31,76	36,41	-7,04
		10	36,44	35,04	42,29	31,76	36,38	-7,06
		30	36,39	35,01	42,25	31,75	36,35	-7,09
		60	36,38	34,98	42,24	31,73	36,33	-7,11
		90	36,35	34,94	42,22	31,72	36,31	-7,14
		120	36,32	34,91	42,20	31,70	36,28	-7,16

<b>FUNDARE</b>		Prova de Carga Estática com carregamento misto - Carga de Compressão- Estaca E170						
<b>BOQUEENHARIA</b>								
Cliente: Engevix								
Local: Estaleiro Rio Grande								
Obra: Pórtico 2000tf								
Data de início do ensaio: 16/03/2013								
Leituras iniciais dos relógios comparadores: FE01: 44,14 FE02: 42,41 FE03: 48,87 FE09: 38,35 Média: 43,44								
Estágios de Descarregamento								
Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	FE01	FE02	FE03	FE04	Média	Deslocamento médio estaca (mm)
409,6	208	0	36,77	34,40	42,67	32,12	36,49	-6,95
		5	36,77	34,41	42,68	32,13	36,50	-6,95
307,2	156	0	37,42	35,18	43,24	32,75	37,15	-6,30
		5	37,45	35,20	43,27	32,77	37,17	-6,27
204,8	104	0	38,60	36,50	44,87	33,74	38,43	-5,02
		5	38,60	36,50	44,87	33,74	38,43	-5,02
102,4	52	0	40,47	38,79	47,03	35,31	40,40	-3,04
		5	40,51	38,87	47,09	35,34	40,45	-2,99
0,0	0	0	43,30	42,29	49,21	36,51	42,83	-0,62
		5	43,44	42,24	49,34	36,66	42,92	-0,52

Cliente: Engevix

Local: Estaleiro Rio Grande

Obra: Pórtico 2000tf

Data de início do ensaio: 13/03/2013

leituras iniciais dos relógios comparadores: FE01: 44,33 FE02: 30,72 FE03: 42,80 FE04: 44,92 Média: 40,67

Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	Estágios de Carregamento				Média	Deslocamento médio estaca (mm)
			FE01	FE02	FE03	FE04		
51,2	26	0	44,04	30,44	42,41	44,50	40,35	-0,32
		2	44,03	30,42	42,41	44,47	40,33	-0,34
		4	44,03	30,42	42,41	44,47	40,33	-0,34
		8	44,03	30,42	42,41	44,47	40,33	-0,34
		15	44,03	30,42	42,41	44,47	40,33	-0,34
		30	44,03	30,42	42,41	44,47	40,33	-0,34
102,4	52	0	43,63	30,02	41,95	44,05	39,91	-0,75
		2	43,60	30,02	41,95	44,05	39,91	-0,76
		4	43,58	30,01	41,92	44,04	39,89	-0,78
		8	43,53	30,00	41,90	44,03	39,87	-0,80
		15	43,53	30,00	41,90	44,01	39,86	-0,81
		30	43,53	30,00	41,90	44,01	39,86	-0,81
153,6	78	0	43,14	29,58	41,40	43,55	39,42	-1,25
		2	43,10	29,56	41,35	43,52	39,38	-1,29
		4	43,09	29,56	41,35	43,52	39,38	-1,29
		8	43,09	29,56	41,35	43,51	39,38	-1,29
		15	43,09	29,55	41,34	43,51	39,37	-1,29
		30	43,09	29,53	41,34	43,50	39,37	-1,30
204,8	104	0	42,60	29,06	40,77	42,99	38,86	-1,81
		2	42,55	29,02	40,71	42,97	38,81	-1,86
		4	42,53	29,02	40,69	42,97	38,80	-1,87
		8	42,53	29,02	40,68	42,97	38,80	-1,87
		15	42,53	29,02	40,67	42,97	38,80	-1,87
		30	42,53	29,00	40,67	42,95	38,79	-1,88
256,0	130	0	42,12	28,52	40,12	42,45	38,30	-2,37
		2	42,05	28,48	40,02	42,38	38,23	-2,44
		4	42,00	28,45	39,99	42,34	38,20	-2,47
		8	41,97	28,42	39,95	42,31	38,16	-2,51
		15	41,96	28,38	39,92	42,29	38,14	-2,53
		30	41,95	28,37	39,91	42,29	38,13	-2,54

<b>FUNDARE</b>		Prova de Carga Estática com carregamento misto - Carga de Compressão - Estaca E234						
<b>ENGENHARIA</b>								
Cliente: Engevix								
Local: Estaleiro Rio Grande								
Obra: Pórtico 2000ef								
Data de início do ensaio: 13/03/2013								
Leituras Iniciais dos relógios comparadores:		FE01: 44,33 FE02: 30,72 FE03: 42,80 FE04: 44,82 Média: 40,67						
Módul. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	Estágios de Carregamento				Média	Deslocamento médio estaca (mm)
			FE01	FE02	FE03	FE04		
307,2	156	0	41,51	27,89	39,37	41,77	37,64	-3,03
		2	41,43	27,83	39,27	41,70	37,56	-3,11
		4	41,38	27,79	39,23	41,66	37,52	-3,15
		8	41,35	27,75	39,20	41,63	37,48	-3,19
		15	41,32	27,73	39,17	41,61	37,46	-3,21
		30	41,32	27,70	39,15	41,59	37,44	-3,23
332,8	169	0	41,16	27,51	38,92	41,38	37,24	-3,43
		5	41,07	27,45	38,80	41,30	37,16	-3,51
358,4	182	0	40,78	27,23	38,52	41,05	36,90	-3,77
		5	40,73	27,16	38,44	40,97	36,83	-3,84
384,0	195	0	40,55	26,88	38,12	40,69	36,56	-4,11
		5	40,46	26,82	38,04	40,62	36,49	-4,18
409,6	208	0	40,16	26,55	37,70	40,33	36,19	-4,48
		5	40,02	26,45	37,56	40,23	36,07	-4,60
435,2	221	0	39,74	26,11	37,25	39,86	35,74	-4,93
		5	39,59	25,98	37,12	39,77	35,62	-5,05
460,8	234	0	39,36	25,67	36,75	39,43	35,30	-5,36
		5	39,18	25,50	36,52	39,23	35,11	-5,56
486,4	247	0	38,90	25,17	36,15	38,86	34,77	-5,90
		5	38,75	25,06	36,02	38,75	34,65	-6,02
512,0	260	0	38,40	24,70	35,60	38,40	34,28	-6,39
		5	38,40	24,65	35,54	38,34	34,23	-6,44
		10	38,26	24,56	35,40	38,14	34,09	-6,58
		30	38,22	24,49	35,33	38,05	34,02	-6,65
		60	38,08	24,33	35,20	37,90	33,88	-6,79
		90	38,08	24,31	35,12	37,84	33,84	-6,83
		120	38,00	24,27	35,08	37,80	33,79	-6,88

<b>FUNDARE</b> ENGENHARIA		Prova de Carga Estática com carregamento misto - Carga de Compressão- Estaca E234						
Cliente: Engevix								
Local: Estaleiro Rio Grande								
Obra: Pórtico 2000tf								
Data de início do ensaio: 13/03/2013								
Leituras iniciais dos relógios comparadores: FE01: 44,33 FE02: 30,72 FE03: 42,80 FE04: 44,82 Média: 40,67								
Estágios de Descarregamento								
Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	FE01	FE02	FE03	FE04	Média	Deslocamento médio estaca (mm)
409,6	208	0	38,53	24,70	35,69	38,37	34,32	-6,35
		5	38,60	24,79	35,72	38,39	34,38	-6,29
307,2	156	0	39,33	25,52	36,54	39,28	35,17	-5,50
		5	39,35	25,57	36,59	39,24	35,19	-5,48
204,8	104	0	40,25	26,49	37,60	40,20	36,14	-4,53
		5	40,35	26,55	37,71	40,30	36,23	-4,44
102,4	52	0	41,70	27,90	39,36	41,75	37,68	-2,99
		5	41,84	27,95	39,45	41,83	37,77	-2,90
0,0	0	0	43,42	29,42	41,36	43,49	39,42	-1,25
		5	43,52	29,55	41,50	43,60	39,54	-1,12

Cliente: Engovix

Local: Estaleiro Rio Grande

Obra: Pórtico 2000tf

Data de início do ensaio: 16/03/2019

Leituras iniciais dos relógios comparadores: FE01: 41,35 FE02: 44,72 FE03: 37,43 FE04: 30,04 Média: 38,39

Módulo, (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	Estágios de Carregamento				Média	Deslocamento médio estaca (mm)
			FE01	FE02	FE03	FE04		
51,2	26	0	40,93	44,34	37,02	29,56	37,96	-0,42
		2	40,93	44,34	37,02	29,56	37,96	-0,42
		4	40,93	44,34	37,02	29,56	37,96	-0,42
		8	40,93	44,34	37,02	29,56	37,96	-0,42
		15	40,93	44,34	37,02	29,56	37,96	-0,42
		30	40,93	44,34	37,02	29,56	37,96	-0,42
102,4	52	0	40,25	43,71	36,23	28,72	37,23	-1,16
		2	40,25	43,71	36,23	28,72	37,23	-1,16
		4	40,25	43,71	36,23	28,72	37,23	-1,16
		8	40,25	43,71	36,23	28,72	37,23	-1,16
		15	40,25	43,71	36,23	28,72	37,23	-1,16
		30	40,25	43,71	36,23	28,72	37,23	-1,16
153,6	78	0	39,36	42,82	35,18	27,70	36,27	-2,12
		2	39,34	42,82	35,16	27,67	36,25	-2,14
		4	39,34	42,82	35,16	27,66	36,25	-2,14
		8	39,34	42,82	35,16	27,65	36,24	-2,14
		15	39,34	42,82	35,16	27,65	36,24	-2,14
		30	39,34	42,82	35,16	27,65	36,24	-2,14
204,8	104	0	38,33	41,86	34,02	26,50	35,18	-3,21
		2	38,27	41,80	33,93	26,44	35,11	-3,28
		4	38,27	41,79	33,92	26,44	35,11	-3,28
		8	38,27	41,79	33,92	26,44	35,11	-3,28
		15	38,27	41,79	33,92	26,44	35,11	-3,28
		30	38,27	41,79	33,92	26,44	35,11	-3,28
256,0	130	0	37,25	40,78	32,74	25,27	34,01	-4,37
		2	37,17	40,77	32,72	25,15	33,95	-4,43
		4	37,15	40,73	32,67	25,13	33,92	-4,47
		8	37,15	40,72	32,66	25,12	33,91	-4,47
		15	37,09	40,68	32,62	25,08	33,87	-4,52
		30	37,07	40,66	32,58	25,04	33,84	-4,55

<b>FUNDARE</b> ENGENHARIA		Prova de Carga Estática com carregamento misto - Carga de Compressão - Estaca E239						
Cliente: Engevix								
Local: Estaleiro Rio Grande								
Obra: Pórtico 2000tf								
Data de início do ensaio: 16/03/2013								
Leituras Iniciais dos relógios comparadores:		FE01: 41,35 FE02: 44,72 FE03: 37,43 FE04: 30,04 Média: 38,39						
Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	Estágios de Carregamento				Média	Deslocamento médio estaca (mm)
			FE01	FE02	FE03	FE04		
307,2	156	0	36,04	39,65	31,44	23,84	32,74	-5,64
		2	35,94	39,51	31,23	23,70	32,60	-5,79
		4	35,82	39,45	31,16	23,60	32,51	-5,88
		8	35,78	39,43	31,15	23,54	32,48	-5,91
		15	35,78	39,43	31,14	23,53	32,47	-5,92
		30	35,77	39,42	31,14	23,52	32,46	-5,92
332,8	169	0	35,32	39,05	30,65	23,02	32,01	-6,37
		5	35,30	39,03	30,61	22,94	31,97	-6,42
358,4	182	0	34,65	38,49	29,99	22,27	31,35	-7,04
		5	34,55	38,40	29,88	22,15	31,25	-7,14
384,0	195	0	34,01	37,91	29,27	21,50	30,67	-7,71
		5	33,88	37,70	29,06	21,36	30,50	-7,88
409,6	208	0	33,31	37,24	28,44	20,69	29,92	-8,47
		5	33,15	37,18	28,28	20,48	29,77	-8,61
435,2	221	0	32,44	36,51	27,27	19,64	28,97	-9,42
		5	32,33	36,42	27,15	19,47	28,84	-9,54
460,8	234	0	31,82	35,91	26,42	18,69	28,21	-10,18
		5	31,70	35,83	26,32	18,56	28,10	-10,28
486,4	247	0	30,93	35,15	25,15	17,40	27,16	-11,23
		5	30,78	35,05	24,85	17,14	26,96	-11,43
512,0	260	0	30,03	34,26	23,72	16,05	26,02	-12,37
		5	29,82	33,23	21,16	15,35	24,89	-13,50
		10	29,91	33,23	20,75	14,75	24,66	-13,73
		30	29,91	33,22	20,68	14,63	24,61	-13,78
		60	29,91	33,22	20,60	14,55	24,57	-13,82
		90	29,80	33,20	20,55	14,25	24,45	-13,94
		120	29,80	33,18	20,52	14,20	24,43	-13,96

<b>FUNDARE</b> ENGENHARIA		Prova de Carga Estática com carregamento misto - Carga de Compressão- Estaca E239						
Cliente: Engevix								
Local: Estaleiro Rio Grande								
Obra: Pórtico 2000tf								
Data de início do ensaio: 16/03/2013								
Leituras iniciais dos relógios comparadores: FE01: 41,35 FE02: 44,72 FE03: 37,43 FE04: 30,04 Média: 38,39								
Estágios de Descarregamento								
Manôm. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Carga (tf)	Tempo (min)	FE01	FE02	FE03	FE04	Média	Deslocamento médio estaca (mm)
409,6	208	0	30,63	34,40	21,32	14,95	25,33	-13,06
		5	30,66	34,42	21,33	14,98	25,35	-13,04
307,2	156	0	32,08	36,86	22,80	17,41	27,29	-11,10
		5	32,14	36,88	22,82	17,45	27,32	-11,06
204,8	104	0	34,02	38,77	25,05	19,60	29,36	-9,03
		5	34,08	38,93	25,12	19,69	29,46	-8,93
102,4	52	0	36,77	41,15	28,41	22,51	32,21	-6,18
		5	36,79	41,17	28,47	22,55	32,25	-6,14
0,0	0	0	39,53	43,46	34,00	26,94	35,98	-2,40
		5	39,67	43,49	34,14	27,08	36,10	-2,29



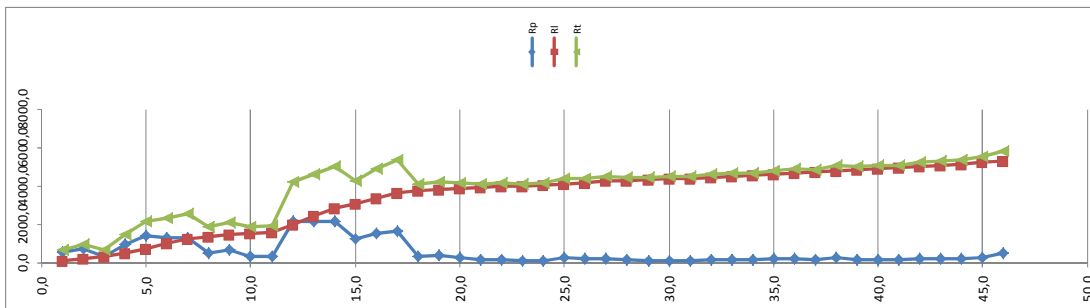
## ANEXO B - Estacas ensaiadas e Dados dos Ensaios

ESTACA	DIAMETRO (mm)	COMPR. TOTAL (m)	DADOS DA EXECUÇÃO			SONDAGEM		CARGA DE TRABALHO (kN)	
			Data da cravação	Executor	COMPR. EXECUTADO (m)	Nº	Distancia da estaca (m)	Compressão	Tração
E-24	410,0	45,60	21/07/2012	C. FORTUNA	45,65	SP-63	15,00	1300,0	-
E-4	410,0	45,60	23/03/2012	C. FORTUNA	45,65	SP-63	30,00	1300,0	-
E-31	410,0	45,60	18/04/2012	C. FORTUNA	45,65	SP-63	12,00	1300,0	-
E-434	410,0	45,60	07/08/2012	C. FORTUNA	45,65	SP-26	2,00	1300,0	-
E-501	410,0	45,60	20/06/2012	TECNOGEO	45,50	SP-63	15,00	1300,0	-
E-430	410,0	45,60	20/06/2012	C. FORTUNA	45,65	SP-26	5,00	1300,0	-
E-327	410,0	45,60	08/03/2012	C. FORTUNA	45,65	SP-18	35,00	1300,0	-
E-457	410,0	45,60	12/07/2012	C. FORTUNA	45,65	SP-26	5,00	1300,0	-
E-426	410,0	45,60	15/06/2012	C. FORTUNA	45,65	SP-26	7,00	1300,0	-
E-380	410,0	45,60	29/06/2012	C. FORTUNA	45,65	SP-26	25,00	1300,0	-
E-191	410,0	45,60	21/08/2012	TECNOGEO	45,50	SPC-117	17,00	1300,0	-
E-315	410,0	45,60	03/03/2012	C. FORTUNA	45,65	SP-18	15,00	1300,0	-
E-308	410,0	45,60	21/03/2012	C. FORTUNA	45,65	SP-18	20,00	1300,0	-
E-276	410,0	45,60	21/05/2012	C. FORTUNA	45,65	SP-18	5,00	1300,0	-
E-307	410,0	45,60	14/03/2012	C. FORTUNA	45,65	SP-18	9,00	1300,0	-
E-200	410,0	45,60	14/05/2012	C. FORTUNA	45,65	SPC-117	17,00	1300,0	-
E-150	410,0	45,60	20/04/2012	C. FORTUNA	45,65	SPC-117	11,00	1300,0	-
E-170	410,0	45,60	28/04/2012	C. FORTUNA	45,65	SPC-117	14,00	1300,0	-
E-234	410,0	45,60	17/05/2012	C. FORTUNA	45,65	SP-18	28,00	1300,0	-
E-239	410,0	45,60	15/05/2012	C. FORTUNA	45,65	SP-18	31,00	1300,0	-

ESTACA	PROVA DE CARGA ESTÁTICA						CARGA EXTRAPO LADA - VAN DER VEEN (kN)	CARGA EXTRAPOL ADA - DÉCOURT (kN)	CARGA EXTRAPOL ADA - NBR 6122/2010 (kN)	CARGA EXTRAPOLADA - MÉDIA ENTRE VANDER VEEN E DÉCOURT (kN)
	Data ensaio	Tipo de carregamen	Carga projet	Carga máx.	Deslocamento máximo (mm)	Deslo came				
E-24	21/12/2012	LENTO	1300,0	2600,0	7,04	1,05	5450,0	6301,0	5400,0	5875,5
E-4	21/12/2012	MISTO	1300,0	2600,0	8,79	1,25	5678,0	5964,3	5600,0	5821,1
E-31	12/12/2012	LENTO	1300,0	2600,0	6,50	0,95	5112,0	4917,0	5100,0	5014,5
E-434	23/01/2013	MISTO	1300,0	2600,0	7,11	1,50	3876,0	4113,2	3850,0	3994,6
E-501	01/02/2013	MISTO	1300,0	2600,0	8,41	1,44	4038,0	3802,6	4030,0	3920,3
E-430	06/02/2013	MISTO	1300,0	2600,0	8,36	1,56	4007,0	4243,5	4000,0	4125,3
E-327	07/02/2013	MISTO	1300,0	2600,0	7,39	1,11	4632,0	5508,1	4600,0	5070,1
E-457	21/02/2013	LENTO	1300,0	2600,0	8,61	1,81	3765,0	4462,7	3700,0	4113,9
E-426	20/02/2013	LENTO	1300,0	2600,0	8,48	1,53	3956,0	4813,2	3950,0	4384,6
E-380	22/02/2013	MISTO	1300,0	2600,0	8,25	0,88	5510,0	6423,2	5450,0	5966,6
E-191	25/02/2013	LENTO	1300,0	2600,0	21,38	5,67	3417,0	5224,6	3370,0	4320,8
E-315	27/02/2013	MISTO	1300,0	2600,0	8,71	1,76	3866,0	4018,6	3850,0	3942,3
E-308	28/02/2013	MISTO	1300,0	2600,0	10,32	2,15	3816,0	4307,5	3800,0	4061,8
E-276	11/03/2013	LENTO	1300,0	2600,0	10,65	2,50	3244,0	4221,5	3200,0	3732,7
E-307	12/03/2013	LENTO	1300,0	2600,0	7,27	1,27	5165,0	7895,1	5150,0	6530,0
E-200	13/03/2013	MISTO	1300,0	2600,0	7,27	0,39	3740,0	3778,3	3700,0	3759,2
E-150	14/03/2013	LENTO	1300,0	2600,0	9,45	2,65	4908,0	7944,5	4900,0	6426,2
E-170	16/03/2013	MISTO	1300,0	2600,0	7,16	0,52	3769,0	5054,9	3700,0	4412,0
E-234	13/03/2013	MISTO	1300,0	2600,0	6,88	1,12	3918,0	4116,0	3900,0	4017,0
E-239	16/03/2013	MISTO	1300,0	2600,0	13,96	2,29	3435,0	3411,5	3400,0	3423,3

# ANEXO C - Previsão de capacidade de carga

- Sondagem SPT-18 - Aoki e Velloso (1975)



Prof	SPT	Tipo de solo	Tipo solo Aoki	qp_ult	τ <sub>mix.al</sub>	Rp (kN)	Rl (kN)	Rt (kN)	Qt (FS=2) tf	Qa1(FS=1,3) tf
1,0	13,0	areia	730,0	1252,3	256,7	569,2	107,0	676,2	33,8	8,2
2,0	17,0	areia	730,0	1637,6	744,4	246,8	248,0	991,2	49,6	19,0
3,0	8,0	areia	730,0	770,6	750,3	350,3	312,6	662,9	33,1	24,0
4,0	22,0	areia	730,0	2119,3	1184,8	963,3	493,6	1456,9	72,8	38,0
5,0	32,0	areia	730,0	3082,6	1816,6	1401,2	756,9	2158,1	107,9	58,2
6,0	30,0	areia	730,0	2889,9	2409,0	1313,6	1003,7	2317,3	115,9	77,2
7,0	30,0	areia	730,0	2889,9	3001,4	1313,6	1250,6	2564,2	128,2	96,2
8,0	12,0	areia	730,0	1156,0	3238,3	525,4	1349,3	1874,7	93,7	103,8
9,0	15,0	areia	730,0	1444,9	3534,5	656,8	1472,7	2129,5	106,5	113,3
10,0	8,0	areia	730,0	770,6	3692,5	350,3	1538,5	1888,8	94,4	118,3
11,0	8,0	areia	730,0	770,6	3850,4	350,3	1604,4	1954,6	97,7	123,4
12,0	50,0	areia	730,0	4816,5	4837,7	2189,3	2015,7	4205,0	210,3	155,1
13,0	50,0	areia	730,0	4816,5	5825,0	2189,3	2427,1	4616,4	230,8	186,7
14,0	50,0	areia	730,0	4816,5	6812,3	2189,3	3068,8	4294,8	251,4	218,3
15,0	28,0	areia	730,0	2697,2	7365,2	1226,0	3068,8	4294,8	214,7	236,1
16,0	35,0	areia	730,0	3371,5	8056,3	1532,5	3356,8	4889,3	244,5	258,2
17,0	38,0	areia	730,0	3660,5	8806,7	1663,9	3669,4	5333,3	266,7	282,3
18,0	8,0	areia	730,0	770,6	8964,6	350,3	3735,3	4085,5	204,3	287,3
19,0	9,0	areia	730,0	867,0	9142,3	394,1	3809,3	4203,4	210,2	293,0
20,0	10,0	argila arenosa	440,0	580,6	9323,7	263,9	3884,9	4148,8	207,4	298,8
21,0	6,0	argila arenosa	440,0	348,4	9432,5	158,4	3930,2	4088,6	204,4	302,3
22,0	6,0	argila arenosa	440,0	348,4	9541,3	158,4	3975,5	4133,9	206,7	305,8
23,0	4,0	argila arenosa	440,0	232,2	9613,9	105,6	4005,8	4111,3	205,6	308,1
24,0	4,0	argila arenosa	440,0	232,2	9886,4	105,6	4036,0	4141,6	207,1	310,5
25,0	10,0	argila arenosa	440,0	580,6	9867,8	263,9	4111,6	4375,5	218,8	316,3
26,0	9,0	argila arenosa	440,0	522,6	10031,0	237,5	4179,6	4417,1	220,9	321,5
27,0	9,0	argila arenosa	440,0	522,6	10194,2	237,5	4247,6	4485,1	224,3	326,7
28,0	6,0	argila arenosa	440,0	348,4	10303,0	158,4	4292,9	4451,3	222,6	330,2
29,0	4,0	argila arenosa	440,0	232,2	10375,6	105,6	4323,2	4428,7	221,4	332,6
30,0	5,0	argila arenosa	440,0	290,3	10466,2	132,0	4360,9	4492,9	224,6	335,5
31,0	5,0	argila arenosa	440,0	290,3	10556,9	132,0	4398,7	4530,7	226,5	338,4
32,0	7,0	argila arenosa	440,0	406,4	10683,9	184,7	4451,6	4636,4	231,8	342,4
33,0	6,0	argila arenosa	440,0	348,4	10792,7	158,4	4497,0	4655,3	232,8	345,9
34,0	6,0	argila arenosa	440,0	348,4	10901,5	158,4	4542,3	4700,6	235,0	349,4
35,0	8,0	argila arenosa	440,0	464,5	11046,6	211,1	4602,7	4813,9	240,7	354,1
36,0	9,0	argila arenosa	440,0	522,6	11209,8	237,5	4670,8	4908,3	245,4	359,3
37,0	6,0	argila arenosa	440,0	348,4	11318,6	158,4	4716,1	4874,4	243,7	362,8
38,0	10,0	argila arenosa	440,0	580,6	11500,0	263,9	4791,7	5055,6	252,8	368,6
39,0	7,0	argila arenosa	440,0	406,4	11626,9	184,7	4844,6	5029,3	251,5	372,7
40,0	7,0	argila arenosa	440,0	406,4	11753,9	184,7	4897,5	5082,2	254,1	376,7
41,0	6,0	argila arenosa	440,0	348,4	11862,7	158,4	4942,8	5101,1	255,1	380,2
42,0	9,0	argila arenosa	440,0	522,6	12025,9	237,5	5010,8	5248,3	262,4	385,4
43,0	8,0	argila arenosa	440,0	464,5	12171,0	211,1	5071,3	5282,4	264,1	390,1
44,0	9,0	argila arenosa	440,0	522,6	12334,2	237,5	5139,3	5376,8	268,8	395,3
45,0	11,0	argila arenosa	440,0	638,7	12533,7	290,3	5222,4	5512,7	275,6	401,7
46,0	8,0	argila arenosa	440,0	464,5	12678,8	211,1	5282,8	5810,7	290,5	406,4
47,0	12,0	argila arenosa	440,0	696,7	12896,4	316,7	5373,5	5690,2	284,5	413,3
48,0	50,0	argila arenosa	440,0	2903,1	13803,2	1319,6	5751,3	7070,9	353,5	442,4
49,0	50,0	areia	730,0	4816,5						
50,0	50,0	areia	730,0	4816,5						

Tipo de estaca

Raiz

Resistência de ponta

7D = 2,87

3,5D = 1,44

Diâmetro

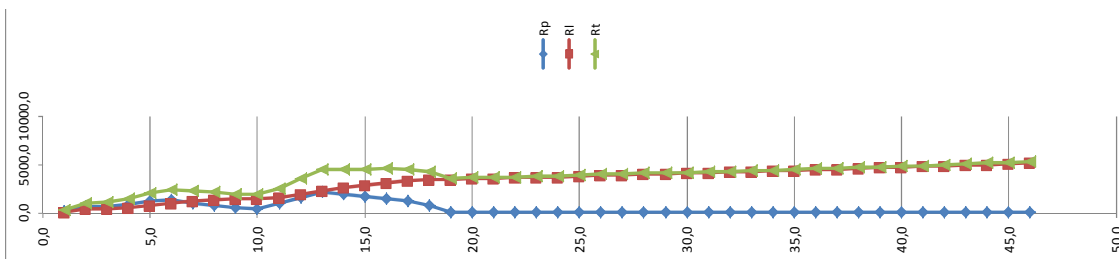
(m)

0,410

Area ponta (m<sup>2</sup>)

0,132

• Sondagem SPT-18 - Decourt e Quaresma (1978) e Decourt (1996a)



Prof	SPT	Soma N	Ns	Np	Alateral	Rp (kN)	Ri (kN)	Rt (kN)	Qt (FS=2) tf	Qal (FS=1.3) tf
1,0	13,0	13,0	13,0	4,3	1,3	194,4	103,0	297,5	14,9	7,9
2,0	17,0	30,0	30,0	14,3	2,6	643,1	425,1	1068,1	53,4	32,7
3,0	8,0	38,0	19,0	15,7	3,9	702,9	425,1	1128,0	56,4	32,7
4,0	22,0	60,0	20,0	20,7	5,2	927,2	592,5	1519,7	76,0	45,6
5,0	32,0	92,0	23,0	28,0	6,4	1256,2	837,2	2093,5	104,7	64,4
6,0	30,0	122,0	24,4	30,7	7,7	1375,9	1058,8	2434,7	121,7	81,4
7,0	30,0	152,0	25,3	24,0	9,0	1076,8	1277,3	2354,1	117,7	98,3
8,0	12,0	164,0	23,4	19,0	10,3	852,5	1361,7	2214,1	110,7	104,7
9,0	15,0	179,0	22,4	11,7	11,6	523,4	1470,8	1994,2	99,7	113,1
10,0	8,0	187,0	20,8	10,3	12,9	463,6	1531,4	1995,0	99,7	117,8
11,0	8,0	195,0	19,5	22,0	14,2	987,0	1594,0	2581,0	129,1	122,6
12,0	50,0	245,0	22,3	36,0	15,5	1615,2	1953,2	3568,3	178,4	150,2
13,0	50,0	295,0	24,6	50,0	16,7	2243,3	2309,4	4552,7	227,6	177,6
14,0	50,0	345,0	26,5	42,7	18,0	1914,3	2663,3	4577,6	228,9	204,9
15,0	28,0	373,0	26,6	37,7	19,3	1689,9	2863,6	4553,6	227,7	220,3
16,0	35,0	408,0	27,2	33,7	20,6	1510,5	3111,9	4622,4	231,1	239,4
17,0	38,0	446,0	27,9	27,0	21,9	1211,4	3380,3	4591,7	229,6	260,0
18,0	8,0	454,0	26,7	18,3	23,2	822,5	3443,6	4266,2	213,3	264,9
19,0	9,0	463,0	25,7	9,0	24,5	121,1	3514,6	3635,7	181,8	270,4
20,0	10,0	473,0	24,9	8,3	25,8	112,2	3593,0	3705,2	185,3	276,4
21,0	6,0	479,0	24,0	7,3	27,0	98,7	3644,9	3743,6	187,2	280,4
22,0	6,0	485,0	23,1	5,3	28,3	71,8	3697,3	3769,1	188,5	284,4
23,0	4,0	489,0	22,2	4,7	29,6	62,8	3736,8	3799,6	190,0	287,4
24,0	4,0	493,0	21,4	6,0	30,9	80,8	3776,8	3857,6	192,9	290,5
25,0	10,0	503,0	21,0	7,7	32,2	103,2	3857,5	3960,6	198,0	296,7
26,0	9,0	512,0	20,5	9,3	33,5	125,6	3931,7	4057,3	202,9	302,4
27,0	9,0	521,0	20,0	8,0	34,8	107,7	4006,1	4113,8	205,7	308,2
28,0	6,0	527,0	19,5	6,3	36,1	88,2	4060,7	4146,0	207,3	312,4
29,0	4,0	531,0	19,0	5,0	37,4	67,3	4102,2	4169,5	208,5	315,6
30,0	5,0	536,0	18,5	4,7	38,6	62,8	4150,6	4213,5	210,7	319,3
31,0	5,0	541,0	18,0	5,7	39,9	76,3	4199,3	4275,5	213,8	323,0
32,0	7,0	548,0	17,7	6,0	41,2	80,8	4261,4	4342,1	217,1	327,8
33,0	6,0	554,0	17,3	6,3	42,5	88,2	4317,0	4402,2	220,1	332,1
34,0	6,0	560,0	17,0	6,7	43,8	89,7	4372,7	4462,5	223,1	336,4
35,0	8,0	568,0	16,7	7,7	45,1	103,2	4441,9	4545,1	227,3	341,7
36,0	9,0	577,0	16,5	7,7	46,4	103,2	4517,8	4620,9	231,0	347,5
37,0	6,0	583,0	16,2	8,3	47,7	112,2	4573,8	4686,0	234,3	351,8
38,0	10,0	593,0	16,0	7,7	48,9	103,2	4656,5	4759,7	238,0	358,2
39,0	7,0	600,0	15,8	8,0	50,2	107,7	4719,4	4827,0	241,4	363,0
40,0	7,0	607,0	15,6	6,7	51,5	88,7	4782,3	4872,0	243,6	367,9
41,0	6,0	613,0	15,3	7,3	52,8	98,7	4838,7	4937,4	246,9	372,2
42,0	9,0	622,0	15,2	7,7	54,1	103,2	4915,0	5018,2	250,9	378,1
43,0	8,0	630,0	15,0	8,7	55,4	116,7	4984,8	5101,4	255,1	383,4
44,0	9,0	639,0	14,9	9,3	56,7	125,6	5061,1	5186,8	259,3	389,3
45,0	11,0	650,0	14,8	9,3	58,0	125,6	5150,7	5276,4	265,8	396,2
46,0	8,0	658,0	14,6	10,3	59,3	139,1	5220,6	5359,7	268,0	401,6
47,0	12,0									
48,0	50,0									
49,0	50,0									
50,0	50,0									

88,1

Alfa

0,85

Beta

1,50

1,0

7,0

200

120

Diâmetro

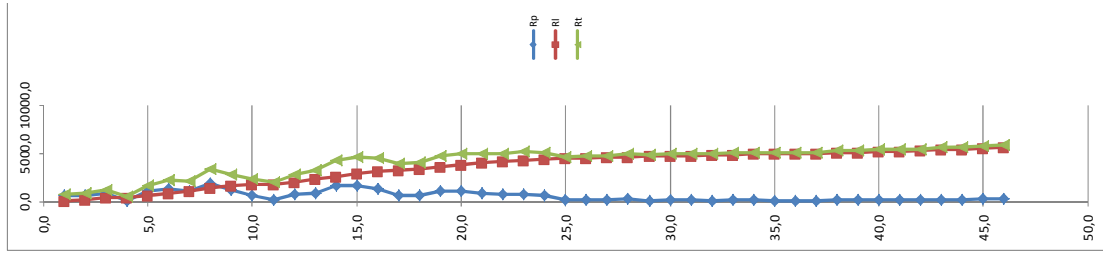
(m)

0,410

Area ponta (m<sup>2</sup>)

0,132

• Sondagem SPT-26 - Aoki e Velloso (1975)



Prof	SPT	Tipo de solo	Tipo solo Aoki	qp, ult	T <sub>ult,xal</sub>	Rp (kN)	Ri (kN)	Rt (kN)	Qt (FS-2) tf	Cal(FS-1,3) tf
1,0	14,0	areia	730,0	1348,6	276,4	613,0	115,2	728,2	36,4	8,9
2,0	15,0	areia	730,0	1444,9	572,6	656,8	238,6	895,4	44,8	18,4
3,0	20,0	areia	730,0	1926,6	967,5	875,7	403,1	1278,9	63,9	31,0
4,0	3,0	areia	730,0	289,0	1026,8	131,4	427,8	559,2	28,0	32,9
5,0	25,0	areia	730,0	2408,2	1520,4	1094,7	633,5	1728,2	86,4	48,7
6,0	32,0	areia	730,0	3082,6	2152,3	1401,2	896,8	2298,0	114,9	69,0
7,0	25,0	areia	730,0	2408,2	2645,9	1094,7	1102,5	2197,1	109,9	84,8
8,0	45,0	areia	730,0	4334,8	3534,5	1970,4	1472,7	3443,1	172,2	113,3
9,0	27,0	areia	730,0	2600,9	4067,6	1182,2	1694,9	2877,1	143,9	130,4
10,0	14,0	areia	730,0	1348,6	4344,1	613,0	1810,0	2423,0	121,2	139,2
11,0	5,0	areia	730,0	481,6	4442,8	218,9	1851,2	2070,1	103,5	142,4
12,0	29,0	argila arenosa	440,0	1683,8	4968,8	765,4	2070,3	2835,7	141,8	159,3
13,0	35,0	argila arenosa	440,0	2032,2	5603,5	923,7	2334,8	3258,5	162,9	179,6
14,0	38,0	areia	730,0	3660,5	6353,8	1663,9	2647,4	4311,3	215,6	203,6
15,0	39,0	areia	730,0	3756,9	7123,9	1707,7	2968,3	4676,0	233,8	228,3
16,0	30,0	areia	730,0	2889,9	7716,3	1313,6	3215,1	4528,7	226,4	247,3
17,0	14,0	areia	730,0	1348,6	7992,8	613,0	3330,3	3943,3	197,2	256,2
18,0	14,0	areia	730,0	1348,6	8269,2	613,0	3445,5	4058,5	202,9	265,0
19,0	26,0	areia	730,0	2504,6	8782,6	1138,4	3659,4	4797,9	239,9	281,5
20,0	25,0	areia	730,0	2408,2	9276,2	1094,7	3865,1	4959,8	248,0	297,3
21,0	21,0	areia	730,0	2022,9	9690,9	919,5	4037,9	4957,4	247,9	310,6
22,0	19,0	areia	730,0	1830,3	10066,1	831,9	4194,2	5026,1	251,3	322,6
23,0	19,0	areia	730,0	1830,3	10441,2	831,9	4350,5	5182,5	259,1	334,7
24,0	15,0	areia	730,0	1444,9	10737,4	656,8	4473,9	5130,7	256,5	344,1
25,0	4,0	areia	730,0	385,3	10816,4	175,1	4506,8	4682,0	234,1	346,7
26,0	6,0	areia	730,0	578,0	10934,9	262,7	4556,2	4818,9	240,9	350,5
27,0	6,0	argila arenosa	440,0	348,4	11043,7	158,4	4601,5	4759,9	238,0	354,0
28,0	12,0	argila arenosa	440,0	696,7	11261,3	316,7	4692,2	5008,9	250,4	360,9
29,0	5,0	argila arenosa	440,0	290,3	11352,0	132,0	4730,0	4862,0	243,1	363,8
30,0	7,0	argila arenosa	440,0	406,4	11479,0	184,7	4782,9	4967,6	248,4	367,9
31,0	6,0	argila arenosa	440,0	348,4	11587,8	158,4	4828,2	4986,6	249,3	371,4
32,0	5,0	argila arenosa	440,0	290,3	11678,5	132,0	4866,0	4998,0	249,9	374,3
33,0	8,0	argila arenosa	440,0	464,5	11823,5	211,1	4926,5	5137,6	256,9	379,0
34,0	6,0	argila arenosa	440,0	348,4	11932,4	158,4	4971,8	5130,2	256,5	382,4
35,0	3,0	argila arenosa	440,0	174,2	11986,8	79,2	4994,5	5073,7	253,7	384,2
36,0	4,0	argila arenosa	440,0	232,2	12059,3	105,6	5024,7	5130,3	256,5	386,5
37,0	4,0	argila arenosa	440,0	232,2	12131,8	105,6	5054,9	5160,5	258,0	388,8
38,0	8,0	argila arenosa	440,0	464,5	12276,9	211,1	5115,4	5326,5	266,3	393,5
39,0	7,0	argila arenosa	440,0	406,4	12403,9	184,7	5168,3	5353,0	267,7	397,6
40,0	9,0	argila arenosa	440,0	522,6	12567,1	237,5	5236,3	5473,8	273,7	402,8
41,0	6,0	argila arenosa	440,0	348,4	12675,9	158,4	5281,6	5440,0	272,0	406,3
42,0	6,0	argila arenosa	440,0	348,4	12784,7	158,4	5327,0	5485,3	274,3	409,8
43,0	10,0	argila arenosa	440,0	580,6	12966,1	263,9	5402,5	5666,1	283,3	415,6
44,0	9,0	argila arenosa	440,0	522,6	13129,3	237,5	5470,5	5708,1	285,4	420,8
45,0	11,0	argila arenosa	440,0	638,7	13328,8	290,3	5553,7	5844,0	292,2	427,2
46,0	12,0	argila arenosa	440,0	696,7	13546,4	283,7	5644,4	5928,1	296,4	434,2
47,0	11,0	argila arenosa	440,0	638,7	13745,9	290,3	5644,4	5928,1	296,4	434,2
48,0	11,0	argila arenosa	440,0	638,7	13945,4	290,3	5644,4	5928,1	296,4	434,2
49,0	0,0									
50,0	0,0									

Tipo de estaca

Raiz

Resistência de ponta

7D = 2,87

3,5D = 1,44

Diâmetro

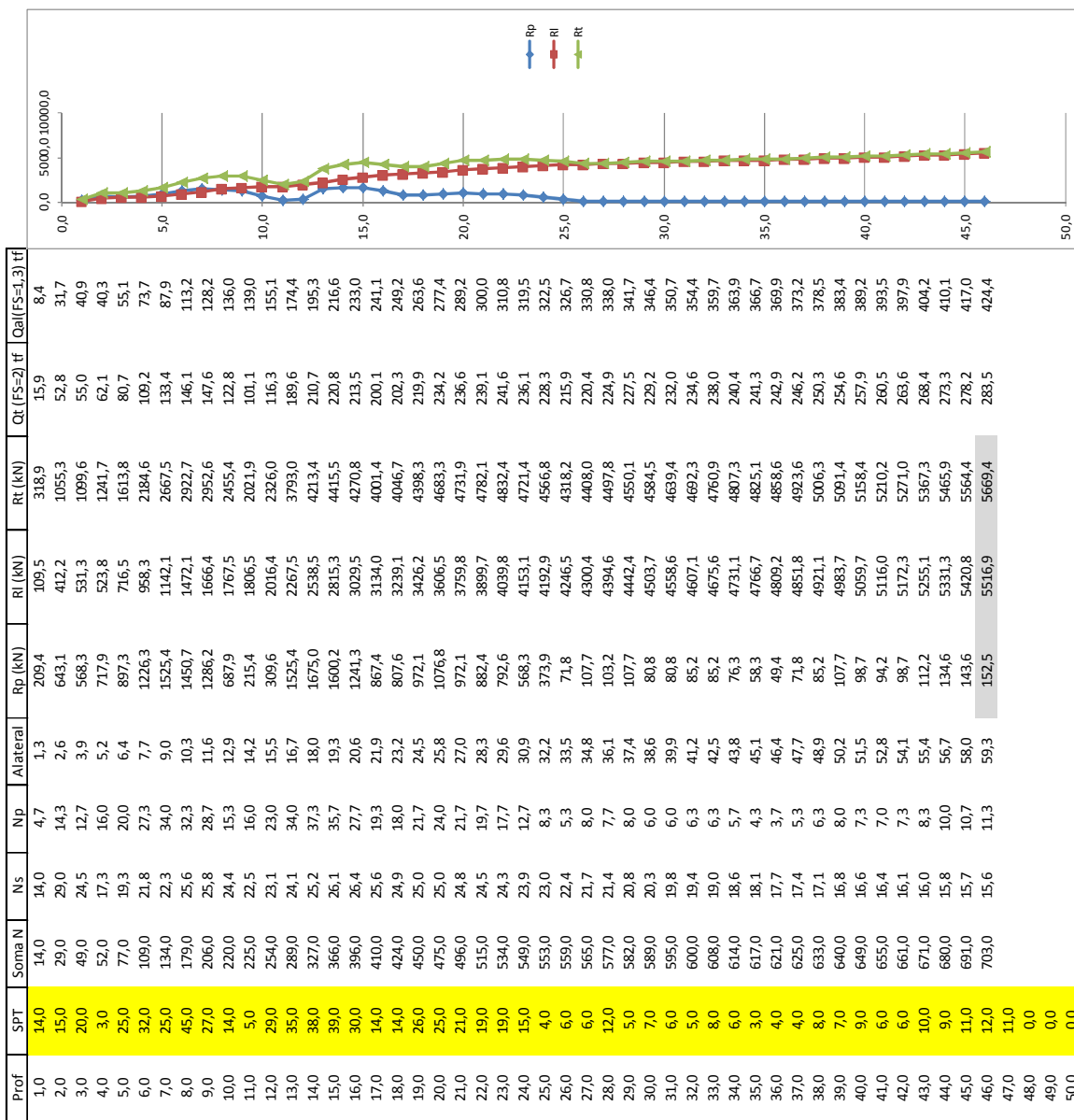
(m)

0,410

Area ponta (m²)

0,132

• Sondagem SPT-26 - Decourt e Quaresma (1978) e Decourt (1996a)



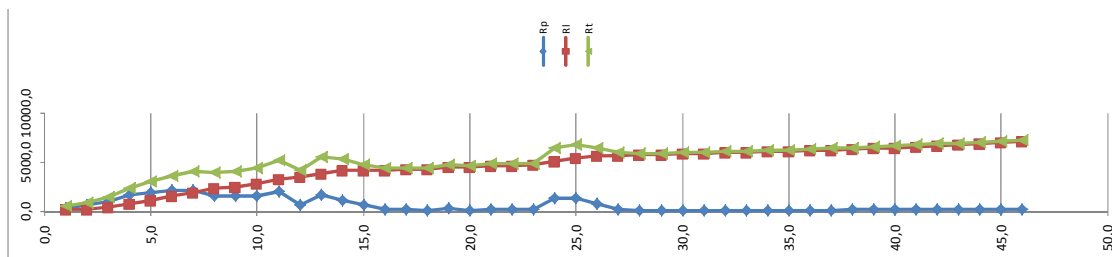
Alfa  
0,85

Beta  
1,50

Diâmetro  
(m)  
0,410

Area ponta (m²)  
0,132

• Sondagem SPT-63 - Aoki e Velloso (1975)



Prof	SPT	Tipo de solo	Tipo solo Aoki	qp, ult	ts <sub>total</sub>	Rp (kN)	Rl (kN)	Rt (kN)	Qt (FS=2) If	Cal (FS=1,3) If
1,0	22,0	areia	730,0	2119,3	434,4	321,1	181,0	502,1	25,1	13,9
2,0	3,0	areia	730,0	289,0	493,6	686,0	205,7	891,7	44,6	15,8
3,0	31,0	areia	730,0	2986,2	1105,8	1021,7	460,7	1482,4	74,1	35,4
4,0	36,0	areia	730,0	3467,9	1816,6	1649,3	756,9	2406,2	120,3	58,2
5,0	46,0	areia	730,0	4431,2	2724,9	1926,6	1135,4	3062,0	153,1	87,3
6,0	50,0	areia	730,0	4816,5	3712,2	2101,7	1546,8	3648,5	182,4	119,0
7,0	48,0	areia	730,0	4623,8	4660,0	2160,1	1941,7	4101,8	205,1	149,4
8,0	50,0	areia	730,0	4816,5	5847,3	1605,5	2353,0	3958,5	197,9	181,0
9,0	12,0	areia	730,0	1156,0	5884,3	1634,7	2451,8	4086,5	204,3	188,6
10,0	50,0	areia	730,0	4816,5	6871,6	1576,3	2863,1	4439,5	222,0	220,2
11,0	46,0	areia	730,0	4431,2	7779,9	2014,2	3241,6	5255,8	262,8	249,4
12,0	42,0	argila	250,0	1385,6	8523,7	639,8	3551,5	4191,3	209,6	273,2
13,0	40,0	areia	730,0	3853,2	9313,6	1678,5	3880,6	5559,1	278,0	298,5
14,0	33,0	areia	730,0	3178,9	9965,2	1153,0	4152,2	5305,2	265,3	319,4
15,0	6,0	areia	730,0	578,0	10083,6	627,6	4201,5	4829,1	241,5	323,2
16,0	4,0	areia	730,0	385,3	10162,6	175,1	4234,4	4409,6	220,5	325,7
17,0	11,0	argila	250,0	362,9	10357,4	164,9	4315,6	4480,5	224,0	332,0
18,0	5,0	argila	250,0	164,9	10446,0	75,0	4352,5	4427,5	221,4	334,8
19,0	19,0	argila	250,0	626,8	10782,5	284,9	4492,7	4777,6	238,9	345,6
20,0	9,0	argila	250,0	296,9	10941,9	135,0	4559,1	4694,1	234,7	350,7
21,0	13,0	argila	250,0	428,9	11172,1	194,9	4655,1	4850,0	242,5	358,1
22,0	7,0	areia argilosa	540,0	498,8	11308,5	226,7	4711,9	4938,6	246,9	362,5
23,0	5,0	areia argilosa	540,0	356,3	11405,8	161,9	4752,4	4914,4	245,7	365,6
24,0	50,0	argila arenosa	440,0	2903,1	12312,6	1319,6	5130,3	6449,8	322,5	394,6
25,0	50,0	argila arenosa	440,0	2903,1	13219,4	1319,6	5508,1	6827,7	341,4	423,7
26,0	19,0	areia	730,0	1830,3	13594,6	831,9	5664,4	6496,3	324,8	435,7
27,0	6,0	areia	730,0	578,0	13713,1	262,7	5713,8	5976,5	298,8	439,5
28,0	8,0	argila	250,0	263,9	13854,7	120,0	5772,8	5892,8	294,6	444,1
29,0	8,0	argila	250,0	263,9	13996,4	120,0	5831,8	5951,8	297,6	448,6
30,0	8,0	argila	250,0	263,9	14138,1	120,0	5890,9	6010,8	300,5	453,1
31,0	7,0	argila	250,0	230,9	14262,1	105,0	5942,5	6047,5	302,4	457,1
32,0	9,0	argila	250,0	296,9	14421,5	135,0	6009,0	6143,9	307,2	462,2
33,0	5,0	argila	250,0	164,9	14510,0	75,0	6045,9	6120,8	306,0	465,1
34,0	8,0	argila	250,0	263,9	14651,7	120,0	6104,9	6224,9	311,2	469,6
35,0	8,0	argila	250,0	263,9	14793,4	120,0	6163,9	6283,9	314,2	474,1
36,0	7,0	argila	250,0	230,9	14917,4	105,0	6215,6	6320,5	316,0	478,1
37,0	10,0	argila	250,0	329,9	15094,5	150,0	6289,4	6439,3	322,0	483,8
38,0	11,0	argila	250,0	362,9	15289,3	164,9	6370,5	6535,5	326,8	490,0
39,0	11,0	argila	250,0	362,9	15484,1	164,9	6451,7	6616,7	330,8	496,3
40,0	11,0	argila	250,0	362,9	15679,0	164,9	6532,9	6697,8	334,9	502,5
41,0	14,0	argila	250,0	461,9	15926,9	209,9	6636,2	6846,1	342,3	510,5
42,0	12,0	argila	250,0	395,9	16139,4	179,9	6724,8	6904,7	345,2	517,3
43,0	12,0	argila	250,0	395,9	16352,0	179,9	6813,3	6993,3	349,7	524,1
44,0	13,0	argila	250,0	428,9	16582,2	194,9	6909,3	7104,2	355,2	531,5
45,0	14,0	argila	250,0	461,9	16830,2	209,9	7012,6	7222,5	361,1	539,4
46,0	14,0	argila	250,0	461,9	17078,1	204,3	7115,9	7320,2	366,0	547,4
47,0	14,0	argila	250,0	461,9	17326,1					
48,0	14,0	argila	250,0	461,9	17574,0					
49,0	0,0									
50,0	0,0									

Tipo de estaca

Raiz

Resistência de ponta

7D = 2,87

3.5D = 1,44

Diâmetro

(m)

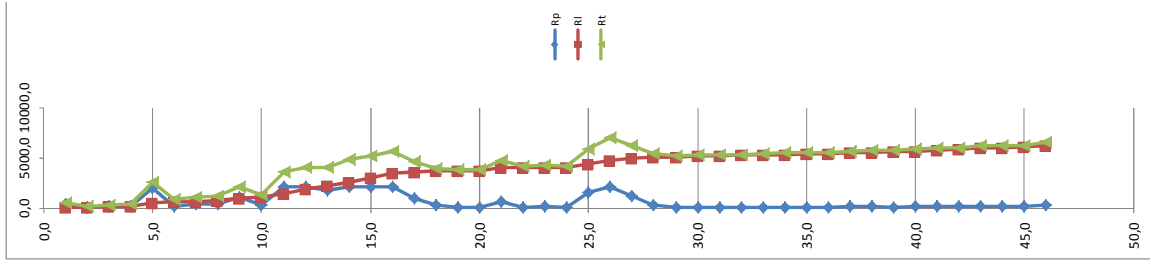
0,410

Area ponta (m²)

0,132



• Sondagem SPT-117 - Aoki e Velloso (1975)



Prof	SPT	Tipo de solo	Tipo solo Aoki	gp. ult	T <sub>ult x al</sub>	Rp (kN)	RI (kN)	Rt (kN)	Qt (FS-2) tf	Qal (FS-1,3) tf
1,0	11,0	areia	730,0	1059,6	217,2	481,6	90,5	572,2	28,6	7,0
2,0	3,0	areia	730,0	289,0	276,4	131,4	115,2	246,5	12,3	8,9
3,0	5,0	areia	730,0	481,6	375,2	218,9	156,3	375,3	18,8	12,0
4,0	5,0	areia	730,0	481,6	473,9	218,9	197,5	416,4	20,8	15,2
5,0	47,0	areia	730,0	4527,5	1402,0	2058,0	584,1	2642,1	132,1	44,9
6,0	6,0	areia	730,0	578,0	1520,4	262,7	633,5	896,2	44,8	48,7
7,0	10,0	areia	730,0	963,3	1717,9	437,9	715,8	1153,6	57,7	55,1
8,0	11,0	areia	730,0	1059,6	1935,1	481,6	806,3	1287,9	64,4	62,0
9,0	26,0	areia	730,0	2504,6	2448,5	1138,4	1020,2	2158,6	107,9	78,5
10,0	7,0	areia	730,0	674,3	2586,7	306,5	1077,8	1384,3	69,2	82,9
11,0	50,0	areia	730,0	4816,5	3574,0	2189,3	1489,2	3678,5	183,9	114,6
12,0	50,0	areia	730,0	4816,5	4561,3	2189,3	1900,5	4089,8	204,5	146,2
13,0	41,0	areia	730,0	3949,5	5370,9	1795,2	2237,9	4033,1	201,7	172,1
14,0	50,0	areia	730,0	4816,5	6358,2	2189,3	2649,2	4838,5	241,9	203,8
15,0	50,0	areia	730,0	4816,5	7345,5	2189,3	3060,6	5249,9	262,5	235,4
16,0	50,0	areia	730,0	4816,5	8332,7	2189,3	3472,0	5661,3	283,1	267,1
17,0	23,0	areia	730,0	2215,6	8786,9	1007,1	3661,2	4668,3	233,4	281,6
18,0	7,0	areia	730,0	674,3	8925,1	306,5	3718,8	4025,3	201,3	286,1
19,0	4,0	argila siltosa	260,0	137,2	8985,4	62,4	3743,9	3806,3	190,3	288,0
20,0	5,0	argila siltosa	260,0	171,5	9060,8	78,0	3775,3	3853,3	192,7	290,4
21,0	43,0	argila siltosa	260,0	1475,3	9708,8	670,6	4045,3	4715,9	235,8	311,2
22,0	3,0	areia	730,0	289,0	9768,0	131,4	4070,0	4201,4	210,1	313,1
23,0	5,0	areia	730,0	481,6	9866,7	218,9	4111,1	4330,1	216,5	316,2
24,0	2,0	areia	730,0	192,7	9906,2	87,6	4127,6	4215,2	210,8	317,5
25,0	35,0	areia	730,0	3371,5	10597,3	1532,5	4415,6	5948,1	297,4	339,7
26,0	50,0	areia	730,0	4816,5	11584,6	2189,3	4826,9	7016,2	350,8	371,3
27,0	27,0	areia	730,0	2600,9	12117,8	1182,2	5049,1	6231,3	311,6	388,4
28,0	7,0	areia	730,0	674,3	12256,0	306,5	5106,7	5413,2	270,7	392,8
29,0	6,0	argila siltosa	260,0	205,9	12346,4	93,6	5144,3	5237,9	261,9	395,7
30,0	8,0	argila siltosa	260,0	274,5	12467,0	124,8	5194,6	5319,3	266,0	399,6
31,0	8,0	argila siltosa	260,0	274,5	12587,5	124,8	5244,8	5397,9	268,5	403,4
32,0	7,0	argila siltosa	260,0	240,2	12693,0	109,2	5288,8	5397,9	269,9	406,8
33,0	8,0	argila siltosa	260,0	274,5	12813,6	124,8	5339,0	5463,8	273,2	410,7
34,0	8,0	argila siltosa	260,0	274,5	12934,2	124,8	5389,2	5514,0	275,7	414,6
35,0	7,0	argila siltosa	260,0	240,2	13039,6	109,2	5433,2	5542,4	277,1	417,9
36,0	8,0	argila siltosa	260,0	274,5	13160,2	124,8	5483,4	5608,2	280,4	421,8
37,0	10,0	argila siltosa	260,0	343,1	13310,9	156,0	5546,2	5702,2	285,1	426,6
38,0	11,0	argila siltosa	260,0	377,4	13476,7	171,5	5615,3	5786,8	289,3	431,9
39,0	8,0	argila siltosa	260,0	274,5	13597,2	124,8	5665,5	5790,3	289,5	435,8
40,0	10,0	argila siltosa	260,0	343,1	13747,9	156,0	5728,3	5884,3	294,2	440,6
41,0	13,0	argila siltosa	260,0	446,0	13943,9	202,7	5809,9	6012,7	300,6	446,9
42,0	11,0	argila siltosa	260,0	377,4	14109,6	171,5	5879,0	6050,6	302,5	452,2
43,0	17,0	argila siltosa	260,0	583,3	14365,8	265,1	5985,8	6250,9	312,5	460,4
44,0	12,0	argila siltosa	260,0	411,7	14546,7	187,1	6061,1	6248,3	312,4	466,2
45,0	10,0	argila siltosa	260,0	343,1	14697,4	156,0	6123,9	6279,9	314,0	471,1
46,0	15,0	argila siltosa	260,0	514,6	14923,4	358,7	6218,1	6576,8	328,8	478,3
47,0	50,0	argila siltosa	260,0	514,6	15149,5					
49,0	0,0			1715,5	15903,0					
50,0	0,0									

Tipo de estaca  
Raiz

Resistência de ponta

7D = 2,87  
3,5D = 1,44

Diâmetro  
(m)  
0,410

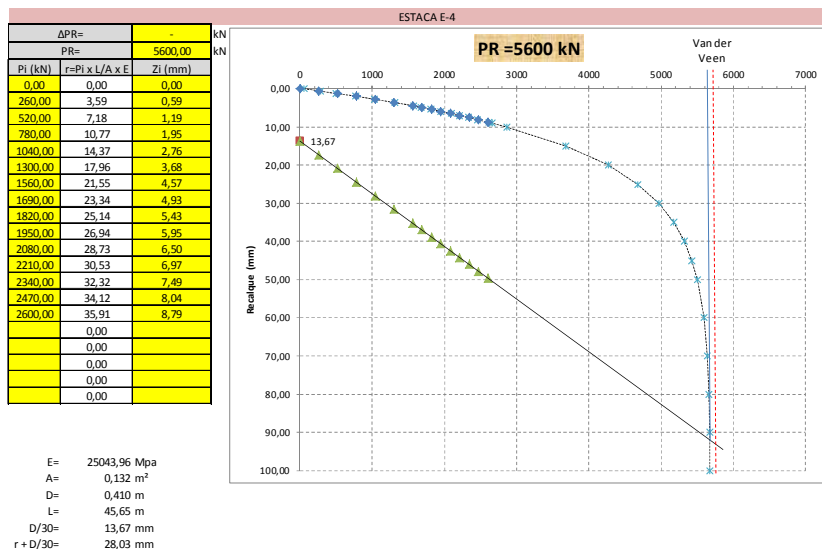
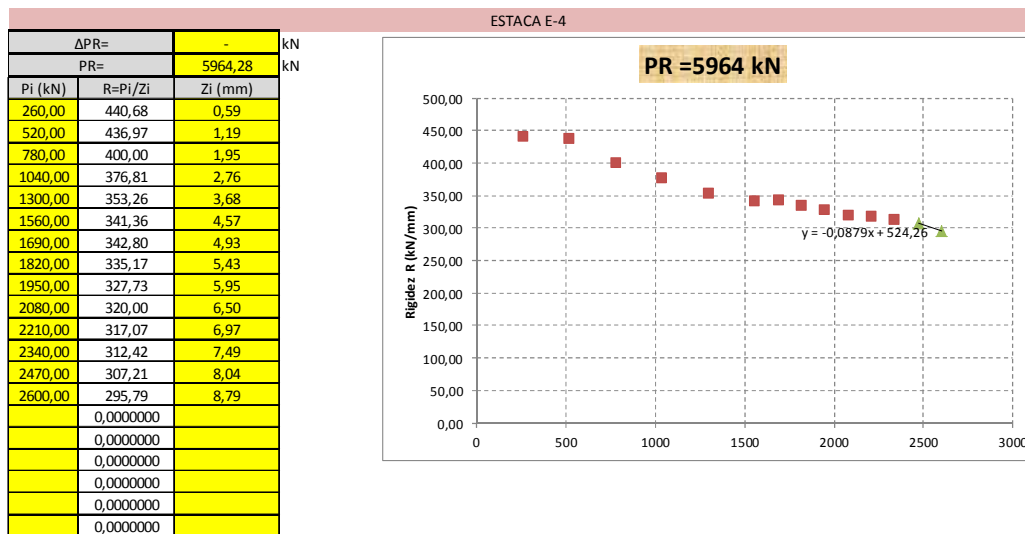
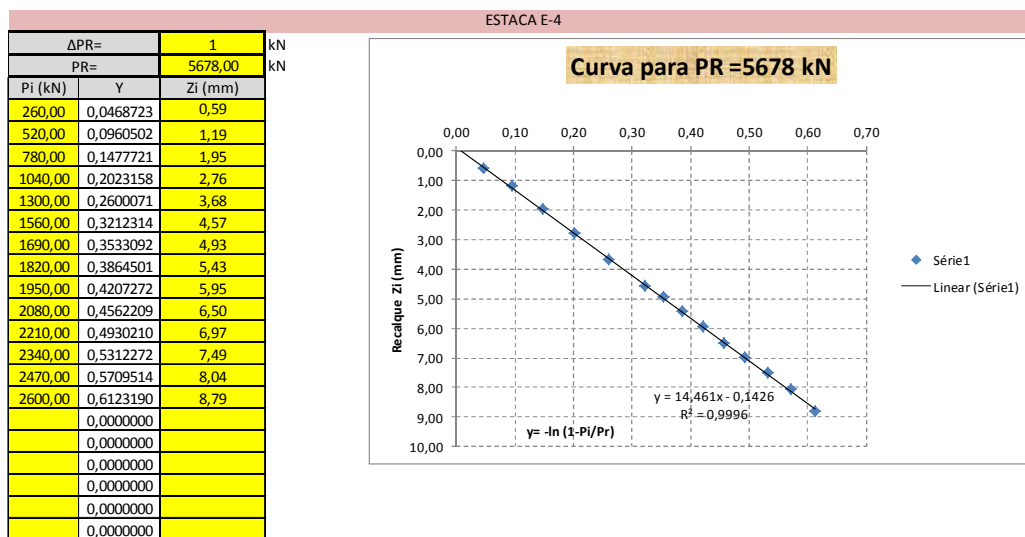
Area ponta (m²)  
0,132





## ANEXO D - Resultados de extrapolações de carga de ruptura

Este anexo apresenta as extrapolações realizadas pelos métodos de Van der Veen (1953), Decourt (1996) e NBR 6122 (ABNT, 2010) de cada estaca ensaiada.

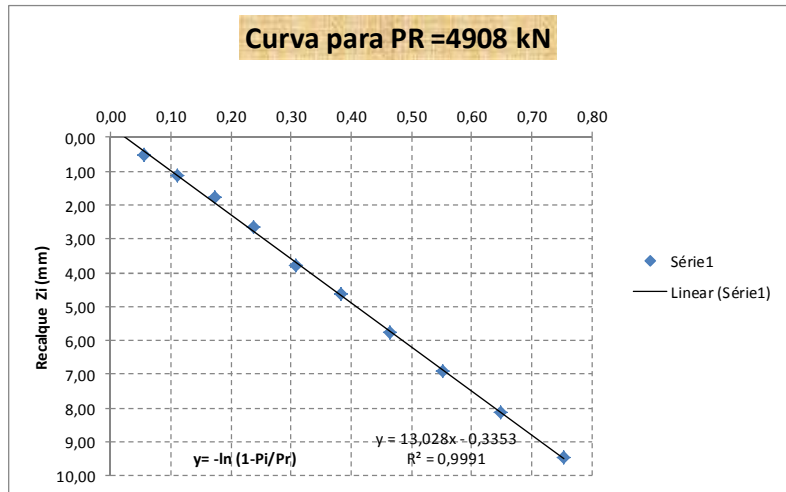






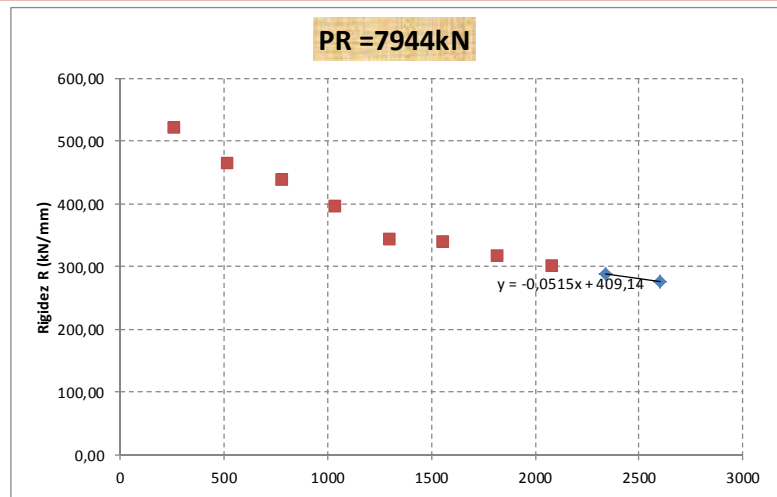
ESTACA E-150

ΔPR=		1	kN
PR=		4908,00	kN
Pi (kN)	Y	Zi (mm)	
260,00	0,0544295	0,50	
520,00	0,1119930	1,12	
780,00	0,1730735	1,78	
1040,00	0,2381289	2,63	
1300,00	0,3077129	3,79	
1560,00	0,3825034	4,61	
1820,00	0,4633429	5,75	
2080,00	0,5512968	6,91	
2340,00	0,6477391	8,11	
2600,00	0,7544852	9,45	
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		



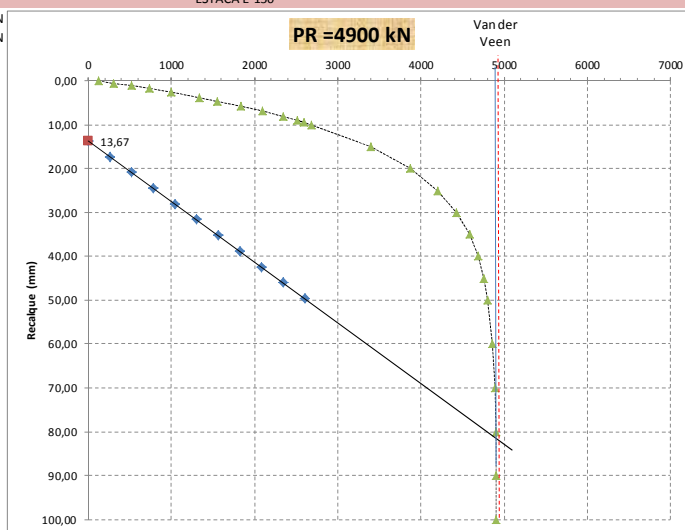
ESTACA E-150

ΔPR=		-	kN
PR=		7944,46	kN
Pi (kN)	R=Pi/Zi	Zi (mm)	
260,00	520,00	0,50	
520,00	464,29	1,12	
780,00	438,20	1,78	
1040,00	395,44	2,63	
1300,00	343,01	3,79	
1560,00	338,39	4,61	
1820,00	316,52	5,75	
2080,00	301,01	6,91	
2340,00	288,53	8,11	
2600,00	275,13	9,45	



ESTACA E-150

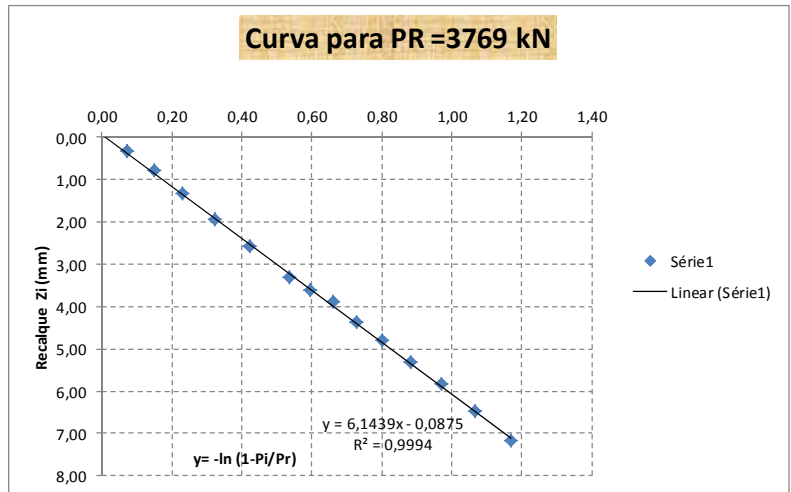
ΔPR=		-	kN
PR=		4900,00	kN
Pi (kN)	r=Pi x L/A x E	Zi (mm)	
0,00	0,0000000	0,00	
260,00	3,591483	0,50	
520,00	7,182965	1,12	
780,00	10,774448	1,78	
1040,00	14,365930	2,63	
1300,00	17,957413	3,79	
1560,00	21,548895	4,61	
1820,00	25,140378	5,75	
2080,00	28,731860	6,91	
2340,00	32,323343	8,11	
2600,00	35,914825	9,45	
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		



E= 25043,96 Mpa  
 A= 0,132 m²  
 D= 0,410 m  
 L= 45,65 m  
 D/30= 13,67 mm  
 r + D/30= 28,03 mm

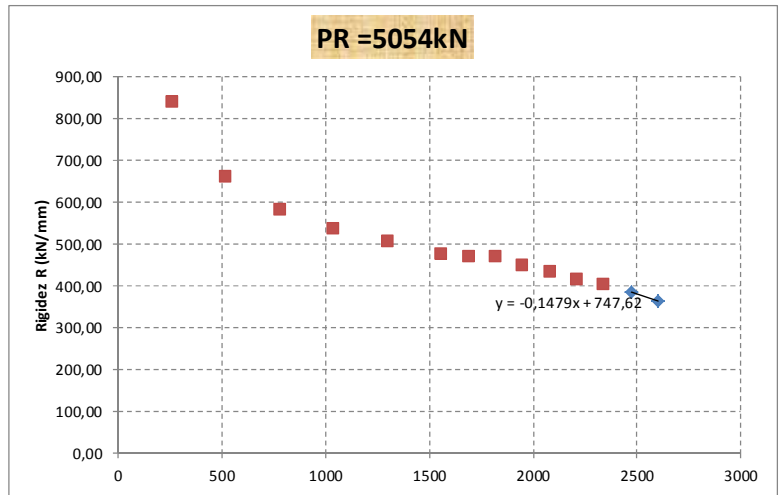
ESTACA E-170

ΔPR=		1	kN
PR=		3769,00	kN
Pi (kN)	Y	Zi (mm)	
260,00	0,0714786	0,31	
520,00	0,1484625	0,79	
780,00	0,2318708	1,34	
1040,00	0,3228745	1,94	
1300,00	0,4229965	2,57	
1560,00	0,5342698	3,29	
1690,00	0,5949227	3,60	
1820,00	0,6594933	3,89	
1950,00	0,7285228	4,36	
2080,00	0,8026731	4,80	
2210,00	0,8827651	5,32	
2340,00	0,9698348	5,82	
2470,00	1,0652150	6,46	
2600,00	1,1706610	7,16	
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		



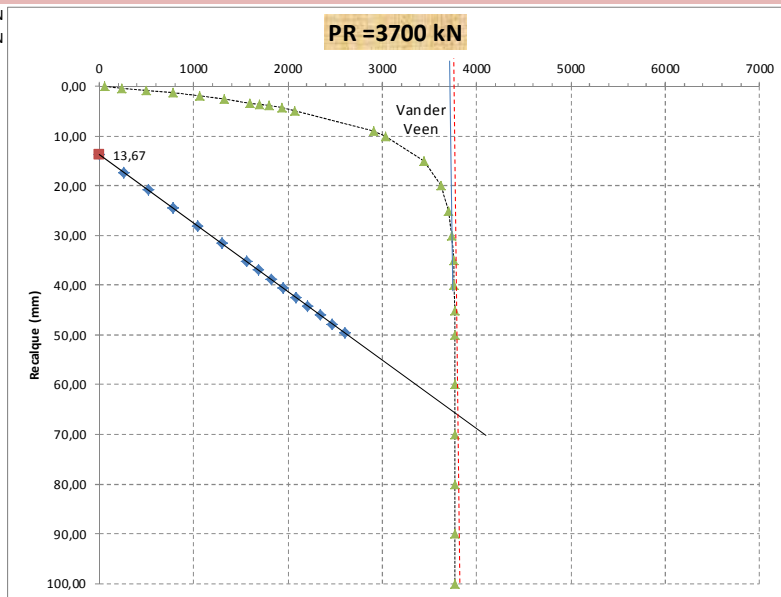
ESTACA E-170

ΔPR=		-	kN
PR=		5054,90	kN
Pi (kN)	R=Pi/Zi	Zi (mm)	
260,00	838,71	0,31	
520,00	658,23	0,79	
780,00	582,09	1,34	
1040,00	536,08	1,94	
1300,00	505,84	2,57	
1560,00	474,16	3,29	
1690,00	469,44	3,60	
1820,00	467,87	3,89	
1950,00	447,25	4,36	
2080,00	433,33	4,80	
2210,00	415,41	5,32	
2340,00	402,06	5,82	
2470,00	382,35	6,46	
2600,00	363,13	7,16	



ESTACA E-170

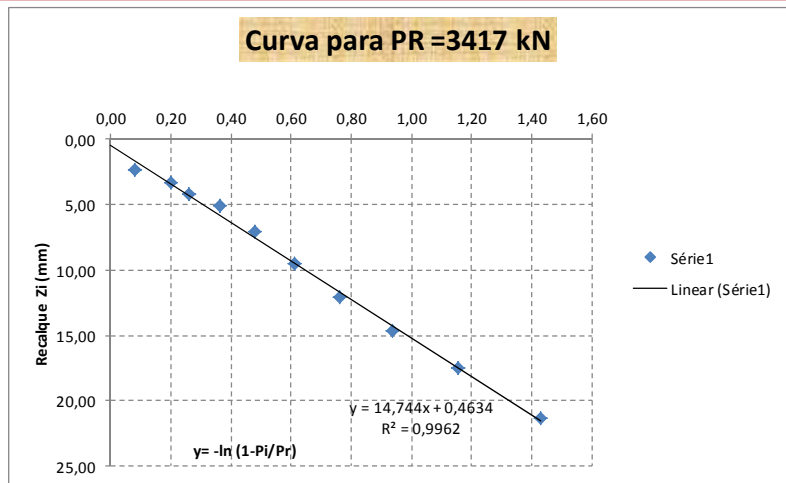
ΔPR=		-	kN
PR=		3700,00	kN
Pi (kN)	r=Pi x L/A x E	Zi (mm)	
0,00	0,000000	0,00	
260,00	3,591483	0,31	
520,00	7,182965	0,79	
780,00	10,774448	1,34	
1040,00	14,365930	1,94	
1300,00	17,957413	2,57	
1560,00	21,548895	3,29	
1690,00	23,344636	3,60	
1820,00	25,140378	3,89	
1950,00	26,936119	4,36	
2080,00	28,731860	4,80	
2210,00	30,527602	5,32	
2340,00	32,323343	5,82	
2470,00	34,119084	6,46	
2600,00	35,914825	7,16	
	0,000000		
	0,000000		
	0,000000		
	0,000000		



- E= 25043,96 Mpa
- A= 0,132 m²
- D= 0,410 m
- L= 45,65 m
- D/30= 13,67 mm
- r + D/30= 20,85 mm

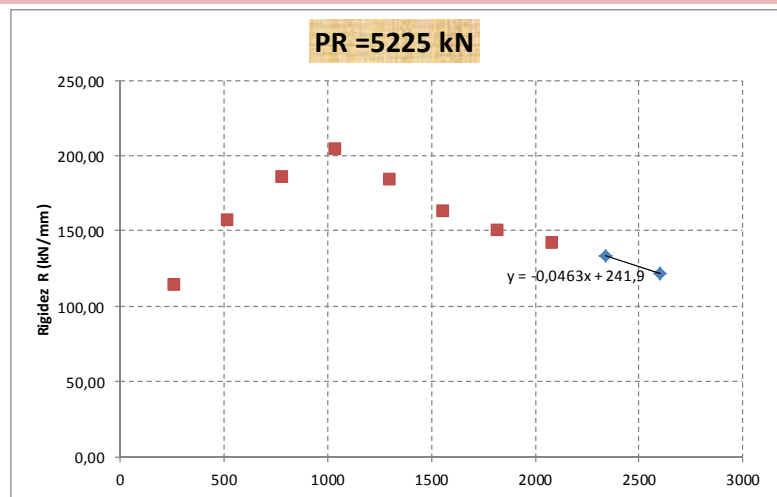
ESTACA E-191

$\Delta PR=$	1	
$PR=$	3417,00	
Pi (kN)	Y	Zi
260,00	0,0791408	2,27
520,00	0,2000000	3,31
780,00	0,2591211	4,21
1040,00	0,3629238	5,10
1300,00	0,4787630	7,08
1560,00	0,6098007	9,55
1820,00	0,7606361	12,10
2080,00	0,9383347	14,63
2340,00	1,1545836	17,51
2600,00	1,4308792	21,38
	0,0000000	
	0,0000000	
	0,0000000	
	0,0000000	
	0,0000000	
	0,0000000	
	0,0000000	
	0,0000000	



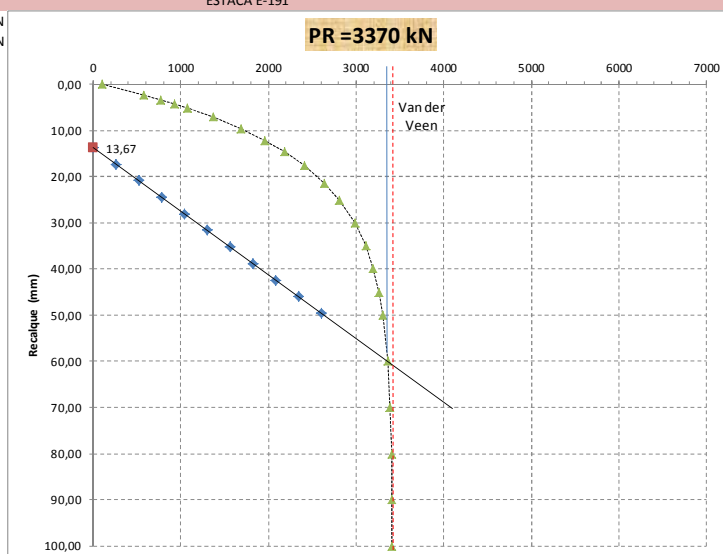
ESTACA E-191

$\Delta PR=$	-	
$PR=$	5224,62	
Pi (kN)	R=Pi/Zi	Zi (mm)
260,00	114,54	2,27
520,00	157,10	3,31
780,00	185,27	4,21
1040,00	203,92	5,10
1300,00	183,62	7,08
1560,00	163,35	9,55
1820,00	150,41	12,10
2080,00	142,17	14,63
2340,00	133,64	17,51
2600,00	121,61	21,38



ESTACA E-191

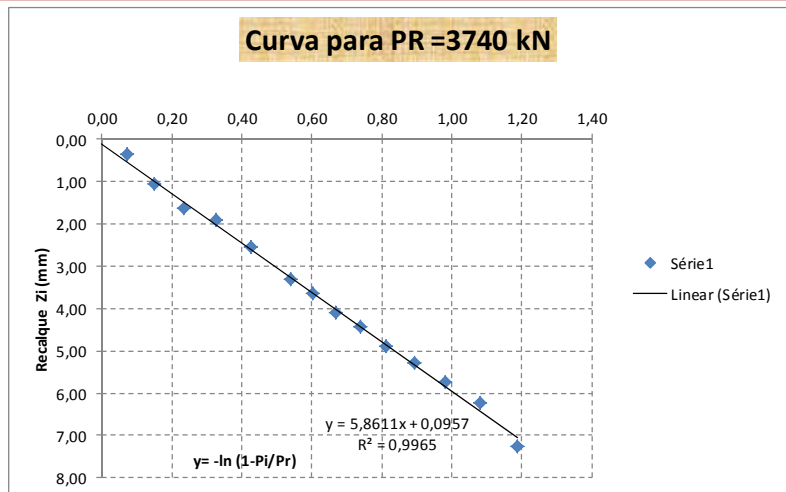
$\Delta PR=$	-	
$PR=$	3370,00	
Pi (kN)	$r=Pi \times L / A \times E$	Zi (mm)
0,00	0,0000000	0,00
260,00	3,591483	2,27
520,00	7,182965	3,31
780,00	10,774448	4,21
1040,00	14,365930	5,10
1300,00	17,957413	7,08
1560,00	21,548895	9,55
1820,00	25,140378	12,10
2080,00	28,731860	14,63
2340,00	32,323343	17,51
2600,00	35,914825	21,38
	0,0000000	
	0,0000000	
	0,0000000	
	0,0000000	
	0,0000000	
	0,0000000	
	0,0000000	
	0,0000000	
	0,0000000	



E= 25043,96 Mpa  
 A= 0,132 m<sup>2</sup>  
 D= 0,410 m  
 L= 45,65 m  
 D/30= 13,67 mm  
 r + D/30= 31,62 mm

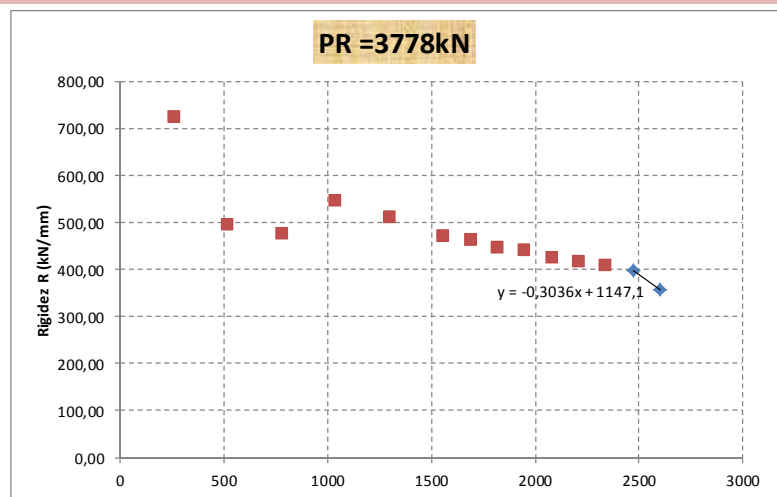
ESTACA E-200

ΔPR=		1	kN
PR=		3740,00	kN
Pi (kN)	Y	Zi (mm)	
260,00	0,0720533	0,36	
520,00	0,1497043	1,05	
780,00	0,2338963	1,64	
1040,00	0,3258338	1,91	
1300,00	0,4270876	2,54	
1560,00	0,5397607	3,31	
1690,00	0,6012458	3,65	
1820,00	0,6667604	4,09	
1950,00	0,7368700	4,43	
2080,00	0,8122680	4,90	
2210,00	0,8938179	5,29	
2340,00	0,9826134	5,73	
2470,00	1,0800687	6,22	
2600,00	1,1880573	7,27	
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		



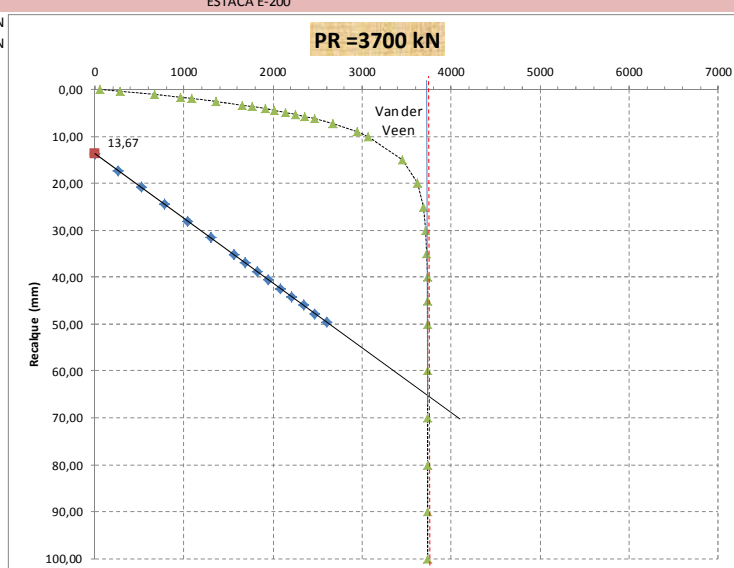
ESTACA E-200

ΔPR=		-	kN
PR=		3778,33	kN
Pi (kN)	R=Pi/Zi	Zi (mm)	
260,00	722,22	0,36	
520,00	495,24	1,05	
780,00	475,61	1,64	
1040,00	544,50	1,91	
1300,00	511,81	2,54	
1560,00	471,30	3,31	
1690,00	463,01	3,65	
1820,00	444,99	4,09	
1950,00	440,18	4,43	
2080,00	424,49	4,90	
2210,00	417,77	5,29	
2340,00	408,38	5,73	
2470,00	397,11	6,22	
2600,00	357,63	7,27	



ESTACA E-200

ΔPR=		-	kN
PR=		3700,00	kN
Pi (kN)	r=Pi x L/A x E	Zi (mm)	
0,00	0,0000000	0,00	
260,00	3,591483	0,36	
520,00	7,182965	1,05	
780,00	10,774448	1,64	
1040,00	14,365930	1,91	
1300,00	17,957413	2,54	
1560,00	21,548895	3,31	
1690,00	23,344636	3,65	
1820,00	25,140378	4,09	
1950,00	26,936119	4,43	
2080,00	28,731860	4,90	
2210,00	30,527602	5,29	
2340,00	32,323343	5,73	
2470,00	34,119084	6,22	
2600,00	35,914825	7,27	
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		

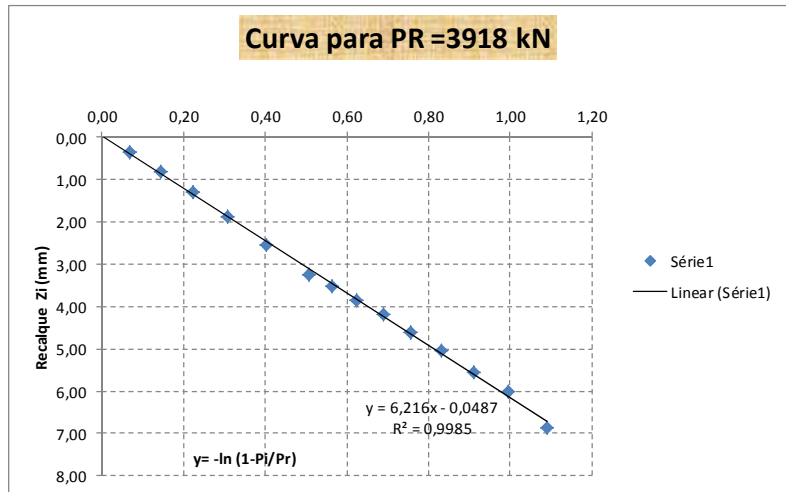


E= 25043,96 Mpa  
 A= 0,132 m²  
 D= 0,410 m  
 L= 45,65 m  
 D/30= 13,67 mm  
 r + D/30= 20,85 mm



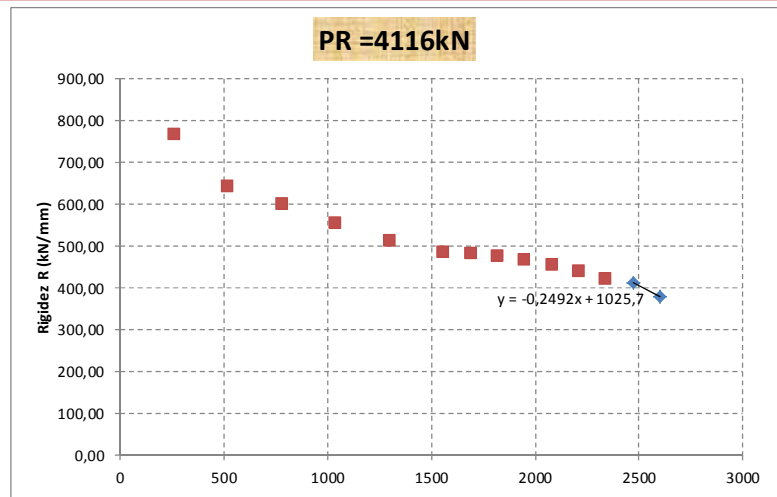
ESTACA E-234

ΔPR=		1	kN
PR=		3918,00	kN
Pi (kN)	Y	Zi (mm)	
260,00	0,0686648	0,34	
520,00	0,1423943	0,81	
780,00	0,2219957	1,30	
1040,00	0,3084857	1,88	
1300,00	0,4031707	2,54	
1560,00	0,5077675	3,23	
1690,00	0,5644770	3,51	
1820,00	0,6245968	3,84	
1950,00	0,6885635	4,18	
2080,00	0,7569033	4,60	
2210,00	0,8302582	5,05	
2340,00	0,9094231	5,56	
2470,00	0,9953980	6,02	
2600,00	1,0894659	6,88	
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		



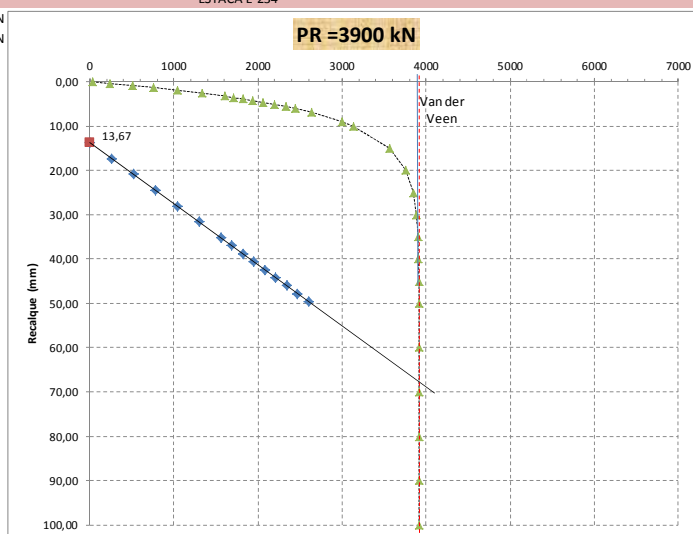
ESTACA E-234

ΔPR=		-	kN
PR=		4115,97	kN
Pi (kN)	R=Pi/Zi	Zi (mm)	
260,00	764,71	0,34	
520,00	641,98	0,81	
780,00	600,00	1,30	
1040,00	553,19	1,88	
1300,00	511,81	2,54	
1560,00	482,97	3,23	
1690,00	481,48	3,51	
1820,00	473,96	3,84	
1950,00	466,51	4,18	
2080,00	452,17	4,60	
2210,00	437,62	5,05	
2340,00	420,86	5,56	
2470,00	410,30	6,02	
2600,00	377,91	6,88	



ESTACA E-234

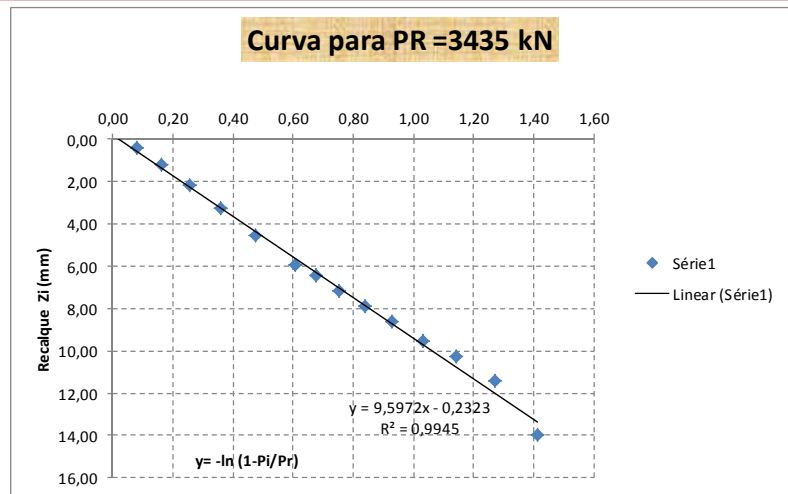
ΔPR=		-	kN
PR=		3900,00	kN
Pi (kN)	r=Pi x L / A x E	Zi (mm)	
0,00	0,0000000	0,00	
260,00	3,591483	0,34	
520,00	7,182965	0,81	
780,00	10,774448	1,30	
1040,00	14,365930	1,88	
1300,00	17,957413	2,54	
1560,00	21,548895	3,23	
1690,00	23,344636	3,51	
1820,00	25,140378	3,84	
1950,00	26,936119	4,18	
2080,00	28,731860	4,60	
2210,00	30,527602	5,05	
2340,00	32,323343	5,56	
2470,00	34,119084	6,02	
2600,00	35,914825	6,88	
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		



E= 25043,96 Mpa  
 A= 0,132 m²  
 D= 0,410 m  
 L= 45,65 m  
 D/30= 13,67 mm  
 r + D/30= 20,85 mm

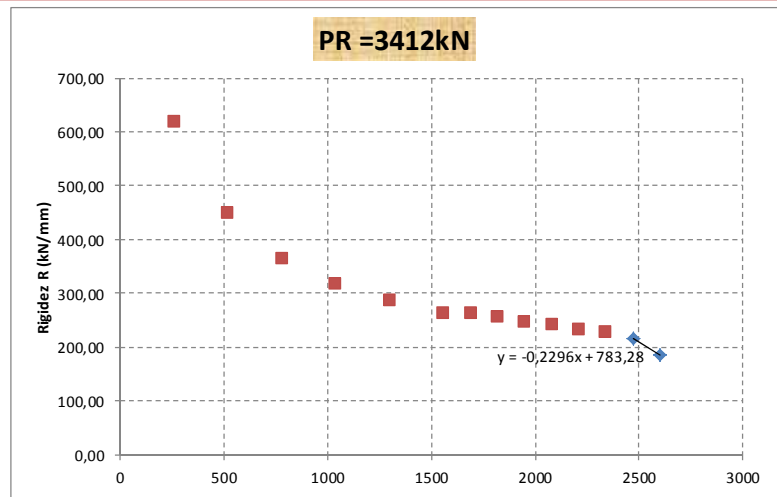
ESTACA E-239

ΔPR=		1	kN
PR=		3435,00	kN
Pi (kN)	Y	Zi (mm)	
260,00	0,0787093	0,42	
520,00	0,1641471	1,16	
780,00	0,2575723	2,14	
1040,00	0,3606337	3,28	
1300,00	0,4755503	4,55	
1560,00	0,6054083	5,92	
1690,00	0,6772624	6,42	
1820,00	0,7546820	7,14	
1950,00	0,8386022	7,88	
2080,00	0,9302155	8,61	
2210,00	1,0310761	9,54	
2340,00	1,1432626	10,28	
2470,00	1,2696441	11,43	
2600,00	1,4143405	13,96	
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		



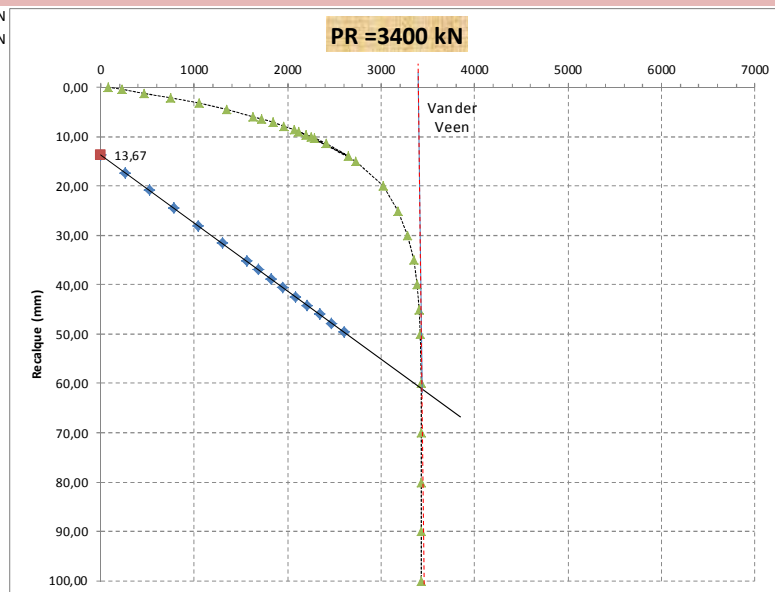
ESTACA E-239

ΔPR=		-	kN
PR=		3411,50	kN
Pi (kN)	R=Pi/Zi	Zi (mm)	
260,00	619,05	0,42	
520,00	448,28	1,16	
780,00	364,49	2,14	
1040,00	317,07	3,28	
1300,00	285,71	4,55	
1560,00	263,51	5,92	
1690,00	263,24	6,42	
1820,00	254,90	7,14	
1950,00	247,46	7,88	
2080,00	241,58	8,61	
2210,00	231,66	9,54	
2340,00	227,63	10,28	
2470,00	216,10	11,43	
2600,00	186,25	13,96	



ESTACA E-239

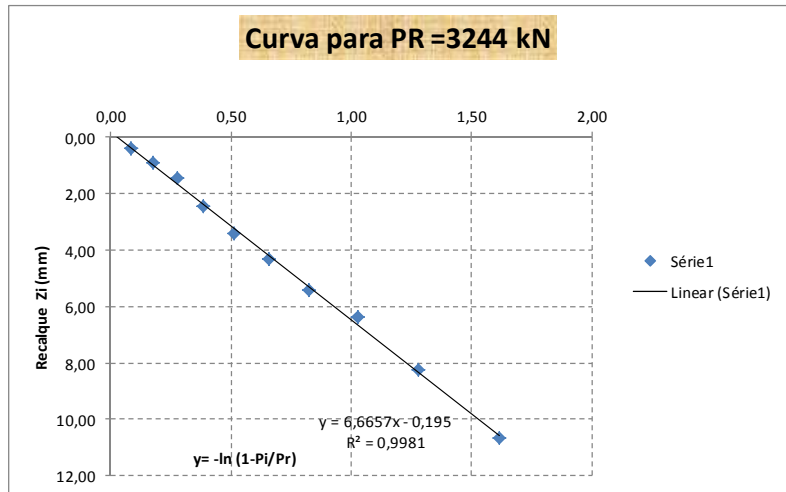
ΔPR=		-	kN
PR=		3400,00	kN
Pi (kN)	r=Pi x L/A x E	Zi (mm)	
0,00	0,0000000	0,00	
260,00	3,591483	0,42	
520,00	7,182965	1,16	
780,00	10,774448	2,14	
1040,00	14,365930	3,28	
1300,00	17,957413	4,55	
1560,00	21,548895	5,92	
1690,00	23,344636	6,42	
1820,00	25,140378	7,14	
1950,00	26,936119	7,88	
2080,00	28,731860	8,61	
2210,00	30,527602	9,54	
2340,00	32,323343	10,28	
2470,00	34,119084	11,43	
2600,00	35,914825	13,96	
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		



E= 25043,96 Mpa  
 A= 0,132 m²  
 D= 0,410 m  
 L= 45,65 m  
 D/30= 13,67 mm  
 r + D/30= 28,03 mm

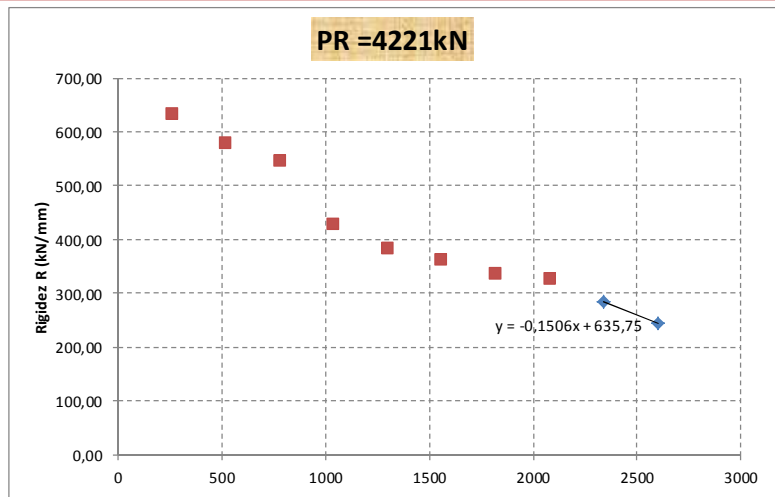
ESTACA E-276

ΔPR=		1	kN
PR=		3244,00	kN
Pi (kN)	Y	Zi (mm)	
260,00	0,0835425	0,41	
520,00	0,1747057	0,90	
780,00	0,2750211	1,43	
1040,00	0,3865332	2,43	
1300,00	0,5120594	3,39	
1560,00	0,6556352	4,31	
1820,00	0,8233373	5,42	
2080,00	1,0249448	6,38	
2340,00	1,2777331	8,26	
2600,00	1,6168637	10,65	
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		



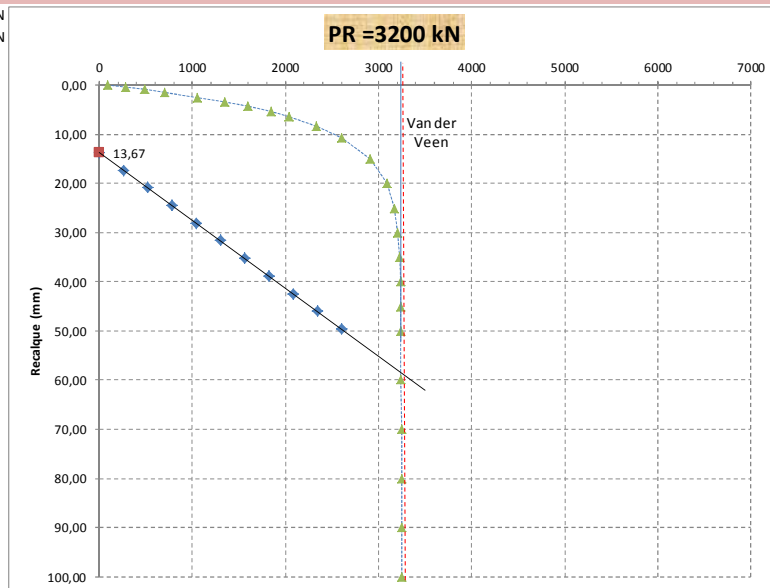
ESTACA E-276

ΔPR=		-	kN
PR=		4221,45	kN
Pi (kN)	R=Pi/Zi	Zi (mm)	
260,00	634,15	0,41	
520,00	577,78	0,90	
780,00	545,45	1,43	
1040,00	427,98	2,43	
1300,00	383,48	3,39	
1560,00	361,95	4,31	
1820,00	335,79	5,42	
2080,00	326,02	6,38	
2340,00	283,29	8,26	
2600,00	244,13	10,65	



ESTACA E-276

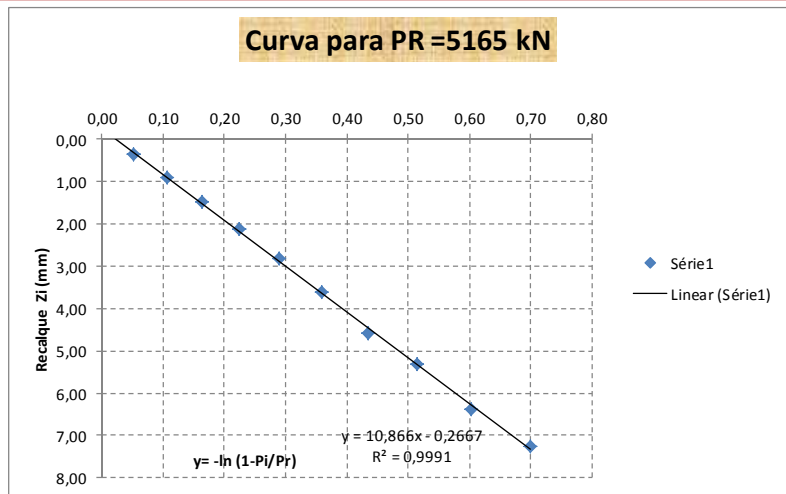
ΔPR=		-	kN
PR=		3200,00	kN
Pi (kN)	r=Pi x L/A x E	Zi (mm)	
0,00	0,0000000	0,00	
260,00	3,591483	0,41	
520,00	7,182965	0,90	
780,00	10,774448	1,43	
1040,00	14,365930	2,43	
1300,00	17,957413	3,39	
1560,00	21,548895	4,31	
1820,00	25,140378	5,42	
2080,00	28,731860	6,38	
2340,00	32,323343	8,26	
2600,00	35,914825	10,65	
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		



E= 25043,96 Mpa  
 A= 0,132 m²  
 D= 0,410 m  
 L= 45,65 m  
 D/30= 13,67 mm  
 r + D/30= 24,44 mm

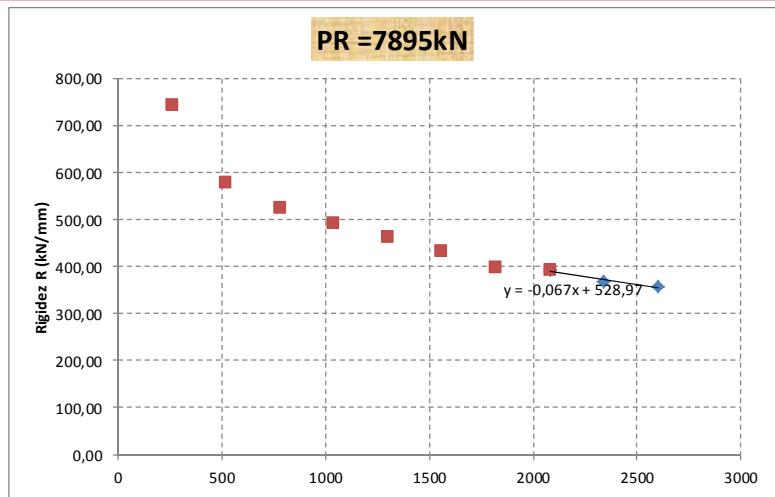
ESTACA E-307

ΔPR=		1	kN
PR=		5165,00	kN
Pi (kN)	Y	Zi (mm)	
260,00	0,0516500	0,35	
520,00	0,1061137	0,90	
780,00	0,1637155	1,49	
1040,00	0,2248391	2,11	
1300,00	0,2899434	2,82	
1560,00	0,3595833	3,61	
1820,00	0,4344384	4,58	
2080,00	0,5153534	5,30	
2340,00	0,6033967	6,38	
2600,00	0,6999466	7,27	
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		



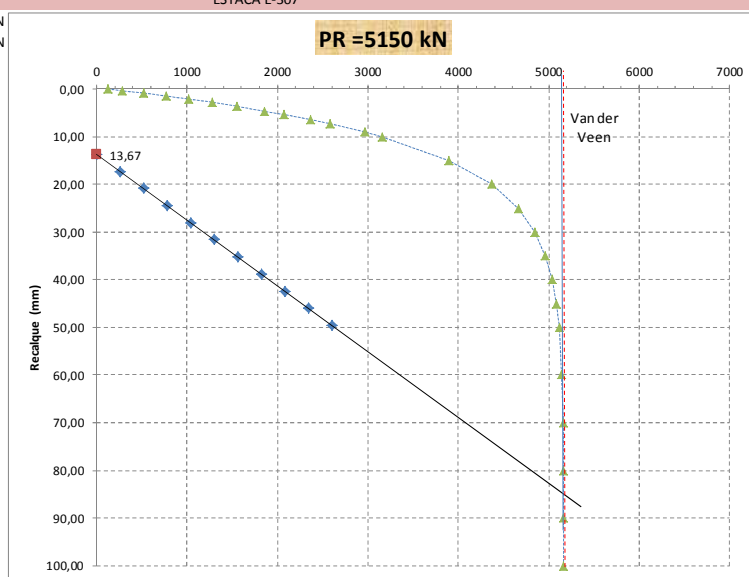
ESTACA E-307

ΔPR=		-	kN
PR=		7895,07	kN
Pi (kN)	R=Pi/Zi	Zi (mm)	
260,00	742,86	0,35	
520,00	577,78	0,90	
780,00	523,49	1,49	
1040,00	492,89	2,11	
1300,00	460,99	2,82	
1560,00	432,13	3,61	
1820,00	397,38	4,58	
2080,00	392,45	5,30	
2340,00	366,77	6,38	
2600,00	357,63	7,27	



ESTACA E-307

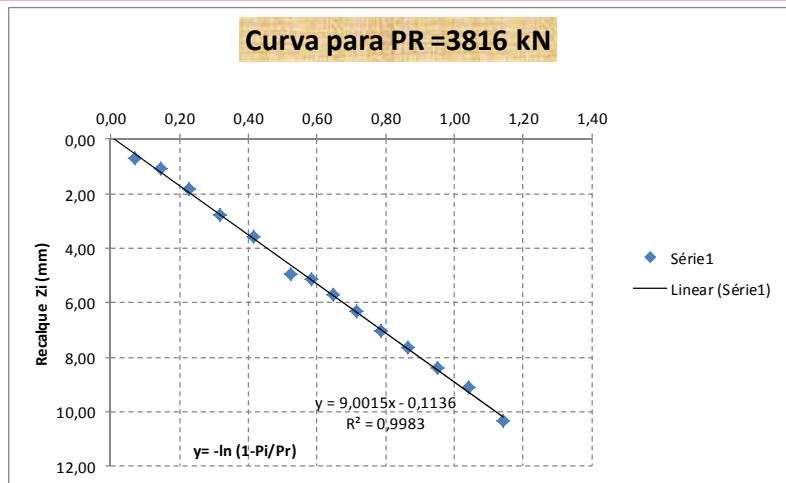
ΔPR=		-	kN
PR=		5150,00	kN
Pi (kN)	r=Pi x L/A x E	Zi (mm)	
0,00	0,0000000	0,00	
260,00	3,591483	0,35	
520,00	7,182965	0,90	
780,00	10,774448	1,49	
1040,00	14,365930	2,11	
1300,00	17,957413	2,82	
1560,00	21,548895	3,61	
1820,00	25,140378	4,58	
2080,00	28,731860	5,30	
2340,00	32,323343	6,38	
2600,00	35,914825	7,27	
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		



E= 25043,96 Mpa  
 A= 0,132 m²  
 D= 0,410 m  
 L= 45,65 m  
 D/30= 13,67 mm  
 r + D/30= 28,03 mm

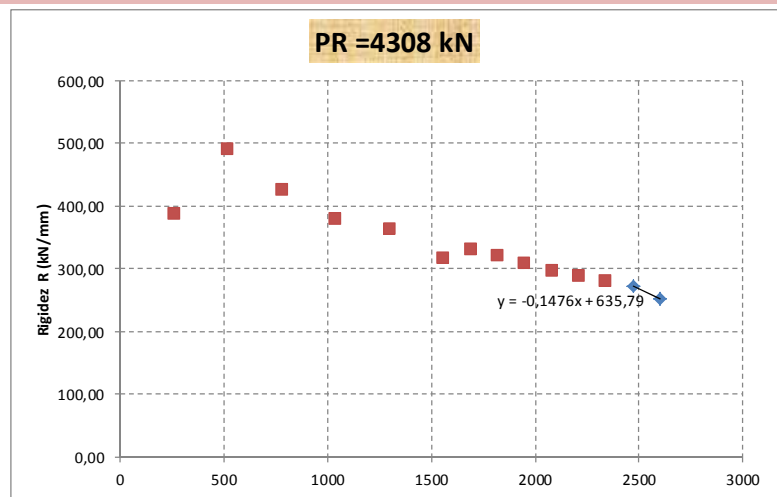
ESTACA E-308

ΔPR=		1	kN
PR=		3816,00	kN
Pi (kN)	Y	Zi	
260,00	0,0705664	0,67	
520,00	0,1464931	1,06	
780,00	0,2286619	1,83	
1040,00	0,3181917	2,75	
1300,00	0,4165324	3,58	
1560,00	0,5256094	4,93	
1690,00	0,5849605	5,12	
1820,00	0,6480576	5,69	
1950,00	0,7154057	6,31	
2080,00	0,7876191	7,01	
2210,00	0,8654561	7,65	
2340,00	0,9498670	8,38	
2470,00	1,0420655	9,11	
2600,00	1,1436360	10,32	
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		



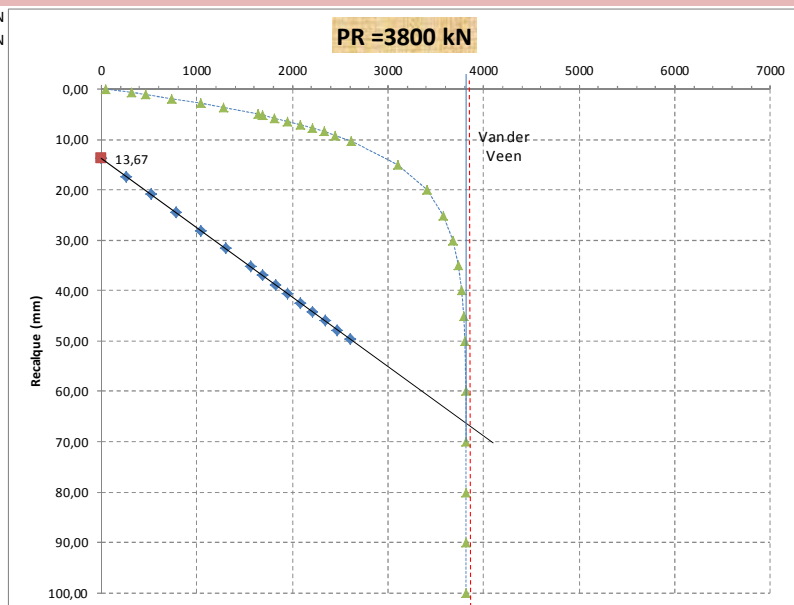
ESTACA E-308

ΔPR=		-	kN
PR=		4307,52	kN
Pi (kN)	R=Pi/Zi	Zi (mm)	
260,00	388,06	0,67	
520,00	490,57	1,06	
780,00	426,23	1,83	
1040,00	378,18	2,75	
1300,00	363,13	3,58	
1560,00	316,43	4,93	
1690,00	330,08	5,12	
1820,00	319,86	5,69	
1950,00	309,03	6,31	
2080,00	296,72	7,01	
2210,00	288,89	7,65	
2340,00	279,24	8,38	
2470,00	271,13	9,11	
2600,00	251,94	10,32	
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		



ESTACA E-308

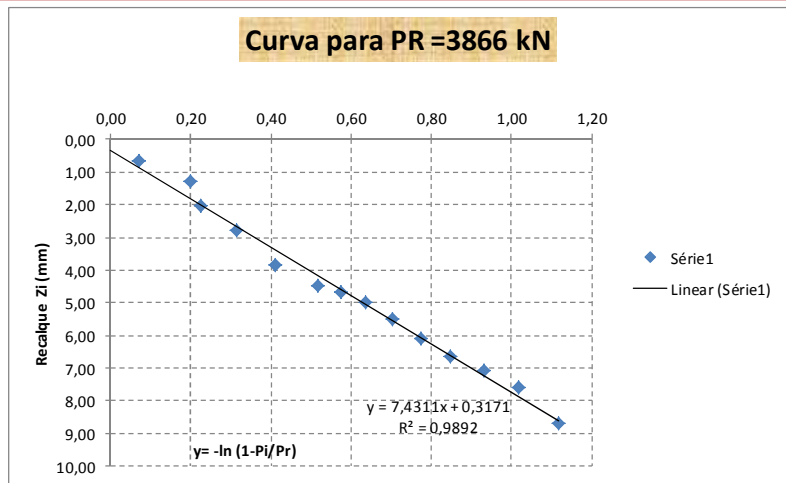
ΔPR=		-	kN
PR=		3800,00	kN
Pi (kN)	r=Pi x L/A x E	Zi (mm)	
0,00	0,0000000	0,00	
260,00	3,591483	0,67	
520,00	7,182965	1,06	
780,00	10,774448	1,83	
1040,00	14,365930	2,75	
1300,00	17,957413	3,58	
1560,00	21,548895	4,93	
1690,00	23,344636	5,12	
1820,00	25,140378	5,69	
1950,00	26,936119	6,31	
2080,00	28,731860	7,01	
2210,00	30,527602	7,65	
2340,00	32,323343	8,38	
2470,00	34,119084	9,11	
2600,00	35,914825	10,32	
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		



E= 25043,96 Mpa  
 A= 0,132 m²  
 D= 0,410 m  
 L= 45,65 m  
 D/30= 13,67 mm  
 r + D/30= 24,44 mm

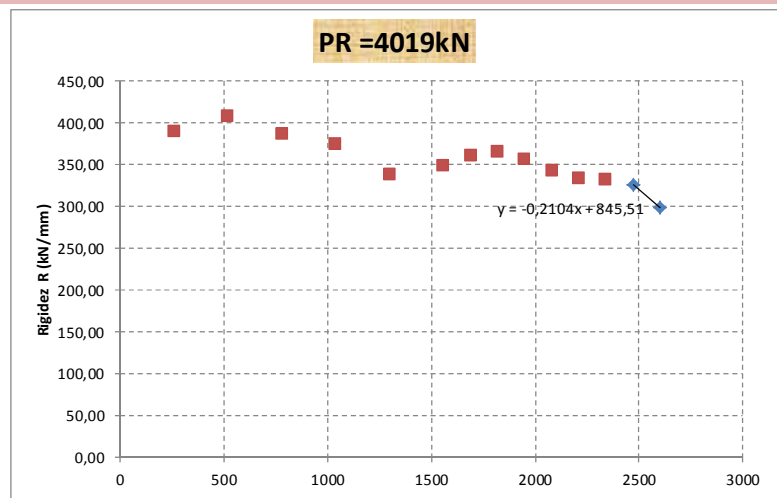
ESTACA E-315

ΔPR=		1	kN
PR=		3866,00	kN
Pi (kN)	Y	Zi	
260,00	0,0696213	0,67	
520,00	0,2000000	1,28	
780,00	0,2253446	2,02	
1040,00	0,3133581	2,78	
1300,00	0,4098721	3,86	
1560,00	0,5167060	4,49	
1690,00	0,5747321	4,69	
1820,00	0,6363337	4,99	
1950,00	0,7019807	5,49	
2080,00	0,7722419	6,08	
2210,00	0,8478153	6,64	
2340,00	0,9295704	7,08	
2470,00	1,0186094	7,58	
2600,00	1,1163581	8,71	
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		



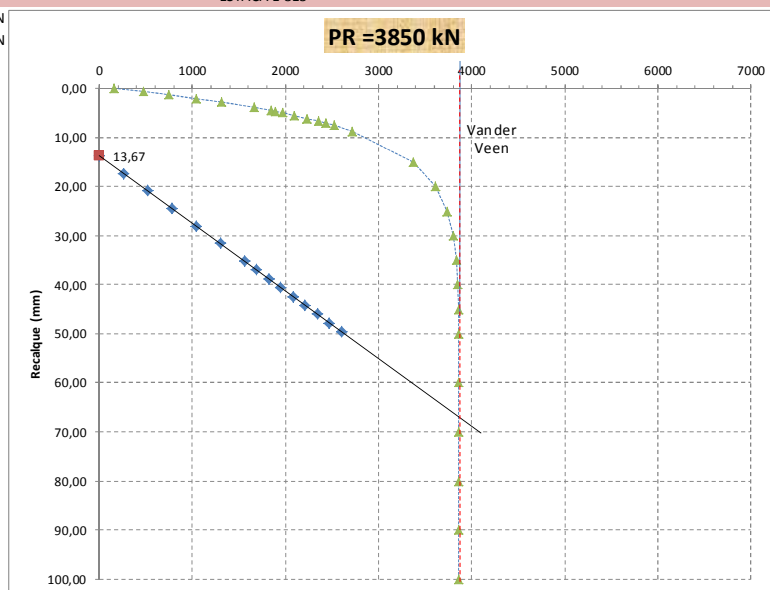
ESTACA E-315

ΔPR=		-	kN
PR=		4018,58	kN
Pi (kN)	R=Pi/Zi	Zi (mm)	
260,00	388,06	0,67	
520,00	406,25	1,28	
780,00	386,14	2,02	
1040,00	374,10	2,78	
1300,00	336,79	3,86	
1560,00	347,44	4,49	
1690,00	360,34	4,69	
1820,00	364,73	4,99	
1950,00	355,19	5,49	
2080,00	342,11	6,08	
2210,00	332,83	6,64	
2340,00	330,51	7,08	
2470,00	325,86	7,58	
2600,00	298,51	8,71	



ESTACA E-315

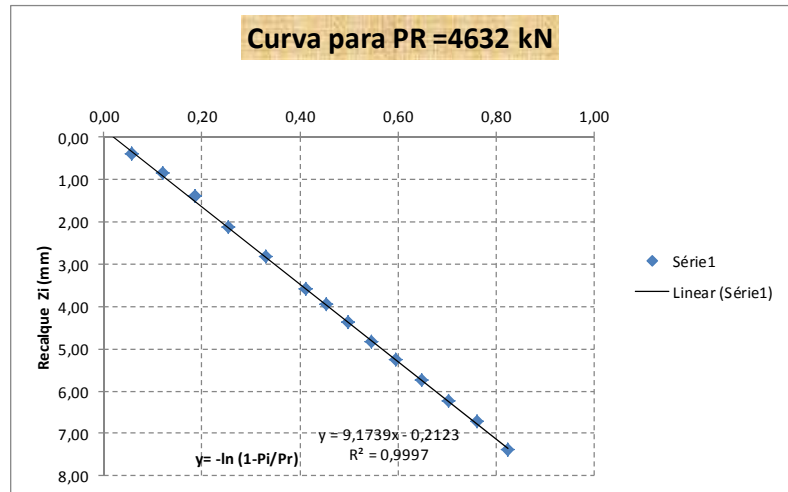
ΔPR=		-	kN
PR=		3850,00	kN
Pi (kN)	r=Pi x L/A x E	Zi (mm)	
0,00	0,0000000	0,00	
260,00	3,591483	0,67	
520,00	7,182965	1,28	
780,00	10,774448	2,02	
1040,00	14,365930	2,78	
1300,00	17,957413	3,86	
1560,00	21,548895	4,49	
1690,00	23,344636	4,69	
1820,00	25,140378	4,99	
1950,00	26,936119	5,49	
2080,00	28,731860	6,08	
2210,00	30,527602	6,64	
2340,00	32,323343	7,08	
2470,00	34,119084	7,58	
2600,00	35,914825	8,71	
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		



E= 25043,96 Mpa  
 A= 0,132 m²  
 D= 0,410 m  
 L= 45,65 m  
 D/30= 13,67 mm  
 r + D/30= 24,44 mm

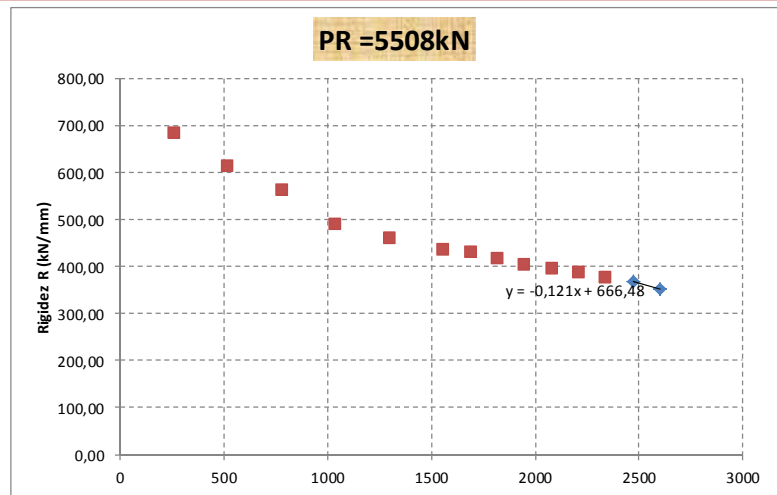
ESTACA E-327

ΔPR=		1	kN
PR=		4632,00	kN
Pi (kN)	Y	Zi (mm)	
260,00	0,0577682	0,38	
520,00	0,1190792	0,85	
780,00	0,1843962	1,39	
1040,00	0,2542796	2,13	
1300,00	0,3294160	2,83	
1560,00	0,4106599	3,59	
1690,00	0,4538991	3,94	
1820,00	0,4990928	4,38	
1950,00	0,5464260	4,83	
2080,00	0,5961114	5,25	
2210,00	0,6483951	5,73	
2340,00	0,7035639	6,23	
2470,00	0,7619550	6,72	
2600,00	0,8239682	7,39	
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		



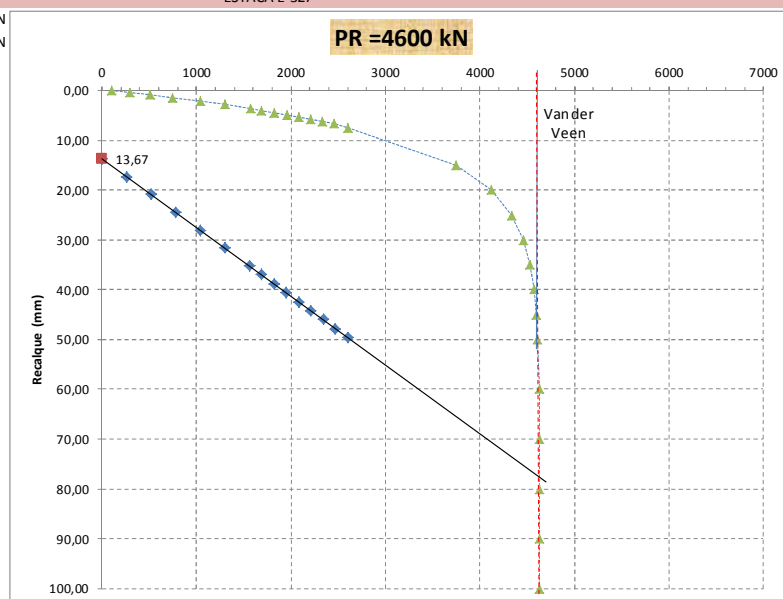
ESTACA E-327

ΔPR=		-	kN
PR=		5508,10	kN
Pi (kN)	R=Pi/Zi	Zi (mm)	
260,00	684,21	0,38	
520,00	611,76	0,85	
780,00	561,15	1,39	
1040,00	488,26	2,13	
1300,00	459,36	2,83	
1560,00	434,54	3,59	
1690,00	428,93	3,94	
1820,00	415,53	4,38	
1950,00	403,73	4,83	
2080,00	396,19	5,25	
2210,00	385,69	5,73	
2340,00	375,60	6,23	
2470,00	367,56	6,72	
2600,00	351,83	7,39	



ESTACA E-327

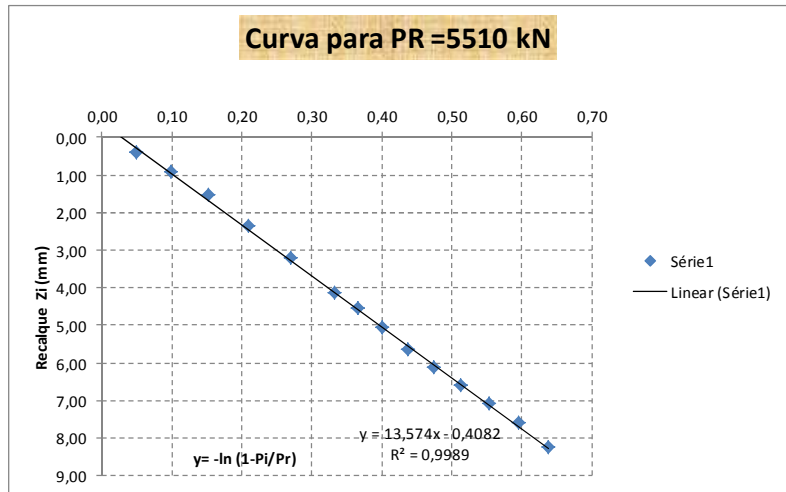
ΔPR=		-	kN
PR=		4600,00	kN
Pi (kN)	r=Pi x L/A x E	Zi (mm)	
0,00	0,0000000	0,00	
260,00	3,591483	0,38	
520,00	7,182965	0,85	
780,00	10,774448	1,39	
1040,00	14,365930	2,13	
1300,00	17,957413	2,83	
1560,00	21,548895	3,59	
1690,00	23,344636	3,94	
1820,00	25,140378	4,38	
1950,00	26,936119	4,83	
2080,00	28,731860	5,25	
2210,00	30,527602	5,73	
2340,00	32,323343	6,23	
2470,00	34,119084	6,72	
2600,00	35,914825	7,39	
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		



- E= 25043,96 Mpa
- A= 0,132 m²
- D= 0,410 m
- L= 45,65 m
- D/30= 13,67 mm
- r + D/30= 24,44 mm

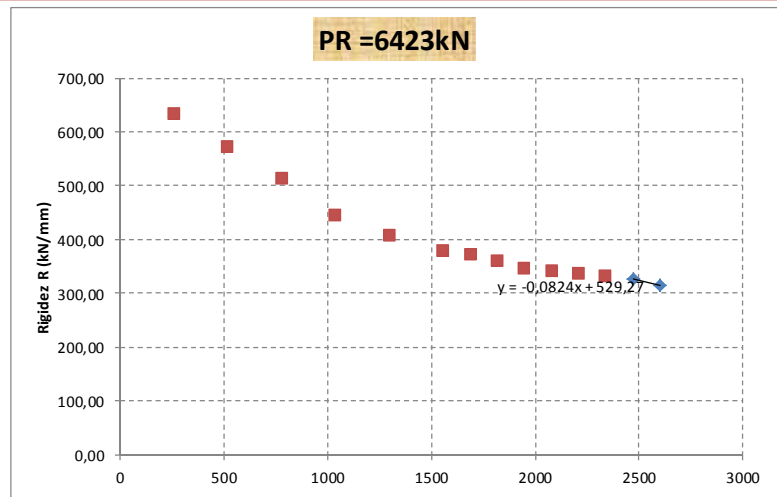
ESTACA E-380

ΔPR=		1	kN
PR=		5510,00	kN
Pi (kN)	Y	Zi (mm)	
260,00	0,0483365	0,41	
520,00	0,0991287	0,91	
780,00	0,1526394	1,52	
1040,00	0,2091762	2,34	
1300,00	0,2691020	3,20	
1560,00	0,3328490	4,13	
1690,00	0,3663142	4,55	
1820,00	0,4009382	5,06	
1950,00	0,4368041	5,64	
2080,00	0,4740044	6,12	
2210,00	0,5126422	6,58	
2340,00	0,5528330	7,06	
2470,00	0,5947071	7,58	
2600,00	0,6384115	8,25	
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		



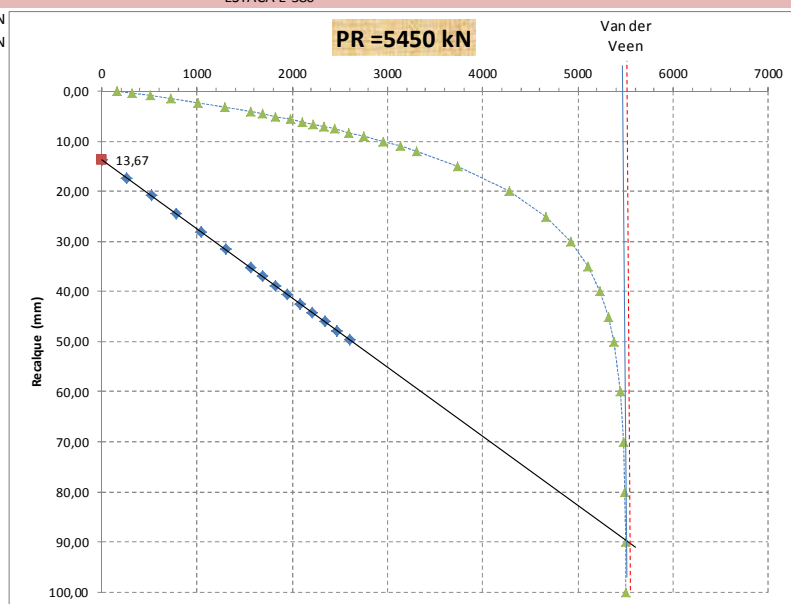
ESTACA E-380

ΔPR=		-	kN
PR=		6423,18	kN
Pi (kN)	R=Pi/Zi	Zi (mm)	
260,00	634,15	0,41	
520,00	571,43	0,91	
780,00	513,16	1,52	
1040,00	444,44	2,34	
1300,00	406,25	3,20	
1560,00	377,72	4,13	
1690,00	371,43	4,55	
1820,00	359,68	5,06	
1950,00	345,74	5,64	
2080,00	339,87	6,12	
2210,00	335,87	6,58	
2340,00	331,44	7,06	
2470,00	325,86	7,58	
2600,00	315,15	8,25	



ESTACA E-380

ΔPR=		-	kN
PR=		5450,00	kN
Pi (kN)	r=Pi x L/A x E	Zi (mm)	
0,00	0,0000000	0,00	
260,00	3,591483	0,41	
520,00	7,182965	0,91	
780,00	10,774448	1,52	
1040,00	14,365930	2,34	
1300,00	17,957413	3,20	
1560,00	21,548895	4,13	
1690,00	23,344636	4,55	
1820,00	25,140378	5,06	
1950,00	26,936119	5,64	
2080,00	28,731860	6,12	
2210,00	30,527602	6,58	
2340,00	32,323343	7,06	
2470,00	34,119084	7,58	
2600,00	35,914825	8,25	
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		

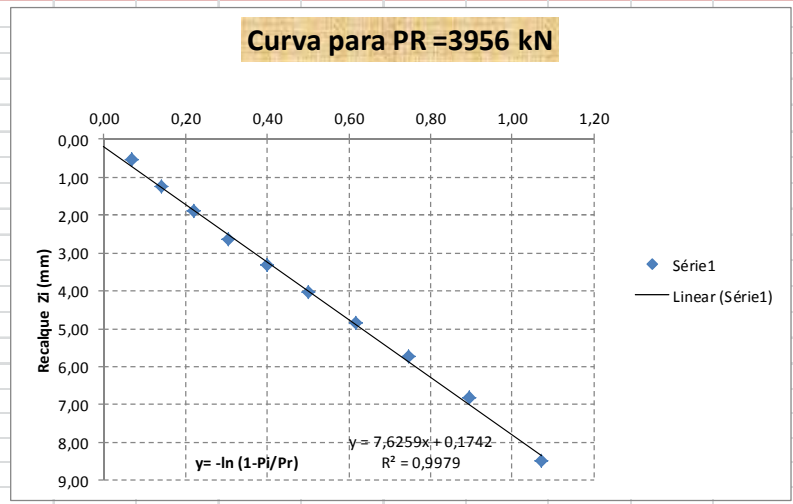


E= 25043,96 Mpa  
 A= 0,132 m²  
 D= 0,410 m  
 L= 45,65 m  
 D/30= 13,67 mm  
 r + D/30= 28,03 mm



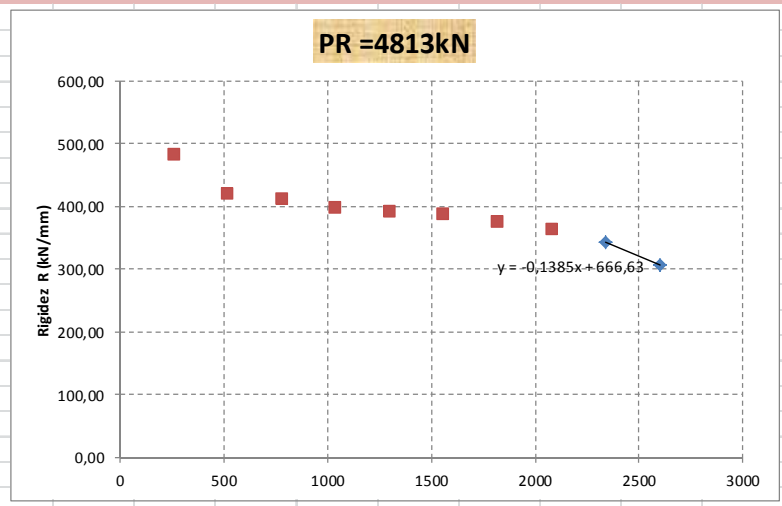
ESTACA E-426

ΔPR=		1	kN
PR=		3956,00	kN
Pi (kN)	Y	Zi (mm)	
260,00	0,0679823	0,54	
520,00	0,1409254	1,24	
780,00	0,2196109	1,90	
1040,00	0,3050206	2,62	
1300,00	0,3984122	3,33	
1560,00	0,5014327	4,04	
1820,00	0,6162985	4,86	
2080,00	0,7460916	5,74	
2340,00	0,8952795	6,83	
2600,00	1,0706942	8,48	
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		



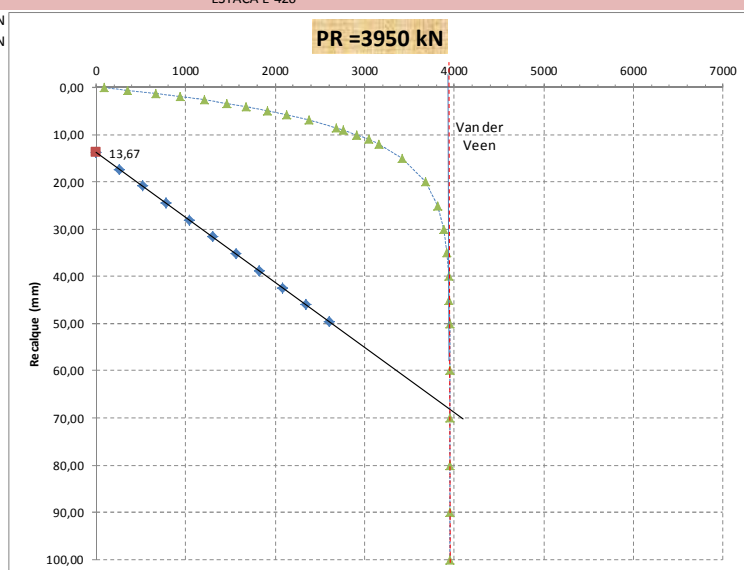
ESTACA E-426

ΔPR=		-	kN
PR=		4813,22	kN
Pi (kN)	R=Pi/Zi	Zi (mm)	
260,00	481,48	0,54	
520,00	419,35	1,24	
780,00	410,53	1,90	
1040,00	396,95	2,62	
1300,00	390,39	3,33	
1560,00	386,14	4,04	
1820,00	374,49	4,86	
2080,00	362,37	5,74	
2340,00	342,61	6,83	
2600,00	306,60	8,48	



ESTACA E-426

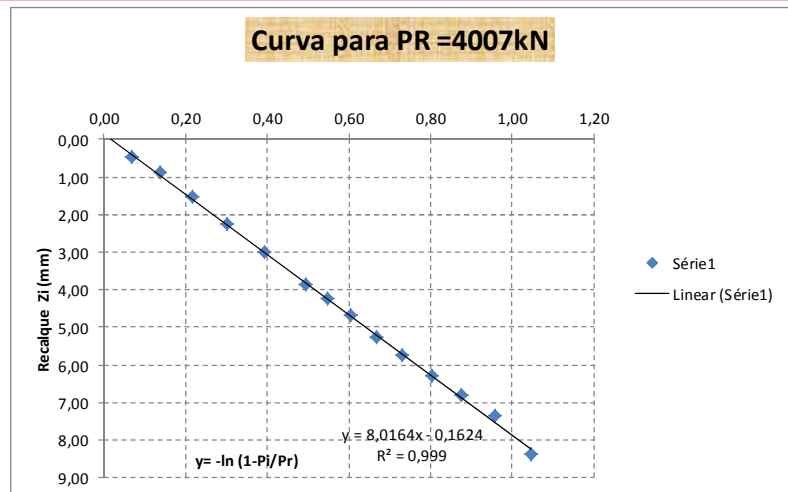
ΔPR=		-	kN
PR=		3950,00	kN
Pi (kN)	r=Pi x L/A x E	Zi (mm)	
0,00	0,000000	0,00	
260,00	3,591483	0,54	
520,00	7,182965	1,24	
780,00	10,774448	1,90	
1040,00	14,365930	2,62	
1300,00	17,957413	3,33	
1560,00	21,548895	4,04	
1820,00	25,140378	4,86	
2080,00	28,731860	5,74	
2340,00	32,323343	6,83	
2600,00	35,914825	8,48	
	0,000000		
	0,000000		
	0,000000		
	0,000000		
	0,000000		
	0,000000		
	0,000000		
	0,000000		
	0,000000		
	0,000000		



E= 25043,96 Mpa  
 A= 0,132 m²  
 D= 0,410 m  
 L= 45,65 m  
 D/30= 13,67 mm  
 r + D/30= 24,44 mm

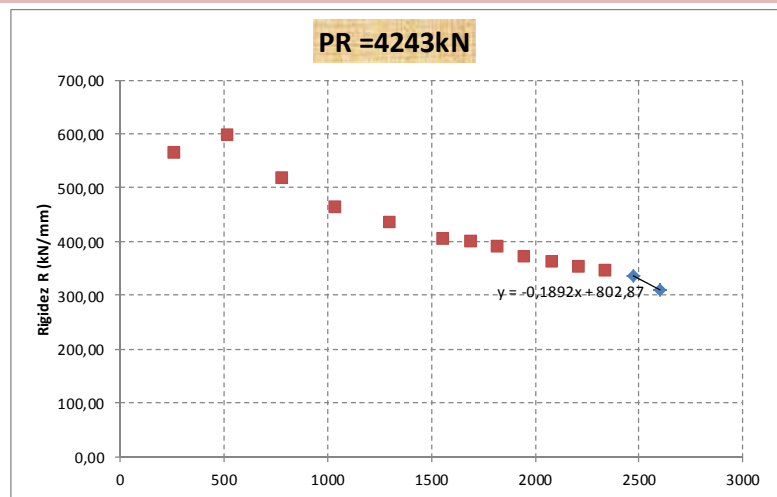
ESTACA E-430

ΔPR=		1	kN
PR=		4007,00	kN
Pi (kN)	Y	Zi (mm)	
260,00	0,0670873	0,46	
520,00	0,1390011	0,87	
780,00	0,2164899	1,51	
1040,00	0,3004915	2,24	
1300,00	0,3922018	2,99	
1560,00	0,4931800	3,86	
1690,00	0,5477696	4,24	
1820,00	0,6055121	4,67	
1950,00	0,6667942	5,25	
2080,00	0,7320784	5,73	
2210,00	0,8019242	6,28	
2340,00	0,8770172	6,79	
2470,00	0,9582104	7,36	
2600,00	1,0465831	8,36	
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		



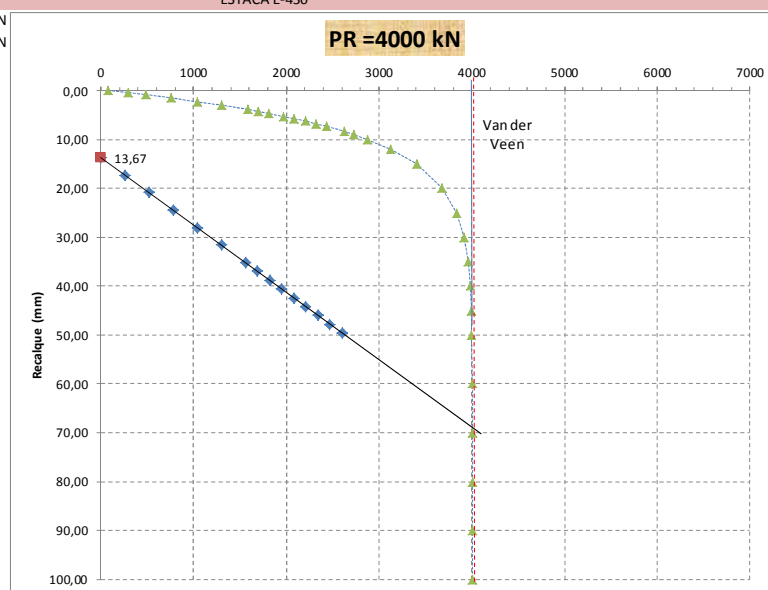
ESTACA E-430

ΔPR=		-	kN
PR=		4243,50	kN
Pi (kN)	R=Pi/Zi	Zi (mm)	
260,00	565,22	0,46	
520,00	597,70	0,87	
780,00	516,56	1,51	
1040,00	464,29	2,24	
1300,00	434,78	2,99	
1560,00	404,15	3,86	
1690,00	398,58	4,24	
1820,00	389,72	4,67	
1950,00	371,43	5,25	
2080,00	363,00	5,73	
2210,00	351,91	6,28	
2340,00	344,62	6,79	
2470,00	335,60	7,36	
2600,00	311,00	8,36	



ESTACA E-430

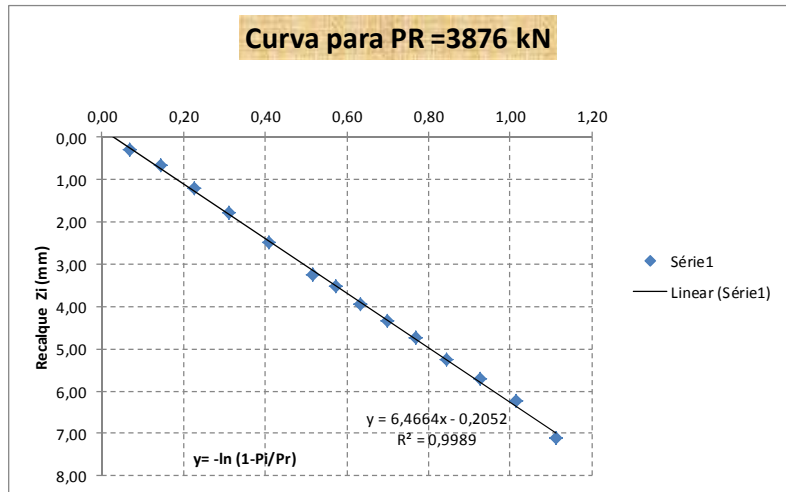
ΔPR=		-	kN
PR=		4000,00	kN
Pi (kN)	r=Pi x L/A x E	Zi (mm)	
0,00	0,0000000	0,00	
260,00	3,591483	0,46	
520,00	7,182965	0,87	
780,00	10,774448	1,51	
1040,00	14,365930	2,24	
1300,00	17,957413	2,99	
1560,00	21,548895	3,86	
1690,00	23,344636	4,24	
1820,00	25,140378	4,67	
1950,00	26,936119	5,25	
2080,00	28,731860	5,73	
2210,00	30,527602	6,28	
2340,00	32,323343	6,79	
2470,00	34,119084	7,36	
2600,00	35,914825	8,36	
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		



E= 25043,96 Mpa  
 A= 0,132 m<sup>2</sup>  
 D= 0,410 m  
 L= 45,65 m  
 D/30= 13,67 mm  
 r + D/30= 24,44 mm

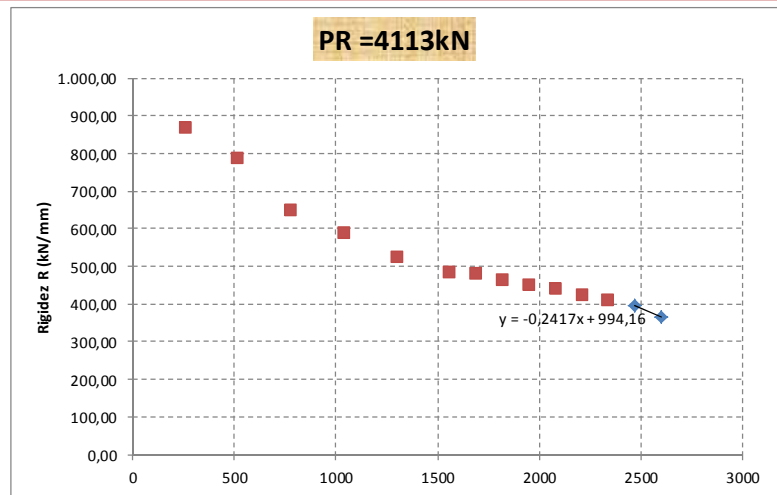
ESTACA E-434

ΔPR=		1	kN
PR=		3876,00	kN
Pi (kN)	Y	Zi (mm)	
260,00	0,0694353	0,30	
520,00	0,1440539	0,66	
780,00	0,2246927	1,20	
1040,00	0,3124091	1,77	
1300,00	0,4085659	2,48	
1560,00	0,5149621	3,23	
1690,00	0,5727303	3,51	
1820,00	0,6340413	3,93	
1950,00	0,6993584	4,33	
2080,00	0,7692417	4,74	
2210,00	0,8443782	5,24	
2340,00	0,9256221	5,72	
2470,00	1,0140549	6,22	
2600,00	1,1110735	7,11	
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		



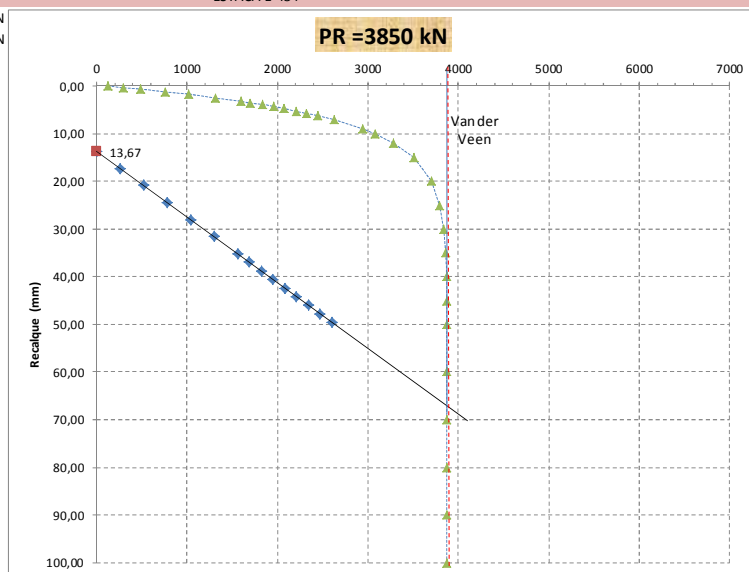
ESTACA E-434

ΔPR=		-	kN
PR=		4113,20	kN
Pi (kN)	R=Pi/Zi	Zi (mm)	
260,00	866,67	0,30	
520,00	787,88	0,66	
780,00	650,00	1,20	
1040,00	587,57	1,77	
1300,00	524,19	2,48	
1560,00	482,97	3,23	
1690,00	481,48	3,51	
1820,00	463,10	3,93	
1950,00	450,35	4,33	
2080,00	438,82	4,74	
2210,00	421,76	5,24	
2340,00	409,09	5,72	
2470,00	397,11	6,22	
2600,00	365,68	7,11	



ESTACA E-434

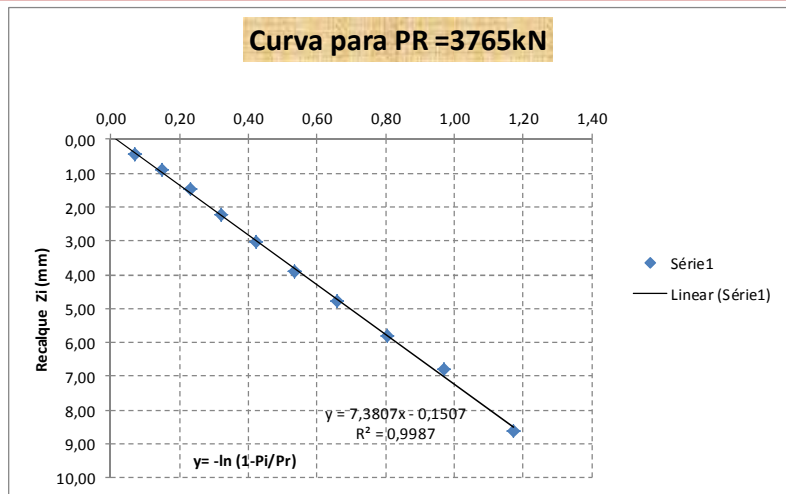
ΔPR=		-	kN
PR=		3850,00	kN
Pi (kN)	r=Pi x L/A x E	Zi (mm)	
0,00	0,000000	0,00	
260,00	3,591483	0,30	
520,00	7,182965	0,66	
780,00	10,774448	1,20	
1040,00	14,365930	1,77	
1300,00	17,957413	2,48	
1560,00	21,548895	3,23	
1690,00	23,344636	3,51	
1820,00	25,140378	3,93	
1950,00	26,936119	4,33	
2080,00	28,731860	4,74	
2210,00	30,527602	5,24	
2340,00	32,323343	5,72	
2470,00	34,119084	6,22	
2600,00	35,914825	7,11	
	0,000000		
	0,000000		
	0,000000		
	0,000000		



E= 25043,96 Mpa  
 A= 0,132 m²  
 D= 0,410 m  
 L= 45,65 m  
 D/30= 13,67 mm  
 r + D/30= 20,85 mm

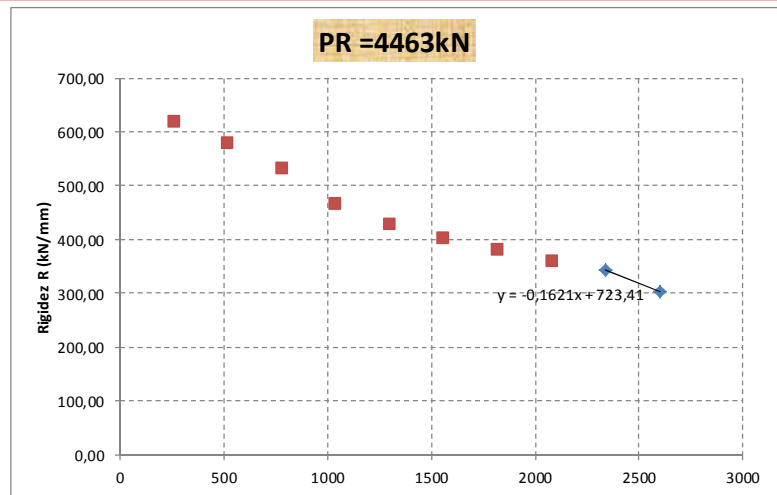
ESTACA E-457

ΔPR=		1	kN
PR=		3765,00	kN
Pi (kN)	Y	Zi (mm)	
260,00	0,0715573	0,42	
520,00	0,1486325	0,90	
780,00	0,2321481	1,47	
1040,00	0,3232794	2,23	
1300,00	0,4235561	3,04	
1560,00	0,5350204	3,89	
1820,00	0,6604859	4,77	
2080,00	0,8039823	5,80	
2340,00	0,9715760	6,80	
2600,00	1,1730268	8,61	
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		



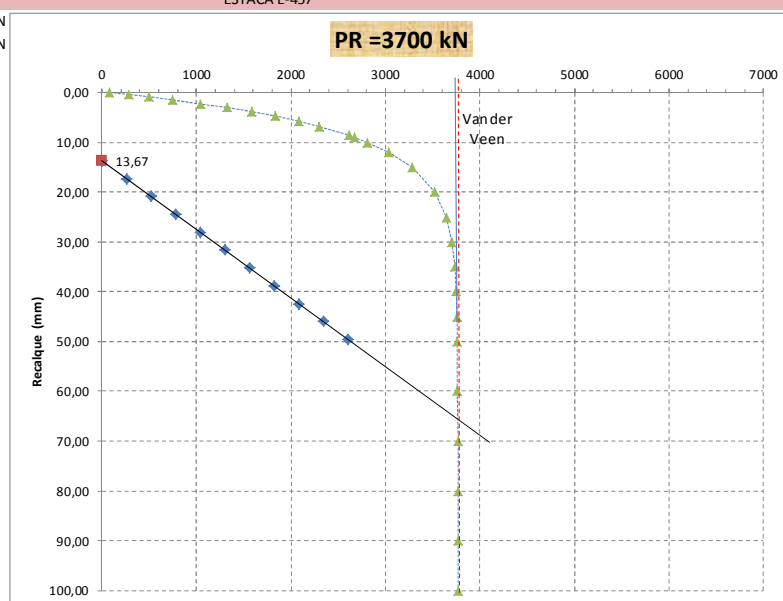
ESTACA E-457

ΔPR=		-	kN
PR=		4462,74	kN
Pi (kN)	R=Pi/Zi	Zi (mm)	
260,00	619,05	0,42	
520,00	577,78	0,90	
780,00	530,61	1,47	
1040,00	466,37	2,23	
1300,00	427,63	3,04	
1560,00	401,03	3,89	
1820,00	381,55	4,77	
2080,00	358,62	5,80	
2340,00	344,12	6,80	
2600,00	301,97	8,61	



ESTACA E-457

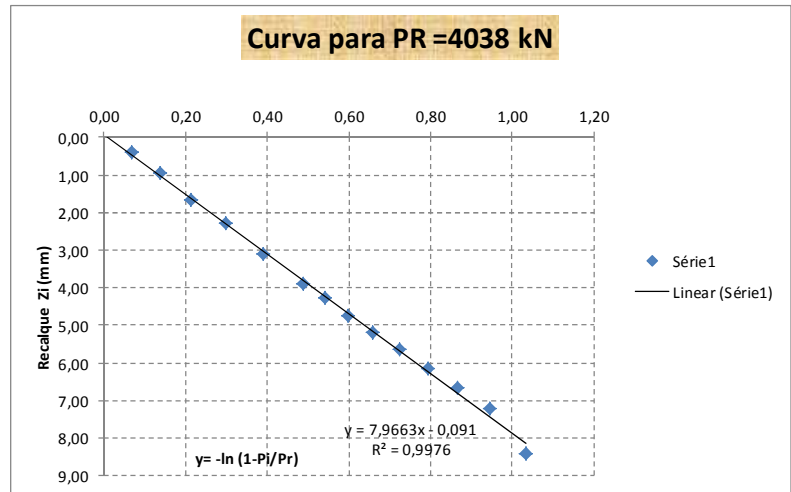
ΔPR=		-	kN
PR=		3700,00	kN
Pi (kN)	r=Pi x L/A x E	Zi (mm)	
0,00	0,0000000	0,00	
260,00	3,591483	0,42	
520,00	7,182965	0,90	
780,00	10,774448	1,47	
1040,00	14,365930	2,23	
1300,00	17,957413	3,04	
1560,00	21,548895	3,89	
1820,00	25,140378	4,77	
2080,00	28,731860	5,80	
2340,00	32,323343	6,80	
2600,00	35,914825	8,61	
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		



E= 25043,96 Mpa  
 A= 0,132 m²  
 D= 0,410 m  
 L= 45,65 m  
 D/30= 13,67 mm  
 r + D/30= 20,85 mm

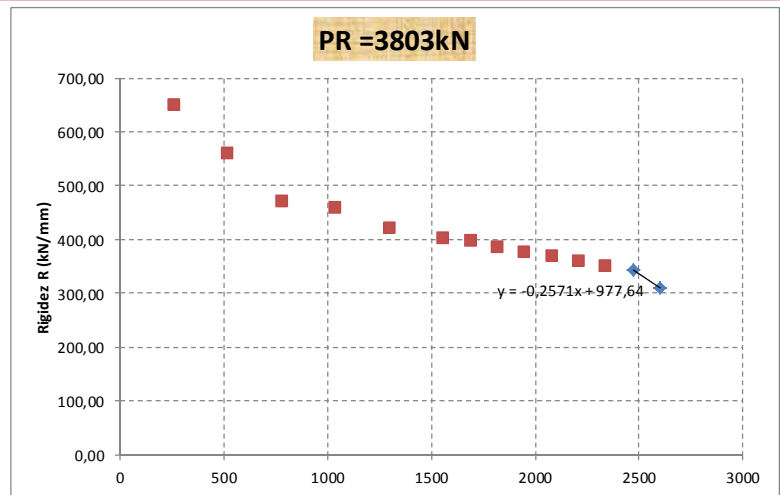
ESTACA E-501

ΔPR=		1	kN
PR=		4038,00	kN
Pi (kN)	Y	Zi (mm)	
260,00	0,0665548	0,40	
520,00	0,1378569	0,93	
780,00	0,2146360	1,66	
1040,00	0,2978041	2,27	
1300,00	0,3885218	3,09	
1560,00	0,4882977	3,89	
1690,00	0,5421856	4,26	
1820,00	0,5991436	4,73	
1950,00	0,6595428	5,19	
2080,00	0,7238260	5,65	
2210,00	0,7925270	6,14	
2340,00	0,8662984	6,68	
2470,00	0,9459486	7,21	
2600,00	1,0324963	8,41	
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		



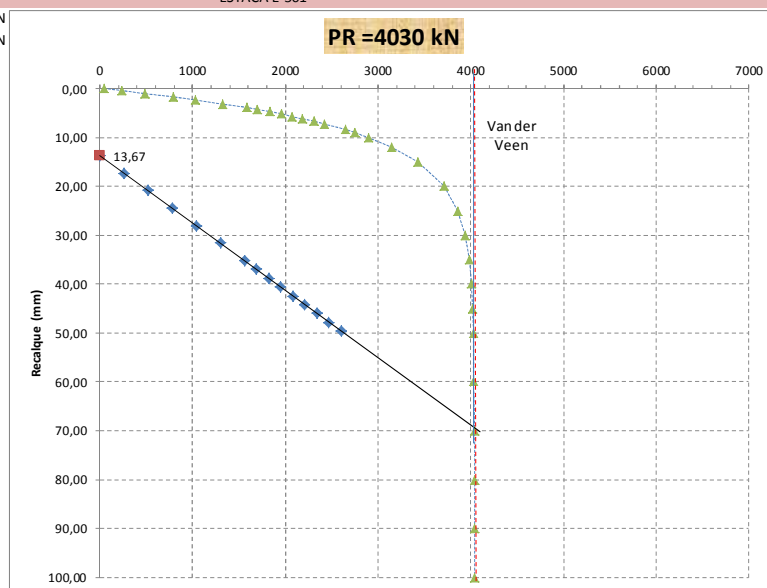
ESTACA E-501

ΔPR=		-	kN
PR=		3802,57	kN
Pi (kN)	R=Pi/Zi	Zi (mm)	
260,00	650,00	0,40	
520,00	559,14	0,93	
780,00	469,88	1,66	
1040,00	458,15	2,27	
1300,00	420,71	3,09	
1560,00	401,03	3,89	
1690,00	396,71	4,26	
1820,00	384,78	4,73	
1950,00	375,72	5,19	
2080,00	368,14	5,65	
2210,00	359,93	6,14	
2340,00	350,30	6,68	
2470,00	342,58	7,21	
2600,00	309,16	8,41	



ESTACA E-501

ΔPR=		-	kN
PR=		4030,00	kN
Pi (kN)	r=Pi x L/A x E	Zi (mm)	
0,00	0,0000000	0,00	
260,00	3,591483	0,40	
520,00	7,182965	0,93	
780,00	10,774448	1,66	
1040,00	14,365930	2,27	
1300,00	17,957413	3,09	
1560,00	21,548895	3,89	
1690,00	23,344636	4,26	
1820,00	25,140378	4,73	
1950,00	26,936119	5,19	
2080,00	28,731860	5,65	
2210,00	30,527602	6,14	
2340,00	32,323343	6,68	
2470,00	34,119084	7,21	
2600,00	35,914825	8,41	
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		
	0,0000000		



E= 25043,96 Mpa  
 A= 0,132 m<sup>2</sup>  
 D= 0,410 m  
 L= 45,65 m  
 D/30= 13,67 mm  
 r + D/30= 24,44 mm

## **ANEXO E - Segurança nas Fundações, reproduzido do texto da Norma, e também Desempenho de Fundações em Estacas**

### **1 SEGURANÇA NAS FUNDAÇÕES**

#### **1.1 Generalidades**

As situações de projeto a serem verificadas quanto aos estados-limites últimos (ELU) e de serviço (ELS) devem contemplar as ações e suas combinações e outras solicitações conhecidas e previsíveis. Deve ser considerada a sensibilidade da estrutura às deformações das fundações. Estruturas sensíveis a recalques devem ser analisadas considerando-se a interação solo-estrutura.

##### **1.1.1 Região representativa do terreno**

O resultado das investigações geotécnicas deve ser interpretado de forma a identificar espacialmente a composição do solo ou da rocha, suas propriedades mecânicas, profundidades das diversas camadas de solo ou características da rocha. Dependendo das características geológicas e das dimensões do terreno, pode ser necessário dividi-lo em regiões representativas que apresentem pequena variabilidade nas suas características geotécnicas.

O projetista das fundações deve definir estas regiões para a eventual programação de investigações adicionais, elaboração do projeto e programação dos ensaios de desempenho das fundações.

#### **1.2 Estados-limites**

O projeto deve assegurar que as fundações apresentem segurança quanto aos:

- a) estado-limite último (associados a colapso parcial ou total da obra);
- b) estado-limite de serviço (quando ocorrem deformações, fissuras etc. Que comprometem o uso da obra).

## 1.2.1 Verificação dos estados-limites últimos (ELU)

### 1.2.1.1 Fatores de segurança de fundação superficial (rasa ou direta)

#### 1.2.1.2 Fatores de segurança de fundações profundas

- *Resistência calculada por método semi-empírico*

O fator de segurança a ser utilizado para determinação da carga admissível é 2,0 e para carga resistente de projeto é de 1,4. Quando se reconhecerem regiões representativas, o cálculo da resistência característica de estacas por métodos semi-empírico baseados em ensaios de campo pode ser determinado pela expressão:

$$R_{c,k} = \text{Min}[(R_{c,cal})_{med} / \xi_1; (R_{c,cal})_{min} / \xi_2]$$

Onde

$R_{c,k}$  é a resistência característica

$(R_{c,cal})_{med}$  é a resistência característica calculada com base em valores médios dos parâmetros

$(R_{c,cal})_{min}$  é a resistência característica calculada com base em valores mínimos dos parâmetros

$\xi_1$  e  $\xi_2$  são fatores de minoração da resistência (Tabela 2)

**Tabela 2 – Valores dos fatores  $\xi_1$  e  $\xi_2$  para determinação de valores característicos das resistências calculadas por métodos semi-empíricos baseados em ensaios de campo.**

$n^a$	1	2	3	4	5	6	$\geq 10$
$\xi_1$	1,42	1,35	1,33	1,31	1,29	1,27	1,27
$\xi_2$	1,42	1,27	1,23	1,20	1,15	1,13	1,11

<sup>a</sup> n = número de perfis de ensaios por região representativa do terreno

Os valores de  $\xi_1$  e  $\xi_2$  podem ser multiplicados por 0,9 no caso de execução de ensaios complementares à sondagem a percussão. Aplicados os fatores da Tabela 2, para determinar a carga admissível deve ser empregado um fator de segurança

global de no mínimo 1,4. Se a análise for feita em termos de fatores de segurança parciais (carga resistente de projeto), não pode ser aplicado fator de minoração da resistência.

- *Resistência obtida por provas de carga executadas na fase de elaboração ou adequação do projeto*

Para que se tenha a carga admissível (ou carga resistente de projeto) de estacas, a partir de provas, é necessário que:

- a) a(s) prova(s) de carga seja(m) estática(s);
- b) a(s) prova(s) de carga seja(m) especificada(s) na fase de projeto e executadas no início da obra, de modo que o projeto possa ser adequado para as demais estacas;
- c) a(s) prova(s) de carga seja(m) levada(s) até uma carga no mínimo duas vezes a carga admissível prevista em projeto

O fator de segurança a ser utilizado para determinação da carga admissível é 1,6 e para carga resistente de projeto é de 1,14. Quando em uma mesma região representativa for realizado um número maior de provas de carga, a resistência característica pode ser determinada pela expressão:

$$R_{c,k} = \text{Min}[(R_{c,cal})_{med} / \xi_3; (R_{c,cal})_{min} / \xi_4]$$

Onde

$R_{c,k}$  é a resistência característica

$(R_{c,cal})_{med}$  é a resistência característica calculada com base em valores médios dos parâmetros

$(R_{c,cal})_{min}$  é a resistência característica calculada com base em valores mínimos dos parâmetros

$\xi_3$  e  $\xi_4$  são fatores de minoração da resistência (Tabela 3).



**Tabela 3 – Valores dos fatores  $\xi_3$  e  $\xi_4$  para determinação de valores característicos das resistências obtidas por provas de carga estáticas.**

n <sup>a</sup>	1	2	3	4	≥5
$\xi_3$	1,14	1,11	1,07	1,04	1,00
$\xi_4$	1,14	1,10	1,05	1,02	1,00
<sup>a</sup> n = número de provas de carga em estacas de mesmas características, por região representativa do terreno.					

Aplicados os fatores indicados na Tabela 3, para determinar a carga admissível deve ser empregado um fator de segurança global de no mínimo 1,4. Se a análise for feita em termos de fatores de segurança parciais, não deve ser aplicado fator de minoração de carga.

### 1.3 Desempenho dos elementos de fundações

#### 1.3.1 Fundação em estacas

##### 1.3.1.1 Quantidade de provas de carga

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

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

**Tabela 6 – Quantidade de provas de carga**

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

<sup>a</sup> Para o cálculo da tensão (admissível) máxima consideram-se estacas vazadas como maciças, desde que a seção vazada não exceda 40% da seção total.

<sup>b</sup> Os critérios acima são válidos para as seguintes condições (não necessariamente simultâneas):

- Áreas onde haja experiência prévia com o tipo de estaca empregado.
- Onde não houver particularidades geológico-geotécnicas.
- Quando não houver variação do processo executivo padrão.
- Quando não houver dúvida quanto ao desempenho das estacas.

<sup>c</sup> Quando as condições acima não ocorrerem devem ser feitas provas de carga em no mínimo 1% das estacas, observando-se um mínimo de uma prova de carga (conforme ABNT NBR 12131), qualquer que seja o número de estacas.

<sup>d</sup> As provas de carga executadas exclusivamente para avaliação de desempenho devem ser levadas até que se atinja pelo menos 1,6 vez a carga admissível ou até que se observe um deslocamento que caracterize ruptura.

<sup>e</sup> Diâmetros nominais.

### 1.3.1.2 Interpretação da prova de carga

O desempenho é considerado satisfatório quando forem simultaneamente verificadas as seguintes condições:

- a) fator de segurança no mínimo 2,0 com relação à carga de ruptura obtida na prova de carga ou por sua extrapolação. Se esse valor não for obtido, a interpretação dos resultados da(s) prova(s) de carga deve ser feita pelo projetista, de acordo com o especificado em 8.2.1.1;
- b) recalque na carga de trabalho for admissível pela estrutura.

Caso uma prova de carga tenha apresentado resultado insatisfatório, deve-se elaborar um programa de provas de carga adicionais que permita o reexame dos valores de cargas admissíveis(ou resistentes de projeto), visando a aceitação dos serviços sob condições especiais previamente definidas ou a readaptação da fundação e seu eventual reforço.

### 1.3.1.3 Quantidade de ensaios dinâmicos

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

### 1.3.1.4 Casos particulares

Para estacas com carga admissível superior a 3000 kN, podem-se executar duas provas de carga sobre estacas de mesmo tipo, porém de menor diâmetro. Nestes casos, os critérios de interpretação da prova de carga devem ser justificados.

São aceitos, a critério do projetista, ensaios de carga, como, por exemplo, célula expansiva, devendo-se levar em conta as particularidades de sua interpretação para avaliação de desempenho.

A Tabela 6 se aplica às obras de até 500 estacas e em uma mesma região representativa do subsolo. Acima desta quantidade, o número de provas de carga adicionais fica a critério do projetista.

## **ANEXO F – Efeitos de ensaios sobre a confiabilidade de estacas**

Vrouwenvelder (1992) destaca que as medidas realizadas durante a instalação das estacas costumam ser utilizadas nas estimativas dos valores de projeto de sua capacidade de carga e que estas estimativas podem ser formalizadas utilizando o enfoque dos fatores de segurança parciais. Aquele autor ressalta ainda sobre a possibilidade de combinação entre resultados obtidos “a priori” e as informações obtidas em vários níveis de inspeção de forma a conduzir projetos mais econômicos.

De fato, o projeto de um estaqueamento costuma ser baseado em métodos empíricos e/ou modelos de cálculo analíticos cujos parâmetros são obtidos de investigações in situ. Os modelos, em geral, não são capazes de reproduzir, por completo, o comportamento da fundação e os parâmetros podem variar mesmo num pequeno trecho. Como resultado, há uma incerteza em relação à capacidade de previsão da capacidade de carga e os fatores de segurança são utilizados para encontrar o “valor de projeto” para esta estimativa. Além do cálculo de previsão, pode-se executar provas de carga ou ensaios de carregamento dinâmico, além de realizar o monitoramento do processo executivo. Esta última alternativa em sua forma mais simples, pode ser considerada como a contagem do número de golpes durante a instalação de estacas cravadas. No momento, muitos métodos podem ser utilizados com base em resultados de ensaios capazes de atualizar as estimativas de capacidade de carga. Além disso, pelo fato da nova estimativa ser baseada em um maior número de informações, as incertezas são menores e uma redução correspondente no fator de segurança pode ser justificado.

### 1.1 Valores Característicos e Valores de Projeto (Vrouwenvelder, 1992)

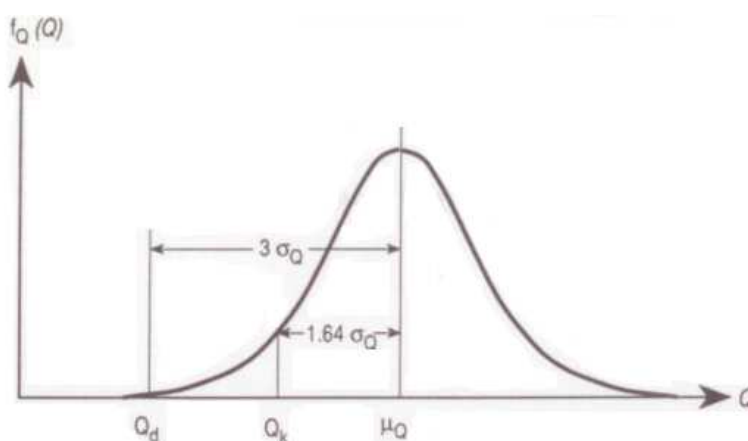
Uma distinção é feita entre o valor característico da resistência e o valor de projeto da resistência.

O valor característico da resistência é um valor de estimativa de capacidade de carga em que a probabilidade de se ter um valor inferior mais desfavorável seja de 5%. Já os valores de projeto da resistência é uma estimativa segura da

capacidade de carga que, quando comparada diretamente com o valor de projeto das ações ou efeito das ações apresenta uma probabilidade de apresentar um valor mais desfavorável de apenas 0,1%.

Mais decisivo para o projeto é o valor de projeto: se o valor de projeto de uma resistência é maior do que o valor de projeto do carregamento, a estrutura é considerada como segura.

A forma geral para estabelecer o valor característico ou o valor de projeto, dado os valores estatísticos da média e desvio padrão da capacidade de carga, é dado pela expressão (Figura 1.1):



**Figura 1.1 - Valor médio  $\mu_Q$ , valor característico  $Q_k$  e valor de projeto,  $Q_d$ .**

$$Q_k = \mu_k \exp(-k V_k) = \mu_k (1 - k V_k) \quad (1.1)$$

$$Q_d = \mu_Q \exp(-k V_Q) = \mu_Q (1 - k V_Q) \quad (1.2)$$

Onde

$\mu$  é o valor médio da capacidade de carga

$V$  é o coeficiente de variação

$k$  é um coeficiente relacionado ao nível de probabilidade selecionado

Para valores característicos, como anteriormente definidos, os valores de  $k$  são iguais a 1,64 enquanto que para valores de projeto os valores de  $k$  podem ser,

por exemplo, iguais a 3, dependendo das consequências da ruptura. As fórmulas (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**) e (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**), segundo Vrouwenvelder (1992), são baseadas na distribuição lognormal, que é uma asserção comum para este tipo de análise. Ou seja, numa abordagem simples, o valor de projeto é igual ao valor médio reduzido de três desvios padrão.

Os métodos de estimativas de capacidade de carga de estacas descritos pelas normas são normalmente valores considerados como característicos. Com base nestes valores, valores de projeto são obtidos por meio de fatores de segurança parciais.

$$Q_{bd} = \frac{Q_{bk}}{\gamma_b} \quad ; \quad Q_{sd} = \frac{Q_{sk}}{\gamma_s} \quad (1.3)$$

$\gamma$  são fatores de segurança parciais

Q a capacidade de carga

s subscrito indicativo do fuste

b subscrito indicativo da base

k subscrito indicativo de valor característico

d subscrito indicativo de valor de projeto

Os fatores de segurança parciais podem depender do tipo de estaca, do tipo de construção, o estado limite em consideração, etc. Teoricamente, os fatores de segurança parciais devem ser calibrados de forma que o nível de confiabilidade desejado dos valores de projeto sejam alcançados. Na realidade, Vrouwenvelder (1992) enfatiza que os fatores de segurança parciais são majoritariamente baseados em experiências do passado. No Eurocode, os fatores de minoração  $\gamma_s$  e  $\gamma_b$  são iguais a 1,3 para estacas cravadas.

Os valores característicos podem ser determinados de diferentes formas:

- i) Por provas de carga estáticas
- ii) Por estimativas baseadas em ensaios de campo
- iii) Por ensaios de carregamento dinâmicos

iv) Por fórmulas dinâmicas

No caso de provas de carga, os valores característicos podem ser obtidos, da seguinte forma:

$$1 \text{ estaca testada: } Q_k = \frac{\bar{Q}}{1.5}$$

$$2 \text{ estacas testadas: } Q_k = \frac{\bar{Q}}{1.35} \quad \text{ou} \quad Q_{\min} = \frac{\bar{Q}}{1.25}$$

$$3 \text{ estacas testadas: } Q_k = \frac{\bar{Q}}{1.3} \quad \text{ou} \quad Q_{\min} = \frac{\bar{Q}}{1.1}$$

Onde  $\bar{Q}$  representa o valor médio e  $Q_{\min}$  o menor valor. Pelo menos uma estaca deve ser testada numa região que possa ser considerada, a priori, como a locação mais vulnerável (mais fraca).

No caso ii) por exemplo, os valores calculados por ensaios de campo são dados por:

$$Q_{bk} = A_b q_{bk} ; Q_{sk} = q_{sk} A_{si} \quad (1.4)$$

Onde

$A_b$  é a área da base

$A_s$  é a área do fuste

$q_{bk}$  é o valor característico da resistência de ponta unitária

$q_{sk}$  o valor característico da resistência unitária de atrito

$i$  a camada de solo

Os valores de  $q_{bk}$  e  $q_{sk}$  devem ser encontrados através de ensaios de campo ou laboratório de tal forma que os resultados de capacidade de carga sejam iguais aos valores médios divididos por 1,5. Isto significa que cada procedimento de projeto deve ser inicialmente comparado com os resultados de um número de provas de

carga estáticas. Os procedimentos de projeto assim aprovados são naturalmente válidos apenas nas situações comparáveis às das provas de carga.

As estimativas de capacidade de carga realizadas por ensaios de carregamento dinâmicos e fórmulas dinâmicas são permitidos apenas se a validade do procedimento tiver sido demonstrada pela comparação com provas de carga estáticas do mesmo tipo de estaca, de mesmo comprimento e seção transversal e em condições similares de subsolo. No caso de fórmulas dinâmicas, pelo menos um certo número de recravações devem ter sido testadas. Naturalmente que ensaios de carregamento dinâmico e registros de cravação são sempre interessantes para indicar estacas mais vulneráveis para serem comparadas. No caso de características de má execução, uma prova de carga estática pode ser requerida.

Algumas observações em relação às regras acima devem ser feitas, segundo Vrouwenvelder (1992).

- i) Não há regras para combinação dos métodos, ou seja, para estimativa da capacidade de carga por cálculo estático e provas de carga.
- ii) As regras para ensaios dinâmicos e análise de cravação são formuladas de forma mais restrita; no caso de ensaios dinâmicos é requerido explicitamente que os ensaios para comparação sejam feitos para estacas similares sob condições similares. A formulação para estimativa estática é menos restritiva. Por outro lado, para o cálculo estático como regra explícita é estabelecido que o valor característico calculado seja igual ao valor médio observado dividido por 1,5. Para os métodos dinâmicos tal consideração não é feita.
- iii) Nenhuma menção é feita em relação ao número de ensaios que deveriam ser utilizados para a calibração dos cálculos ou dos métodos dinâmicos.

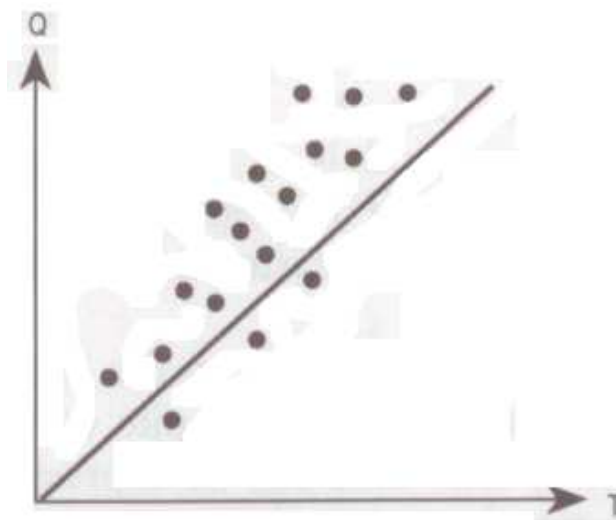
Vrouwenvelder (1992) conclui que os vários métodos não são tratados de uma forma totalmente similar. Dado o presente estado de conhecimento e experiência, isso pode ser justificado. Contudo, pela opinião do autor, o desejável seria vislumbrar uma filosofia de projeto que fosse basicamente a mesma para todos os métodos. Além disso, ela deveria abrir a possibilidade de combinar os diversos métodos. O autor pontua que cada método tem seus próprios méritos e um método



pode eliminar incertezas que não podem (ou não economicamente) ser eliminadas pelo outro.

### 1.2 Modelagem das Incertezas

Se são comparados os valores previstos e os valores reais de capacidade de carga de um certo número de estacas, se encontrará um diagrama do tipo da Figura 1.2. Observe que o valor real é definido como aquele correspondente à prova de carga estática. Discrepâncias entre o resultado da capacidade de carga e o comportamento real (incluindo efeito de grupo, efeito do tempo) serão desconsiderados, por simplificação.



**Figura 1.2 - Capacidade de carga teórica T versus real, Q.**

De forma geral há duas causas de discrepâncias na Figura 1.2: variação espacial das propriedades do solo e não adequabilidade dos métodos de cálculo. De forma a modelar as incertezas correspondentes, a seguinte fórmula é introduzida:

$$Q = mT \tag{1.5}$$

m = fator do modelo

T = resistência teórica

Q = resistência real

A resistência teórica T é determinística se é baseada em medidas realizadas na exata locação da estaca. Se o valor de T é baseado em estimativas de outra locação (na mesma obra) o coeficiente de variação  $V(T)$  irá refletir a flutuação espacial do solo. Um valor de  $V(T) = 0,15$  parece realístico e, segundo Vrouwenvelder (1992), será mantido neste artigo.

O fator do modelo considera todas as incertezas relativas ao método de cálculo. Normalmente é assumido que o modelo foi calibrado de tal forma que  $\mu(m) = 1,0$ . O coeficiente de variação de m expressa a qualidade do modelo e pode variar de 0,05 para um bom modelo até 0,50 para um modelo ruim. Por definição, neste artigo, para provas de carga estáticas,  $V(m) = 0,0$ . O valor de  $V(m)$  pode ser encontrado pela condução e comparação dos resultados de um grande número de ensaios e previsões teóricas, como mostrado na Figura 1.2. Na Tabela 1.1 uma tentativa de estimativa é apresentada para o coeficiente de variação de vários modelos de determinação de capacidade de carga de estacas. Cabe observar que esses números são puramente intuitivos e não baseados em observações sistemáticas.

É importante distinguir entre a variabilidade do fator modelo entre diferentes estacas da obra e fora da obra. Isso pode ser expresso pela separação de m em dois fatores:

$$m = m_c m_i \quad (1.6)$$

Nesta expressão  $m_c$  contempla a incerteza comum e  $m_i$  a incerteza individual; intuitivamente, a incerteza comum domina, especialmente para o modelo. Vrouwenvelder (1992) considera:

$$V(m_c) = 0,8 V(m) \text{ e } V(m_i) = 0,6 V(m) \quad (1.7)$$

Observe que  $V^2(m) = V^2(m_c) + V^2(m_i)$ , como deve ser. Uma outra forma de expressar o mesmo modelo é dizendo que m tem um coeficiente de correlação igual a 0,8.

Vrouwenvelder (1992) ressalta que os valores de  $V(T)$  e  $V(m)$  são puramente baseados na intuição e que o artigo apenas pretende mostrar as possibilidades oferecidas pela teoria da confiabilidade se estes números forem conhecidos. De forma a utilizar a teoria na prática, estimativas reais de  $V(T)$  e  $V(m)$  devem ser realizadas com base num programa de medições extensas. Uma vez que apenas um número limitado de experimentos são disponíveis, deve-se considerar as incertezas estatísticas (Benjamin et al.1970). Num modelo mais refinado pode-se também fazer  $V(T)$  e  $V(m)$  dependentes da região (Baecher et al. 1982).

**Tabela 1.1 – Coeficiente de variação de vários modelos (estimativas intuitivas de Vrouwenvelder, 1992).**

Modelo	$V(m)$
Prova de carga estática	0,00
Cálculo	0,10 a 0,20
Ensaio de carregamento dinâmico*	0,15 a 0,25
Estudo de cravação**	0,20 a 0,30
Fórmula dinâmica	0,25 a 0,35
Diagrama de cravação	0,30 a 0,40

\* após set –up

\*\* após recravação

### 1.3.2 Estimativa do valor de projeto com base num certo método

Considere um caso em que os valores de projeto de um conjunto de estacas de fundação tenha que ser estimado de observações em um local. Seja a melhor estimativa para a estaca neste local  $T_i$ . O valor  $T_i$  pode ser o resultado de um cálculo, uma carga que resultou de uma prova de carga ou de um ensaio dinâmico. O valor de  $T_i$  deve ser, de fato, uma melhor estimativa, ou seja, não deve envolver nenhuma premissa conservadora.

O valor de projeto (ou o valor característico) para este caso pode ser então encontrado da equação **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, ou **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, usando a média e o coeficiente de variação indicado na Tabela 1.1; os valores de  $V(m)$  e  $V(T)$  podem ser aqueles definidos no item 1.2. A Tabela 1.2 faz uma distinção entre a estaca testada e as demais estacas. No caso de um cálculo, a estaca testada é aquela exatamente na locação da sondagem ou do cone. Para o conhecimento da origem da Tabela 1.2 e resultados

estatísticos, deve-se reportar ao anexo, no caso o “Annex I” na publicação original de Vrouwenvelder (1992).

**Tabela 1.2 – Propriedades Estatísticas para Q no caso de uma estaca testada.**

	Valor médio $\mu_Q$		$V_Q^2$	
	Estaca teste	Demais estacas	Estaca teste	Demais estacas
Cálculo*	$T_i$	$T_i$	$V_m^2$	$2V_T^2 + V_m^2$
PC estática	$T_i$	$T_i$	0	$2V_T^2$
PC dinâmica	$T_i$	$T_i$	$V_m^2$	$2V_T^2 + V_m^2$

\* Estaca teste significa aquela do local do ensaio CPT ou da sondagem

O valor médio, neste caso, não é muito interessante. Para a estaca teste e para todas as demais estacas a estimativa  $T_i$  é obtida. Mais interessante é o coeficiente de variação. Para a prova de carga estática, a própria estaca testada não apresenta incerteza. Para uma outra estaca arbitrária no sítio, a flutuação espacial do solo é importante. O coeficiente de variação é igual a  $V(T) \sqrt{2}$ , um valor que será esclarecido oportunamente. Para o método de cálculo e a estaca testada dinamicamente se tem apenas a incerteza do modelo para a estaca ensaiada e uma combinação do modelo e da flutuação espacial do solo para as demais estacas.

A Tabela 1.3 fornece resultados similares à Tabela 1.2. A diferença é que a Tabela 1.3 assume um número de estacas ensaiadas  $n$ . Para o cálculo e a estaca testada, isso afeta somente às demais estacas. Observe que para as estacas testadas dinamicamente também a estimativa para as estacas testadas foram alteradas. É possível melhorar a estimativa da capacidade de carga de uma estaca testada dinamicamente pela consideração dos resultados de todas as estacas testadas no sítio, e pesando os resultados de acordo com as fórmulas fornecidas na tabela.

**Tabela 1.3 - Propriedades Estatísticas para Q no caso de n estacas testadas.**

	Valor médio $\mu_Q$		$V_Q^2$	
	Estaca teste	Demais estacas	Estaca teste	Demais estacas
Cálculo*	$\bar{T}$	$\bar{T}$	$V_m^2$	$V_T^2 \left(1 + \frac{1}{n}\right) + V_m^2$
PC estática	$T_i$	$\bar{T}$	0	$V_T^2 \left(1 + \frac{1}{n}\right)$

PC dinâmica	$\frac{\bar{T}V_{mi}^2 + T_iV_Q^2}{V_{mi}^2 + V_T^2}$	$\bar{T}$	$V_m^2 + \frac{V_{mi}^2 (nV_T^2 + V_{mi}^2)}{n (V_T^2 + V_{mi}^2)}$	$V_T^2 \left(1 + \frac{1}{n}\right) + V_m^2 + \frac{V_{mi}^2}{n}$
----------------	---	-----------	---	---

\* Estaca teste significa aquela do local do ensaio CPT ou da sondagem

Na Tabela 1.3 a influência de  $n$  é claramente visível. O termo  $1/n$  representa a incerteza estatística, que é o efeito de se ter um número limitado de ensaios para estimar a capacidade de carga média das estacas do sítio. Se  $n$  cresce, a incerteza diminui.

Como um simples exemplo, seja considerar um sítio onde 2 provas de carga estáticas foram realizadas. Usando a equação (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**), a Tabela 1.3 e  $V(T) = 0,15$ , chega-se a um valor de projeto de:

$$Q_d = \bar{T} \exp(-3 \times 0,15 \sqrt{(1 + 1/2)}) = 0,57\bar{T}$$

De acordo com o Eurocode 7, tem-se:

$$Q_d = \frac{Q_k}{1,3} = (\bar{T} / 1,35) / 1,3 = 0,57\bar{T}$$

A concordância é perfeita. De fato, o Eurocode é ligeiramente conservativo, uma vez que há, ainda, um requisito adicional que é  $Q_k > \frac{T_{\min}}{1,25}$ .

Como uma alternativa, pelo menos teoricamente, Vrouwenvelder (1992) sugere que se poderia, também, realizar ensaios dinâmicos para todas as estacas. Sejam 50 estacas no sítio. Neste caso, o coeficiente de variação é dado por (ver Tabelas Tabela 1.1 e Tabela 1.3):

$$V^2 = V_c^2 + \frac{V_{mi}^2 (nV_T^2 + V_{mi}^2)}{(V_T^2 + V_{mi}^2)n} = (0,16)^2 + \frac{(0,12)^2 (50 \times 0,15^2 + 0,12^2)}{50(0,15^2 + 0,12^2)} = 0,19$$

Usando a equação (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**) leva a:

$$Q_d = \mu(Q_i) \exp(-3 \times 0,19) = 0,57 \mu(Q_i)$$

Onde  $\mu(Q_i)$  é a estimativa do valor médio da Tabela 1.3. Isto significa que o ensaio dinâmico das 50 estacas daria um resultado similar a testar apenas duas estacas estaticamente.

### 1.3 Combinando informação de vários métodos

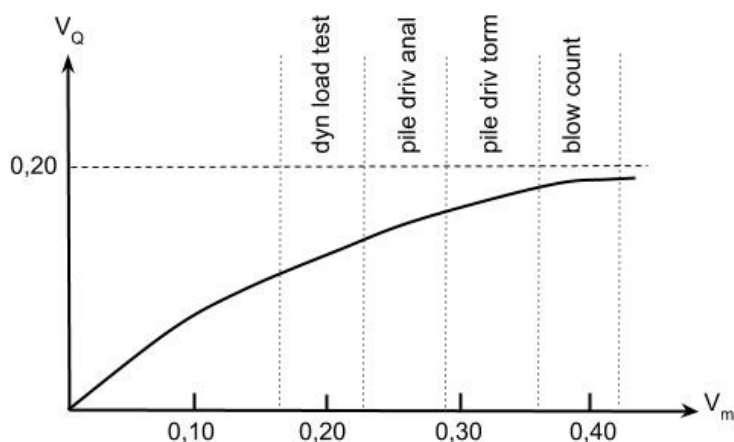
Um dos pontos mais fortes da aplicação da teoria da confiabilidade é a possibilidade de combinar vários métodos. Como um simples exemplo, Vrouwenvelder (1992) considera a combinação entre um valor calculado e outro derivado de uma estimativa com base em algum experimento. Neste caso, a média e coeficiente de variação são dados por (Lacasse et al., 1989):

$$\mu'(Q) = \frac{T_c V_m^2 + T_m V_c^2}{V_m^2 + V_c^2} \quad (1.8)$$

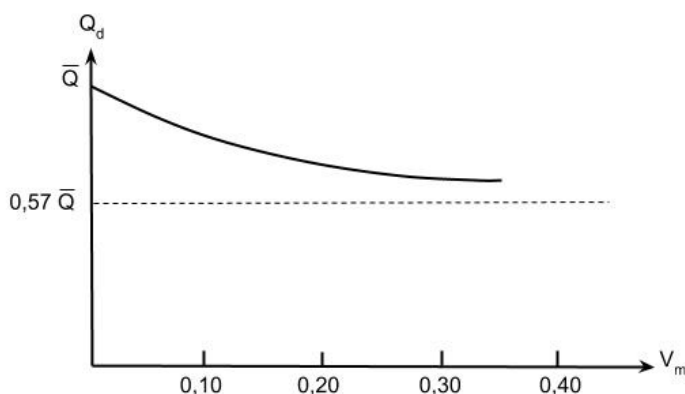
$$V'_Q = \frac{V_c V_m}{\sqrt{V_m^2 + V_c^2}} \quad (1.9)$$

Os índices c e m se referem ao calculado e medido e os valores do lado esquerdo da igualdade representam os valores da média e variância atualizados (updated). Estas fórmulas de “atualização” são muito simples, mas permitem conclusões interessantes.

A primeira observação é que a variância atualizada,  $V_Q$ , é sempre inferior que as duas originais,  $V_c$  e  $V_m$ . Em outras palavras, a combinação de fontes de informação é sempre vantajosa. A Figura 1.3 fornece  $V_Q$  em função de  $V_m$ . O valor de  $V_c$  foi considerado como 0,20. De forma tentativa, o efeito de diversas ferramentas de controle foram indicadas. A figura mostra, claramente, que todas as ferramentas são úteis. De fato, a influência de um método de controle que apresente uma menor dispersão é muito melhor. A Figura 1.4 mostra o efeito, na resistência de projeto, pelo uso da equação 1.2, e assumindo que a média atualizada é igual a ao valor original. Este não é sempre o caso, mas é uma verdade em termos médios.



**Figura 1.3 – Coeficiente de variação da média atualizada  $V'_q$  conforme as funções de verossimilhança.**



**Figura 1.4 - Valor atualizado de projeto  $Q_d$  conforme as funções de verossimilhança.**

No exemplo acima apenas o resultado do ensaio da estaca em estudo foi considerado. Da mesma forma que para um método único, é possível combinar os resultados de um número de estacas. Um caso interessante seria a combinação de resultados de cálculos, análise de cravação e uma ou duas provas de carga combinadas.

Vrouwenvelder (1992) conclui o artigo enfatizando que este procurou mostrar como se obtêm valores característicos e de projeto em muitas normas atuais. Os valores podem ser obtidos para uma única estaca, para um conjunto de estacas de um sítio e para uma combinação de valores calculados e provas de carga estáticas ou dinâmicas. O principal problema para a aplicação prática é que a informação estatística com relação à acurácia dos diversos métodos de cálculo não é conhecida. Adicionalmente, para alguns métodos o procedimento exato e o campo de aplicação não está bem definido. Pesquisa no futuro próximo deve focar no

preenchimento destes “buracos” do conhecimento. A pesquisa deverá permitir o desenvolvimento de métodos de controle de qualidade racionais e adequar sistemas de controle, na expectativa de projetos mais econômicos.