

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**Pedro Dias da Cunha**

**CAPACIDADE DE CARGA EM ESTACAS DE FUNDAÇÃO:  
COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE  
DIMENSIONAMENTO E RESULTADOS  
DE PROVAS DE CARGA**

Porto Alegre  
dezembro 2016

**PEDRO DIAS DA CUNHA**

**CAPACIDADE DE CARGA EM ESTACAS DE FUNDAÇÃO:  
COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE  
DIMENSIONAMENTO E RESULTADOS  
DE PROVAS DE CARGA**

Projeto de Pesquisa do Trabalho de Diplomação a ser apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

**Orientador: Nilo Cesar Consoli**

Porto Alegre  
dezembro 2016

**PEDRO DIAS DA CUNHA**

**CAPACIDADE DE CARGA EM ESTACAS DE FUNDAÇÃO:  
COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE  
DIMENSIONAMENTO E RESULTADOS  
DE PROVAS DE CARGA**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo/a Professor/a Orientador/a e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, dezembro de 2016

Prof. Nilo Cesar Consoli  
Ph.D. pela Concordia University, Canadá  
Orientador

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Lucas Festugato (UFRGS)**  
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Rúben Alejandro Quiñónez Samanniego (UFRGS)**  
Mestre pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho a meus pais, Donaldo e Flávia, que sempre me apoiaram e especialmente durante o período do meu Curso de Graduação estiveram ao meu lado.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao Professor Nilo Cesar Consoli, orientador deste trabalho, pelo apoio, incentivo e todos os conhecimentos compartilhados durante o trabalho e que permanecerão na vida.

Agradeço à Professora Carin, por todo auxílio na formatação e em todo o processo de elaboração do trabalho.

Agradeço aos engenheiros que auxiliaram na formação do banco de dados utilizado no trabalho.

Agradeço aos colegas da Estaq pelas amizades e por todas as experiências proporcionadas.

Agradeço aos amigos e colegas da Engenharia que estiveram junto durante todo o caminho até a formatura.

Agradeço aos meus pais, Donaldo e Flávia, que desde sempre colocam minha educação em primeiro lugar. Sem eles, não teria chegado até aqui. Muito obrigado.

Agradeço à minha família por todo apoio, por toda compreensão que tiveram durante o curso.

Agradeço, em especial, a uma pessoa que entrou na minha vida no decorrer do curso, que mudou significativamente minha história. Emanuelle, muito obrigado por todo amor e amizade que tu me proporcionaste até aqui.

Agradeço também aos amigos e todos os outros que de certa forma contribuíram para a execução deste trabalho.

Os que se encantam com a prática sem a ciência são como os timoneiros que entram no navio sem timão nem bússola, nunca tendo certeza do seu destino.

*Leonardo da Vinci*

## RESUMO

A engenharia de fundações tem como maior desafio a previsão de capacidade de carga de estacas. Sendo as fundações a base de qualquer edificação, é a que mais carece na certeza de seus valores. O motivo desta incerteza é o uso das correlações empíricas que relacionam diretamente o resultado do SPT com a capacidade do elemento de fundação. Estas correlações foram originalmente feitas para certo solo, que não é representativo de todo o solo brasileiro. Este trabalho procura verificar a acurácia dos resultados de alguns métodos de dimensionamento. Isto será verificado através 625 resultados de provas de carga que compõem o banco de dados do trabalho. Dentre estas, 574 são dinâmicas e 51 estáticas. Para a carga total das estacas hélice contínua, chegou-se à conclusão que os métodos Decourt-Quaresma e UFRGS possuem os valores mais próximos da realidade, o método Teixeira é o mais conservador e o Aoki-Velloso como o mais arrojado. Tanto para as estacas pré-moldadas de concreto quanto para as metálicas, elas possuem um conservadorismo geral entre as 4 metodologias de dimensionamento. Já as estacas raiz possuem uma boa aproximação da realidade.

Palavras-chave: Prova de carga estática. Prova de carga dinâmica. Dimensionamento estacas. Capacidade de carga.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama das etapas da pesquisa .....	17
Figura 2 – Esquema estacas Franki .....	20
Figura 3 – Esquema estacas Ômega .....	21
Figura 4 – Estágios de cravação do amostrador .....	32
Figura 5 – Esquema prova de carga dinâmica .....	38
Figura 6 – Esquema prova de carga estática .....	40
Figura 7 – Curvas carga-recalque para ruptura nítida e física .....	43
Figura 8 – Curva carga-recalque para ruptura convencional .....	44
Figura 9 – Critério de ruptura convencional .....	44
Figura 10 – Hélice contínua, prova de carga dinâmica, carga total .....	47
Figura 11 – Hélice contínua, prova de carga dinâmica, carga de ponta .....	48
Figura 12 – Hélice contínua, prova de carga dinâmica, carga lateral .....	49
Figura 13 – Hélice contínua, prova de carga dinâmica, carga total, Aoki-Velloso (1975) .....	50
Figura 14 – Hélice contínua, prova de carga dinâmica, carga de ponta, Aoki-Velloso (1975) .....	51
Figura 15 – Hélice contínua, prova de carga dinâmica, carga lateral, Aoki-Velloso (1975) .....	52
Figura 16 – Hélice contínua, prova de carga dinâmica, carga total, Decourt-Quaresma (1978) .....	53
Figura 17 – Hélice contínua, prova de carga dinâmica, carga de ponta, Decourt- Quaresma (1978) .....	54
Figura 18 – Hélice contínua, prova de carga dinâmica, carga lateral, Decourt- Quaresma (1978) .....	55
Figura 19 – Hélice contínua, prova de carga dinâmica, carga total, Teixeira (1996) .....	56
Figura 20 – Hélice contínua, prova de carga dinâmica, carga de ponta, Teixeira (1996) .....	57
Figura 21 – Hélice contínua, prova de carga dinâmica, carga lateral, Teixeira (1996) .....	58
Figura 22 – Hélice contínua, prova de carga dinâmica, carga total, método UFRGS (2005) .....	59
Figura 23 – Hélice contínua, prova de carga dinâmica, carga de ponta, método UFRGS (2005) .....	60
Figura 24 – Hélice contínua, prova de carga dinâmica, carga lateral, método UFRGS (2005) .....	61
Figura 25 – Histograma, hélice contínua, prova de carga dinâmica, carga total .....	62
Figura 26 – Histograma, hélice contínua, prova de carga dinâmica, carga de ponta .....	63
Figura 27 – Histograma, hélice contínua, prova de carga dinâmica, carga lateral .....	64



Figura 28 – Hélice contínua, prova de carga estática, carga total .....	65
Figura 29 – Hélice contínua, prova de carga estática, carga de ponta .....	66
Figura 30 – Hélice contínua, prova de carga estática, carga lateral .....	67
Figura 31 – Histograma, hélice contínua, prova de carga estática, carga total .....	69
Figura 32 – Histograma, hélice contínua, prova de carga estática, carga de ponta .....	70
Figura 33 – Histograma, hélice contínua, prova de carga estática, carga lateral .....	71
Figura 34 – Pré moldada, prova de carga dinâmica, carga total .....	72
Figura 35 – Pré moldada, prova de carga dinâmica, carga de ponta .....	73
Figura 36 – Pré moldada, prova de carga dinâmica, carga lateral .....	74
Figura 37 – Pré moldada, prova de carga dinâmica, carga total, Aoki-Velloso (1975) ...	75
Figura 38 – Pré moldada, prova de carga dinâmica, carga de ponta, Aoki-Velloso (1975) .....	76
Figura 39 – Pré moldada, prova de carga dinâmica, carga lateral, Aoki-Velloso (1975)	77
Figura 40 – Pré moldada, prova de carga dinâmica, carga total, Decourt-Quaresma (1978) .....	78
Figura 41 – Pré moldada, prova de carga dinâmica, carga de ponta, Decourt-Quaresma (1978) .....	79
Figura 42 – Pré moldada, prova de carga dinâmica, carga lateral, Decourt-Quaresma (1978) .....	80
Figura 43 – Pré moldada, prova de carga dinâmica, carga total, Teixeira (1996) .....	81
Figura 44 – Pré moldada, prova de carga dinâmica, carga de ponta, Teixeira (1996) .....	82
Figura 45 – Pré moldada, prova de carga dinâmica, carga lateral, Teixeira (1996) .....	83
Figura 46 – Pré moldada, prova de carga dinâmica, carga total, método UFRGS (2005)	84
Figura 47 – Pré moldada, prova de carga dinâmica, carga de ponta, método UFRGS (2005) .....	85
Figura 48 – Pré moldada, prova de carga dinâmica, carga lateral, método UFRGS (2005) .....	86
Figura 49 – Histograma, pré moldada, prova de carga dinâmica, carga total .....	87
Figura 50 – Histograma, pré moldada, prova de carga dinâmica, carga de ponta .....	88
Figura 51 – Histograma, pré moldada, prova de carga dinâmica, carga lateral .....	89
Figura 52 – Metálica, prova de carga dinâmica, carga total .....	90
Figura 53 – Metálica, prova de carga dinâmica, carga de ponta .....	91
Figura 54 – Metálica, prova de carga dinâmica, carga lateral .....	92
Figura 55 – Histograma, metálica, prova de carga dinâmica, carga total .....	94
Figura 56 – Histograma, metálica, prova de carga dinâmica, carga de ponta .....	95
Figura 57 – Histograma, metálica, prova de carga dinâmica, carga lateral .....	96
Figura 58 – Raiz, prova de carga dinâmica, carga total .....	97

Figura 59 – Raiz, prova de carga dinâmica, carga de ponta .....	98
Figura 60 – Raiz, prova de carga dinâmica, carga lateral .....	99
Figura 61 – Histograma, raiz, prova de carga dinâmica, carga total .....	101
Figura 62 – Histograma, raiz, prova de carga dinâmica, carga de ponta .....	102
Figura 63 – Histograma, raiz, prova de carga dinâmica, carga lateral .....	103
Figura 64 – Raiz, prova de carga estática, carga total .....	104
Figura 65 – Raiz, prova de carga estática, carga de ponta .....	105
Figura 66 – Raiz, prova de carga estática, carga lateral .....	106
Figura 67 – Histograma, raiz, prova de carga estática, carga total .....	108
Figura 68 – Histograma, raiz, prova de carga estática, carga de ponta .....	109
Figura 69 – Histograma, raiz, prova de carga estática, carga lateral .....	110

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Coeficientes $F_1$ e $F_2$ para o método Aoki-Velloso .....	27
Quadro 2 – Coeficientes $K_1$ e $\alpha_1$ para o método Aoki-Velloso .....	27
Quadro 3 – Coeficiente $K_2$ para o método Decourt-Quaresma .....	29
Quadro 4 – Coeficiente $\alpha_2$ para o método Decourt-Quaresma .....	29
Quadro 5 – Coeficiente $\beta_1$ para o método Decourt-Quaresma .....	29
Quadro 6 – Coeficiente $\alpha_3$ para o método Teixeira .....	30
Quadro 7 – Coeficiente $\beta_2$ para o método Teixeira .....	31
Quadro 8 – Coeficientes $\alpha_4$ e $\beta_3$ para o método UFRGS .....	34
Quadro 9 – Histórico de testes de carregamento .....	36
Quadro 10 – Quantidade de avaliações realizadas por estaca e prova de carga .....	46
Quadro 11 – Histograma, hélice contínua, prova de carga dinâmica, carga total, média e desvio padrão .....	63
Quadro 12 – Histograma, hélice contínua, prova de carga estática, carga total, média e desvio padrão .....	69
Quadro 13 – Histograma, pré moldada, prova de carga dinâmica, carga total, média e desvio padrão .....	87
Quadro 14 – Histograma, metálica, prova de carga dinâmica, carga total, média e desvio padrão .....	94
Quadro 15 – Histograma, raiz, prova de carga dinâmica, carga total, média e desvio padrão .....	101
Quadro 16 – Histograma, raiz, prova de carga estática, carga total, média e desvio padrão .....	108
Quadro 17 – Resumo métodos para estaca hélice contínua .....	111
Quadro 18 – Resumo métodos para estaca pré-moldada de concreto .....	112
Quadro 19 – Resumo métodos para estaca metálica .....	112
Quadro 20 – Resumo métodos para estaca raiz .....	112
Quadro 21 – Comparativo entre estacas .....	113

## LISTA DE SÍMBOLOS

$Q_{rup}$  – carga de ruptura ( $\text{kgf/cm}^3$ )

$A_p$  – área da ponta da estaca ( $\text{m}^2$ )

$K_1$  – coeficiente de correlação entre CPT e SPT

$N_p$  –  $N_{SPT}$  próximo a ponta da estaca

$F_1$  – coeficiente de correção de resistência de ponta devido ao tipo de estaca utilizada

$F_2$  – coeficiente de correção de resistência lateral devido ao tipo de estaca utilizada

$P$  – perímetro da estaca (m)

$\alpha_1$  – coeficiente de relação entre a resistência de ponta e lateral

$N_m$  –  $N_{SPT}$  médio para cada comprimento da estaca

$\Delta L$  – comprimento das camadas

$\alpha_2$  – coeficiente de resistência de ponta para o tipo de estaca utilizado

$K_2$  – coeficiente de correlação entre resistência de ponta e o  $N_{SPT}$

$\beta$  – coeficiente de resistência lateral para o tipo de estaca utilizado

$\alpha_3$  – coeficiente de resistência de ponta para o tipo de estaca e solo

$N_L$  –  $N_{SPT}$  médio para o comprimento total da estaca

$L$  – comprimento da estaca (m)

$F_d$  – força de reação dinâmica do solo à cravação do amostrador

$\eta_3$  – coeficiente de eficiência do sistema

$\eta_1$  – coeficiente de eficiência do martelo

$\Delta p$  – penetração permanente do amostrador devido à aplicação de um golpe (m)

$M_m$  – massa do martelo (kg)

$g$  – aceleração da gravidade ( $m/s^2$ )

$\eta_2$  – coeficiente de perdas ao longo das hastes

$M_h$  – massa da haste (kg)

$l$  – comprimento das hastes (m)

$\alpha_4$  – coeficiente de resistência lateral para o tipo de estaca e solo

$\beta_3$  – coeficiente de resistência de ponta para o tipo de estaca utilizado

$a_l$  – área lateral total do amostrador

$a_p$  – área de ponta do amostrador

$\rho$  – recalque de ruptura convencional

$Q$  – carga de ruptura convencional

$A$  – área da seção transversal da estaca

$E$  – módulo de elasticidade do material da estaca

$D$  – diâmetro da estaca

$P$  – carga na curva de extrapolação

$P_r$  – carga de ruptura de extrapolação

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

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

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2 DIRETRIZES DA PESQUISA</b> .....	15
2.1 QUESTÕES DA PESQUISA .....	15
2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA .....	15
<b>2.2.1 Objetivo principal</b> .....	15
<b>2.2.2 Objetivo secundário</b> .....	15
2.3 PRESSUPOSTO .....	15
2.4 DELIMITAÇÕES .....	16
2.5 LIMITAÇÕES .....	16
2.6 DELINEAMENTO .....	16
<b>3 ESTACAS</b> .....	19
3.1 ESTACAS DE DESLOCAMENTO .....	19
<b>3.1.1 Estacas Franki</b> .....	19
<b>3.1.2 Estacas Metálicas</b> .....	20
<b>3.1.3 Estacas Ômega</b> .....	21
<b>3.1.4 Estacas Pré-Moldadas de Concreto</b> .....	21
3.2 ESTACAS ESCAVADAS .....	22
<b>3.2.1 Estacas Barrete</b> .....	22
<b>3.2.2 Estacas Broca</b> .....	22
<b>3.2.3 Estacas Hélice Contínua</b> .....	22
<b>3.2.4 Estacas Raiz</b> .....	23
<b>3.2.5 Estacas Strauss</b> .....	23
<b>4 DIMENSIONAMENTO DE ESTACAS</b> .....	24
4.1 CAPACIDADE DE CARGA .....	24
4.2 MÉTODOS SEMIEMPÍRICOS .....	25
<b>4.2.1 Método Aoki-Velloso</b> .....	26
<b>4.2.2 Método Decourt-Quaresma</b> .....	28
<b>4.2.3 Método Teixeira</b> .....	29
4.3 MÉTODO UFRGS .....	31
<b>5 PROVAS DE CARGA</b> .....	35
5.1 HISTÓRICO .....	35
5.2 PROVA DE CARGA DINÂMICA .....	37
5.3 PROVA DE CARGA ESTÁTICA .....	39

5.4 DEFINIÇÃO DA CARGA DE RUPTURA .....	42
<b>6 RESULTADOS</b> .....	46
6.1 ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA .....	46
6.2 ESTACAS PRÉ-MOLDADAS DE CONCRETO .....	71
6.3 ESTACAS METÁLICAS .....	89
6.4 ESTACAS RAIZ .....	96
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	111
7.1 CONCLUSÕES .....	111
7.2 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS .....	114
REFERÊNCIAS .....	115
ANEXO A .....	117
ANEXO B .....	132
ANEXO C .....	135
ANEXO D .....	146
ANEXO E .....	148

## 1 INTRODUÇÃO

Um bom projeto de fundação é aquele que consegue aperfeiçoar o custo benefício envolvido nele considerando: melhor tipo de fundação para o solo, bom dimensionamento dela, disponibilidade de equipamento para execução. Destes itens, o dimensionamento é bastante dificultado devido à falta de conhecimento por completo do solo, dependendo bastante da qualidade das investigações nele realizadas.

Diferentes métodos semiempíricos foram estabelecidos com o tempo, para diferentes tipos de estacas e solos, cada um com suas fórmulas e parâmetros envolvidos. Cada autor tem seus princípios e suas definições para cálculo, e nenhum dos diferentes métodos existentes resulta no mesmo resultado de dimensionamento.

A única maneira de se verificar a real capacidade de carga de uma estaca executada, seja ela de qualquer tipo, é através da execução de provas de carga. Elas são feitas com aplicação de esforços na estaca registrando os respectivos deslocamentos. Tais esforços podem ser de compressão, tração ou transversais.

As NBR 12.131 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2006) e NBR 13.208 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1994) definem os tipos de provas de cargas existentes e as diretrizes de cada uma delas. Isto é, como elas são projetadas, montadas, fiscalizadas e executadas a fim de se ter o resultado mais realista possível da carga admissível da estaca. É de extrema importância que a prova de carga seja bem projetada e executada, não só pelo resultado, mas também pela segurança do sistema.

Neste trabalho será verificada a variabilidade dos resultados de provas de carga frente aos diferentes métodos de dimensionamento de estacas com objetivo de se conhecer o quanto de diferença existe entre teoria (método de dimensionamento) e prática (prova de carga). Conhecida esta diferença e juntamente com a tendência destes resultados, compreende-se o quanto conversadores ou não são os métodos.



## **2 DIRETRIZES DA PESQUISA**

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho são descritas nos próximos itens.

### **2.1 QUESTÃO DE PESQUISA**

A questão de pesquisa do trabalho é: que relações existem entre resultados de provas de carga e dimensionamento das estacas pelos métodos adotados?

### **2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA**

Os objetivos da pesquisa estão classificados em principal e secundário e são descritos a seguir.

#### **2.2.1 Objetivo principal**

O objetivo principal do trabalho é verificação de quais relações existem entre resultados de provas de carga e diferentes métodos de dimensionamento de estacas.

#### **2.2.2 Objetivo secundário**

O objetivo secundário do trabalho é apresentação dos resultados de provas de carga e daqueles obtidos pelos diferentes métodos de dimensionamento de estacas.

### **2.3 PRESSUPOSTO**

O trabalho tem por pressuposto que os procedimentos para execução de provas de carga dinâmica e estática descritos nas seguintes normas técnicas brasileiras são válidos para a

definição do valor da resistência da estaca: NBR 12.131/2006 e NBR 13.208/1994. Outro pressuposto é que os procedimentos para execução dos ensaios de campo SPT descritos na NBR 6484/2001 é válido para a definição do perfil estratigráfico do terreno.

## 2.4 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se aos resultados de provas de carga, em estacas, executadas segundo normas técnicas brasileiras.

## 2.5 LIMITAÇÕES

São limitações do trabalho: não é estatisticamente válido, o número de provas de cargas e os métodos adotados.

## 2.6 DELINEAMENTO

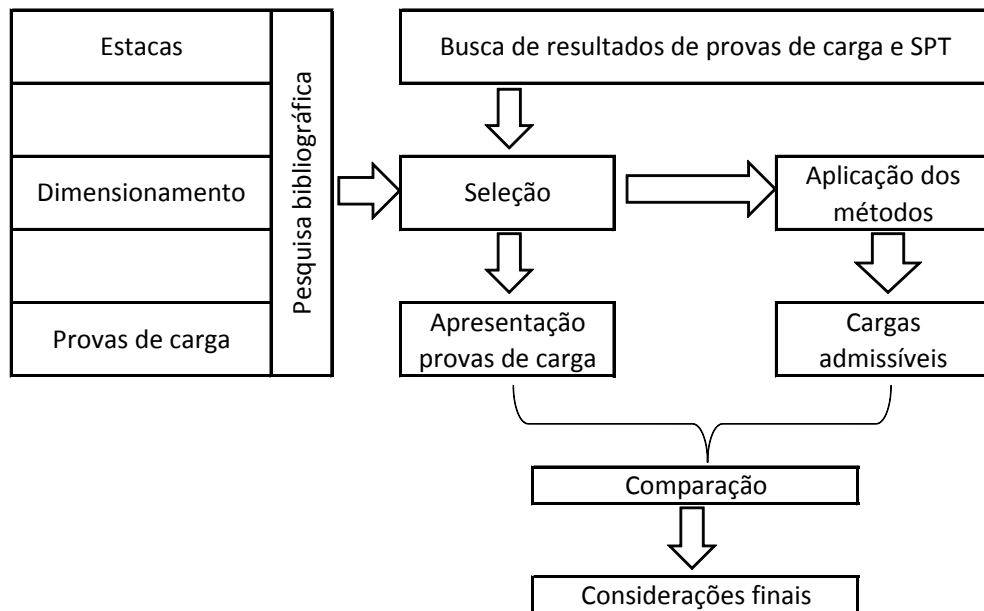
O trabalho foi realizado através das etapas apresentadas a seguir, que estão representadas na figura 1, e são descritas nos próximos parágrafos:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) busca de resultados de provas de carga e SPT;
- c) seleção;
- d) aplicação dos métodos;
- e) cargas admissíveis;
- f) apresentação das provas de carga;
- g) comparação;
- h) considerações finais.

A pesquisa bibliográfica apenas foi feita nos primeiros meses do trabalho, e foi dividida em: estacas, dimensionamento e provas de carga. Na primeira parte será apresentada a classificação das estacas e a descrição de alguns tipos delas. Na parte que diz respeito sobre dimensionamento, serão definidos e descritos os métodos existentes na literatura que serão

usados para este trabalho. Na parte final, serão mencionadas as características e funcionamento das provas de cargas.

Figura 1 – Diagrama das etapas da pesquisa



(fonte: elaborado pelo autor)

A busca de resultados de provas de carga, juntamente com suas sondagens respectivas, será feita com empresas que realizam este serviço específico.

Na seleção, será feito um refinamento no material que foi obtido com o objetivo de se trabalhar com um banco de dados mais representativo possível.

Na aplicação dos métodos e cargas admissíveis serão usados os métodos adotados para calcular as cargas admissíveis, para a sondagem respectiva, das estacas de dimensões iguais às provas de cargas.

Na apresentação das provas de cargas são listadas as que foram escolhidas para o trabalho.

A comparação será realizada com o resultado da prova de carga que consta no banco de dados e o resultado obtido através dos métodos de dimensionamento adotados. Esta comparação será apresentada em uma tabela mostrando os dois resultados e a relação entre eles. Esta etapa será auxiliada por gráficos que serão elaborados para melhor visualização dos resultados. Para uma

análise mais precisa, os resultados serão separados em grupos que dependem da estaca e do tipo de prova de carga.

As considerações finais serão feitas com base nos resultados destas comparações. Espera-se que seja possível encontrar alguma relação em cada grupo de resultados.

### 3 ESTACAS

De acordo com NBR 6122 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010, p. 3), define-se estaca como “Elemento de fundação profunda executada inteiramente por equipamentos ou ferramentas, sem que, em qualquer fase de sua execução, haja descida de pessoas.”. Décourt et al. (1998) complementam que podem ser classificadas em estacas de deslocamento e escavadas.

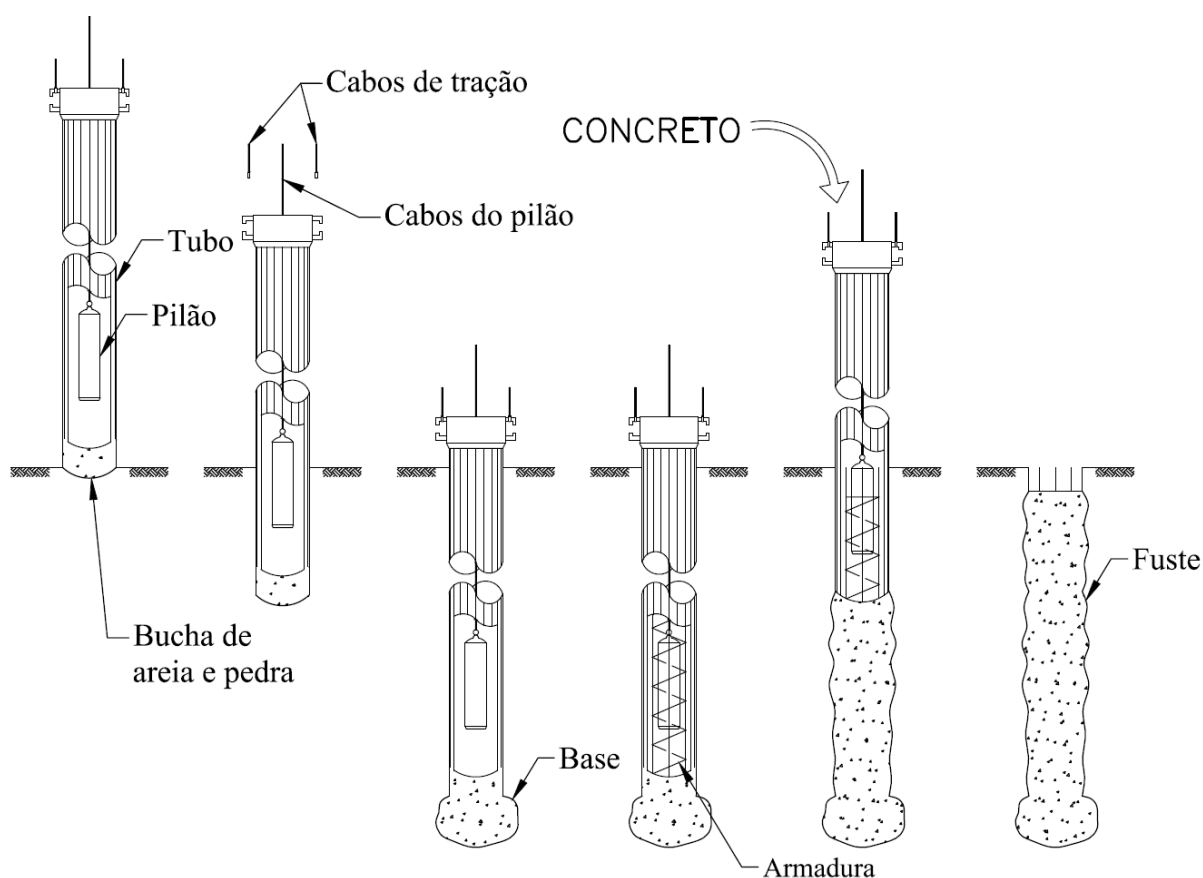
#### 3.1 ESTACAS DE DESLOCAMENTO

Décourt et al. (1998) definem este tipo de estaca como aquelas que são inseridas no solo sem que haja a retirada de material durante sua execução. Como exemplos deste tipo têm: metálicas, pré-moldadas de concreto, Franki, madeira, apiloadas, etc.

##### 3.1.1 Estacas Franki

Segundo Joppert Junior (2007), estacas Franki são executadas com a cravação de um tubo munido de uma bucha composta de areia e pedra colocada na parte inferior do tubo. A cravação deste sistema é realizada por um pilão em queda livre diretamente sobre a bucha de tal forma que a mistura de areia e pedra no tubo vá penetrando no solo até atingir solo com boa capacidade de suporte. Posteriormente, esta bucha é expulsa pelo sistema de cravação no qual o tubo é preso para não se deslocar, coloca-se a armadura, e por fim a concretagem da estaca. A figura 2 mostra um esquema das estacas Franki.

Figura 2 – Esquema estaca Franki



(fonte: adaptado de ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES, 2012, p. 162)

### 3.1.2 Estacas Metálicas

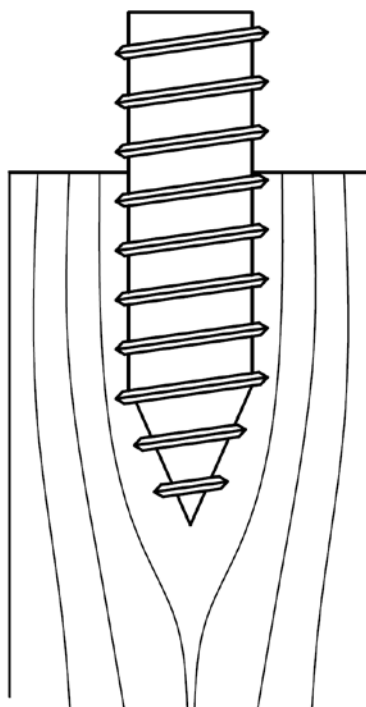
Joppert Junior (2007) define estacas pré-moldadas de aço<sup>1</sup> como perfis estruturais de aço usados para elementos estruturais de fundações. Segundo o autor, elas são inseridas através de um sistema de percussão de um martelo sobre a superfície, devendo este ter energia suficiente para inserir a estaca no solo de acordo com a profundidade de projeto. O autor ainda cita que o martelo pode ser de queda livre, a explosão ou hidráulico. Esta solução não é nova, cita o autor, sendo que até há pouco tempo, era usado trilhos metálicos como solução de fundação, e ainda continuam a ser usados.

<sup>1</sup> Esta definição é a mesma de estacas metálicas.

### 3.1.3 Estacas Ômega

Segundo Van Impe (1994), este tipo de estaca se baseia no processo de aparafusamento do solo. A ponta da hélice ômega é composta por um longo parafuso de aço cujo diâmetro é incrementado descontinuamente no topo, com diferentes graus de inclinação para cada diâmetro diferente, de acordo com Bottiau e Cortvrintd (1994). Com esta geometria, a execução da estaca ocorre de maneira que o solo se desloque e compacte ao longo da lateral do trado sem a remoção dele. A figura 3 mostra um esquema da estaca Ômega.

Figura 3 – Esquema estacas Ômega



(fonte: elaborado pelo autor)

### 3.1.4 Estacas Pré-Moldadas de Concreto

De acordo com Joppert Junior (2007), as estacas pré-moldadas de concreto são elementos pré-fabricados de concreto armado ou protendido, com seções transversais quadradas ou redondas, podendo ser cheias ou vazadas. A forma de inserção no solo é a mesma das estacas metálicas.

## 3.2 ESTACAS ESCAVADAS

Segundo Décourt et al. (1998), estacas escavadas são aquelas onde ocorre a retirada do material durante o processo executivo. Entram aqui como exemplo: tipo broca, executadas manualmente ou mecanicamente, Strauss, barretes, estações, hélice contínua, injetadas, etc.

### 3.2.1 Estacas Barrete

Segundo Melhado et al. (2002), estacas barretes são executadas com um guindaste acoplado com *clamshell* e concretadas com uso de tremonha. Além disso, estas estacas possuem seção retangular.

### 3.2.2 Estacas Broca

Segundo Maia et al. (1998) as estacas brocas escavadas manualmente são aquelas que sua execução se dá através de um trado concha e sempre acima do nível do lençol freático. Por ser feita de forma manual, existe a restrição de pequenas cargas suportadas, pouca profundidade que se consegue chegar e ainda a não garantia da verticalidade do furo.

Joppert Junior (2007) define as executadas mecanicamente como: executadas com uma perfuratriz montada sobre uma ‘mesa rotativa’ que impõe giro de um tubo telescópio tipo haste Keller. A ponta deste tubo telescópio é munida de um trado helicoidal com aproximadamente 1,0 metro de comprimento [...]. O funcionamento da execução, ainda segundo o autor, se dá pela escavação de 1,0 metro de solo, seguida pela suspensão do trado com este solo e remoção do mesmo através da rotação do trado fora do furo da estaca.

### 3.2.3 Estacas Hélice Contínua

De acordo com Joppert Junior (2007), estacas hélice contínua são aquelas cuja perfuração é feita por um trado helicoidal contínuo. Conforme o trado é inserido no terreno, o solo se desagrega e entra entre as hastes da hélice. Depois de atingido o comprimento desejado é feita a concretagem da estaca, realizado por um concreto bombeado e injetado por um tubo central



que passa dentro do trado. Esta etapa é feita simultaneamente com a retirada do trado, e após a conclusão da concretagem é colocada a armadura da estaca.

### **3.2.4 Estacas Raiz**

Este tipo de estaca se encaixa dentro das estacas tipo injetadas de acordo com Maia et al. (1998). De acordo com Joppert Junior (2007) estacas raiz são executadas com o uso de perfuratrizes rotativas com o preferencial uso de revestimento ao longo de toda a estaca para garantir a integridade do furo. Esta perfuração é realizada com o auxílio de um sistema de circulação de água com propósito de remover o solo perfurado. Concluída esta etapa, é inserida uma armadura ao longo de todo comprimento. A concretagem da estaca é feita através de um tubo PVC por onde passa uma argamassa bastante fluida, e após a conclusão desta última etapa, são removidos os revestimentos usados.

### **3.2.5 Estacas Strauss**

Segundo Joppert Junior (2007), define-se como: executadas com revestimento metálico recuperável, de ponta aberta, para permitir a escavação do solo que é feita com o auxílio de uma sonda.

## 4 DIMENSIONAMENTO DE ESTACAS

Antes de apresentar os métodos de dimensionamento adotados, será apresentado um texto para melhor compreensão do conceito de capacidade de carga e suas características.

### 4.1 CAPACIDADE DE CARGA

Considerado uma estaca qualquer de certo comprimento e com uma força vertical de compressão aplicada sendo progressivamente aumentada, fará, segundo Cintra e Aoki (2010), com que sejam mobilizadas duas tensões resistentes: atrito lateral e ponta. Os autores explicam o funcionamento destas suas resistências de tal maneira que, conforme a estaca vai sendo carregada, existe a mobilização parcial do atrito lateral ao longo do fuste dela, sendo que esta mobilização se dá por segmentos da estaca com valores diferentes que dependem das características do solo. Ao longo deste carregamento, haverá, em certo momento, a máxima mobilização possível do atrito lateral do fuste, situação denominada pelo autor como ruptura da ligação estaca-solo. Com a hipótese que a resistência de ponta apenas será mobilização após ser atingida a máxima resistência por atrito lateral, Cintra e Aoki (2010) relatam que esta resistência aumentará conforme o incremento da carga na estaca até atingir seu máximo mobilizado. Os autores ainda dizem que esta situação de resistência máxima é conhecida como ruptura da estaca.

Cintra e Aoki (2010) informam que o que é chamado de ruptura não tem significado de rompimento físico da estaca, mas sim do recalque incessante que a estaca sofrerá caso seja aplicada um carregamento maior do que a estaca poderia suportar pelas resistências de atrito lateral e de ponta. Cintra e Aoki (2010, p. 11) ainda dizem que o “[...] termo ruptura é restrito à conceituação de capacidade de carga em termos geotécnicos, pela qual o material da estaca é considerado suficientemente resistente para que não haja ruptura da própria estaca.”. Os autores alertam para situações onde a resistência à compressão da estaca é inferior a capacidade de carga, e para esta situação, o menor valor de resistência deverá ser adotado para fins de cálculo.

Com o funcionamento descrito acima, Cintra e Aoki (2010) citam a possibilidade de separação da resistência em duas parcelas: resistência por atrito lateral e ponta. Os autores ainda citam duas situações limites que dependem da proporção de mobilização entre as parcelas de resistência por atrito lateral e ponta:

- a) estaca de atrito ou flutuante é a situação onde a resistência de ponta é desprezível e a estaca tendo resistência apenas por atrito lateral;
- b) estaca de ponta é a situação onde existe predominância da resistência de ponta e a resistência lateral é desprezível.

A capacidade de carga também é função do tempo, sendo bastante importante em alguns casos, conforme Cintra e Aoki (2010). Um caso é em camadas argilosas, pois a cravação das estacas ocasiona uma significativa redução da resistência, porém é recuperada com o decorrer do tempo. Outro caso envolve os solos colapsíveis, onde as variações sazonais no teor de umidade alteram o valor da capacidade de carga. Por fim, o último caso envolve os solos saturados. O autor cita que para os três casos a resistência aumenta com o decorrer do tempo, e que, para fins de dimensionamento, a resistência a ser considerada deve ser a mais crítica.

## 4.2 MÉTODOS SEMIEMPÍRICOS

Segundo Décourt et al. (1998), apesar dos métodos de ensaios de laboratório serem fundamentais para se obter um nível mais realístico do comportamento do solo em estudo, seu uso na prática se torna inviável, principalmente por causa do custo e de pessoal qualificado para execução. Ainda segundo os autores (1998):

Correlações com boas probabilidades de acerto são aquelas obtidas de forma semi-empírica. A filosofia contida nas mesmas é estabelecerem-se através de ajustes estatísticos equações de correlação que tenham embutida em sua essência os princípios definidos nos métodos teóricos e/ou experimentais.

Serão mostrados neste trabalho os seguintes métodos: Aoki-Velloso, Decourt-Quaresma, Teixeira.

### 4.2.1 Método Aoki-Velloso

Segundo Schnaid e Odebrecht (2012), este método foi originalmente concebido para o uso com ensaios de cone, porém pode ser utilizado com resultados de SPT através de um coeficiente de correlação K. A equação para cálculo da capacidade de carga é efetuado através da fórmula 1 (AOKI; VELLOSO<sup>2</sup>, 1975 apud SCHNAID e ODEBRECHT, 2012, p.58):

$$Q_{rup} = A_p \frac{K_1 N_p}{F_1} + P \sum \frac{\alpha_1 K_1 N_m}{F_2} \Delta L \quad (\text{fórmula 1})$$

Sendo:

$Q_{rup}$  = carga de ruptura;

$A_p$  = área da ponta da estaca;

$K_1$  = coeficiente de correlação entre CPT e SPT;

$N_p$  =  $N_{SPT}$  próximo a ponta da estaca;

$F_1$  = coeficiente de correção de resistência de ponta devido ao tipo de estaca utilizada;

$F_2$  = coeficiente de correção de resistência lateral devido ao tipo de estaca utilizada;

$P$  = perímetro da estaca;

$\alpha_1$  = coeficiente de relação entre a resistência de ponta e lateral;

$N_m$  =  $N_{SPT}$  médio para cada comprimento da estaca;

$\Delta L$  = comprimento das camadas.

Os coeficientes  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $K_1$  e  $\alpha_1$ , segundo Schnaid e Odebrecht (2012, p. 58), são apresentados nos quadros 1 e 2.

---

<sup>2</sup>AOKI, N.; VELLOSO, D. A. An approximate method to estimate the bearing capacity of piles. In: PANAMERICAN CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING, 5, 1975, Buenos Aires. **Proceedings...** Buenos Aires: p. 367-376, 1975.

Quadro 1 – Coeficientes F1 e F2 para o método Aoki-Velloso

Tipo de estaca	F1	F2
Franki	2,5	5,0
Metálica	1,75	3,5
Pre-moldada concreto	1,75	3,5
Escavada	3,5	7,0

(fonte: adaptado de VELLOSO et al.<sup>3</sup>, 1978 apud SCHNAID e ODEBRECHT, 2012, p. 58)

Quadro 2 – Coeficientes  $K_1$  e  $\alpha_1$  para o método Aoki-Velloso

Tipo de solo	$K_1$ (kgf/cm <sup>3</sup> )	$\alpha_1$ (%)
Areia	10,0	1,4
Areia siltosa	8,0	2,0
Areia silto-argilosa	7,0	2,4
Areia argilosa	6,0	3,0
Areia argilo-siltosa	5,0	2,8
Silte	4,0	3,0
Silte arenoso	5,5	2,2
Silte areno-argiloso	4,5	2,8
Silte argiloso	2,3	3,4
Silte argilo-arenoso	2,5	3,0
Argila	2,0	6,0
Argila arenosa	3,5	2,4
Argila areno-siltosa	3,0	2,8
Argila siltosa	2,2	4,0
Argila silto-arenosa	3,3	3,0

(fonte: adaptado de VELLOSO et al.<sup>4</sup>, 1978 apud SCHNAID e ODEBRECHT, 2012, p. 58)

Os valores de F1 e F2 adotam outros valores para estacas Raiz, Hélice Contínua e Ômega, tais valores foram propostas em três trabalhos de conclusão da UFRJ. Tais valores são ligeiramente conservadores e valem F1 igual à 2, e F2 igual à 4 para as estacas citadas.

Cintra e Aoki (2010) citam que tem sido feitas comparações entre o método e os resultados de provas de cargas realizadas em regiões ou formações geotécnicas específicas, e que por isso, existem publicações sugerindo novos valores de  $K_1$  e  $\alpha_1$  válidos para determinados locais. Os autores ainda sugerem que se mantenha a formulação geral do método, mas que as correlações

<sup>3</sup> VELLOSO, D. A; AOKI, N.; SALAMONI, J. A. Fundações para o silo vertical de 100.000t no porto de Paranaguá. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES, 6., 1978, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ABMS, 1978, p. 125-151.

<sup>4</sup>op. cit.

originais sejam substituídas por correlações regionais, mais específicas, que tenham validade comprovada.

#### 4.2.2 Método Decourt-Quaresma

De acordo com Schnaid (2012, p. 58), este método foi criado originalmente para ser utilizado de forma direta com ensaios SPT. Inicialmente, seu uso foi exclusivo para estacas pré-moldadas de concreto, mas posteriormente foi estendido para outros tipos de fundações profundas, cita o autor. A equação para cálculo da capacidade de carga é efetuado através da fórmula 2 (DECOURT<sup>5</sup>, 1975 apud SCHNAID, 2012, p.58):

$$Q_{rup} = \alpha_2 K_2 N_p A_p + P \beta_1 \sum 10 \left( \frac{N_m}{3} + 1 \right) \Delta L \quad (\text{fórmula 2})$$

Sendo:

$Q_{rup}$  = carga de ruptura;

$\alpha_2$  = coeficiente de resistência de ponta para o tipo de estaca utilizado;

$K_2$  = coeficiente de correlação entre a resistência de ponta e o  $N_{SPT}$ ;

$N_p$  =  $N_{SPT}$  próximo a ponta da estaca;

$A_p$  = área da ponta da estaca;

$P$  = perímetro da estaca;

$\beta_1$  = coeficiente de resistência lateral para o tipo de estaca utilizado;

$N_m$  =  $N_{SPT}$  médio para cada comprimento da estaca;

$\Delta L$  = comprimento das camadas.

Os coeficientes  $K$ ,  $\alpha$  e  $\beta$ , segundo Schnaid (2012, p. 58-59), são mostrados nos quadros 3 a 5.

---

<sup>5</sup> DECOURT, L. Prediction of the bearing capacity of piles based exclusively on N values of the SPT. In: EUROPEAN SYMPOSIUM OF PENETRATION TESTE, 2., 1982, Amsterdam. **Proceedings...** Amsterdam: [s. n.], 1975, p. 19-34.

Quadro 3 – Coeficiente  $K_2$  para o método Decourt-Quaresma

Tipo de solo	$K_2$ (tf/m <sup>2</sup> )
Argila	12
Silte argiloso	20
Silte arenoso	25
Areia	40

(fonte: DECOURT<sup>6</sup>, 1982 apud SCHNAID e ODEBRECHT, 2012, p. 58)

Quadro 4 – Coeficiente  $\alpha_2$  para o método Decourt-Quaresma

Tipo de estaca \ Tipo de solo	Argilas	Siltes	Areias
Cravada P. M.	1,00	1,00	1,00
Escavada	0,85	0,60	0,50
Escavada com lama	0,85	0,60	0,50
Hélice contínua	0,30	0,30	0,30
Raiz	0,85	0,60	0,50
Injetadas	1,00	1,00	1,00

(fonte: adaptado de DECOURT<sup>7</sup>, 1982 apud SCHNAID e ODEBRECHT, 2012, p. 59)

Quadro 5 – Coeficiente  $\beta_1$  para o método Decourt-Quaresma

Tipo de estaca \ Tipo de solo	Argilas	Siltes	Areias
Cravada P. M.	1,00	1,00	1,00
Escavada	0,80	0,65	0,50
Escavada com lama	0,90	0,75	0,60
Hélice contínua	1,00	1,00	1,00
Raiz	1,50	1,50	1,50
Injetadas	3,00	3,00	3,00

(fonte: adaptado de DECOURT<sup>8</sup>, 1982 apud SCHNAID e ODEBRECHT, 2012, p. 59)

### 4.2.3 Método Teixeira

<sup>6</sup>DECOURT, L. Prediction of the bearing capacity of piles based exclusively on N values of the SPT. In: EUROPEAN SYMPOSIUM OF PENETRATION TESTE, 2., 1982, Amsterdam. **Proceedings...** Amsterdam: [s. n.], 1975, p. 19-34.

<sup>7</sup>op. cit.

<sup>8</sup>op. cit.

De acordo com Cintra e Aoki (2010) da fórmula 3 (TEIXEIRA<sup>9</sup>, 1986 apud CITNRA; AOKI, 2010, p.29):

$$Q_{rup} = \alpha_3 N_p A_p + \beta_2 N_L P L \quad (\text{fórmula 3})$$

Sendo:

$Q_{rup}$  = carga de ruptura;

$\alpha_3$  = coeficiente de resistência de ponta para o tipo de estaca e solo;

$N_p$  =  $N_{SPT}$  médio em um intervalo de quatro diâmetros acima e um diâmetro abaixo da ponta;

$A_p$  = área da ponta da estaca;

$\beta_2$  = coeficiente de resistência lateral para o tipo de estaca utilizado;

$N_L$  =  $N_{SPT}$  médio para o comprimento total da estaca;

$P$  = perímetro da estaca;

$L$  = comprimento da estaca.

Os coeficientes  $\alpha_3$  e  $\beta$ , segundo Cintra e Aoki (2010, p. 30), são apresentados nos quadros 6 e 7 respectivamente.

Quadro 6 – Coeficiente  $\alpha_3$  para o método Teixeira

Solo ( $4 < N_{SPT} < 40$ )	Tipo de estaca - $\alpha_3$ (tf/m <sup>2</sup> )			
	Pré-moldada e perfil metálico	Franki	Escavada a céu aberto	Raiz
Argila siltosa	11	10	10	10
Silte argiloso	16	12	11	11
Argila arenosa	21	16	13	14
Silte arenoso	26	21	16	16
Areia argilosa	30	24	20	19
Areia siltosa	36	30	24	22
Areia	40	34	27	26
Areia com pedregulhos	44	38	31	29

(fonte: TEIXEIRA<sup>10</sup>, 1996 apud CINTRA; AOKI, 2010, p. 30)

<sup>9</sup>TEIXEIRA, A. H. Projeto e execução de fundações. In: SEMINÁRIO DE ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES ESPECIAIS E GEOTECNIA, 3., 1996, São Paulo. *Anais...* São Paulo, 1996, v. 1, p. 33-50.

<sup>10</sup>op. cit.



Quadro 7 – Coeficiente  $\beta_2$  para o método Teixeira

Tipo de estaca	$\beta_2$ (tf/m <sup>2</sup> )
Pré-moldada e perfil metálico	0,4
Franki	0,5
Escavada a céu aberto	0,4
Raiz	0,6

(fonte: TEIXEIRA<sup>11</sup>, 1996 apud CINTRA E AOKI, 2010, p. 30)

### 4.3 MÉTODO UFRGS

Este método, proposto por Lobo (2005), determina a capacidade de carga de estacas a partir do resultado direto do ensaio SPT usando a força dinâmica de reação do solo à cravação do amostrador SPT para estimar a capacidade de carga. Segundo a autora, o processo de cravação do amostrador SPT pode ser analisado sob dois aspectos: modo de transferência de energia e segundo o tempo. A autora diz que, segundo a transferência de energia, o ensaio SPT é representado por duas etapas:

Quando o martelo é posicionado a certa altura, o sistema possui uma energia potencial que, quando o martelo é liberado transforma-se em energia cinética e em perdas por atrito (cordas e roldanas);

Quando o martelo atinge a extremidade superior da haste, a sua energia cinética transforma-se em energia cinética e elástica (que percorre a haste na forma de uma onda longitudinal de compressão), em energia térmica, sonora e outras, que são perdidas. De forma análoga, pode-se afirmar que a energia cinética disponível no instante do impacto não é totalmente transformada em energia cinética e elástica contida na onda de compressão, devido às perdas durante o impacto, ocasionados pelo mau contato das superfícies, desalinhamento entre as superfícies, reflexões nas luvas, etc.

Lobo (2005) explica também que, em relação às variações de energia com o tempo, o ensaio SPT divide-se em três fases:

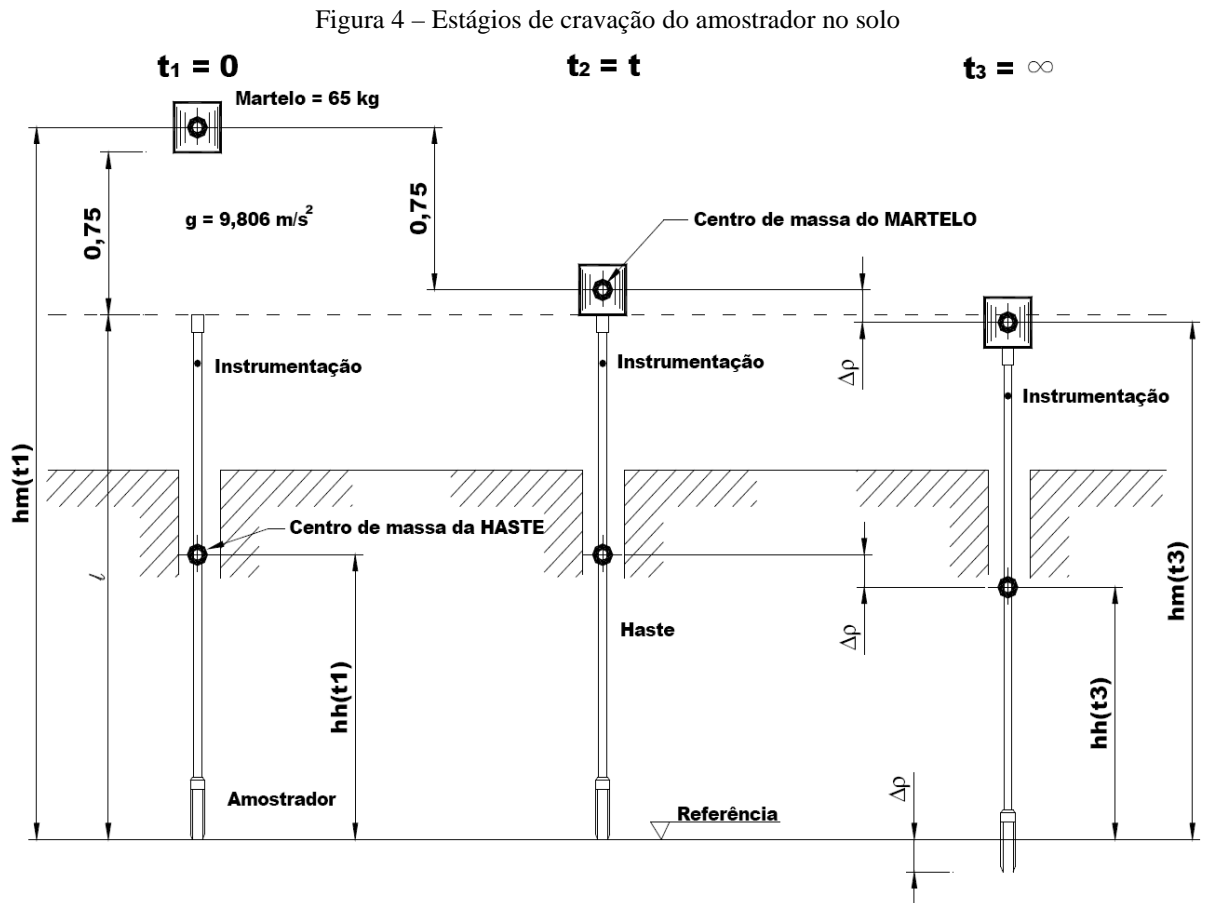
Quando  $t_1 = 0$ , que corresponde ao instante imediatamente antes da liberação em queda livre do martelo;

O segundo instante ( $t_2 = t$ ) que se refere ao instante imediatamente anterior ao impacto do martelo sobre a cabeça de bater;

<sup>11</sup>TEIXEIRA, A. H. Projeto e execução de fundações. In: SEMINÁRIO DE ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES ESPECIAIS E GEOTECNIA, 3., 1996, São Paulo. *Anais...* São Paulo, 1996, v. 1, p. 33-50.

O último estágio ( $t_3 = \infty$ ) correspondente ao tempo em que todo processo de cravação do amostrador no solo já ocorreu. Neste instante, as energias potencial gravitacional do martelo e da haste já foram consumidas na cravação do amostrador, devolvidas elasticamente e amortecidas dinamicamente no interior do martelo e da haste.

A figura 4 ilustra as três fases das variações de energia com o tempo.



(fonte: ODEBRECHT, 2003, p. 136)

Toda análise teórica é apresentada no trabalho de Lobo (2005). Ao final desta análise, o cálculo da força dinâmica de reação do solo à cravação do amostrador é dada pela fórmula 4:

$$F_d = \frac{\eta_3[\eta_1(0,75 + \Delta p)M_m g + \eta_2 \Delta p M_h g]}{\Delta p} \quad (\text{fórmula 4})$$

Sendo:

$F_d$  = força de reação dinâmica do solo à cravação do amostrador;  
 $\eta_3$  = coeficiente de eficiência do sistema;  
 $\eta_1$  = coeficiente de eficiência do martelo;  
 $\Delta p$  = penetração permanente do amostrador devido à aplicação de um golpe;  
 $M_m$  = massa do martelo;  
 $g$  = aceleração da gravidade;  
 $\eta_2$  = coeficiente de perdas ao longo das hastes;  
 $M_h$  = massa da haste.

Segundo Lobo (2005) o valor de  $\eta_1$  é 0,761 e o valor de  $\eta_2$  é igual à 1. Já o valor de  $\eta_3$  é expresso em função do comprimento das hastes, conforme fórmula 5.

$$\eta_3 = 1 - 0,0042l \quad (\text{fórmula 5})$$

Sendo:

$\eta_3$  = coeficiente de eficiência do sistema;  
 $l$  = comprimento das hastes.

A equação final para o cálculo da carga última da estaca é dado pela fórmula 6.

$$Q_{rup} = \alpha_4 \frac{0,2P}{a_l} \Sigma F_d \Delta L + \beta_3 0,7F_d \frac{A_p}{a_p} \quad (\text{fórmula 6})$$

Sendo:

$Q_{rup}$  = carga de ruptura;  
 $\alpha_4$  = coeficiente de resistência lateral para o tipo de estaca e solo;  
 $P$  = perímetro da estaca;  
 $a_l$  = área lateral total do amostrador;  
 $F_d$  = força de reação dinâmica do solo à cravação do amostrador  
 $\Delta L$  = comprimento das camadas;  
 $\beta_3$  = coeficiente de resistência de ponta para o tipo de estaca utilizado;  
 $A_p$  = área da ponta da estaca;

$a_p$  = área de ponta do amostrador.

De acordo com Lobo (2005) os valores de  $\alpha_4$  e  $\beta_3$  são apresentados no quadro 8.

Quadro 8 – Coeficiente  $\alpha_4$  e  $\beta_3$  para o método UFRGS

<b>Tipo de estaca</b>	<b><math>\alpha_4</math></b>	<b><math>\beta_3</math></b>
Pré-moldada	1,5	1,1
Metálica	1,0	1,0
Hélice contínua	1,0	0,6
Escavada	0,7	0,5

(fonte: LOBO, 2005, p. 63)

## 5 PROVAS DE CARGA

A NBR 9607 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012) especifica carregamento de prova como um conjunto de ações externas que são dimensionadas a partir de critérios previamente estabelecidos e, quando aplicados à estrutura, submetem-na a esforços solicitantes que possuem intensidades compatíveis ou representativas da finalidade que está prevista para o uso. Esta norma ainda classifica estes carregamentos de acordo com a natureza (dinâmico ou estático), e a permanência da carga (lentas ou rápidas).

### 5.1 HISTÓRICO

O primeiro caso de prova de carga que se tem documento, segundo Timoshenko (1953), é a carga de suporte que uma barra de ferro pode suportar, elaborada por Leonardo da Vinci, no século XV. O teste proposto deveria ser realizado com a variação do comprimento da barra e o peso dos cestos que continham areia, e quando ocorre a ruptura da barra, deveriam ser anotados os comprimentos e pesos respectivos.

De acordo com Timoshenko (1953), Galileo Galilei concluiu empiricamente que existe uma proporcionalidade entre a resistência de uma barra e sua área de seção transversal e que ainda independe do comprimento da barra. Ainda segundo o autor, os primeiros estudos sobre a distribuição de tensões em barras fletidas são encontrados nos trabalhos de Galilei.

Oliveira (2006, p. 11) diz:

Já no século XIX, com a revolução industrial, a parametrização de processos tornou-se prática necessária, como forma, dentre outros requisitos, de garantia de qualidade. Alguns materiais começam a ter procedimentos-padrão para avaliação de propriedades mecânicas de interesse.

Com o passar dos anos, adentrando no século XX, e com o crescimento populacional, procedimentos de dimensionamento passam a ser padronizados e regulamentados, surgindo as Normas de Dimensionamento. No caso de elementos estruturais, pesquisadores de todo o mundo, com destaque para Leonhardt na Alemanha, executam grande série de testes de carregamento em elementos estruturais com o objetivo de estabelecer procedimentos de dimensionamento.

Hall e Tsai<sup>12</sup> (1989) apud OLIVEIRA (2006) descrevem brevemente um histórico de testes de carregamentos ao longo do tempo, desde a antiguidade até os tempos atuais, dando ênfase à engenharia e à correlação das provas de cargas com os resultados previstos no dimensionamento. O quadro 9, mostra um quadro com o histórico de testes de carregamento com características peculiares de cada época.

Quadro 9 – Histórico de testes de carregamento

Período	Prática de engenharia empregada	Teste de carregamento versus cálculos
Antiguidade	Uma arte passada através de experiência de construção para construção	Intuição, erros e acertos Testes de carregamento e procedimentos de dimensionamento quase inexistentes
Renascimento	Primeiras tentativas de padronização de testes e procedimentos de dimensionamento (compressão, tração, flexão)	Testes de carregamento, utilizados para calibrar modelos teóricos de resistência
Século XIX	Manuais que davam pequenas informações sobre a resistência dos materiais (elevados coeficientes de incerteza)	Torna-se usual o emprego de procedimentos padrão para testes de carregamento, principalmente destinados à caracterização de materiais Procedimentos de dimensionamento pouco desenvolvidos
Início do século XX	Primeiros equipamentos de ensaios para caracterização de materiais (Irmãos Wright e indústria automobilística) Primeiros códigos de normalização (ASTM)	Grande incremento na utilização de testes de carregamento em elementos estruturais e estruturas Grande desenvolvimento de procedimentos analíticos de dimensionamento
Tempos atuais	Uma ciência baseada em normalizações de comportamento resistena de materiais e procedimentos de dimensionamento	Estruturas tipicamente projetadas mediante procedimentos analíticos padronizados Testes de carregamento especificados e padronizados

(fonte: HALL; TSAI<sup>13</sup>, 1989 apud OLIVEIRA, 2006)

Oliveira (2006) diz que houve uma importância maior no passado que nos dias de hoje nos testes de carregamento em elementos estruturais isolados, uma vez que toda a elaboração dos modelos matemáticos sobre comportamento e resistência dos materiais foi baseada em trabalhos empíricos. Ainda segundo o autor, a situação é mais complexa quando há testes de carga em estruturas e o número de provas realizadas é infinitamente inferior se comparado aos testes feitos em elementos estruturais isolados.

Oliveira (2006, p. 13) cita a definição e diferentes nomenclaturas de provas de carga:

<sup>12</sup>HALL, W. B; TSAI, M. Load testing, structural reliability and test evaluation. Structural Safety, Elsevier Science Publishers, v. 6, p. 285-302, 1989.

<sup>13</sup>op.cit.

De acordo com a NBR 9607<sup>14</sup> (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1986), prova de carga é definida como sendo um conjunto de atividades destinadas a analisar o desempenho de uma estrutura através da medição e controle de efeitos causados pela aplicação de ações externas de intensidade e natureza previamente estabelecidas.

Para designar uma prova de carga, é comum encontrarmos na literatura técnica os seguintes termos: teste de carregamento, teste de carga, ensaio de carga, ensaio de prova de carga e ensaio de carregamento.

A primeira prova de carga sobre estaca instrumentada no Brasil foi executada na cidade de Bauru no ano de 1936 em uma estaca do tipo Franki, segundo Vargas (1990). O autor ainda cita a prática deste processo foi trazida por engenheiros europeus, mas que não havia ainda uma especificação clara sobre recalque e carga de ruptura. Segundo o autor, as primeiras de provas de carga realizadas no Brasil foram bastante importantes para darem confiança às fórmulas dinâmicas e estáticas para capacidade de carga de estacas individuais que até então estavam desacreditadas.

## 5.2 PROVA DE CARGA DINÂMICA

Smith<sup>15</sup> (1960) apud CINTRA et. al. (2014) desenvolveu um modelo numérico que ocasionou, junto com o desenvolvimento da eletrônica, o surgimento do ensaio, que permitiu o registro preciso de força e aceleração no topo da estaca durante o impacto da cravação. Cintra et al. (2014, p. 112) descrevem o ensaio como “aplicação de um ciclo de impactos – normalmente dez golpes de energia aproximadamente constante de um martelo – no conjunto de amortecimento colocado sobre a estaca. A análise é feita para um carregamento, nesse caso um impacto representativo do ensaio cíclico.”.

Cintra et al. (2014, p. 112) informam o funcionamento da prova de carga como:

O equipamento para a aplicação do carregamento dinâmico na estaca é o próprio bate-estaca usado para a cravação das estacas da obra. A aplicação do impacto é feita por um martelo caindo de uma altura de queda controlada, devendo ele estar centrado e posicionado axialmente em relação à estaca.

---

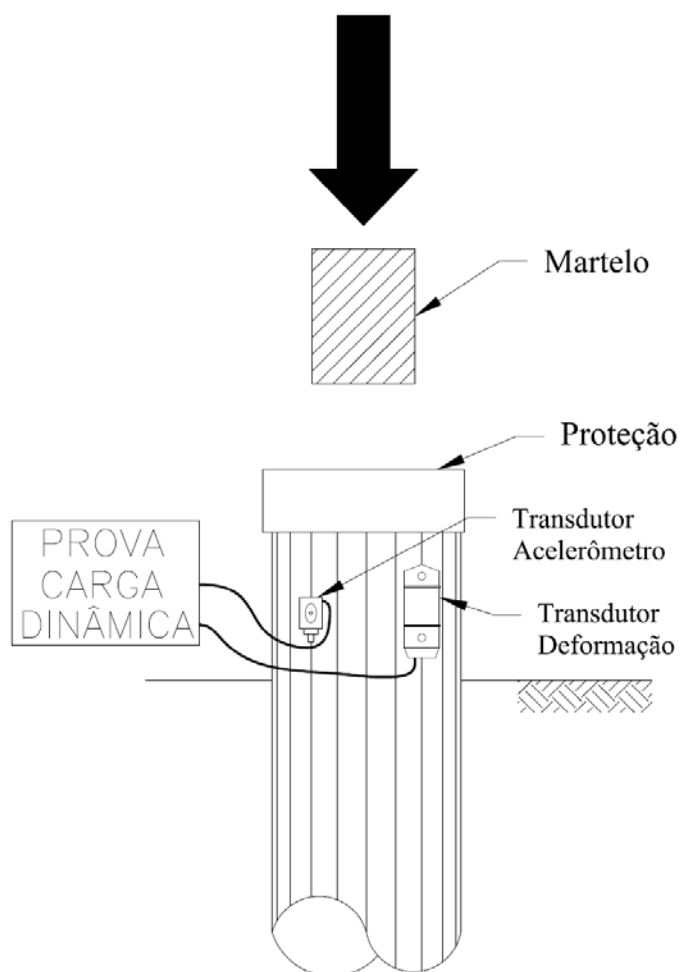
<sup>14</sup>ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9607**: prova de carga em estruturas de concreto armado e protendido – procedimento. Rio de Janeiro, 1986.

<sup>15</sup>SMITH, E. A. L. Pile driving analysis by the wave equation. **Journal of Soil Mechanics and Foundation Division**, New York v. 86, n. 4, p. 36-61, 1960.

Para a obtenção da resposta da estaca ao impacto do martelo, são utilizados transdutores em uma seção da estaca acima da superfície do terreno. Transdutores de deformação específica e de aceleração (acelerômetros) são usados para a estimativa dos valores de força e deslocamentos em uma seção no topo da estaca, durante a propagação da onda ao longo do fuste (descendente e ascendente).

A figura 5 mostra um croqui básico da prova de carga dinâmica.

Figura 5 – Esquema prova de carga dinâmica



(fonte: elaborado pelo autor)

Cintra et al. (2014) ainda citam algumas vantagens deste ensaio, tais como:

- a) baixo custo e rápida execução, possibilitando uma avaliação da capacidade de carga em um maior número de estacas da obra;
- b) capacidade de carga e inferida durante a própria cravação da estaca, possibilitando uma intervenção imediata caso não seja atingida a resistência prevista de projeto;



- c) praticamente única opção em obras *offshore* ou em estacas com capacidade de carga bastante elevada;
- d) separação das parcelas de resistência lateral e ponta do sistema estaca-solo;
- e) verificação da integridade da estaca.

### 5.3 PROVA DE CARGA ESTÁTICA

Cintra et al. (2014, p. 64) definem:

A prova de carga estática em estaca, regida pela NBR<sup>16</sup> 12.131 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2006), consiste na aplicação de cargas conhecidas no topo da estaca, em incrementos sucessivos e iguais (os chamados estágios de carga), com a simultânea monitoração dos respectivos recalques da cabeça da estaca (deslocamentos verticais para baixo, que compreendem o encurtamento elástico do fuste e o recalque da ponta da estaca), até que seja atingida a ruptura ou a carga máxima programada, seguida do descarregamento.

O carregamento da estaca é feito através de um macaco hidráulico atuante contra um sistema de reação de acordo com Cintra et al. (2014). Ainda segundo os autores, este sistema é construído em torno da estaca a ser ensaiada, devendo ser dimensionado para a carga necessária do ensaio estático. Um croqui típico de uma prova estática é apresentado na figura 6.

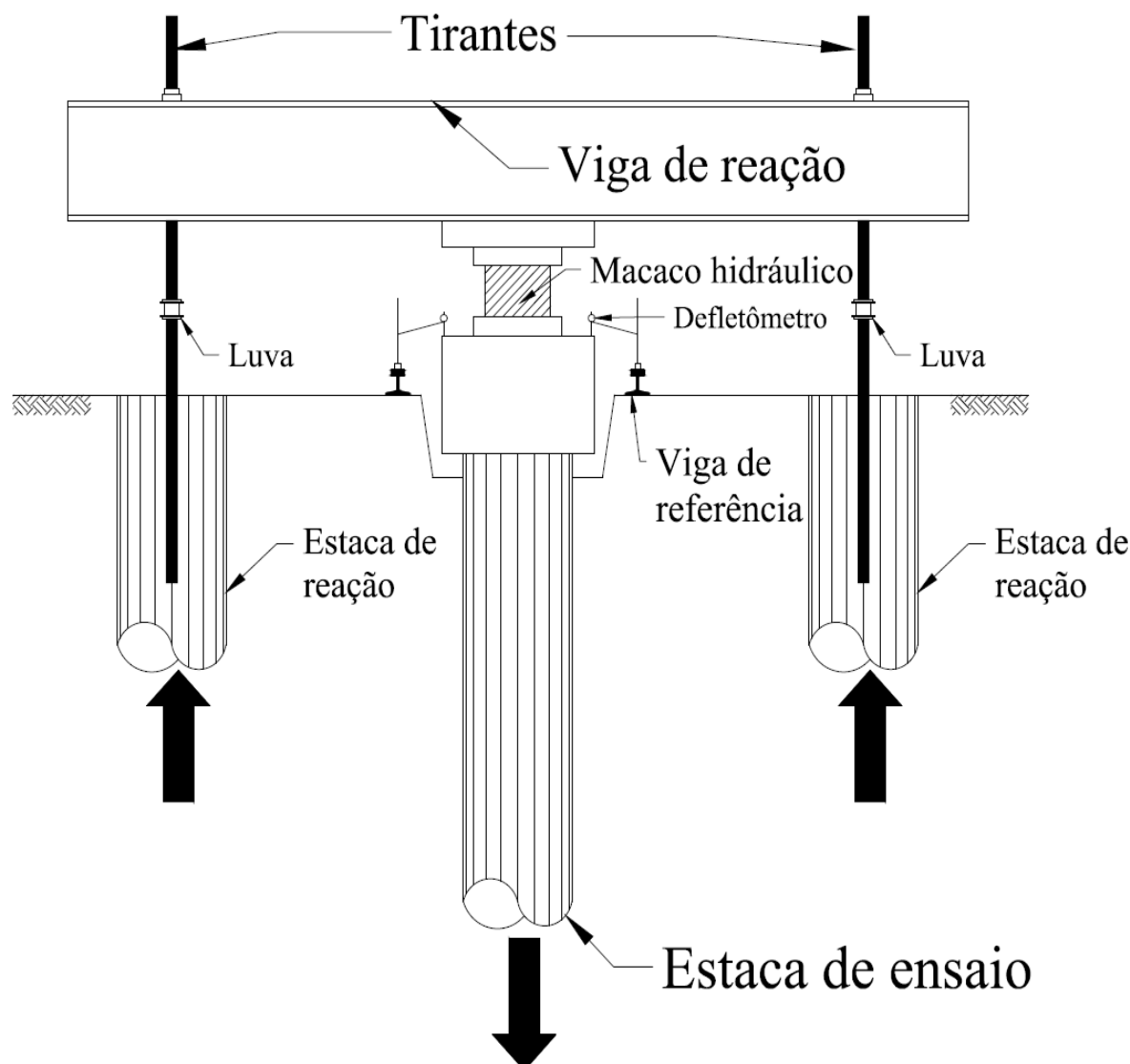
De acordo com Cintra et al. (2014), as provas de carga estática podem ser separadas em três tipos: cargueira, estacas de reação e tirantes. O primeiro tipo, ainda segundo os autores, é o sistema de reação pioneiro, praticamente em desuso atualmente, podendo ser usado ainda em cargas menos elevadas. Na cargueira, tem-se uma fôrma preenchida com peso morto, geralmente material de obra.

O tipo de estacas de reação, segundo Cintra et al. (2014), é o apresentado na figura 6 e trata-se de um sistema de reação composto por estacas ao redor da estaca de ensaio, e são geralmente verticais e sempre integralmente armadas à tração. Este sistema ainda possui uma viga de reação para fazer a transferência de carga do macaco para as estacas de reação, e esta ligação é feita por meio de barras de aço conhecidas como tirantes, que são ancoradas nas estacas de reação.

---

<sup>16</sup> Consta na lista de referências.

Figura 6 – Esquema prova de carga estática



(fonte: elaborado pelo autor)

De acordo com Cintra et al. (2014) o último tipo de sistema é bastante semelhante ao de estacas de reação, porém com a substituição destas estacas por tirantes. Eles geralmente são verticais, presos em uma carapaça e são ancorados no maciço de solo ou rocha.

A NBR 12.131 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2006) cita que a estaca será ensaiada até a ruptura ou no mínimo duas vezes o valor previsto da carga de trabalho, e ainda classifica as provas de carga em dois diferentes ensaios: carregamento lento e rápido. A NBR 12.131 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2006, p. 5), em seu item 3.5.2 que o carregamento lento deverá seguir as seguintes prescrições:

- a) o carregamento é feito em estágios iguais e sucessivos, observando-se que:

- a carga aplicada em cada estágio não deve ser superior a 20% da carga de trabalho prevista para a estaca ensaiada;
- em cada estágio, a carga deve ser mantida até a estabilização dos deslocamentos e no mínimo por 30min;
- b) em cada estágio os deslocamentos devem ser lidos imediatamente após a aplicação da carga correspondente, seguindo-se leituras decorridos 2 min, 4 min, 8 min, 15 min, 30 min, 1 h, 2 h, 3 h, 4 h etc., contados a partir do início do estágio até se atingir a estabilização;
- c) a estabilização dos deslocamentos está atendida quando a diferença entre duas leituras consecutivas corresponder a no máximo 5% do deslocamento havido no mesmo estágio (entre o deslocamento da estabilização do estágio anterior e o atual);
- d) terminada a fase de carregamento, a carga máxima do ensaio deve ser mantida no mínimo durante 12 h entre a estabilização dos recalques e o início do descarregamento;
- e) o descarregamento deve ser feito em no mínimo quatro estágios. Cada estágio é mantido até a estabilização dos deslocamentos com registro segundo os critérios estabelecidos em 3.5.2-b e 3.5.2-c. O tempo mínimo de cada estágio é de 15 min;
- f) após o descarregamento total, as leituras dos deslocamentos devem continuar até a sua estabilização.

Quanto ao carregamento rápido, a NBR 12.131 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2006, p. 5), em seu item 3.5.3, define as seguintes prescrições:

- a) o carregamento deve ser executado em estágios iguais e sucessivos, observando-se que:
  - a carga aplicada em cada estágio não deve ser superior a 10% da carga de trabalho prevista para a estaca ensaiada;
  - em cada estágio a carga deve ser mantida durante 10 min, independentemente da estabilização dos deslocamentos;
  - em casos especiais, como fundações de torres de linhas de transmissão, o tempo de manutenção da carga pode ser reduzido para 5 min;
- b) em cada estágio, os deslocamentos devem ser lidos obrigatoriamente no início e no final do estágio;
- c) atingida a carga máxima do ensaio, devem ser feitas cinco leituras: a 10 min, 30 min, 60 min, 90 min e 120 min, neste estágio. A seguir procede-se ao descarregamento, que deve ser feito em cinco ou mais estágios, cada um mantido por 10 min, com a leitura dos respectivos deslocamentos;
- d) após 10 min do descarregamento total, devem ser feitas mais duas leituras adicionais aos 30 min e aos 60 min.

Esta norma ainda cita que podem ser adotados outros procedimentos de ensaios, desde que tenham justificção do projetista. Nesta situação, fica obrigatório que aja pelo menos uma prova de carga executada em carregamento lento ou rápido, conforme citado anteriormente, para que seja possível realizar uma comparação de resultados.

Ainda existe um caso particular de prova de carga estática aceito pela NBR 6122 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010), que é o sistema de célula expansiva hidrodinâmica, citado por Cintra et al. (2014). Esta célula é implantada na própria estaca a ser ensaiada, sem a necessidade de um sistema de reação.

#### 5.4 DEFINIÇÃO DA CARGA DE RUPTURA

Cintra et al. (2014) descrevem os modos de ruptura de uma estaca pelo gráfico carga-recalque gerado pela prova de carga estática. Na figura 7 é apresentado duas curvas carga-recalque para exemplificação. Na curva denominada ruptura nítida, nota-se a verticalização dela devido à contínua deformação sem acréscimo de carga, impossibilitando a continuidade do ensaio. Este ponto marca a resistência máxima do sistema estaca-solo, caracterizando o ponto de ruptura da prova de carga. Esta ruptura é denominada nítida, pois não necessita de interpretação do valor de  $Q_{rup}$  uma vez que o trecho vertical da curva corresponde ao valor da carga de ruptura da estaca. Na outra curva, denominada ruptura física, o ensaio não consegue chegar ao valor da carga de ruptura. Neste caso, a ruptura é definida pela assíntota vertical da curva, conforme mostrado pela curva extrapolada.

Segundo Cintra et al. (2014), ainda podem haver curvas que não se comportam como a de ruptura física. Tais curvas têm a característica de se transformarem em um segmento linear não vertical nos últimos estágios de carregamento, conforme mostra a figura 8. Este comportamento pode continuar ao longo do carregamento do ensaio sem que haja um indício de ruptura, nem física nem nítida, ou de um limite para a mobilização da resistência do sistema estaca-solo. Neste caso, o autor cita a denominação de ruptura convencional. Neste trabalho será usado o critério da NBR 6122 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010, p. 25) através da fórmula 7. Com este critério, o valor da carga de ruptura  a interseção da curva do ensaio e a reta da fórmula 7. Este critério é ilustrado na figura 9.

$$\rho = \frac{Q * L}{A * E} + \frac{D}{30} \quad (\text{fórmula 7})$$

Sendo:

$\rho$  = recalque de ruptura convencional;

Q = carga de ruptura convencional;

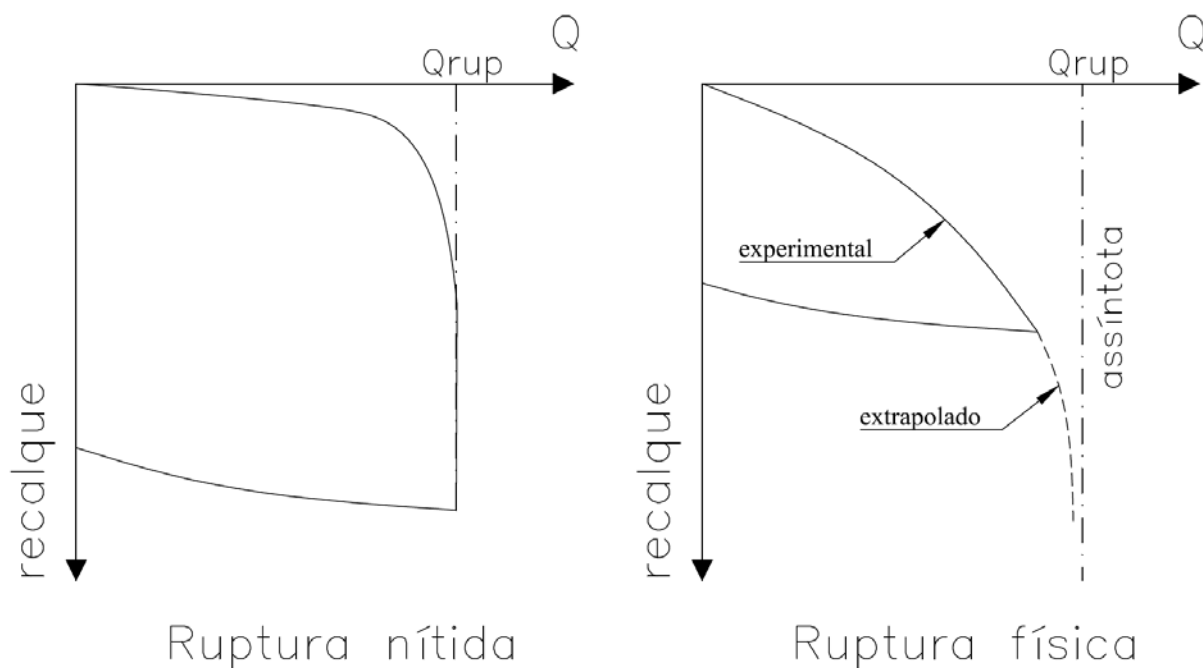
L = comprimento da estaca;

A = área da seção transversal da estaca;

E = módulo de elasticidade do material da estaca (será usado 25 GPa);

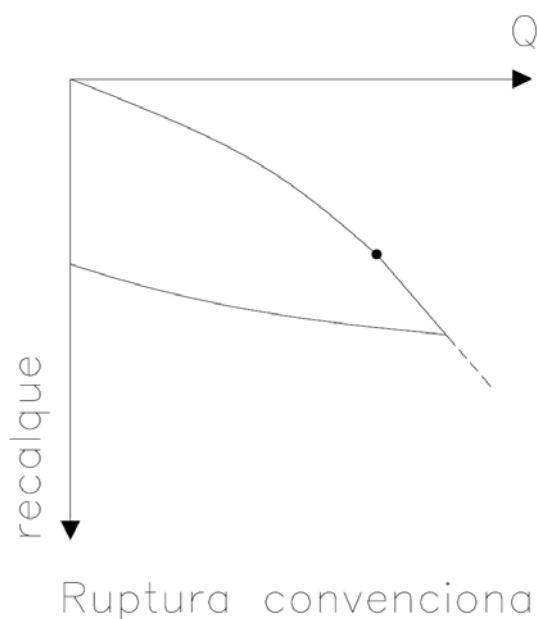
D = diâmetro da estaca.

Figura 7 – Curvas carga-recalque para ruptura nítida e física



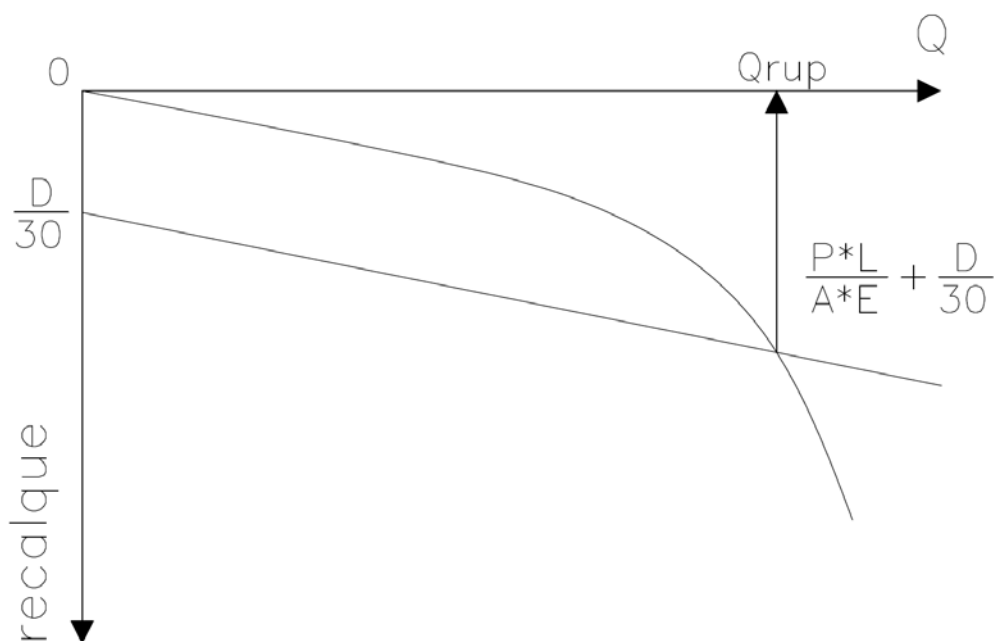
(fonte: adaptado de Cintra et al., 2014, p. 72)

Figura 8 – Curva carga-recalque para ruptura convencional



(fonte: adaptado de Cintra et al., 2014, p. 73)

Figura 9 – Critério de ruptura convencional



(fonte: adaptado de Cintra et al., 2014, p. 79)

Em muitos casos de provas de carga estática, os carregamentos não levam a estaca à ruptura. Dentre alguns motivos para tal fato, pode-se dizer: custo elevado; limitação do sistema de reação; utilização da estaca como parte da estrutura. O método de Van der Veen (1953) consiste em uma extrapolação da curva carga-recalque por tentativas através de uma equação

que é ajustada em função do trecho conhecido da curva carga-recalque. Lobo (2005, p. 45) descreve o funcionamento deste método:

Partindo de um valor de carga  $P$  (carga de ajuste) qualquer adotado, calculam-se os valores correspondentes de " $\ln(1-P/Pr)$ " que são plotados em um gráfico em função do recalque " $r$ ". Novas tentativas são realizadas com outros valores de " $Pr$ " até que o gráfico resulte, aproximadamente, em uma linha reta, adotando este valor de " $Pr$ " como o valor de carga de ruptura do elemento.

A expressão final deste método, é apresentado na fórmula 8.

$$P = Pr * (1 - e^{-ar}) \quad (\text{fórmula 8})$$

Sendo:

$P$  = carga na curva;

$Pr$  = carga de ruptura;

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

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

## 6 RESULTADOS

Os resultados serão apresentados de acordo com o tipo de prova de carga, estática e dinâmica, para alguns diferentes tipos de estacas. Neste trabalho, foram avaliadas 625 provas de carga, sendo 574 dinâmicas e 51 estáticas. No quadro 10 é mostrada a quantidade de avaliações separadas por tipo de estacas.

Quadro 10 – Quantidade de avaliações realizadas por estaca e prova de carga

	<b>Prova de carga dinâmica</b>	<b>Prova de carga estática</b>
<b>Hélice contínua</b>	220	43
<b>Pré-moldada de concreto</b>	261	0
<b>Metálica</b>	74	0
<b>Raiz</b>	19	8

(fonte: elaborado pelo autor)

As listas com o resultado das provas de carga dinâmica e estática estão nos Anexos A e B, respectivamente. Os resultados do dimensionamento pelos métodos estão nos Anexos C e D. Os gráficos das provas de carga estática estão no Anexo E.

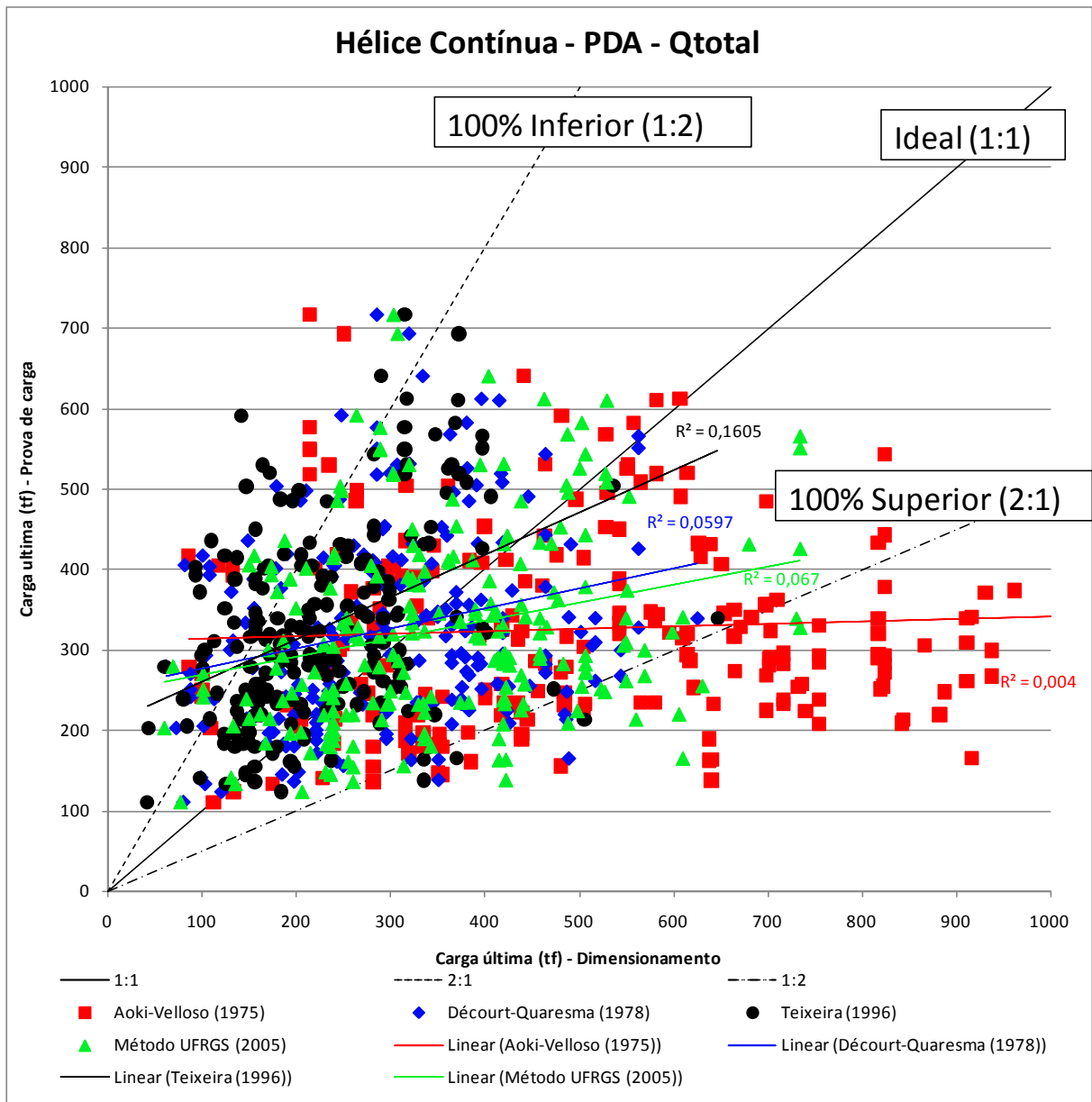
Os gráficos de dispersão de resultados serão separados e apresentados em carga total, carga de ponta e carga lateral. Para os resultados de prova de carga dinâmica em hélice e pré-moldada estes gráficos ainda serão separados por métodos, além do gráfico com todos os métodos juntos. Para fins práticos de leitura destes gráficos, eles serão apresentados na seguinte ordem: carga total, carga de ponta e carga lateral. Além destes gráficos, serão apresentados os histogramas de resultados para cada tipo de estaca.

### 6.1 RESULTADO ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA

As figuras 10, 11 e 12 apresentam os resultados para as prova de carga dinâmica com todos os métodos de dimensionamento juntos. As figuras 13 até 24 mostram os gráficos separados para cada método seguindo a ordem que os métodos foram descritos neste trabalho.

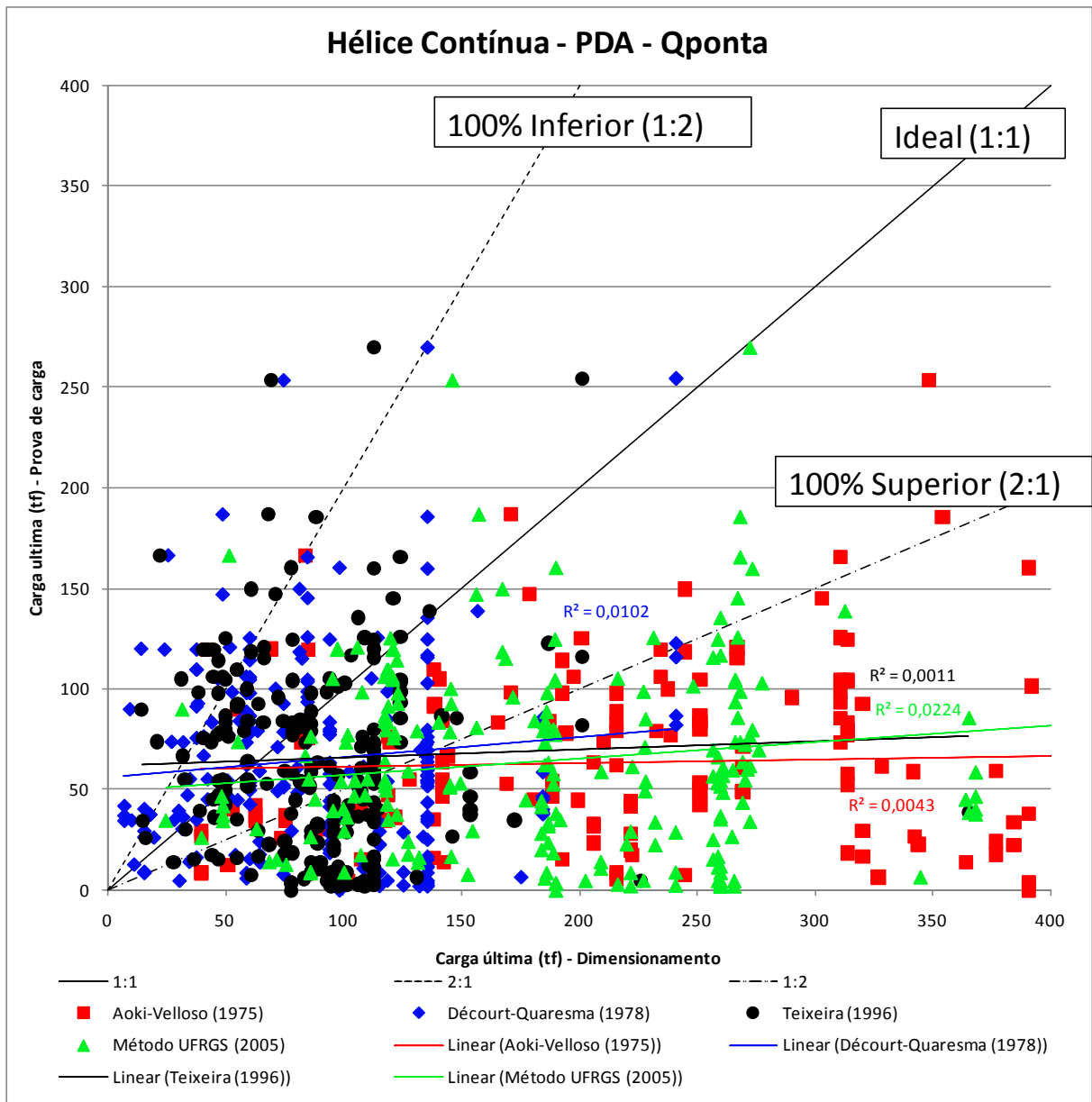


Figura 10 – Hélice contínua, prova de carga dinâmica, carga total



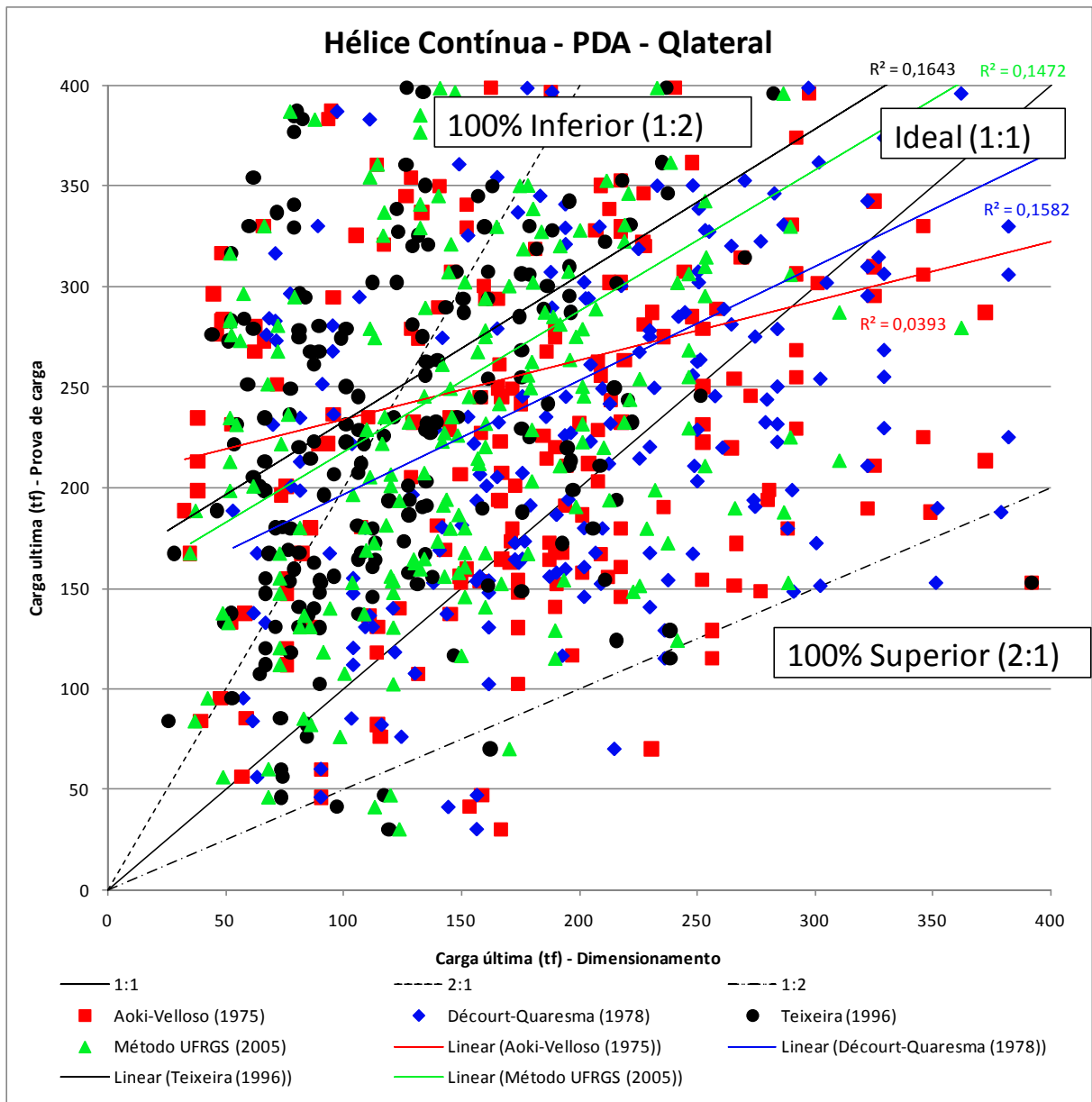
(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 11 – Hélice contínua, prova de carga dinâmica, carga de ponta



(fonte: elaborado pelo autor)

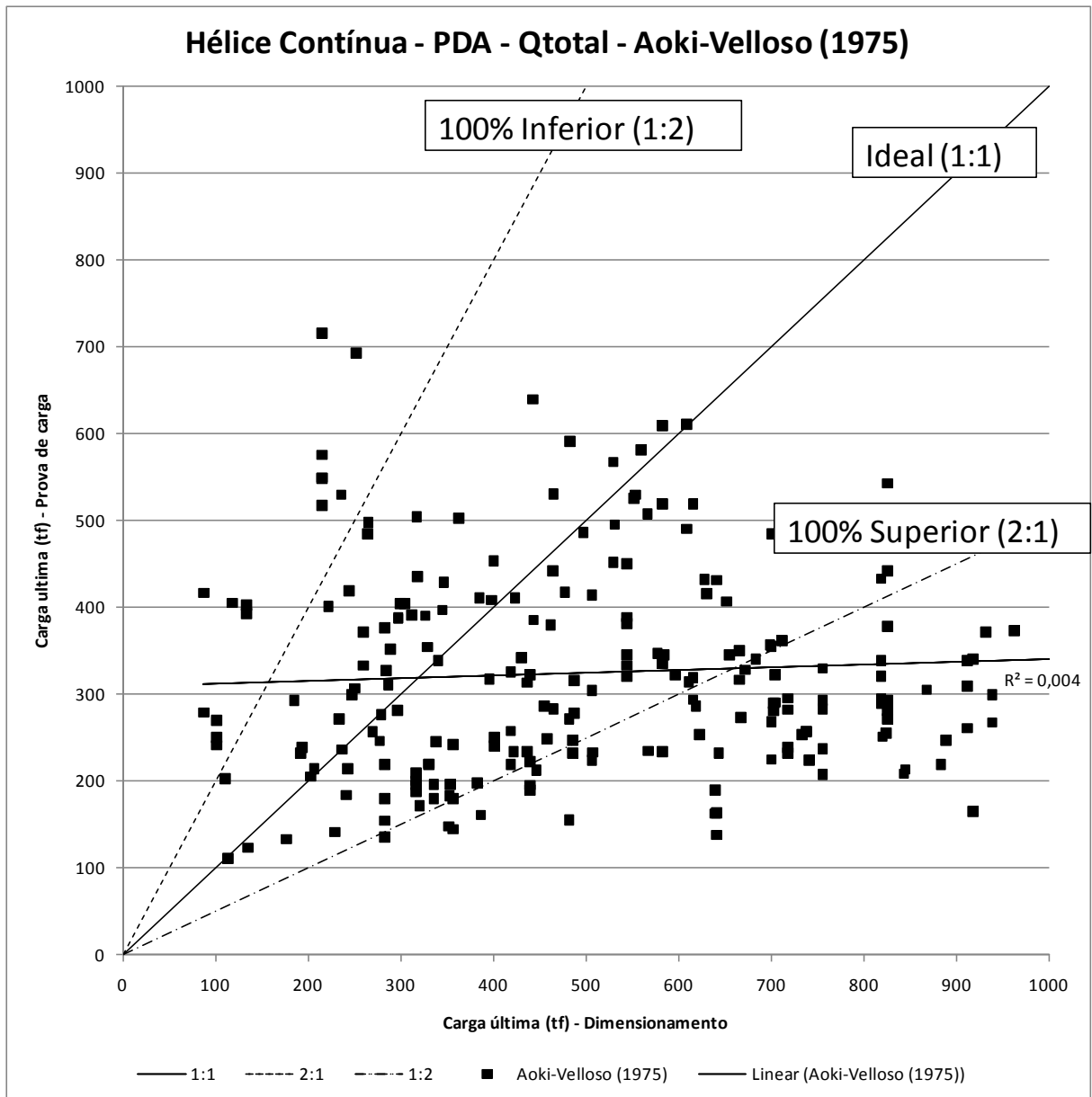
Figura 12 – Hélice contínua, prova de carga dinâmica, carga lateral



(fonte: elaborado pelo autor)

Analisando os resultados da figura 13, nota-se que no geral o método tende ao superdimensionamento das estacas hélice contínua. Fazendo uma análise mais profunda, este superdimensionamento fica mais evidente em cargas mais elevadas, cerca de 600 toneladas.

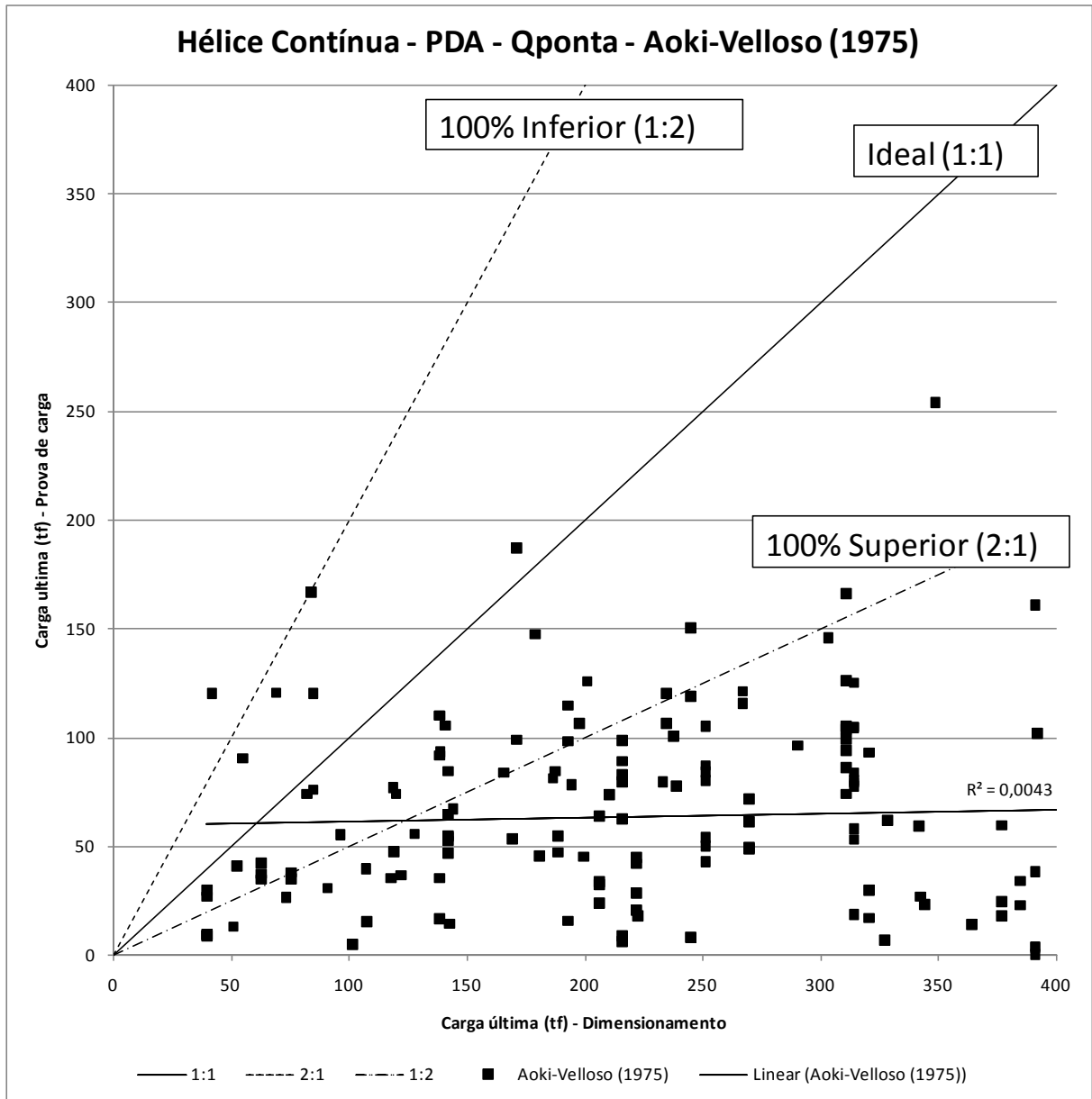
Figura 13 – Hélice contínua, prova de carga dinâmica, carga total, Aoki-Velloso (1975)



(fonte: elaborado pelo autor)

Considerando a figura 14, o método Aoki-Velloso (1975) tende, claramente, a superestimar a carga de ponta das estacas hélice contínua.

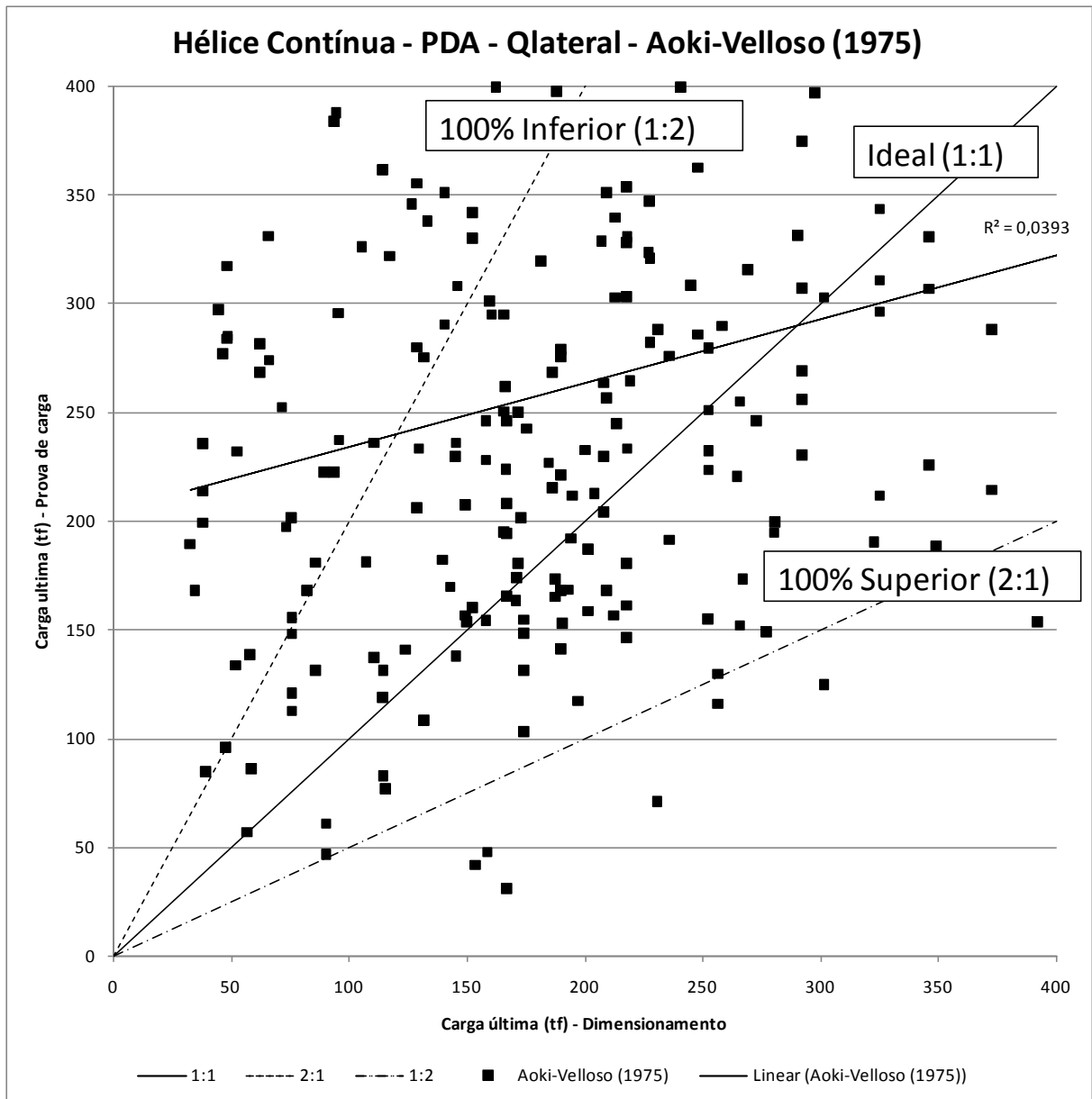
Figura 14 – Hélice contínua, prova de carga dinâmica, carga de ponta, Aoki-Velloso (1975)



(fonte: elaborado pelo autor)

Em relação à carga lateral do método Aoki-Velloso (1975), a figura 15 mostra resultados bastante dispersos, mas praticamente todos abaixo da linha 100% superior. Nota-se que na média, a carga lateral está entre a ideal e a subestimada.

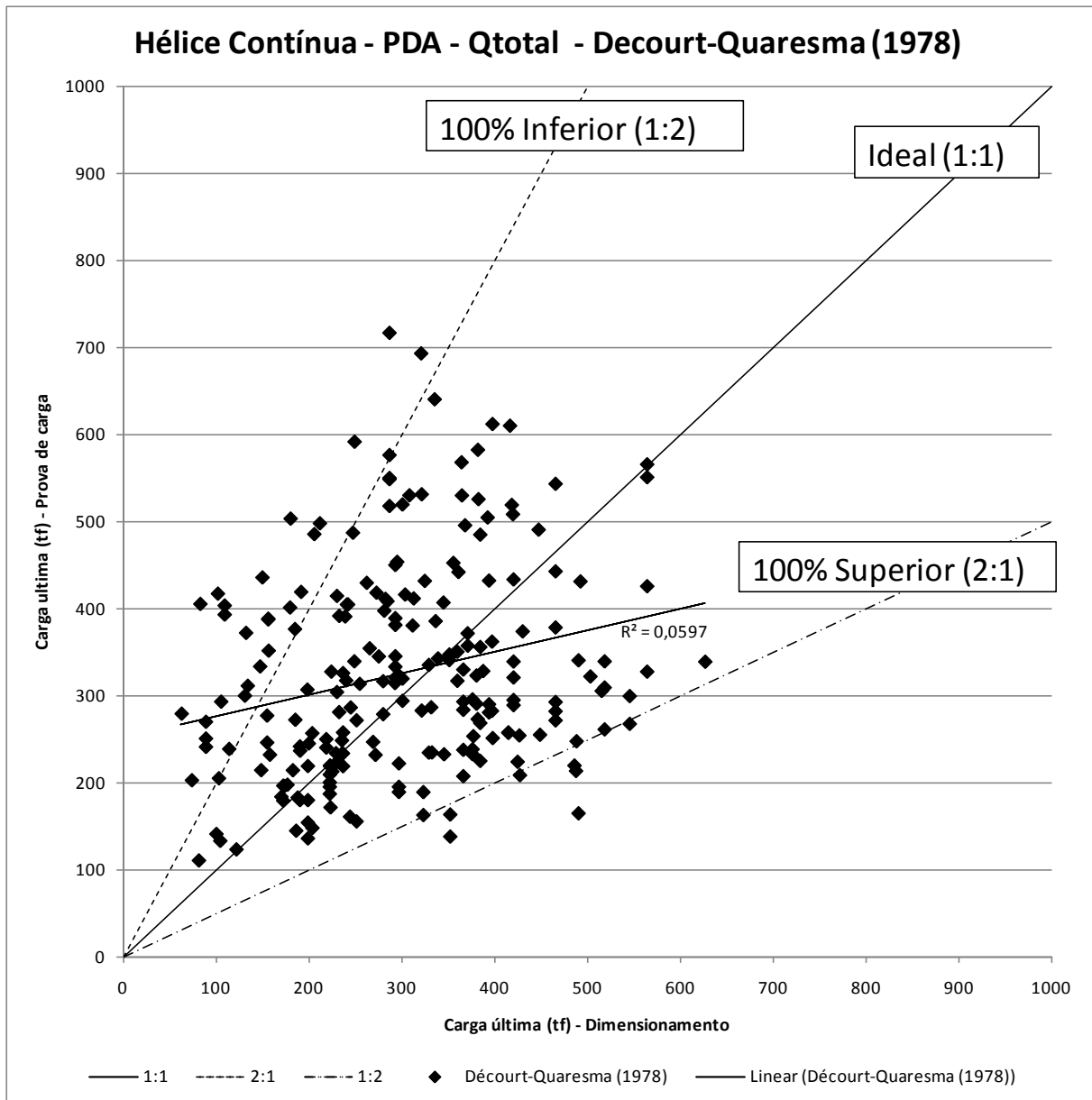
Figura 15 – Hélice contínua, prova de carga dinâmica, carga lateral, Aoki-Velloso (1975)



(fonte: elaborado pelo autor)

Para o método Decourt-Quaresma (1978), a carga total das estacas hélice contínua possui uma concordância satisfatória entre o dimensionamento e o resultado da prova de carga dinâmica, estando entre o sub e o superdimensionamento da estaca.

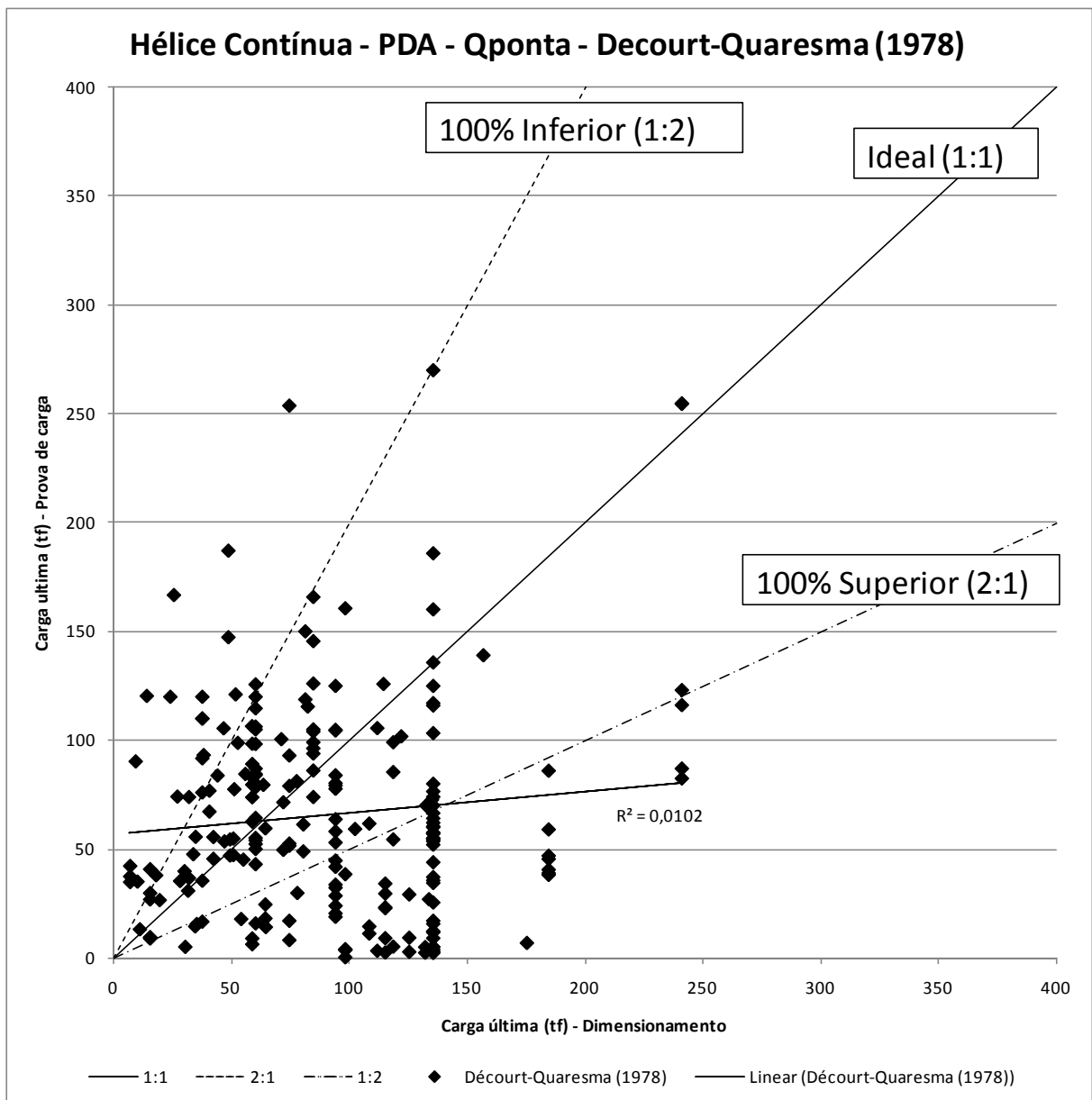
Figura 16 – Hélice contínua, prova de carga dinâmica, carga total, Decourt-Quaresma (1978)



(fonte: elaborado pelo autor)

A figura 17 demonstra valores baixos para a carga de ponta. Além disto, existe uma alta dispersão entre os resultados. Analisando mais profundamente, nota-se uma tendência a superestimar a carga de ponta das cargas hélice contínua para o método Decourt-Quaresma (1978).

Figura 17 – Hélice contínua, prova de carga dinâmica, carga de ponta, Decourt-Quaresma (1978)

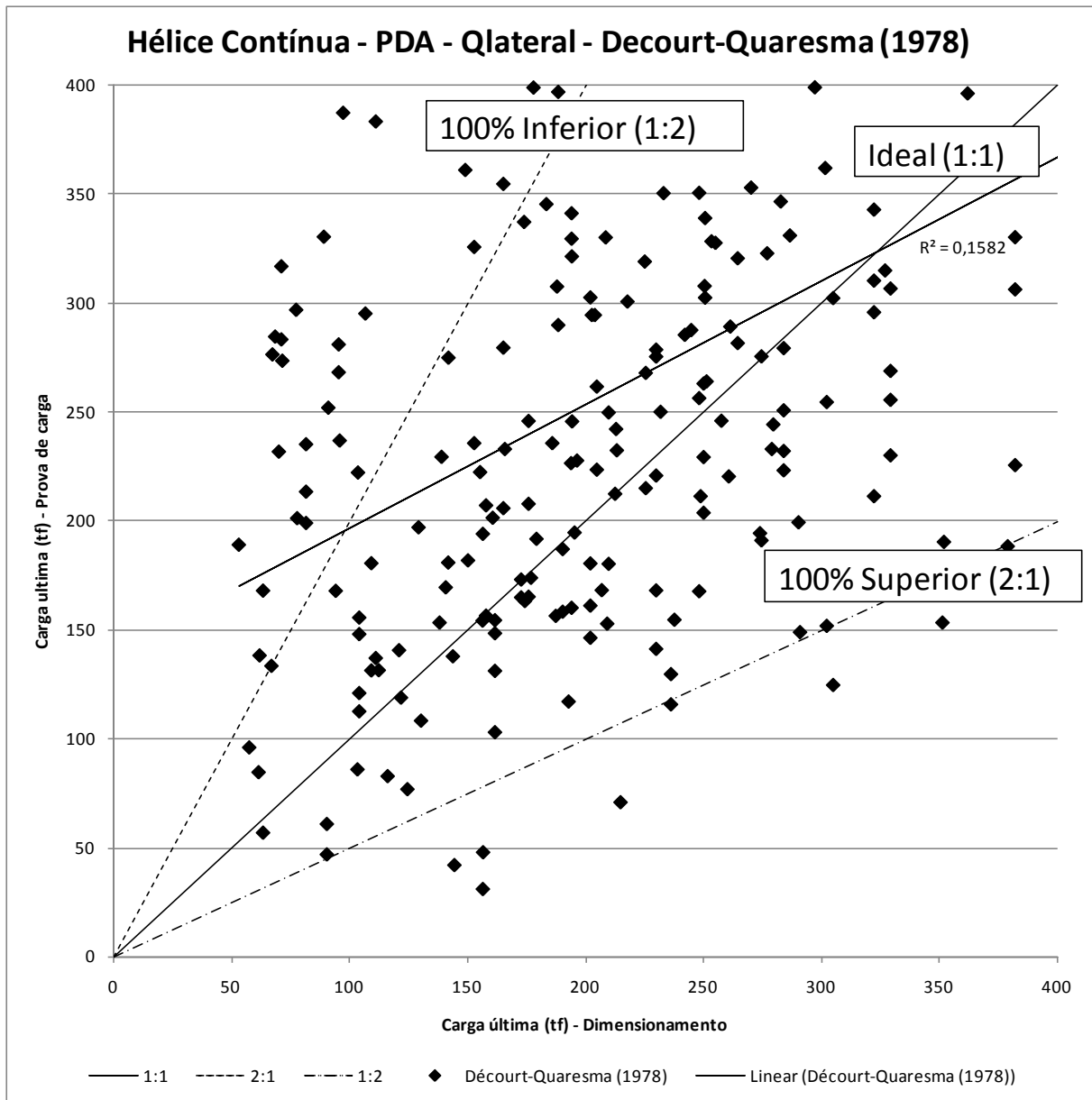


(fonte: elaborado pelo autor)



Em relação à carga lateral do método Decourt-Quaresma (1978) nota-se uma alta dispersão dos resultados, mas uma leve tendência em subestimar a carga lateral das estacas hélice contínua.

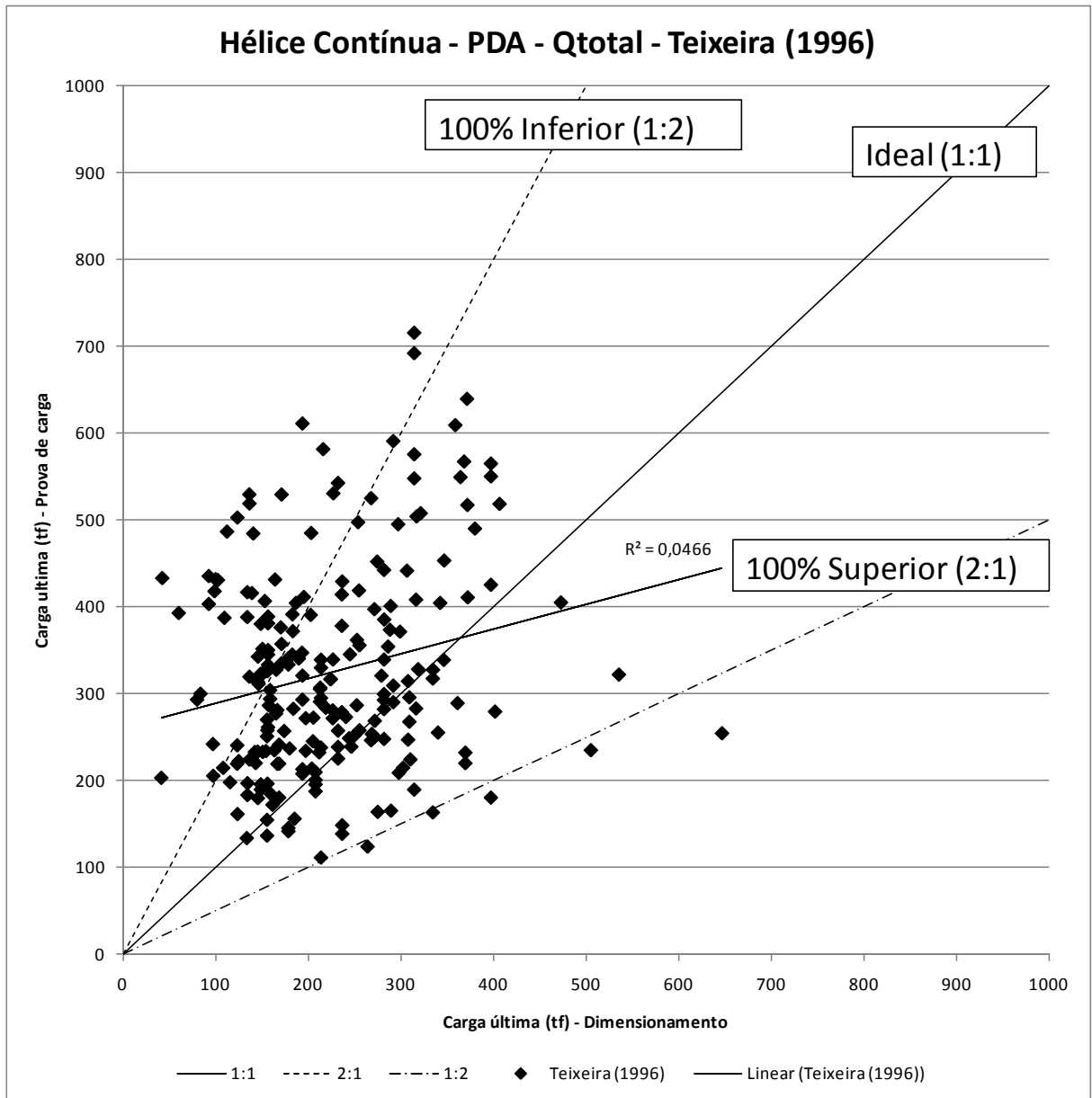
Figura 18 – Hélice contínua, prova de carga dinâmica, carga lateral, Decourt-Quaresma (1978)



(fonte: elaborado pelo autor)

Os resultados para o método Teixeira (1996) são bastante semelhantes ao Decourt-Quaresma (1978) possuindo uma concordância satisfatória entre dimensionamento e medido em campo para a carga total.

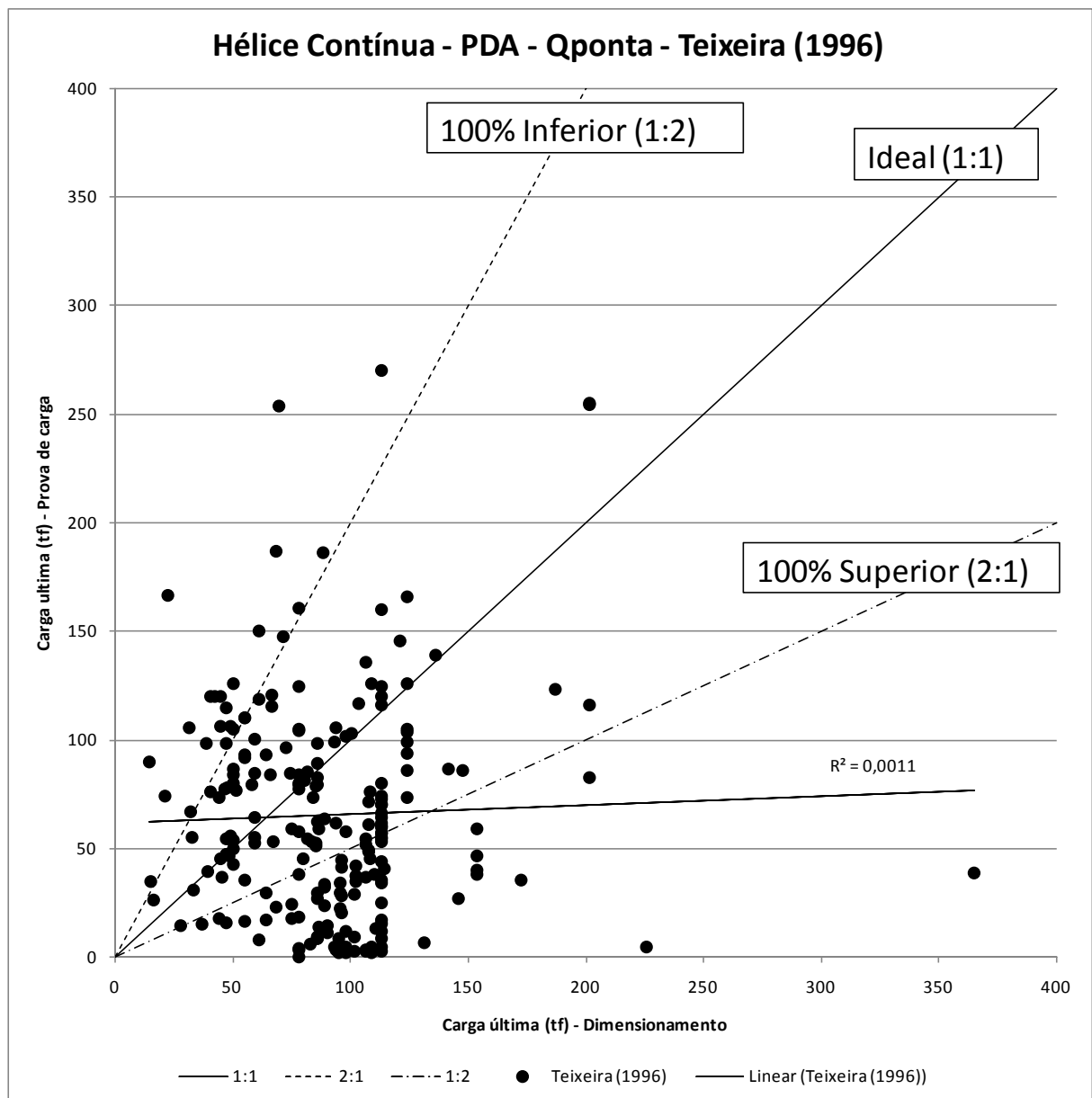
Figura 19 – Hélice contínua, prova de carga dinâmica, carga total, Teixeira (1996)



(fonte: elaborado pelo autor)

Seguindo a semelhança de resultados da carga de ponta para o método Decourt-Quaresma (1978), o método Teixeira (1996) demonstra valores baixos, mas menores ainda que o outro método.

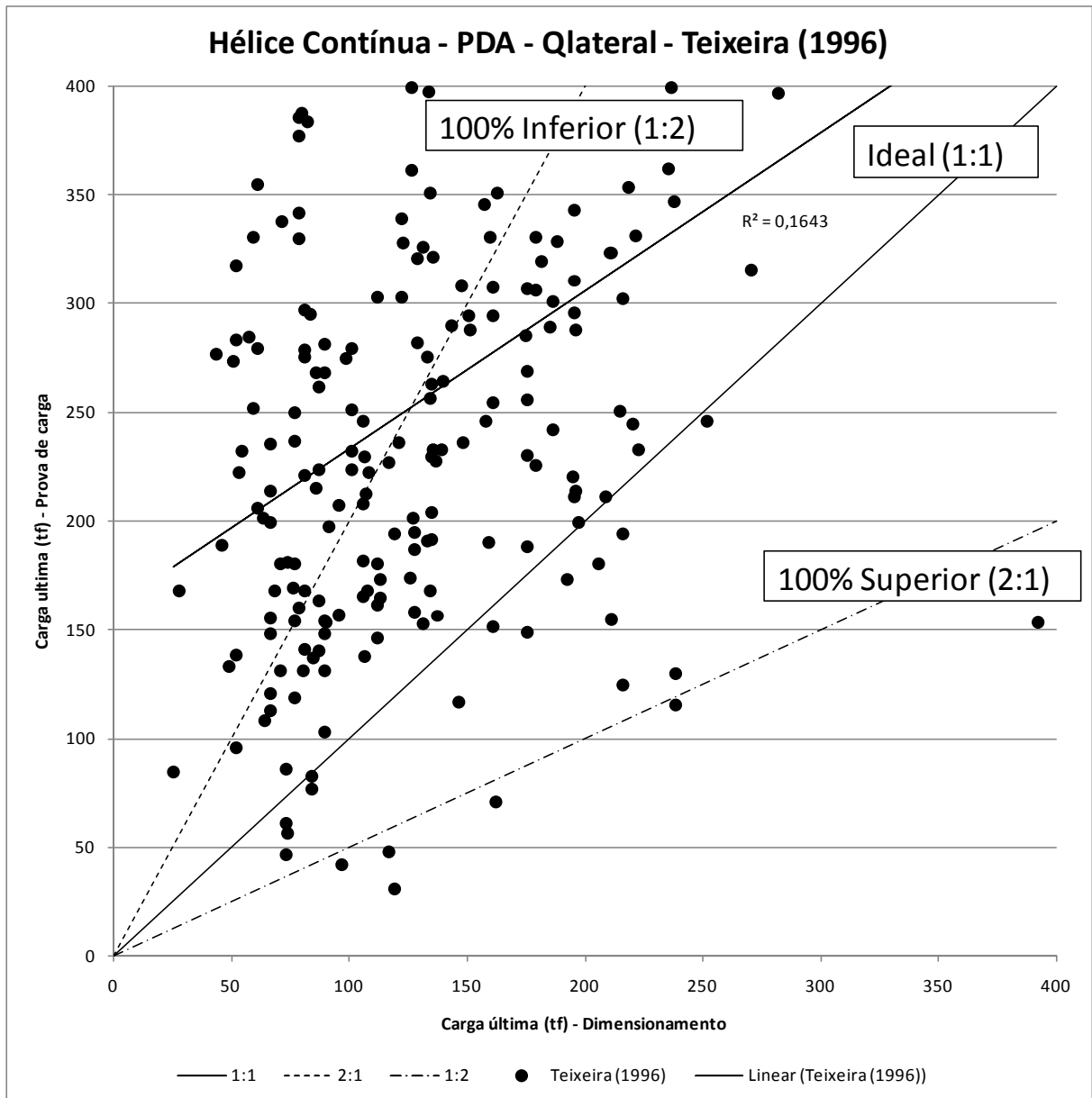
Figura 20 – Hélice contínua, prova de carga dinâmica, carga de ponta, Teixeira (1996)



(fonte: elaborado pelo autor)

A figura 21 demonstra uma clara tendência a subestimar a carga lateral das estacas hélice contínua para o método Teixeira (1996).

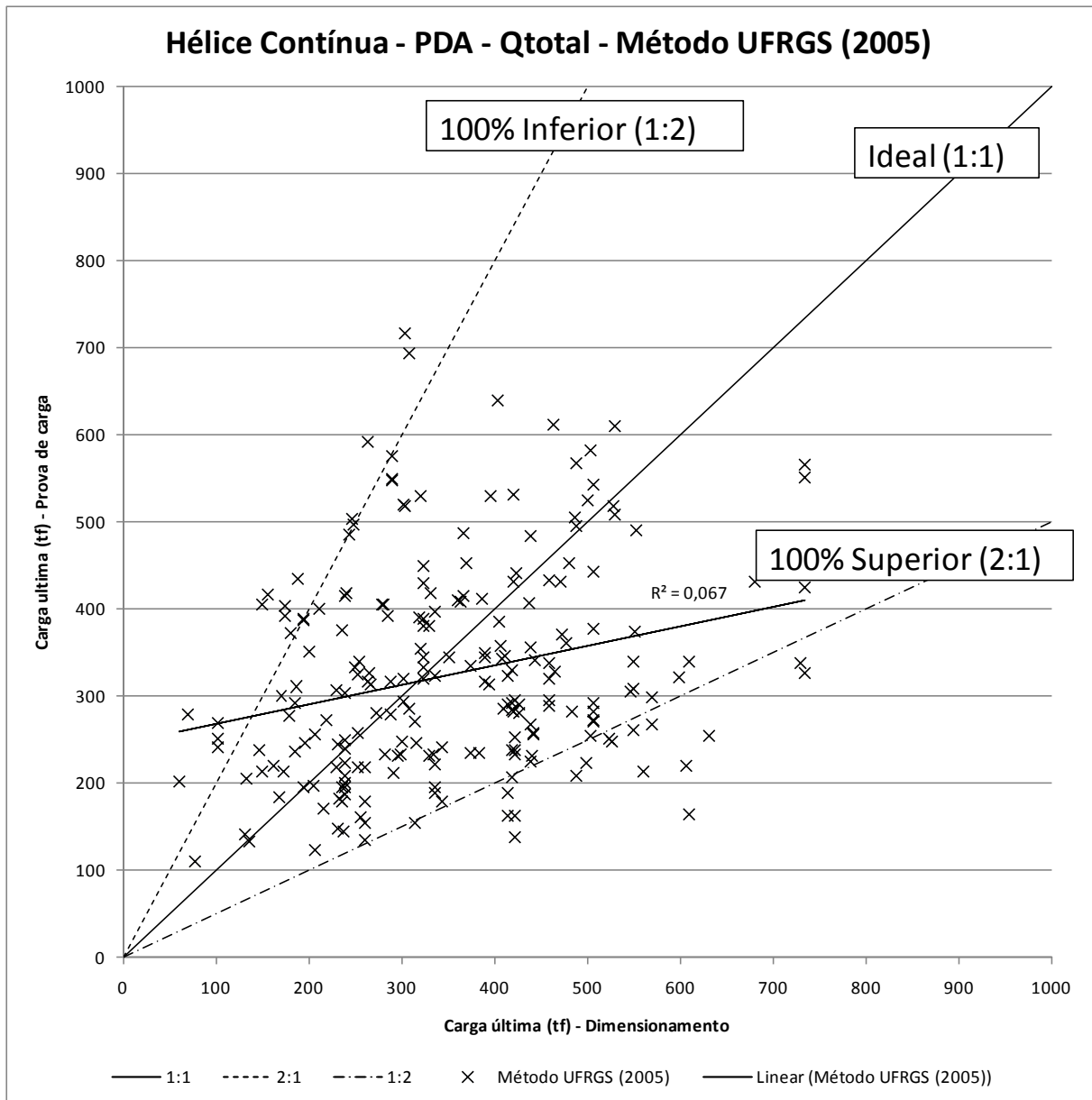
Figura 21 – Hélice contínua, prova de carga dinâmica, carga lateral, Teixeira (1996)



(fonte: elaborado pelo autor)

Assim como os dois últimos métodos, o método UFRGS (2005) também apresenta uma concordância satisfatória, para a carga total, entre o dimensionamento e o resultado da prova de carga dinâmica.

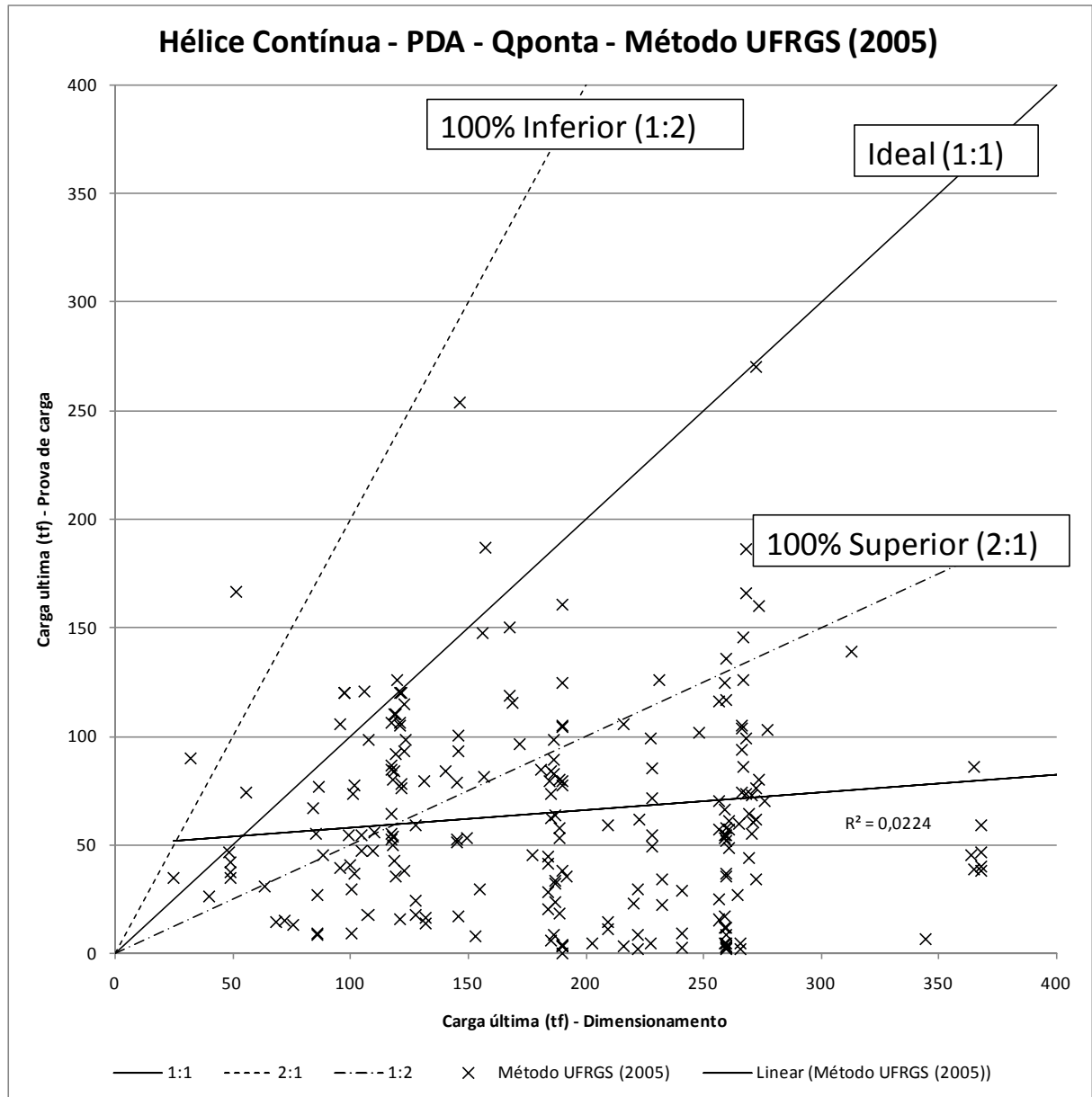
Figura 22 – Hélice contínua, prova de carga dinâmica, carga total, método UFRGS (2005)



(fonte: elaborado pelo autor)

A figura 23 demonstra uma clara tendência a superestimar a carga de ponta das estacas hélice contínua.

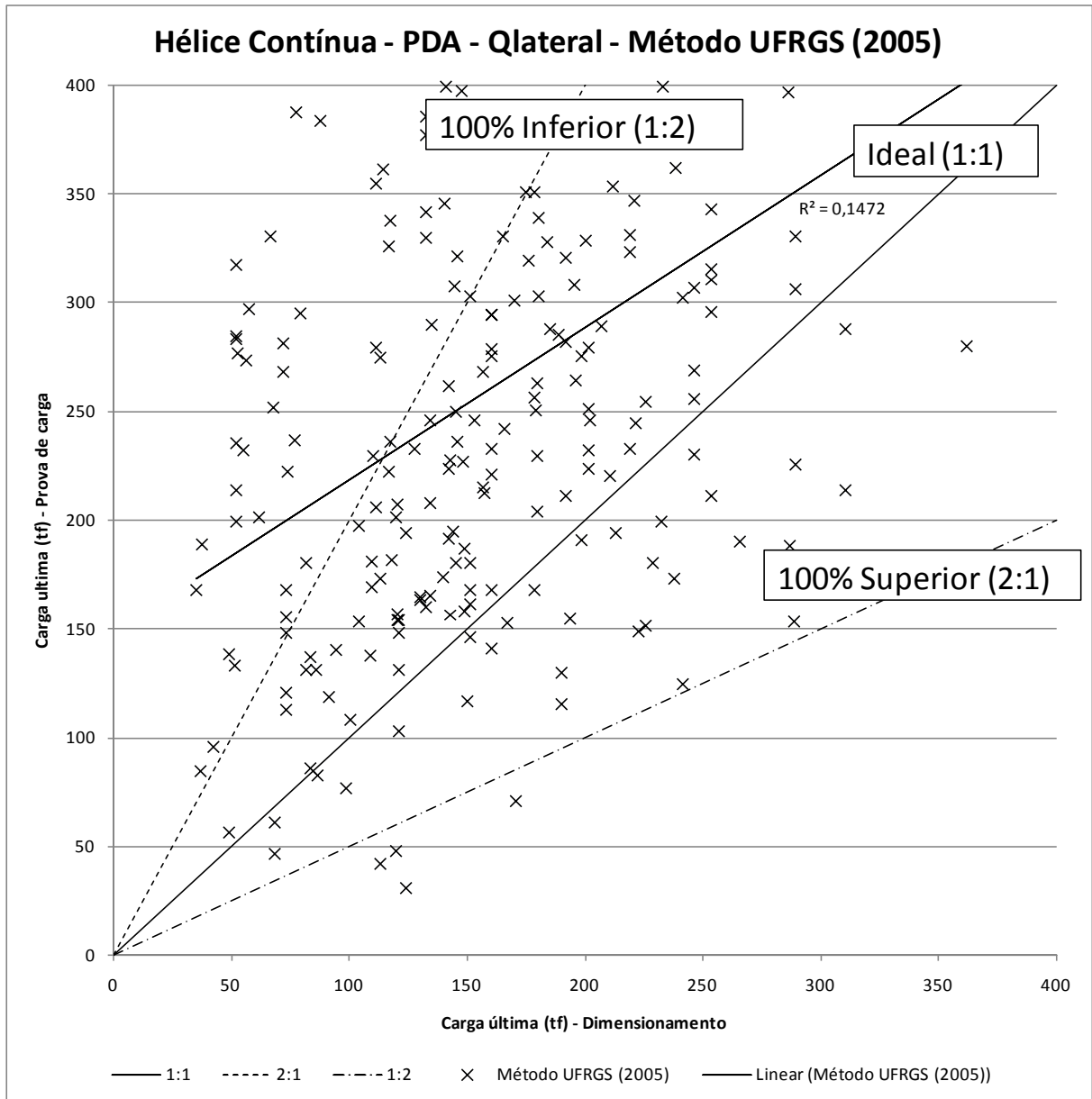
Figura 23 – Hélice contínua, prova de carga dinâmica, carga de ponta, método UFRGS (2005)



(fonte: elaborado pelo autor)

Em relação à carga lateral para o método UFRGS (2005), tem uma tendência a subestimar da carga.

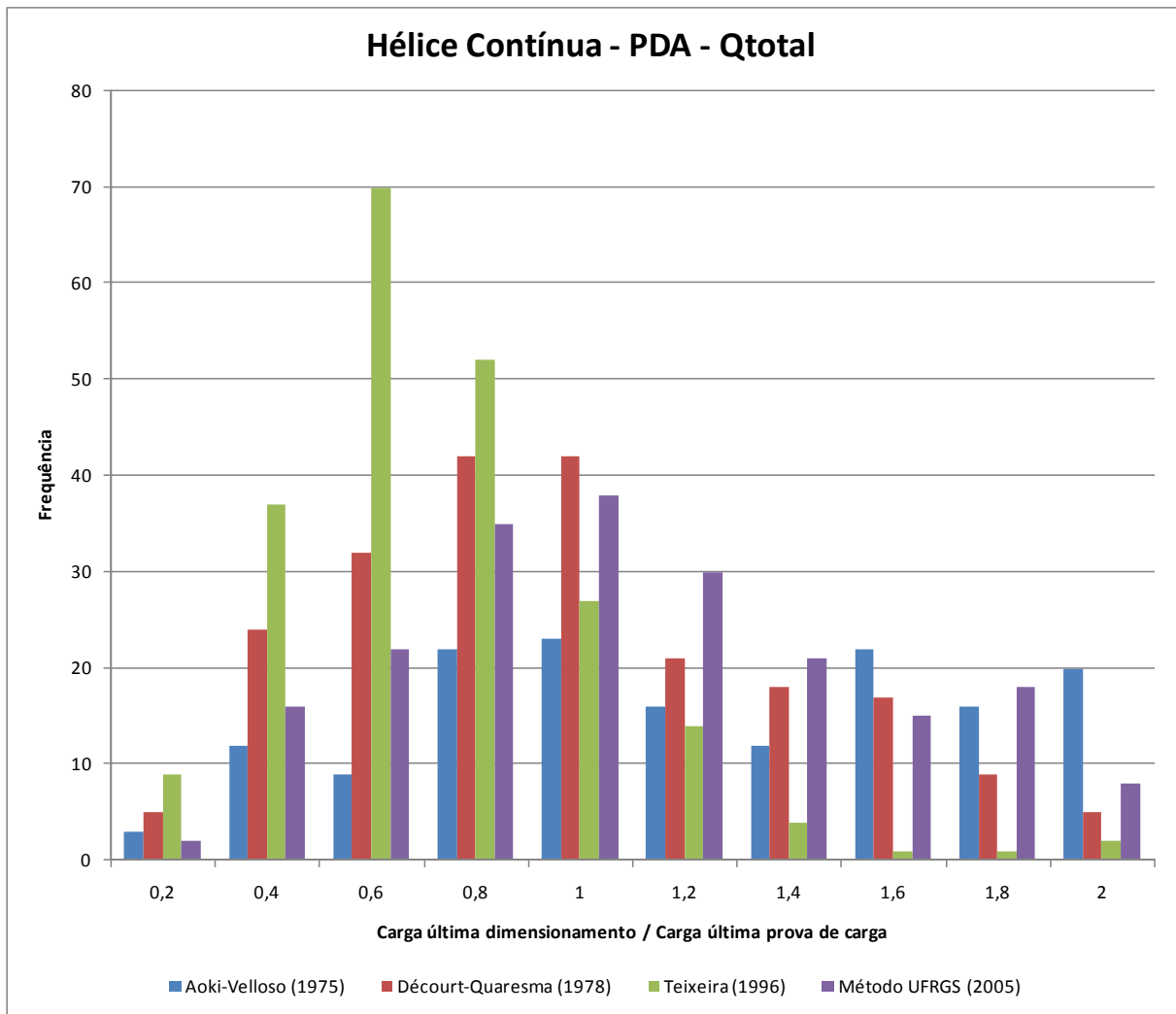
Figura 24 – Hélice contínua, prova de carga dinâmica, carga lateral, método UFRGS (2005)



(fonte: elaborado pelo autor)

A seguir, serão mostrados, nas figuras 25 até 27 respectivamente, histogramas separados em carga total, ponta e lateral.

Figura 25 – Histograma, hélice contínua, prova de carga dinâmica, carga total



(fonte: elaborado pelo autor)

O quadro 11 mostra a média e desvio padrão de cada método para a carga total.

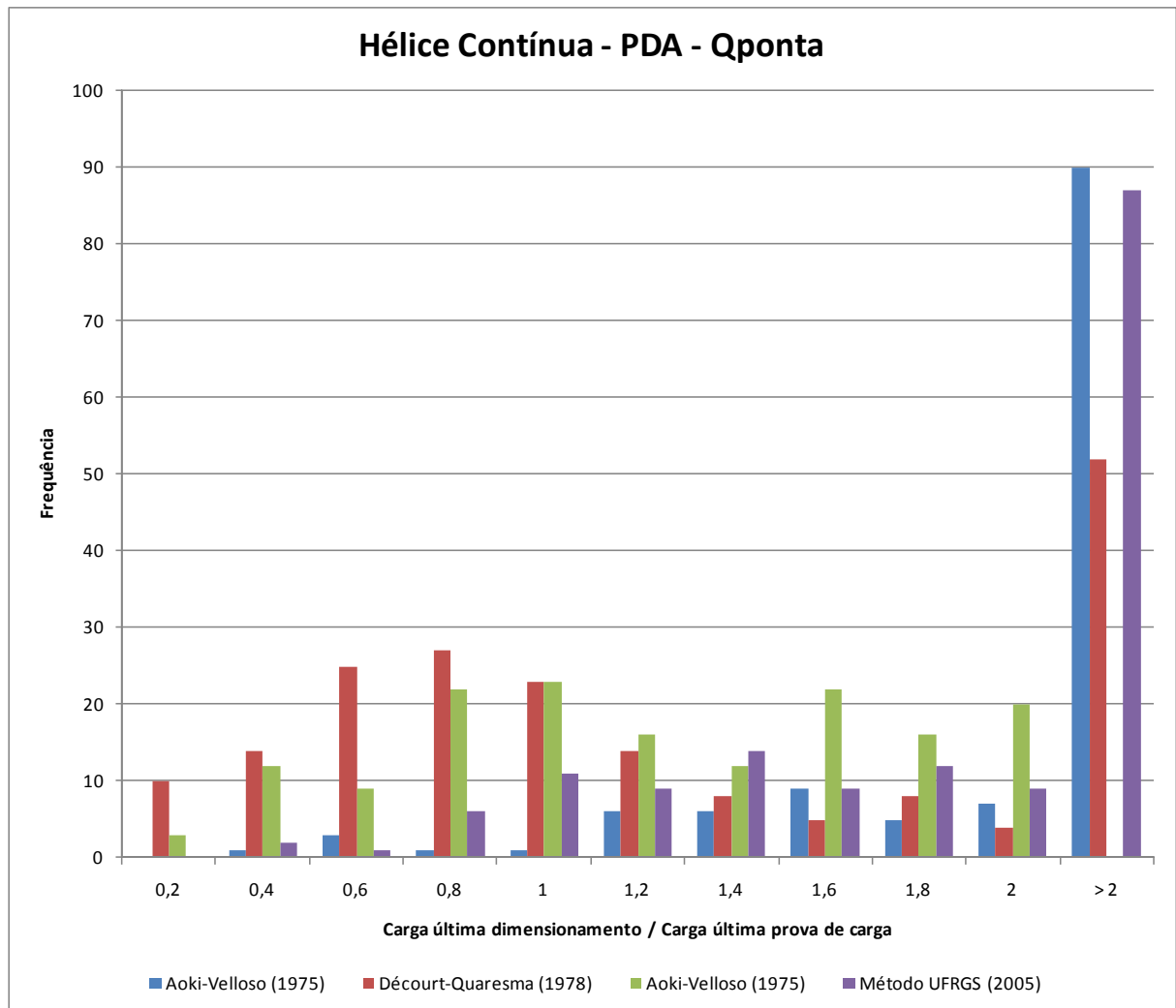
Quadro 11 – Histograma, hélice contínua, prova de carga dinâmica, carga total, média e desvio padrão

	Aoki-Velloso (1975)	Décourt-Quaresma (1978)	Teixeira (1996)	Método UFRGS (2005)
Média	1,62	0,92	0,68	1,07
Desv	0,95	0,47	0,35	0,56

(fonte: elaborado pelo autor)

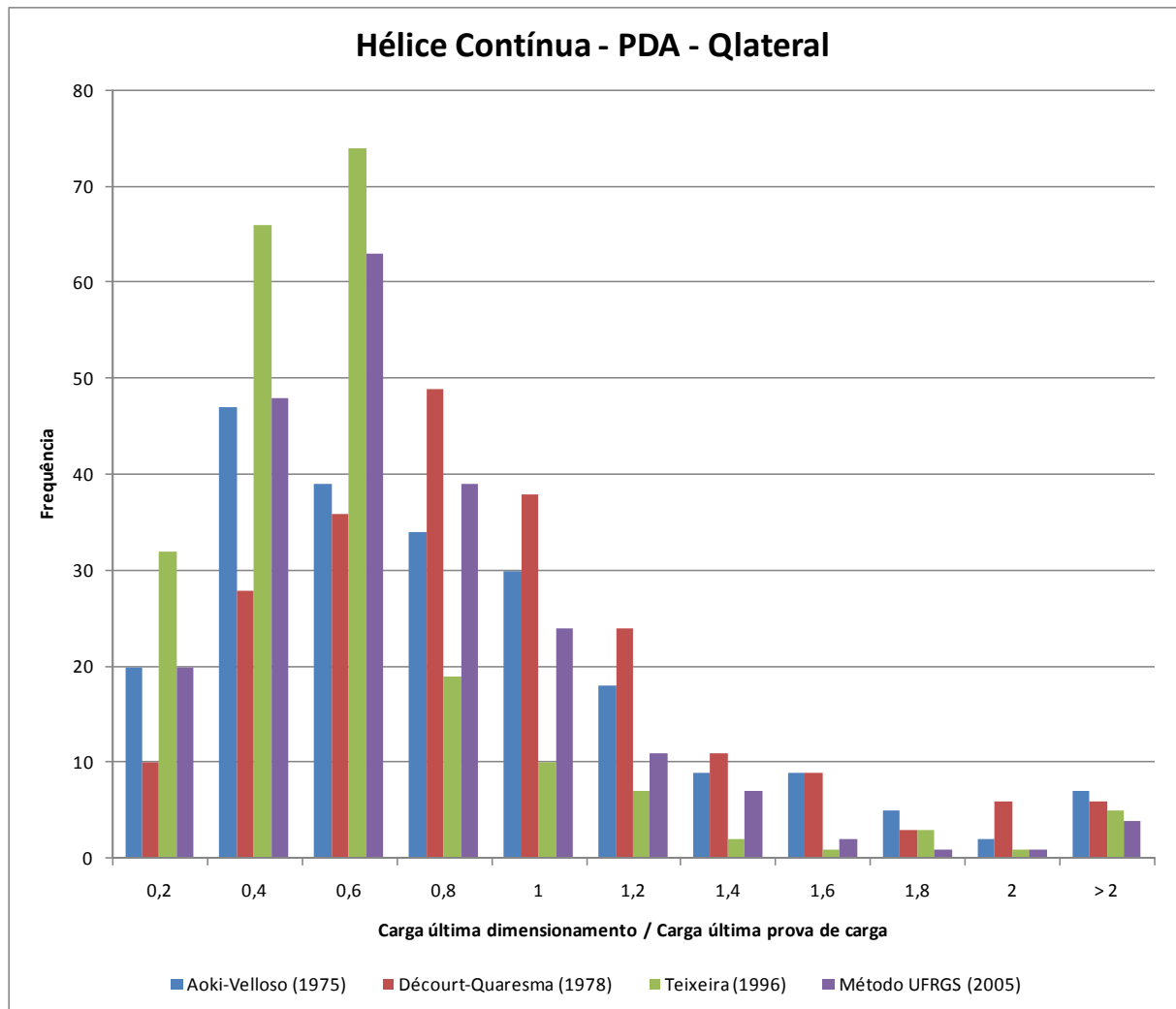


Figura 26 – Histograma, hélice contínua, prova de carga dinâmica, carga de ponta



(fonte: elaborado pelo autor)

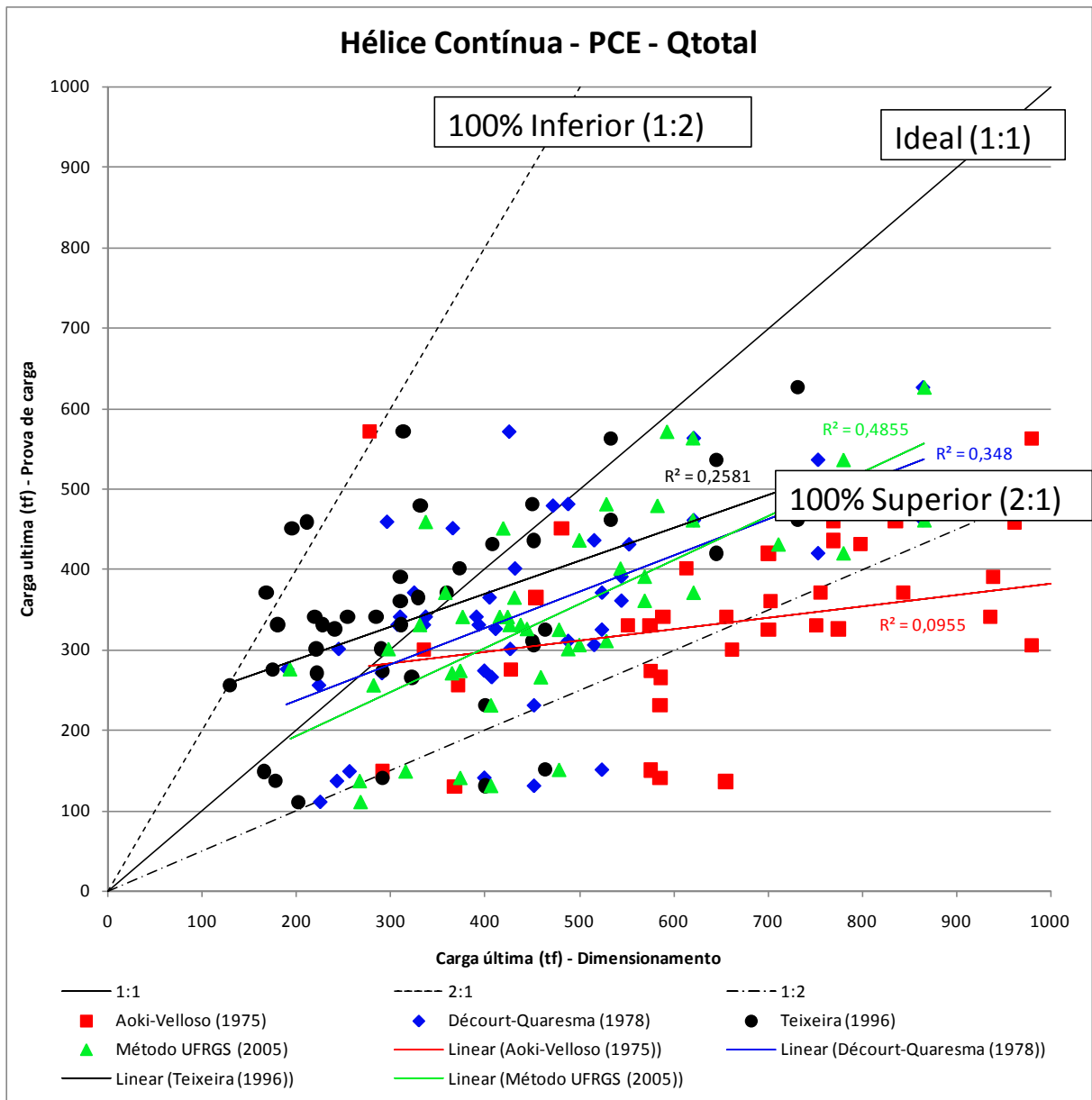
Figura 27 – Histograma, hélice contínua, prova de carga dinâmica, carga lateral



(fonte: elaborado pelo autor)

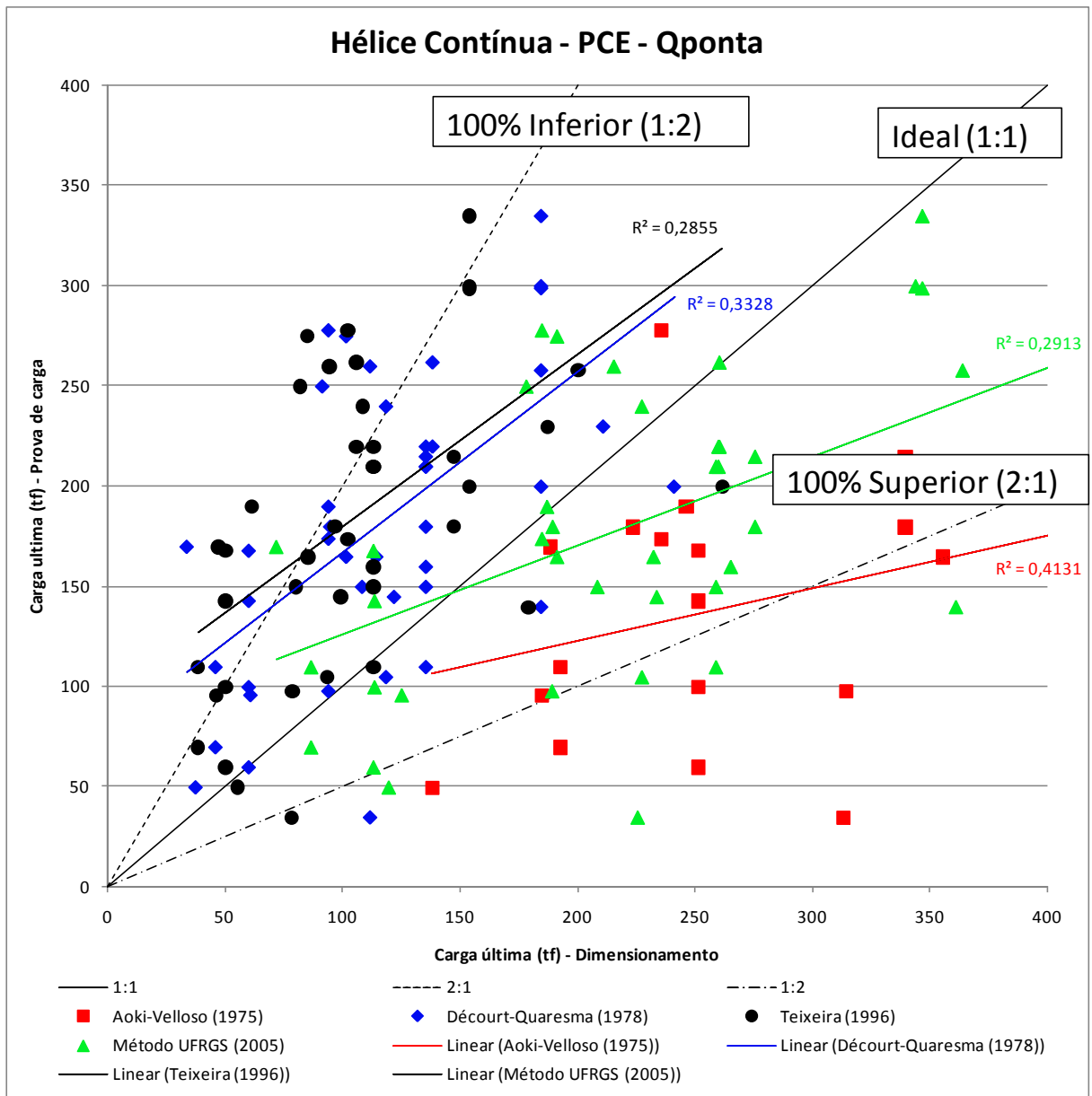
As figuras 28, 29 e 30 apresentam os resultados para as prova de carga estática com todos os métodos de dimensionamento juntos.

Figura 28 – Hélice contínua, prova de carga estática, carga total



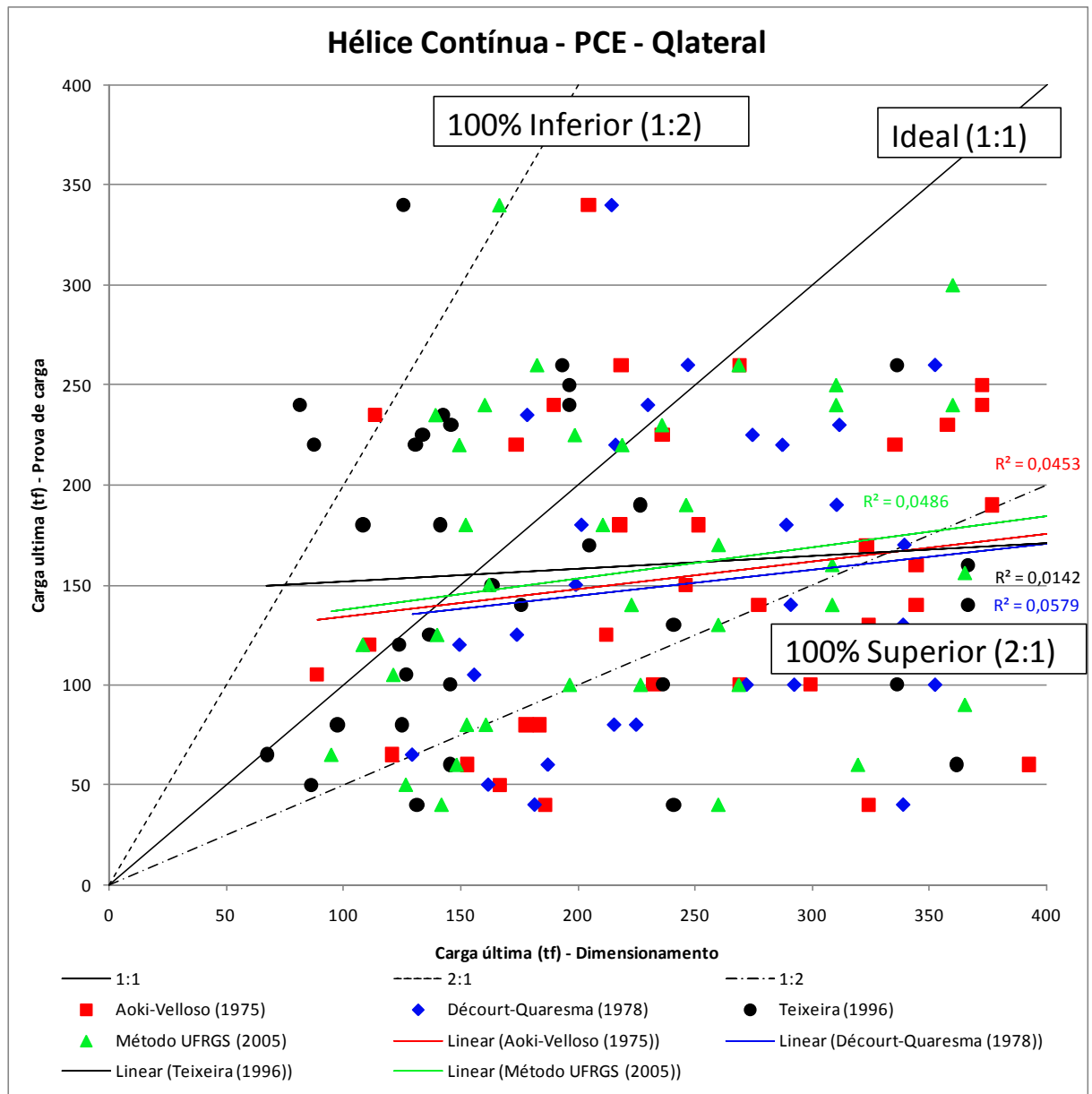
(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 29 – Hélice contínua, prova de carga estática, carga de ponta



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 30 – Hélice contínua, prova de carga estática, carga lateral



(fonte: elaborado pelo autor)

Analisando o método de Aoki-Velloso (1975) nota-se uma tendência ao superdimensionamento da estaca hélice contínua, que confirma a tendência da prova de carga dinâmica. Além da carga total, as cargas de ponta e lateral também são superestimadas, porém esta última com uma dispersão maior que a carga de ponta.

Em relação ao método Decourt-Quaresma (1978), existe uma concordância satisfatória entre o dimensionamento e o resultado da prova de carga estática, mas existe uma leve tendência ao superdimensionamento da estaca hélice contínua. Nota-se também que existe uma leve

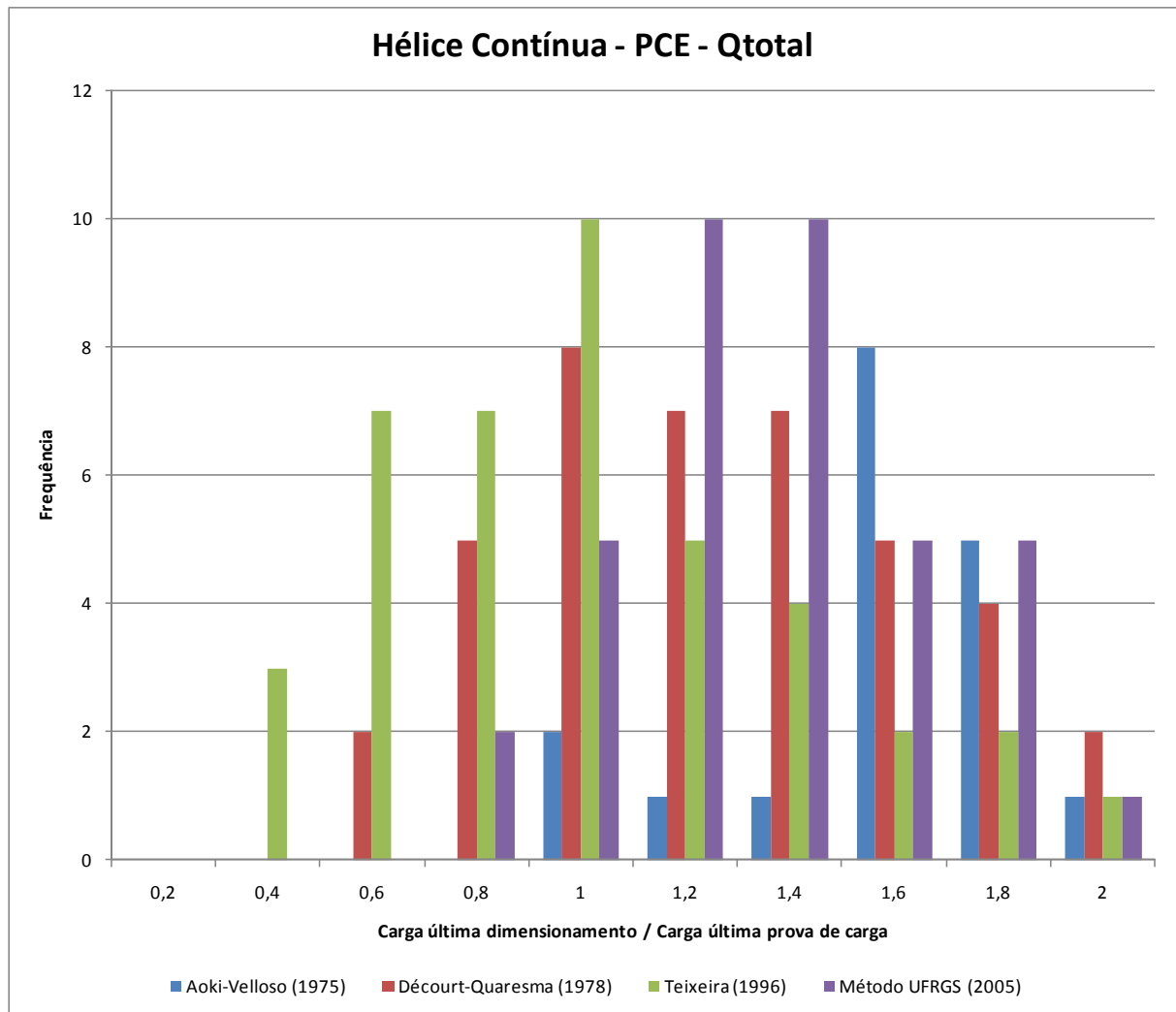
tendência ao superdimensionamento da estaca hélice contínua. Analisando separadamente as cargas de ponta e lateral nota-se comportamento opostos: a carga de ponta é subestimada e a carga lateral é superestimada.

O método Teixeira (1996) apresenta resultados semelhantes ao Decourt-Quaresma (1978), possuindo uma concordância satisfatória, e confirmando a tendência da prova de carga dinâmica. Em relação à ponta, o método tende a subestimar a carga. Em contrapartida, a carga lateral possui uma tendência de superestimar e ainda com uma alta dispersão. Este resultado, e o anterior, não seguem a mesma tendência dos resultados de prova de carga dinâmica.

O resultado para o método UFRGS (2005), se comparado às provas de carga dinâmica, tendem ao maior subdimensionamento das estacas hélice contínua. De certa forma, o resultado da prova de carga estática tem uma concordância, embora para o subdimensionamento. Analisando em separado as carga lateral e ponta, nota-se uma tendência em superestimar a carga, embora os resultados da carga lateral possuam uma relativa concordância.

A seguir, serão mostrados, nas figuras 31 até 33 respectivamente, histogramas separados em carga total, ponta e lateral.

Figura 31 – Histograma, hélice contínua, prova de carga estática, carga total



(fonte: elaborado pelo autor)

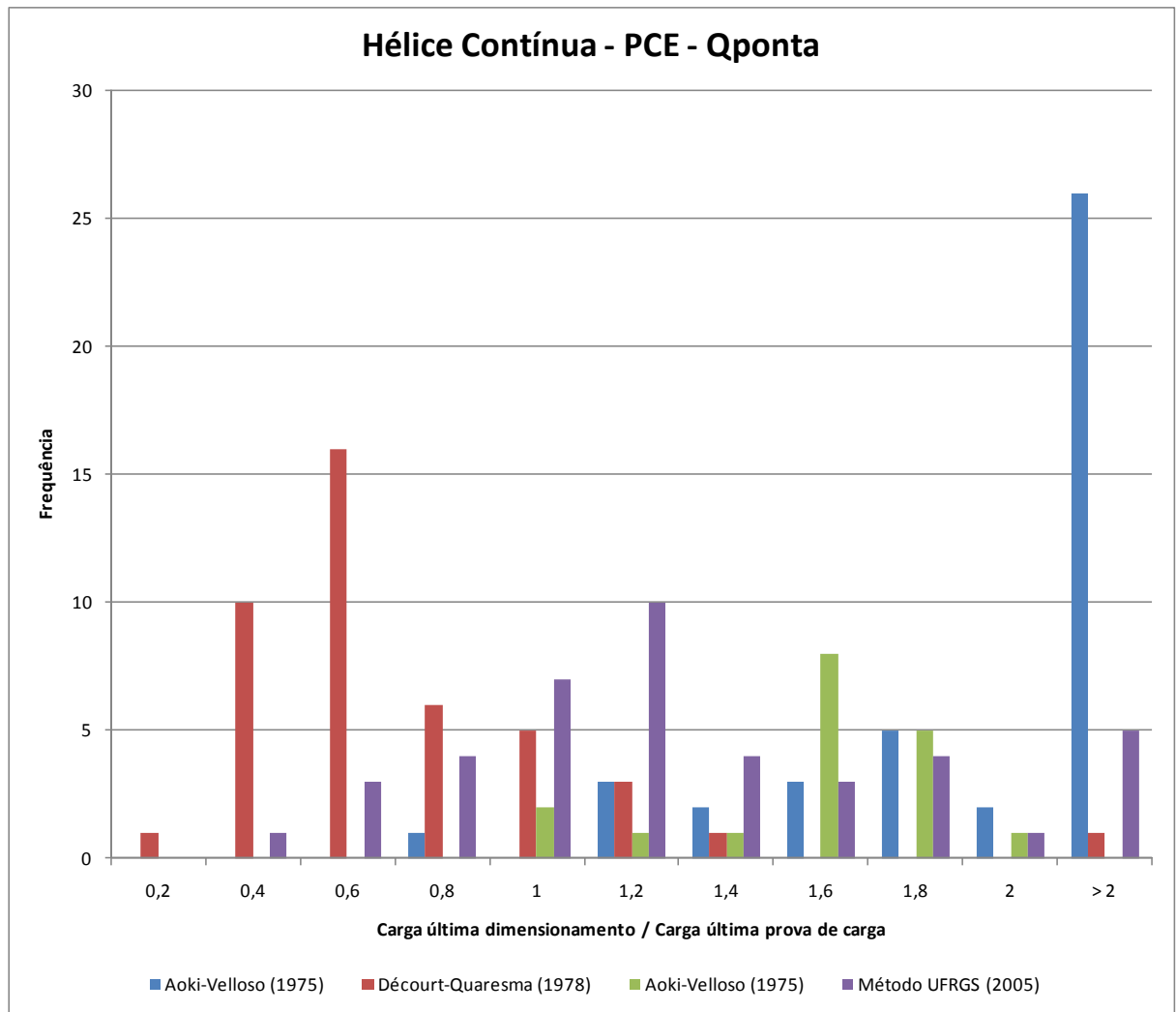
O quadro12 mostra a média e desvio padrão de cada método para a carga total.

Quadro 12 – Histograma, hélice contínua, prova de carga estática, carga total, média e desvio padrão

	Aoki-Velloso (1975)	Décourt-Quaresma (1978)	Teixeira (1996)	Método UFRGS (2005)
Média	2,13	1,29	0,95	1,37
Desv	0,81	0,63	0,59	0,55

(fonte: elaborado pelo autor)

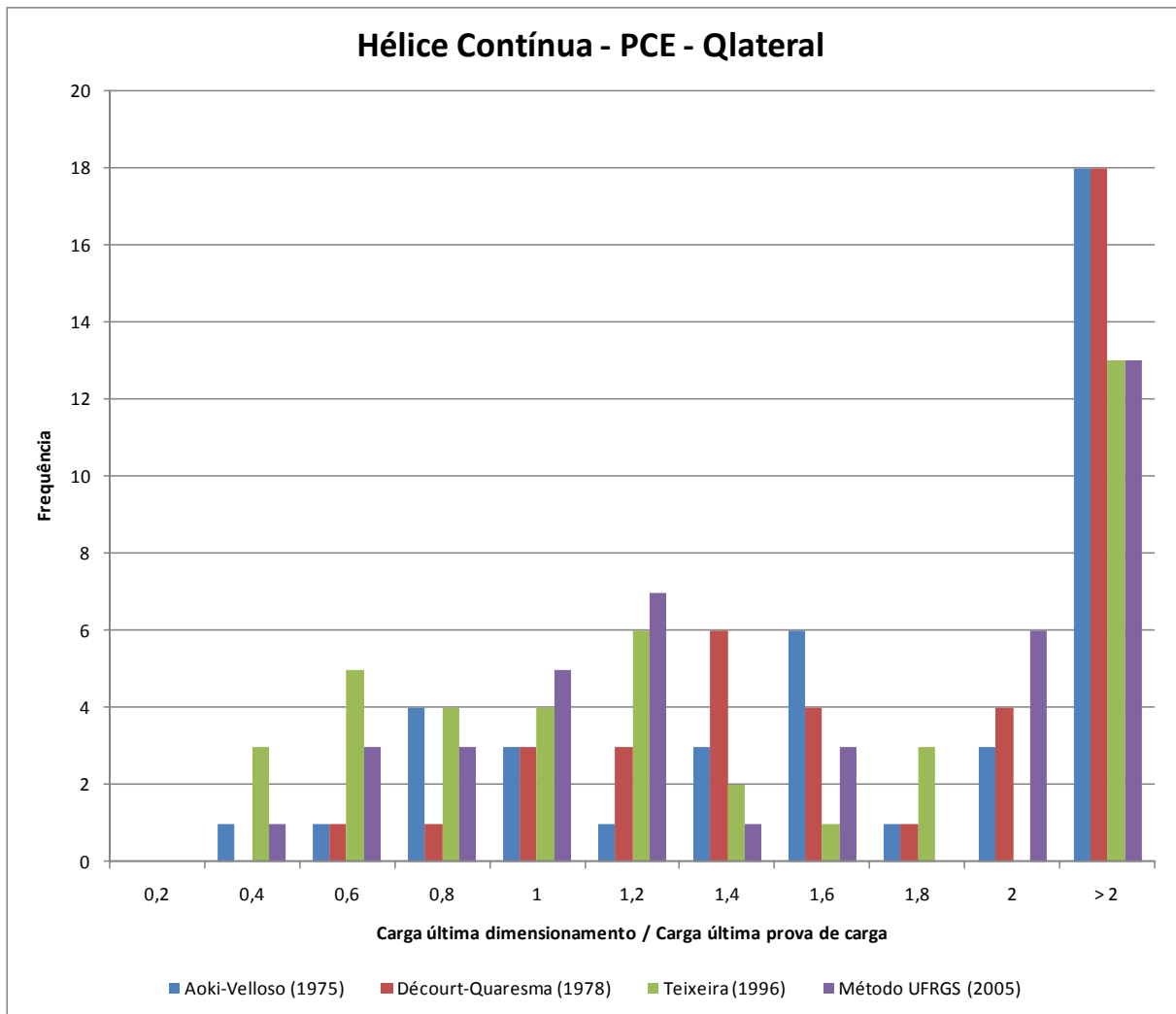
Figura 32 – Histograma, hélice contínua, prova de carga estática, carga de ponta



(fonte: elaborado pelo autor)



Figura 33 – Histograma, hélice contínua, prova de carga estática, carga lateral

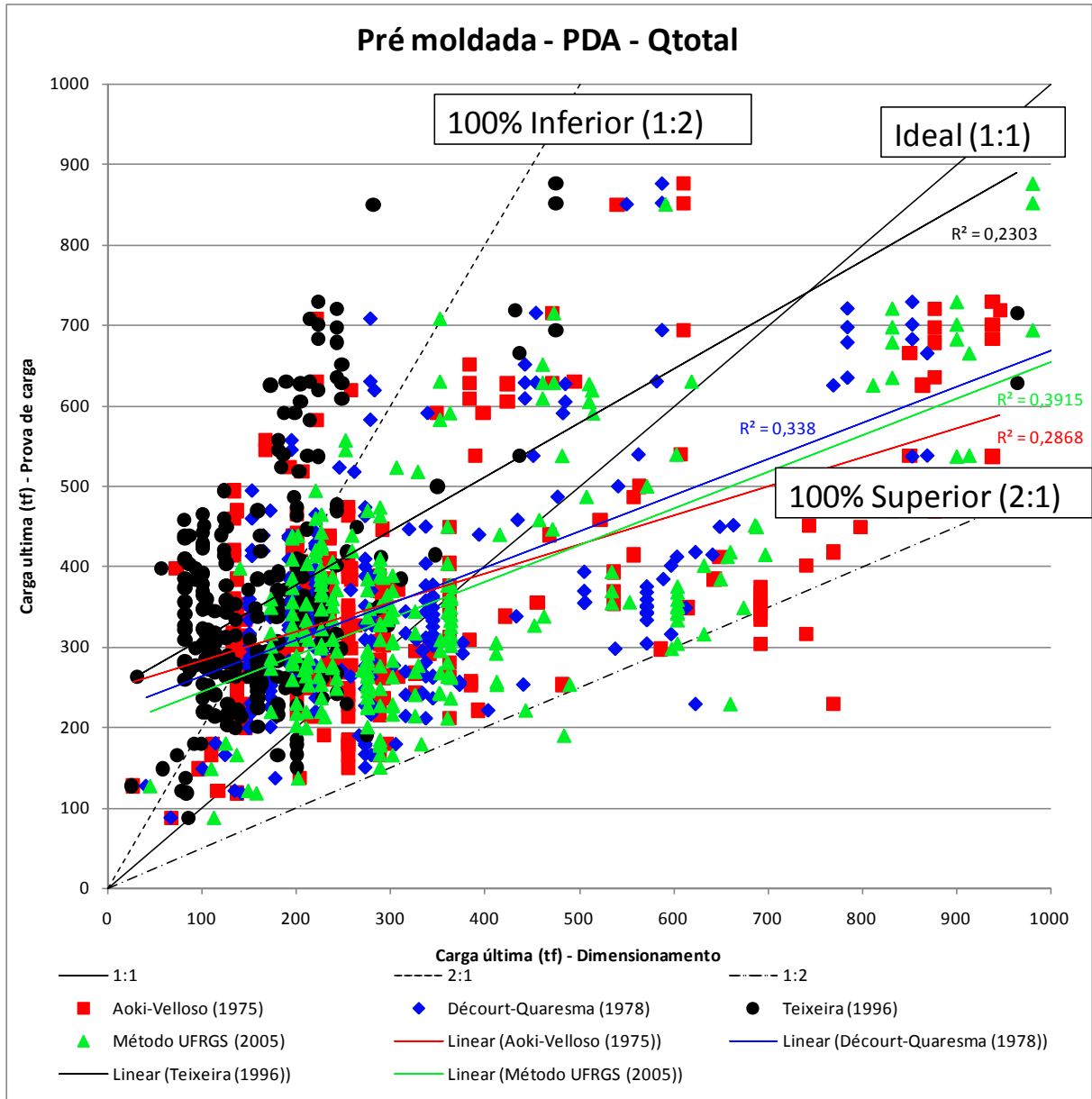


(fonte: elaborado pelo autor)

## 6.2 RESULTADO ESTACAS PRÉ-MOLDADAS DE CONCRETO

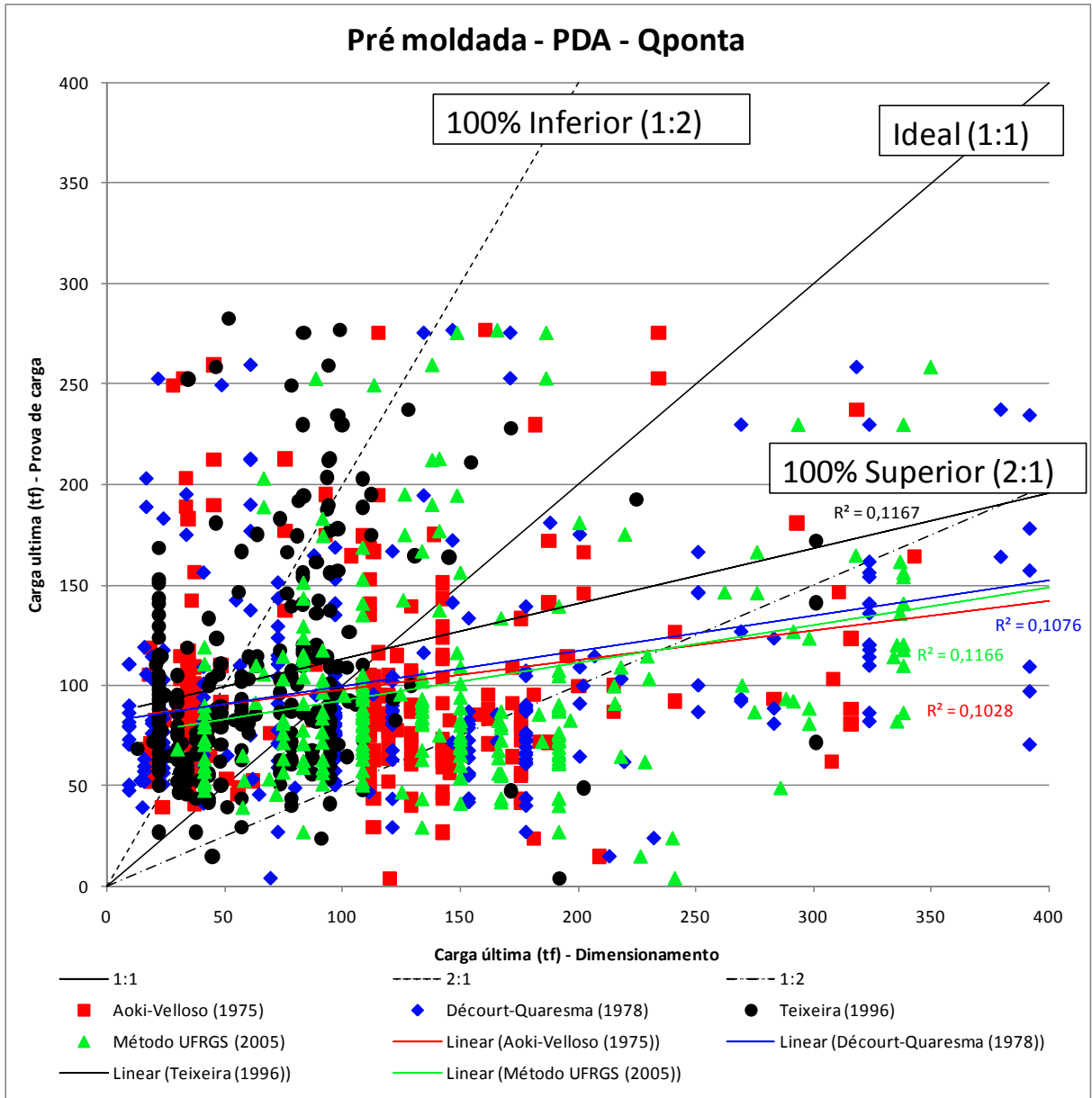
As figuras 34, 35 e 36 apresentam os resultados para as prova de carga dinâmica com todos os métodos de dimensionamento juntos. As figuras 37 até 48 mostram os gráficos separados para cada método seguindo a ordem que os métodos foram descritos neste trabalho.

Figura 34 – Pré moldada, prova de carga dinâmica, carga total



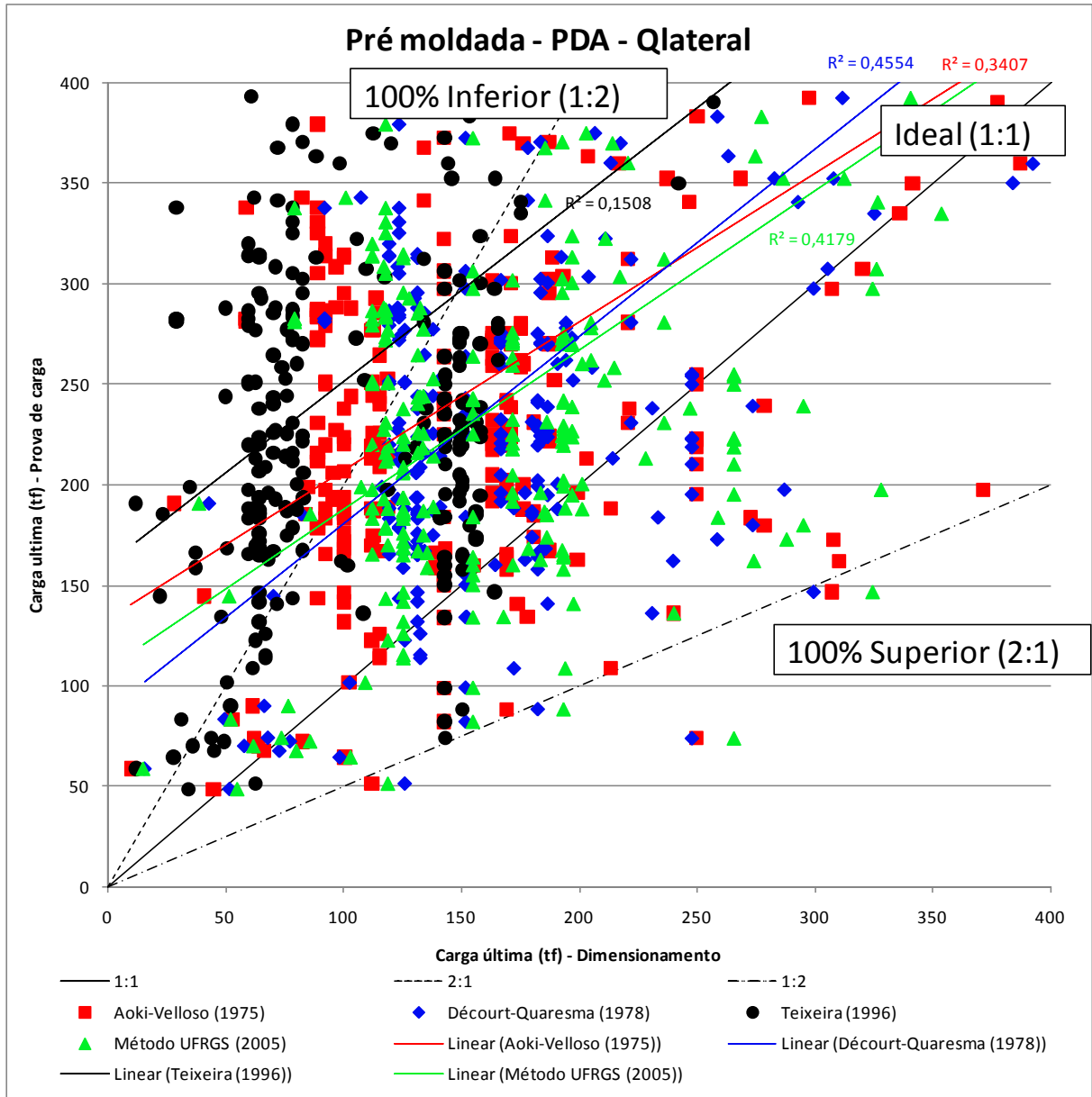
(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 35 – Pré moldada, prova de carga dinâmica, carga de ponta



(fonte: elaborado pelo autor)

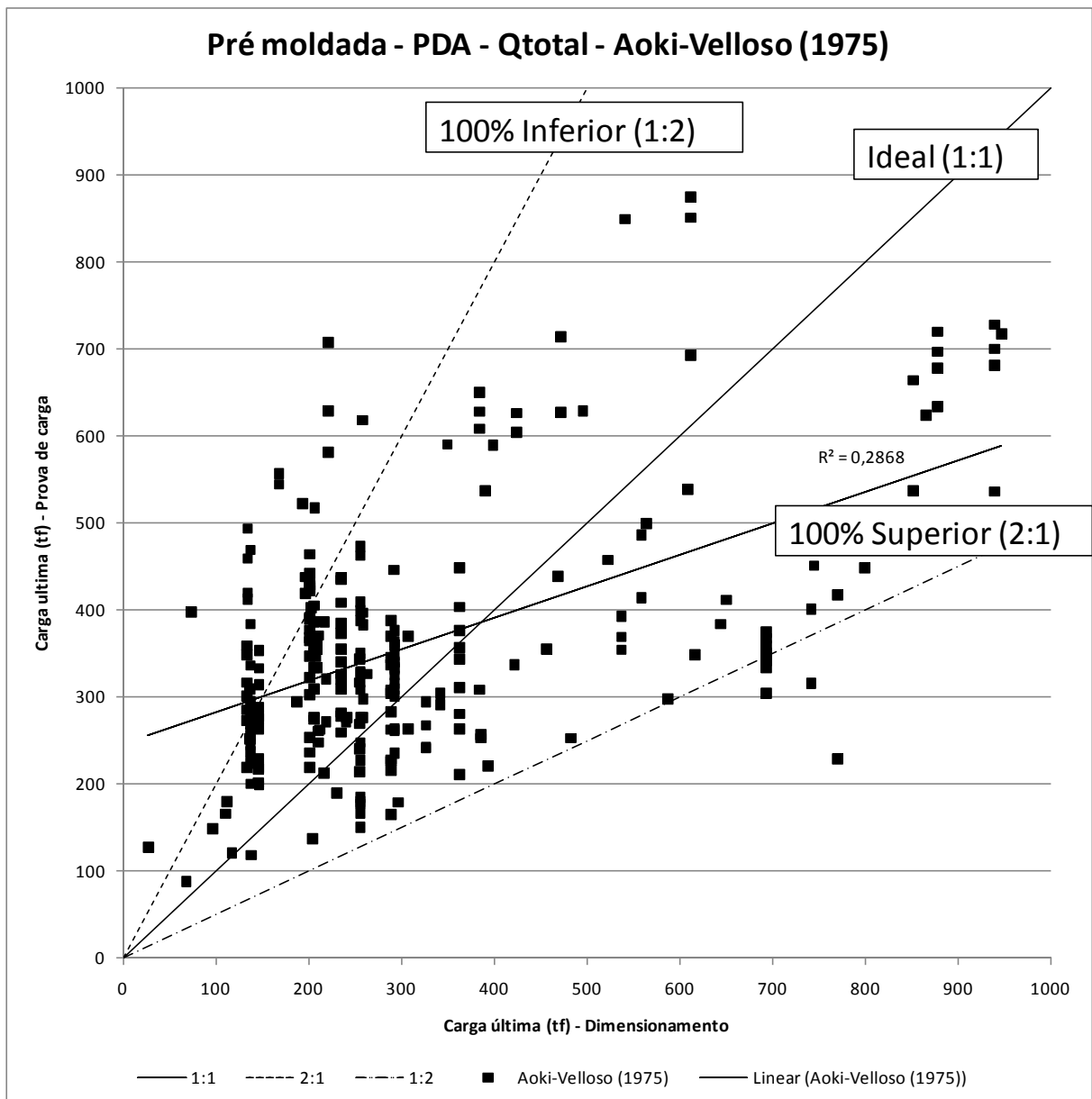
Figura 36 – Pré moldada, prova de carga dinâmica, carga lateral



(fonte: elaborado pelo autor)

Analisando os resultados da figura 37, nota-se certa concordância entre dimensionamento e resultado da prova de carga. Analisando mais profundamente percebe-se que: para cargas de rupturas inferior à 400 toneladas, existe uma leve tendência ao subdimensionamento da estaca pré-moldada; para cargas superiores à 400 toneladas, existe uma dispersão dos resultados, sendo estes mais próximos às retas 1:2 e 2:1 do que a reta ideal 1:1.

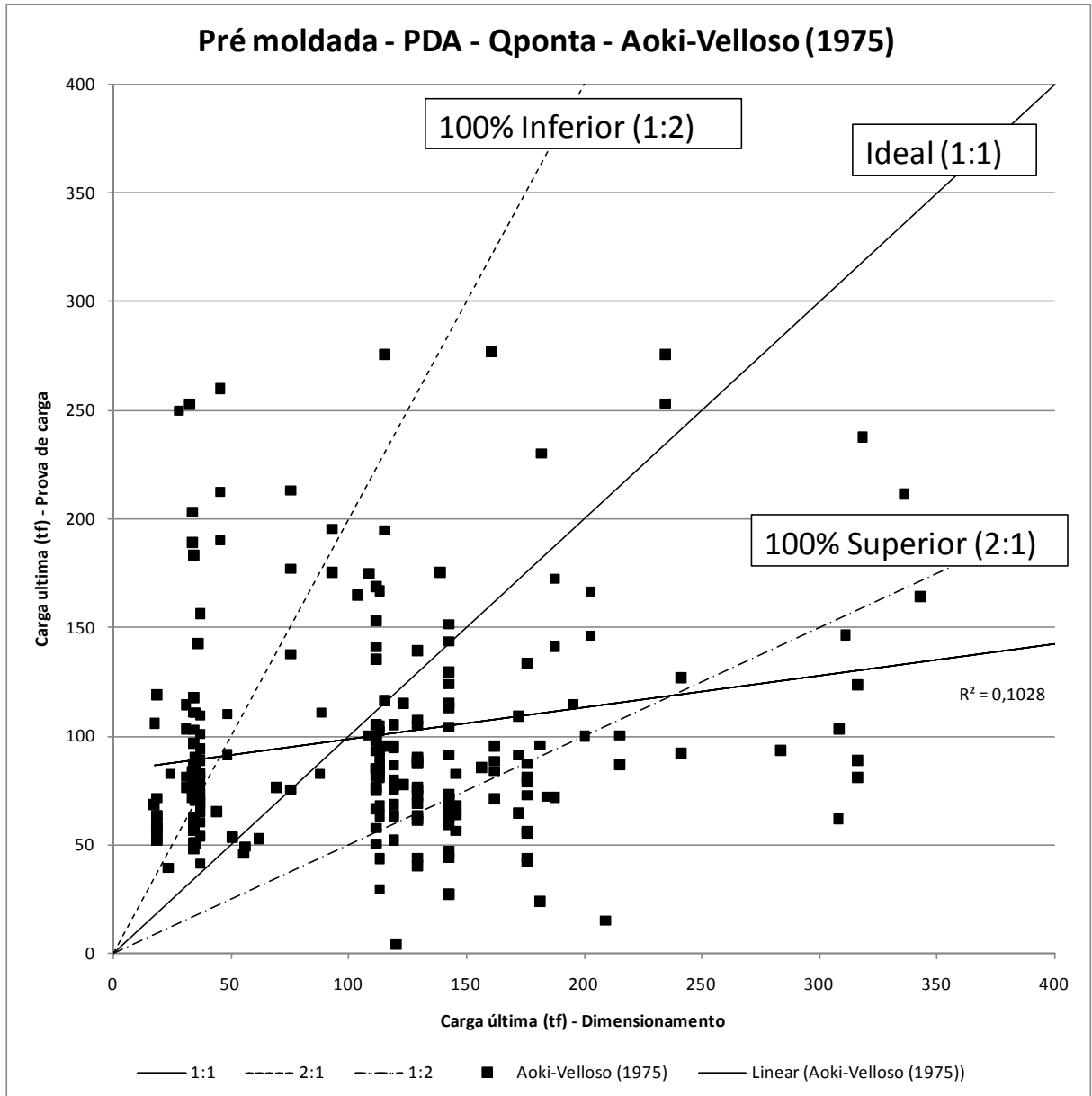
Figura 37 – Pré moldada, prova de carga dinâmica, carga total, Aoki-Velloso (1975)



(fonte: elaborado pelo autor)

Assim como a carga total para este método, percebe-se um patamar de carga, em torno de 100 toneladas, o qual acima desta carga as estacas são superestimadas, e abaixo deste patamar elas são subestimadas.

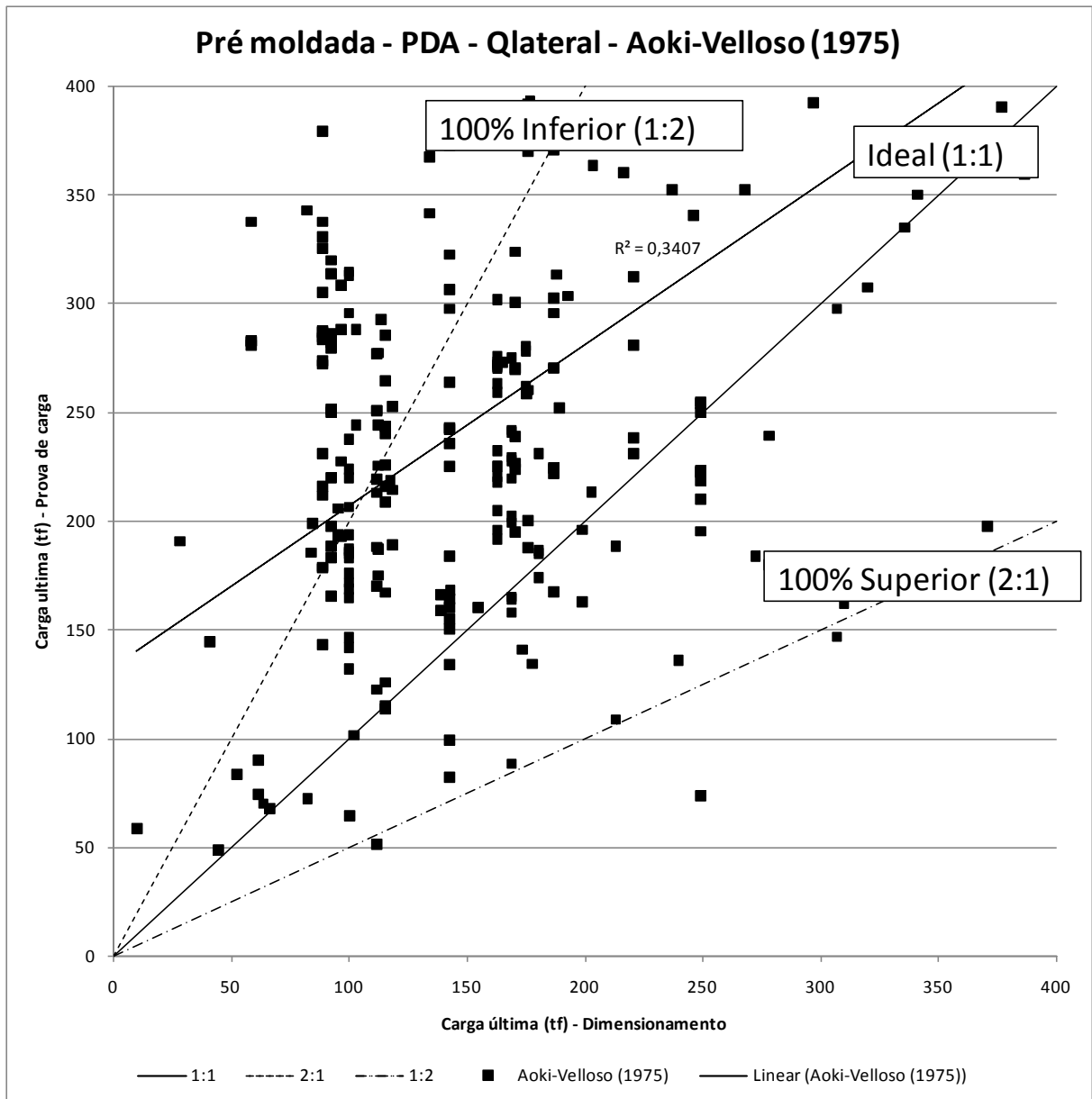
Figura 38 – Pré moldada, prova de carga dinâmica, carga de ponta, Aoki-Velloso (1975)



(fonte: elaborado pelo autor)

Analisando a figura 39, as estacas pré moldadas tem uma tendência de subestimar a carga lateral pelo método Aoki-Velloso (1975). Se comparado à carga total e de ponta, não existe um patamar de carga com divisão de tendências de dimensionamento.

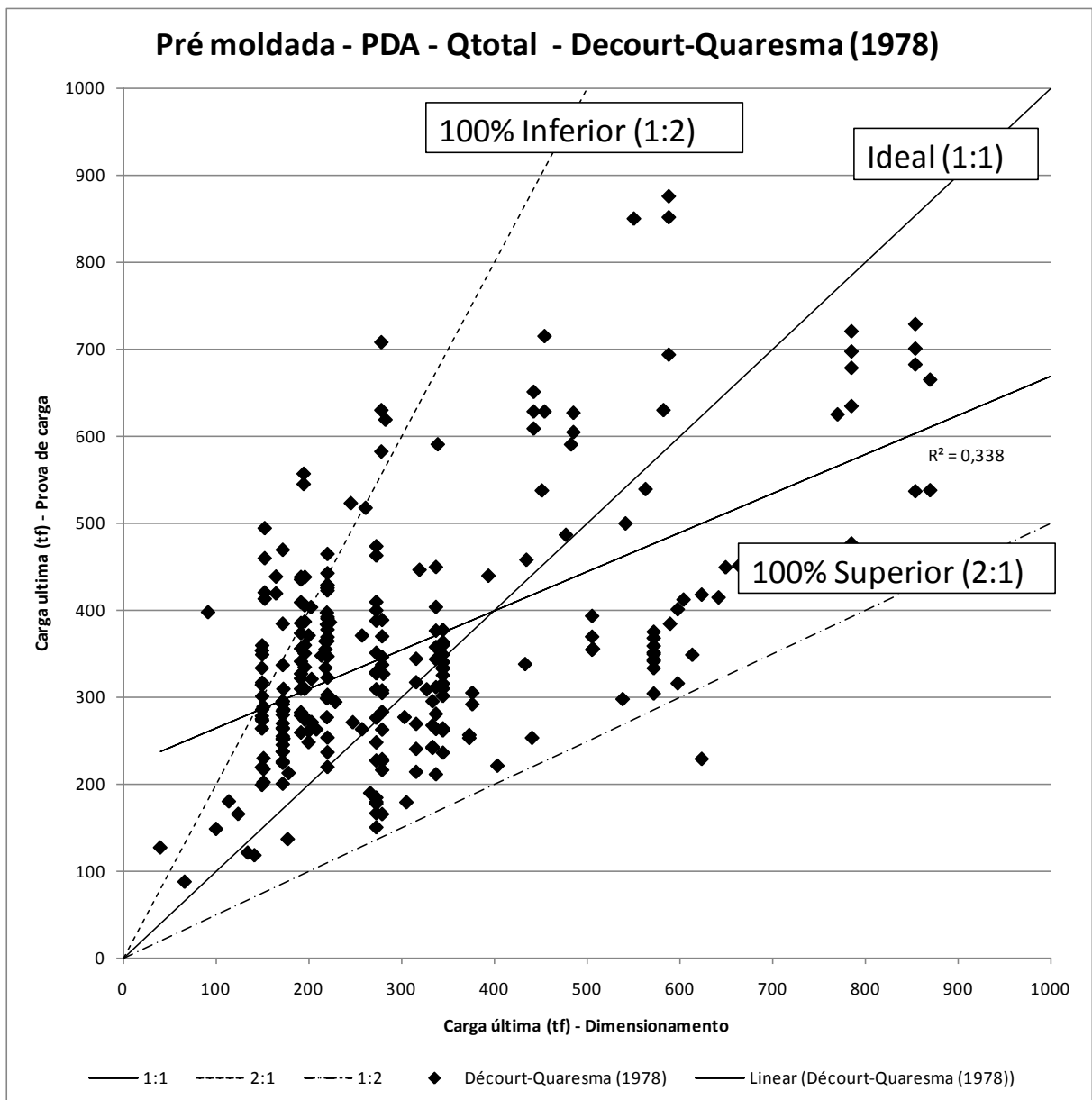
Figura 39 – Pré moldada, prova de carga dinâmica, carga lateral, Aoki-Velloso (1975)



(fonte: elaborado pelo autor)

Assim como para as estacas hélice contínua, as estacas pré moldadas apresentam uma concordância satisfatória entre o dimensionamento e o resultado da prova de carga dinâmica, embora exista uma leve tendência ao subdimensionamento pelo método Decourt-Quaresma (1978).

Figura 40 – Pré moldada, prova de carga dinâmica, carga total, Decourt-Quaresma (1978)

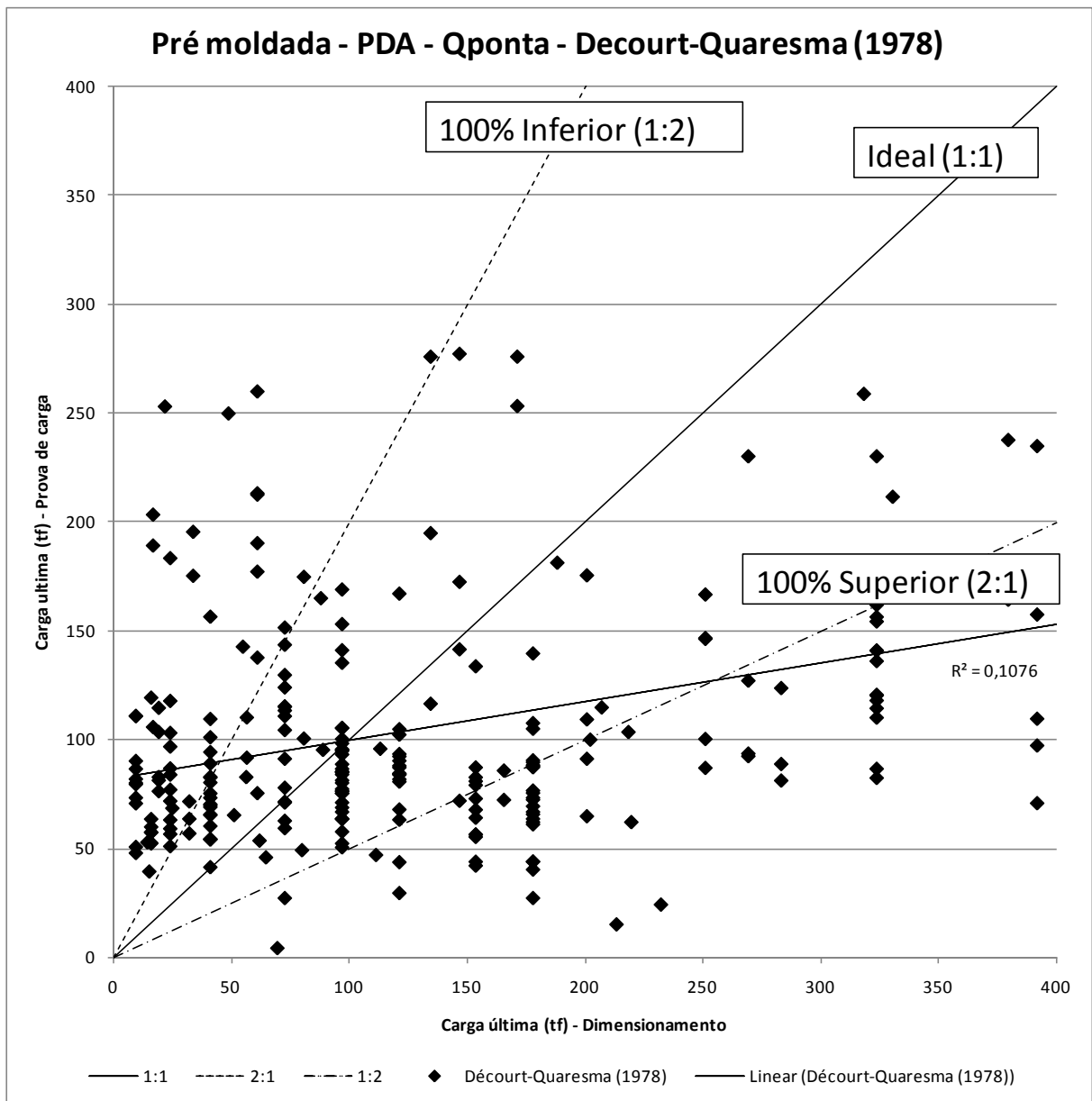


(fonte: elaborado pelo autor)



A figura 41 mostra valores bem dispersos entre dimensionamento e resultado da prova de carga dinâmica, mas analisando cuidadosamente, verifica-se um patamar na carga de 150 toneladas aproximadamente. Acima deste patamar, as estacas são superdimensionadas, enquanto abaixo do patamar, as estacas tem sua carga de ponta subestimada pelo método Decourt-Quaresma (1978).

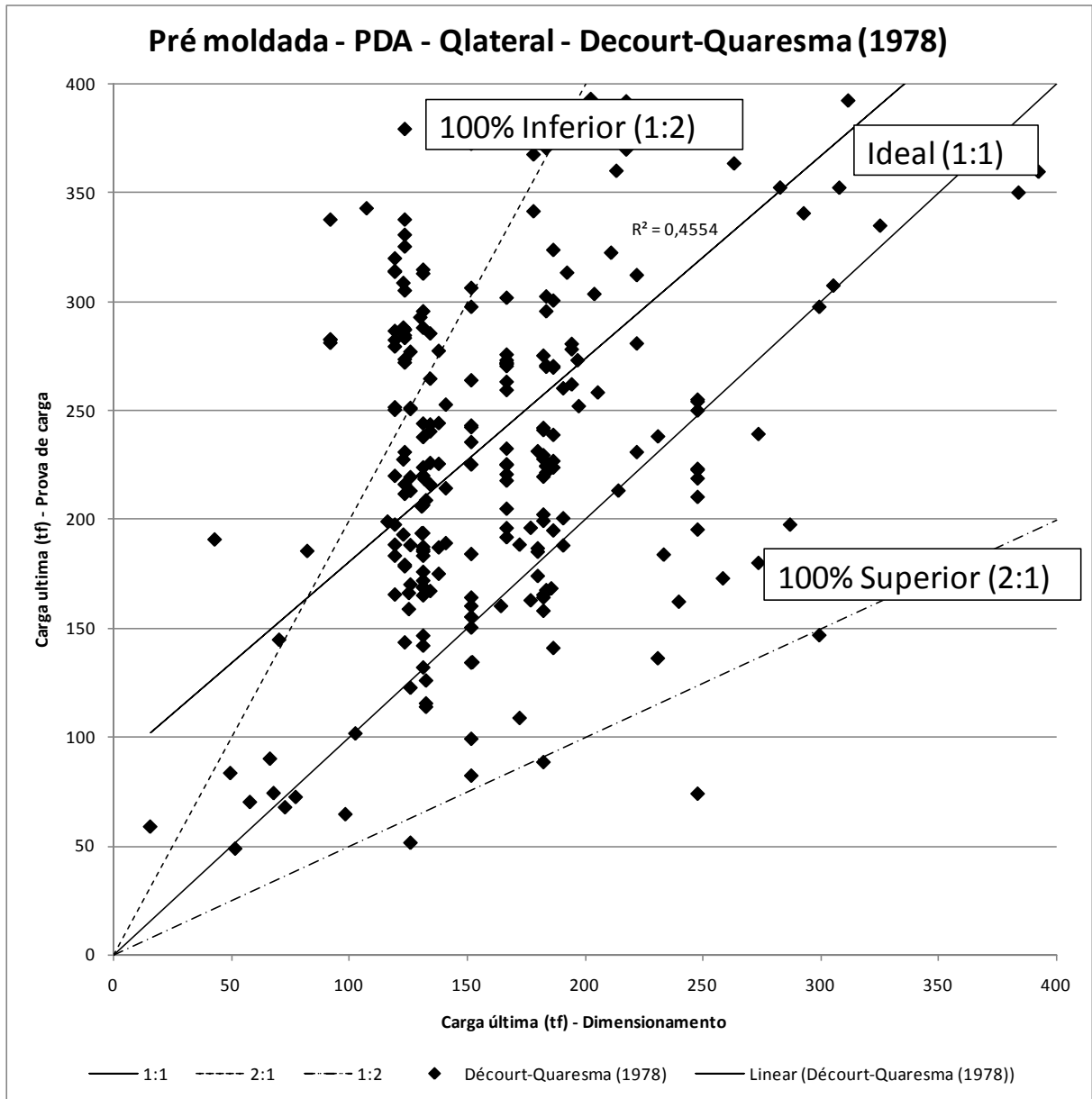
Figura 41 – Pré moldada, prova de carga dinâmica, carga de ponta, Decourt-Quaresma (1978)



(fonte: elaborado pelo autor)

Em relação à carga lateral do método Decourt-Quaresma (1978) nota-se uma leve tendência a subestimar a carga lateral da estaca pré moldada.

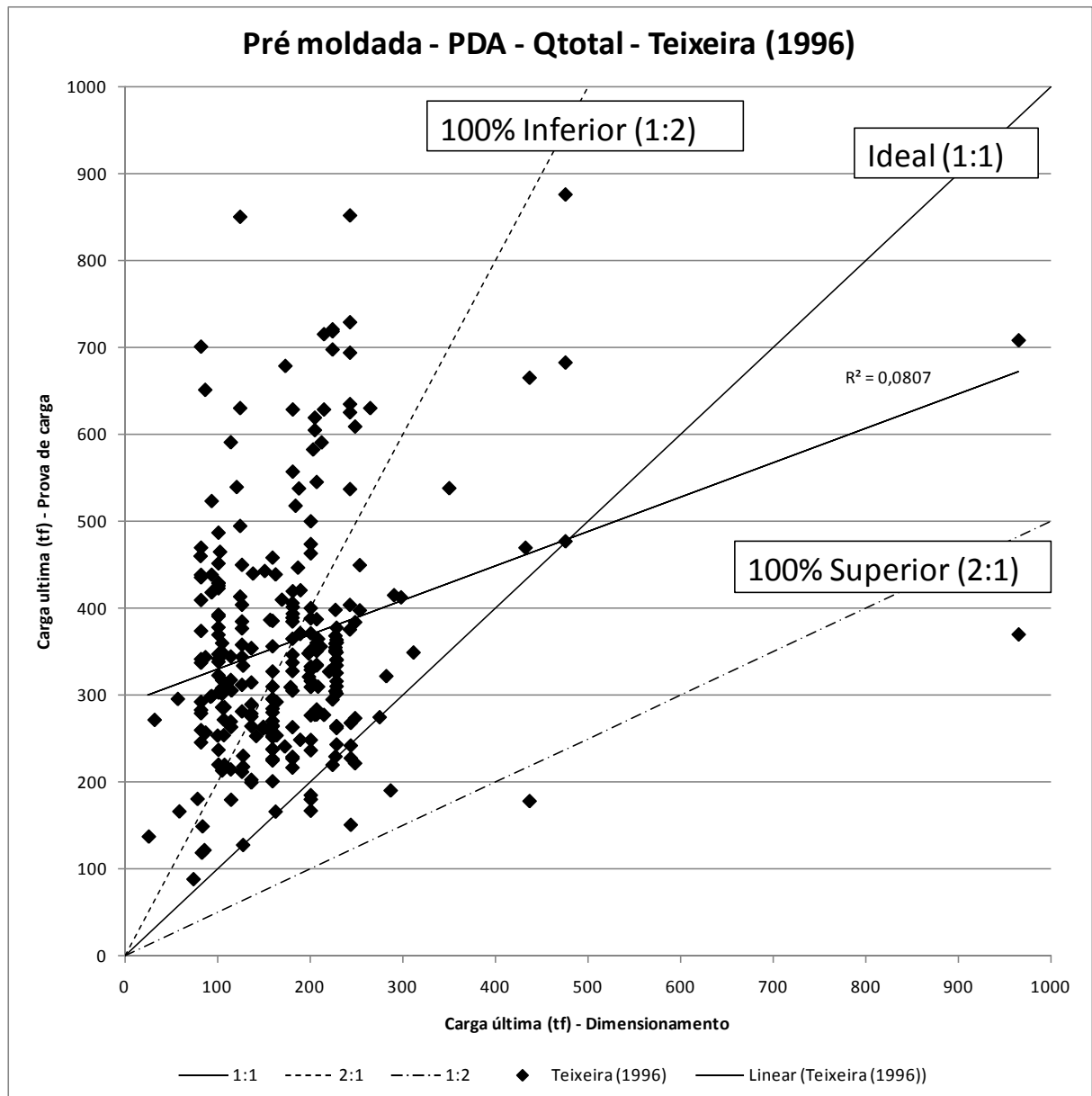
Figura 42 – Pré moldada, prova de carga dinâmica, carga lateral, Decourt-Quaresma (1978)



(fonte: elaborado pelo autor)

Semelhante aos resultados deste mesmo método para a estaca hélice contínua, existe uma concordância satisfatória entre dimensionamento e o resultado da prova de carga para estacas pré moldadas usando o método Teixeira (1996), embora possa se ver uma leve tendência às estacas subdimensionadas.

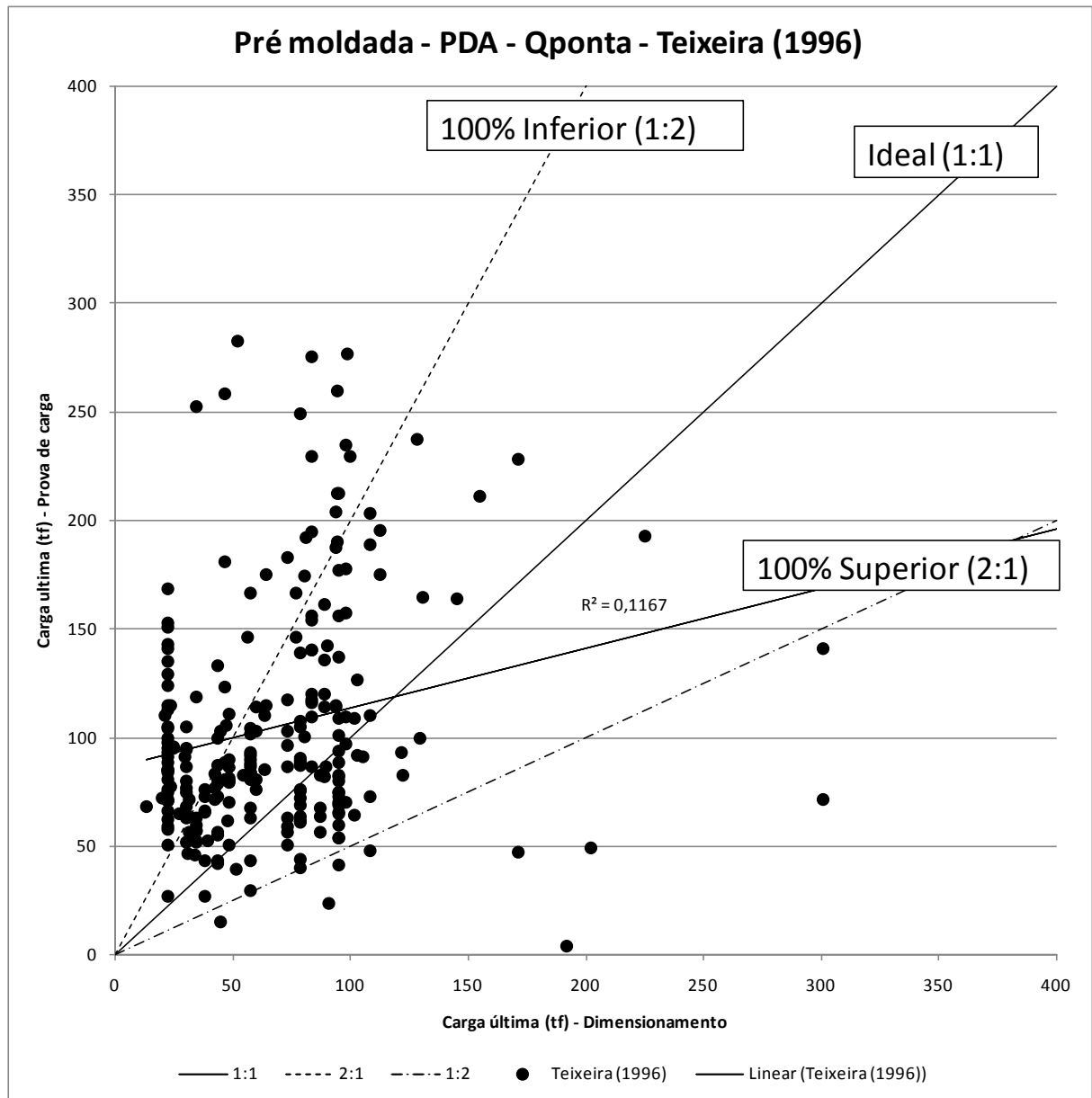
Figura 43 – Pré moldada, prova de carga dinâmica, carga total, Teixeira (1996)



(fonte: elaborado pelo autor)

A partir da figura 44 nota-se uma carga de ponta relativamente baixa e subestimada das estacas pré moldadas pelo método Teixeira (1996).

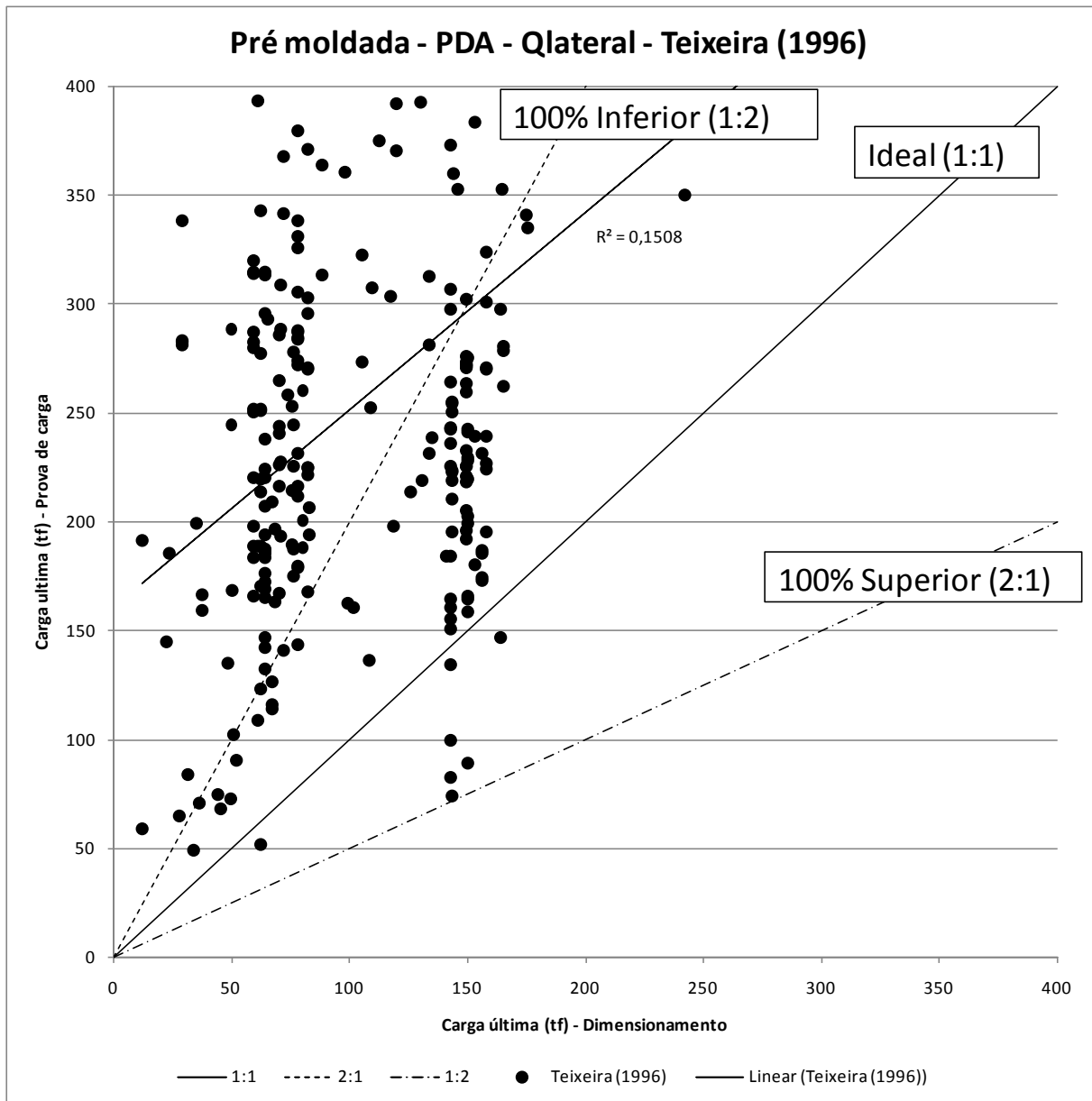
Figura 44 – Pré moldada, prova de carga dinâmica, carga de ponta, Teixeira (1996)



(fonte: elaborado pelo autor)

Assim como as estacas hélice contínua, o método Teixeira (1996) tem uma forte tendência a subestimar a carga lateral da estaca pré moldada.

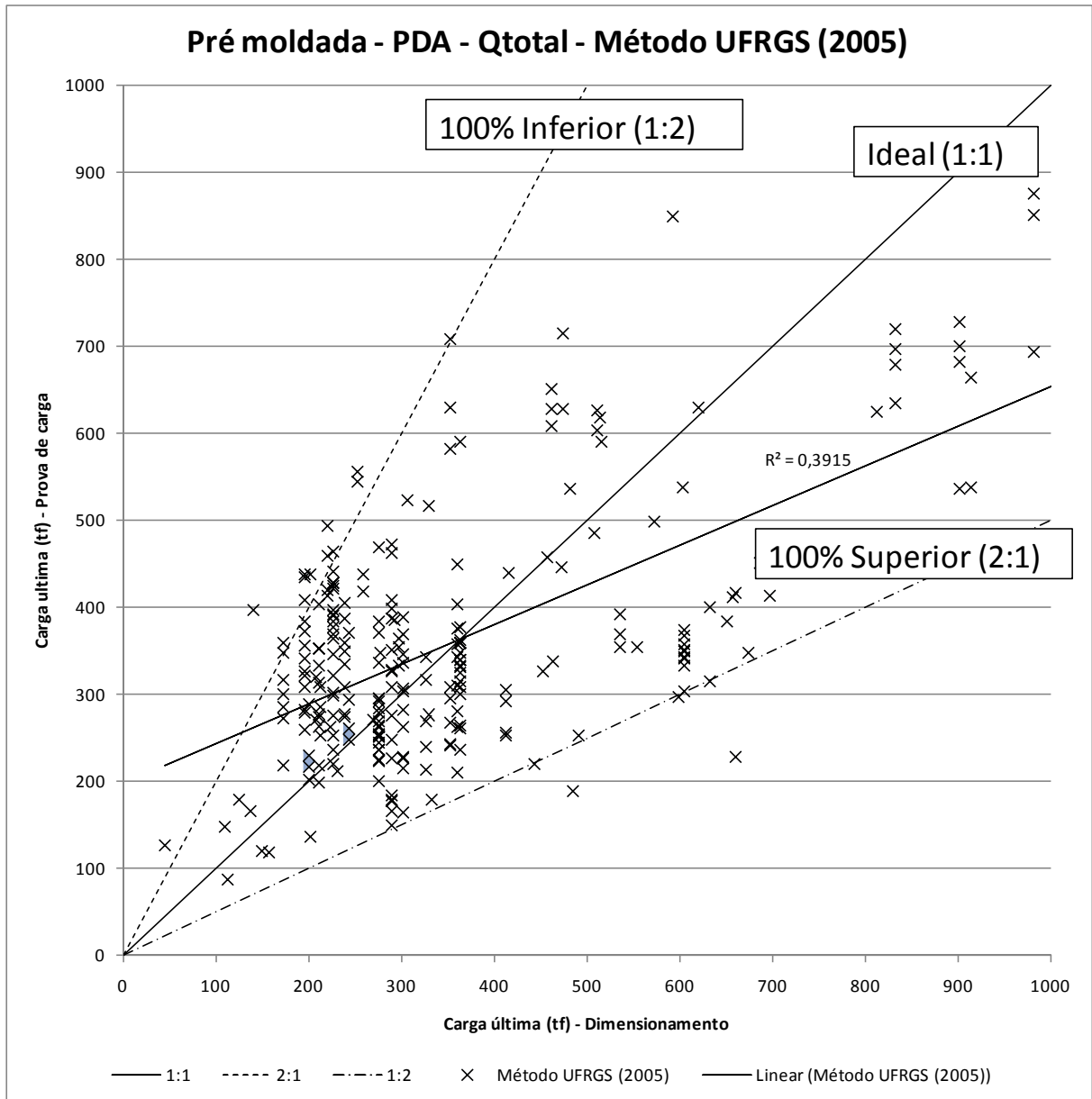
Figura 45 – Pré moldada, prova de carga dinâmica, carga lateral, Teixeira (1996)



(fonte: elaborado pelo autor)

Analisando a figura 46, repara-se numa razoável concordância, para carga total, entre o dimensionamento e o resultado da prova de carga dinâmica.

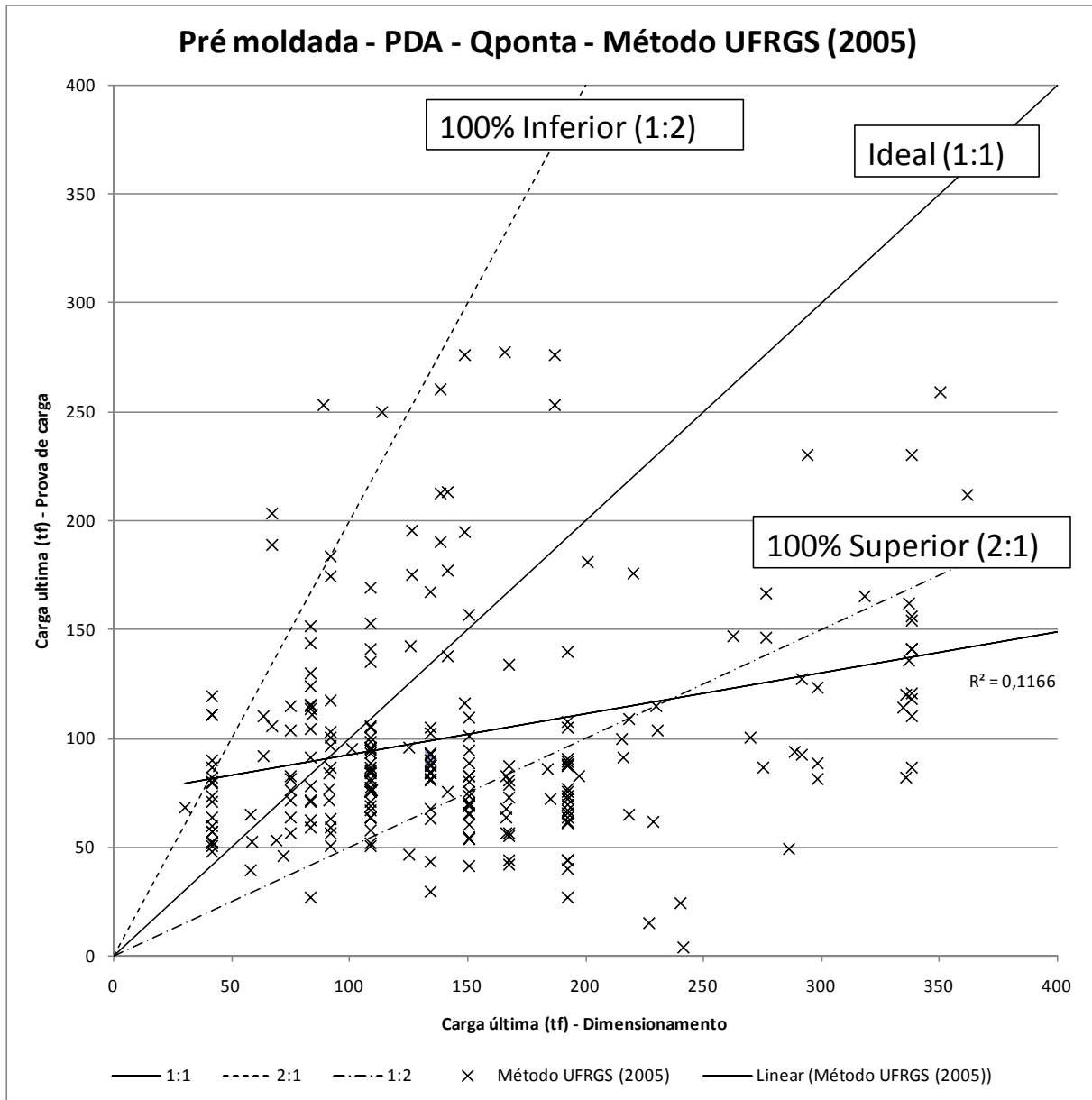
Figura 46 – Pré moldada, prova de carga dinâmica, carga total, método UFRGS (2005)



(fonte: elaborado pelo autor)

Para a carga de ponta das estacas pré moldadas, o método UFRGS (2005) tende a superestimar elas.

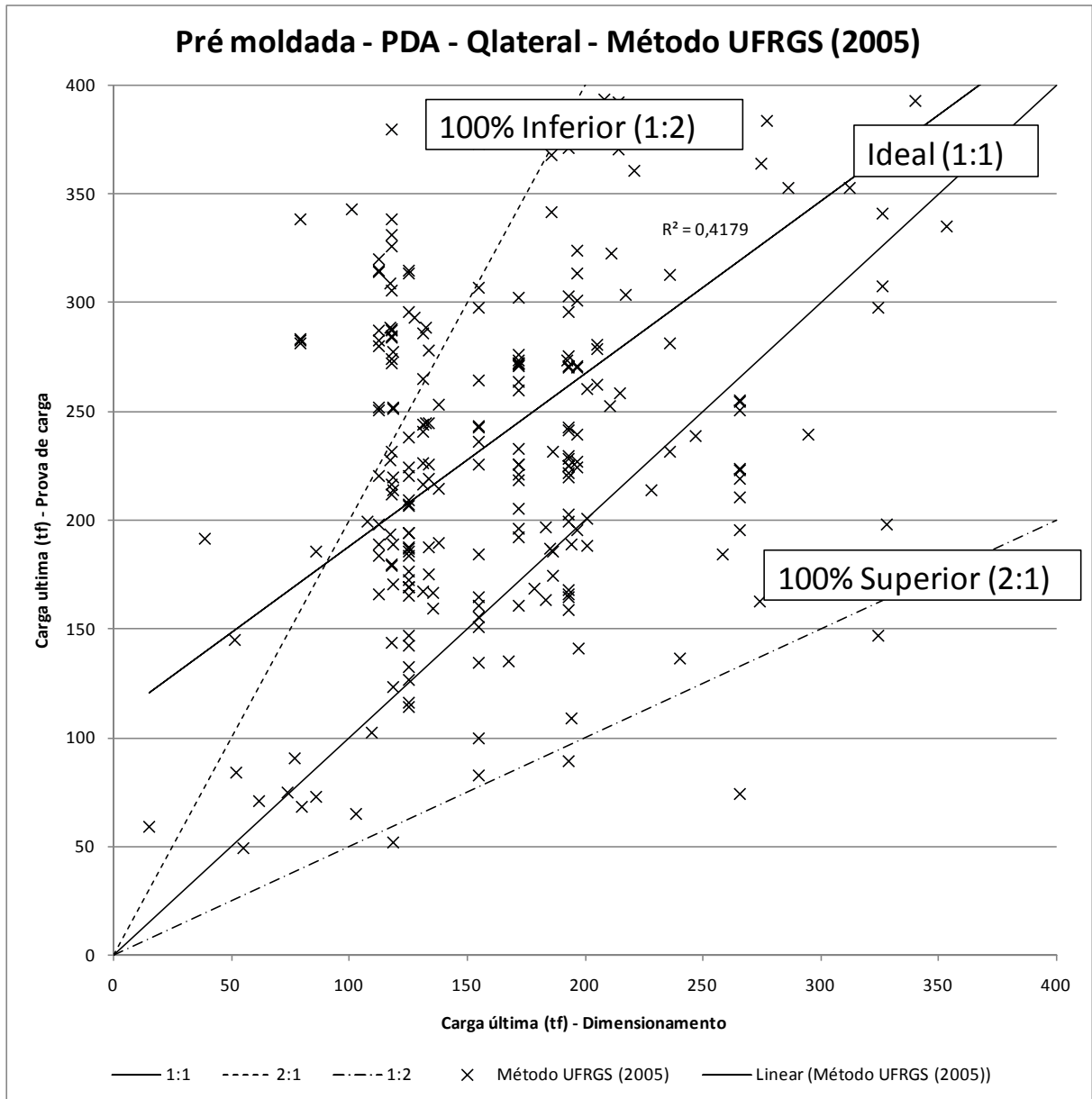
Figura 47 – Pré moldada, prova de carga dinâmica, carga de ponta, método UFRGS (2005)



(fonte: elaborado pelo autor)

Semelhante aos dois últimos métodos, o método UFRGS (2005) tende a subestimar a carga lateral das estacas pré moldadas.

Figura 48 – Pré moldada, prova de carga dinâmica, carga lateral, método UFRGS (2005)

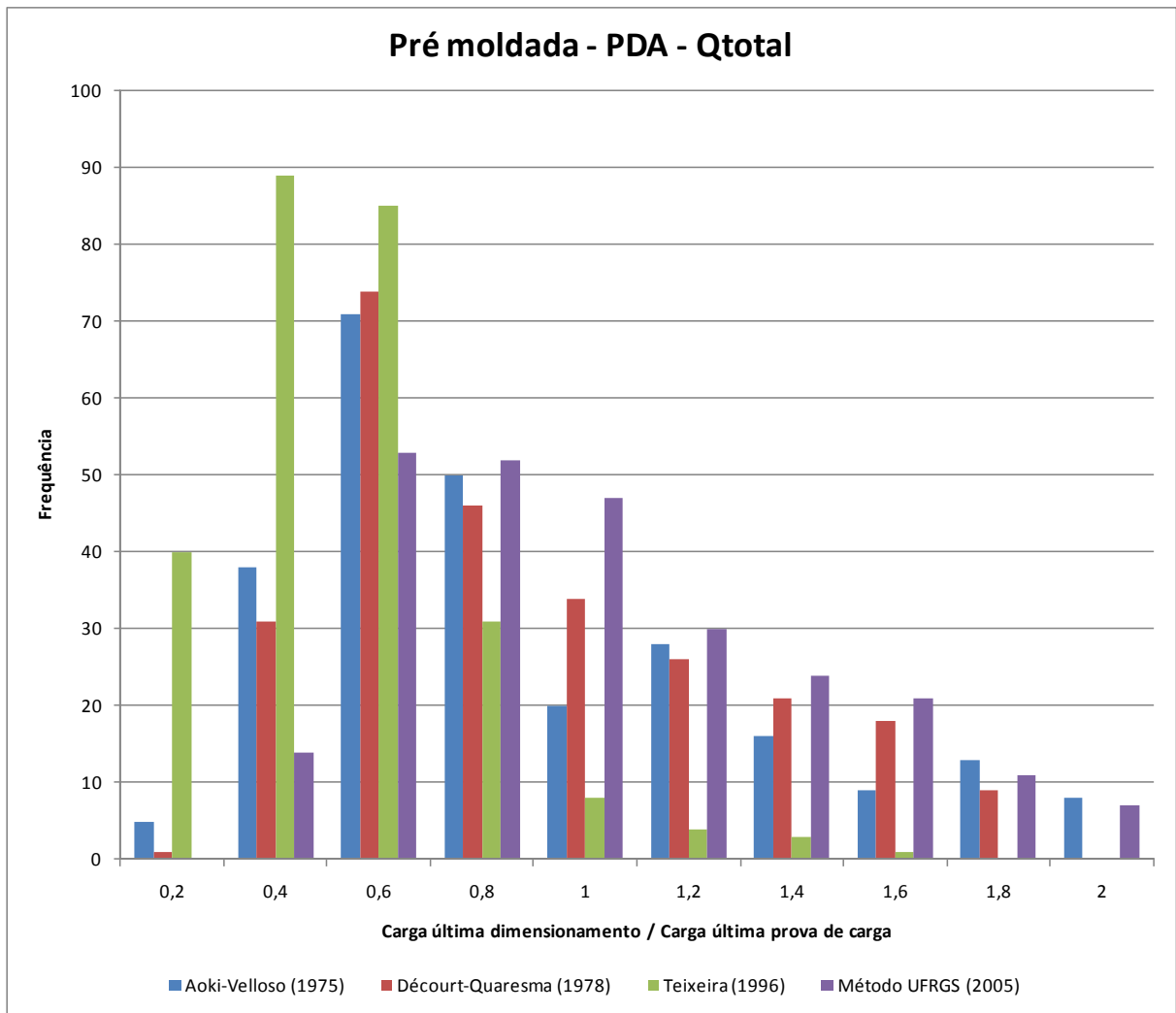


(fonte: elaborado pelo autor)

A seguir, serão mostrados, nas figuras 49 até 51 respectivamente, histogramas separados em carga total, ponta e lateral.



Figura 49 – Histograma, pré moldada, prova de carga dinâmica, carga total



(fonte: elaborado pelo autor)

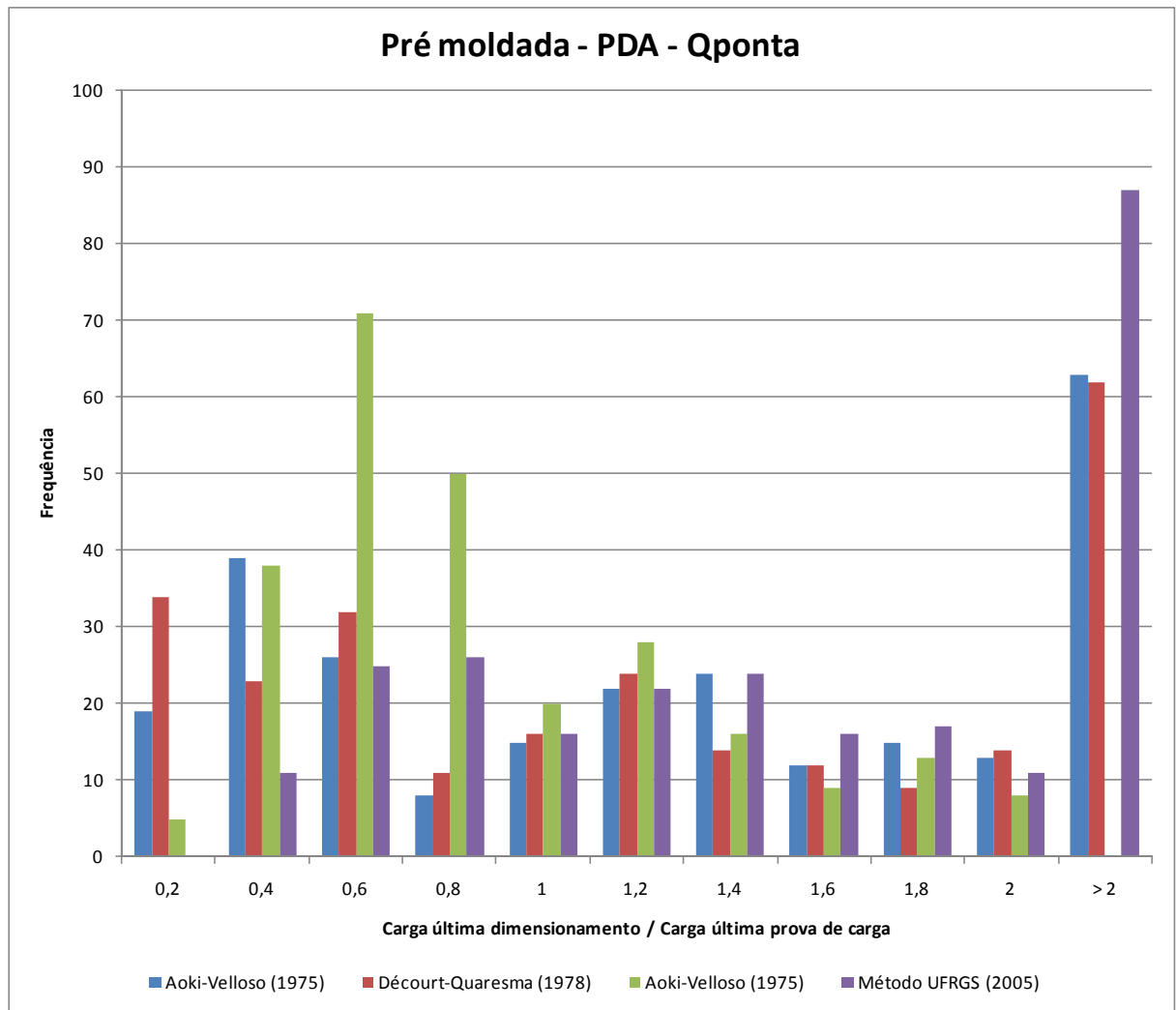
O quadro 13 mostra a média e desvio padrão de cada método para a carga total.

Quadro 13 – Histograma, pré moldada, prova de carga dinâmica, carga total, média e desvio padrão

	Aoki-Velloso (1975)	Décourt-Quaresma (1978)	Teixeira (1996)	Método UFRGS (2005)
Média	0,78	0,77	0,51	0,97
Desv	0,48	0,41	0,24	0,42

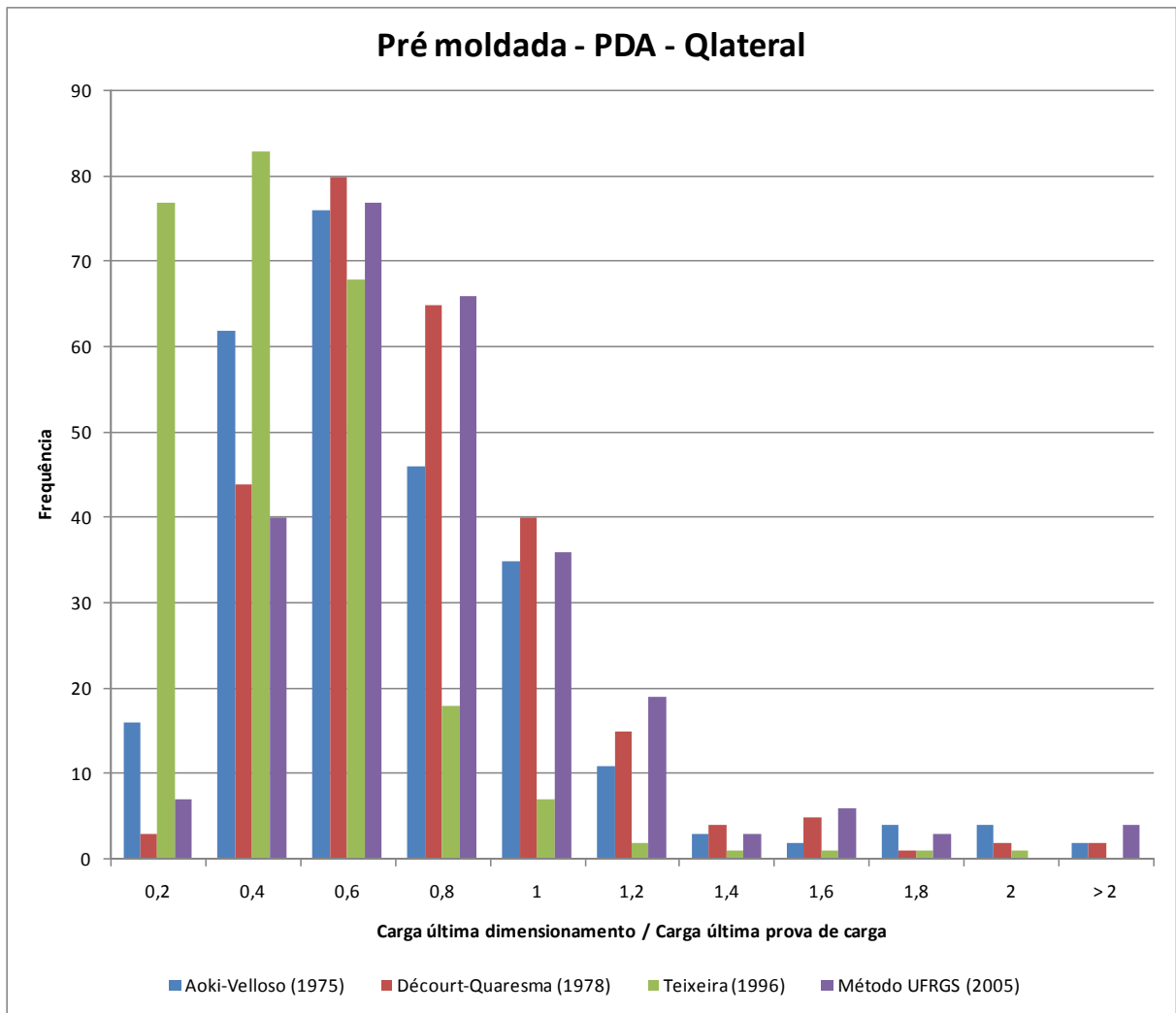
(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 50 – Histograma, pré moldada, prova de carga dinâmica, carga de ponta



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 51 – Histograma, pré moldada, prova de carga dinâmica, carga lateral

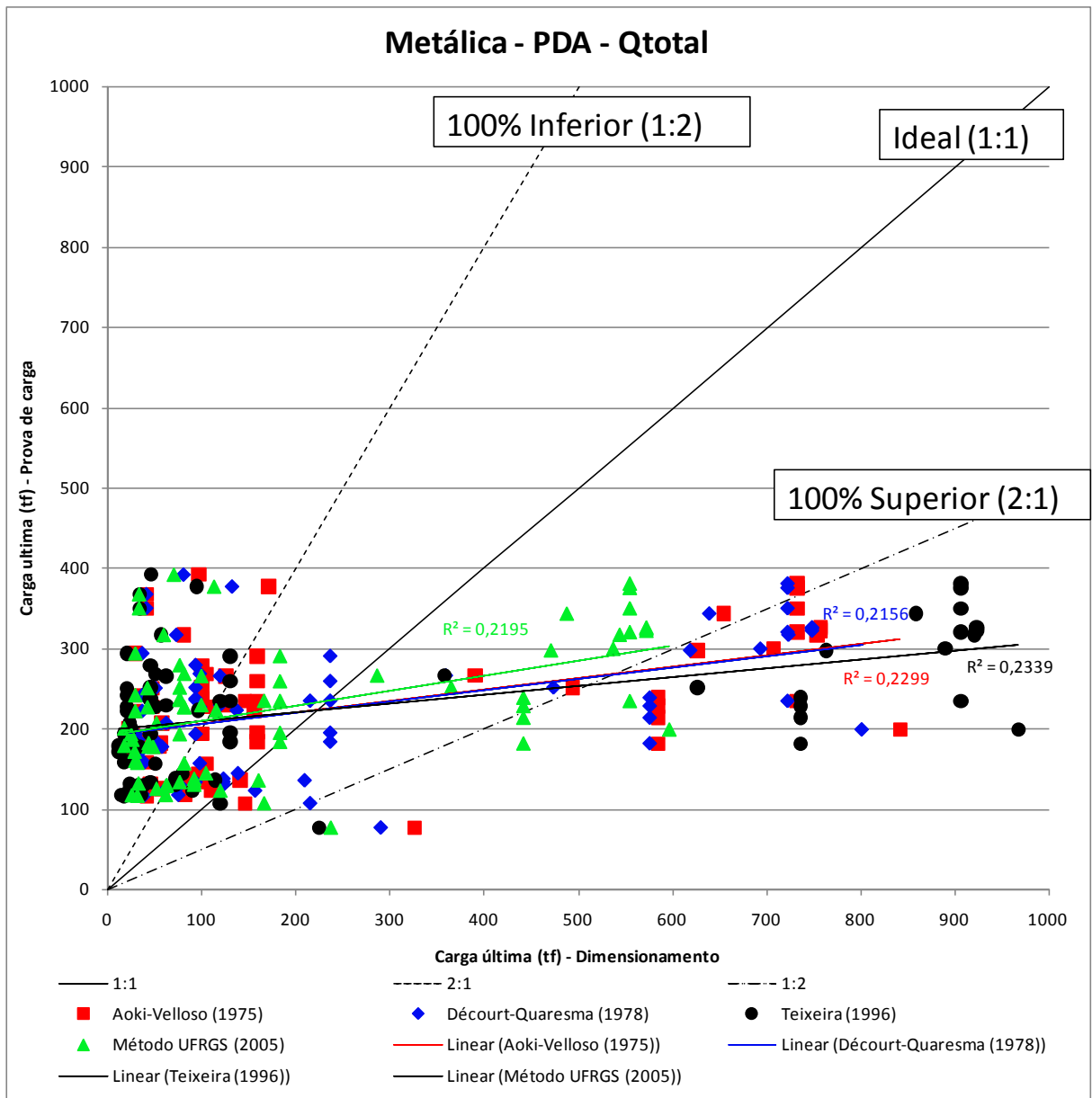


(fonte: elaborado pelo autor)

### 6.3 RESULTADO ESTACAS METÁLICAS

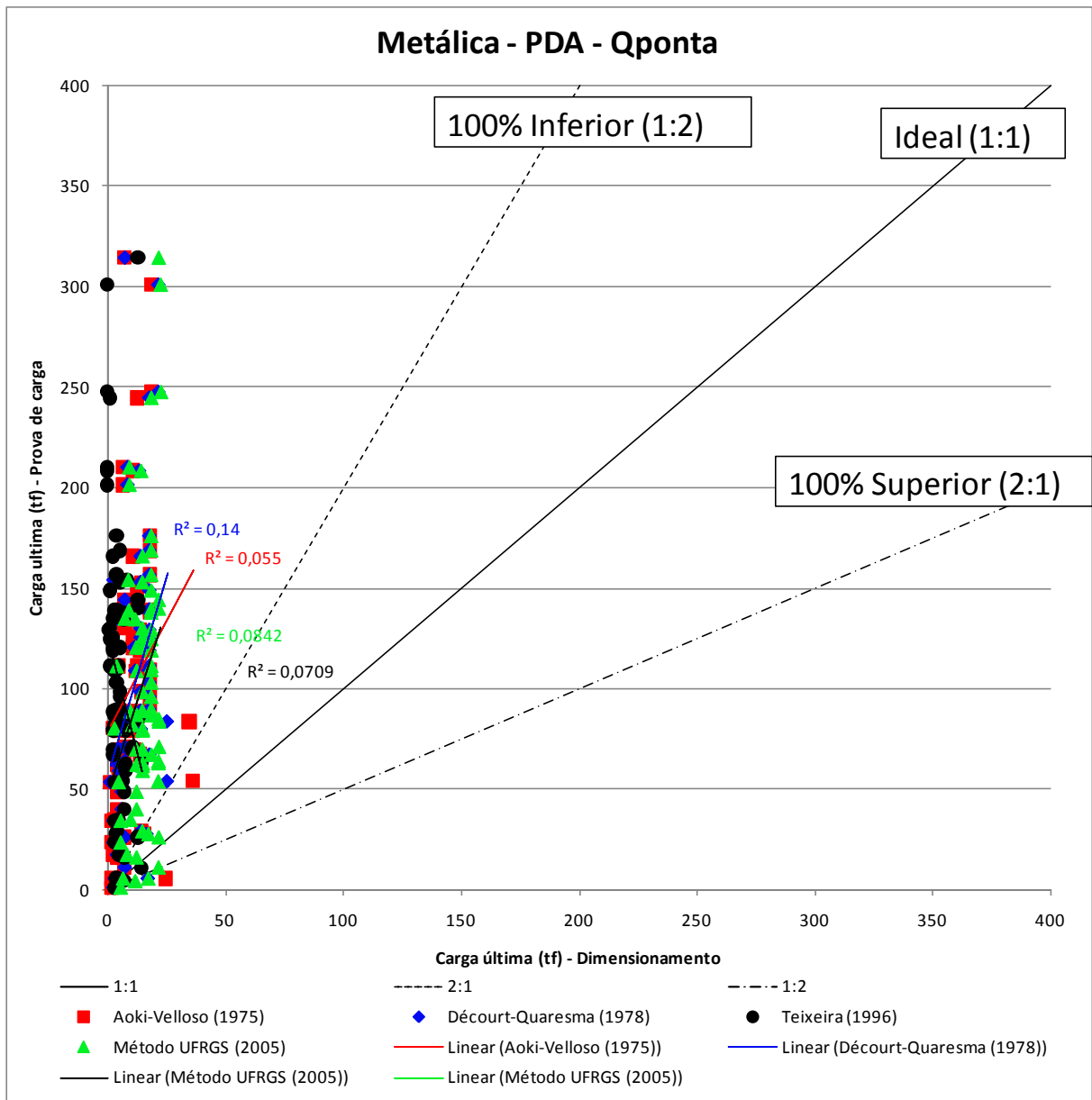
As figuras 52, 53 e 54 apresentam os resultados para as prova de carga dinâmica com todos os métodos de dimensionamento juntos.

Figura 52 – Metálica, prova de carga dinâmica, carga total



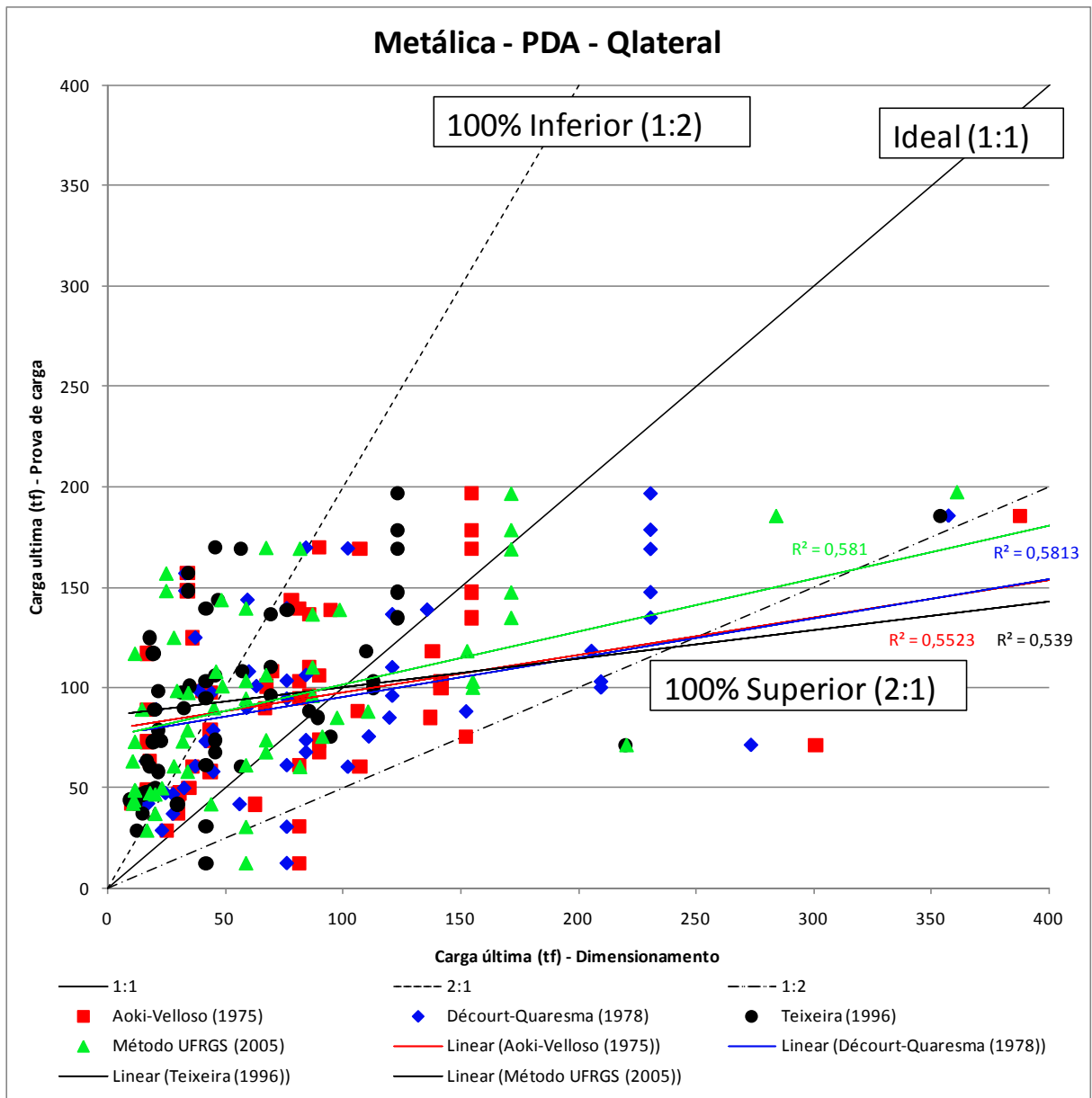
(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 53 – Metálica, prova de carga dinâmica, carga de ponta



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 54 – Metálica, prova de carga dinâmica, carga lateral



(fonte: elaborado pelo autor)

No método Aoki-Velloso (1975) nota-se, similarmente às estacas pré moldadas, um patamar de carga total de diferenciação entre estacas subdimensionadas e superdimensionadas. Na carga de ponta têm-se uma forte tendência em subestimar a carga, enquanto que na carga lateral existe uma razoável concordância entre dimensionamento pelo método Aoki-Velloso (1975) e o resultado da prova de carga.

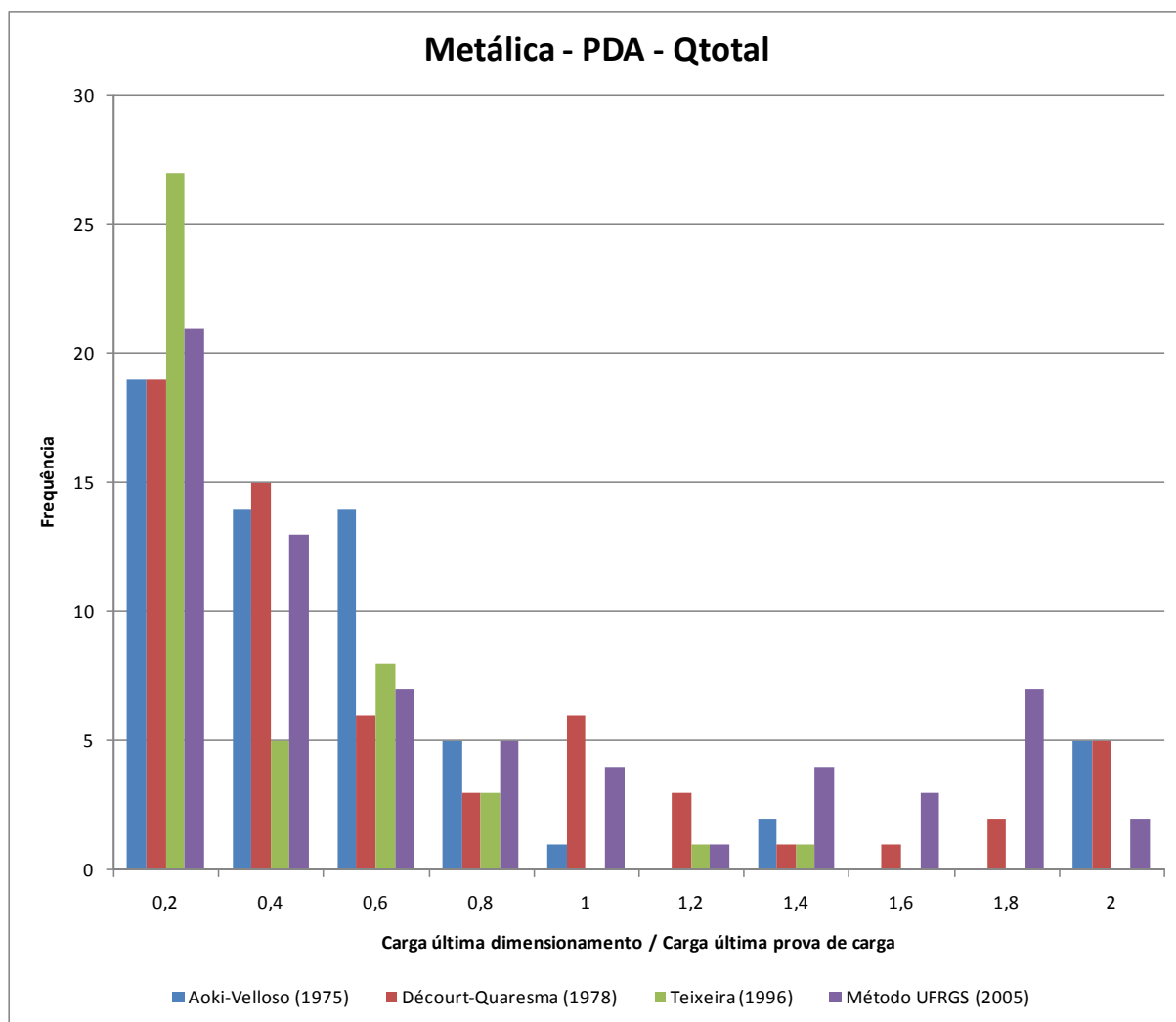
Em relação ao método Decourt-Quaresma (1978), têm-se resultados bastante dispersos para carga total, mas possuindo um número maior de estacas subdimensionadas. Tanto a carga de ponta quanto a lateral possuem uma tendência em subestimar as cargas, embora exista uma diferença na intensidade da tendência. A ponta é visivelmente subestimada e a lateral é levemente subestimada.

Quando avaliado os resultados para o método Teixeira (1996) os resultados são bastante semelhantes aos dois métodos anteriores: para carga total existe um patamar de diferenciação entre estacas subdimensionadas para superdimensionadas; carga de ponta bastante subestimada; carga lateral com uma tendência maior em subestimar a carga do que os dois métodos anteriores.

De forma análoga aos três métodos anteriores, o método UFRGS (2005) apresenta resultados similares. Para a carga total, o método UFRGS (2005) se aproxima mais dos dois primeiros métodos do que para Teixeira (1996) devido à semelhança entre cargas dos diferentes métodos. As cargas de ponta e lateral são subestimadas em tendências semelhantes aos métodos antigos.

A seguir, serão mostrados, nas figuras 55 até 57 respectivamente, histogramas separados em carga total, ponta e lateral.

Figura 55 – Histograma, metálica, prova de carga dinâmica, carga total



(fonte: elaborado pelo autor)

O quadro 14 mostra a média e desvio padrão de cada método para a carga total.

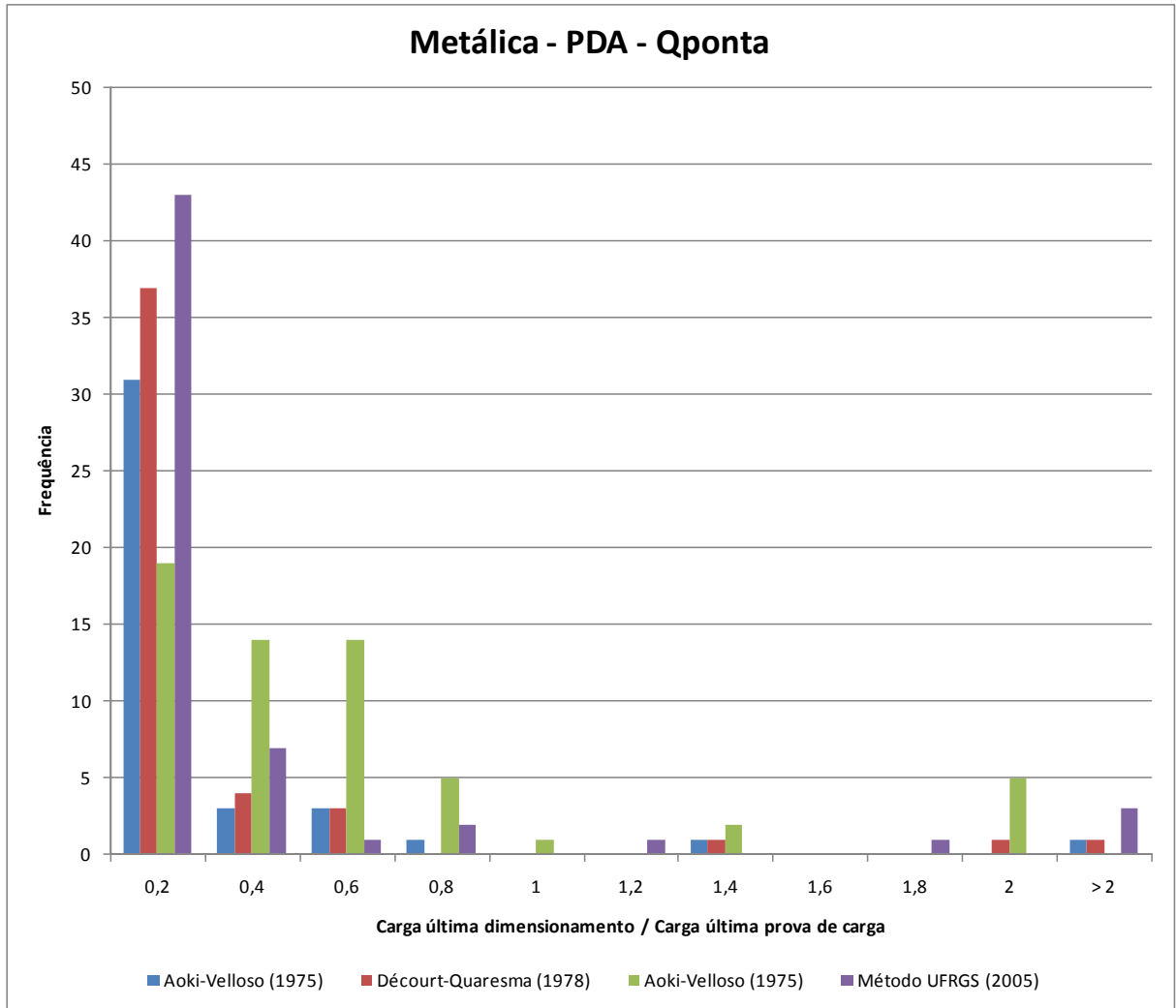
Quadro 14 – Histograma, metálica, prova de carga dinâmica, carga total, média e desvio padrão

	Aoki-Velloso (1975)	Décourt-Quaresma (1978)	Teixeira (1996)	Método UFRGS (2005)
Média	0,61	0,61	0,30	0,51
Desv	1,01	0,97	1,26	0,74

(fonte: elaborado pelo autor)

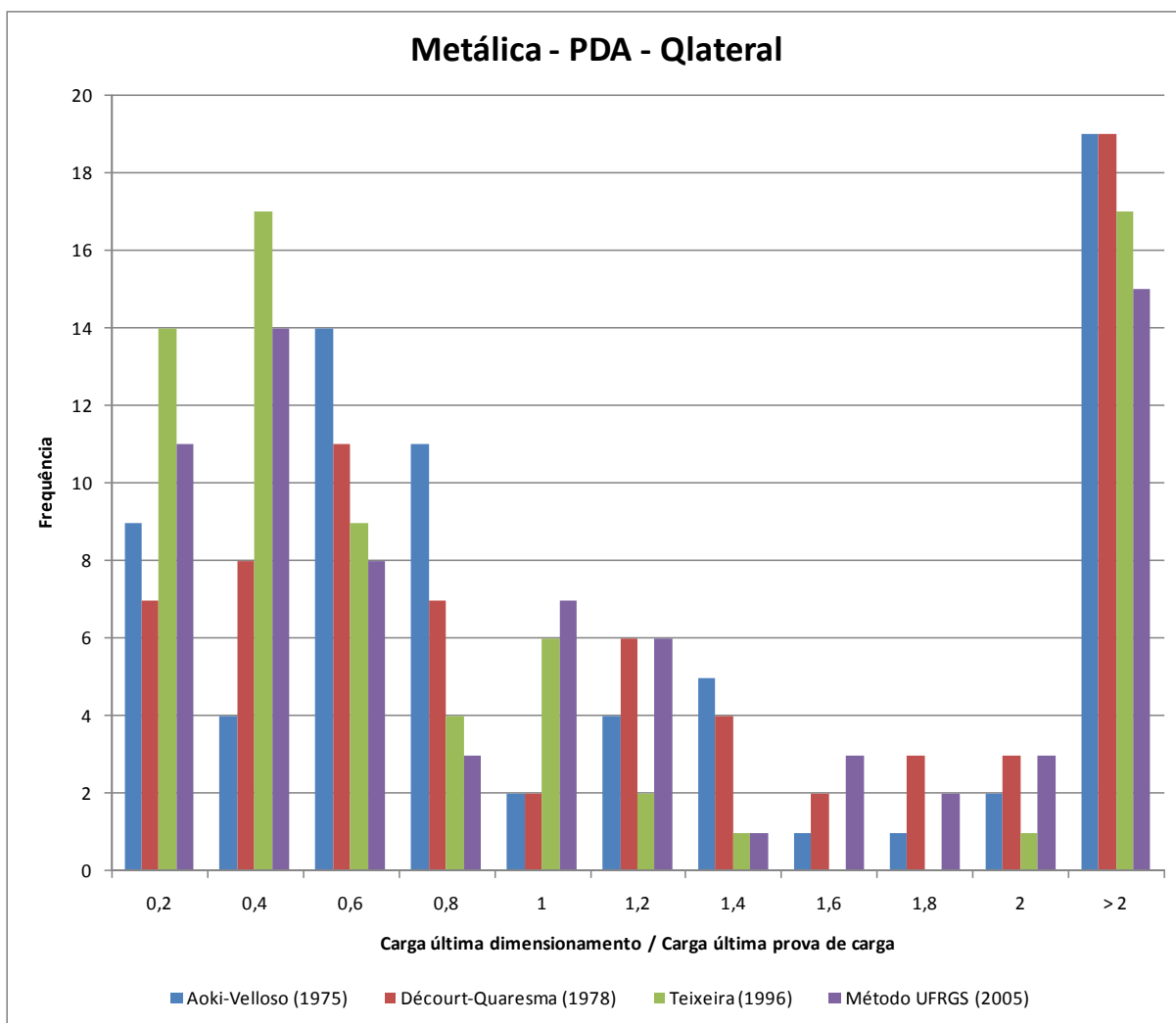


Figura 56 – Histograma, metálica, prova de carga dinâmica, carga de ponta



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 57 – Histograma, metálica, prova de carga dinâmica, carga lateral

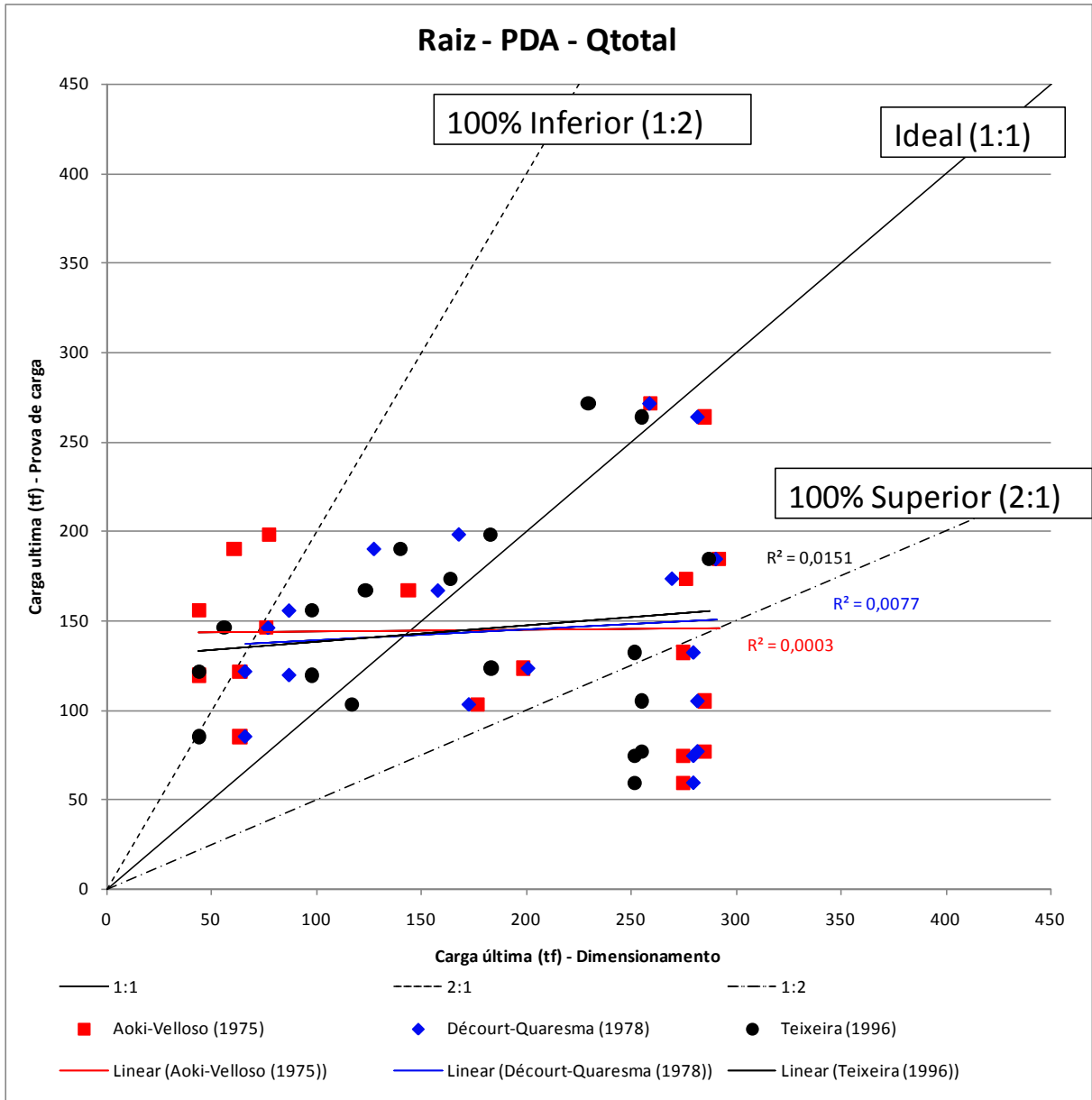


(fonte: elaborado pelo autor)

## 6.4 RESULTADO ESTACAS RAIZ

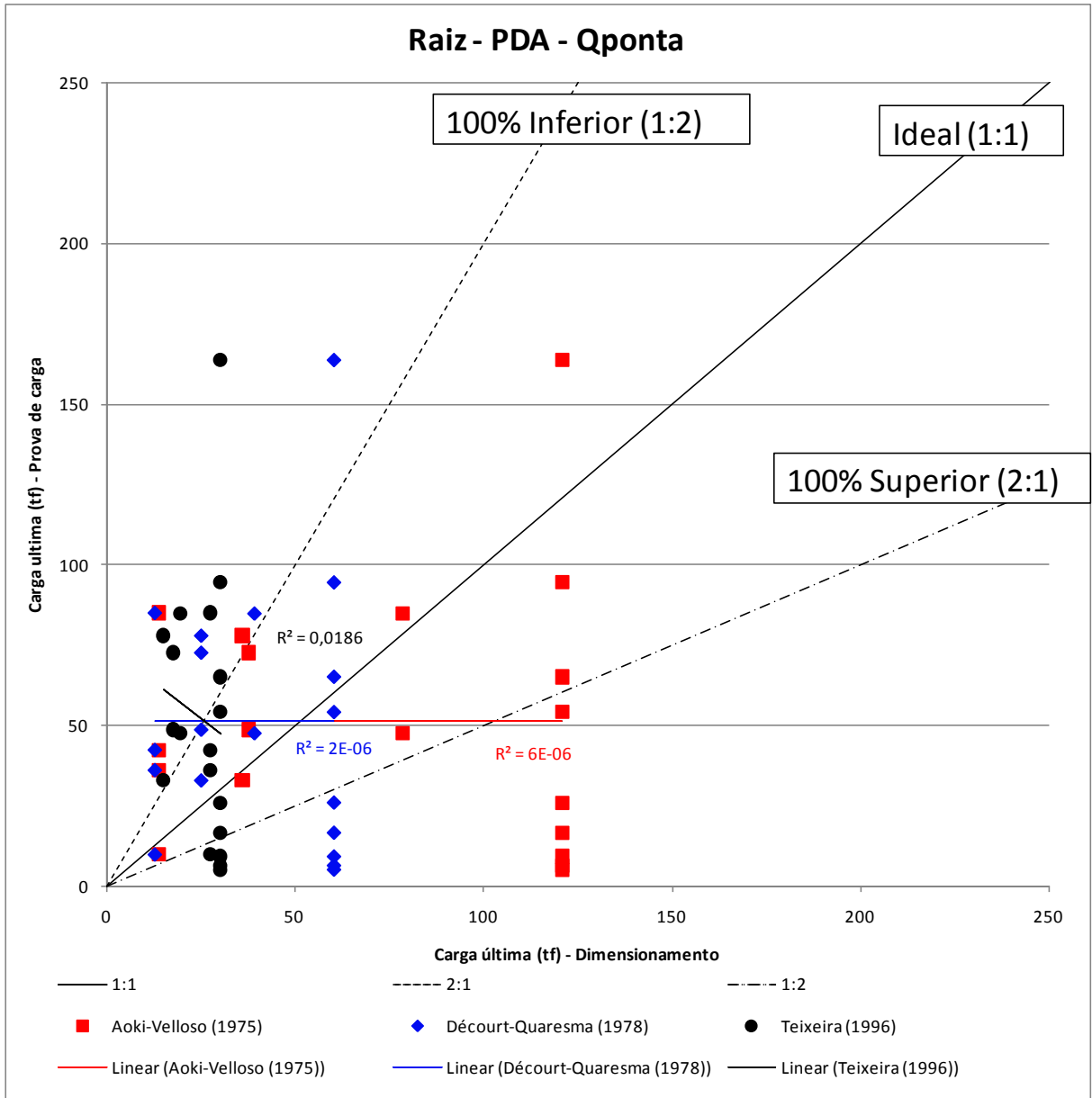
As figuras 58, 59 e 60 apresentam os resultados para as prova de carga dinâmica com todos os métodos de dimensionamento juntos. Uma ressalva aqui quando o método UFRGS (2005), pois não foram feitas formulações para este tipo de estaca, portanto não se têm resultados de estacas raiz para este método.

Figura 58 – Raiz, prova de carga dinâmica, carga total



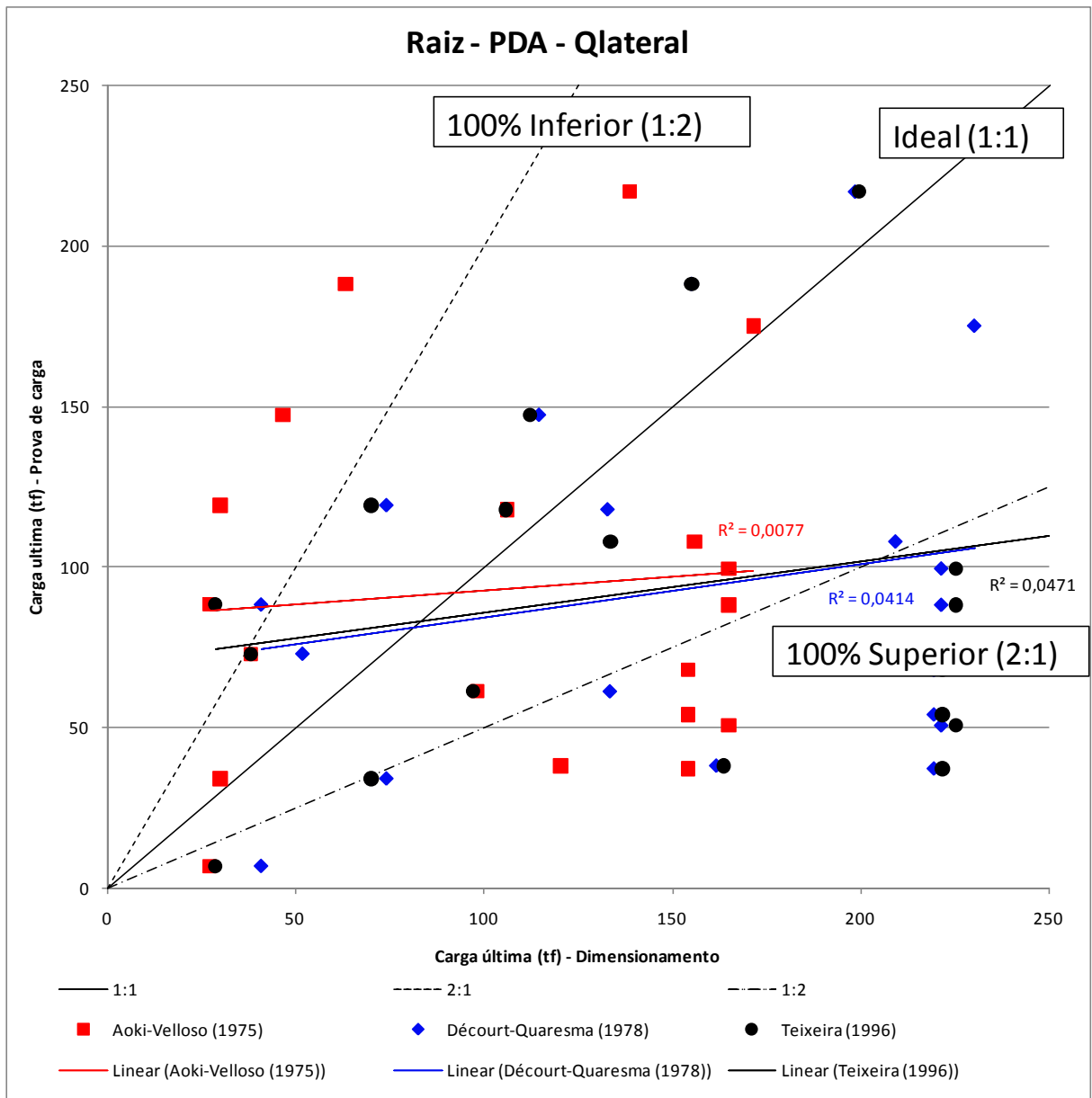
(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 59 – Raiz, prova de carga dinâmica, carga de ponta



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 60 – Raiz, prova de carga dinâmica, carga lateral



(fonte: elaborado pelo autor)

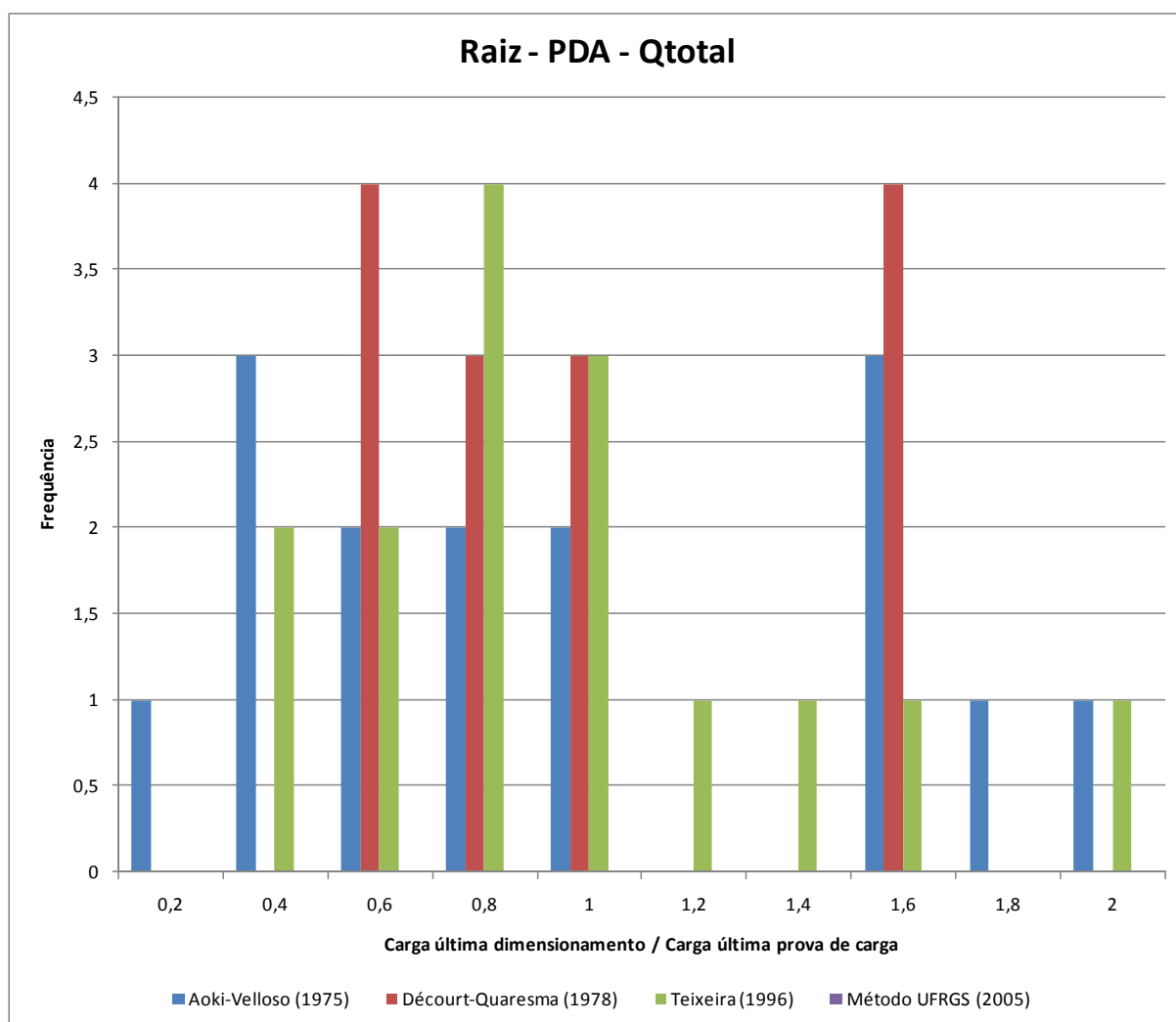
Analisando o método Aoki-Velloso (1975), nota-se uma dispersão dos resultados bastante elevada para carga total. Contudo, existe um patamar de carga de 200 toneladas. Acima estão as estacas superdimensionadas e abaixo as subdimensionadas. Este patamar se mantém para as cargas de ponta e lateral, porém com um valor de 100 toneladas.

No método Decourt-Quaresma (1978) existe, para carga total, uma concordância satisfatória entre o dimensionamento e o resultado da prova de carga dinâmica, tendo uma leve tendência ao superdimensionamento da estaca. O método tende a subestimar a carga de ponta das estacas raiz. Em relação à carga lateral, nota-se uma dispersão alta compare os resultados seguindo uma razoável concordância entre o dimensionamento e o resultado da prova de carga dinâmica, e a outra parte com uma leve tendência a superestimar a carga lateral.

Por fim, o método Teixeira (1996) possui resultados semelhantes ao método Decourt-Quaresma (1978) para a carga total e de ponta, embora possua valores mais baixos para esta última que o outro método. Em relação à carga lateral, a figura 60 apresenta resultados bastantes dispersos, ficando difícil estabelecer alguma tendência.

A seguir, serão mostrados, nas figuras 61 até 63 respectivamente, histogramas separados em carga total, ponta e lateral.

Figura 61 – Histograma, raiz, prova de carga dinâmica, carga total



(fonte: elaborado pelo autor)

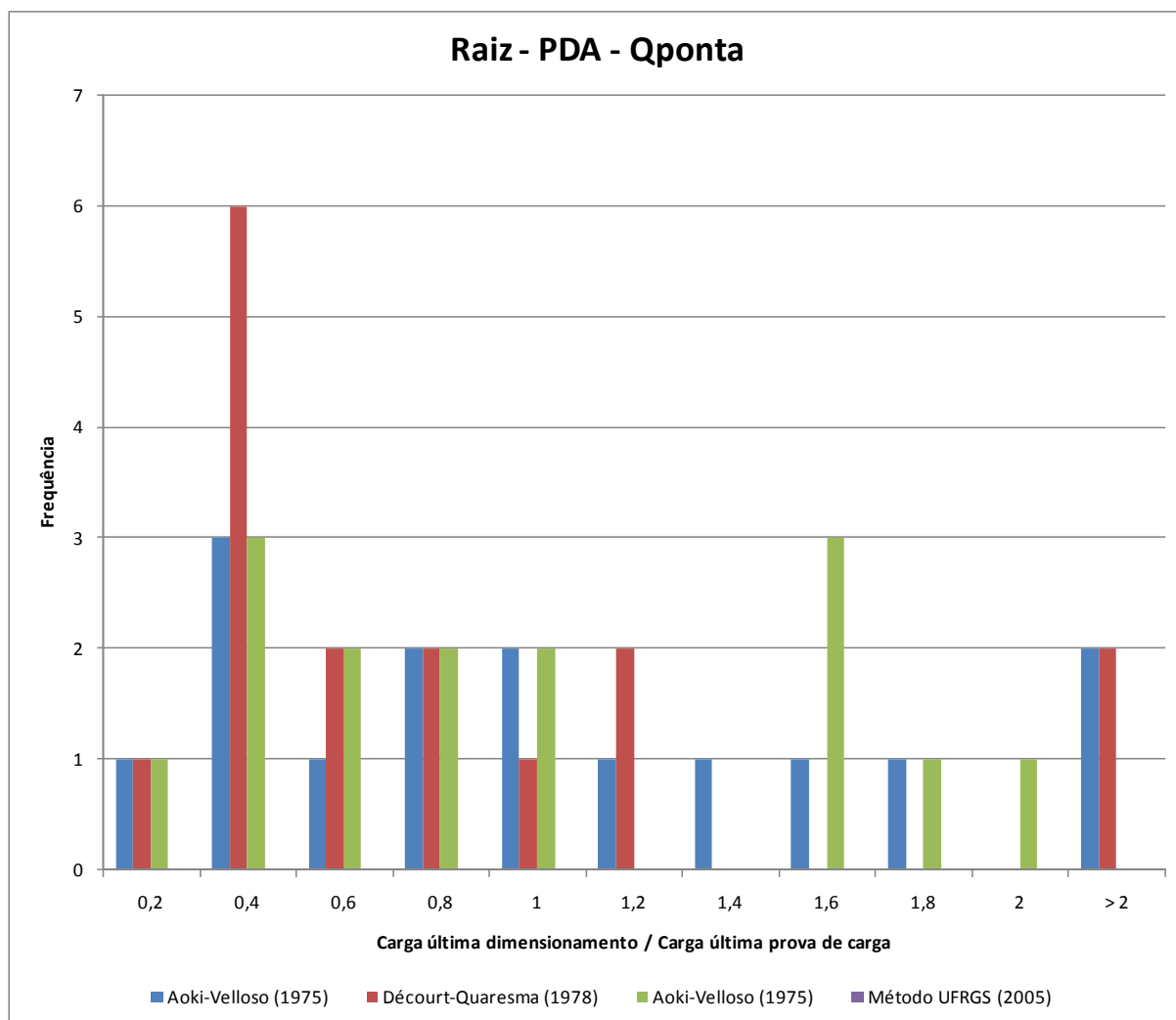
O quadro 15 mostra a média e desvio padrão de cada método para a carga total.

Quadro 15 – Histograma, raiz, prova de carga dinâmica, carga total, média e desvio padrão

	Aoki-Velloso (1975)	Décourt-Quaresma (1978)	Teixeira (1996)
Média	1,08	1,07	0,95
Desv	1,29	1,23	1,12

(fonte: elaborado pelo autor)

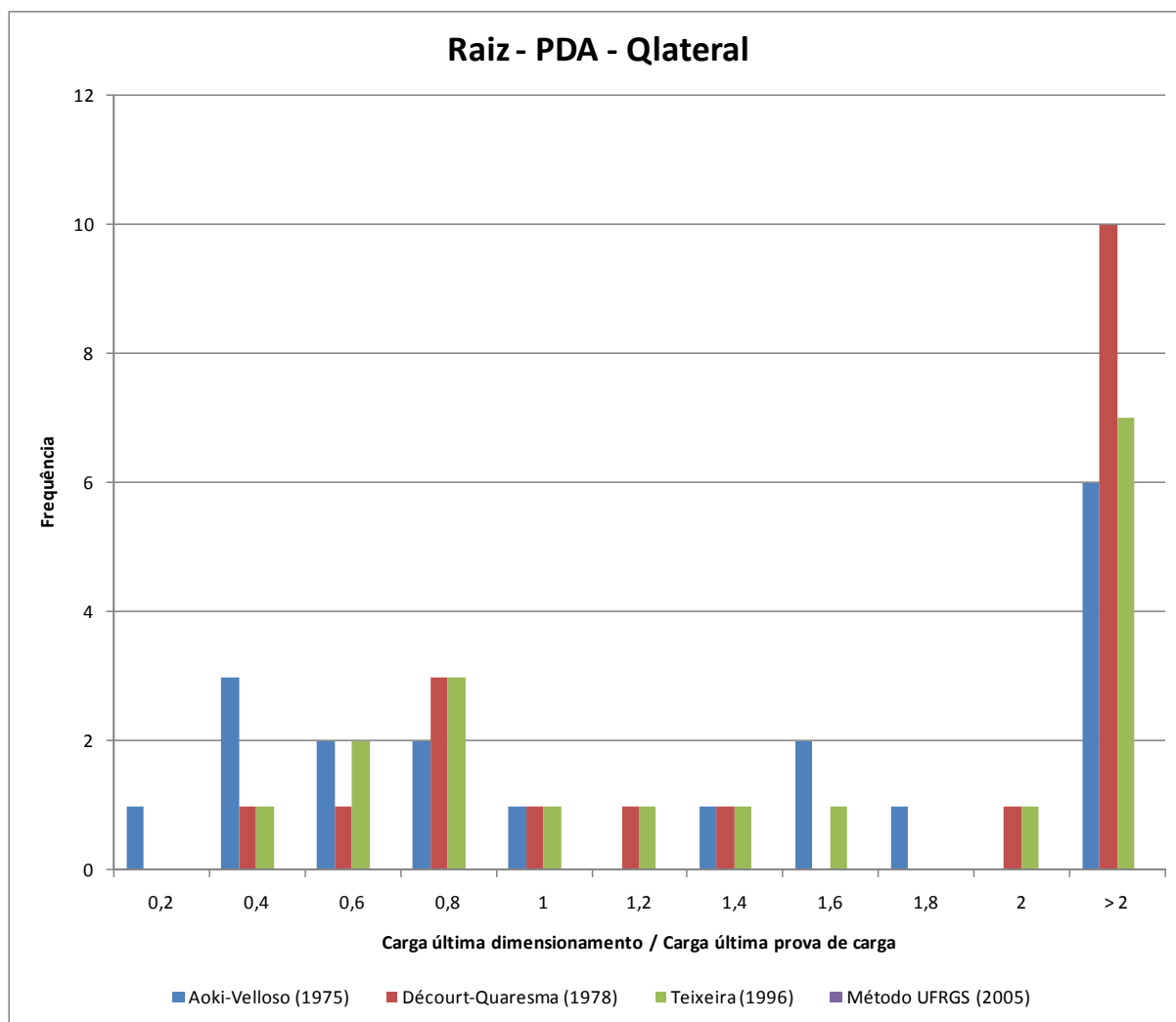
Figura 62 – Histograma, raiz, prova de carga dinâmica, carga de ponta



(fonte: elaborado pelo autor)



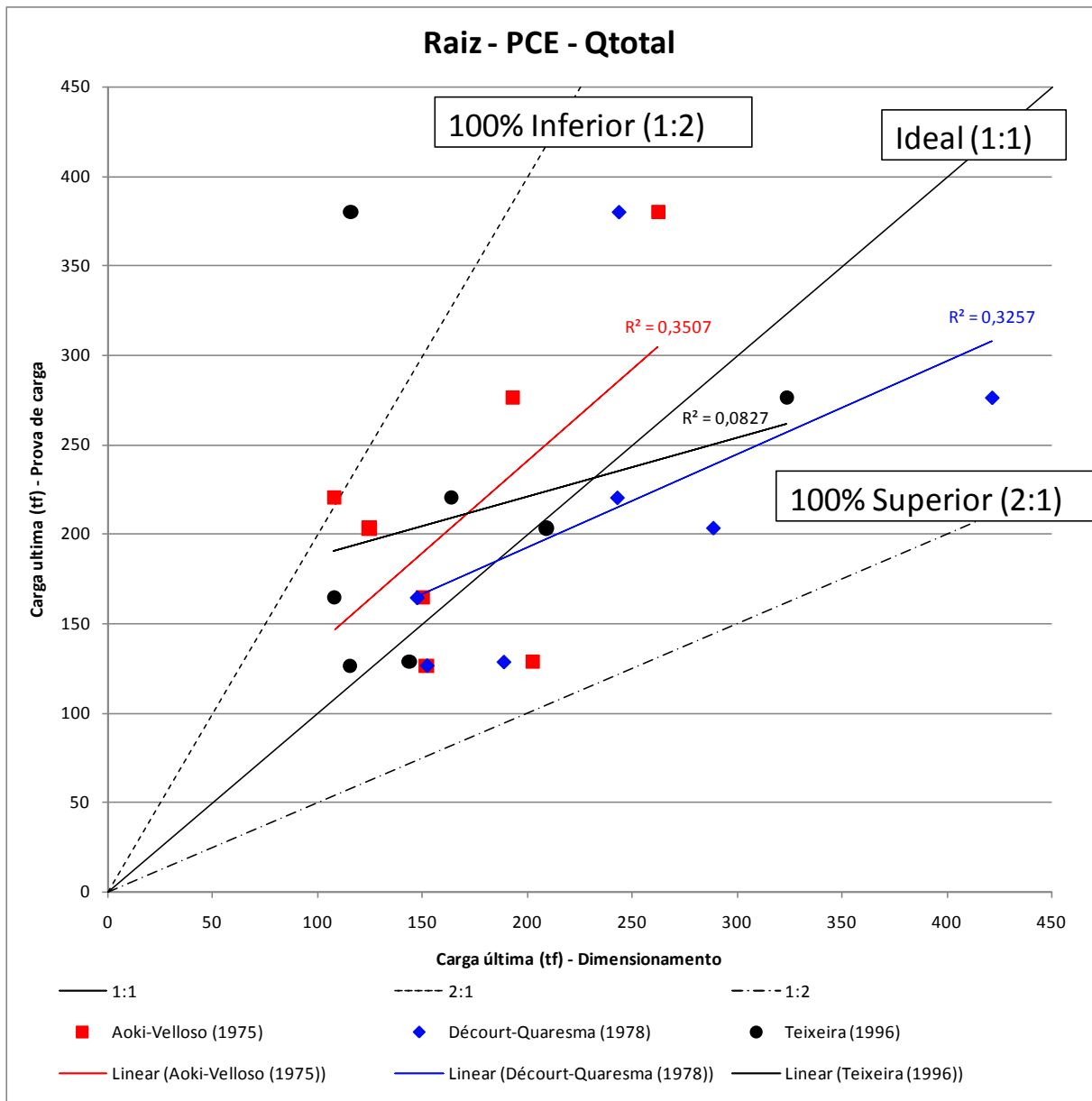
Figura 63 – Histograma, raiz, prova de carga dinâmica, carga lateral



(fonte: elaborado pelo autor)

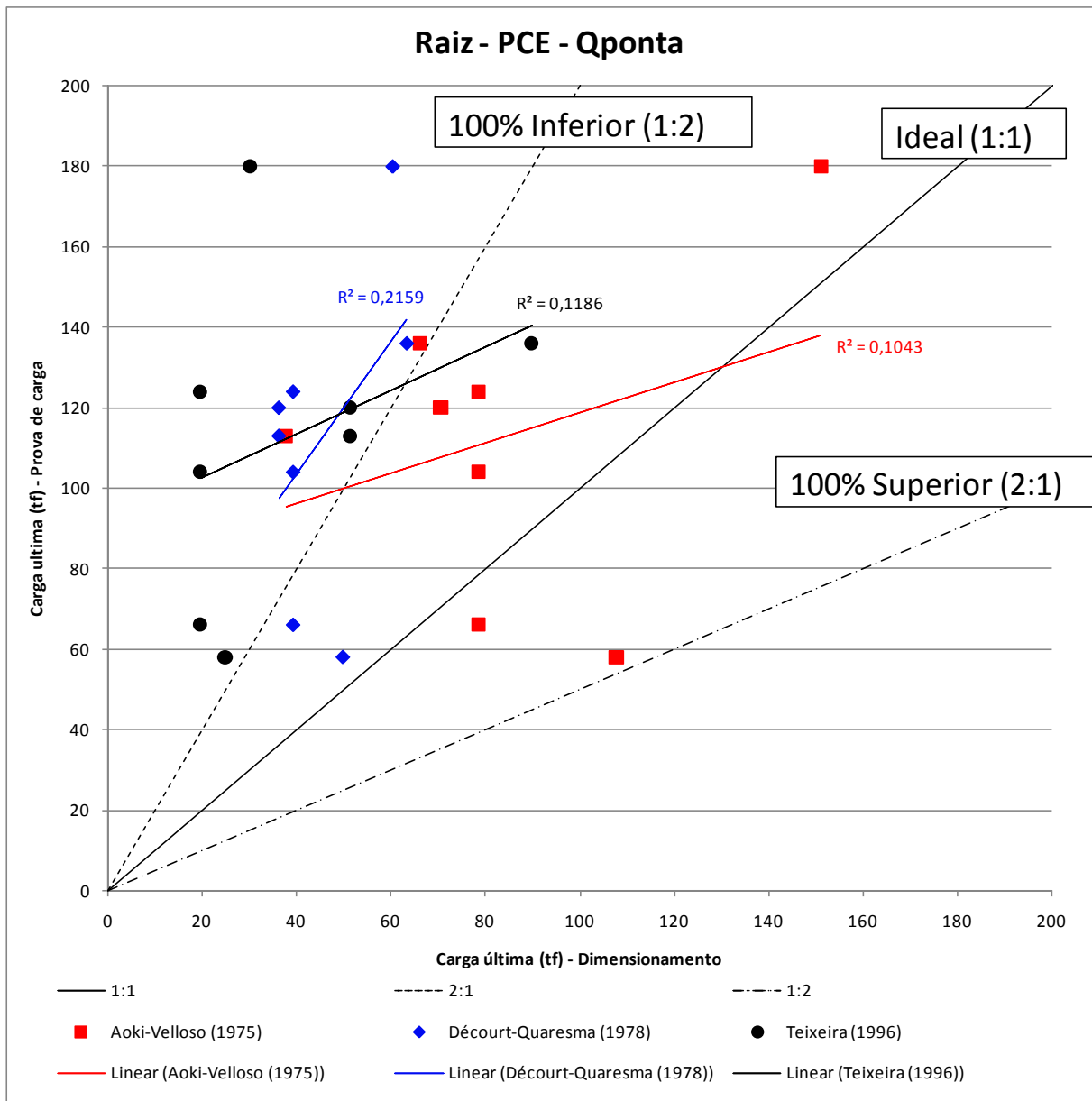
As figuras 64, 65 e 66 apresentam os resultados para as prova de carga estática com todos os métodos de dimensionamento juntos.

Figura 64 – Raiz, prova de carga estática, carga total



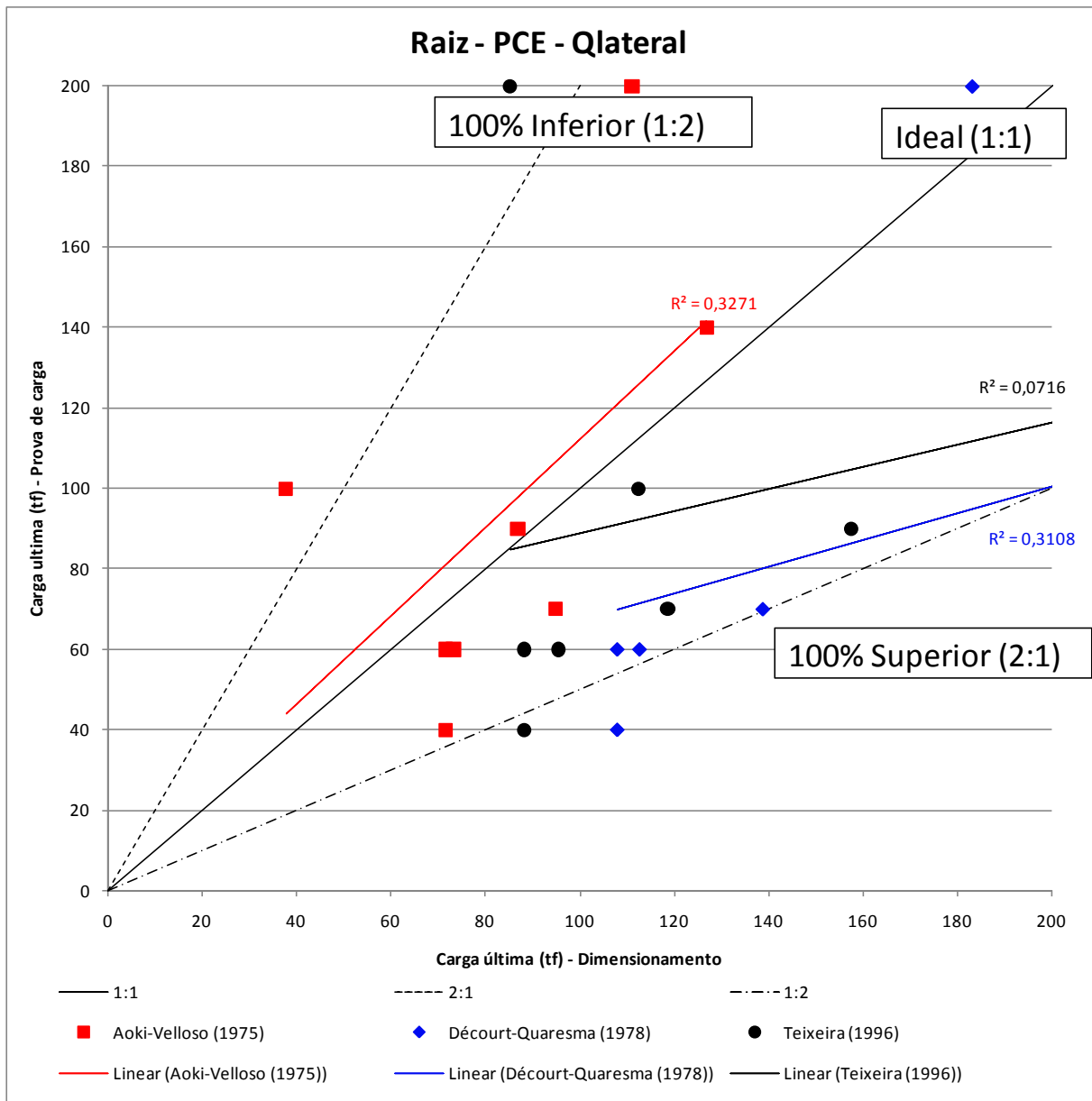
(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 65 – Raiz, prova de carga estática, carga de ponta



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 66 – Raiz, prova de carga estática, carga lateral



(fonte: elaborado pelo autor)

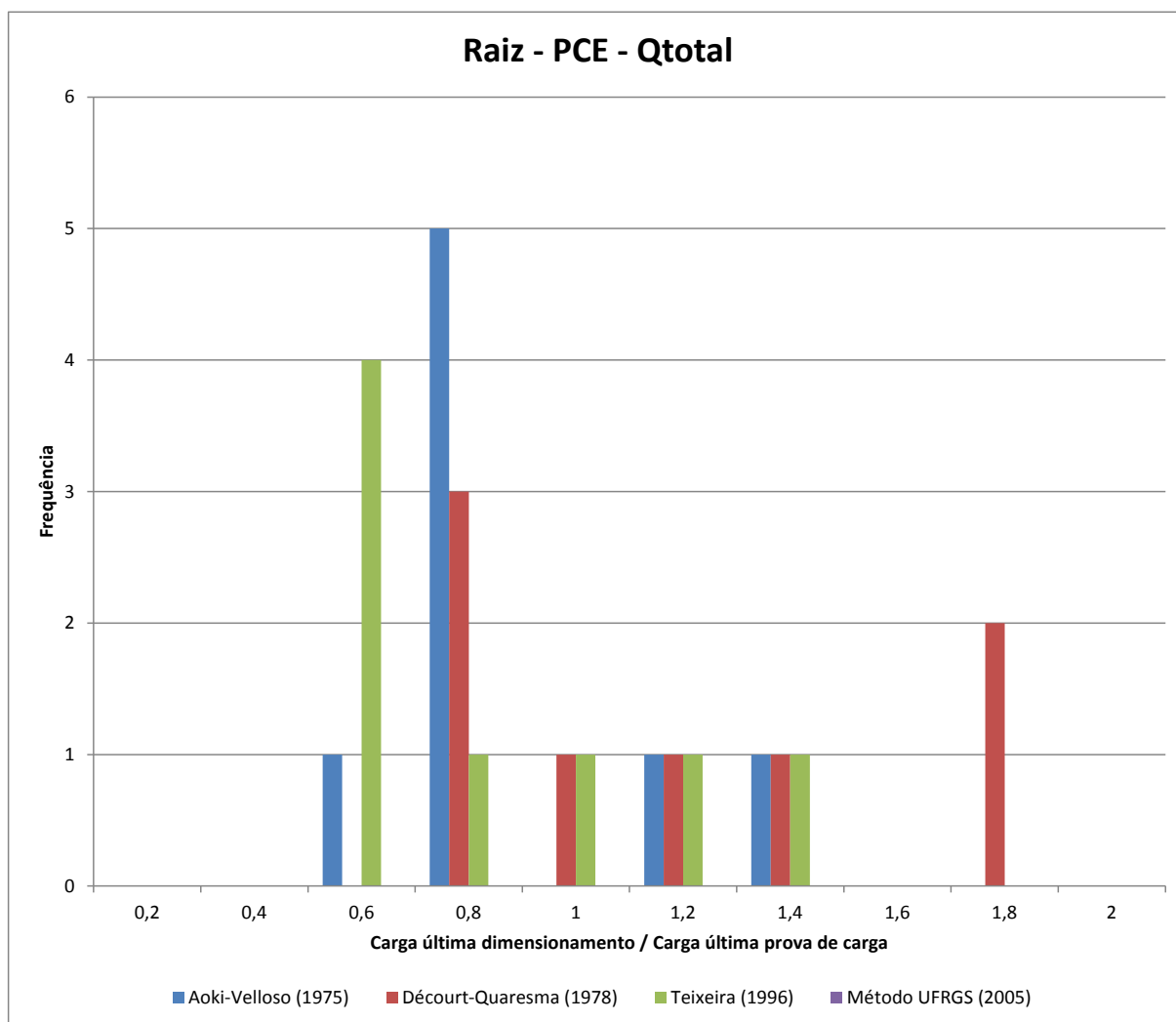
O método Aoki-Velloso (1975) possui uma concordância aceitável entre o dimensionamento e o resultado da prova de carga estática, tendendo ainda em subestimar a carga total da estaca raiz. A carga de ponta possui uma tendência em subestimar a carga e a carga lateral possui uma tendência próxima da ideal. Ao contrário do resultado das provas de carga dinâmicas, não é visto aqui um patamar claro de carga.

Os resultados do método Decourt-Quaresma (1978) reforçam a ideia dos resultados da prova de carga dinâmica: concordância satisfatória entre o dimensionamento e o resultado da prova de carga estática, além de uma leve tendência ao superdimensionamento da carga total da estaca raiz. O método tende a subestimar a carga de ponta e superestimar a carga lateral das estacas raiz.

Em relação ao método Teixeira (1996), as cargas total e lateral tendem a ser superestimadas enquanto a carga de ponta subestimada.

A seguir, serão mostrados, nas figuras 67 até 69 respectivamente, histogramas separados em carga total, ponta e lateral.

Figura 67 – Histograma, raiz, prova de carga estática, carga total



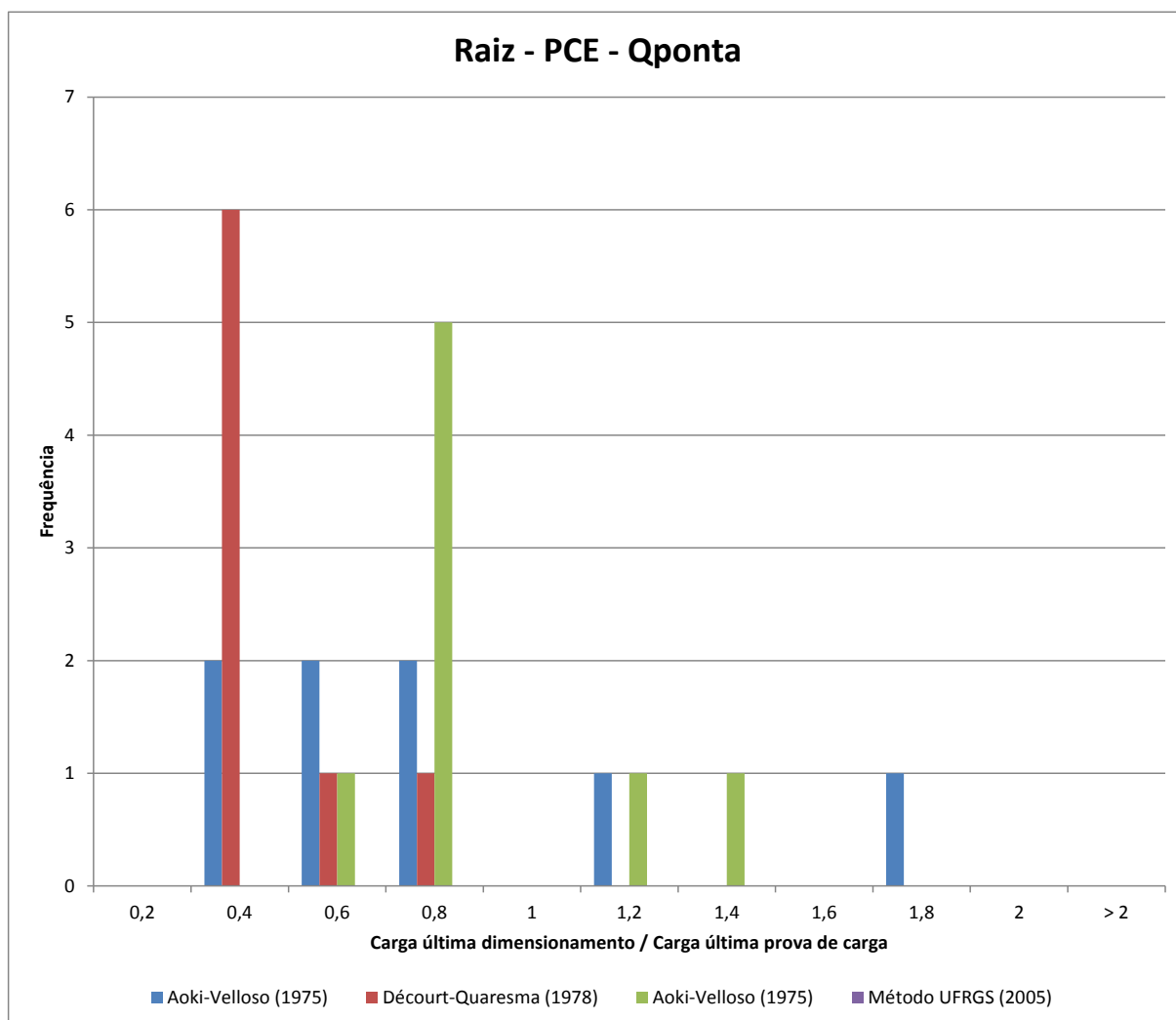
O quadro 16 mostra a média e desvio padrão de cada método para a carga total.

Quadro 16 – Histograma, raiz, prova de carga estática, carga total, média e desvio padrão

	Aoki-Velloso (1975)	Décourt-Quaresma (1978)	Teixeira (1996)
Média	0,84	1,13	0,72
Desv	0,22	0,44	0,34

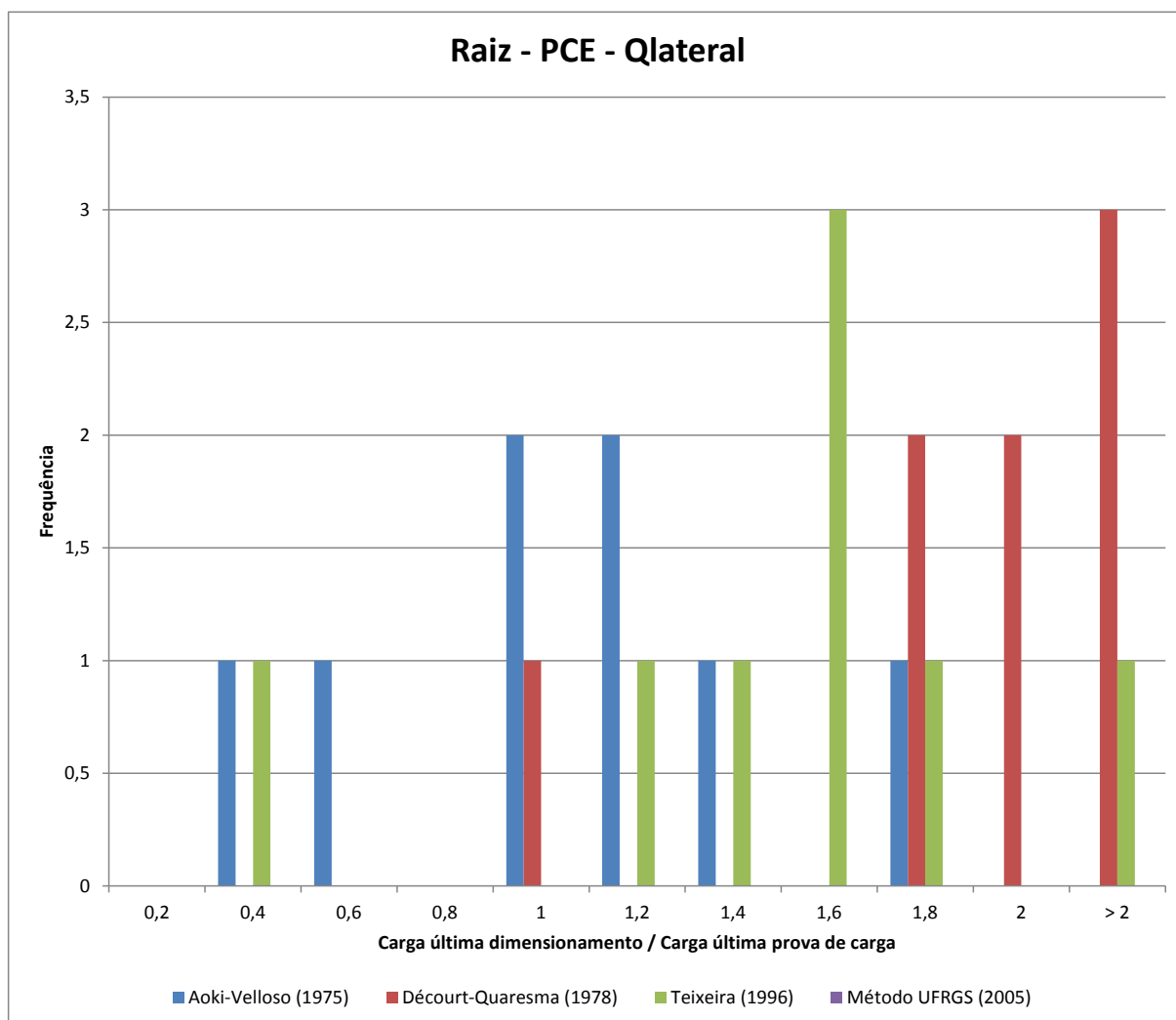
(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 68 – Histograma, raiz, prova de carga estática, carga de ponta



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 69 – Histograma, raiz, prova de carga estática, carga lateral



(fonte: elaborado pelo autor)



## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após todas estas análises, chegam-se às considerações finais e terminando com as conclusões e sugestões para pesquisas futuras.

Existe uma dificuldade na extrapolação das provas de carga estática e na separação exata entre carga de ponta e lateral. Tal fato pode gerar erros no valor estimado de ruptura da estaca.

Uma ressalva aqui é quanto à origem dos métodos semiempíricos, pois todos seus coeficientes foram determinados a partir de uma região de origem. Em outras regiões, os coeficientes que melhor se adaptam ao solo podem não ser os mesmos que aqueles originais.

Um ponto a ser destacado é sobre a sondagem SPT. Este tipo de ensaio tem um grau de imprecisão considerável que afeta o resultado final do dimensionamento. Somada à imprecisão, existe a qualidade da execução do ensaio.

### 7.1 CONCLUSÕES

Analisando os histogramas das estacas hélice contínua, têm o método Teixeira (1996) como o mais conservador para a carga total. Enquanto isso, os métodos Decourt-Quaresma (1978) e UFRGS (2005) são os que chegam com valores mais próximos da carga real; e o método Aoki-Velloso (1975) é o mais arrojado. Em relação à carga de ponta, o método Aoki-Velloso (1975) possui valores tanto arrojados quanto conservadores. O resto dos métodos é bastante arrojado em relação à carga da ponta. Na carga lateral têm-se os 4 métodos com valores bastantes conservadores. Se forem analisados agora somente os resultados da prova de carga estática em hélice, notam-se estacas com carga total mais arrojada quando comparadas com as cargas totais resultantes da prova de carga dinâmica.

Fazendo a análise agora para as estacas pré-moldadas de concreto, repara-se um conservadorismo geral de todos os métodos, tanto para a carga total quanto para a carga lateral. Comparando a carga de ponta, o método Aoki-Velloso (1975) destoa dos outros

quanto o conservadorismo, enquanto os outros métodos apresentam valores tanto arrojados quanto conservadores.

Sobre as estacas metálicas, existe um conservadorismo geral para a carga total e um conservadorismo ainda maior para a carga de ponta. Para a carga lateral existem valores conservadores, mas também um bom número de arrojados.

Para as estacas raiz, os resultados mostram certa proximidade da realidade da carga total da estaca. Já a carga de ponta se mostra mais conservadora, mas em contrapartida a carga lateral se mostra mais arrojada.

Fazendo uma análise apenas entre estacas agora, nota-se que as estacas raiz são as que possuem a carga total estimada mais próxima da real. As estacas cravadas, metálicas e pré moldadas, são as que possuem o maior conservadorismo na carga total e uma ressalva quanto à dispersão de resultados, pois as estacas metálicas possuem uma dispersão ainda maior se comparadas às estacas pré moldadas. As estacas hélice, por sua vez, tendem a serem dimensionadas de forma mais arrojada.

Nos quadros 17 até 20 são mostrados os resumos entre métodos para os tipos de estacas, e no quadro 21 é apresentado um comparativo entre estacas.

Quadro 17 – Resumo métodos para estaca hélice contínua

	Qtotal	Qponta	Qlateral
Aoki-Velloso (1975)	Arrojado	Misto	Conservador
Decourt-Quaresma (1975)	Realista	Arrojado	Conservador
Teixeira (1996)	Conservador	Arrojado	Conservador
UFRGS (2005)	Realista	Arrojado	Conservador

fonte: elaborado pelo autor)

Quadro 18 – Resumo métodos para estaca pré-moldada de concreto

	Qtotal *	Qponta	Qlateral
Aoki-Velloso (1975)	Conservador	Conservador	Conservador
Decourt-Quaresma (1975)	Conservador	Misto	Conservador
Teixeira (1996)	Conservador	Misto	Conservador
UFRGS (2005)	Conservador	Misto	Conservador

\* Patamar de cargas

(fonte: elaborado pelo autor)

Quadro 19 – Resumo métodos para estaca metálica

	Qtotal *	Qponta	Qlateral
Aoki-Velloso (1975)	Conservador	Conservador	Misto
Decourt-Quaresma (1975)	Conservador	Conservador	Misto
Teixeira (1996)	Conservador	Conservador	Misto
UFRGS (2005)	Conservador	Conservador	Misto

\* Patamar de cargas

fonte: elaborado pelo autor)

Quadro 20 – Resumo métodos para estaca raiz

	Qtotal	Qponta	Qlateral
Aoki-Velloso (1975)	Realista	Conservador	Arrojado
Decourt-Quaresma (1975)	Realista	Conservador	Arrojado
Teixeira (1996)	Realista	Conservador	Arrojado

(fonte: elaborado pelo autor)

Quadro 21 – Comparativo entre estacas

<b>Tipo de estaca</b>	<b>Resultado</b>
Hélice contínua	+ arrojadas
Pré-moldada de concreto	+ conservadoras
Metálica	+ conservadoras + dispersão que pré-moldada
Raiz	+ realistas

(fonte: elaborado pelo autor)

## 7.2 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Como sugestão para pesquisas futuras, pode-se dizer:

- a) Comparação dos métodos com provas de carga estática, que possuem curvas carga-recalque bem definidas;
- b) Comparação dos métodos com provas de carga de uma mesma região para avaliar a dispersão dos resultados;
- c) Incorporar provas de carga instrumentadas para uma avaliação mais realística.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13208**: estacas – carregamento de ensaio dinâmico. Rio de Janeiro, 1994.

\_\_\_\_\_. **NBR 12131**: estacas – prova de carga estática – método de ensaio. Rio de Janeiro, 2006.

\_\_\_\_\_. **NBR 6122**: projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 2010.

\_\_\_\_\_. **NBR 9607**: prova de carga em estruturas de concreto armado e protendido – procedimento. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES. **Manual de execução de fundações e geotecnia**: práticas recomendadas. São Paulo: Pini, 2012.

BOTTIAU, M; CORTDVRINDT, G. Recent experience with the omega-pila. In: INTERNACIONAL CONFERENCE AND EXHIBITION ON PILING AND DEEP FOUNDATIONS, 5th, 1994, Bruges. **Proceedings...**Bruges: Deep Foundations Institute, 1994. p. 3.11.1-3.11.7.

CINTRA, J. C. A.; AOKI, N. **Fundações por estacas**: projeto geotécnico. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

CINTRA, J. C. A.; AOKI, N.; TSUHA, C. de H. C.; GIACHETI, H. L. **Fundações**: ensaios estáticos e dinâmicos. 1. ed. (1. reimpr.) São Paulo: Oficina de Textos, 2013 (reimpr. 2014).

DÉCOURT, L.; ALBIERO, J. H.; CINTRA, J. C. A. Análise e projeto de fundações profundas. In: HACHICH, W.; FALCONI, F. F.; SAES, J. L.; FROTA, R. G. Q.; CARVALHO, C. S.; NIYAMA, S. (Ed.). **Fundações**: teoria e prática. 2. ed. São Paulo: Pini, 1998. p.265-327.

JOPPERT JÚNIOR, I. **Fundações e contenções de edifícios**: qualidade total na gestão do projeto e execução. São Paulo: Pini, 2007.

LOBO, B. O. **Método de previsão de capacidade de carga de estacas**: aplicação dos conceitos de energia do ensaio SPT. 2005. 121f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

MAIA, C. M. M.; FALCONI, F. F.; FÍGARO, N. D.; SOUZA FILHO, J. M.; ANTUNES, W. R.; TAROZZO, H.; SAES, J. L.; ALONSO, U. R.; GOLOMBEK, S. Execução de fundações profundas. In: HACHICH, W.; FALCONI, F. F.; SAES, J. L.; FROTA, R. G. Q.; CARVALHO, C. S.; NIYAMA, S. (Ed.). **Fundações**: teoria e prática. 2. ed. São Paulo: Pini, 1998. p.329-407.

MELHADO, S. B.; SOUZA, U. E. L.; BARROS, M. M. S. B. de; FRANCO, L. S.; HINO, M. K.; GODÓI, E. H. P. de; HOO, G. K.; SHIMIZU, J. Y. **Fundações**. São Paulo: Departamento

de Engenharia Civil de Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2002. Apostila da disciplina Tecnologia da Construção de Edifícios I. Disponível em: <[http://www.abraetd.com.br/skins/red-blue/images/arquivos/artigos/Apostila\\_fundacoes-%20TUBULOES%20POLI.pdf](http://www.abraetd.com.br/skins/red-blue/images/arquivos/artigos/Apostila_fundacoes-%20TUBULOES%20POLI.pdf)>. Acesso em: 05 out. 2015.

ODEBRECHT, E. **Medidas de energia o ensaio SPT**. 2003. 230 p. Tese (Doutorado em Engenharia)– Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

OLIVEIRA, C. R. de. **Prova de carga em estruturas de concreto**. 2006. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

SCHNAID, F.; ODEBRECHT, E. **Ensaio de campo e suas aplicações à Engenharia de fundações**. 2. ed. (1. reimpr.) São Paulo: Oficina de Textos, 2012 (reimpr. 2014).

TIMOSHENKO, S. P. **History of strength of materials: with a brief account of the history of theory of elasticity and theory of structures**. New York, McGraw-Hill, 1953.

VARGAS, M. Provas de cargas em estacas: uma apreciação histórica. **Solos e rochas**: revista brasileira de geotecnia, v. 13, p. 3-12, 1990.

VAN DER VEEN, C. The bearing capacity of pile. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOIL MECHANIS AND FOUNDATIONS ENGINEERING, 3. Zurich, 1953.

VAN IMPE, W. F. Influence of screw pile installation parameters on the overall behavior. In: WORKSHOP PILE FOUNDATIONS: FULL SCALE INVESTIGATIONS, ANALYSIS AND DESIGN. Naples, 1994.

## **ANEXO A – Resultados prova de carga dinâmica**

Est nº	Tipo estaca	Prof (m)	Diâm (cm) / Seção	Carga (tf)		
				Total	Lateral	Ponta
1	Hélice	17,0	50	219,10	164,80	54,40
2	Hélice	17,0	40	184,00	153,20	30,80
3	Hélice	17,0	50	256,90	201,40	55,50
4	Hélice	17,0	50	171,80	156,30	15,50
5	Hélice	17,0	50	219,90	173,00	47,00
6	Raiz	11,0	25	103,20	61,50	47,70
7	Hélice	11,0	60	183,10	82,60	100,50
8	Hélice	7,5	60	196,70	46,60	150,10
9	Hélice	7,6	60	179,50	60,60	118,80
10	Hélice	9,7	60	145,00	136,90	8,10
11	Raiz	9,6	31	173,40	108,10	65,30
12	Raiz	11,0	31	184,40	175,20	9,30
13	Hélice	11,8	60	234,00	137,70	96,30
14	Hélice	11,3	50	271,70	194,00	77,70
15	Hélice	11,0	50	155,70	30,70	125,00
16	Hélice	14,1	40	317,40	191,70	125,70
17	Hélice	12,1	60	163,60	129,50	34,10
18	Hélice	12,3	60	340,80	70,60	270,20
19	Hélice	9,5	60	233,10	131,30	101,80
20	Hélice	13,0	40	148,20	41,70	106,50
21	Hélice	12,3	60	163,00	158,20	4,90
22	Hélice	12,0	60	138,30	115,60	22,80
23	Hélice	12,2	60	189,30	187,00	2,30
24	Raiz	10,3	25	123,40	38,40	85,00
25	Raiz	11,0	31	263,70	99,70	164,00
26	Raiz	10,8	31	77,00	50,90	26,10
27	Raiz	10,9	31	132,20	37,50	94,70
28	Raiz	11,0	31	74,50	68,10	6,50
29	Raiz	10,8	31	59,50	54,30	5,20
30	Raiz	10,7	31	105,10	88,40	16,70
31	Raiz	9,5	31	271,20	216,90	54,30
32	Hélice	26,1	50	716,22	686,47	29,73
33	Hélice	26,1	50	517,59	508,34	9,20
34	Hélice	25,1	60	692,67	679,55	13,07
35	Hélice	26,0	50	576,02	549,24	26,81
36	Hélice	26,0	50	548,28	538,83	9,47
37	Hélice	26,2	50	549,71	540,91	8,84
38	Hélice	26,8	50	529,83	489,10	40,72
39	Hélice	19,5	40	236,77	222,39	14,41
40	Hélice	19,4	50	339,35	321,57	17,80
41	Hélice	19,2	60	380,44	350,65	29,76
42	Hélice	19,0	40	209,50	154,30	55,10



Est nº	Tipo estaca	Prof (m)	Diâm (cm) / Seção	Carga (tf)		
				Total	Lateral	Ponta
43	Hélice	19,1	50	323,10	302,70	20,40
44	Hélice	19,1	40	195,40	131,00	64,30
45	Hélice	18,9	50	195,40	146,20	44,70
46	Hélice	19,0	40	200,50	148,30	52,30
47	Hélice	19,5	50	189,40	161,00	28,50
48	Hélice	19,1	40	187,30	102,80	84,50
49	Hélice	19,3	50	222,20	180,40	41,80
53	Hélice	4,5	60	133,40	56,60	76,80
54	Hélice	10,1	50	333,50	252,00	84,50
55	Hélice	10,7	60	241,80	180,50	61,30
56	Hélice	6,7	50	141,30	95,80	45,50
57	Hélice	9,8	60	180,10	131,20	48,90
58	Metálico	5,1	W310x107	316,70	108,20	208,40
59	Metálico	2,3	W310x107	349,90	148,40	201,50
60	Metálico	2,6	W310x107	367,20	157,10	210,20
61	Metálico	4,9	W310x107	376,70	75,80	300,90
62	Metálico	2,6	W310x107	391,50	143,90	247,60
64	Hélice	16,8	50	250,80	213,40	37,40
65	Hélice	15,0	50	154,40	120,80	33,60
66	Hélice	15,1	50	219,20	155,50	63,70
67	Hélice	16,9	50	241,20	199,00	42,20
68	Hélice	16,9	50	270,00	235,20	34,80
69	Hélice	15,1	50	136,20	112,40	23,90
70	Hélice	15,3	50	180,10	147,90	32,20
82	Hélice	14,0	80	425,53	343,07	82,46
83	Hélice	14,0	80	550,60	295,89	254,71
84	Hélice	14,0	80	565,38	310,43	254,95
85	Hélice	14,0	60	327,51	211,32	116,19
86	Hélice	12,0	60	431,04	307,95	123,09
89	Hélice	6,7	40	299,90	201,20	98,80
90	Hélice	5,8	40	205,20	138,10	67,20
91	Hélice	6,9	40	372,00	273,60	98,30
92	Hélice	7,5	40	123,60	85,70	37,90
93	Hélice	7,2	50	232,20	197,00	35,30
94	Hélice	7,5	60	345,00	275,00	70,00
95	Hélice	7,2	60	486,90	383,60	103,30
96	Hélice	6,0	50	311,30	231,80	79,50
97	Hélice	6,5	50	503,10	387,60	115,50
98	Hélice	8,2	40	351,60	236,90	114,70
99	Hélice	9,1	50	197,80	76,60	121,10
100	Hélice	9,9	40	246,20	167,80	78,40
101	Hélice	11,8	60	406,80	330,30	76,50
102	Hélice	12,1	40	245,10	229,40	15,80

Est nº	Tipo estaca	Prof (m)	Diâm (cm) / Seção	Carga (tf)		
				Total	Lateral	Ponta
103	Hélice	12,3	50	418,10	399,20	18,80
104	Hélice	7,0	40	293,10	276,50	16,60
105	Hélice	8,1	40	238,80	133,30	105,50
106	Hélice	11,5	60	431,60	397,20	34,40
107	Hélice	11,9	50	376,40	295,30	81,20
108	Hélice	6,8	50	405,20	284,70	120,40
112	Hélice	16,3	70	251,30	212,40	38,90
113	Hélice	14,5	80	255,10	168,10	87,00
114	Hélice	16,0	60	432,00	246,00	186,00
115	Hélice	11,6	60	277,10	222,20	54,80
116	Hélice	17,3	50	246,90	163,10	83,90
117	Hélice	18,0	70	345,30	331,20	14,10
118	Hélice	17,0	70	273,10	227,70	45,40
119	Hélice	17,6	60	286,60	194,60	74,00
120	Hélice	15,5	80	416,00	290,00	125,90
121	Hélice	16,8	40	214,40	47,60	166,80
122	Hélice	11,8	40	214,50	140,50	74,10
123	Hélice	14,0	80	253,50	194,30	59,20
124	Hélice	11,8	80	347,20	285,50	61,70
125	Hélice	13,2	60	161,10	116,90	47,20
126	Metálico	18,2	W200x42,7	138,10	136,70	1,40
127	Metálico	18,4	W200x42,7	134,20	110,30	23,80
128	Metálico	18,3	W200x42,7	130,80	96,10	34,60
129	Metálico	19,0	HP250x62	123,40	88,30	35,10
130	Metálico	21,8	HP250x62	107,70	103,20	4,60
131	Metálico	19,4	W200x42,7	144,90	139,00	5,90
132	Metálico	23,0	W200x42,7	136,10	118,40	17,70
133	Metálico	23,1	HP250x62	184,00	135,00	49,00
134	Metálico	23,1	HP250x62	290,50	169,20	40,30
135	Metálico	21,9	HP250x62	234,90	100,20	134,70
136	Metálico	23,0	HP250x62	195,20	178,80	16,40
137	Metálico	23,1	HP250x62	234,90	147,70	87,20
138	Metálico	23,1	HP250x62	259,30	196,90	62,40
139	Hélice	11,0	40	417,00	297,00	120,00
140	Hélice	11,5	40	388,30	268,30	120,00
141	Hélice	11,5	40	387,40	281,10	106,30
142	Hélice	11,5	40	435,60	330,60	105,00
143	Hélice	11,0	40	403,40	283,40	120,00
144	Hélice	11,0	40	393,00	317,00	76,00
145	Hélice	9,5	40	279,30	189,00	90,30
146	Hélice	18,0	70	322,00	315,10	6,80
147	Hélice	18,0	70	504,40	499,40	5,00
148	Hélice	18,0	70	611,60	584,60	26,90

Est nº	Tipo estaca	Prof (m)	Diâm (cm) / Seção	Carga (tf)		
				Total	Lateral	Ponta
149	PM	28,5	60 esp 10	414,60	390,70	23,90
150	PM	27,7	60 esp 10	412,10	350,30	61,80
151	PM	28,1	60 esp 10	326,70	322,70	3,90
152	PM	22,5	60 esp 10	355,60	340,80	14,80
153	PM	27,5	60 esp 10	446,30	363,70	82,50
154	PM	25,5	60 esp 10	539,00	392,60	146,40
155	PM	22,5	60 esp 10	439,50	258,50	181,00
156	Hélice	24,5	60	237,80	220,80	17,00
157	Hélice	27,3	60	295,00	279,40	15,60
158	Hélice	26,8	60	339,10	223,20	116,00
159	Hélice	26,8	60	433,30	408,00	25,40
160	Hélice	14,8	60	202,90	167,90	35,00
161	Hélice	18,3	40	110,90	84,40	26,50
162	Hélice	27,0	60	320,80	250,80	70,00
163	Hélice	24,5	60	329,90	275,50	54,40
164	Hélice	27,3	60	289,10	232,10	57,00
166	PM	14,0	60 esp 10	221,30	134,60	86,70
167	PM	19,2	60 esp 10	297,80	197,80	100,00
168	PM	12,1	60 esp 10	179,30	64,80	114,50
169	PM	13,1	60 esp 10	291,90	166,40	166,40
170	PM	15,5	50 esp 10	256,60	109,00	109,00
171	PM	11,9	50 esp 10	271,19	185,70	85,50
172	PM	10,0	50 esp 10	263,00	191,00	72,00
173	PM	12,9	60 esp 10	305,00	159,00	146,00
174	PM	14,0	50 esp 10	277,10	101,90	175,20
175	PM	19,4	50 esp 10	253,30	162,40	90,90
176	PM	16,4	50 esp 10	253,10	188,60	64,50
193	PM	12,2	26x26	180,30	70,40	109,90
194	PM	13,0	26x26	121,40	68,00	53,30
195	PM	11,0	26x26	88,00	49,00	39,10
196	PM	13,0	26x26	165,90	74,50	91,40
197	PM	10,8	26x26	148,70	83,70	65,00
198	PM	13,0	26x26	118,40	72,70	45,60
200	Hélice	16,8	60	525,40	399,30	126,10
201	Hélice	16,1	50	408,40	319,20	89,10
202	Hélice	16,8	60	282,90	211,30	71,50
203	Hélice	16,5	60	531,00	481,40	49,60
204	Hélice	16,2	50	391,50	307,70	83,80
205	Hélice	16,8	40	306,90	233,00	73,90
206	Hélice	16,2	40	281,10	245,70	35,40
207	Hélice	16,3	40	272,30	235,70	36,60
208	Hélice	16,0	40	404,60	294,60	110,00
209	Hélice	16,1	60	452,30	353,20	99,10

Est nº	Tipo estaca	Prof (m)	Diâm (cm) / Seção	Carga (tf)		
				Total	Lateral	Ponta
210	Hélice	16,2	50	411,50	328,50	83,00
211	Hélice	16,3	40	485,30	429,70	55,60
212	Hélice	16,1	40	327,50	235,70	91,70
213	Hélice	16,1	40	401,10	361,30	39,80
214	Hélice	16,6	50	640,00	633,90	6,20
215	Hélice	16,8	60	609,70	523,60	86,10
216	Hélice	16,8	60	495,40	346,80	145,60
217	Hélice	16,8	50	385,50	323,00	62,60
218	Hélice	16,7	50	453,50	379,70	73,80
219	Hélice	15,6	60	567,70	233,00	73,90
220	Hélice	15,7	60	582,00	416,10	165,90
221	Hélice	16,9	40	404,60	294,60	110,00
222	Hélice	14,2	50	419,00	325,90	93,20
223	Hélice	14,4	60	429,40	242,20	187,20
224	Hélice	14,2	60	390,80	345,60	45,10
225	Hélice	14,3	50	497,70	450,10	47,60
226	Hélice	16,2	50	354,30	300,80	53,50
227	Hélice	16,1	60	397,40	250,10	147,40
228	Hélice	16,2	50	411,00	402,10	8,90
229	Hélice	17,5	60	518,80	413,80	105,00
230	Hélice	17,5	60	490,40	396,50	93,90
231	Hélice	17,5	60	508,10	404,10	104,00
232	Hélice	17,5	50	441,80	362,20	79,60
233	Hélice	17,0	50	342,70	244,30	98,40
234	Hélice	16,6	40	240,40	156,40	84,00
235	Hélice	15,2	40	196,20	118,70	77,50
236	Hélice	17,6	40	325,90	245,90	80,00
237	Hélice	18,1	40	257,80	207,80	50,00
238	Hélice	18,0	40	219,00	165,10	54,00
239	Hélice	19,1	40	313,50	226,50	87,00
240	Hélice	16,9	40	250,10	207,10	43,00
241	Hélice	15,2	70	371,50	232,40	139,10
242	Hélice	16,1	70	373,70	287,70	86,00
243	Hélice	18,8	60	208,70	148,80	60,00
244	Metálico	3,8	HP310x79	125,70	58,30	67,40
245	Metálico	6,0	HP250x62	130,30	100,90	29,40
246	Metálico	4,3	HP310x79	207,20	78,90	119,20
247	Metálico	6,0	HP250x62	157,20	68,00	89,20
248	Metálico	5,5	HP310x79	118,00	90,00	28,00
249	Metálico	2,6	HP310x79	171,80	42,40	129,40
250	Metálico	5,5	HP310x79	229,60	60,70	168,90
251	Metálico	5,5	HP310x79	134,00	30,80	103,20
252	Metálico	4,0	HP310x79	129,10	42,10	87,00

Est nº	Tipo estaca	Prof (m)	Diâm (cm) / Seção	Carga (tf)		
				Total	Lateral	Ponta
253	Metálico	3,3	HP310x79	117,10	47,00	70,10
254	Metálico	4,0	HP310x79	132,30	50,10	82,20
255	Metálico	3,2	HP250x62	117,70	29,00	88,80
256	Metálico	3,2	HP310x79	158,00	37,30	120,70
257	Metálico	5,7	HP310x79	223,20	85,20	138,00
258	Metálico	3,9	HP250x62	178,20	98,60	79,50
259	Metálico	4,0	HP250x62	250,70	125,10	125,60
260	Metálico	4,0	HP310x79	160,40	48,90	111,50
261	Metálico	6,0	HP310x79	251,40	94,70	156,70
262	Metálico	4,0	HP310x79	293,80	49,20	244,70
263	Metálico	6,0	HP250x62	227,10	74,00	153,10
264	Metálico	4,0	HP310x79	222,20	73,20	149,00
265	Metálico	6,0	HP310x79	236,10	12,70	109,50
266	Metálico	4,0	HP310x79	241,90	117,10	124,90
267	Metálico	5,5	HP310x79	265,70	169,50	96,20
268	Metálico	4,3	HP250x62	227,00	61,00	166,00
269	Metálico	6,0	HP250x62	227,00	106,40	120,60
270	Metálico	6,0	HP250x62	268,50	169,90	98,60
271	Metálico	6,0	HP310x79	237,60	61,50	176,10
272	Metálico	6,0	HP310x79	279,20	139,70	139,50
273	Metálico	6,0	HP310x79	193,50	103,60	89,90
274	Metálico	6,0	W200x52	182,50	73,40	109,10
275	Metálico	2,6	W200x52	179,10	44,10	135,00
276	Metálico	2,6	HP250x62	186,60	47,60	139,10
277	Metálico	3,8	HP250x62	177,80	97,60	80,20
278	Metálico	2,9	HP250x62	200,70	89,30	111,40
279	Metálico	3,2	HP250x62	193,70	63,50	130,20
284	Hélice	14,0	60	361,97	289,30	72,70
285	Hélice	14,5	60	328,20	264,10	64,10
286	Hélice	14,7	60	224,10	180,20	43,90
287	Hélice	14,0	60	254,30	199,30	55,00
288	Hélice	14,0	70	338,90	280,00	59,00
289	Hélice	14,0	70	219,80	172,90	46,90
290	Hélice	14,0	70	165,00	124,50	40,50
291	Hélice	12,2	50	234,80	154,50	80,30
292	Hélice	12,6	60	213,60	153,20	60,40
293	Hélice	12,1	50	232,00	173,80	58,10
294	Hélice	13,1	70	340,50	302,40	38,10
295	Hélice	10,7	60	314,40	154,10	160,20
296	PM	7,9	30x30	136,99	90,30	46,70
297	PM	4,1	30x30	127,30	59,10	68,20
298	Hélice	12,1	60	282,50	220,40	62,10
299	Hélice	11,2	50	286,40	181,80	104,50

Est nº	Tipo estaca	Prof (m)	Diâm (cm) / Seção	Carga (tf)		
				Total	Lateral	Ponta
300	Hélice	11,6	50	233,80	180,80	53,00
301	Hélice	11,4	50	248,60	169,40	79,20
302	Hélice	11,2	60	232,70	152,70	80,00
303	Hélice	11,4	50	212,90	108,10	104,80
304	Metálico	49,6	HP310x125	299,50	228,20	71,30
305	Metálico	51,3	HP310x125	234,70	208,20	26,40
306	Metálico	52,5	HP310x125	199,30	145,10	54,20
307	Metálico	49,7	HP310x125	316,90	233,10	83,90
308	Metálico	50,3	HP250x85	238,80	159,20	79,60
309	Metálico	50,3	HP250x85	182,00	118,90	63,10
310	Metálico	50,2	HP250x85	213,90	152,10	61,90
311	Metálico	51,2	HP310x125	380,50	263,20	144,30
312	Metálico	48,2	HP310x125	343,20	188,90	154,20
313	Metálico	53,1	HP310x125	375,10	60,80	314,30
314	Metálico	53,2	HP310x125	320,20	235,10	85,10
315	Metálico	52,8	HP310x125	349,80	209,80	140,00
316	Metálico	40,7	HP250x85	251,50	197,70	53,80
317	Metálico	15,1	HP250x85	77,50	71,60	5,90
318	Metálico	21,8	HP250x85	266,30	185,80	80,50
319	Metálico	52,3	HP250x85	297,55	227,55	70,00
320	Metálico	50,0	HP250x85	228,48	169,08	59,40
321	Metálico	52,0	HP310x125	321,93	310,52	11,41
322	Metálico	52,0	HP310x125	326,00	261,74	64,26
323	Metálico	52,0	HP310x125	324,70	261,49	63,21
324	Raiz	6,0	20	121,60	88,50	33,00
325	Raiz	6,0	20	85,30	7,20	78,10
326	Raiz	6,0	20	155,60	119,40	36,20
327	Raiz	12,0	20	198,10	188,20	9,90
328	Raiz	12,0	20	166,80	118,10	48,80
329	Raiz	6,0	20	146,00	73,20	72,80
330	Raiz	9,3	20	190,00	147,50	42,50
331	Raiz	6,0	20	119,60	34,40	85,20
341	Hélice	24,6	60	293,10	168,00	125,00
342	Hélice	24,6	60	207,60	141,10	66,50
343	Hélice	24,6	60	283,70	278,70	5,00
344	Hélice	24,2	60	357,30	327,80	29,50
345	Hélice	24,6	60	519,30	466,80	52,50
346	Hélice	22,4	60	223,90	205,80	18,10
347	Hélice	22,3	60	304,10	279,60	24,50
348	Hélice	23,5	60	335,20	249,80	85,40
349	Hélice	25,0	60	294,00	215,00	79,00
350	Hélice	24,2	60	234,60	180,20	54,40
351	Hélice	26,2	60	529,70	506,50	23,20

Est nº	Tipo estaca	Prof (m)	Diâm (cm) / Seção	Carga (tf)		
				Total	Lateral	Ponta
352	Hélice	24,9	60	319,50	268,00	51,50
353	Hélice	22,2	60	414,40	354,90	59,50
354	Hélice	23,5	60	232,80	203,70	29,10
355	Hélice	23,5	60	316,50	223,50	93,00
356	Hélice	23,5	60	290,70	281,70	9,00
357	Hélice	23,5	60	350,30	339,20	11,10
358	Hélice	23,5	60	320,70	160,00	160,70
359	Hélice	23,5	60	305,40	188,30	117,10
360	Hélice	23,5	60	317,00	302,60	14,40
361	Hélice	23,5	60	323,10	320,70	2,40
362	Hélice	23,5	60	278,70	261,70	17,00
363	Hélice	23,5	60	295,70	263,10	2,70
364	Hélice	24,5	60	267,60	214,00	53,60
365	Hélice	24,5	60	299,50	287,70	11,70
366	Hélice	24,0	60	282,10	230,10	52,00
367	Hélice	24,0	60	292,70	255,60	37,10
368	Hélice	24,0	60	271,60	268,90	2,70
369	Hélice	24,5	60	280,70	275,60	5,10
370	Hélice	24,5	60	290,10	191,00	99,10
371	Hélice	24,0	60	309,30	306,40	2,80
372	Hélice	24,0	60	339,30	330,40	9,00
373	Hélice	24,0	60	442,60	306,80	135,80
374	Hélice	23,7	60	543,00	488,10	54,90
375	Hélice	23,6	60	268,60	256,40	12,20
376	Hélice	23,4	60	247,70	190,30	57,30
377	Hélice	23,5	60	378,20	374,40	3,80
378	Hélice	23,6	60	238,50	229,30	9,20
379	Hélice	23,5	60	225,10	167,60	57,60
380	Hélice	23,5	60	355,80	350,80	5,00
381	Hélice	23,1	60	257,80	254,60	3,20
382	Hélice	23,0	60	257,30	151,70	105,60
383	Hélice	23,5	60	484,70	482,60	2,20
384	Hélice	23,4	60	591,30	337,40	253,90
385	Hélice	23,5	60	261,30	225,60	35,60
386	Hélice	23,5	60	381,10	377,20	3,90
387	Hélice	23,5	60	388,90	385,70	0,20
388	Hélice	23,5	60	345,20	341,40	3,80
389	Hélice	23,5	60	333,20	329,70	3,50
390	Hélice	23,5	60	449,90	411,50	38,40
391	PM	23,5	45x45	202,30	126,20	76,00
392	PM	22,6	45x45	278,40	219,60	58,80
393	PM	23,2	45x45	264,00	213,30	50,70
394	PM	22,7	45x45	275,00	188,40	86,50

Est nº	Tipo estaca	Prof (m)	Diâm (cm) / Seção	Carga (tf)		
				Total	Lateral	Ponta
395	PM	22,9	45x45	353,50	170,30	183,10
396	PM	22,7	45x45	353,70	250,90	102,80
397	PM	23,2	45x45	199,20	51,70	117,50
398	PM	23,2	45x45	333,50	277,20	56,30
399	PM	24,0	45x45	217,30	114,10	103,20
400	PM	23,8	45x45	229,90	115,70	114,30
401	PM	24,0	45x45	289,00	209,00	81,00
402	PM	22,7	45x45	314,20	251,40	62,80
403	PM	23,2	45x45	219,40	122,90	96,50
404	PM	25,7	80 esp15	536,60	421,80	114,80
405	PM	26,6	80 esp15	476,60	406,10	70,50
406	PM	29,2	80 esp15	693,50	621,90	71,60
407	PM	26,6	80 esp15	634,40	537,40	97,00
408	PM	27,2	80 esp15	469,20	359,90	109,30
409	PM	31,0	80 esp15	718,10	525,50	192,60
410	PM	25,7	80 esp15	682,20	494,70	187,60
411	PM	29,2	80 esp15	875,50	734,30	141,20
412	PM	29,2	80 esp15	851,40	679,21	172,20
413	PM	27,2	80 esp15	678,30	521,03	157,20
414	PM	23,2	80 esp15	624,90	432,69	192,20
415	PM	26,6	80 esp15	697,20	519,07	178,10
416	PM	25,7	80 esp15	728,60	614,40	114,10
417	PM	27,2	80 esp15	720,40	481,86	234,60
418	PM	25,7	80 esp15	700,50	496,70	203,80
419	PM	22,0	45x45	259,40	188,60	70,80
420	PM	22,0	45x45	435,10	320,10	115,00
421	PM	22,0	45x45	373,50	282,60	90,90
422	PM	22,1	45x45	438,00	286,76	151,20
423	PM	22,3	45x45	321,50	197,80	123,70
424	PM	22,8	80 esp15	849,80	307,60	542,20
425	PM	15,4	80 esp15	413,00	337,89	75,10
426	PM	15,3	80 esp15	420,30	282,90	137,40
427	PM	18,5	80 esp15	629,80	393,30	237,40
428	PM	15,4	80 esp15	494,20	281,30	212,90
429	PM	15,3	80 esp15	459,60	282,70	176,90
430	PM	15,6	80 esp15	457,80	199,20	258,60
431	PM	22,6	45x45	255,20	186,40	68,70
432	PM	22,6	45x45	279,80	206,80	73,00
433	PM	22,6	45x45	264,70	176,10	88,70
434	PM	22,6	45x45	226,20	132,20	94,00
435	PM	22,6	45x45	224,50	142,20	82,30
436	PM	23,0	45x45	251,50	168,90	82,60
437	PM	23,0	45x45	269,90	169,10	100,80



Est nº	Tipo estaca	Prof (m)	Diâm (cm) / Seção	Carga (tf)		
				Total	Lateral	Ponta
438	PM	23,0	45x45	237,50	183,50	54,00
439	PM	23,0	45x45	200,60	146,80	53,80
440	PM	22,9	45x45	252,60	187,60	65,00
441	PM	23,0	45x45	295,20	185,50	109,20
442	PM	23,0	45x45	237,40	172,10	65,30
443	PM	23,0	45x45	284,10	224,10	60,00
444	PM	23,0	45x45	295,30	220,30	75,00
445	PM	23,0	45x45	263,80	193,90	70,00
446	PM	23,0	45x45	245,30	165,30	80,00
447	PM	22,0	45x45	282,60	220,20	62,40
448	PM	22,0	45x45	278,80	165,70	113,10
449	PM	22,3	45x45	409,00	279,60	129,40
450	PM	22,4	45x45	355,80	251,70	104,10
451	PM	22,5	45x45	469,30	313,10	156,20
452	PM	21,8	45x45	326,90	183,50	143,30
453	PM	22,5	45x45	336,90	295,80	41,10
454	PM	22,2	45x45	341,10	314,30	26,90
455	PM	22,4	45x45	309,50	250,50	59,00
456	PM	22,5	45x45	292,00	238,00	54,00
457	PM	22,3	45x45	385,10	313,90	71,20
458	PM	22,6	45x45	384,40	314,90	69,50
459	PM	22,0	45x45	311,45	224,52	86,93
460	PM	22,0	45x45	449,50	370,70	78,80
461	PM	22,4	45x45	403,60	270,30	133,40
462	PM	22,3	45x45	280,90	224,80	56,10
463	PM	22,1	45x45	211,40	167,70	43,60
464	PM	22,3	45x45	376,40	295,80	80,60
465	PM	22,4	45x45	357,60	302,60	55,00
466	PM	22,3	45x45	343,60	270,90	72,60
467	PM	20,4	45x45	263,50	221,70	41,80
468	PM	23,0	45x45	309,80	205,10	104,70
469	PM	23,0	45x45	360,20	220,90	139,30
470	PM	23,0	45x45	339,90	232,70	107,30
471	PM	23,0	45x45	360,30	273,30	87,00
472	PM	23,1	45x45	348,90	259,60	89,30
473	PM	23,1	45x45	363,30	275,90	87,50
474	PM	23,0	45x45	261,80	218,00	43,70
475	PM	23,4	45x45	325,20	263,40	61,80
476	PM	23,3	45x45	333,90	270,60	63,30
477	PM	23,0	45x45	360,20	272,20	88,00
478	PM	23,1	45x45	340,70	271,50	69,10
479	PM	23,3	45x45	377,20	302,00	75,20
480	PM	23,1	45x45	315,70	225,50	90,20

Est nº	Tipo estaca	Prof (m)	Diâm (cm) / Seção	Carga (tf)		
				Total	Lateral	Ponta
481	PM	22,6	45x45	236,20	196,20	40,00
482	PM	22,0	45x45	177,80	134,40	43,40
483	PM	28,0	80 esp15	664,70	436,40	228,40
484	PM	28,1	80 esp15	537,70	490,40	47,40
485	PM	25,2	80 esp15	499,60	406,30	93,30
486	PM	22,2	45x45	309,00	225,40	83,60
487	PM	22,0	45x45	166,70	82,50	84,20
488	PM	22,3	45x45	328,80	235,70	93,10
489	PM	22,0	45x45	227,20	164,30	62,90
490	PM	23,9	45x45	242,90	186,90	56,10
491	PM	23,1	45x45	301,50	225,20	76,30
492	PM	22,5	45x45	264,10	192,00	72,10
493	PM	23,0	45x45	332,56	271,78	60,78
494	PM	22,3	45x45	351,00	264,10	86,90
495	PM	22,0	45x45	276,40	184,30	92,00
496	PM	22,0	45x45	327,30	243,30	83,90
497	PM	22,1	45x45	226,70	158,20	68,50
498	PM	22,1	45x45	262,80	199,50	63,30
499	PM	22,0	45x45	283,20	219,80	63,40
500	PM	23,1	45x45	309,40	239,00	70,40
501	PM	24,0	45x45	364,30	280,80	83,60
502	PM	24,0	45x45	355,00	278,30	76,70
503	PM	24,0	45x45	333,70	262,20	71,50
504	PM	22,5	45x45	386,95	300,69	86,26
505	PM	22,5	45x45	350,37	270,58	79,79
506	PM	22,5	45x45	405,56	323,96	81,60
507	PM	22,4	45x45	388,69	202,42	86,27
508	PM	22,0	45x45	304,77	229,67	75,10
509	PM	22,0	45x45	337,20	242,20	95,00
510	PM	22,4	45x45	307,76	227,92	79,84
511	PM	22,0	45x45	359,50	240,60	119,00
512	PM	22,0	45x45	301,00	243,80	57,20
513	PM	22,0	45x45	348,90	285,60	63,20
514	PM	22,0	45x45	219,50	167,30	52,30
515	PM	23,3	45x45	285,80	214,50	71,30
516	PM	23,2	45x45	309,50	252,90	56,60
517	PM	23,3	45x45	252,60	189,30	63,30
518	PM	21,0	45x45	212,90	160,40	52,50
519	PM	22,0	45x45	316,80	264,80	52,00
520	PM	22,0	45x45	285,70	226,10	59,60
521	PM	22,0	45x45	273,20	216,20	57,00
522	PM	30,2	80 esp15	628,23	352,55	275,68
523	PM	25,0	45x45	393,30	312,40	80,90

Est nº	Tipo estaca	Prof (m)	Diâm (cm) / Seção	Carga (tf)		
				Total	Lateral	Ponta
524	PM	25,3	45x45	369,50	281,00	88,50
525	PM	27,5	80 esp15	628,20	352,60	275,70
526	PM	24,8	80 esp15	629,80	370,10	259,70
527	PM	28,6	45x45	449,20	335,10	114,10
528	PM	27,5	45x45	417,80	297,80	120,00
529	PM	21,6	45x45	276,90	193,20	83,70
530	PM	25,2	80 esp15	707,80	495,50	212,30
531	PM	27,9	80 esp15	714,80	461,70	253,00
532	PM	25,2	80 esp15	582,20	392,20	190,00
533	PM	24,4	80 esp15	517,50	375,10	142,40
534	PM	22,9	80 esp15	522,90	273,30	249,60
535	PM	21,5	45x45	383,60	288,30	95,30
536	PM	29,8	80 esp15	608,60	414,10	194,60
537	PM	30,0	80 esp15	650,80	534,60	116,20
538	PM	20,7	45x45	403,40	293,00	110,50
539	PM	26,6	45x45	401,00	239,40	161,60
540	PM	25,0	45x45	354,50	231,10	123,40
541	PM	25,8	45x45	343,30	222,90	120,30
542	PM	20,2	45x45	438,10	343,10	95,00
543	PM	21,6	45x45	298,60	227,70	70,80
544	PM	22,0	45x45	397,20	308,80	88,40
545	PM	27,7	45x45	229,10	147,00	82,10
546	PM	26,0	45x45	375,10	219,00	156,10
547	PM	27,0	45x45	315,90	180,20	135,80
548	PM	21,7	45x45	462,70	372,70	90,00
549	PM	22,0	45x45	473,40	405,80	67,60
550	PM	21,8	45x45	248,10	160,40	87,70
551	PM	22,0	45x45	179,80	99,40	80,40
552	PM	21,5	45x45	184,60	155,40	29,20
553	PM	22,0	45x45	150,50	150,50	104,50
554	PM	24,0	45x45	267,70	185,30	82,40
555	PM	24,0	45x45	241,70	174,20	67,50
556	PM	24,0	45x45	295,30	231,50	63,80
557	PM	15,0	80 esp15	397,70	144,90	252,80
558	PM	26,3	45x45	333,30	223,40	109,80
559	PM	26,3	45x45	367,90	250,20	117,70
560	PM	26,3	45x45	358,90	254,30	140,60
561	PM	26,3	45x45	304,20	74,20	229,90
562	PM	25,6	45x45	349,50	195,50	154,00
563	PM	25,6	45x45	351,30	210,50	140,70
564	PM	26,1	45x45	341,50	255,20	86,30
565	PM	21,8	45x45	390,30	305,30	85,00
566	PM	22,0	45x45	422,50	337,90	84,60

Est nº	Tipo estaca	Prof (m)	Diâm (cm) / Seção	Carga (tf)		
				Total	Lateral	Ponta
567	PM	22,0	45x45	464,50	379,50	85,00
568	PM	22,0	80 esp15	451,20	168,50	282,80
569	PM	22,0	45x45	428,90	330,90	98,00
570	PM	22,0	45x45	346,90	211,90	135,00
571	PM	22,0	45x45	377,70	284,70	92,90
572	PM	22,0	45x45	428,20	287,50	140,80
573	PM	22,0	45x45	369,10	216,30	152,80
574	PM	22,0	45x45	442,40	273,70	168,70
575	PM	24,2	45x45	308,90	213,40	95,50
576	PM	25,2	45x45	338,00	238,30	99,70
577	PM	21,8	45x45	219,80	143,70	76,10
578	PM	21,8	45x45	253,60	178,60	75,00
579	PM	23,1	45x45	271,40	193,80	77,60
580	PM	23,1	45x45	320,80	206,10	114,80
581	PM	20,0	80 esp15	590,30	360,30	229,90
582	PM	20,5	80 esp15	537,40	136,40	401,10
583	PM	19,2	80 esp15	590,50	313,50	277,00
584	PM	23,0	45x45	317,10	244,40	73,00
585	PM	23,0	45x45	344,10	277,60	66,50
586	PM	23,0	45x45	214,20	187,30	26,90
587	PM	23,0	45x45	269,30	225,70	43,60
588	PM	23,0	45x45	240,60	175,20	65,40
589	PM	22,7	45x45	386,20	303,70	82,50
590	PM	21,8	45x45	347,70	252,20	105,50
591	PM	26,8	45x45	486,50	383,30	103,20
592	PM	21,8	45x45	392,20	287,20	105,10
593	PM	22,0	45x45	425,50	325,50	100,00
594	PM	22,0	45x45	302,60	231,10	66,50
595	PM	22,0	45x45	236,70	179,30	57,40
596	PM	22,0	45x45	322,40	272,20	50,20
597	PM	22,0	45x45	364,50	283,50	81,00
598	PM	22,3	45x45	346,20	241,20	105,00
599	PM	21,9	45x45	228,70	165,50	63,20
600	PM	21,8	45x45	165,70	88,70	77,00
601	PM	19,2	45x45	438,50	288,20	195,20
602	PM	18,6	45x45	419,20	244,20	175,00
603	PM	22,0	45x45	556,70	367,80	188,90
604	PM	22,0	45x45	544,80	341,70	203,10
605	PM	22,6	45x45	277,40	227,00	50,40
606	PM	22,8	45x45	359,80	269,90	89,90
607	PM	22,7	45x45	334,60	224,00	110,60
608	PM	22,7	45x45	274,30	195,10	79,20
609	PM	21,1	45x45	190,00	141,10	48,90

Est nº	Tipo estaca	Prof (m)	Diâm (cm) / Seção	Carga (tf)		
				Total	Lateral	Ponta
610	PM	15,5	80 esp15	348,70	184,00	164,00
611	PM	16,6	80 esp15	384,30	173,10	211,30
612	PM	22,0	45x45	216,30	164,30	52,00
613	PM	22,0	45x45	369,90	275,40	94,50
614	PM	22,0	45x45	370,90	260,40	110,50
615	PM	21,9	45x45	248,30	200,70	47,60
616	PM	22,0	45x45	261,20	188,20	73,00
617	PM	22,4	45x45	263,20	163,00	100,20
618	PM	22,1	45x45	370,80	196,30	174,50
619	PM	21,5	45x45	399,80	297,80	102,00
620	PM	21,8	45x45	387,90	306,50	81,50
621	PM	22,0	45x45	409,40	242,50	166,80
622	PM	19,5	45x45	294,60	218,70	76,00
623	PM	21,0	80 esp15	618,80	454,10	164,70
624	PM	21,5	80 esp15	604,50	477,70	126,80
625	PM	21,5	80 esp15	626,70	534,60	92,10

## **ANEXO B – Resultados prova de carga estática**

Est nº	Tipo estaca	Prof (m)	Diâmetro (cm)	Carga (tf) / Desl (mm)			Extrapolação		
				Total	Máx	Res.	Total	Lateral	Ponta
50	Raiz	17,0	31	163,66	11,41	2,43	220,00	120,00	100,00
51	Raiz	17,0	31	163,86	11,67	2,72	203,00	113,00	90,00
52	Raiz	17,0	41	224,84	10,15	2,20	276,00	136,00	140,00
63	Raiz	12,0	31	180,00	64,13	56,53	128,00	58,00	70,00
71	Hélice	17,4	70	364,00	8,72	4,26	478,00	258,00	220,00
72	Hélice	16,5	80	378,00	6,12	2,27	430,00	200,00	230,00
73	Hélice	17,5	50	320,00	8,72	4,26	458,00	278,00	180,00
74	Hélice	18,0	50	214,00	9,60	5,30	364,00	174,00	190,00
75	Hélice	19,8	70	292,00	4,44	0,66	400,00	140,00	260,00
76	Hélice	16,4	60	280,00	10,19	3,86	300,00	180,00	120,00
77	Hélice	18,5	60	280,00	6,93	3,35	300,00	160,00	140,00
78	Hélice	19,3	70	340,00	6,45	3,21	370,00	200,00	170,00
79	Hélice	12,3	60	260,00	4,63	2,27	270,00	35,00	235,00
80	Hélice	10,5	60	260,00	9,96	5,32	275,00	170,00	105,00
81	Hélice	11,2	80	560,88	5,88	1,53	570,00	230,00	340,00
87	Hélice	9,6	60	308,00	7,90	3,76	340,00	215,00	125,00
88	Hélice	9,6	60	308,00	3,26	1,11	330,00	180,00	150,00
109	Hélice	14,8	80	252,00	23,29	19,80	265,00	165,00	100,00
110	Hélice	12,0	60	164,00	51,42	47,92	136,00	96,00	40,00
111	Hélice	14,6	50	270,00	5,70	2,52	255,00	190,00	65,00
165	Raiz	15,7	31	199,50	9,98	0,15	380,00	180,00	200,00
177	Hélice	29,0	35	156,00	4,07	0,80	130,00	70,00	60,00
178	Hélice	29,0	35	200,00	14,70	6,01	230,00	110,00	120,00
179	Hélice	28,0	40	130,00	7,61	3,17	140,00	100,00	40,00
180	Hélice	28,0	40	286,00	43,66	29,90	273,00	143,00	130,00
181	Hélice	29,0	40	130,00	4,06	0,78	150,00	60,00	90,00
182	Hélice	29,0	40	305,50	21,91	9,85	324,00	168,00	156,00
183	Hélice	29,0	70	400,00	29,75	21,95	419,00	299,00	120,00
184	Hélice	29,0	70	520,00	28,38	17,41	535,00	335,00	200,00
185	Hélice	24,0	60	280,00	14,37	7,26	310,00	210,00	100,00
186	Hélice	24,0	60	504,00	44,85	30,83	480,00	220,00	260,00
187	Hélice	31,0	70	400,00	6,90	1,05	460,00	220,00	240,00
188	Hélice	31,0	70	540,00	15,58	6,38	562,00	262,00	300,00
189	Hélice	31,0	60	280,00	8,54	3,49	305,00	165,00	140,00
190	Hélice	31,0	60	420,00	20,69	11,46	435,00	275,00	160,00
191	Hélice	31,0	70	420,00	9,68	3,28	460,00	300,00	160,00
192	Hélice	31,0	70	600,00	23,51	11,93	625,00	375,00	250,00
199	Hélice	14,8	40	98,00	3,49	1,76	110,00	50,00	60,00
280	Raiz	8,0	25	185,00	39,54	31,88	126,00	66,00	60,00
281	Raiz	8,0	25	168,00	19,79	12,56	164,00	124,00	40,00
282	Raiz	8,0	25	210,00	44,51	38,31	164,00	104,00	60,00
283	Hélice	11,5	50	140,00	9,89	6,24	148,00	98,00	50,00

Est nº	Tipo estaca	Prof (m)	Diâmetro (cm)	Carga (tf) / Desl (mm)			Extrapolação		
				Total	Máx	Res.	Total	Lateral	Ponta
332	Hélice	24,6	60	300,00	4,64	0,95	450,00	210,00	240,00
333	Hélice	24,6	60	300,00	6,41	0,37	370,00	150,00	220,00
334	Hélice	23,0	60	300,00	10,02	3,56	330,00	250,00	80,00
335	Hélice	23,0	60	300,00	7,80	4,04	340,00	260,00	80,00
336	Hélice	24,8	60	300,00	11,16	4,39	340,00	240,00	100,00
337	Hélice	24,9	60	300,00	8,24	4,42	325,00	145,00	180,00
338	Hélice	24,9	60	300,00	6,10	1,81	330,00	105,00	225,00
339	Hélice	24,9	60	300,00	4,58	2,59	360,00	110,00	250,00
340	Hélice	24,9	60	300,00	7,30	2,47	390,00	150,00	240,00



## **ANEXO C – Resultados dimensionamento prova de carga dinâmica**

Est nº	Tipo estaca	Prof (m)	Diâm (cm) / Seção	Aoki-Velloso (1975)			Décourt-Quaresma (1978)			Teixeira (1996)			Método UFRGS (2005)		
				Qlat	Qpon	Qtot	Qlat	Qpon	Qtot	Qlat	Qpon	Qtot	Qlat	Qpon	Qtot
1	Hélice	17,0	50	187,60	142,03	329,63	172,79	49,48	222,27	113,33	48,69	162,02	130,09	99,29	229,38
2	Hélice	17,0	40	150,08	90,90	240,98	138,23	31,67	169,90	90,66	33,18	123,84	104,07	63,55	167,62
3	Hélice	17,0	50	173,18	96,21	269,39	160,74	42,41	203,15	127,52	32,99	160,51	120,33	85,65	205,98
4	Hélice	17,0	50	212,48	107,66	320,14	187,45	35,34	222,79	137,60	36,91	174,51	143,14	72,02	215,16
5	Hélice	17,0	50	187,60	142,03	329,63	172,79	49,48	222,27	113,33	48,69	162,02	113,33	48,69	162,02
6	Raiz	11,0	25	98,22	78,54	176,76	133,52	39,27	172,79	97,31	19,63	116,94			
7	Hélice	11,0	60	114,61	237,50	352,11	116,24	71,25	187,49	84,46	59,38	143,84	86,53	145,80	232,33
8	Hélice	7,5	60	90,48	245,04	335,52	90,48	81,43	171,91	73,74	61,26	135,00	68,51	167,63	236,14
9	Hélice	7,6	60	90,48	245,04	335,52	90,48	81,43	171,91	73,74	61,26	135,00	68,51	167,63	236,14
10	Hélice	9,7	60	110,84	245,04	355,88	111,21	74,64	185,85	85,00	61,26	146,26	83,66	153,02	236,68
11	Raiz	9,6	31	155,82	120,76	276,58	209,39	60,38	269,77	133,73	30,19	163,92			
12	Raiz	11,0	31	171,41	120,76	292,17	230,33	60,38	290,71	257,11	30,19	287,30			
13	Hélice	11,8	60	145,52	290,28	435,80	143,88	84,82	228,70	106,55	72,57	179,12	109,08	172,11	281,19
14	Hélice	11,3	50	167,13	314,16	481,29	156,56	94,25	250,81	119,24	78,54	197,78	124,01	189,96	313,97
15	Hélice	11,0	50	167,13	314,16	481,29	156,56	94,25	250,81	119,24	78,54	197,78	124,01	189,96	313,97
16	Hélice	14,1	40	194,02	201,06	395,08	179,28	60,32	239,60	135,45	50,27	185,72	142,66	120,20	262,86
17	Hélice	12,1	60	256,35	384,53	640,88	236,25	115,36	351,61	238,66	96,13	334,79	190,04	232,35	422,39
18	Hélice	12,3	60	230,72	452,39	683,11	214,88	135,72	350,60	162,32	113,10	275,42	170,62	272,51	443,13
19	Hélice	9,5	60	114,61	392,07	506,68	112,47	122,15	234,62	81,03	98,02	179,05	86,17	248,47	334,64
20	Hélice	13,0	40	153,81	197,71	351,52	144,51	58,81	203,32	97,01	49,01	146,02	113,56	117,70	231,26
21	Hélice	12,3	60	201,31	437,31	638,62	190,38	132,32	322,70	127,76	109,33	237,09	149,14	265,82	414,96
22	Hélice	12,0	60	256,35	384,53	640,88	236,25	115,36	351,61	238,66	96,13	334,79	190,04	232,35	422,39
23	Hélice	12,2	60	201,31	437,31	638,62	190,38	132,32	322,70	127,76	109,33	237,09	149,14	265,82	414,96
24	Raiz	10,3	25	120,35	78,54	198,89	161,79	39,27	201,06	163,65	19,63	183,28			
25	Raiz	11,0	31	164,82	120,76	285,58	221,56	60,38	281,94	225,34	30,19	255,53			
26	Raiz	10,8	31	164,82	120,76	285,58	221,56	60,38	281,94	225,34	30,19	255,53			
27	Raiz	10,9	31	154,22	120,76	274,98	219,61	60,38	279,99	221,79	30,19	251,98			
28	Raiz	11,0	31	154,22	120,76	274,98	219,61	60,38	279,99	221,79	30,19	251,98			
29	Raiz	10,8	31	154,22	120,76	274,98	219,61	60,38	279,99	221,79	30,19	251,98			
30	Raiz	10,7	31	164,82	120,76	285,58	221,56	60,38	281,94	225,34	30,19	255,53			
31	Raiz	9,5	31	138,64	120,76	259,40	198,67	60,38	259,05	199,59	30,19	229,78			
32	Hélice	26,1	50	175,18	39,60	214,78	270,70	15,55	286,25	228,30	86,39	314,69	202,67	100,63	303,30
33	Hélice	26,1	50	175,18	39,60	214,78	270,70	15,55	286,25	228,30	86,39	314,69	202,67	100,63	303,30
34	Hélice	25,1	60	201,09	50,80	251,89	309,13	11,20	320,33	261,23	110,84	372,07	231,60	76,04	307,64
35	Hélice	26,0	50	175,18	39,60	214,78	270,70	15,55	286,25	228,30	86,39	314,69	202,67	86,39	289,06
36	Hélice	26,0	50	175,18	39,60	214,78	270,70	15,55	286,25	228,30	86,39	314,69	202,67	86,39	289,06
37	Hélice	26,2	50	175,18	39,60	214,78	270,70	15,55	286,25	228,30	86,39	314,69	202,67	86,39	289,06
38	Hélice	26,8	50	182,78	52,56	235,34	292,17	15,55	307,72	249,92	114,67	364,59	219,50	100,27	319,77
39	Hélice	19,5	40	93,83	142,42	236,25	155,40	34,68	190,08	108,72	28,27	136,99	116,71	68,89	185,60
40	Hélice	19,4	50	117,29	222,53	339,82	194,26	54,19	248,45	135,90	44,51	180,41	145,88	107,63	253,51
41	Hélice	19,2	60	140,75	320,44	461,19	233,11	78,04	311,15	163,07	64,09	227,16	175,06	154,99	330,05
42	Hélice	19,0	40	174,15	142,00	316,15	161,69	60,32	222,01	89,77	59,63	149,40	121,42	117,89	239,31
43	Hélice	19,1	50	217,69	221,87	439,56	202,11	94,25	296,36	112,21	96,15	208,36	151,77	184,21	335,98
44	Hélice	19,1	40	174,15	142,00	316,15	161,69	60,32	222,01	89,77	59,63	149,40	121,42	117,89	239,31
45	Hélice	18,9	50	217,69	221,87	439,56	202,11	94,25	296,36	112,21	96,15	208,36	151,77	184,21	335,98
46	Hélice	19,0	40	174,15	142,00	316,15	161,69	60,32	222,01	89,77	59,63	149,40	121,42	117,89	239,31
47	Hélice	19,5	50	217,69	221,87	439,56	202,11	94,25	296,36	112,21	96,15	208,36	151,77	184,21	335,98
48	Hélice	19,1	40	174,15	142,00	316,15	161,69	60,32	222,01	89,77	59,63	149,40	121,42	117,89	239,31
49	Hélice	19,3	50	217,69	221,87	439,56	202,11	94,25	296,36	112,21	96,15	208,36	151,77	184,21	335,98
53	Hélice	4,5	60	57,09	118,75	175,84	63,46	40,72	104,18	74,17	51,46	125,63	49,28	86,47	135,75
54	Hélice	10,1	50	71,75	187,19	258,94	91,11	55,96	147,07	59,39	74,87	134,26	68,20	181,29	249,49
55	Hélice	10,7	60	86,09	269,55	355,64	109,33	80,58	189,91	71,27	107,82	179,09	81,84	261,06	342,90
56	Hélice	6,7	50	47,97	180,64	228,61	57,60	42,41	100,01	52,60	45,16	97,76	42,75	88,29	131,04
57	Hélice	9,8	60	86,09	269,55	355,64	109,33	80,58	189,91	71,27	107,82	179,09	81,84	261,06	342,90
58	Metálico	5,1	W310x107	70,29	10,91	81,20	60,00	13,64	73,64	57,12		57,12	46,44	14,17	60,61
59	Metálico	2,3	W310x107	34,19	6,70	40,89	33,00	8,73	41,73	34,08		34,08	25,29	9,22	34,51
60	Metálico	2,6	W310x107	34,19	6,70	40,89	33,00	8,73	41,73	34,08		34,08	25,29	9,22	34,51
61	Metálico	4,9	W310x107	152,43	18,71	171,14	111,00	21,82	132,82	94,68		94,68	91,55	22,49	114,04
62	Metálico	2,6	W310x107	78,38	18,71	97,09	59,40	21,82	81,22	46,80		46,80	48,72	22,65	71,37
64	Hélice	16,8	50	38,35	62,64	100,99	81,68	7,07	88,75	66,60	102,49	169,09	52,22	49,29	101,51
65	Hélice	15,0	50	76,06	206,17	282,23	104,20	94,25	198,45	66,74	89,34	156,08	73,33	187,09	260,42
66	Hélice	15,1	50	76,06	206,17	282,23	104,20	94,25	198,45	66,74	89,34	156,08	73,33	187,09	260,42

Est nº	Tipo estaca	Prof (m)	Diâm (cm) / Seção	Aoki-Veloso (1975)			Décourt-Quaresma (1978)			Teixeira (1996)			Método UFRGS (2005)		
				Qlat	Qpon	Qtot	Qlat	Qpon	Qtot	Qlat	Qpon	Qtot	Qlat	Qpon	Qtot
67	Hélice	16,9	50	38,35	62,64	100,99	81,68	7,07	88,75	66,60	102,49	169,09	52,22	49,29	101,51
68	Hélice	16,9	50	38,35	62,64	100,99	81,68	7,07	88,75	66,60	102,49	169,09	52,22	49,29	101,51
69	Hélice	15,1	50	76,06	206,17	282,23	104,20	94,25	198,45	66,74	89,34	156,08	73,33	187,09	260,42
70	Hélice	15,3	50	76,06	206,17	282,23	104,20	94,25	198,45	66,74	89,34	156,08	73,33	187,09	260,42
82	Hélice	14,0	80	325,24	804,25	1129,49	322,24	241,27	563,51	195,82	201,60	397,42	253,54	480,79	734,33
83	Hélice	14,0	80	325,24	804,25	1129,49	322,24	241,27	563,51	195,82	201,60	397,42	253,54	480,79	734,33
84	Hélice	14,0	80	325,24	804,25	1129,49	322,24	241,27	563,51	195,82	201,60	397,42	253,54	480,79	734,33
85	Hélice	14,0	60	325,24	804,25	1129,49	322,24	241,27	563,51	195,82	201,60	397,42	253,54	480,79	734,33
86	Hélice	12,0	60	244,82	770,74	1015,56	250,49	241,27	491,76	147,76	187,24	335,00	195,72	484,46	680,18
89	Hélice	6,7	40	75,78	170,90	246,68	77,91	52,78	130,69	64,13	38,96	103,09	62,16	108,19	170,35
90	Hélice	5,8	40	58,18	144,09	202,27	61,99	40,72	102,71	52,28	32,04	84,32	49,17	84,15	133,32
91	Hélice	6,9	40	66,33	192,68	259,01	71,63	60,32	131,95	50,98	47,12	98,10	56,54	123,40	179,94
92	Hélice	7,5	40	58,85	75,40	134,25	103,46	18,10	121,56	73,32	110,58	183,90	83,44	122,94	206,38
93	Hélice	7,2	50	73,56	117,81	191,37	129,33	28,27	157,60	91,65	172,79	264,44	104,31	192,10	296,41
94	Hélice	7,5	60	131,89	452,39	584,28	142,00	132,72	274,72	99,18	113,10	212,28	113,56	276,32	389,88
95	Hélice	7,2	60	93,63	403,38	497,01	111,21	135,72	246,93	82,44	100,85	183,29	88,17	277,64	365,81
96	Hélice	6,0	50	52,89	233,00	285,89	70,16	63,62	133,78	54,70	58,25	112,95	54,96	131,49	186,45
97	Hélice	6,5	50	94,72	267,04	361,76	97,39	82,47	179,86	80,17	66,76	146,93	77,70	169,05	246,75
98	Hélice	8,2	40	95,88	192,88	288,76	95,92	60,32	156,24	77,01	47,12	124,13	76,92	122,94	199,86
99	Hélice	9,1	50	115,69	267,04	382,73	124,62	51,84	176,46	84,34	66,76	151,10	98,83	106,21	205,04
100	Hélice	9,9	40	82,50	194,36	276,86	94,25	60,32	154,57	68,46	47,75	116,21	73,27	122,03	195,30
101	Hélice	11,8	60	218,00	433,54	651,54	208,60	135,72	344,32	159,87	108,38	268,25	165,26	272,51	437,77
102	Hélice	12,1	40	145,33	192,68	338,01	139,07	60,32	199,39	106,58	47,12	153,70	110,17	121,12	231,29
103	Hélice	12,3	50	162,51	314,16	476,67	178,02	94,25	272,27	127,01	78,54	205,55	141,23	189,24	330,47
104	Hélice	7,0	40	46,58	138,23	184,81	67,44	37,70	105,14	44,19	55,29	99,48	52,82	132,40	185,22
105	Hélice	8,1	40	52,13	140,74	192,87	67,02	46,75	113,77	49,23	31,42	80,65	51,52	95,69	147,21
106	Hélice	11,5	60	188,21	452,39	640,60	188,50	135,72	324,22	133,81	113,10	246,91	147,59	272,51	420,10
107	Hélice	11,9	50	95,76	186,53	282,29	106,81	77,75	184,56	83,88	80,83	164,71	79,56	156,71	236,27
108	Hélice	6,8	50	48,76	69,12	117,88	68,59	14,14	82,73	57,78	113,10	170,88	52,41	97,79	150,20
112	Hélice	16,3	70	204,14	615,75	819,89	212,58	184,73	397,31	107,61	365,29	472,90	157,84	365,29	523,13
113	Hélice	14,5	80	193,09	629,99	823,08	206,93	241,27	448,20	107,78	142,00	249,78	151,75	478,95	630,70
114	Hélice	16,0	60	272,94	354,37	627,31	257,61	135,72	393,33	251,80	88,59	340,39	202,20	268,38	470,58
115	Hélice	11,6	60	89,78	188,50	278,28	103,67	50,89	154,56	53,37	47,12	100,49	73,89	105,18	179,07
116	Hélice	17,3	50	170,95	314,16	485,11	174,36	94,25	268,61	87,29	78,54	165,83	130,57	185,65	316,22
117	Hélice	18,0	70	290,17	364,32	654,49	286,62	64,65	351,27	221,55	86,59	308,14	219,50	131,88	351,38
118	Hélice	17,0	70	158,29	508,00	666,29	196,45	184,73	381,18	136,76	108,72	245,48	143,10	363,88	506,98
119	Hélice	17,6	60	165,84	452,39	618,23	195,41	135,72	331,13	127,99	113,10	241,09	143,97	266,30	410,27
120	Hélice	15,5	80	140,69	489,25	629,94	188,50	114,61	303,11	143,46	109,33	252,79	135,02	231,65	366,67
121	Hélice	16,8	40	158,78	83,78	242,56	156,66	25,64	182,30	117,19	22,62	139,81	120,26	51,91	172,17
122	Hélice	11,8	40	124,07	82,10	206,17	121,06	27,14	148,20	87,41	21,36	108,77	94,61	55,67	150,28
123	Hélice	14,0	80	280,31	341,81	622,12	273,95	102,54	376,49	216,01	86,71	302,72	212,99	209,53	422,52
124	Hélice	11,8	80	248,14	328,40	576,54	242,11	108,57	350,68	174,82	94,25	269,07	189,23	222,68	411,91
125	Hélice	13,2	60	197,41	188,50	385,91	192,89	50,89	243,78	146,66	47,12	193,78	150,31	104,88	255,19
126	Metálico	18,2	W200x42,7	85,89	2,02	87,91	120,96	2,78	123,74	69,29	2,99	72,28	87,38	5,52	92,90
127	Metálico	18,4	W200x42,7	85,89	2,02	87,91	120,96	2,78	123,74	69,29	2,99	72,28	87,38	5,52	92,90
128	Metálico	18,3	W200x42,7	85,89	2,02	87,91	120,96	2,78	123,74	69,29	2,99	72,28	87,38	5,52	92,90
129	Metálico	19,0	HP250x62	106,56	3,21	109,77	152,39	4,94	157,33	85,62	4,85	90,47	110,97	9,71	120,68
130	Metálico	21,8	HP250x62	142,04	3,94	145,98	209,72	6,05	215,77	112,86	6,92	119,78	155,42	11,70	167,12
131	Metálico	19,4	W200x42,7	94,97	2,16	97,13	135,80	3,32	139,12	76,30	3,55	79,85	98,89	6,52	105,41
132	Metálico	23,0	W200x42,7	138,28	2,77	141,05	205,67	4,28	209,95	109,74	5,08	114,82	153,02	8,23	161,25
133	Metálico	23,1	HP250x62	155,17	4,11	159,28	230,79	6,37	237,16	123,14	7,24	130,38	171,71	12,25	183,96
134	Metálico	23,1	HP250x62	155,17	4,11	159,28	230,79	6,37	237,16	123,14	7,24	130,38	171,71	12,25	183,96
135	Metálico	21,9	HP250x62	142,04	3,94	145,98	209,72	6,05	215,77	112,86	6,92	119,78	155,42	11,70	167,12
136	Metálico	23,0	HP250x62	155,17	4,11	159,28	230,79	6,37	237,16	123,14	7,24	130,38	171,71	12,25	183,96
137	Metálico	23,1	HP250x62	155,17	4,11	159,28	230,79	6,37	237,16	123,14	7,24	130,38	171,71	12,25	183,96
138	Metálico	23,1	HP250x62	155,17	4,11	159,28	230,79	6,37	237,16	123,14	7,24	130,38	171,71	12,25	183,96
139	Hélice	11,0	40	44,86	41,89	86,75	77,49	24,13	101,62	81,52	42,73	124,25	57,95	97,67	155,62
140	Hélice	11,5	40	62,45	234,57	297,02	95,50	60,32	155,82	89,56	45,24	134,80	72,49	121,12	193,61
141	Hélice	11,5	40	62,45	234,57	297,02	95,50	60,32	155,82	89,56	45,24	134,80	72,49	121,12	193,61
142	Hélice	11,5	40	66,06	251,33	317,39	89,22	60,32	149,54	59,87	50,27	110,14	66,75	121,12	187,87
143	Hélice	11,0	40	48,46	84,82	133,28	71,21	37,70	108,91	52,46	40,84	93,30	52,21	121,57	173,78
144	Hélice	11,0	40	48,46	84,82	133,28	71,21	37,70	108,91	52,46	40,84	93,30	52,21	121,57	173,78

Capacidade de carga em estacas de fundação: comparação entre métodos de dimensionamento e resultados de provas de carga

Est nº	Tipo estaca	Prof (m)	Diâm (cm) / Seção	Aoki-Velloso (1975)			Décourt-Quaresma (1978)			Teixeira (1996)			Método UFRGS (2005)		
				Qlat	Qpon	Qtot	Qlat	Qpon	Qtot	Qlat	Qpon	Qtot	Qlat	Qpon	Qtot
145	Hélice	9,5	40	32,63	54,66	87,29	53,20	9,42	62,62	46,20	14,70	60,90	37,62	32,00	69,62
146	Hélice	18,0	70	269,06	327,12	596,18	326,94	175,49	502,43	270,54	131,33	401,87	254,03	344,73	598,76
147	Hélice	18,0	70	215,43	101,60	317,03	361,39	30,48	391,87	309,10	226,29	535,39	283,79	202,83	486,62
148	Hélice	18,0	70	265,41	342,51	607,92	263,16	133,93	397,09	170,99	146,34	317,33	198,08	264,91	462,99
149	PM	28,5	60 esp 10	377,17	181,32	558,49	409,05	232,48	641,53	256,89	91,04	347,93	456,98	240,57	697,55
150	PM	27,7	60 esp 10	341,30	308,18	649,48	383,91	219,91	603,82	242,23	48,04	290,27	428,63	228,89	657,52
151	PM	28,1	60 esp 10	142,61	120,43	263,04	211,12	69,74	280,86	105,72	192,12	297,84	211,35	241,56	452,91
152	PM	22,5	60 esp 10	246,45	209,44	455,89	292,80	213,63	506,43	175,32	44,92	220,24	326,81	227,00	553,81
153	PM	27,5	60 esp 10	203,54	87,96	291,50	263,27	56,55	319,82	88,63	122,52	211,15	274,91	197,21	472,12
154	PM	25,5	60 esp 10	297,23	311,17	608,40	311,65	251,33	562,98	130,62	55,98	186,60	340,72	262,71	603,43
155	PM	22,5	60 esp 10	175,38	293,22	468,60	205,47	188,50	393,97	74,16	46,31	120,47	215,10	201,06	416,16
156	Hélice	24,5	60	189,82	565,49	755,31	229,96	135,72	365,68	81,16	113,10	194,26	160,43	258,98	419,41
157	Hélice	27,3	60	252,59	565,49	818,08	284,00	135,72	419,72	101,12	113,10	214,22	201,62	256,88	458,50
158	Hélice	26,8	60	252,59	565,49	818,08	284,00	135,72	419,72	101,12	113,10	214,22	201,62	256,88	458,50
159	Hélice	26,8	60	252,59	565,49	818,08	284,00	135,72	419,72	101,12	113,10	214,22	201,62	256,88	458,50
160	Hélice	14,8	60	34,78	75,40	110,18	63,46	10,18	73,64	28,07	15,08	43,15	35,28	25,04	60,32
161	Hélice	18,3	40	39,46	73,30	112,76	61,58	19,60	81,18	25,78	16,34	42,12	37,32	40,17	77,49
162	Hélice	27,0	60	252,59	565,49	818,08	284,00	135,72	419,72	101,12	113,10	214,22	201,62	256,88	458,50
163	Hélice	24,5	60	189,82	565,49	755,31	229,96	135,72	365,68	81,16	113,10	194,26	160,43	258,98	419,41
164	Hélice	27,3	60	252,59	565,49	818,08	284,00	135,72	419,72	101,12	113,10	214,22	201,62	256,88	458,50
166	PM	14,0	60 esp 10	177,86	215,42	393,28	152,28	251,33	403,61	48,35	89,72	138,07	168,19	275,45	443,64
167	PM	19,2	60 esp 10	371,23	215,42	586,65	287,01	251,33	538,34	118,79	129,38	248,17	328,21	270,17	598,38
168	PM	12,1	60 esp 10	100,51	195,68	296,19	98,39	207,35	305,74	28,24	63,99	92,23	103,31	229,84	333,15
169	PM	13,1	60 esp 10	139,18	202,86	342,04	125,33	251,33	376,66	37,55	76,86	114,41	135,82	276,51	412,33
170	PM	15,5	50 esp 10	213,26	172,33	385,59	172,29	201,06	373,35	61,53	101,93	163,46	194,35	218,67	413,02
171	PM	11,9	50 esp 10	83,99	156,54	240,53	82,22	165,87	248,09	23,60	63,33	86,93	86,33	183,86	270,19
172	PM	10,0	50 esp 10	28,24	184,30	212,54	42,94	165,87	208,81	12,23	19,70	31,93	39,08	185,20	224,28
173	PM	12,9	60 esp 10	139,18	202,86	342,04	125,33	251,33	376,66	37,55	76,86	114,41	135,82	276,51	412,33
174	PM	14,0	50 esp 10	102,32	139,30	241,62	102,64	201,06	303,70	50,88	63,99	114,87	109,59	220,36	329,95
175	PM	19,4	50 esp 10	310,21	172,33	482,54	239,84	201,06	440,90	99,26	105,55	204,81	274,27	216,13	490,40
176	PM	16,4	50 esp 10	213,26	172,33	385,59	172,29	201,06	373,35	61,53	101,93	163,46	194,35	218,67	413,02
193	PM	12,2	26x26	63,81	48,67	112,48	57,89	56,78	114,67	36,21	63,70	99,91	62,16	63,70	125,86
194	PM	13,0	26x26	66,43	50,99	117,42	72,80	62,19	134,99	45,57	32,65	78,22	80,32	69,34	149,66
195	PM	11,0	26x26	44,71	23,80	68,51	51,65	15,41	67,06	34,33	51,38	85,71	55,29	58,02	113,31
196	PM	13,0	26x26	61,83	48,67	110,50	67,95	56,78	124,73	44,07	29,81	73,88	74,06	63,50	137,56
197	PM	10,8	26x26	52,58	44,04	96,62	49,57	51,38	100,95	31,67	26,97	58,64	52,54	58,02	110,56
198	PM	13,0	26x26	82,53	55,63	138,16	77,31	64,90	142,21	49,56	34,07	83,63	86,18	72,26	158,44
200	Hélice	16,8	60	240,62	311,02	551,64	297,19	84,82	382,01	237,02	124,41	361,43	233,24	267,34	500,58
201	Hélice	16,1	50	181,51	215,98	397,49	225,15	58,90	284,05	181,92	86,39	268,31	176,54	186,37	362,91
202	Hélice	16,8	60	194,70	269,55	464,25	248,81	72,10	320,91	208,88	107,82	316,70	192,05	228,07	420,12
203	Hélice	16,5	60	194,70	269,55	464,25	248,81	72,10	320,91	208,88	107,82	316,70	192,05	228,07	420,12
204	Hélice	16,2	50	146,09	165,59	311,68	187,97	44,18	232,15	161,31	66,24	227,55	144,83	140,71	285,54
205	Hélice	16,8	40	129,80	119,80	249,60	165,88	32,04	197,92	139,25	44,23	183,48	128,03	101,36	229,39
206	Hélice	16,2	40	158,14	138,23	296,37	194,36	37,70	232,06	158,17	55,29	213,46	153,50	119,28	272,78
207	Hélice	16,3	40	110,55	122,10	232,65	152,89	32,04	184,93	121,53	45,62	167,15	117,76	101,74	219,50
208	Hélice	16,0	40	165,74	138,23	303,97	202,74	37,70	240,44	150,75	55,29	206,04	160,45	119,28	279,73
209	Hélice	16,1	60	217,82	311,02	528,84	270,18	84,82	355,00	218,30	124,41	342,71	211,85	268,38	480,23
210	Hélice	16,2	50	207,17	215,98	423,15	253,42	58,90	312,32	188,43	86,39	274,82	200,57	186,37	386,94
211	Hélice	16,3	40	136,47	127,86	264,33	170,48	34,87	205,35	146,69	49,07	195,76	133,13	110,51	243,64
212	Hélice	16,1	40	145,45	138,23	283,68	185,98	37,70	223,68	148,40	55,29	203,69	146,21	119,28	265,49
213	Hélice	16,1	40	114,28	107,13	221,41	149,12	30,16	179,28	126,62	39,40	166,02	114,74	95,90	210,64
214	Hélice	16,6	50	226,18	215,98	442,16	275,94	58,90	334,84	206,03	83,39	289,42	218,39	185,65	404,04
215	Hélice	16,8	60	271,41	311,02	582,43	331,12	84,82	415,94	247,23	124,41	371,64	262,07	267,34	529,41
216	Hélice	16,8	60	227,51	303,24	530,75	282,74	84,82	367,56	237,73	121,30	359,03	221,09	267,34	488,43
217	Hélice	16,8	50	227,13	215,98	443,11	276,98	58,90	335,88	211,04	86,39	297,43	219,38	185,65	405,03
218	Hélice	16,7	50	189,59	210,58	400,17	235,62	58,90	294,52	198,11	84,23	282,34	184,24	185,65	369,89
219	Hélice	15,6	60	218,18	311,02	529,20	278,97	84,82	363,79	222,60	124,41	347,01	219,32	268,38	487,70
220	Hélice	15,7	60	247,67	311,02	558,69	296,57	84,82	381,39	244,08	124,41	368,49	234,49	268,38	502,87
221	Hélice	16,9	40	160,66	138,23	298,89	203,99	37,70	241,69	161,29	55,29	216,58	160,47	118,82	279,29
222	Hélice	14,2	50	105,57	138,59	244,16	152,89	38,29	191,18	131,80	55,44	187,24	117,15	123,31	240,46
223	Hélice	14,4	60	175,29	171,06	346,35	213,00	48,77	261,77	186,76	68,42	255,18	166,34	157,66	324,00
224	Hélice	14,2	60	126,69	199,57	326,26	183,47	55,13	238,60	157,30	79,83	237,13	140,58	177,57	318,15

Est nº	Tipo estaca	Prof (m)	Diâm (cm) / Seção	Aoki-Velloso (1975)			Décourt-Quaresma (1978)			Teixeira (1996)			Método UFRGS (2005)		
				Qlat	Qpon	Qtot	Qlat	Qpon	Qtot	Qlat	Qpon	Qtot	Qlat	Qpon	Qtot
225	Hélice	14,3	50	146,07	118,79	264,86	177,50	33,87	211,37	155,63	47,52	203,15	138,61	109,49	248,10
226	Hélice	16,2	50	159,57	169,19	328,76	217,82	47,12	264,94	186,55	67,68	254,23	170,55	149,84	320,39
227	Hélice	16,1	60	165,83	178,84	344,67	231,85	48,77	280,62	215,01	71,53	286,54	179,60	156,60	336,20
228	Hélice	16,2	50	168,73	215,98	384,71	223,05	58,90	281,95	185,40	86,39	271,79	174,77	186,37	361,14
229	Hélice	17,5	60	271,41	311,02	582,43	333,01	84,82	417,83	248,03	124,41	372,44	261,82	266,30	528,12
230	Hélice	17,5	60	297,64	311,02	608,66	361,91	84,82	446,73	282,34	124,41	406,75	286,74	266,30	553,04
231	Hélice	17,5	60	254,98	311,02	566,00	334,27	84,82	419,09	255,76	124,41	380,17	262,97	266,30	529,27
232	Hélice	17,5	50	248,04	215,98	464,02	301,59	58,90	360,49	235,29	86,39	321,68	238,95	184,93	423,88
233	Hélice	17,0	50	213,44	215,98	429,42	279,60	58,90	338,50	220,55	86,39	306,94	221,72	186,65	408,37
234	Hélice	16,6	40	149,59	251,33	400,92	157,92	60,32	218,24	96,05	50,27	146,32	120,36	118,82	239,18
235	Hélice	15,2	40	114,40	238,76	353,16	121,89	51,27	173,16	77,43	46,50	123,93	91,78	102,13	193,91
236	Hélice	17,6	40	167,18	251,33	418,51	175,93	60,32	236,25	106,27	50,27	156,54	134,56	118,36	252,92
237	Hélice	18,1	40	167,18	251,33	418,51	175,93	60,32	236,25	106,27	50,27	156,54	134,56	118,36	252,92
238	Hélice	18,0	40	167,18	251,33	418,51	175,93	60,32	236,25	106,27	50,27	156,54	134,56	118,36	252,92
239	Hélice	19,1	40	184,77	251,33	436,10	193,94	60,32	254,26	117,02	50,27	167,29	148,71	117,89	266,60
240	Hélice	16,9	40	149,59	251,33	400,92	157,92	60,32	218,24	96,05	50,27	146,32	120,36	118,82	239,18
241	Hélice	15,2	70	200,20	731,21	931,41	213,31	157,02	370,33	135,50	136,62	272,12	160,61	312,76	473,37
242	Hélice	16,1	70	230,99	731,21	962,20	244,83	184,73	429,56	151,23	148,17	299,40	185,67	365,29	550,96
243	Hélice	18,8	60	277,16	565,49	842,65	290,91	135,72	426,63	175,52	113,10	288,62	223,07	265,26	488,33
244	Metálico	3,8	HP310x79	43,99	13,87	57,86	44,84	18,00	62,84	21,48	2,44	23,92	34,37	18,59	52,96
245	Metálico	6,0	HP250x62	67,87	14,56	82,43	63,21	14,33	77,54	34,66	4,13	38,79	49,11	14,69	63,80
246	Metálico	4,3	HP310x79	43,99	13,87	57,86	44,84	18,00	62,84	21,48	2,44	23,92	34,37	18,59	52,96
247	Metálico	6,0	HP250x62	90,30	14,56	104,86	84,28	14,33	98,61	45,75	5,56	51,31	67,59	14,69	82,28
248	Metálico	5,5	HP310x79	67,16	16,00	83,16	59,00	16,80	75,80	32,39	3,43	35,82	45,50	17,30	62,80
249	Metálico	2,6	HP310x79	10,42	13,87	24,29	17,11	18,00	35,11	11,45	0,77	12,22	11,20	18,59	29,79
250	Metálico	5,5	HP310x79	107,51	18,29	125,80	102,07	18,00	120,07	56,82	5,33	62,15	82,03	18,45	100,48
251	Metálico	5,5	HP310x79	81,72	18,29	100,01	76,11	18,00	94,11	41,74	3,96	45,70	59,13	18,45	77,58
252	Metálico	4,0	HP310x79	62,83	16,61	79,44	56,05	18,00	74,05	29,68	3,07	32,75	44,31	18,59	62,90
253	Metálico	3,3	HP310x79	30,46	11,28	41,74	27,73	11,60	39,33	14,99	2,25	17,24	20,61	12,09	32,70
254	Metálico	4,0	HP310x79	34,79	10,82	45,61	32,45	10,00	42,45	20,36	2,90	23,26	23,45	10,42	33,87
255	Metálico	3,2	HP250x62	25,30	8,98	34,28	23,03	9,23	32,26	12,45	2,35	14,80	17,12	9,63	26,75
256	Metálico	3,2	HP310x79	30,46	11,28	41,74	27,73	11,60	39,33	14,99	2,25	17,24	20,61	12,09	32,70
257	Metálico	5,7	HP310x79	137,55	18,29	155,84	119,77	18,00	137,77	89,39	6,49	95,88	97,79	18,45	116,24
258	Metálico	3,9	HP250x62	40,39	11,04	51,43	38,71	14,33	53,04	21,51	2,71	24,22	29,86	14,80	44,66
259	Metálico	4,0	HP250x62	36,54	11,04	47,58	37,24	14,33	51,57	17,84	2,55	20,39	28,55	14,80	43,35
260	Metálico	4,0	HP310x79	16,99	12,65	29,64	19,47	18,00	37,47	19,29	0,99	20,28	12,00	18,52	30,52
261	Metálico	6,0	HP310x79	81,72	18,29	100,01	76,11	18,00	94,11	41,74	3,96	45,70	59,13	18,45	77,58
262	Metálico	4,0	HP310x79	16,99	12,65	29,64	19,47	18,00	37,47	19,29	0,99	20,28	12,00	18,52	30,52
263	Metálico	6,0	HP250x62	90,30	14,56	104,86	84,28	14,33	98,61	45,75	5,56	51,31	67,69	14,69	82,38
264	Metálico	4,0	HP310x79	16,99	12,65	29,64	19,47	18,00	37,47	19,29	0,99	20,28	12,00	18,52	30,52
265	Metálico	6,0	HP310x79	81,72	18,29	100,01	76,11	18,00	94,11	41,74	3,96	45,70	59,13	18,45	77,58
266	Metálico	4,0	HP310x79	16,99	12,65	29,64	19,47	18,00	37,47	19,29	0,99	20,28	12,00	18,52	30,52
267	Metálico	5,5	HP310x79	107,51	18,29	125,80	102,07	18,00	120,07	56,82	5,33	62,15	82,03	18,45	100,48
268	Metálico	4,3	HP250x62	36,54	11,04	47,58	37,24	14,33	51,57	17,84	2,55	20,39	28,55	14,80	43,35
269	Metálico	6,0	HP250x62	90,30	14,56	104,86	84,28	14,33	98,61	45,75	5,56	51,31	67,69	14,69	82,38
270	Metálico	6,0	HP250x62	90,30	14,56	104,86	84,28	14,33	98,61	45,75	5,56	51,31	67,69	14,69	82,38
271	Metálico	6,0	HP310x79	81,72	18,29	100,01	76,11	18,00	94,11	41,74	3,96	45,70	59,13	18,45	77,58
272	Metálico	6,0	HP310x79	81,72	18,29	100,01	76,11	18,00	94,11	41,74	3,96	45,70	59,13	18,45	77,58
273	Metálico	6,0	HP310x79	81,72	18,29	100,01	76,11	18,00	94,11	41,74	3,96	45,70	59,13	18,45	77,58
274	Metálico	6,0	W200x52	44,29	12,23	56,52	41,62	12,04	53,66	22,83	3,23	26,06	32,34	12,34	44,68
275	Metálico	2,6	W200x52	12,77	5,19	17,96	15,49	4,35	19,84	9,49	2,37	11,86	11,57	7,27	18,84
276	Metálico	2,6	HP250x62	31,00	6,73	37,73	24,50	8,60	33,10	16,27	3,04	19,31	18,44	8,97	27,41
277	Metálico	3,8	HP250x62	44,06	11,04	55,10	44,10	14,33	58,43	31,46	3,06	34,52	34,67	14,80	49,47
278	Metálico	2,9	HP250x62	17,18	5,09	22,27	20,58	2,19	22,77	19,99	4,78	24,77	14,99	3,75	18,74
279	Metálico	3,2	HP250x62	18,14	7,64	25,78	16,17	14,33	30,50	16,46	1,23	17,69	11,07	14,80	25,87
284	Hélice	14,0	60	258,42	452,39	710,81	261,38	135,20	396,58	185,07	113,10	298,17	207,28	270,45	477,73
285	Hélice	14,5	60	219,38	452,39	671,77	251,33	135,72	387,05	139,93	113,10	253,03	196,26	269,41	465,67
286	Hélice	14,7	60	288,58	452,39	740,97	288,40	135,72	424,12	205,88	113,10	318,98	228,84	269,41	498,25
287	Hélice	14,0	60	280,86	452,39	733,25	290,28	135,72	426,00	197,50	113,10	310,60	232,37	270,45	502,82
288	Hélice	14,0	70	492,60	615,75	1108,35	441,29	184,73	626,02	492,60	153,94	646,54	362,20	368,11	730,31
289	Hélice	14,0	70	267,03	615,75	882,78	300,55	184,73	485,28	192,67	153,94	346,61	237,81	368,11	605,92
290	Hélice	14,0	70	301,49	615,75	917,24	304,94	184,73	489,67	215,91	153,94	369,85	241,82	368,11	609,93

Capacidade de carga em estacas de fundação: comparação entre métodos de dimensionamento e resultados de provas de carga

Est nº	Tipo estaca	Prof (m)	Diâm (cm) / Seção	Aoki-Velloso (1975)			Décourt-Quaresma (1978)			Teixeira (1996)			Método UFRGS (2005)		
				Qlat	Qpon	Qtot	Qlat	Qpon	Qtot	Qlat	Qpon	Qtot	Qlat	Qpon	Qtot
291	Hélice	12,2	50	252,19	314,16	566,35	237,71	94,25	331,96	211,18	78,54	289,72	193,68	189,24	382,92
292	Hélice	12,6	60	392,07	452,39	844,46	351,23	135,72	486,95	392,07	113,10	505,17	288,81	271,48	560,29
293	Hélice	12,1	50	171,07	314,16	485,23	176,94	94,25	271,19	125,83	78,54	204,37	140,25	189,24	329,49
294	Hélice	13,1	70	301,49	615,75	917,24	304,94	184,73	489,67	215,91	153,94	369,85	241,82	368,11	609,93
295	Hélice	10,7	60	158,19	452,39	610,58	156,45	135,72	292,17	77,28	113,10	190,38	120,93	273,54	394,47
296	PM	7,9	30x30	61,58	142,63	204,21	66,40	111,60	178,00	52,25	30,69	82,94	76,94	125,65	202,59
297	PM	4,1	30x30	10,08	17,49	27,57	15,60	25,20	40,80	12,44	13,23	25,67	15,38	30,35	45,73
298	Hélice	12,1	60	264,63	452,39	717,02	260,75	135,72	396,47	194,96	113,10	308,06	210,63	272,51	483,14
299	Hélice	11,2	50	139,95	314,16	454,11	150,27	94,25	244,52	105,90	78,54	184,44	118,42	189,96	308,38
300	Hélice	11,6	50	107,41	314,16	421,57	141,90	94,25	236,15	74,31	83,78	158,09	109,45	189,24	298,69
301	Hélice	11,4	50	143,10	314,16	457,26	140,85	94,25	235,10	76,44	78,54	154,98	109,94	189,96	299,90
302	Hélice	11,2	60	190,38	452,39	642,77	209,23	135,72	344,95	131,48	113,10	244,58	167,20	273,54	440,74
303	Hélice	11,4	50	131,82	314,16	445,98	130,38	94,25	224,63	64,40	78,54	142,94	100,77	189,96	290,73
304	Metálico	49,6	HP310x125	700,00	7,27	707,27	686,61	7,63	694,24	879,36	10,72	890,08	515,64	21,77	537,41
305	Metálico	51,3	HP310x125	724,83	7,27	732,10	715,55	7,63	723,18	894,03	13,06	907,09	533,40	21,66	555,06
306	Metálico	52,5	HP310x125	805,29	36,34	841,63	776,49	25,44	801,93	961,40	6,58	967,98	575,52	21,46	596,98
307	Metálico	49,7	HP310x125	718,41	34,83	753,24	698,66	25,44	724,10	915,96	4,92	920,88	522,49	21,77	544,26
308	Metálico	50,3	HP250x85	580,11	4,96	585,07	571,50	5,21	576,71	728,75	7,87	736,62	427,32	14,85	442,17
309	Metálico	50,3	HP250x85	580,11	4,96	585,07	571,50	5,21	576,71	728,75	7,87	736,62	427,32	14,85	442,17
310	Metálico	50,2	HP250x85	580,11	4,96	585,07	571,50	5,21	576,71	728,75	7,87	736,62	427,32	14,85	442,17
311	Metálico	51,2	HP310x125	724,83	7,27	732,10	715,55	7,63	723,18	894,03	13,06	907,09	533,40	21,66	555,06
312	Metálico	48,2	HP310x125	650,36	4,30	654,66	637,12	2,86	639,98	850,90	8,71	859,61	479,43	8,78	488,21
313	Metálico	53,1	HP310x125	724,83	7,27	732,10	715,55	7,63	723,18	894,03	13,06	907,09	533,40	21,66	555,06
314	Metálico	53,2	HP310x125	724,83	7,27	732,10	715,55	7,63	723,18	894,03	13,06	907,09	533,40	21,66	555,06
315	Metálico	52,8	HP310x125	724,83	7,27	732,10	715,55	7,63	723,18	894,03	13,06	907,09	533,40	21,66	555,06
316	Metálico	40,7	HP250x85	493,20	1,36	494,56	473,00	1,43	474,43	623,79	3,23	627,02	360,94	4,65	365,59
317	Metálico	15,1	HP250x85	301,20	24,80	326,00	273,50	17,36	290,86	220,27	4,39	224,66	220,65	17,23	237,88
318	Metálico	21,8	HP250x85	387,94	2,73	390,67	357,50	2,60	360,10	353,94	3,96	357,90	284,17	2,85	287,02
319	Metálico	52,3	HP250x85	621,26	4,96	626,22	614,50	5,21	619,71	753,29	10,43	763,72	456,69	14,71	471,40
320	Metálico	50,0	HP250x85	580,11	4,96	585,07	571,50	5,21	576,71	728,75	7,87	736,62	427,32	14,85	442,17
321	Metálico	52,0	HP310x125	749,65	7,27	756,92	741,50	7,63	749,13	908,97	14,55	923,52	551,07	21,56	572,63
322	Metálico	52,0	HP310x125	749,65	7,27	756,92	741,50	7,63	749,13	908,97	14,55	923,52	551,07	21,56	572,63
323	Metálico	52,0	HP310x125	749,65	7,27	756,92	741,50	7,63	749,13	908,97	14,55	923,52	551,07	21,56	572,63
324	Raiz	6,0	20	27,31	35,92	63,23	40,84	25,13	65,97	28,80	15,08	43,88			
325	Raiz	6,0	20	27,31	35,92	63,23	40,84	25,13	65,97	28,80	15,08	43,88			
326	Raiz	6,0	20	30,13	13,82	43,95	74,14	12,82	86,96	70,16	27,65	97,81			
327	Raiz	12,0	20	63,31	13,82	77,13	155,19	12,82	168,01	155,20	27,65	182,85			
328	Raiz	12,0	20	106,09	37,70	143,79	132,89	25,13	158,02	105,77	17,59	123,36			
329	Raiz	6,0	20	38,23	37,70	75,93	51,84	25,13	76,97	38,20	17,59	55,79			
330	Raiz	9,3	20	46,72	13,82	60,54	114,67	12,82	127,49	112,25	27,65	139,90			
331	Raiz	6,0	20	30,13	13,82	43,95	74,14	12,82	86,96	70,16	27,65	97,81			
341	Hélice	24,6	60	189,82	565,49	755,31	229,96	135,72	365,68	81,16	113,10	194,26	160,43	258,98	419,41
342	Hélice	24,6	60	189,82	565,49	755,31	229,96	135,72	365,68	81,16	113,10	194,26	160,43	258,98	419,41
343	Hélice	24,6	60	189,82	565,49	755,31	229,96	135,72	365,68	81,16	113,10	194,26	160,43	258,98	419,41
344	Hélice	24,2	60	217,62	480,66	698,28	255,10	115,36	370,46	123,32	96,13	219,45	184,22	222,00	406,22
345	Hélice	24,6	60	186,23	428,83	615,06	225,57	74,64	300,21	85,97	85,77	171,74	157,22	145,43	302,65
346	Hélice	22,4	60	128,84	376,99	505,83	165,25	64,47	229,72	61,73	75,40	137,13	111,52	127,78	239,30
347	Hélice	22,3	60	128,84	376,99	505,83	165,25	64,47	229,72	61,73	75,40	137,13	111,52	127,78	239,30
348	Hélice	23,5	60	171,72	409,98	581,70	209,86	118,75	328,61	77,41	82,00	159,41	145,59	228,34	373,93
349	Hélice	25,0	60	186,23	428,83	615,06	225,57	74,64	300,21	85,97	85,77	171,74	157,22	145,43	302,65
350	Hélice	24,2	60	171,72	409,98	581,70	209,86	118,75	328,61	77,41	82,00	159,41	145,59	228,34	373,93
351	Hélice	26,2	60	208,66	344,00	552,66	248,81	115,36	364,17	95,19	68,80	163,99	174,85	220,26	395,11
352	Hélice	24,9	60	186,23	428,83	615,06	225,57	74,64	300,21	85,97	85,77	171,74	157,22	145,43	302,65
353	Hélice	22,2	60	128,84	376,99	505,83	165,25	64,47	229,72	61,73	75,40	137,13	111,52	127,78	239,30
354	Hélice	23,5	60	208,10	508,94	717,04	250,07	125,54	375,61	134,94	101,79	236,73	180,17	241,02	421,19
355	Hélice	23,5	60	166,64	320,44	487,08	204,83	74,64	279,47	87,40	64,09	151,49	142,16	145,95	288,11
356	Hélice	23,5	60	227,70	475,95	703,65	264,52	115,36	379,88	129,43	95,19	224,62	192,13	222,00	414,13
357	Hélice	23,5	60	212,91	452,39	665,30	250,70	108,57	359,27	122,70	90,48	213,18	180,66	209,33	389,99
358	Hélice	23,5	60	152,49	391,13	543,62	194,15	98,39	292,54	78,96	78,23	157,19	132,84	190,31	323,15
359	Hélice	23,5	60	349,09	518,36	867,45	378,88	135,72	514,60	175,78	103,67	279,45	287,01	260,03	547,04
360	Hélice	23,5	60	212,91	452,39	665,30	250,70	108,57	359,27	122,70	90,48	213,18	180,66	209,33	389,99
361	Hélice	23,5	60	227,70	475,95	703,65	264,52	115,36	379,88	129,43	95,19	224,62	192,13	222,00	414,13

Est nº	Tipo estaca	Prof (m)	Diâm (cm) / Seção	Aoki-Velloso (1975)			Décourt-Quaresma (1978)			Teixeira (1996)			Método UFRGS (2005)		
				Qlat	Qpon	Qtot	Qlat	Qpon	Qtot	Qlat	Qpon	Qtot	Qlat	Qpon	Qtot
362	Hélice	23,5	60	166,44	320,44	486,88	204,83	74,64	279,47	87,40	64,09	151,49	142,16	145,95	288,11
363	Hélice	23,5	60	208,10	508,94	717,04	250,07	125,54	375,61	134,94	101,79	236,73	180,17	241,02	421,19
364	Hélice	24,5	60	372,47	565,49	937,96	409,04	135,72	544,76	196,41	113,10	309,51	310,46	258,98	569,44
365	Hélice	24,5	60	372,47	565,49	937,96	409,04	135,72	544,76	196,41	113,10	309,51	310,46	258,98	569,44
366	Hélice	24,0	60	292,26	532,50	824,76	329,24	135,72	464,96	175,67	106,50	282,17	246,66	260,03	506,69
367	Hélice	24,0	60	292,26	532,50	824,76	329,24	135,72	464,96	175,67	106,50	282,17	246,66	260,03	506,69
368	Hélice	24,0	60	292,26	532,50	824,76	329,24	135,72	464,96	175,67	106,50	282,17	246,66	260,03	506,69
369	Hélice	24,5	60	236,00	466,53	702,53	274,58	118,75	393,33	133,61	93,31	226,92	198,86	227,44	426,30
370	Hélice	24,5	60	236,00	466,53	702,53	274,58	118,75	393,33	133,61	93,31	226,92	198,86	227,44	426,30
371	Hélice	24,0	60	346,08	565,49	911,57	382,02	135,72	517,74	179,04	113,10	292,14	289,74	260,03	549,77
372	Hélice	24,0	60	346,08	565,49	911,57	382,02	135,72	517,74	179,04	113,10	292,14	289,74	260,03	549,77
373	Hélice	24,0	60	292,26	532,50	824,76	329,24	135,72	464,96	175,67	106,50	282,17	246,66	260,03	506,69
374	Hélice	23,7	60	292,26	532,50	824,76	329,24	135,72	464,96	175,67	106,50	282,17	246,66	260,03	506,69
375	Hélice	23,6	60	209,42	490,09	699,51	248,19	135,72	383,91	134,59	98,02	232,61	178,49	260,03	438,52
376	Hélice	23,4	60	322,70	565,49	888,19	351,86	135,72	487,58	159,10	113,10	272,20	266,21	261,08	527,29
377	Hélice	23,5	60	292,26	532,50	824,76	329,24	135,72	464,96	175,67	106,50	282,17	246,66	260,03	506,69
378	Hélice	23,6	60	208,10	508,94	717,04	250,07	125,54	375,61	134,94	101,79	236,73	180,17	241,02	421,19
379	Hélice	23,5	60	209,42	490,09	699,51	248,19	135,72	383,91	134,59	98,02	232,61	178,49	260,03	438,52
380	Hélice	23,5	60	209,42	490,09	699,51	248,19	135,72	383,91	134,59	98,02	232,61	178,49	260,03	438,52
381	Hélice	23,1	60	265,87	471,24	737,11	302,22	111,97	414,19	161,47	94,25	255,72	225,85	216,51	442,36
382	Hélice	23,0	60	265,87	471,24	737,11	302,22	111,97	414,19	161,47	94,25	255,72	225,85	216,51	442,36
383	Hélice	23,5	60	209,42	490,09	699,51	248,19	135,72	383,91	134,59	98,02	232,61	178,49	260,03	438,52
384	Hélice	23,4	60	133,36	348,72	482,08	174,04	74,64	248,68	71,52	69,74	141,26	117,61	146,46	264,07
385	Hélice	23,5	60	346,08	565,49	911,57	382,02	135,72	517,74	179,04	113,10	292,14	289,74	260,03	549,77
386	Hélice	23,5	60	152,49	391,13	543,62	194,15	98,39	292,54	78,96	78,23	157,19	132,84	190,31	323,15
387	Hélice	23,5	60	152,49	391,13	543,62	194,15	98,39	292,54	78,96	78,23	157,19	132,84	190,31	323,15
388	Hélice	23,5	60	152,49	391,13	543,62	194,15	98,39	292,54	78,96	78,23	157,19	132,84	190,31	323,15
389	Hélice	23,5	60	152,49	391,13	543,62	194,15	98,39	292,54	78,96	78,23	157,19	132,84	190,31	323,15
390	Hélice	23,5	60	152,49	391,13	543,62	194,15	98,39	292,54	78,96	78,23	157,19	132,84	190,31	323,15
391	PM	23,5	45x45	115,34	31,24	146,58	132,60	19,44	152,04	67,25	60,14	127,39	125,72	75,12	200,84
392	PM	22,6	45x45	111,89	34,71	146,60	126,00	24,30	150,30	62,78	73,51	136,29	119,16	91,98	211,14
393	PM	23,2	45x45	111,89	34,71	146,60	126,00	24,30	150,30	62,78	73,51	136,29	119,16	91,98	211,14
394	PM	22,7	45x45	111,89	34,71	146,60	126,00	24,30	150,30	62,78	73,51	136,29	119,16	91,98	211,14
395	PM	22,9	45x45	111,89	34,71	146,60	126,00	24,30	150,30	62,78	73,51	136,29	119,16	91,98	211,14
396	PM	22,7	45x45	111,89	34,71	146,60	126,00	24,30	150,30	62,78	73,51	136,29	119,16	91,98	211,14
397	PM	23,2	45x45	111,89	34,71	146,60	126,00	24,30	150,30	62,78	73,51	136,29	119,16	91,98	211,14
398	PM	23,2	45x45	111,89	34,71	146,60	126,00	24,30	150,30	62,78	73,51	136,29	119,16	91,98	211,14
399	PM	24,0	45x45	115,34	31,24	146,58	132,60	19,44	152,04	67,25	60,14	127,39	125,72	75,12	200,84
400	PM	23,8	45x45	115,34	31,24	146,58	132,60	19,44	152,04	67,25	60,14	127,39	125,72	75,12	200,84
401	PM	24,0	45x45	115,34	31,24	146,58	132,60	19,44	152,04	67,25	60,14	127,39	125,72	75,12	200,84
402	PM	22,7	45x45	111,89	34,71	146,60	126,00	24,30	150,30	62,78	73,51	136,29	119,16	91,98	211,14
403	PM	23,2	45x45	111,89	34,71	146,60	126,00	24,30	150,30	62,78	73,51	136,29	119,16	91,98	211,14
404	PM	25,7	80 esp15	354,76	583,44	938,20	363,11	490,09	853,20	130,08	93,82	223,90	388,09	512,28	900,37
405	PM	26,6	80 esp15	386,88	490,09	876,97	392,40	392,07	784,47	144,51	98,23	242,74	421,16	410,89	832,05
406	PM	29,2	80 esp15	423,03	187,87	610,90	440,92	147,03	587,95	174,09	301,12	475,21	474,93	506,00	980,93
407	PM	26,6	80 esp15	386,88	490,09	876,97	392,40	392,07	784,47	144,51	98,23	242,74	421,16	410,89	832,05
408	PM	27,2	80 esp15	386,88	490,09	876,97	392,40	392,07	784,47	144,51	98,23	242,74	421,16	410,89	832,05
409	PM	31,0	80 esp15	526,30	420,08	946,38	512,88	490,09	1002,97	206,99	225,13	432,12	555,87	501,79	1057,66
410	PM	25,7	80 esp15	354,76	583,44	938,20	363,11	490,09	853,20	130,08	93,82	223,90	388,09	512,28	900,37
411	PM	29,2	80 esp15	423,03	187,87	610,90	440,92	147,03	587,95	174,09	301,12	475,21	474,93	506,00	980,93
412	PM	29,2	80 esp15	423,03	187,87	610,90	440,92	147,03	587,95	174,09	301,12	475,21	474,93	506,00	980,93
413	PM	27,2	80 esp15	386,88	490,09	876,97	392,40	392,07	784,47	144,51	98,23	242,74	421,16	410,89	832,05
414	PM	23,2	80 esp15	263,39	600,94	864,33	279,45	490,09	769,54	91,60	81,38	172,98	293,23	518,54	811,77
415	PM	26,6	80 esp15	386,88	490,09	876,97	392,40	392,07	784,47	144,51	98,23	242,74	421,16	410,89	832,05
416	PM	25,7	80 esp15	354,76	583,44	938,20	363,11	490,09	853,20	130,08	93,82	223,90	388,09	512,28	900,37
417	PM	27,2	80 esp15	386,88	490,09	876,97	392,40	392,07	784,47	144,51	98,23	242,74	421,16	410,89	832,05
418	PM	25,7	80 esp15	354,76	583,44	938,20	363,11	490,09	853,20	130,08	93,82	223,90	388,09	512,28	900,37
419	PM	22,0	45x45	92,37	142,71	235,08	119,40	72,90	192,30	59,70	22,28	81,98	112,57	83,79	196,36
420	PM	22,0	45x45	92,37	142,71	235,08	119,40	72,90	192,30	59,70	22,28	81,98	112,57	83,79	196,36
421	PM	22,0	45x45	92,37	142,71	235,08	119,40	72,90	192,30	59,70	22,28	81,98	112,57	83,79	196,36
422	PM	22,1	45x45	92,37	142,71	235,08	119,40	72,90	192,30	59,70	22,28	81,98	112,57	83,79	196,36
423	PM	22,3	45x45	92,37	142,71	235,08	119,40	72,90	192,30	59,70	22,28	81,98	112,57	83,79	196,36

Capacidade de carga em estacas de fundação: comparação entre métodos de dimensionamento e resultados de provas de carga

Est nº	Tipo estaca	Prof (m)	Diâm (cm) / Seção	Aoki-Velloso (1975)			Décourt-Quaresma (1978)			Teixeira (1996)			Método UFRGS (2005)		
				Qlat	Qpon	Qtot	Qlat	Qpon	Qtot	Qlat	Qpon	Qtot	Qlat	Qpon	Qtot
424	PM	22,8	80 esp15	320,20	220,54	540,74	305,38	245,04	550,42	109,73	172,19	281,92	326,29	265,60	591,89
425	PM	15,4	80 esp15	58,73	75,85	134,58	92,03	61,26	153,29	29,41	94,79	124,20	79,63	141,56	221,19
426	PM	15,3	80 esp15	58,73	75,85	134,58	92,03	61,26	153,29	29,41	94,79	124,20	79,63	141,56	221,19
427	PM	18,5	80 esp15	176,92	318,56	495,48	202,47	379,82	582,29	61,16	128,15	189,31	208,47	410,89	619,36
428	PM	15,4	80 esp15	58,73	75,85	134,58	92,03	61,26	153,29	29,41	94,79	124,20	79,63	141,56	221,19
429	PM	15,3	80 esp15	58,73	75,85	134,58	92,03	61,26	153,29	29,41	94,79	124,20	79,63	141,56	221,19
430	PM	15,6	80 esp15	84,84	437,58	522,42	116,30	318,56	434,86	35,12	46,39	81,51	107,82	350,20	458,02
431	PM	22,6	45x45	100,06	37,34	137,40	131,40	41,31	172,71	64,39	94,77	159,16	125,71	150,50	276,21
432	PM	22,6	45x45	100,06	37,34	137,40	131,40	41,31	172,71	64,39	94,77	159,16	125,71	150,50	276,21
433	PM	22,6	45x45	100,06	37,34	137,40	131,40	41,31	172,71	64,39	94,77	159,16	125,71	150,50	276,21
434	PM	22,6	45x45	100,06	37,34	137,40	131,40	41,31	172,71	64,39	94,77	159,16	125,71	150,50	276,21
435	PM	22,6	45x45	100,06	37,34	137,40	131,40	41,31	172,71	64,39	94,77	159,16	125,71	150,50	276,21
436	PM	23,0	45x45	100,06	37,34	137,40	131,40	41,31	172,71	64,39	94,77	159,16	125,71	150,50	276,21
437	PM	23,0	45x45	100,06	37,34	137,40	131,40	41,31	172,71	64,39	94,77	159,16	125,71	150,50	276,21
438	PM	23,0	45x45	100,06	37,34	137,40	131,40	41,31	172,71	64,39	94,77	159,16	125,71	150,50	276,21
439	PM	23,0	45x45	100,06	37,34	137,40	131,40	41,31	172,71	64,39	94,77	159,16	125,71	150,50	276,21
440	PM	22,9	45x45	100,06	37,34	137,40	131,40	41,31	172,71	64,39	94,77	159,16	125,71	150,50	276,21
441	PM	23,0	45x45	100,06	37,34	137,40	131,40	41,31	172,71	64,39	94,77	159,16	125,71	150,50	276,21
442	PM	23,0	45x45	100,06	37,34	137,40	131,40	41,31	172,71	64,39	94,77	159,16	125,71	150,50	276,21
443	PM	23,0	45x45	100,06	37,34	137,40	131,40	41,31	172,71	64,39	94,77	159,16	125,71	150,50	276,21
444	PM	23,0	45x45	100,06	37,34	137,40	131,40	41,31	172,71	64,39	94,77	159,16	125,71	150,50	276,21
445	PM	23,0	45x45	100,06	37,34	137,40	131,40	41,31	172,71	64,39	94,77	159,16	125,71	150,50	276,21
446	PM	23,0	45x45	100,06	37,34	137,40	131,40	41,31	172,71	64,39	94,77	159,16	125,71	150,50	276,21
447	PM	22,0	45x45	92,37	142,71	235,08	119,40	72,90	192,30	59,70	22,28	81,98	112,57	83,79	196,36
448	PM	22,0	45x45	92,37	142,71	235,08	119,40	72,90	192,30	59,70	22,28	81,98	112,57	83,79	196,36
449	PM	22,3	45x45	92,37	142,71	235,08	119,40	72,90	192,30	59,70	22,28	81,98	112,57	83,79	196,36
450	PM	22,4	45x45	92,37	142,71	235,08	119,40	72,90	192,30	59,70	22,28	81,98	112,57	83,79	196,36
451	PM	22,5	45x45	100,06	37,34	137,40	131,40	41,31	172,71	64,39	94,77	159,16	125,71	150,50	276,21
452	PM	21,8	45x45	92,37	142,71	235,08	119,40	72,90	192,30	59,70	22,28	81,98	112,57	83,79	196,36
453	PM	22,5	45x45	100,06	37,34	137,40	131,40	41,31	172,71	64,39	94,77	159,16	125,71	150,50	276,21
454	PM	22,2	45x45	92,37	142,71	235,08	119,40	72,90	192,30	59,70	22,28	81,98	112,57	83,79	196,36
455	PM	22,4	45x45	92,37	142,71	235,08	119,40	72,90	192,30	59,70	22,28	81,98	112,57	83,79	196,36
456	PM	22,5	45x45	100,06	37,34	137,40	131,40	41,31	172,71	64,39	94,77	159,16	125,71	150,50	276,21
457	PM	22,3	45x45	92,37	142,71	235,08	119,40	72,90	192,30	59,70	22,28	81,98	112,57	83,79	196,36
458	PM	22,6	45x45	100,06	37,34	137,40	131,40	41,31	172,71	64,39	94,77	159,16	125,71	150,50	276,21
459	PM	22,0	45x45	186,99	175,89	362,88	183,60	153,90	337,50	82,72	43,44	126,16	193,08	167,78	360,86
460	PM	22,0	45x45	186,99	175,89	362,88	183,60	153,90	337,50	82,72	43,44	126,16	193,08	167,78	360,86
461	PM	22,4	45x45	186,99	175,89	362,88	183,60	153,90	337,50	82,72	43,44	126,16	193,08	167,78	360,86
462	PM	22,3	45x45	186,99	175,89	362,88	183,60	153,90	337,50	82,72	43,44	126,16	193,08	167,78	360,86
463	PM	22,1	45x45	186,99	175,89	362,88	183,60	153,90	337,50	82,72	43,44	126,16	193,08	167,78	360,86
464	PM	22,3	45x45	186,99	175,89	362,88	183,60	153,90	337,50	82,72	43,44	126,16	193,08	167,78	360,86
465	PM	22,4	45x45	186,99	175,89	362,88	183,60	153,90	337,50	82,72	43,44	126,16	193,08	167,78	360,86
466	PM	22,3	45x45	186,99	175,89	362,88	183,60	153,90	337,50	82,72	43,44	126,16	193,08	167,78	360,86
467	PM	20,4	45x45	186,99	175,89	362,88	183,60	153,90	337,50	82,72	43,44	126,16	193,08	167,78	360,86
468	PM	23,0	45x45	163,05	129,60	292,65	166,80	178,20	345,00	149,55	78,67	228,22	172,00	192,31	364,31
469	PM	23,0	45x45	163,05	129,60	292,65	166,80	178,20	345,00	149,55	78,67	228,22	172,00	192,31	364,31
470	PM	23,0	45x45	163,05	129,60	292,65	166,80	178,20	345,00	149,55	78,67	228,22	172,00	192,31	364,31
471	PM	23,0	45x45	163,05	129,60	292,65	166,80	178,20	345,00	149,55	78,67	228,22	172,00	192,31	364,31
472	PM	23,1	45x45	163,05	129,60	292,65	166,80	178,20	345,00	149,55	78,67	228,22	172,00	192,31	364,31
473	PM	23,1	45x45	163,05	129,60	292,65	166,80	178,20	345,00	149,55	78,67	228,22	172,00	192,31	364,31
474	PM	23,0	45x45	163,05	129,60	292,65	166,80	178,20	345,00	149,55	78,67	228,22	172,00	192,31	364,31
475	PM	23,4	45x45	163,05	129,60	292,65	166,80	178,20	345,00	149,55	78,67	228,22	172,00	192,31	364,31
476	PM	23,3	45x45	163,05	129,60	292,65	166,80	178,20	345,00	149,55	78,67	228,22	172,00	192,31	364,31
477	PM	23,0	45x45	163,05	129,60	292,65	166,80	178,20	345,00	149,55	78,67	228,22	172,00	192,31	364,31
478	PM	23,1	45x45	163,05	129,60	292,65	166,80	178,20	345,00	149,55	78,67	228,22	172,00	192,31	364,31
479	PM	23,3	45x45	163,05	129,60	292,65	166,80	178,20	345,00	149,55	78,67	228,22	172,00	192,31	364,31
480	PM	23,1	45x45	163,05	129,60	292,65	166,80	178,20	345,00	149,55	78,67	228,22	172,00	192,31	364,31
481	PM	22,6	45x45	163,05	129,60	292,65	166,80	178,20	345,00	149,55	78,67	228,22	172,00	192,31	364,31
482	PM	22,0	45x45	142,68	113,40	256,08	151,80	121,50	273,30	143,00	57,41	200,41	155,22	134,18	289,40
483	PM	28,0	80 esp15	433,90	416,57	850,47	379,01	490,09	869,10	264,78	171,70	436,48	405,56	508,09	913,65
484	PM	28,1	80 esp15	433,90	416,57	850,47	379,01	490,09	869,10	264,78	171,70	436,48	405,56	508,09	913,65
485	PM	25,2	80 esp15	280,29	283,55	563,84	271,92	269,55	541,47	228,11	121,72	349,83	283,38	288,84	572,22



Est nº	Tipo estaca	Prof (m)	Diâm (cm) / Seção	Aoki-Velloso (1975)			Décourt-Quaresma (1978)			Teixeira (1996)			Método UFRGS (2005)		
				Qlat	Qpon	Qtot	Qlat	Qpon	Qtot	Qlat	Qpon	Qtot	Qlat	Qpon	Qtot
486	PM	22,2	45x45	142,68	113,40	256,08	151,80	121,50	273,30	143,00	57,41	200,41	155,22	134,18	289,40
487	PM	22,0	45x45	142,68	113,40	256,08	151,80	121,50	273,30	143,00	57,41	200,41	155,22	134,18	289,40
488	PM	22,3	45x45	142,68	113,40	256,08	151,80	121,50	273,30	143,00	57,41	200,41	155,22	134,18	289,40
489	PM	22,0	45x45	142,68	113,40	256,08	151,80	121,50	273,30	143,00	57,41	200,41	155,22	134,18	289,40
490	PM	23,9	45x45	180,64	145,80	326,44	180,00	153,90	333,90	156,39	87,18	243,57	185,55	166,67	352,22
491	PM	23,1	45x45	163,05	129,60	292,65	166,80	178,20	345,00	149,55	78,67	228,22	172,00	192,31	364,31
492	PM	22,5	45x45	163,05	129,60	292,65	166,80	178,20	345,00	149,55	78,67	228,22	172,00	192,31	364,31
493	PM	23,0	45x45	163,05	129,60	292,65	166,80	178,20	345,00	149,55	78,67	228,22	172,00	192,31	364,31
494	PM	22,3	45x45	142,68	113,40	256,08	151,80	121,50	273,30	143,00	57,41	200,41	155,22	134,18	289,40
495	PM	22,0	45x45	142,68	113,40	256,08	151,80	121,50	273,30	143,00	57,41	200,41	155,22	134,18	289,40
496	PM	22,0	45x45	142,68	113,40	256,08	151,80	121,50	273,30	143,00	57,41	200,41	155,22	134,18	289,40
497	PM	22,1	45x45	169,06	119,57	288,63	182,40	97,20	279,60	150,59	30,07	180,66	193,61	108,98	302,59
498	PM	22,1	45x45	169,06	119,57	288,63	182,40	97,20	279,60	150,59	30,07	180,66	193,61	108,98	302,59
499	PM	22,0	45x45	169,06	119,57	288,63	182,40	97,20	279,60	150,59	30,07	180,66	193,61	108,98	302,59
500	PM	23,1	45x45	170,78	35,10	205,88	186,60	9,72	196,32	158,17	48,60	206,77	197,26	41,81	239,07
501	PM	24,0	45x45	175,10	33,75	208,85	194,40	24,30	218,70	165,73	42,53	208,26	205,27	91,77	297,04
502	PM	24,0	45x45	175,10	33,75	208,85	194,40	24,30	218,70	165,73	42,53	208,26	205,27	91,77	297,04
503	PM	24,0	45x45	175,10	33,75	208,85	194,40	24,30	218,70	165,73	42,53	208,26	205,27	91,77	297,04
504	PM	22,5	45x45	170,78	35,10	205,88	186,60	9,72	196,32	158,17	48,60	206,77	197,26	41,81	239,07
505	PM	22,5	45x45	170,78	35,10	205,88	186,60	9,72	196,32	158,17	48,60	206,77	197,26	41,81	239,07
506	PM	22,5	45x45	170,78	35,10	205,88	186,60	9,72	196,32	158,17	48,60	206,77	197,26	41,81	239,07
507	PM	22,4	45x45	169,06	119,57	288,63	182,40	97,20	279,60	150,59	30,07	180,66	193,61	108,98	302,59
508	PM	22,0	45x45	169,06	119,57	288,63	182,40	97,20	279,60	150,59	30,07	180,66	193,61	108,98	302,59
509	PM	22,0	45x45	169,06	119,57	288,63	182,40	97,20	279,60	150,59	30,07	180,66	193,61	108,98	302,59
510	PM	22,4	45x45	169,06	119,57	288,63	182,40	97,20	279,60	150,59	30,07	180,66	193,61	108,98	302,59
511	PM	22,0	45x45	115,39	18,63	134,02	134,40	16,20	150,60	70,51	34,22	104,73	131,88	41,79	173,67
512	PM	22,0	45x45	115,39	18,63	134,02	134,40	16,20	150,60	70,51	34,22	104,73	131,88	41,79	173,67
513	PM	22,0	45x45	115,39	18,63	134,02	134,40	16,20	150,60	70,51	34,22	104,73	131,88	41,79	173,67
514	PM	22,0	45x45	115,39	18,63	134,02	134,40	16,20	150,60	70,51	34,22	104,73	131,88	41,79	173,67
515	PM	23,3	45x45	118,61	18,63	137,24	141,00	32,40	173,40	75,71	31,59	107,30	138,45	75,26	213,71
516	PM	23,2	45x45	118,61	18,63	137,24	141,00	32,40	173,40	75,71	31,59	107,30	138,45	75,26	213,71
517	PM	23,3	45x45	118,61	18,63	137,24	141,00	32,40	173,40	75,71	31,59	107,30	138,45	75,26	213,71
518	PM	21,0	45x45	155,07	62,10	217,17	164,40	14,58	178,98	102,01	39,49	141,50	172,16	58,64	230,80
519	PM	22,0	45x45	115,39	18,63	134,02	134,40	16,20	150,60	70,51	34,22	104,73	131,88	41,79	173,67
520	PM	22,0	45x45	115,39	18,63	134,02	134,40	16,20	150,60	70,51	34,22	104,73	131,88	41,79	173,67
521	PM	22,0	45x45	115,39	18,63	134,02	134,40	16,20	150,60	70,51	34,22	104,73	131,88	41,79	173,67
522	PM	30,2	80 esp15	268,22	115,52	383,74	307,89	134,77	442,66	164,62	83,62	248,24	312,60	149,07	461,67
523	PM	25,0	45x45	220,69	316,29	536,98	222,00	283,50	505,50	134,21	46,78	180,99	236,28	298,64	534,92
524	PM	25,3	45x45	220,69	316,29	536,98	222,00	283,50	505,50	134,21	46,78	180,99	236,28	298,64	534,92
525	PM	27,5	80 esp15	237,24	234,54	471,78	282,79	171,53	454,32	146,08	818,15	964,23	286,60	186,92	473,52
526	PM	24,8	80 esp15	176,05	45,62	221,67	217,53	61,26	278,79	120,32	94,34	214,66	214,36	138,49	352,85
527	PM	28,6	45x45	335,89	462,86	798,75	325,20	324,00	649,20	175,46	89,10	264,56	353,81	334,52	688,33
528	PM	27,5	45x45	307,09	462,86	769,95	299,40	324,00	623,40	164,16	89,10	253,26	324,61	335,90	660,51
529	PM	21,6	45x45	96,75	162,00	258,75	123,00	97,20	220,20	71,18	22,28	93,46	117,43	108,98	226,41
530	PM	25,2	80 esp15	176,05	45,62	221,67	217,53	61,26	278,79	120,32	94,34	214,66	214,36	138,49	352,85
531	PM	27,9	80 esp15	237,24	234,54	471,78	282,79	171,53	454,32	146,08	818,15	964,23	286,60	186,92	473,52
532	PM	25,2	80 esp15	176,05	45,62	221,67	217,53	61,26	278,79	120,32	94,34	214,66	214,36	138,49	352,85
533	PM	24,4	80 esp15	170,44	36,23	206,67	206,66	55,13	261,79	112,89	90,05	202,94	203,21	126,22	329,43
534	PM	22,9	80 esp15	165,39	28,18	193,57	196,92	49,01	245,93	105,57	78,41	183,98	193,06	113,83	306,89
535	PM	21,5	45x45	96,75	162,00	258,75	123,00	97,20	220,20	71,18	22,28	93,46	117,43	108,98	226,41
536	PM	29,8	80 esp15	268,22	115,52	383,74	307,89	134,77	442,66	164,62	83,62	248,24	312,60	149,07	461,67
537	PM	30,0	80 esp15	268,22	115,52	383,74	307,89	134,77	442,66	164,62	83,62	248,24	312,60	149,07	461,67
538	PM	20,7	45x45	113,78	88,71	202,49	130,20	72,90	203,10	65,34	21,16	86,50	128,23	83,95	212,18
539	PM	26,6	45x45	278,29	462,86	741,15	273,60	324,00	597,60	153,49	89,10	242,59	295,29	337,29	632,58
540	PM	25,0	45x45	220,69	316,29	536,98	222,00	283,50	505,50	134,21	46,78	180,99	236,28	298,64	534,92
541	PM	25,8	45x45	249,49	443,57	693,06	247,80	324,00	571,80	143,49	83,53	227,02	265,84	338,67	604,51
542	PM	20,2	45x45	82,35	115,71	198,06	107,40	89,10	196,50	62,28	24,50	86,78	101,33	101,07	202,40
543	PM	21,6	45x45	96,75	162,00	258,75	123,00	97,20	220,20	71,18	22,28	93,46	117,43	108,98	226,41
544	PM	22,0	45x45	96,75	162,00	258,75	123,00	97,20	220,20	71,18	22,28	93,46	117,43	108,98	226,41
545	PM	27,7	45x45	307,09	462,86	769,95	299,40	324,00	623,40	164,16	89,10	253,26	324,61	335,90	660,51
546	PM	26,0	45x45	249,49	443,57	693,06	247,80	324,00	571,80	143,49	83,53	227,02	265,84	338,67	604,51
547	PM	27,0	45x45	278,29	462,86	741,15	273,60	324,00	597,60	153,49	89,10	242,59	295,29	337,29	632,58

Capacidade de carga em estacas de fundação: comparação entre métodos de dimensionamento e resultados de provas de carga

Est nº	Tipo estaca	Prof (m)	Diâm (cm) / Seção	Aoki-Veloso (1975)			Décourt-Quaresma (1978)			Teixeira (1996)			Método UFRGS (2005)		
				Qlat	Qpon	Qtot	Qlat	Qpon	Qtot	Qlat	Qpon	Qtot	Qlat	Qpon	Qtot
548	PM	21,7	45x45	142,68	113,40	256,08	151,80	121,50	273,30	143,00	57,41	200,41	155,22	134,18	289,40
549	PM	22,0	45x45	142,68	113,40	256,08	151,80	121,50	273,30	143,00	57,41	200,41	155,22	134,18	289,40
550	PM	21,8	45x45	142,68	113,40	256,08	151,80	121,50	273,30	143,00	57,41	200,41	155,22	134,18	289,40
551	PM	22,0	45x45	142,68	113,40	256,08	151,80	121,50	273,30	143,00	57,41	200,41	155,22	134,18	289,40
552	PM	21,5	45x45	142,68	113,40	256,08	151,80	121,50	273,30	143,00	57,41	200,41	155,22	134,18	289,40
553	PM	22,0	45x45	142,68	113,40	256,08	151,80	121,50	273,30	143,00	57,41	200,41	155,22	134,18	289,40
554	PM	24,0	45x45	180,64	145,80	326,44	180,00	153,90	333,90	156,39	87,18	243,57	186,55	166,67	353,22
555	PM	24,0	45x45	180,64	145,80	326,44	180,00	153,90	333,90	156,39	87,18	243,57	186,55	166,67	353,22
556	PM	24,0	45x45	180,64	145,80	326,44	180,00	153,90	333,90	156,39	87,18	243,57	186,55	166,67	353,22
557	PM	15,0	80 esp15	40,88	32,67	73,55	70,28	22,05	92,33	22,35	34,64	56,99	51,89	89,09	140,98
558	PM	26,3	45x45	249,49	443,57	693,06	247,80	324,00	571,80	143,49	83,53	227,02	265,84	338,67	604,51
559	PM	26,3	45x45	249,49	443,57	693,06	247,80	324,00	571,80	143,49	83,53	227,02	265,84	338,67	604,51
560	PM	26,3	45x45	249,49	443,57	693,06	247,80	324,00	571,80	143,49	83,53	227,02	265,84	338,67	604,51
561	PM	26,3	45x45	249,49	443,57	693,06	247,80	324,00	571,80	143,49	83,53	227,02	265,84	338,67	604,51
562	PM	25,6	45x45	249,49	443,57	693,06	247,80	324,00	571,80	143,49	83,53	227,02	265,84	338,67	604,51
563	PM	25,6	45x45	249,49	443,57	693,06	247,80	324,00	571,80	143,49	83,53	227,02	265,84	338,67	604,51
564	PM	26,1	45x45	249,49	443,57	693,06	247,80	324,00	571,80	143,49	83,53	227,02	265,84	338,67	604,51
565	PM	21,8	45x45	89,05	111,86	200,91	123,60	97,20	220,80	78,52	22,28	100,80	118,23	108,98	227,21
566	PM	22,0	45x45	89,05	111,86	200,91	123,60	97,20	220,80	78,52	22,28	100,80	118,23	108,98	227,21
567	PM	22,0	45x45	89,05	111,86	200,91	123,60	97,20	220,80	78,52	22,28	100,80	118,23	108,98	227,21
568	PM	22,0	80 esp15	143,08	600,94	744,02	185,74	477,84	663,58	50,65	51,84	102,49	178,81	507,91	686,72
569	PM	22,0	45x45	89,05	111,86	200,91	123,60	97,20	220,80	78,52	22,28	100,80	118,23	108,98	227,21
570	PM	22,0	45x45	89,05	111,86	200,91	123,60	97,20	220,80	78,52	22,28	100,80	118,23	108,98	227,21
571	PM	22,0	45x45	89,05	111,86	200,91	123,60	97,20	220,80	78,52	22,28	100,80	118,23	108,98	227,21
572	PM	22,0	45x45	89,05	111,86	200,91	123,60	97,20	220,80	78,52	22,28	100,80	118,23	108,98	227,21
573	PM	22,0	45x45	89,05	111,86	200,91	123,60	97,20	220,80	78,52	22,28	100,80	118,23	108,98	227,21
574	PM	22,0	45x45	89,05	111,86	200,91	123,60	97,20	220,80	78,52	22,28	100,80	118,23	108,98	227,21
575	PM	24,2	45x45	203,06	181,29	384,35	214,20	113,40	327,60	126,25	24,50	150,75	228,43	125,06	353,49
576	PM	25,2	45x45	221,06	200,57	421,63	231,00	202,50	433,50	135,18	43,44	178,62	247,27	215,80	463,07
577	PM	21,8	45x45	89,05	111,86	200,91	123,60	97,20	220,80	78,52	22,28	100,80	118,23	108,98	227,21
578	PM	21,8	45x45	89,05	111,86	200,91	123,60	97,20	220,80	78,52	22,28	100,80	118,23	108,98	227,21
579	PM	23,1	45x45	95,53	123,43	218,96	130,80	72,90	203,70	83,19	23,39	106,58	125,53	83,62	209,15
580	PM	23,1	45x45	95,53	123,43	218,96	130,80	72,90	203,70	83,19	23,39	106,58	125,53	83,62	209,15
581	PM	20,0	80 esp15	216,72	182,03	398,75	213,35	269,55	482,90	98,46	99,95	198,41	220,95	293,94	514,89
582	PM	20,5	80 esp15	239,96	150,53	390,49	230,92	220,54	451,46	108,65	103,41	212,06	240,41	241,87	482,28
583	PM	19,2	80 esp15	188,32	161,03	349,35	192,43	147,03	339,46	88,67	98,96	187,63	197,29	166,13	363,42
584	PM	23,0	45x45	112,59	142,71	255,30	138,00	178,20	316,20	76,22	37,87	114,09	134,22	192,31	326,53
585	PM	23,0	45x45	112,59	142,71	255,30	138,00	178,20	316,20	76,22	37,87	114,09	134,22	192,31	326,53
586	PM	23,0	45x45	112,59	142,71	255,30	138,00	178,20	316,20	76,22	37,87	114,09	134,22	192,31	326,53
587	PM	23,0	45x45	112,59	142,71	255,30	138,00	178,20	316,20	76,22	37,87	114,09	134,22	192,31	326,53
588	PM	23,0	45x45	112,59	142,71	255,30	138,00	178,20	316,20	76,22	37,87	114,09	134,22	192,31	326,53
589	PM	22,7	45x45	192,98	24,61	217,59	204,00	19,44	223,44	117,70	54,68	172,38	217,51	75,26	292,77
590	PM	21,8	45x45	189,36	17,82	207,18	197,40	17,01	214,41	109,22	47,39	156,61	210,94	66,99	277,93
591	PM	26,8	45x45	249,86	308,57	558,43	258,60	218,70	477,30	153,46	44,55	198,01	277,53	230,62	508,15
592	PM	21,8	45x45	89,05	111,86	200,91	123,60	97,20	220,80	78,52	22,28	100,80	118,23	108,98	227,21
593	PM	22,0	45x45	89,05	111,86	200,91	123,60	97,20	220,80	78,52	22,28	100,80	118,23	108,98	227,21
594	PM	22,0	45x45	89,05	111,86	200,91	123,60	97,20	220,80	78,52	22,28	100,80	118,23	108,98	227,21
595	PM	22,0	45x45	89,05	111,86	200,91	123,60	97,20	220,80	78,52	22,28	100,80	118,23	108,98	227,21
596	PM	22,0	45x45	89,05	111,86	200,91	123,60	97,20	220,80	78,52	22,28	100,80	118,23	108,98	227,21
597	PM	22,0	45x45	89,05	111,86	200,91	123,60	97,20	220,80	78,52	22,28	100,80	118,23	108,98	227,21
598	PM	22,3	45x45	169,06	119,57	288,63	182,40	97,20	279,60	150,59	30,07	180,66	193,61	108,98	302,59
599	PM	21,9	45x45	169,06	119,57	288,63	182,40	97,20	279,60	150,59	30,07	180,66	193,61	108,98	302,59
600	PM	21,8	45x45	169,06	119,57	288,63	182,40	97,20	279,60	150,59	30,07	180,66	193,61	108,98	302,59
601	PM	19,2	45x45	103,10	93,15	196,25	131,40	34,02	165,42	50,08	112,39	162,47	132,83	126,86	259,69
602	PM	18,6	45x45	103,10	93,15	196,25	131,40	34,02	165,42	50,08	112,39	162,47	132,83	126,86	259,69
603	PM	22,0	45x45	134,21	33,94	168,15	178,20	17,01	195,21	72,30	108,64	180,94	185,84	66,99	252,83
604	PM	22,0	45x45	134,21	33,94	168,15	178,20	17,01	195,21	72,30	108,64	180,94	185,84	66,99	252,83
605	PM	22,6	45x45	170,78	35,10	205,88	186,60	9,72	196,32	158,17	48,60	206,77	197,26	41,81	239,07
606	PM	22,8	45x45	170,78	35,10	205,88	186,60	9,72	196,32	158,17	48,60	206,77	197,26	41,81	239,07
607	PM	22,7	45x45	170,78	35,10	205,88	186,60	9,72	196,32	158,17	48,60	206,77	197,26	41,81	239,07
608	PM	22,7	45x45	170,78	35,10	205,88	186,60	9,72	196,32	158,17	48,60	206,77	197,26	41,81	239,07
609	PM	21,1	45x45	173,73	56,31	230,04	186,60	80,19	266,79	72,12	202,60	274,72	197,86	286,48	484,34

Est nº	Tipo estaca	Prof (m)	Diâm (cm) / Seção	Aoki-Velloso (1975)			Décourt-Quaresma (1978)			Teixeira (1996)			Método UFRGS (2005)		
				Qlat	Qpon	Qtot	Qlat	Qpon	Qtot	Qlat	Qpon	Qtot	Qlat	Qpon	Qtot
610	PM	15,5	80 esp15	272,66	343,06	615,72	233,43	379,82	613,25	141,14	145,47	286,61	259,06	415,50	674,56
611	PM	16,6	80 esp15	307,51	336,06	643,57	258,53	330,81	589,34	156,38	154,87	311,25	288,19	361,97	650,16
612	PM	22,0	45x45	169,06	119,57	288,63	182,40	97,20	279,60	150,59	30,07	180,66	193,61	108,98	302,59
613	PM	22,0	45x45	169,06	119,57	288,63	182,40	97,20	279,60	150,59	30,07	180,66	193,61	108,98	302,59
614	PM	22,0	45x45	176,19	34,71	210,90	190,80	9,72	200,52	80,36	108,64	189,00	201,51	41,79	243,30
615	PM	21,9	45x45	176,19	34,71	210,90	190,80	9,72	200,52	80,36	108,64	189,00	201,51	41,79	243,30
616	PM	22,0	45x45	176,19	34,71	210,90	190,80	9,72	200,52	80,36	108,64	189,00	201,51	41,79	243,30
617	PM	22,4	45x45	199,03	108,77	307,80	177,00	81,00	258,00	68,39	80,80	149,19	183,89	92,19	276,08
618	PM	22,1	45x45	199,03	108,77	307,80	177,00	81,00	258,00	68,39	80,80	149,19	183,89	92,19	276,08
619	PM	21,5	45x45	142,68	113,40	256,08	151,80	121,50	273,30	143,00	57,41	200,41	155,22	134,18	289,40
620	PM	21,8	45x45	142,68	113,40	256,08	151,80	121,50	273,30	143,00	57,41	200,41	155,22	134,18	289,40
621	PM	22,0	45x45	142,68	113,40	256,08	151,80	121,50	273,30	143,00	57,41	200,41	155,22	134,18	289,40
622	PM	19,5	45x45	117,69	69,43	187,12	132,00	97,20	229,20	130,99	38,27	169,26	133,96	109,55	243,51
623	PM	21,0	80 esp15	154,44	104,14	258,58	194,94	88,22	283,16	93,11	130,77	223,88	195,53	318,46	513,99
624	PM	21,5	80 esp15	182,84	241,54	424,38	215,86	269,55	485,41	101,87	102,92	204,79	219,02	291,91	510,93
625	PM	21,5	80 esp15	182,84	241,54	424,38	215,86	269,55	485,41	101,87	102,92	204,79	219,02	291,91	510,93

## **ANEXO D – Resultados dimensionamento prova de carga estática**

Est nº	Tipo estaca	Prof (m)	Diâmetro (cm)	Aoki-Velloso (1975)			Decourt-Quaresma (1978)			Teixeira (1996)			Método UFRGS (2005)		
				Qlat	Qpon	Qtot	Qlat	Qpon	Qtot	Qlat	Qpon	Qtot	Qlat	Qpon	Qtot
50	Raiz	17,0	31	37,74	70,46	108,20	206,47	36,23	242,70	112,28	51,32	163,60			
51	Raiz	17,0	31	86,85	37,74	124,59	252,24	36,23	288,47	157,31	51,32	208,63			
52	Raiz	17,0	41	126,84	66,01	192,85	358,08	63,37	421,45	233,58	89,78	323,36			
63	Raiz	12,0	31	94,78	107,68	202,46	138,78	49,81	188,59	118,50	24,91	143,41			
71	Hélice	17,4	70	335,47	461,81	797,28	287,35	184,73	472,08	130,44	200,12	330,56	219,09	363,88	582,97
72	Hélice	16,5	80	357,76	603,19	960,95	311,65	241,27	552,92	145,69	261,38	407,07	236,09	475,27	711,36
73	Hélice	17,5	50	217,87	235,62	453,49	201,59	94,25	295,84	108,23	102,10	210,33	152,29	184,93	337,22
74	Hélice	18,0	50	377,07	235,62	612,69	310,49	94,25	404,74	226,53	102,10	328,63	246,40	184,93	431,33
75	Hélice	19,8	70	218,42	442,57	660,99	247,03	184,73	431,76	193,41	178,86	372,27	182,74	361,05	543,79
76	Hélice	16,4	60	110,87	223,27	334,14	149,54	95,00	244,54	123,56	96,79	220,35	108,29	189,48	297,77
77	Hélice	18,5	60	277,16	565,49	842,65	290,91	135,72	426,63	175,52	113,10	288,62	223,07	265,26	488,33
78	Hélice	19,3	70	323,35	769,69	1093,04	339,40	184,73	524,13	204,78	153,94	358,72	260,25	361,05	621,30
79	Hélice	12,3	60	113,57	312,90	426,47	178,44	111,97	290,41	142,29	78,23	220,52	139,41	225,66	365,07
80	Hélice	10,5	60	88,69	188,50	277,19	155,82	33,93	189,75	126,71	47,12	173,83	121,35	71,85	193,20
81	Hélice	11,2	80	204,61	730,53	935,14	214,47	211,12	425,59	125,30	187,24	312,54	166,64	426,53	593,17
87	Hélice	9,6	60	212,06	339,29	551,35	174,04	135,72	309,76	136,67	147,03	283,70	140,09	275,59	415,68
88	Hélice	9,6	60	245,99	339,29	585,28	199,18	135,72	334,90	163,22	147,03	310,25	162,26	275,59	437,85
109	Hélice	14,8	80	299,41	355,21	654,62	292,38	114,61	406,99	236,38	85,45	321,83	226,94	232,38	459,32
110	Hélice	12,0	60	186,10	184,73	370,83	181,58	61,07	242,65	131,11	46,18	177,29	141,92	125,26	267,18
111	Hélice	14,6	50	120,68	246,09	366,77	129,33	94,25	223,58	67,36	61,52	128,88	94,84	187,09	281,93
165	Raiz	15,7	31	111,06	150,95	262,01	183,09	60,38	243,47	85,18	30,19	115,37			
177	Hélice	29,0	35	392,54	192,42	584,96	405,74	46,18	451,92	361,45	38,48	399,93	319,75	86,69	406,44
178	Hélice	29,0	35	392,54	192,42	584,96	405,74	46,18	451,92	361,45	38,48	399,93	319,75	86,69	406,44
179	Hélice	28,0	40	324,12	251,33	575,45	338,87	60,32	399,19	240,70	50,27	290,97	260,13	113,70	373,83
180	Hélice	28,0	40	324,12	251,33	575,45	338,87	60,32	399,19	240,70	50,27	290,97	260,13	113,70	373,83
181	Hélice	29,0	40	448,62	251,33	699,95	463,70	60,32	524,02	413,08	50,27	463,35	365,42	113,23	478,65
182	Hélice	29,0	40	448,62	251,33	699,95	463,70	60,32	524,02	413,08	50,27	463,35	365,42	113,23	478,65
183	Hélice	29,0	70	468,02	769,69	1237,71	568,84	184,73	753,57	491,17	153,94	645,11	433,60	346,77	780,37
184	Hélice	29,0	70	468,02	769,69	1237,71	568,84	184,73	753,57	491,17	153,94	645,11	433,60	346,77	780,37
185	Hélice	24,0	60	269,21	565,49	834,70	352,49	135,72	488,21	336,15	113,10	449,25	268,88	260,03	528,91
186	Hélice	24,0	60	269,21	565,49	834,70	352,49	135,72	488,21	336,15	113,10	449,25	268,88	260,03	528,91
187	Hélice	31,0	70	401,80	577,27	979,07	483,07	138,54	621,61	427,33	105,83	533,16	360,25	260,44	620,69
188	Hélice	31,0	70	401,80	577,27	979,07	483,07	138,54	621,61	427,33	105,83	533,16	360,25	260,44	620,69
189	Hélice	31,0	60	344,40	424,12	768,52	414,06	101,79	515,85	366,29	84,82	451,11	308,79	191,34	500,13
190	Hélice	31,0	60	344,40	424,12	768,52	414,06	101,79	515,85	366,29	84,82	451,11	308,79	191,34	500,13
191	Hélice	31,0	70	546,06	769,69	1315,75	680,26	184,73	864,99	577,03	153,94	730,97	522,23	343,89	866,12
192	Hélice	31,0	70	546,06	769,69	1315,75	680,26	184,73	864,99	577,03	153,94	730,97	522,23	343,89	866,12
199	Hélice	14,8	40	152,81	138,23	291,04	187,24	37,70	224,94	145,51	55,29	200,80	148,38	119,74	268,12
280	Raiz	8,0	25	73,22	78,54	151,76	112,70	39,27	151,97	95,46	19,63	115,09			
281	Raiz	8,0	25	71,64	78,54	150,18	107,99	39,27	147,26	88,11	19,63	107,74			
282	Raiz	8,0	25	71,64	78,54	150,18	107,99	39,27	147,26	88,11	19,63	107,74			
283	Hélice	11,5	50	166,58	314,16	480,74	161,79	94,25	256,04	85,97	78,54	164,51	126,70	189,24	315,94
332	Hélice	24,6	60	189,82	565,49	755,31	229,96	135,72	365,68	81,16	113,10	194,26	160,43	258,98	419,41
333	Hélice	24,6	60	173,60	400,55	574,15	216,14	108,57	324,71	87,08	80,11	167,19	149,52	208,51	358,03
334	Hélice	23,0	60	177,85	409,98	587,83	215,51	91,61	307,12	97,30	82,00	179,30	152,72	178,30	331,02
335	Hélice	23,0	60	183,69	471,24	654,93	224,94	111,97	336,91	124,70	94,25	218,95	160,88	215,51	376,39
336	Hélice	24,8	60	232,51	541,92	774,43	272,06	118,75	390,81	145,39	108,38	253,77	196,69	227,44	424,13
337	Hélice	24,9	60	251,45	499,51	750,96	289,03	122,15	411,18	141,04	99,09	240,13	210,83	233,75	444,58
338	Hélice	24,9	60	236,00	466,53	702,53	274,58	118,75	393,33	133,61	93,31	226,92	198,86	227,44	426,30
339	Hélice	24,9	60	372,47	565,49	937,96	409,04	135,72	544,76	196,41	113,10	309,51	310,46	258,98	569,44
340	Hélice	24,9	60	372,47	565,49	937,96	409,04	135,72	544,76	196,41	113,10	309,51	310,46	258,98	569,44

## **ANEXO E – Curvas carga-recalque das provas de carga estáticas**

