

**ESTACAS METÁLICAS GERDAU**



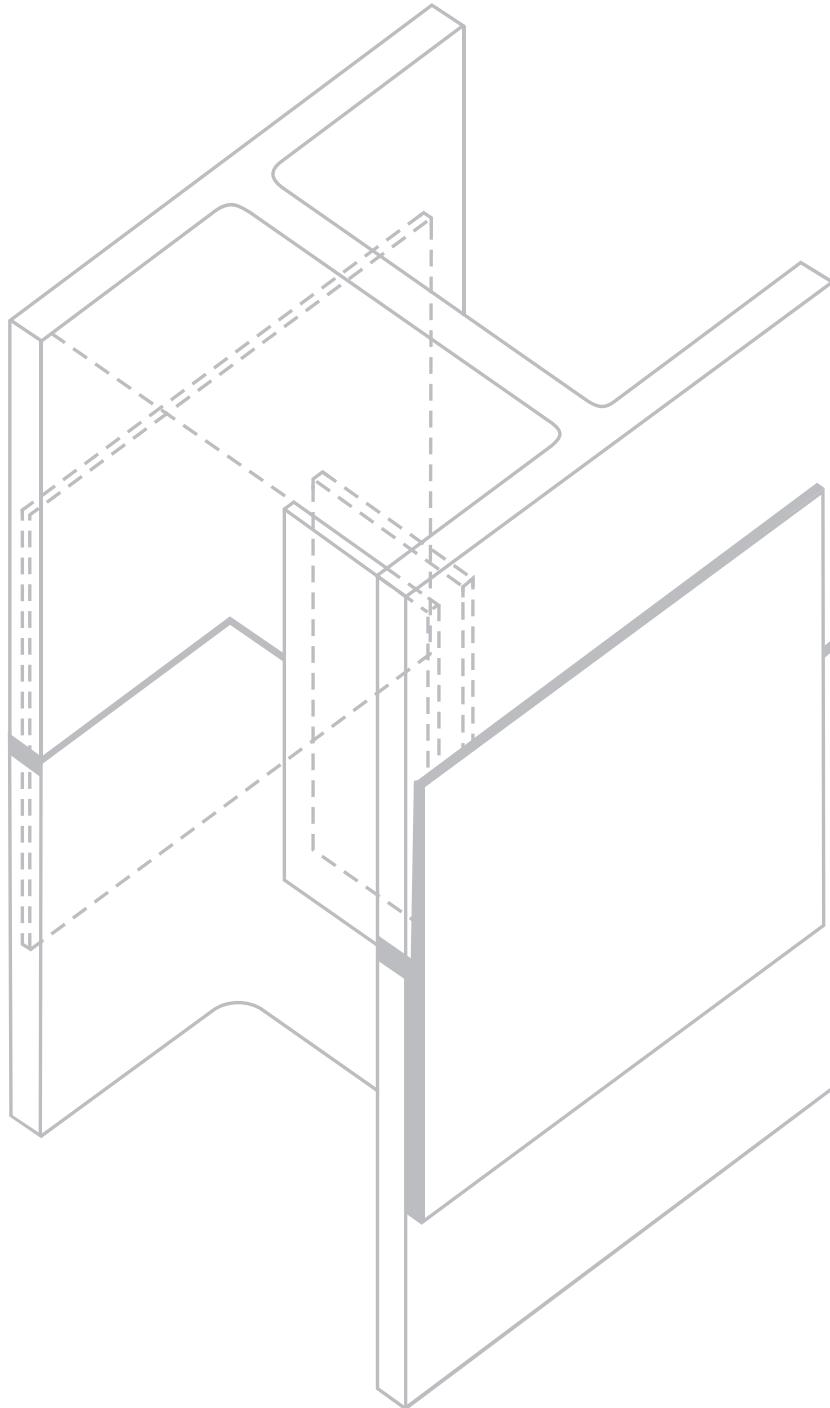
**GERDAU**



# ESTACAS METÁLICAS GERDAU

---

8<sup>a</sup> Edição  
2015



**Consultoria**

Urbano Alonso Consultoria e Projetos Ltda.

**Realização**

Equipe Técnica Gerdau

Esta é a 8<sup>a</sup> edição do manual de Estacas Metálicas da Coletânea do Uso do Aço, da Gerdau, lançado originalmente em 2006, na ocasião do desenvolvimento da referência técnica para o uso de estacas metálicas de seção transversal decrescente com a profundidade. Esta é uma solução técnica e econômica para as fundações profundas executadas em nosso país, principalmente nas regiões da costa litorânea, onde o solo se apresenta com espessas camadas de argilas moles intermediadas por camadas de areias finas siltosas medianamente compactas a muito compactas.

Dando continuidade às pesquisas técnicas, a Gerdau investe em provas de carga estáticas e, também, em ensaios de carregamento dinâmico, a fim de melhor entender o comportamento carga-recalque destas estacas, em particular quanto à transferência de carga por adesão e pela ponta das mesmas. Estas provas de carga fazem parte de um banco de dados que está à disposição dos profissionais interessados em estudar este tipo de estacas, bastando para tanto contatar a equipe técnica da Gerdau. Nesta 8<sup>a</sup> edição complementamos o banco de dados das provas de carga, que vem sendo divulgadas desde a 1<sup>a</sup> edição.

Concomitantemente com as provas de carga estáticas, foram realizadas provas instrumentadas, utilizando-se *strain gages*, que nos forneceram subsídios importantes na interpretação de como se procede a transferência de carga, não só pela adesão, mas, principalmente, pela ponta da estaca. Isto indica que, quando a mesma se situa em solos pouco portantes, não vale a proposição de alguns dos atuais métodos brasileiros que consideram como área de ponta aquela correspondente à área envolvente da seção do perfil. Isto só se mostra válido no caso em que a ponta da estaca atinge solo de alta resistência ou alteração de rocha.

Com o objetivo de tornar a cravação das estacas mais rápida (quando comparado com a cravação tradicional com martelos de impacto de queda livre ou hidráulicos) e reduzir ainda mais o barulho causado por esses equipamentos, minimizando o incômodo à comunidade na vizinhança da obra, a Gerdau introduziu, em fins de 2011, a cravação com martelos vibratórios hidráulicos e elétricos.

As estacas cravadas por este novo processo, bem como os resultados das provas de carga realizadas e um resumo do funcionamento desse novo processo de cravação estão destacados nesta nova edição do manual.



---

Nomenclatura .....	9
1 Introdução .....	11
2 Aplicações e Características das Estacas Metálicas .....	15
3 Corrosão .....	21
4 Dimensionamento Estrutural .....	25
4.1 - Flambagem .....	27
4.2 - Capacidade de Carga Estrutural .....	28
5 Capacidade de Carga Geotécnica .....	31
6 Conceito de “Estacas Metálicas de Seção Transversal Decrescente com a Profundidade” .....	37
7 Detalhamento das Emendas das Estacas .....	43
8 Ligação dos Perfis ao Bloco de Coroamento .....	51
1º Caso - Estacas Comprimidas .....	53
2º Caso - Estacas Tracionadas .....	55
9 Uso de Martelos Vibratórios na Cravação das Estacas .....	57
9.1 - Considerações básicas .....	59
9.2 - Primeira fundação com estacas metálicas GERDAU executada no País .....	61
10 Controles da Capacidade de Carga .....	63
10.1 - Durante o Processo de Cravação .....	65
10.2 - Provas de Carga Estática .....	68
10.3 - Provas de Carga Instrumentadas .....	69
11 Casos de Obras .....	73
12 Anexos .....	85
Anexo I – Tabela de carga estrutural dos Perfis Estruturais Gerdau .....	87
Anexo II – Tabela de Perfis – propriedades geométricas considerando a corrosão .....	91



## NOMENCLATURA

---

Designação	Descrição	Unidade
$b_f$	Largura da aba do perfil	L
c	Velocidade de propagação da onda em estacas	$LT^2$
d	Altura da seção transversal do perfil	L
e	Distância entre eixos de estacas	L
$f_u$	Limite de resistência do aço	$F \cdot L^{-2}$
$f_y$	Limite de escoamento do aço	$F \cdot L^{-2}$
h	Altura de bloco, altura da alma	L
$r_x$	Raio de giração no eixo X-X	L
$r_y$	Raio de giração no eixo Y-Y	L
$r_i$	Adesão média solo-estaca, na ruptura	$F \cdot L^2$
$r_p$	Resistência unitária (à ruptura) do solo sob a ponta da estaca	$F \cdot L^2$
s	Nega da estaca	L
$t_f$	Espessura da aba (mesa) do perfil	L
$t_w$	Espessura da alma do perfil	L
A	Área do retângulo envolvente à seção transversal da estaca	$L^2$
$A_p$	Porcentagem da área A a adotar na capacidade de carga da estaca	$L^2$
$A_s$	Área da seção transversal do perfil	$L^2$
$A'_s$	Área útil da seção transversal do perfil (deduzida a corrosão)	$L^2$
$C_2$	Deformação elástica do fuste da estaca	L
$C_3$	Deslocamento elástico do solo sob a ponta da estaca	L
E	Módulo de elasticidade do material da estaca	$F \cdot L^{-2}$
G	Módulo de elasticidade transversal do material da estaca	$F \cdot L^{-2}$
$I_x$	Momento de inércia no eixo X-X da seção transversal da estaca	$L^4$
$I_y$	Momento de inércia no eixo Y-Y da seção transversal da estaca	$L^4$
$L_{fl}$	Comprimento de flambagem	$L^4$
K	Repique	L
P	Carga estrutural admissível das estacas	F
PL	Carga de ruptura por atrito lateral ao longo do fuste da estaca	F
PP	Carga de ruptura do solo sob a ponta da estaca	F
PR	Carga de ruptura do solo que dá suporte a uma estaca	F
$W_x$	Módulo resistente no eixo X-X da seção transversal da estaca	$L^3$
$W_y$	Módulo resistente no eixo Y-Y da seção transversal da estaca	$L^3$
$\beta$	Coeficiente de dilatação térmica linear	$^{\circ}C$
$\gamma$	Peso específico	$F \cdot L^{-3}$
$\gamma_f$	Coeficiente de ponderação das resistências	-
$\gamma_p$	Coeficiente de ponderação das ações	-
$\eta_h$	Constante do coeficiente de reação horizontal	$F \cdot L^{-3}$
$\lambda$	Índice de esbeltez	-
$\nu$	Coeficiente de Poisson do material da estaca	-
$k_y$	Coeficiente de flambagem	-
$\chi$	Fator de redução associado à resistência à compressão	-
Q	Fator de redução total associado à flambagem local	-

---

Designação	Descrição	Unidade
$\gamma_m$	Coeficiente de ponderação médio das ações	-
$d'$	Altura plana da alma	L
$\lambda_o$	Índice de esbeltez reduzido	-
$\lambda_f$	Índice de esbeltez limite da mesa	-
$\lambda_f$	Índice de esbeltez limite da alma	-

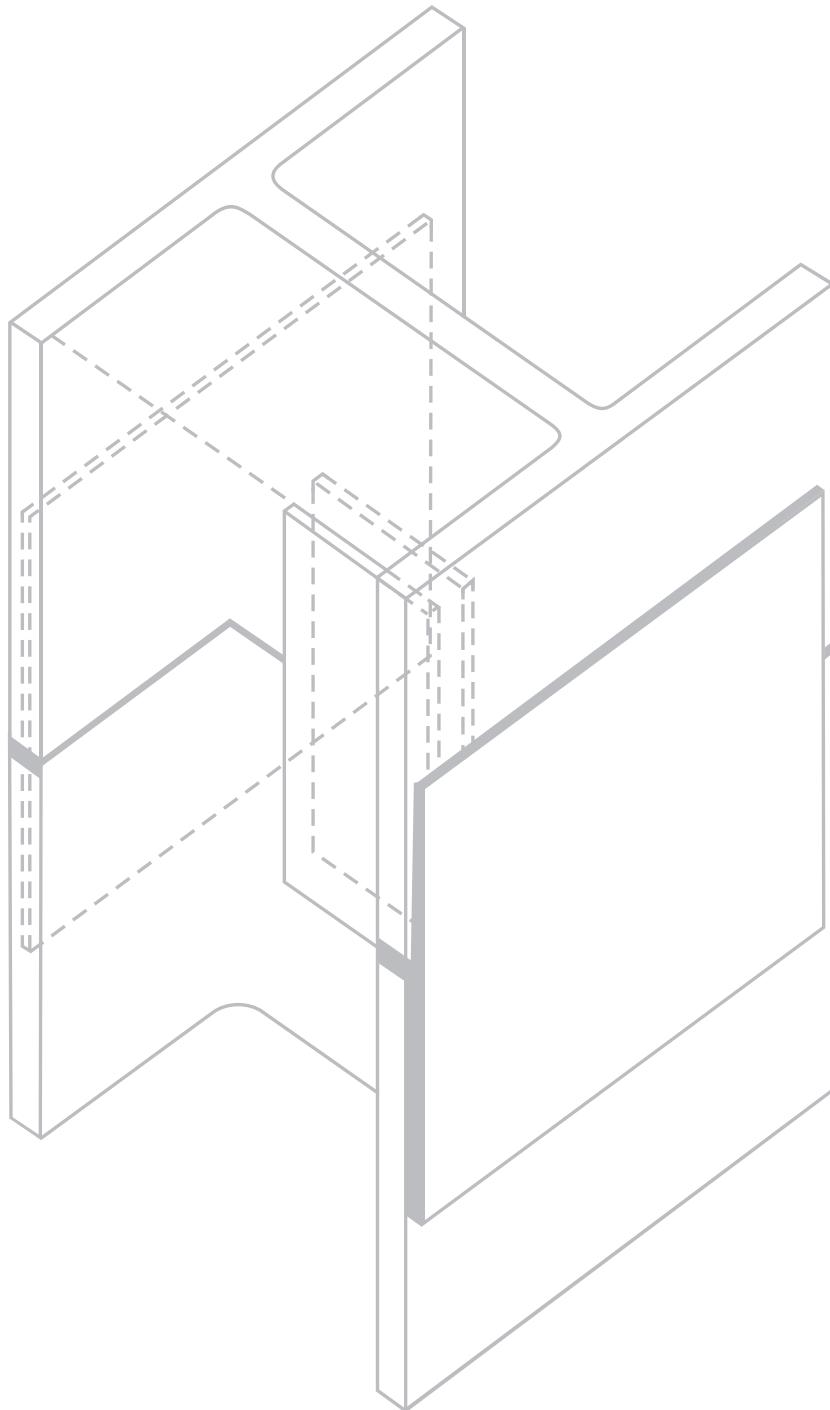
L = comprimento (mm, cm, m)    F = força (N, kN, kgf, tf)

#### Características do aço ASTM A572 Grau 50

Limite de escoamento ( $f_y$ )	345 MPa = 3,5 tf/cm <sup>2</sup>
Limite de resistência ( $f_u$ )	450 MPa = 4,5 tf/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidade (E)	200.000 MPa = 2.039 tf/cm <sup>2</sup>
Coeficiente de Poisson ( $\nu_a$ )	0,3
Módulo de elasticidade transversal (G)	77.000 MPa = 785 tf/cm <sup>2</sup>
Coeficiente de dilatação térmica linear ( $\beta$ )	1,2x10 <sup>-5</sup> /°C
Peso específico ( $\gamma$ )	77 kN/m <sup>3</sup> = 7,85 tf/m <sup>3</sup>

# INTRODUÇÃO

---





Até 2002 as estacas metálicas eram utilizadas principalmente nas estruturas de contenção (perfis metálicos associados a pranchas de madeira ou pré-fabricadas de concreto) e nos pilares de divisa, com o objetivo de se eliminar as vigas de equilíbrio. Mas nos casos em que se queria reduzir as vibrações decorrentes da cravação de estacas de deslocamento (estacas pré-moldadas de concreto, estacas do tipo Franki, estacas tubulares, etc.), as estacas metálicas sempre foram consideradas como solução de alta eficiência. O mesmo se pode dizer quando é necessário atravessar lentes de pedregulhos ou concreções (laterita, limonita, etc). As características das estacas metálicas são apresentadas no Capítulo 2.

Com a introdução dos Perfis Estruturais Gerdau, em 2002, este cenário passou a ser gradualmente transformado, e, hoje, decorridos quinze anos, as estacas metálicas para fundações profundas já são uma realidade, competindo técnica e economicamente com os demais tipos de fundações.

Os Perfis Estruturais Gerdau são produzidos em aço laminado de alta resistência (ASTM A572 Grau 50), o que proporciona elevada capacidade de carga ao elemento estrutural, cujo dimensionamento é discutido no Capítulo 4. Aspectos sobre a durabilidade da estaca em contato com o solo e sua influência no dimensionamento estrutural são apresentados no Capítulo 3. A interação da estaca com o solo e sua capacidade de carga geotécnica são revisados no Capítulo 5.

Além de possuir seções geométricas com as faces das mesas paralelas, que facilitam as ligações, a ampla variedade de bitolas oferecidas pela Gerdau para perfis de uma mesma família (aqueles cujas bitolas são de mesma altura nominal, com variações na espessura de alma e mesas), permitiu a criação das estacas metálicas de seção transversal decrescente com a profundidade. Ou seja, com base nas características geométricas dos Perfis Estruturais Gerdau, é possível criar estacas metálicas compostas com perfis de um mesmo grupo, com seção transversal variável em função da profundidade. O conceito é relativamente simples e estabelece que a seção transversal pode ser reduzida com a profundidade em função da carga resultante na estaca, que vai diminuindo em razão da transferência de carga para o solo, por atrito lateral. Esta solução, que oferece uma significativa redução no peso médio das estacas, se apresenta como alternativa técnico-econômica às fundações profundas, onde, tradicionalmente, se utilizam estacas escavadas (estacões e barretes), estacas raiz, estacas pré-moldadas de concreto com emenda soldada e trilhos (novos e usados). O conceito das fundações em estacas metálicas de seção transversal decrescente com a profundidade é especialmente abordado no Capítulo 6.

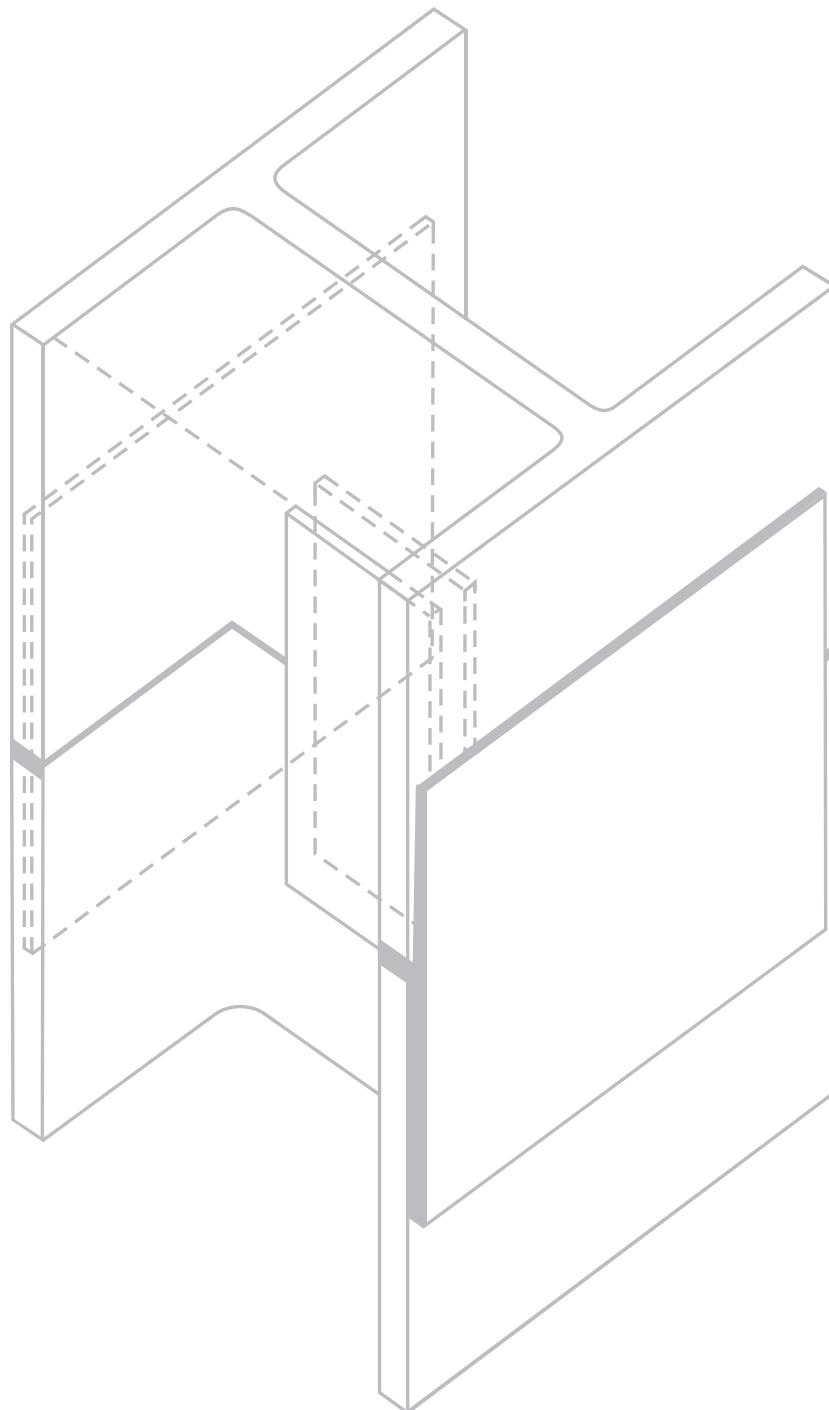
Diversos conceitos, orientações, recomendações e práticas de mercado relativos ao detalhamento das emendas das estacas, ligações ao bloco de coroamento e controle da capacidade de carga são abordados nos capítulos 7, 8 e 10. Destacamos as provas de carga instrumentadas, que confirmam o comportamento da interação estaca-solo nos casos de estacas de seção variável com a profundidade.

Finalmente, como destaque desta nova edição, apresentamos um resumo do processo de cravação novo no mercado, por meio de martelos vibratórios hidráulicos e elétricos (Capítulo 9). Os casos de obras são descritos no Capítulo 11, que já apresenta referências de situações em que houveram provas de carga estáticas em estacas cravadas com uso de martelos vibratórios.



# APLICAÇÕES E CARACTERÍSTICAS DAS ESTACAS METÁLICAS

2





### 2.1 - Aplicações

Como elementos de fundação, as estacas metálicas têm aplicação destacada nas construções industriais, em edifícios de andares múltiplos, pontes e viadutos, portos e torres de transmissão. Nas estruturas de contenção elas têm papel preponderante em função da facilidade de cravação, de sua alta resistência e da versatilidade de integração com elementos construtivos complementares.

### 2.2 - Vantagens

São inúmeras as razões para sua utilização, quando comparadas com outros tipos, entre as quais ressaltamos:

- Baixo nível de vibração durante sua cravação, quer seja com martelos de queda livre de impacto ou os modernos martelos vibratórios;
- Possibilidade de cravação em solos de difícil transposição, como, por exemplo, argilas rijas a duras, pedregulhos e concreções (laterita, limonita, etc.) sem o inconveniente do “levantamento” de estacas vizinhas já cravadas (como ocorre, por exemplo, no caso das estacas pré-moldadas de concreto e Franki) e sem perdas de estacas “quebradas”, que oneram não só o estaqueamento como os blocos que deverão ser redimensionados (aspectos de custo e prazo);
- Resistência a esforços elevados de tração (da ordem de grandeza da carga de compressão, exceto quando as estacas se apóiam em rocha) e de flexão (o porque de seu emprego muito ligado às estruturas de contenção);
- Possibilidade de tratamento à base de betume especial (pintura), com a finalidade de reduzir o efeito do “attrito negativo”;
- Facilidade de corte e emenda, de modo a reduzir perdas decorrentes da variação da cota de apoio do estrato resistente, principalmente em solos residuais jovens.

### 2.3 - Estacas Mistas

Quando usadas como complemento de outro tipo de estaca (por exemplo, pré-moldada de concreto com anel metálico), as denominadas estacas mistas podem resolver alguns problemas de fundação profunda, conforme se mostra nas fotografias 1 e 2.

No primeiro caso (fotografia 1), o segmento metálico tem por finalidade permitir a cravação de um comprimento significativo da estaca em solos compactos arenosos ou argilas rijas a duras, sem os inconvenientes de “levantamento” acima mencionado, ou atravessar pedregulhos e concreções. Sua aplicação mais significativa ocorre em obras marítimas (cais) onde é comum a existência destas camadas resistentes, mas a estaca é projetada com um comprimento préfixado (por exemplo, decorrente de futura dragagem) para resistir a esforços elevados de tração. A cravação de estacas de concreto, neste caso, pode se tornar inviável em decorrência de quebra, para atingir a profundidade definida pelo projetista. Assim, a estaca mista, terá um trecho em concreto armado, na região em água, e um trecho metálico na região de solo, com comprimento tal que permita atravessar estas dificuldades de resistência do solo, atingindo o comprimento definido em projeto, e mantendo a integridade estrutural para resistir às cargas de compressão e tração a ela impostas.

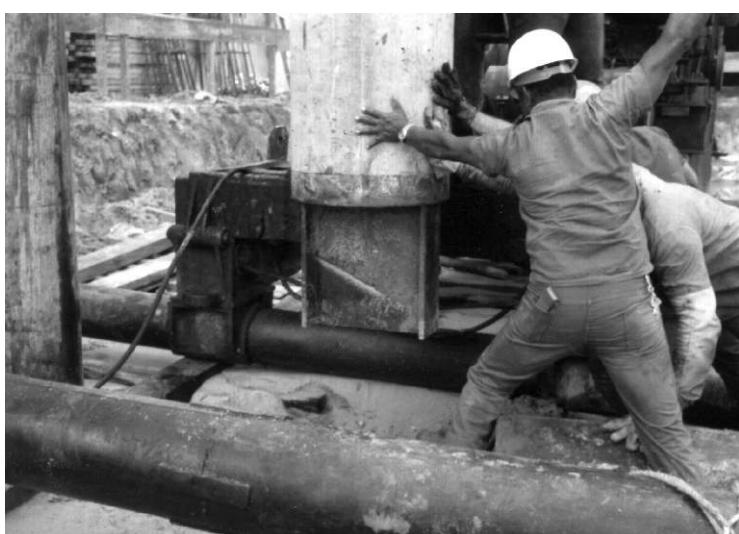
As provas de carga números I.19 e I.41 são um caso de obra em que se usou este tipo de estaca. Uma vista geral de uma destas obras é mostrada na fotografia 3.

No segundo caso (fotografia 2), o segmento metálico tem por finalidade permitir que a estaca mista possa ser cravada, até atingir um estrato rochoso, sem que haja risco de quebra da ponta da estaca de concreto, visto que, na quase totalidade dos casos em que ocorre rocha, esta se encontra inclinada, impondo, à ponta da estaca, tensões não uniformes, durante a cravação. Estas tensões dinâmicas de cravação não podem ser resistidas pelo concreto, mas sim pela ponta metálica, pois o aço é um material mais dúctil e, por deformações diferenciais, redistribui estas tensões de contato e as transmite de modo mais uniforme para a seção de concreto.

**Fotografia 1 - Estaca mista (concreto-perfil metálico) para atravessar solos resistentes sem risco de levantamento de estacas já cravadas. Também se utilizam em obras marítimas conforme se mostra nas provas de carga números I.19 e I.41.**



**Fotografia 2 - Estaca mista (concreto-perfil metálico) para apoio em rocha**

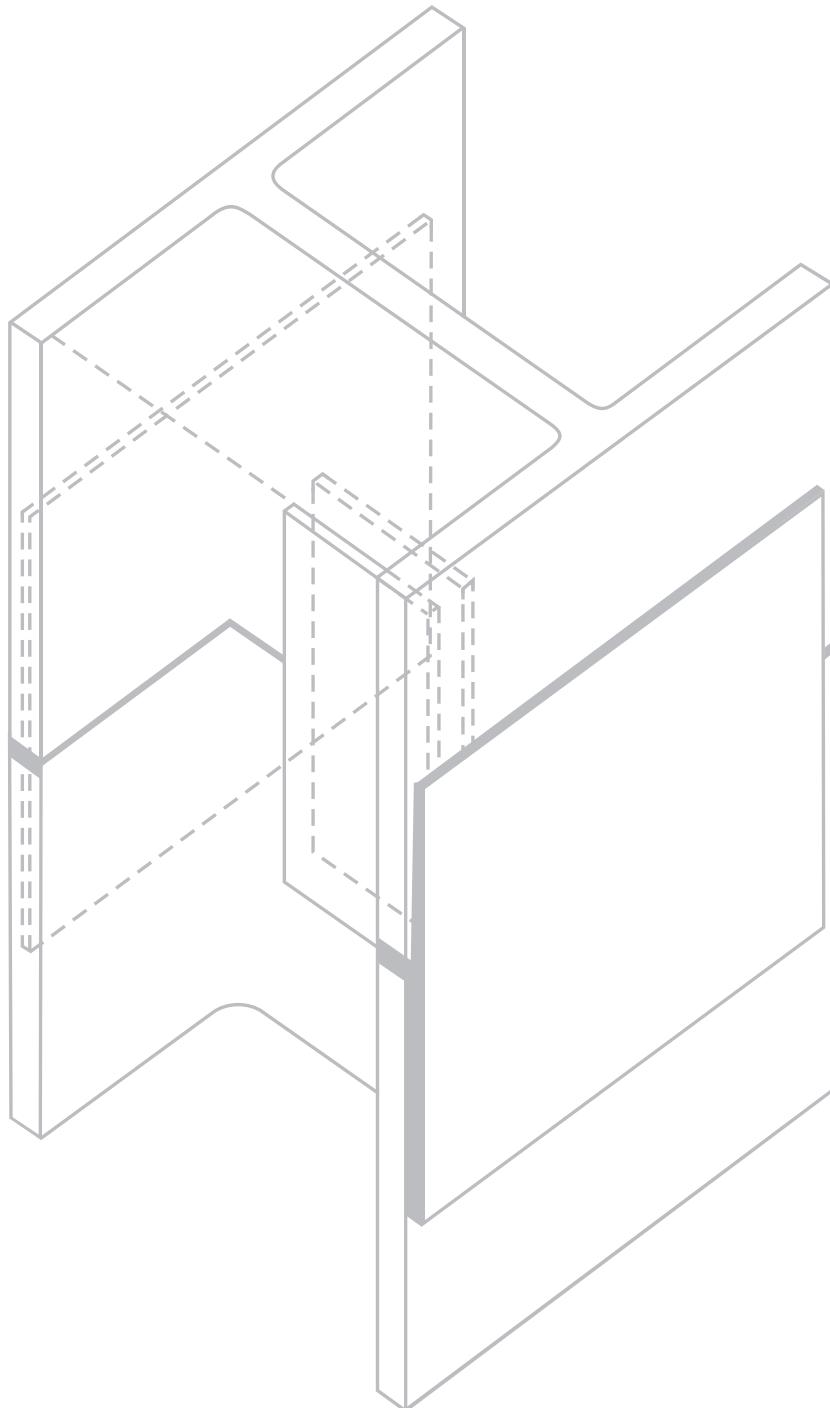


---

**Fotografia 3 - Vista geral da obra onde se realizou a prova de carga n° I.41 (estaca mista)**









Estacas de aço têm sido utilizadas em todo o mundo há mais de 120 anos e sua durabilidade tem excedido todas as estimativas teóricas, especialmente em solos agressivos ou contaminados por produtos químicos. Não há caso relatado na literatura internacional de falha estrutural causada pela corrosão de estacas de aço imersas em solo.

A farta literatura disponível tem indicado que os solos naturais são tão deficientes em oxigênio que o aço não é apreciavelmente afetado pela corrosão, independentemente do tipo de solo ou de suas propriedades.

O processo de corrosão de uma estaca cravada em solos cujo pH esteja situado entre 4 e 10, isto é, quase que a totalidade dos solos naturais encontrados, é fundamentalmente dependente da presença simultânea de água e oxigênio. Na ausência de uma destas substâncias, a corrosão não acontecerá.

O primeiro metro de solo apresenta certa oxigenação; abaixo disso, a concentração desta substância decresce rapidamente com a profundidade, e sua reposição é extremamente dificultada. A difusão de gases em meios porosos contendo água é um processo muito lento. Uma estaca recentemente cravada no solo consome todo este oxigênio disponível nas redondezas durante processo de corrosão, exaurindo-o. Para que o processo tenha continuidade, mais oxigênio deve chegar ao sítio de reação, o que não pode acontecer com facilidade. Este é motivo pelo qual os resultados experimentais disponíveis têm revelado a grande resistência do aço frente à corrosão, independentemente do tipo de solo ou de suas propriedades. Outras propriedades dos solos, tais como drenagem, resistividade elétrica ou composição química não são de grande valia na determinação de sua corrosividade.

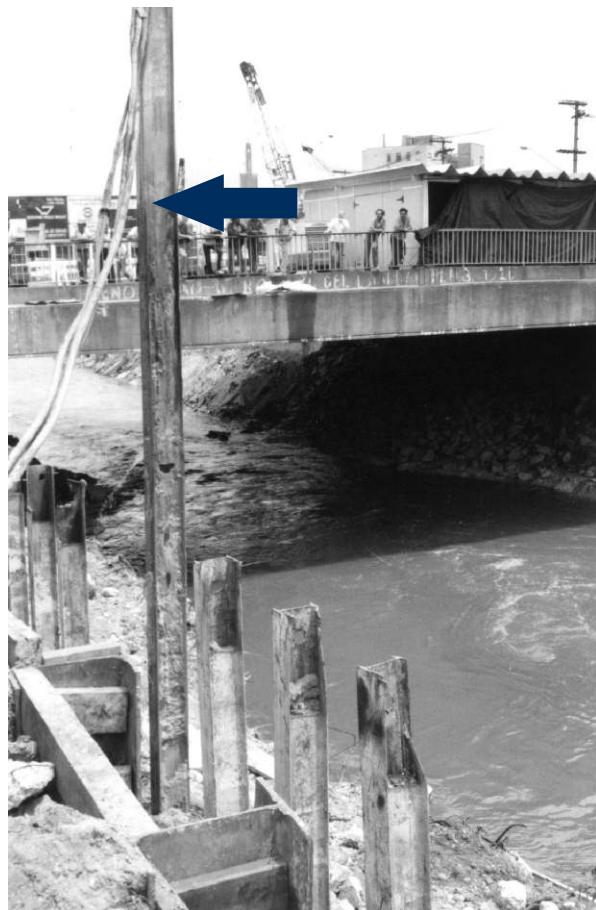
Um artigo técnico intitulado “Medidas de Potencial de Corrosão de Estacas de Aço Cravadas em Santos” foi publicado no 7º Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnica – SEFE7.

No capítulo 4, item 4.2, apresenta-se o dimensionamento estrutural das estacas levando-se em conta a corrosão segundo a NBR 6122:2010.

A fotografia 4 mostra uma estaca metálica que serviu como fundação por mais de 20 anos, da ponte da Rua Wandenkolk, sobre o rio Tamanduateí, em São Paulo. Essa estaca foi removida, juntamente com todas as demais, quando da retificação, alargamento e aprofundamento da calha deste rio. A seção de separação entre o trecho enterrado da estaca e o imerso no concreto do encontro da ponte (bloco de coroamento) está indicada, nessa fotografia, pela seta.

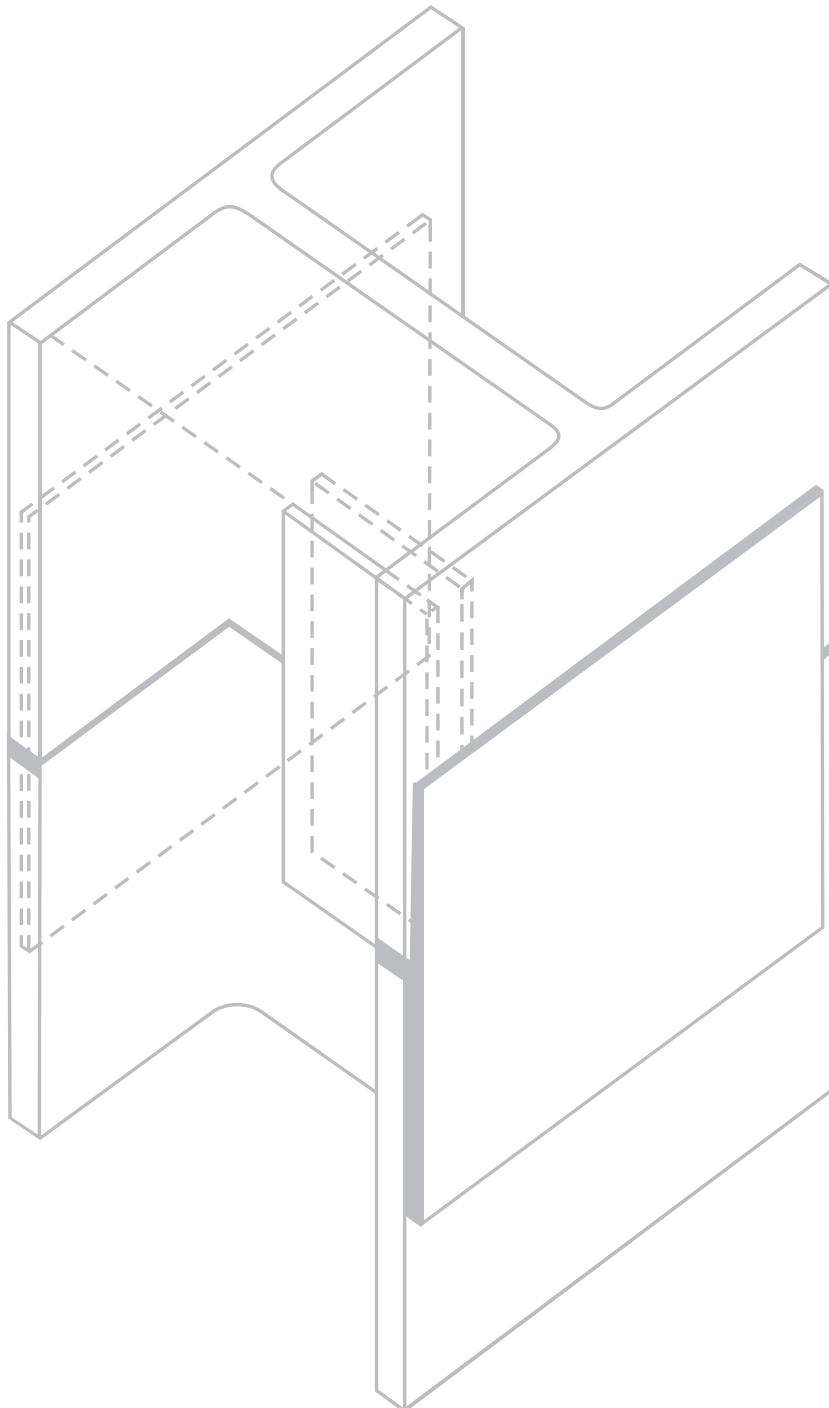
Também no livro de Fundações dos Profs. Dirceu Velloso e Francisco Lopes (COPPE-UFRJ - vol. 2) há o relato de que a análise de estacas metálicas utilizadas como fundação de edifícios no Rio de Janeiro, junto à Lagoa Rodrigo de Freitas, e retiradas após 10 a 20 anos de uso, não mostravam sinais de corrosão.

**Fotografia 4 - Estaca metálica da ponte Wandenkolk, removida após mais de 20 anos de uso**



# 4

## DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL





#### 4.1 - Flambagem

Em estacas axialmente comprimidas que permanecem totalmente enterradas, normalmente não ocorre flambagem. Esta só deve ser verificada quando as estacas tiverem sua cota de arrasamento acima do nível do terreno, levada em conta a eventual erosão (no caso de estacas onde ocorre fluxo de água), ou atravessarem solos muito moles.

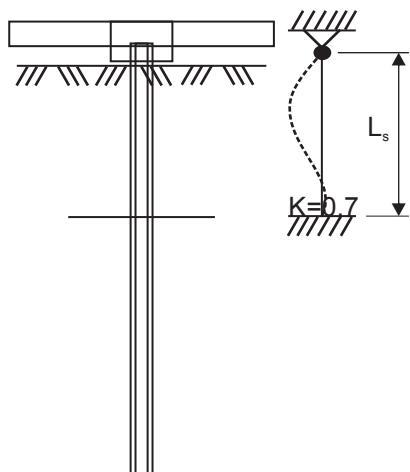
As estacas metálicas com Perfis Estruturais Gerdau não sofrem efeito de flambagem, mesmo quando atravessam solos moles. Para demonstrarmos, tomaremos da série de perfis, o que apresenta o menor raio de giração e que, consequentemente, terá o maior índice de esbeltez ( $\lambda = k_y L_s / r_y$ ).

Para esse cálculo adotaremos a hipótese de que o topo da estaca esteja solidário ao bloco (estaca rotulada no bloco e engastada a uma profundidade  $L_s$ , calculada pelo método de Davisson e Robinson [4]. Esta hipótese é válida, pois as estacas trabalham, geralmente, em grupos solidarizados por um bloco de coroamento rígido, onde não é necessário levar em conta as excentricidades (de segunda ordem) na aplicação da carga. Mesmo quando a estaca é isolada, a NBR 6122:2010 [2] exige que o bloco seja travado (em duas direções ortogonais) caso a estaca apresente diâmetro (do círculo circunscrito) inferior a 30 cm. No caso de bloco com duas estacas, também se recomenda que o bloco seja travado por uma viga transversal ao plano que contém as estacas.

O Perfil Estrutural Gerdau que tem o menor raio de giração é o:

$$\text{W } 310 \times 21,0 \quad | \begin{array}{l} A_g = 27,2 \text{ cm}^2 \\ r_y = 1,90 \text{ cm} \\ I_y = 98 \text{ cm}^4 \end{array}$$

Para este Perfil, a carga admissível à compressão é calculada a seguir:



$$L_s = 1,85 \sqrt{\frac{E \cdot I}{\eta_h}} \quad (\text{Davisson e Robinson})$$

Para argila muito mole  $\eta_h = 0,055 \text{ kgf/cm}^3$

$$L_s = 148 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{k \cdot L_s}{r_y} = \frac{0,7 \times 148}{1,90} = 55 \quad (\text{esbeltez máxima})$$

Segundo a NBR 8800:2008 [1], a carga estrutural admissível do perfil à compressão será:

$$P = \frac{(\chi \cdot Q \cdot A_s \cdot f_y)}{\gamma_f \cdot \gamma_m}$$

Eobeltez local: Abas  $\frac{b_f}{2 \cdot t_f} = 8,86 < 0,56 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 13,48$

Alma  $\frac{d'}{t_w} = 53,25 > 1,49 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 35,87 \rightarrow Q = 0,865$

$$\text{Índice de esbeltez reduzido} \rightarrow \lambda_0 = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{Q \cdot f_y}{E}} = \frac{55}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{0,865 \times 3,5}{2039}} = 0,67 \rightarrow \chi = 0,83$$

Considerando ainda:

Coeficiente de ponderação da resistência  $\gamma_f = 1,1$

Coeficiente de ponderação médio das ações  $\gamma_m = 1,5$

(A) Portanto a carga estrutural admissível do perfil do perfil de maior esbeltez da série, o W310 x 21,0, trabalhando como estaca enterrada em solo de baixa resistência com ( $\lambda = 55 \rightarrow \chi = 0,8$ ), e sem redução de seção, será:

$$P = \frac{(0,83 \times 0,865 \times 27,2 \times 3,5)}{1,1 \times 1,5} = 41.\text{tf}$$

(B) A carga estrutural admissível à compressão do perfil W 310x21,0 calculada com a redução de seção de 1,0 mm em todo o perímetro, devido à corrosão preconizada pela NBR 6122:2010 [2] (para solos naturais) e sem flambagem ( $\lambda = 15 \rightarrow \chi = 0,98$ ), será:

$$P = \frac{(0,98 \times 0,865 \times 17,4 \times 3,5)}{1,1 \times 1,5} = 31.\text{tf}$$

Considerando que o valor calculado em (A), obtido com o perfil mais esbelto da série em solo de baixa resistência é cerca de 70% maior do que o valor calculado em (B), obtido com a redução de seção e sem considerar a flambagem, adotaremos para a tabela da carga estrutural admissível a expressão utilizada em (B) que deverá atender para perfis utilizados com estacas em solos normais.

#### 4.2 - Capacidade de Carga Estrutural

Segundo a NBR 6122:2010 [2], as estacas metálicas devem ser dimensionadas de acordo com a NBR 8800:2008 [1], considerando-se uma seção reduzida da estaca (descontando uma espessura de sacrifício em todo o perímetro em contato com o solo).

As estacas metálicas que estiverem total e permanentemente enterradas, independentemente da situação do lençol d'água, dispensam tratamento especial, desde que seja descontada a espessura indicada na Tabela 1.

Tabela 1: Espessura de compensação de corrosão

Classe	Espessura a reduzir (mm)
Solos em estado natural e aterros controlados	1,0
Argila orgânica; solos porosos não saturados	1,5
Aterros não controlados	2,0
Turfa	3,0
Solos contaminados (*)	3,2
(*) Casos de solos agressivos devem ser estudados especificamente	

Com base no acima exposto a carga admissível estrutural dos Perfis Estruturais Gerdau utilizados como estacas será determinada por:

$$P = \frac{(\chi \cdot Q \cdot A_s \cdot f_y)}{\gamma_f \cdot \gamma_m} \quad (1)$$

Com as seguintes considerações:

1) Como nas estacas enterradas, normalmente não ocorre flambagem, conforme se mostrou no item anterior, tomaremos o valor de  $\chi = 1,0$ .

2) Segundo a NBR 8800:2008 [1], as seções que atendem aos limites de esbeltez local mostrados abaixo para a mesa e para a alma são consideradas estáveis localmente e portanto são totalmente efetivas, sendo o seu dimensionamento comandado pela resistência global do elemento.

- Todos os perfis da Série H, atendem aos limites abaixo, ou seja  $Q = 1,0$ .
- Alguns perfis da Série I, tem alma que não atende aos limites abaixo e podem ter uma pequena redução na capacidade global do elemento, ou seja  $Q < 1,0$ .

$\text{Para a mesa } \lambda_f = \frac{b_f}{2 \cdot t_f} < 0,56 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 13,48$	$\text{Para a alma } \lambda_w = \frac{d'}{t_w} < 1,49 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 35,87 \quad d' = \text{altura plana da alma}$
---	---

3) Considerando que em muitos casos não se conhece a origem exata das cargas, adotaremos, para a determinação da carga estrutural admissível, com base na NBR 8681:2003 [3] um coeficiente de ponderação médio para as ações permanentes e variáveis consideradas agrupadas  $\rightarrow \gamma_m = 1,5$ .

4) Com base na NBR 8800:2008 [1] adotaremos o seguinte coeficiente de ponderação para as resistências  $\rightarrow \gamma_f = 1,1$ .

5) Usaremos para o cálculo a área reduzida ( $A'_s$ ) calculada descontando-se da área bruta ( $A_s$ ) a espessura a reduzir em todo o perímetro do perfil, conforme a Tabela 1.

Assim, a expressão final para o caso de estacas enterradas com Perfis Estruturais Gerdau, de acordo com as considerações acima será:

$$P = \frac{(Q \cdot A'_s \cdot f_y)}{1,1 \times 1,5} \quad \text{ou} \quad P = \frac{(Q \cdot A'_s \cdot f_y)}{1,65} \quad (2)$$

$\rightarrow$  Ver no Anexo 1 a tabela com a carga admissível estrutural para toda a série de Perfis Estruturais Gerdau, calculada com base na expressão (2) e levando-se em conta as espessuras a reduzir de 1,0 mm, 1,5 mm e 2,0 mm, conforme a Tabela 1.

A carga admissível a adotar para a estaca deverá atender também a carga admissível geotécnica, obtida após a análise dos parâmetros geotécnicos onde a estaca será cravada. Esta carga admissível geotécnica será obtida utilizando-se um dos métodos (teóricos ou semi-empíricos) de capacidade de carga consagrado em Mecânica dos Solos e que atenda ao preconizado na NBR 6122:2010 [2]. Neste catálogo técnico propõe-se o método de Alonso [5].

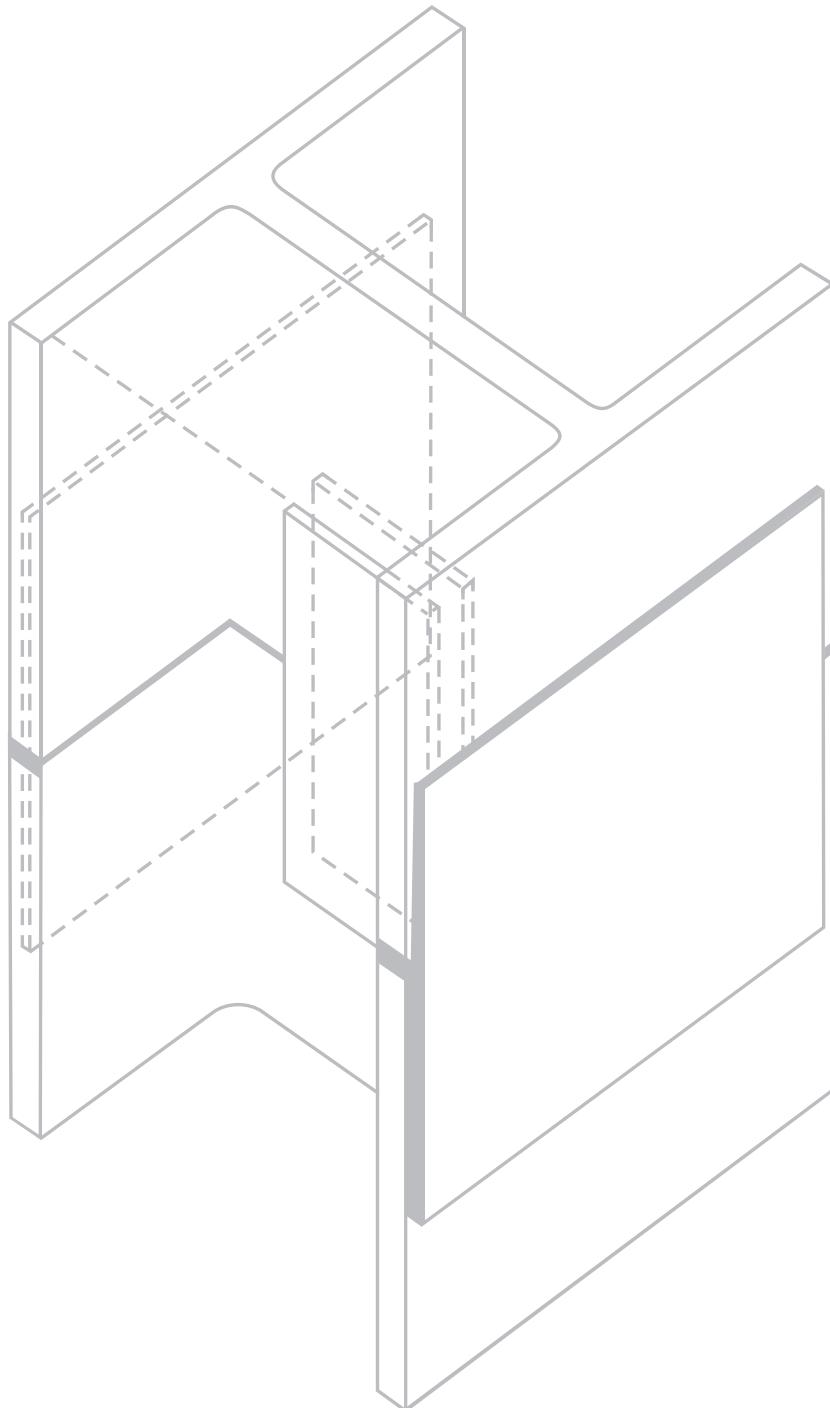
---

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8800: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.
- [3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8681: Ações e segurança nas estruturas. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.
- [4] DAVISSON, M. T.;ROBINSON, K. E., “Bending and buckling of partially embedded piles”. Proceedings of 6th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Montreal, 1965. v. 2, p. 243-246.
- [5] ALONSO, U.R., “Previsão da Capacidade de Carga Geotécnica de Estacas Metálicas com Ponta em Solo Pouco Competente”. Seminário de Engenharia de Fundações e Geotecnia - SEFE VI, São Paulo, 2008, v.1, p. 487 a 494.

# 5

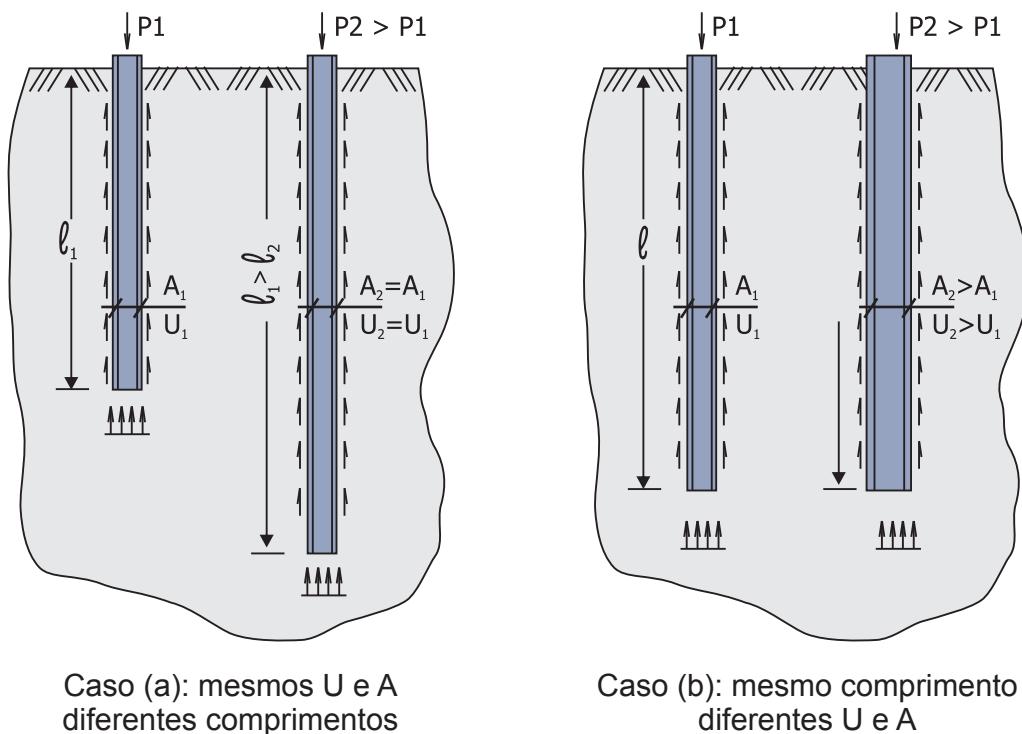
## CAPACIDADE DE CARGA GEOTÉCNICA





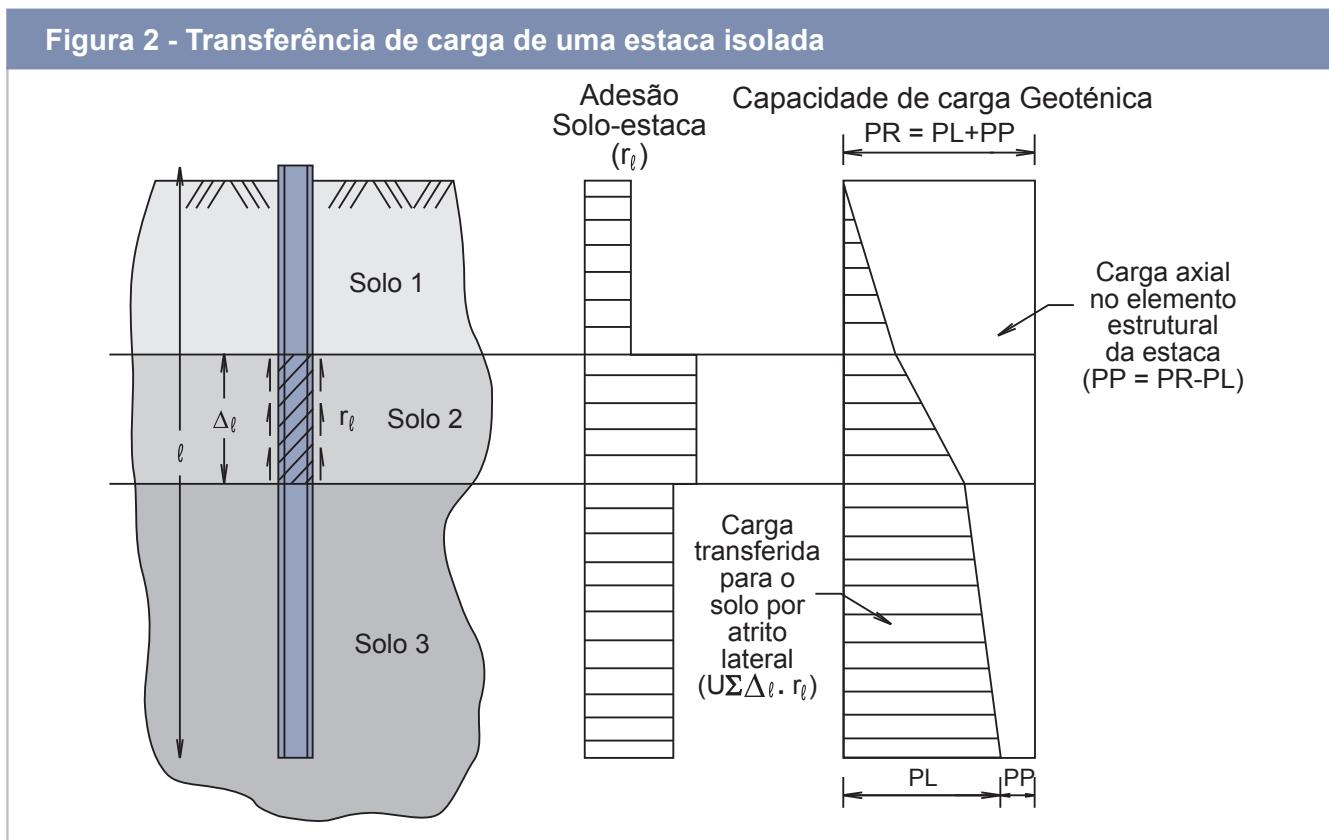
A carga admissível estrutural, também denominada carga característica, apresentada no Anexo I, é a máxima carga que a estaca poderá resistir, visto que corresponde à resistência estrutural do aço que a compõe. Entretanto, há necessidade de se adotar uma estaca de um comprimento tal que permita que essa carga possa ser atingida sob o ponto de vista do contato estaca-solo. Esse procedimento constitui o que se denomina “previsão da capacidade de carga”. A figura 1 mostra duas situações de estacas do mesmo tipo, instaladas num mesmo solo. O caso (a) corresponde a estacas com mesmo perímetro U e mesma área de ponta A, porém com comprimentos diferentes, de tal sorte que a estaca com maior comprimento apresentará maior capacidade de carga. Analogamente, o caso (b) apresenta duas estacas com o mesmo comprimento, mas com perímetro U e área de ponta A diferentes. Neste caso a estaca de maior perímetro e área apresentará maior capacidade de carga. Portanto, o projeto de um estaqueamento consiste em otimizar perímetros e áreas de ponta em função das características de resistência do solo e das limitações dos equipamentos de cravação. É evidente que, nessa otimização, e sempre que for possível, devem-se utilizar estacas e equipamentos que permitam instalá-las em um comprimento tal que a carga admissível estrutural possa ser atingida, pois essa é a máxima carga que a estaca pode suportar. Mas, nem sempre isso é possível, e, via de regra, a carga admissível da estaca será inferior àquela mostrada no Anexo I. É por essa razão que não existem cargas admissíveis de estacas metálicas (ou de outro tipo) tabeladas.

**Figura 1 - Capacidade de carga de estacas do mesmo tipo em um mesmo solo**



No Brasil, a estimativa da capacidade de carga geotécnica é feita pelos métodos semi-empíricos, cuja origem se deu em 1975, quando foi apresentado o primeiro método brasileiro, proposto por Aoki e Velloso. A partir daí, outros autores, seguindo a mesma linha de raciocínio, apresentaram outros métodos, existindo hoje uma experiência bastante razoável dos profissionais que militam na área de fundações.

Todos os métodos semi-empíricos partem do conceito apresentado na figura 2, em que a carga de ruptura geotécnica PR do solo, que dá suporte a uma estaca isolada, é admitida igual à soma de duas parcelas:



$PR = PL + PP$  → carga na ruptura do solo que dá suporte à estaca, sendo:

$PL = U \cdot \sum \Delta l \cdot r_l$  → parcela de carga por atrito lateral ao longo do fuste da estaca

$PP = A_p \cdot r_p$  → parcela de carga devido à ponta da estaca

$U$  → perímetro desenvolvido da seção transversal da estaca

$\Delta l$  → trecho de solo onde se admite  $r_l$  constante

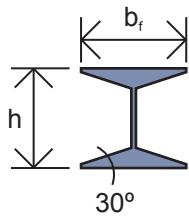
$A_p$  → área da ponta da estaca que contribui para a capacidade de carga. (seu valor máximo será de  $b_f \cdot d$ )

A diferença entre os diversos métodos de capacidade de carga está na avaliação dos valores de  $r_l$  e  $r_p$ , já que as demais grandezas envolvidas são geométricas.

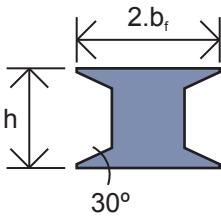
Propõe-se para a estimativa da carga admissível geotécnica o método apresentado por Alonso em 2008 no SEFE VI (vol 1 pág. 487 a 494).

Segundo este autor a área da ponta da estaca, quando a mesma estiver em solo pouco competente, deve ser considerada como se mostra na Figura 3.

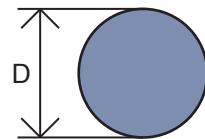
**Figura 3 - Área da ponta da estaca metálica que contribui com a capacidade de carga geotécnica, em solo pouco competente.**



$$A_p = 0,3 b_f^2$$



$$A_p = b_f \cdot h + 0,3 b_f^2$$



$$A_p = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \text{ para } (D \leq 60\text{cm, proposição})$$

Para a adesão lateral  $r_i$ , Alonso propõe:

$$r_i = 0,28 N_{SPT} < 20 \text{ tf/m}^2$$

Nota: No caso das argilas da Baixada Santista adotar os valores propostos por Massad (1999 – SOLOS e ROCHAS, vol. 22, nº 1, abril).

$$r_i = 3 \text{ tf/m}^2 \text{ para as argilas SFL}$$

$$r_i = 6 \text{ tf/m}^2 \text{ para as argilas AT}$$

Para a resistência unitária de ponta  $r_p$ , Alonso propõe:

$$r_p = K \cdot N_{SPT} \text{ sendo:}$$

$$K = 40 \text{ tf/m}^2 \text{ para as areias}$$

$$K = 30 \text{ tf/m}^2 \text{ para as areias siltosas e argilosas}$$

$$K = 25 \text{ tf/m}^2 \text{ para os siltes}$$

$$K = 15 \text{ tf/m}^2 \text{ para as argilas}$$

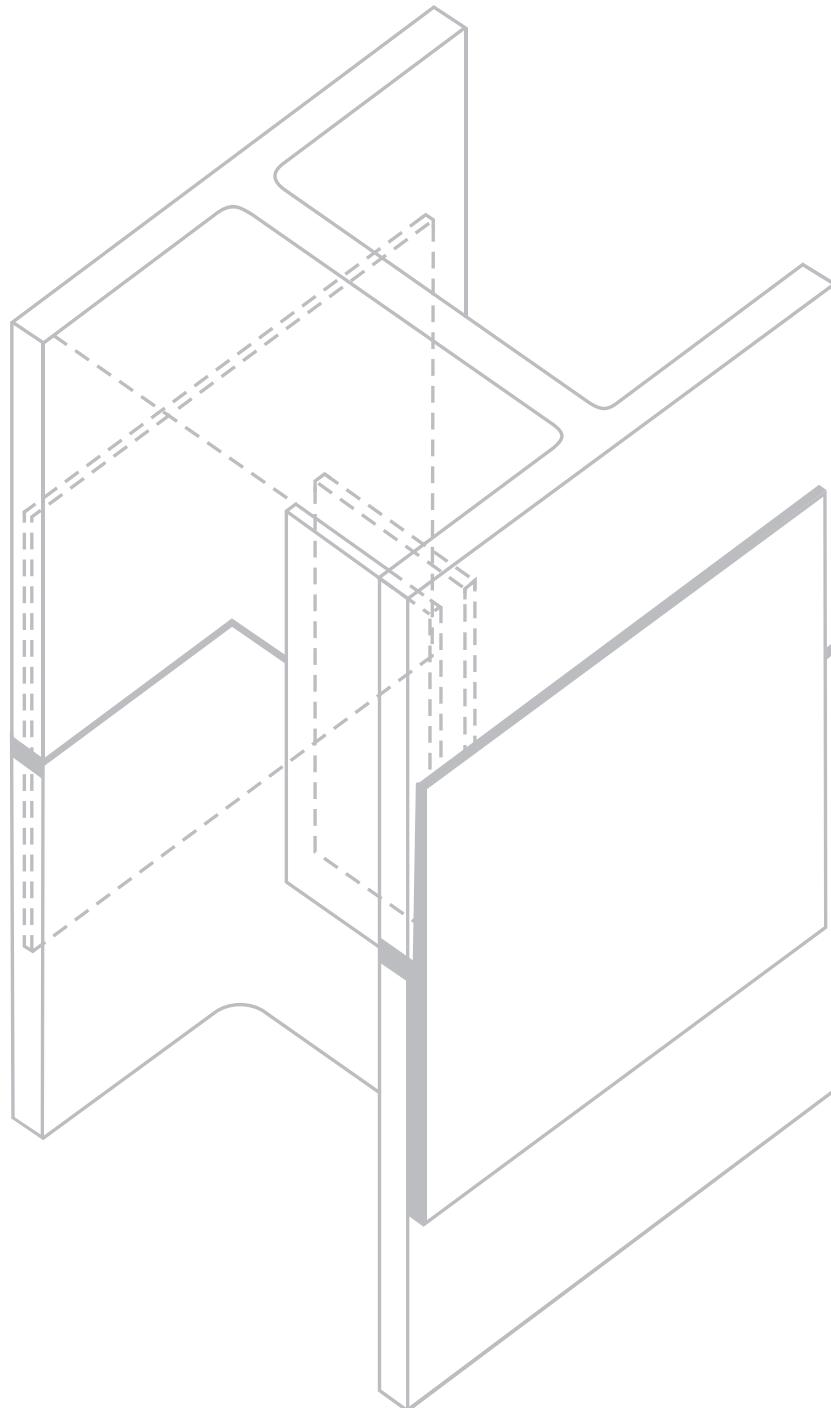
A NBR 6122:2010 da ABNT exige, em seu item 6.2.1.2.1, fator de segurança  $FS = 2$  quando da realização de provas de carga executadas na fase de elaboração ou adequação do projeto. Como essas provas de carga são geralmente feitas antes que ocorra a corrosão, a área da seção transversal da estaca é a área total ( $A_{total}$ ). Por essa razão quando se usa a área total no lugar da área útil ( $A_{util}$ ), pode-se adotar  $FS = 2$ .



# CONCEITO DE “ESTACAS METÁLICAS DE SEÇÃO TRANSVERSAL DECRESCENTE COM A PROFUNDIDADE”

---

6





## ESTACAS METÁLICAS DE SEÇÃO TRANSVERSAL DECRESCENTE COM A PROFUNDIDADE

---

Até 2006, as estacas metálicas só eram projetadas utilizando-se perfis de seção constante. Entretanto, conforme pode ser observado na figura 2, a carga axial que deverá ser resistida por uma estaca metálica decresce com a profundidade, desde o valor máximo (PR), no topo, até o valor mínimo na ponta (PP). Como estes valores de carga são decorrentes dos valores de “ruptura” do solo, a carga (admissível ou característica) a ser resistida pela estaca equivale à metade deste valor, ou seja,  $P = PR/2$  no topo. Assim, pode-se concluir que a seção transversal de uma estaca metálica não necessita ser constante ao longo de todo o seu comprimento, já que a carga que nela irá atuar decresce com a profundidade. Ou seja, a seção de uma estaca poderá variar (decrescer) com a profundidade, desde que atenda à carga axial (com os respectivos coeficientes de ponderação) mostrada na figura 2.

Este é um conceito novo, desenvolvido em 2005 por Alonso, e introduzido em nosso mercado no ano de 2006, e denominado “estacas metálicas de seção transversal decrescente com a profundidade”, que tem como vantagem principal a redução do peso das estacas metálicas. Isto é, com a variação decrescente da seção transversal das estacas, podem-se obter idênticas capacidades de carga com uma economia substancial no peso das mesmas.

O conceito é muito simples e se baseia na utilização de perfis de um mesmo grupo para compor as estacas de seção transversal decrescente. Entendam-se como perfis de um mesmo grupo aqueles cujas bitolas são de mesma altura nominal, com variações na espessura de alma e abas (variação de massa, porém sem variação significativa no perímetro). Sendo do mesmo grupo, as emendas dos perfis de diferentes dimensões serão executadas com facilidade, idênticas às de estacas com perfis de mesma seção.

Os Perfis Estruturais Gerdau, disponíveis em ampla variedade de bitolas para um mesmo grupo, oferecem extraordinária flexibilidade para o uso deste novo conceito de estaca. Usando como exemplo as bitolas do grupo com 310 mm (4 bitolas do tipo HP), o perímetro varia entre a de menor e a de maior peso de 0,5% a 2%, enquanto as reduções de massa vão de 13% a 58%. Dependendo, obviamente, do projeto, da condição da obra e da combinação dos diferentes perfis que compõem as estacas, pode-se economizar, genericamente, para estacas “longas”, entre 15% a 25% no peso total das estacas metálicas de uma obra, utilizando seção transversal decrescente.

Recomenda-se analisar a aplicação deste novo conceito em toda e qualquer obra que requeira o uso de fundações profundas, com estacas compostas, no mínimo, por duas seções de perfis. Como para qualquer outra solução, o tipo de solo precisa ser considerado, mas, nos estudos já realizados, a aplicação de estacas metálicas de seção transversal decrescente tem se mostrado altamente eficiente, principalmente para solos naturais de diferentes tipos.

No Brasil, inúmeras fundações já foram realizadas utilizando este novo conceito e para comprovar a eficiência desta solução, provas de cargas estáticas têm sido regularmente realizadas. O resumo dos resultados pode ser observado no Capítulo 11.

Para se entender esse novo conceito são apresentados os resultados de uma obra na cidade de Santos (SP) cuja capacidade de carga geotécnica foi obtida com base no método de Alonso (2008) que deu origem à tabela 2 da qual resultou a figura 4. Conforme se verifica a carga axial de compressão a ser resistida pela estaca decresce com a profundidade de um valor máximo (PR) no topo até um valor mínimo (PP), na ponta.

Tabela 2: Transferência de Carga utilizando o método Alonso (2008)

GRUPO 310	Perímetro = 180 cm			Área = 280 cm <sup>2</sup>		PR (tf)
	Prof. contada da guia (m)	Δ / (m)	SPT -	Tipo de Solo	PL (tf)	
1	1,00	12	120	6	12	18
2	1,00	13	120	14	13	26
3	1,00	11	120	19	11	30
4	1,00	16	120	28	16	44
5	1,00	18	120	38	18	55
6	1,00	26	120	52	25	77
7	1,00	20	120	63	20	82
8	1,00	17	120	72	17	88
9	1,00	6	120	75	6	81
10	1,00	3	120	77	3	80
11	1,00	1	600	82	0	82
12	1,00	1	600	87	0	88
13	1,00	1	600	93	0	93
14	1,00	1	600	98	0	99
15	1,00	1	600	104	0	104
16	1,00	1	600	109	0	109
17	1,00	2	600	114	1	115
18	1,00	2	600	120	1	120
19	1,00	1	600	125	0	126
20	1,00	1	600	131	0	131
21	1,00	7	600	136	2	138
22	1,00	6	123	139	6	145
23	1,00	8	123	144	8	151
24	1,00	5	123	146	5	151
25	1,00	4	600	152	1	153
26	1,00	4	600	157	1	158
27	1,00	6	123	160	6	166
28	1,00	5	123	163	5	168
29	1,00	11	123	169	11	180
30	1,00	10	123	174	10	184
31	1,00	10	123	180	10	190
32	1,00	5	123	183	5	187
33	1,00	6	700	193	2	195
34	1,00	4	700	204	1	205
35	1,00	5	700	215	1	216
36	1,00	4	700	226	1	227
37	1,00	6	700	237	2	238
38	1,00	5	700	247	1	249
39	1,00	4	700	258	1	259
40	1,00	5	700	269	1	270
41	1,00	9	700	280	3	282
42	1,00	10	700	291	3	293
43	1,00	24	120	303	24	327
44	1,00	31	120	320	30	351
45	1,00	23	120	333	23	355
46	1,00	33	120	350	32	383
47	1,00	26	120	365	25	390
48	1,00	33	120	382	32	415
49	1,00	16	120	391	16	407
50	1,00	15	120	399	15	414
51	1,00	15	120	407	15	422
51	1,00	16	120	416	16	431
53	1,00	26	120	430	25	455
54	1,00	23	120	442	23	465
55	1,00	23	120	455	23	477
56	1,00	23	120	467	23	490
57	1,00	22	120	479	22	501
58	1,00	24	120	492	24	515
59	1,00	27	120	507	26	533

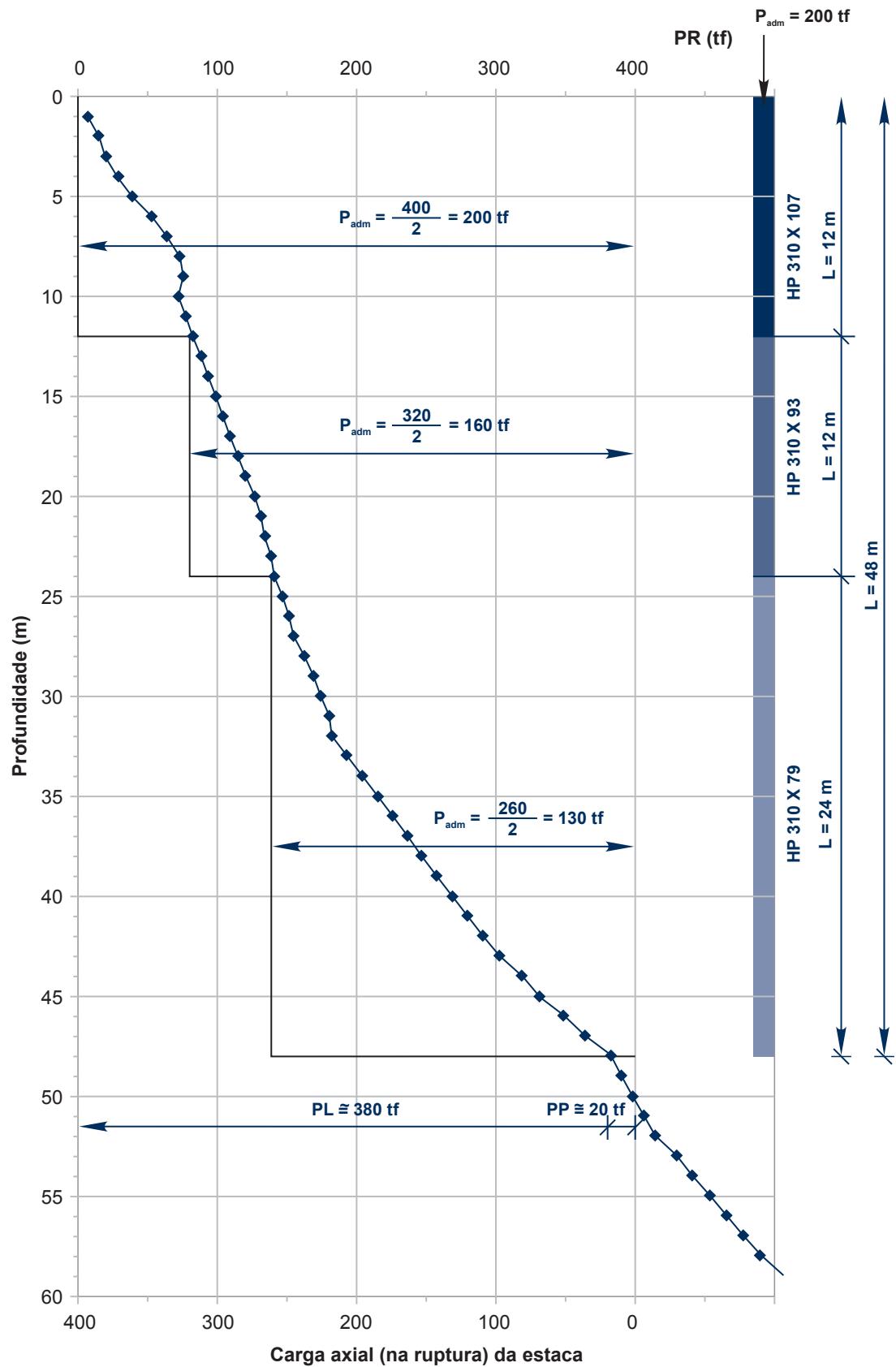
Convenção

1 = Areia  
2 = Silt  
3 = Argila

600 = SFL  
700 = AT

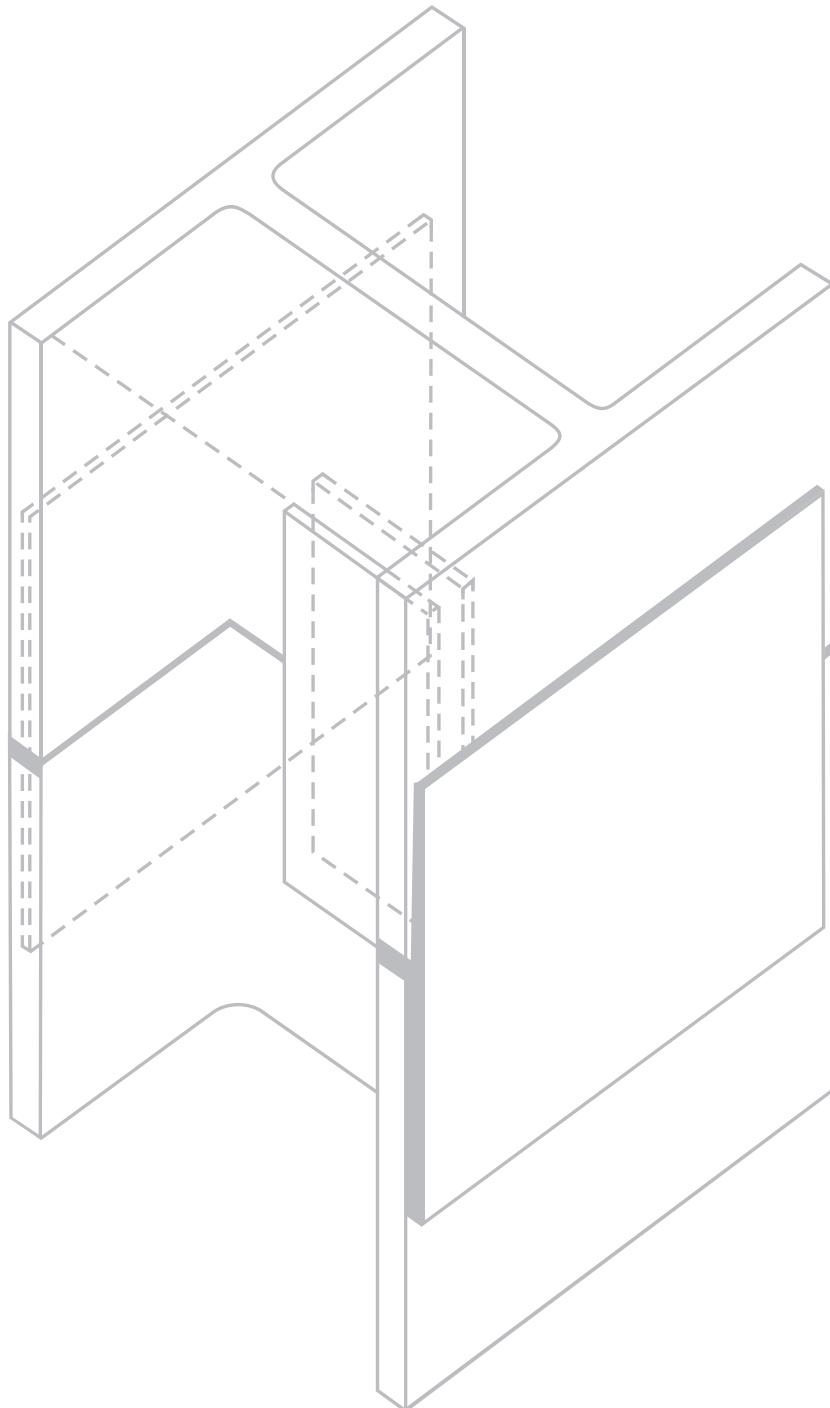
PR ≈ 400tf

**Figura 4: Exemplo da composição de estacas de seção decrescente com a profundidade**





## DETALHAMENTO DAS EMENDAS DAS ESTACAS





### Orientações para emendas de estacas com Perfis Estruturais Gerdau

Em solos que requerem fundações profundas, as estacas metálicas constituem uma solução alternativa aos demais tipos de estacas.

As estacas metálicas e as pré-fabricadas em concreto são normalmente compostas por seções que precisam ser emendadas para atingir as profundidades definidas no projeto.

O sistema de cravação deve estar sempre bem ajustado a fim de, durante a execução, garantir a integridade das estacas. O uso de acessórios como o capacete, com uma geometria adequada à seção do perfil da estaca e sem folgas, ajuda a não danificá-las. Se o topo do elemento inferior for danificado, este deve ser recomposto através do corte a maçarico para novamente criar um plano que garanta o apoio uniforme com o elemento seguinte e uma emenda de qualidade.

As emendas devem ser dimensionadas para resistir a todas as solicitações que possam ocorrer durante o manuseio, a cravação e a utilização da estaca. Embora as emendas possam ser feitas com soldas de topo de penetração total, em função de dificuldades na obra, recomenda-se empregar talas soldadas, seguindo-se a orientação geral contida no manual da Associação Brasileira de Empresas de Engenharia de Fundações e Geotecnica - ABEF.

As talas podem ser obtidas de chapas de aço com resistência equivalente a dos perfis, mas, por uma questão de praticidade, as emendas são tradicionalmente executadas utilizando-se um segmento do próprio perfil, recortado conforme mostrado na Figura 5, do qual se obtêm as talas de mesas e de alma que irão compor as emendas da estaca na obra.

A redução do tempo de execução das emendas é um fator importante para a produtividade do processo de cravação. Nesse sentido, é prática executar-se previamente as soldas na base da seção superior a ser cravada. Dessa forma as talas soldadas no segmento superior servem de guia para o seu posicionamento e alinhamento com o segmento inferior, reduzindo o tempo de paralisação da cravação apenas ao necessário para a soldagem das talas na seção já cravada.

O objetivo deste capítulo é estabelecer um padrão para as emendas das estacas com Perfis Estruturais Gerdau, comprimidas, baseado nas recomendações da NBR 6122:2010, nos procedimentos do Manual da ABEF e outros critérios mostrados na tabela 3, para que a resistência da emenda seja igual ou maior que a carga estrutural admissível do perfil, calculada com base na NBR 8800:2008.

No caso das estacas tracionadas o cálculo segue o mesmo roteiro desprezando-se a solda de penetração total no perímetro da alma e das mesas. Para estas emendas, o comprimento mínimo das talas deverá ser, no mínimo, 5 cm maior do que aquele apresentado na tabela 4.

Tabela 3: Critérios utilizados para o cálculo das emendas das estacas.

Limite de escoamento do aço do perfil e das talas ( $f_y$ )	34,5 kN/cm <sup>2</sup> (3,5 tf/cm <sup>2</sup> )	
Limite de resistência do eletrodo – E70XX ( $f_w$ )	48,3 kN/cm <sup>2</sup> (4,9 tf/cm <sup>2</sup> )	
Solda de penetração total no perímetro livre da alma (sem chanfro)	$e \leq t_w/2 \leq 5,0$ mm	
Solda de penetração total no perímetro livre das mesas (sem chanfro)	$e \leq t_f/2 \leq 10,0$ mm	
Filetes mínimos para as soldas das talas, sendo: $e$ – espessura da alma ( $t_w$ ) ou mesas ( $t_f$ ) s1 – Filete mínimo para as soldas das talas de alma $\leq t_w$ (ver tabela 4) s2 – Filete mínimo para as soldas das talas das mesas $\leq t_f$ (ver tabela 4)	$e \leq 6$ mm	3,0 mm
	$6 < e \leq 8$ mm	5,0 mm
	$8 < e \leq 12,5$ mm	6,0 mm
	$12,5 < e \leq 19$ mm	8,0 mm
	$e > 19$ mm	10,0 mm
Redução da espessura para as faces em contato com o solo (NBR 6122)	1,0 mm	
Deslocamento das talas das abas para permitir as soldas laterais	15,0 mm	
Comprimento mínimo para corte do perfil (base para as talas)	L (mm) - ver tabela 4	

Caso haja interesse, as considerações e verificações de cálculo poderão ser solicitadas à Equipe Técnica Gerdau.

Nota: Os parâmetros adotados levaram em consideração as condições normalmente encontradas no campo, e podem ser conservadores. A critério do projetista estas talas podem ser reduzidas em função de ensaios e outras variáveis de campo. Tentou-se neste trabalho, tão somente, obter uma padronização dos comprimentos das talas.

As figuras 5, 6 e 7 ilustram os detalhes geométricos descritos anteriormente.

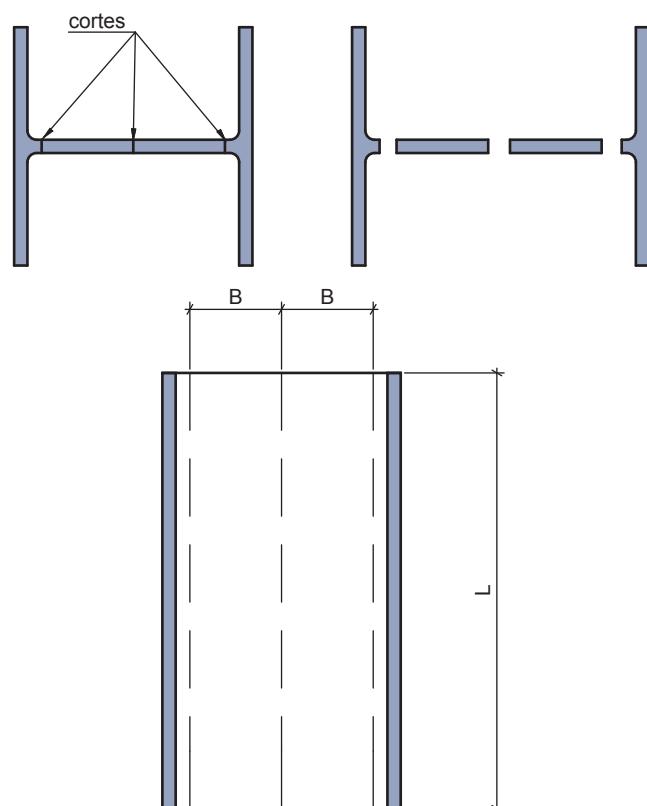


Figura 5 - Segmento do perfil que será recortado nas posições indicadas para obtenção das talas da emenda.

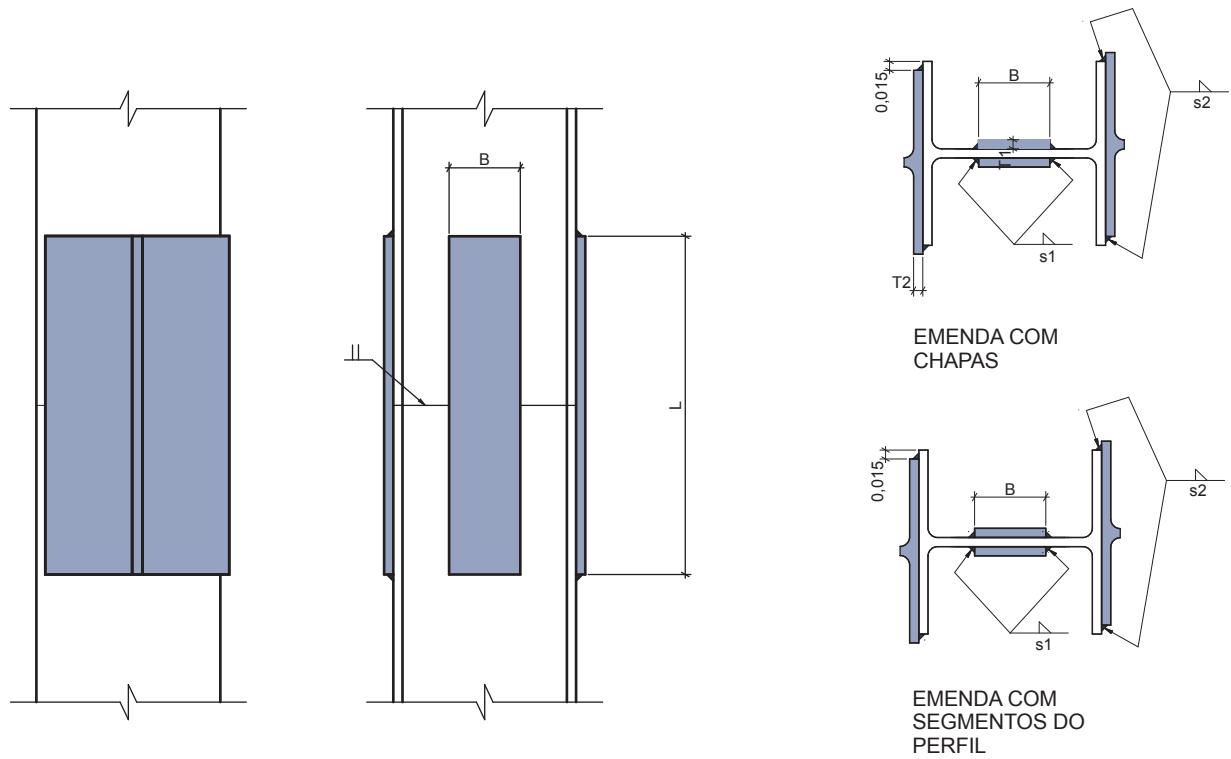


Figura 6 – Detalhe da emenda com o posicionamento das talas e soldas

Tabela 4: Emenda de Estacas Comprimidas

PERFIS H	Tabela 4 - EMENDAS ESTACAS				CARGA ADMISSÍVEL DO PERFIL (Q.A's.Fy)/1,65		CARGA ADMISSÍVEL DA EMENDA Topo + Talas (alma + mesas)		COMPRIMENTO DAS TALAS L mm	FILETES MÍNIMOS				
	BITOLA DESIGNAÇÃO mm x kg/m	d mm	b <sub>f</sub> mm	Espessura						Alma S1 mm	Mesas S2 mm			
				t <sub>w</sub> mm	t <sub>f</sub> mm	S1 mm				S2 mm				
W 150 x 22,5	152	152	5,8	6,6	421	43	706	72	200	3	5			
W 150 x 29,8	157	153	6,6	9,3	617	63	877	89	200	5	6			
W 150 x 37,1	162	154	8,1	11,6	811	83	994	101	200	6	6			
W 200 x 35,9	201	165	6,2	10,2	740	75	1000	102	200	5	6			
W 200 x 41,7	205	166	7,2	11,8	901	92	1081	110	200	5	6			
W 200 x 46,1	203	203	7,2	11,0	976	100	1205	123	200	5	6			
W 200 x 52,0	206	204	7,9	12,6	1150	117	1439	147	200	5	8			
HP 200 x 53,0	204	207	11,3	11,3	1175	120	1401	143	200	6	6			
W 200 x 59,0	210	205	9,1	14,2	1338	136	1559	159	200	6	8			
W 200 x 71,0	216	206	10,2	17,4	1649	168	1751	179	200	6	8			
W 200 x 86,0	222	209	13,0	20,6	2060	210	2074	211	200	8	10			
HP 250 x 62,0	246	256	10,5	10,7	1356	138	1761	180	300	6	6			
W 250 x 73,0	253	254	8,6	14,2	1628	166	2029	207	300	6	8			
W 250 x 80,0	256	255	9,4	15,6	1819	186	2147	219	300	6	8			
HP 250 x 85,0	254	260	14,4	14,4	1956	199	2323	237	300	8	8			
W 250 x 89,0	260	256	10,7	17,3	2068	211	2295	234	300	6	8			
W 250 x 101,0	264	257	11,9	19,6	2376	242	2670	272	300	6	10			
W 250 x 115,0	269	259	13,5	22,1	2735	279	2762	282	300	8	10			
HP 310 x 79,0	299	306	11,0	11,0	1699	173	2091	213	300	6	6			
HP 310 x 93,0	303	308	13,1	13,1	2118	216	2555	261	300	8	8			
W 310 x 97,0	308	305	9,9	15,4	2210	225	2512	256	300	6	8			
W 310 x 107,0	311	306	10,9	17,0	2477	253	2655	271	300	6	8			
HP310x110,0	308	310	15,4	15,5	2571	262	2754	281	300	8	8			
W 310 x 117,0	314	307	11,9	18,7	2758	281	2756	281	300	6	8			
HP310 x 125,0	312	312	17,4	17,4	2946	300	2862	292	300	8	8			
W 360 x 91,0	353	254	9,5	16,4	2074	211	2400	245	300	6	8			
W 360 x 101,0	357	255	10,5	18,3	2355	240	2517	257	300	6	8			
W 360 x 110,0	360	256	11,4	19,9	2586	264	2820	288	300	6	10			
W 360 x 122,0	363	257	13,0	21,7	2891	295	3002	306	300	8	10			

Nota: Quando a cravação das estacas for realizada com martelo vibratório ou quando as estacas trabalharem à tração deve-se aumentar o comprimento das talas, mostrado na tabela 4, em 10 cm.

PERFIS I	Tabela 4 - EMENDAS ESTACAS				CARGA ADMISSÍVEL DO PERFIL (Q.A's.fy) /1.65		CARGA ADMISSÍVEL DA EMENDA Topo + Talas (alma + mesas)		COMPRIMENTO DAS TALAS L mm	FILETES MÍNIMOS		
	BITOLA DESIGNAÇÃO mm x kg/m	d mm	b <sub>f</sub> mm	Espessura t <sub>w</sub> mm						Alma S1 mm	Mesas S2 mm	
<b>W 150 x 13,0</b>	148	100	4,3	4,9	207	21	375	38	<b>200</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	
<b>W 150 x 18,0</b>	153	102	5,8	7,1	346	35	565	58	<b>200</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	
<b>W 150 x 24,0</b>	160	102	6,6	10,3	512	52	717	73	<b>200</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	
<b>W 200 x 15,0</b>	200	100	4,3	5,2	237	24	449	46	<b>200</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	
<b>W 200 x 19,3</b>	203	102	5,8	6,5	361	37	612	62	<b>200</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	
<b>W 200 x 22,5</b>	206	102	6,2	8,0	440	45	720	73	<b>200</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	
<b>W 200 x 26,6</b>	207	133	5,8	8,4	524	53	848	87	<b>200</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	
<b>W 200 x 31,3</b>	210	134	6,4	10,2	650	66	922	94	<b>200</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	
<b>W 250 x 17,9</b>	251	101	4,8	5,3	276	28	552	56	<b>300</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	
<b>W 250 x 22,3</b>	254	102	5,8	6,9	410	42	716	73	<b>300</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	
<b>W 250 x 25,3</b>	257	102	6,1	8,4	494	50	824	84	<b>300</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	
<b>W 250 x 28,4</b>	260	102	6,4	10,0	578	59	938	96	<b>300</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	
<b>W 250 x 32,7</b>	258	146	6,1	9,1	654	67	1097	112	<b>300</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	
<b>W 250 x 38,5</b>	262	147	6,6	11,2	811	83	1215	124	<b>300</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	
<b>W 250 x 44,8</b>	266	148	7,6	13,0	976	99	1507	154	<b>300</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	
<b>W 310 x 21,0</b>	303	101	5,1	5,7	315	32	667	68	<b>300</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	
<b>W 310 x 23,8</b>	305	101	5,6	6,7	391	40	767	78	<b>300</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	
<b>W 310 x 28,3</b>	309	102	6,0	8,9	514	52	932	95	<b>300</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	
<b>W 310 x 32,7</b>	313	102	6,6	10,8	643	66	1093	111	<b>300</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	
<b>W 310 x 38,7</b>	310	165	5,8	9,7	733	75	1257	128	<b>300</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	
<b>W 310 x 44,5</b>	313	166	6,6	11,2	905	92	1378	140	<b>300</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	
<b>W 310 x 52,0</b>	317	167	7,6	13,2	1136	116	1705	174	<b>300</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	
<b>W 360 x 32,9</b>	349	127	5,8	8,5	564	57	1033	105	<b>300</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	
<b>W 360 x 39,0</b>	353	128	6,5	10,7	740	75	1282	131	<b>300</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	
<b>W 360 x 44,6</b>	352	171	6,9	9,8	870	89	1444	147	<b>300</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	
<b>W 360 x 51,0</b>	355	171	7,2	11,6	1025	104	1523	155	<b>300</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	
<b>W 360 x 58,0</b>	358	172	7,9	13,1	1204	123	1822	186	<b>300</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	
<b>W 360 x 64,0</b>	347	203	7,7	13,5	1388	142	1886	192	<b>300</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	
<b>W 360 x 72,0</b>	350	204	8,6	15,1	1602	163	2024	206	<b>300</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	
<b>W 360 x 79,0</b>	354	205	9,4	16,8	1806	184	2158	220	<b>300</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	
<b>W 410 x 38,8</b>	399	140	6,4	8,8	671	68	1301	133	<b>300</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	
<b>W 410 x 46,1</b>	403	140	7,0	11,2	864	88	1480	151	<b>300</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	
<b>W 410 x 53,0</b>	403	177	7,5	10,9	1035	106	1657	169	<b>300</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	
<b>W 410 x 60,0</b>	407	178	7,7	12,8	1198	122	1913	195	<b>300</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	
<b>W 410 x 67,0</b>	410	179	8,8	14,4	1443	147	2101	214	<b>300</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	
<b>W 410 x 75,0</b>	413	180	9,7	16,0	1674	171	2185	223	<b>300</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	
<b>W 410 x 85,0</b>	417	181	10,9	18,2	1954	199	2264	231	<b>300</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	
<b>W 460 x 52,0</b>	450	152	7,6	10,8	953	97	1632	166	<b>300</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	
<b>W 460 x 60,0</b>	455	153	8,0	13,3	1156	118	1976	201	<b>300</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	
<b>W 460 x 68,0</b>	459	154	9,1	15,4	1423	145	2094	214	<b>300</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	
<b>W 460 x 74,0</b>	457	190	9,0	14,5	1542	157	2235	228	<b>300</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	
<b>W 460 x 82,0</b>	460	191	9,9	16,0	1780	181	2324	237	<b>300</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	
<b>W 460 x 89,0</b>	463	192	10,5	17,7	2000	204	2386	243	<b>300</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	
<b>W 460 x 97,0</b>	466	193	11,4	19,0	2232	228	2625	268	<b>300</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	
<b>W 460 x 106,0</b>	469	194	12,6	20,6	2475	252	2862	292	<b>300</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	
<b>W 530 x 66,0</b>	525	165	8,9	11,4	1205	123	1961	200	<b>300</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	
<b>W 530 x 72,0</b>	524	207	9,0	10,9	1340	137	2098	214	<b>300</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	
<b>W 530 x 74,0</b>	529	166	9,7	13,6	1463	149	2245	229	<b>300</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	
<b>W 530 x 82,0</b>	528	209	9,5	13,3	1618	165	2416	246	<b>300</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	
<b>W 530 x 85,0</b>	535	166	10,3	16,5	1743	178	2339	238	<b>300</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	
<b>W 530 x 92,0</b>	533	209	10,2	15,6	1911	195	2524	257	<b>300</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	
<b>W 530 x 101,0</b>	537	210	10,9	17,4	2208	225	2551	260	<b>300</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	
<b>W 530 x 109,0</b>	539	211	11,6	18,8	2442	249	2601	265	<b>300</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	
<b>W 610 x 101,0</b>	603	228	10,5	14,9	2047	209	2667	272	<b>300</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	
<b>W 610 x 113,0</b>	608	228	11,2	17,3	2380	243	2758	281	<b>300</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	
<b>W 610 x 125,0</b>	612	229	11,9	19,6	2717	277	3057	312	<b>300</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	
<b>W 610 x 140,0</b>	617	230	13,1	22,2	3177	324	3304	337	<b>300</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	
<b>W 610 x 155,0</b>	611	324	12,7	19,0	3471	354	3831	391	<b>300</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	
<b>W 610 x 174,0</b>	616	325	14,0	21,6	4061	414	3890	397	<b>300</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	

Para informações sobre solução alternativa de emendas de estacas em chapas ASTM A572 Gr 50, consultar a equipe técnica da Gerdau.

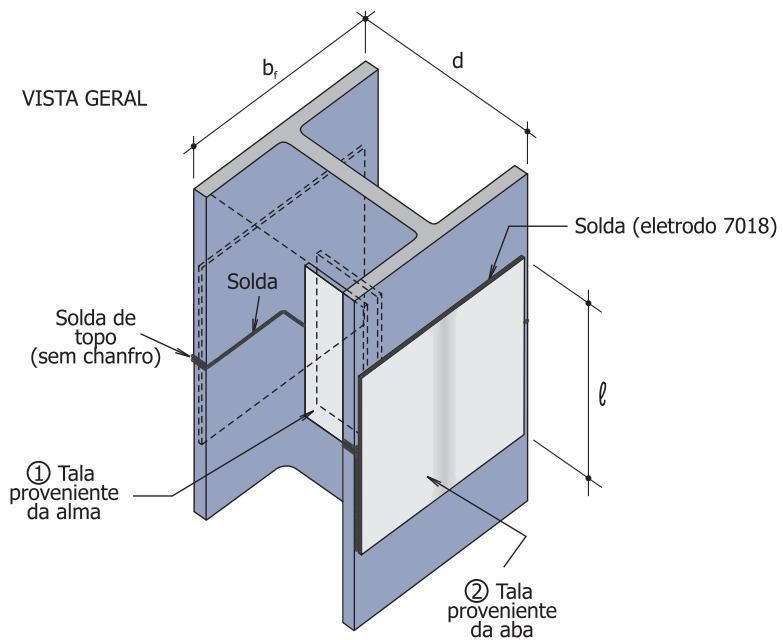
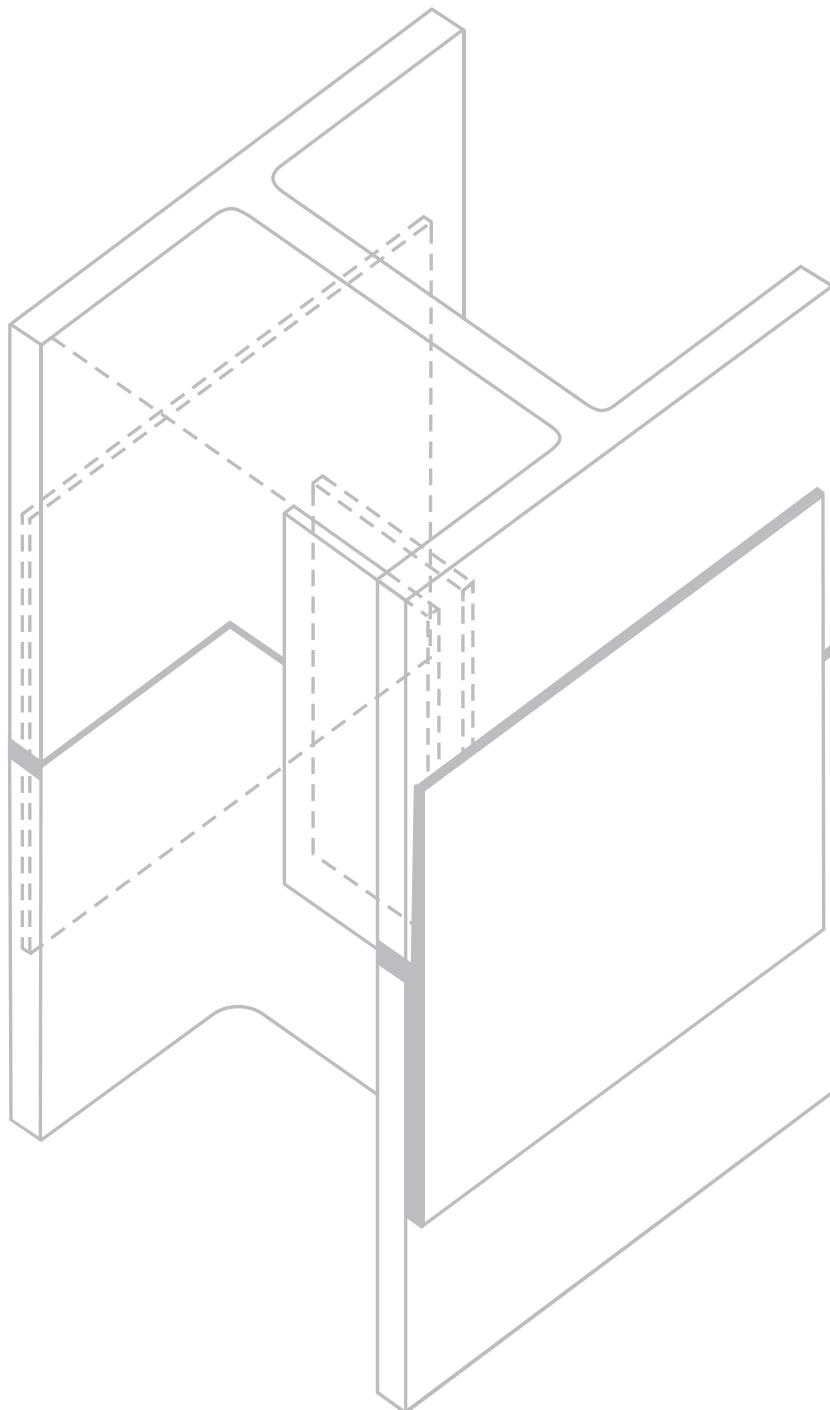


Figura 7 – Detalhe típico da emenda com talas e soldas

As considerações e verificações de cálculo poderão ser solicitadas à Equipe Técnica Gerdau.



## LIGAÇÃO DOS PERFIS AO BLOCO DE COROAMENTO



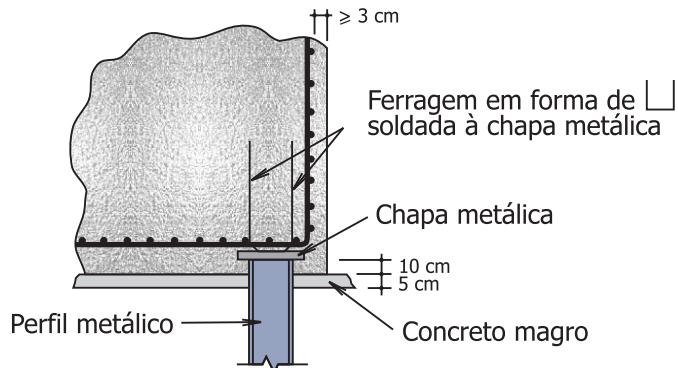


A ligação da estaca metálica ao bloco de coroamento deve ser feita de modo que as cargas resistidas pelo bloco sejam transmitidas adequadamente e com garantia de continuidade às estacas.

### 1º Caso - Estacas Comprimidas

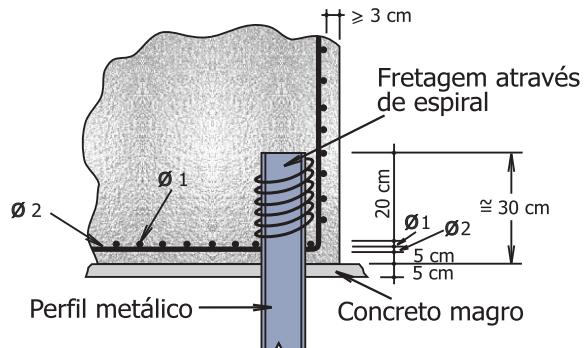
O detalhe, muito difundido entre os calculistas de concreto armado, mostrado na figura 8, que consiste em soldar uma chapa no topo da estaca não deve ser adotado, pois, o mesmo, tem como principal inconveniente o fato do corte do perfil metálico, na cota de arrasamento (após a cravação) onde será soldada a chapa, ser feito com maçarico e em posição muito desfavorável para o operador, trabalhando dentro da cava para a confecção do bloco e, na maioria das vezes próximo do nível da água. Nestas condições adversas de corte, resultará uma superfície sem garantia de perpendicularidade ao eixo da estaca, além de se apresentar irregular e, via-de-regra, não plana. Por esta razão o contato da chapa com a área plena do perfil metálico fica prejudicado. Para agravar a situação, normalmente a chapa é maior que a projeção da seção transversal do perfil, exigindo que a solda desta ao perfil seja realizada por baixo da mesma, e, portanto, sem qualquer controle da qualidade dessa solda.

**Figura 8 - Solução desaconselhada para a ligação da estaca metálica ao bloco de coroamento**



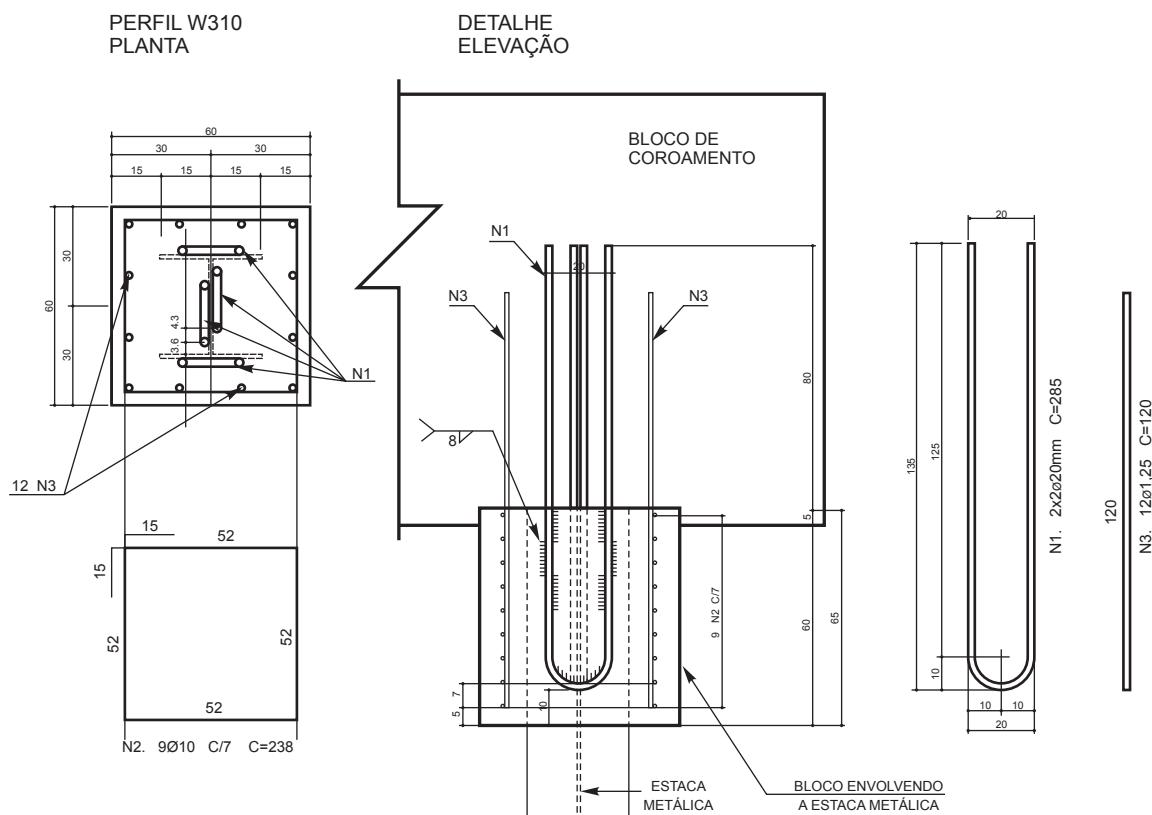
Até a revisão da NBR 6122:2010 a ligação da estaca metálica com o bloco podia ser feita embutindo-se a estaca 20 a 30 cm no bloco, conforme Figura 9, complementada por uma fretagem através de espiral posicionada por cima da armadura de flexão do bloco. Esta proposição estava consolidada pela experiência adquirida com a utilização de perfis empregados até aquela época que eram fabricados pela Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) ou também para os trilhos (geralmente usados após desgaste nas ferrovias) e no fato de que a armadura do bloco era distribuída uniformemente ao longo de sua dimensão em planta.

**Figura 9 - Solução de ligação estaca-bloco antes da NBR 6112:2010**



Com o advento dos perfis metálicos confeccionados com aço de alta resistência (portanto maiores cargas por estaca) e em função da nova redação da NBR 6118:2010 que impõe que mais de 85% da ferragem calculada pelas bielas se situe na região das estacas, este tipo de ligação do perfil com o bloco é praticamente impossível. Por esta razão, hoje em dia utiliza-se o detalhe apresentado na Figura 10 (e uma vista na fotografia 5) em que se envolve a estaca, abaixo da cota de arrasamento (“pescoço”) com concreto armado e fretado para garantir a transferência da carga, por aderência, do bloco á estaca. Para melhorar essa transferência de carga do bloco para a estaca metálica a armadura, nessa região do “pescoço”, deve ser soldada na estaca.

**Figura 10: Proposição da ligação da estaca metálica ao bloco (perfis do grupo 310)**



**Fotografia 5: Vista da ligação estaca metálica – bloco conforme detalhe da Figura 10**



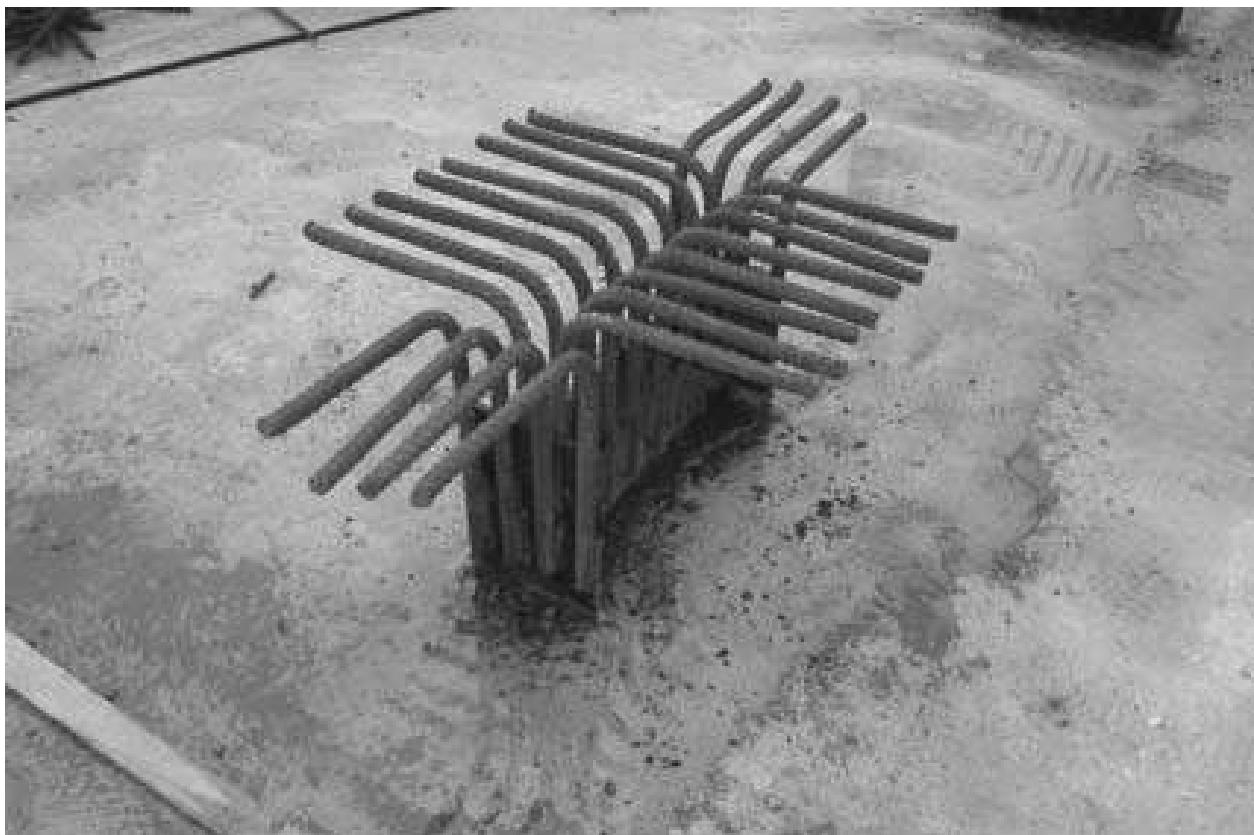
O detalhe apresentado na Figura 10 e na fotografia 5 pode ser utilizado como referência para outros grupos de perfis. Normalmente concreta-se inicialmente o “pescoço” antes do bloco de coroamento, retira-se a forma do pescoço, aterra-se com compactação o solo à sua volta e finalmente executa-se o bloco de coroamento.

## 2º Caso - Estacas Tracionadas

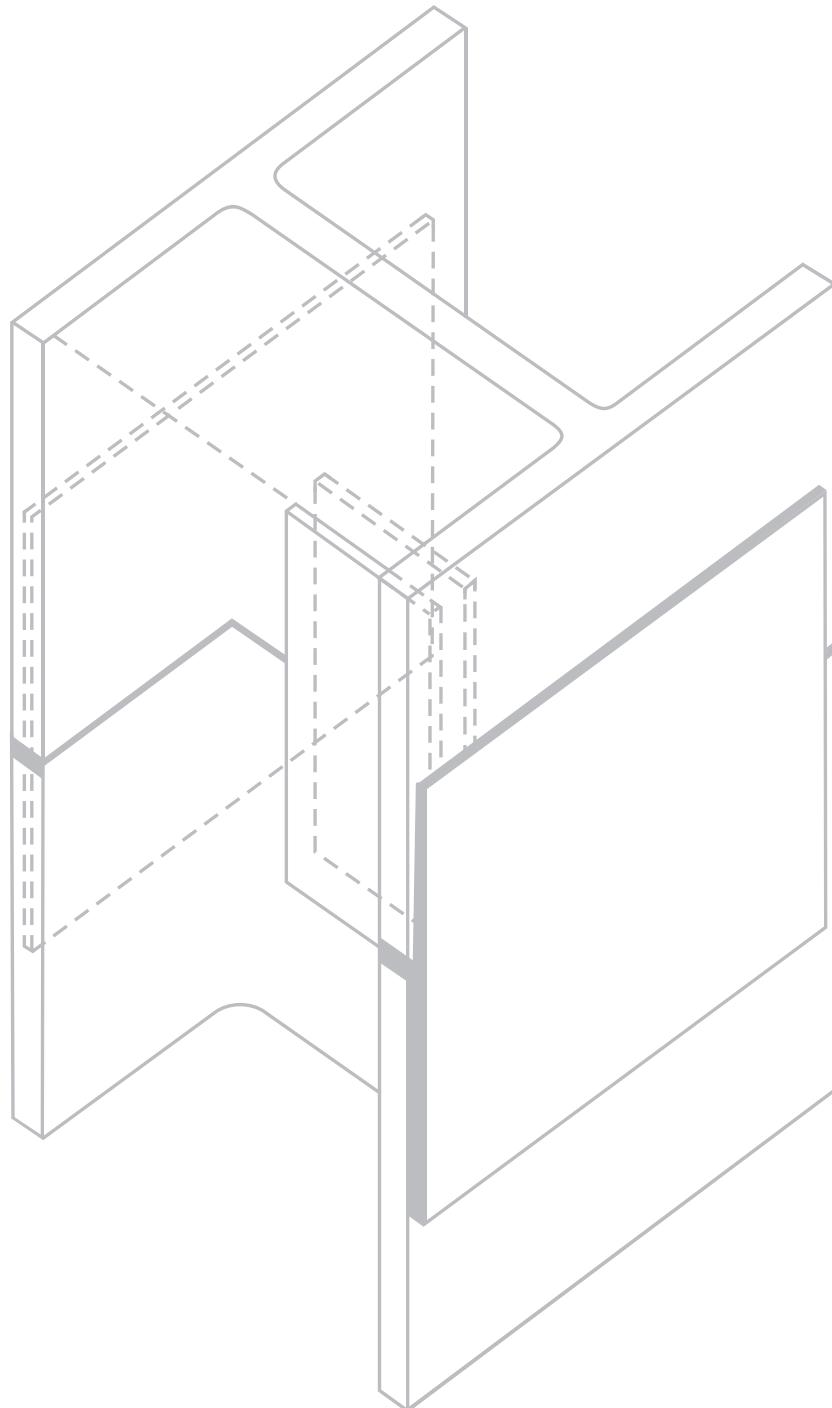
No caso de estacas trabalharem à tração, a ligação com o bloco é feita através de armadura convenientemente calculada, soldada ao perfil, analogamente ao mostrado na figura 10 e que deverá penetrar no bloco o comprimento necessário para transmitir-lhe a carga de tração, por aderência. Um detalhe típico dessa ligação é apresentada na fotografia 6.

---

**Fotografia 6: Detalhe de armadura para transferir carga de tração da estaca para o bloco**



# USO DE MARTELOS VIBRATÓRIOS NA CRAVAÇÃO DAS ESTACAS

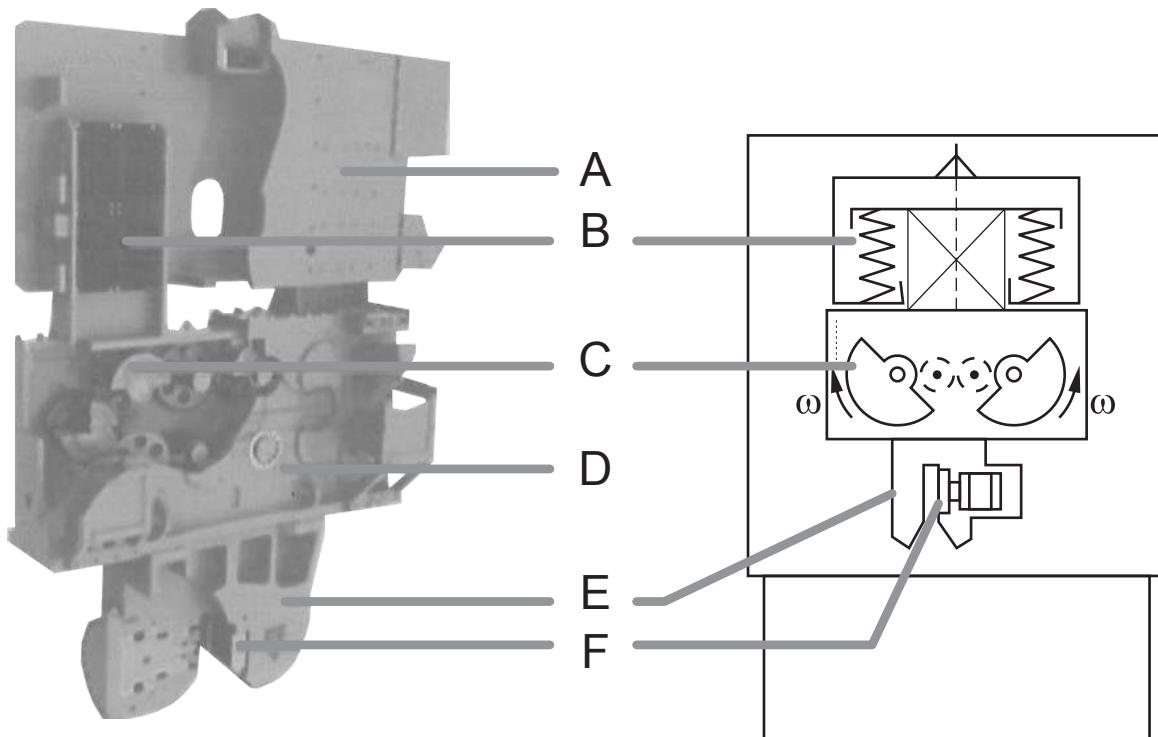




## 9.1 - Considerações básicas

Os martelos vibratórios foram inicialmente desenvolvidos na Alemanha e na antiga União Soviética (atual Rússia) por volta de 1930/31. Basicamente seu funcionamento consiste em girar massas excêntricas, em sentido contrário, conforme se mostra, esquematicamente, na Figura 11.

**Figura 11: Princípio de funcionamento de um martelo vibratório**



**A** redutor de vibração  
**D** caixa de engrenagem

**B** elastômeros  
**E** braçadeira

**C** massas excêntricas  
**F** prendedor hidráulico

A central de energia para acionar as massas excêntricas pode ser hidráulica (martelos vibratórios hidráulicos) ou elétrica (martelos vibratórios elétricos), conforme mostrado, respectivamente, nas Fotografias 7 e 8.

Os martelos vibratórios são geralmente classificados de acordo com a frequência que impõe às massas excêntricas em:

**Baixa frequência:** são aqueles com frequência inferior a 20 Hz (1.200 rpm)

**Frequência normal:** apresentam frequência entre 20 Hz (1.200 rpm) e 33 Hz (2.000 rpm)

**Alta frequência:** apresentam frequência superior a 35 Hz (2.000 rpm).

**Fotografia 7: Martelo vibratório hidráulico**

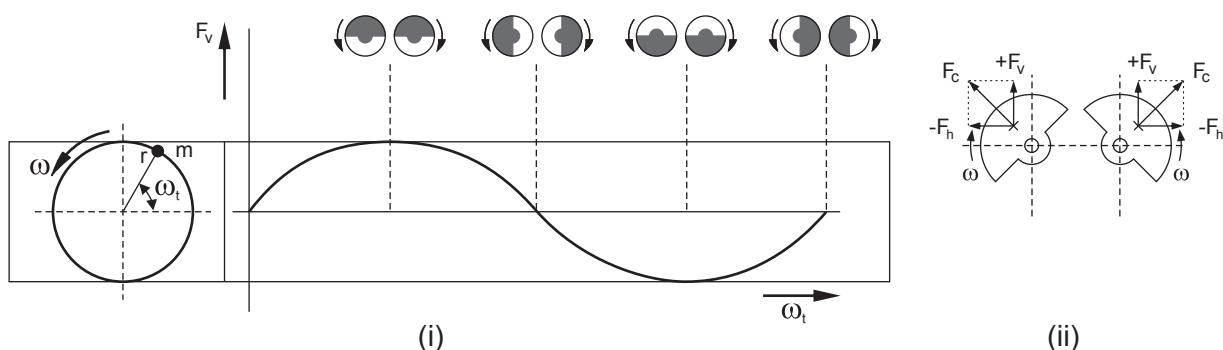


**Fotografia 8: Martelo vibratório elétrico**



As massas excêntricas devem girar com sincronismo criando forças centrifugas ascendentes e descendentes ( $+F_v$  e  $-F_v$ ) cujo mecanismo é exposto na Figura 12. O sincronismo se faz necessário para que se anulem as componentes horizontais das forças ( $F_h$ ) conforme se mostra na Figura 12 (ii) a fim de evitar propagação de vibrações horizontais no terreno.

**Figura 12: Forças centrífugas ( $F_v$  e  $F_h$ ) geradas pelas massas excêntricas ( $m$ ) girando com velocidade angular  $w$ .**



Os martelos vibratórios podem ser usados tanto para cravar estacas quanto para removê-las e causam menos impacto ambiental do que os martelos hidráulicos de impacto. Sua alta frequência e o sincronismo no giro das massas excêntricas só criam vibração vertical sendo a horizontal pouco perceptível. Além disso, o tempo gasto na cravação é bem menor do que aquele gasto com martelos hidráulicos de impacto.

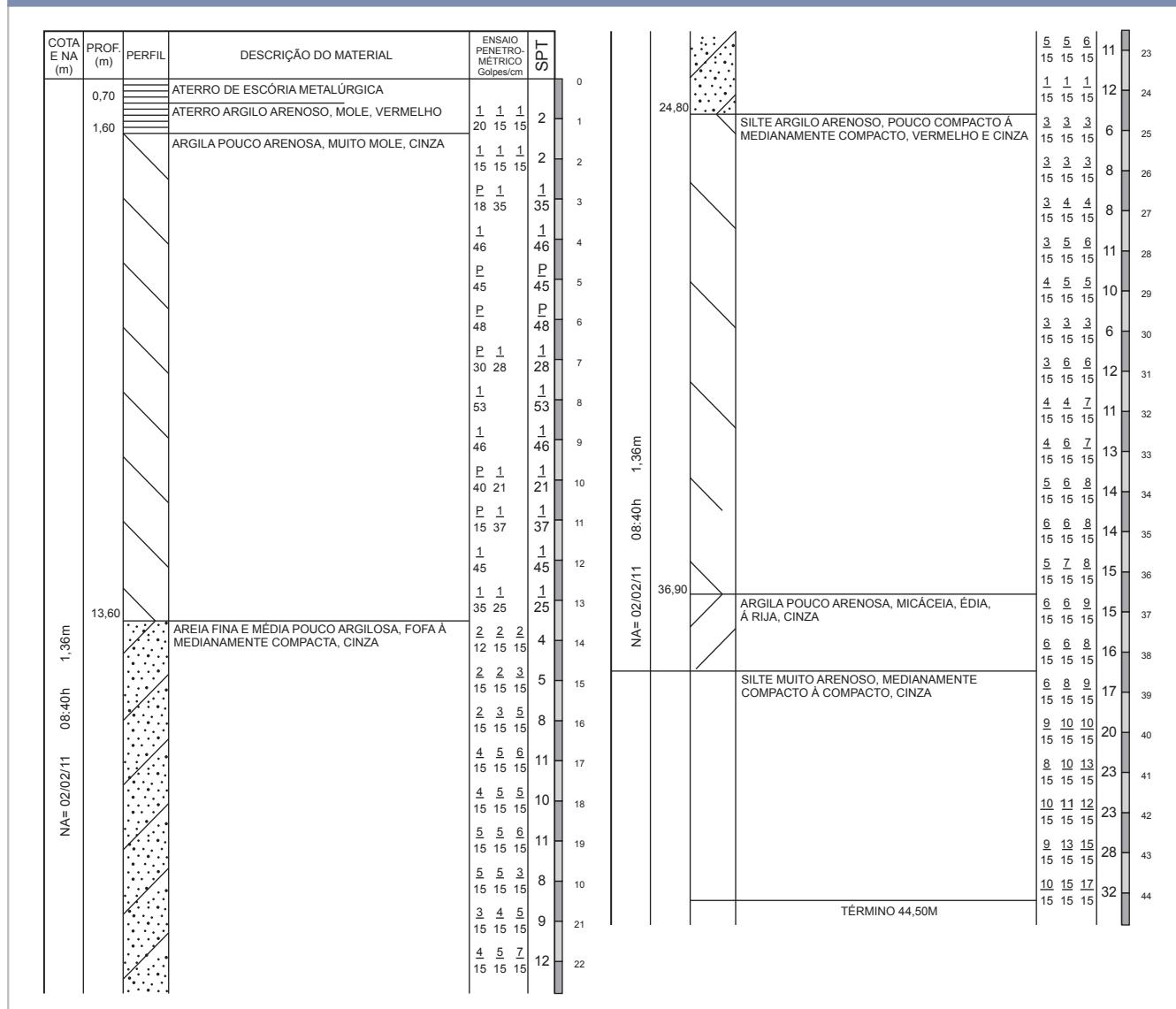
A alta velocidade de vibração cria a “liquefação” do solo e a estaca penetra quase sem nenhum esforço. Motivo pelo qual os martelos vibratórios são de menor peso quando comparados aos outros tipos de martelo.

## 9.2 - Primeira fundação com estacas metálicas GERDAU, cravadas com martelo vibratório, executada no País.

A primeira fundação com estacas GERDAU cravadas com martelos vibratórios ocorreu em fins de 2011 no Laminador 4 da Gerdau Cosigua, em Santa Cruz, no Rio de Janeiro. Nessa obra foram cravadas 192.287 m de estacas com comprimento cravado variando entre 33 e 40 m.

O perfil geotécnico (típico) representativo do local dessa obra é apresentado na Figura 13.

**Figura 13: Sondagem típica da obra da Gerdau Cosigua no RJ**



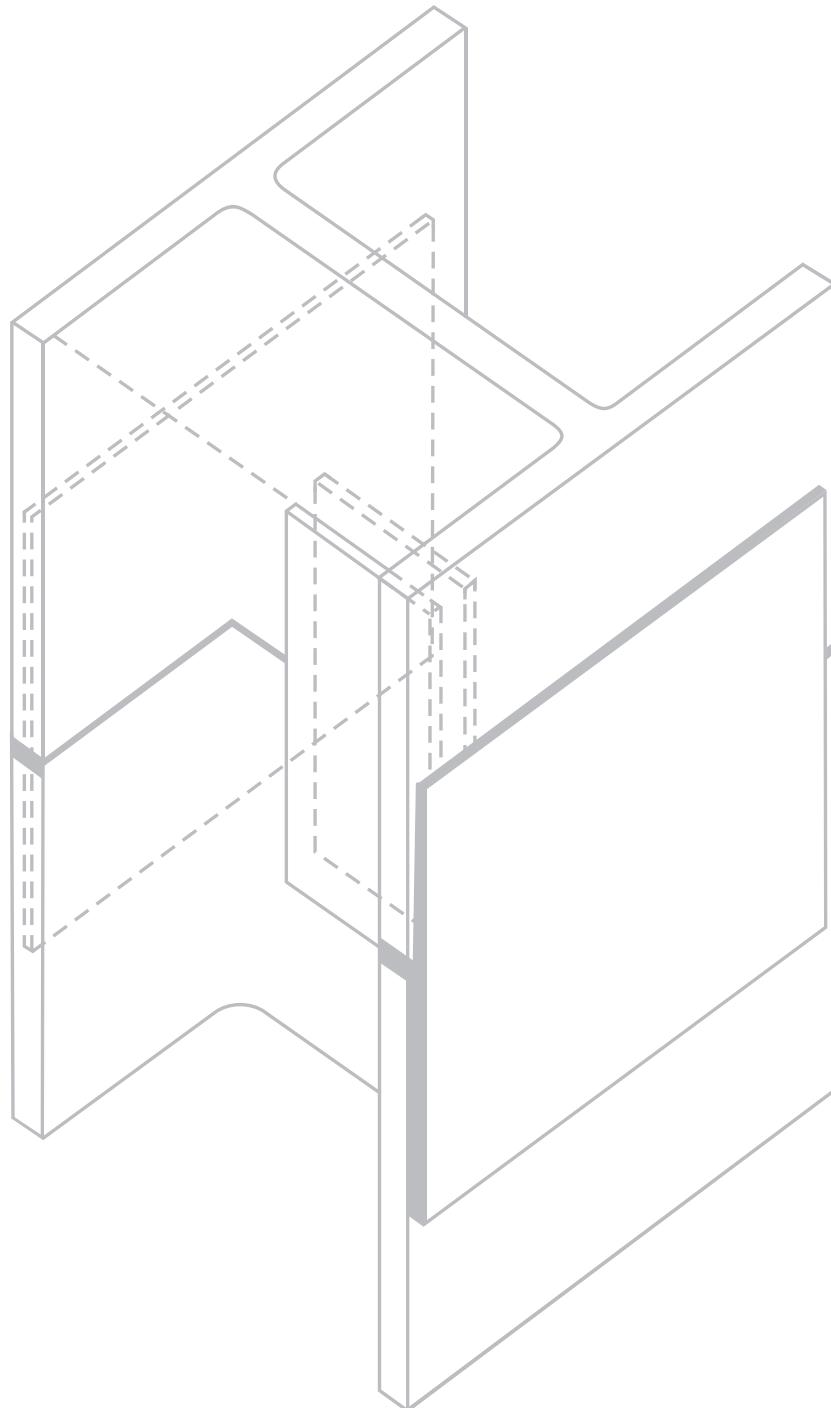
Por ser a primeira obra, portanto sem experiência neste tipo de cravação, o final da cravação das estacas (inclusive medindo-se o repique) foi feito usando-se martelo hidráulico de impacto.

Na obra foram realizadas nove provas de carga estáticas cujos resultados, junto com as demais realizadas, estão apresentados no capítulo 11 separadas por estacas cravadas com martelo vibratório (estacas com numeração V) e de impacto (estacas com numeração I).



# 10

## CONTROLES DA CAPACIDADE DE CARGA





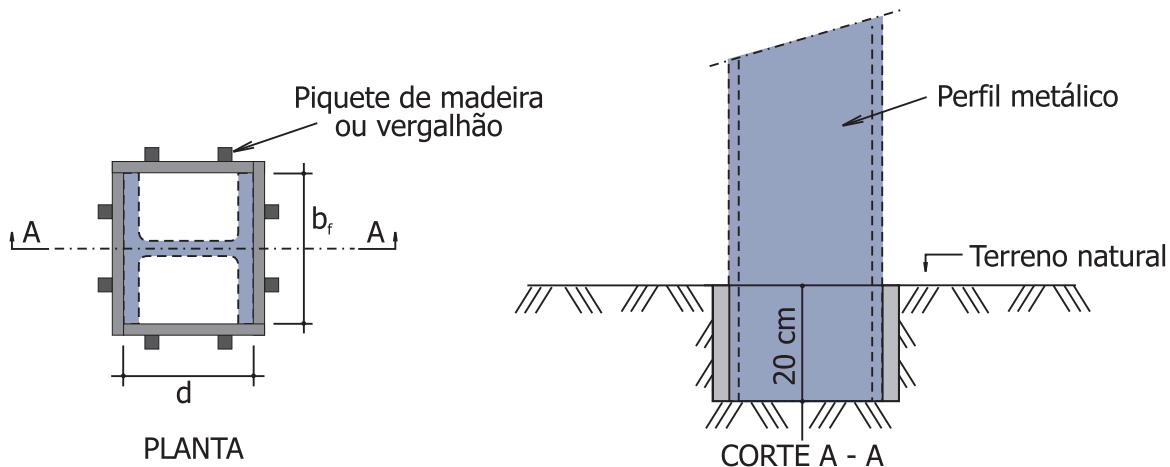
## 10.1 - Durante o Processo de Cravação

As estacas metálicas podem ser cravadas com a utilização de martelos de queda livre, martelos hidráulicos, martelos a diesel, martelos pneumáticos e martelos vibratórios. A escolha de um ou outro martelo depende, principalmente, das características do solo, do comprimento da estaca e do nível de ruído e vibração. Da boa escolha do martelo resultará um melhor desempenho do processo de cravação, em particular quanto às vibrações e ao ruído que, hoje em dia, em centros urbanos, acabam sendo condicionantes para a escolha do tipo de estaca e, quando cravada, do tipo de martelo.

Qualquer que seja o martelo empregado, o controle da cravação é feito tradicionalmente pela nega, pelo repique e, em algumas obras, pelo ensaio de carregamento dinâmico (NBR13208: 2007).

Para garantir que o perfil seja cravado na posição de projeto, deve-se providenciar um gabarito de madeira “enterrado” conforme se mostra na figura 14.

**Figura 14 - Gabarito para a cravação da estaca**



### Nega

A nega é uma medida tradicional, embora, hoje em dia, seja mais usada para o controle da uniformidade do estakeamento quando se procura manter, durante a cravação, negas aproximadamente iguais para as estacas com cargas iguais. A nega corresponde à penetração permanente da estaca, quando sobre a mesma se aplica um golpe do pilão. Em geral, é obtida como um décimo da penetração total para dez golpes.

Apesar das críticas às fórmulas das negas (entre elas o fato de que foram desenvolvidas a partir da Teoria de Choque de Corpos Rígidos), o que está muito longe de representar uma estaca longa, pois sob a ação do golpe do pilão a ponta da mesma não se desloca ao mesmo tempo que o topo, ela ainda faz parte do “receituário” dos encarregados dos bate-estacas.

A nega também pode ser medida decorrido um determinado tempo após a cravação da estaca. É a denominada “nega de recravação ou de recuperação”, e compará-la com a medida ao final da cravação para verificar se o solo apresenta o fenômeno da cicatrização (diminuição da nega como tempo) ou relaxação (aumento da nega como tempo).

## **Repike**

Ao contrário da nega, o repique já está incluído dentro do contexto da Teoria de Propagação de Onda, e, portanto, apresenta resultados com muito menos dispersão do que a nega. O repique representa a parcela elástica do deslocamento máximo de uma seção da estaca, decorrente da aplicação de um golpe do pilão. Seu registro pode ser feito através do registro gráfico em folha de papel fixada à estaca e movendo-se um lápis, apoiado num referencial, no instante do golpe, conforme se mostra na fotografia 9. O valor obtido, corresponde à solução da Equação da Onda, em termos de deslocamento máximo e sem a escala de tempo. A interpretação do sinal obtido permite estimar a carga mobilizada durante o golpe do pilão. Analogamente à nega esse sinal pode ser obtido após decorrido um certo tempo após a cravação para verificar os fenômenos da “cicatrização” (aumento da capacidade de carga como tempo) ou “relaxação” (diminuição da capacidade de carga como tempo) da estaca.

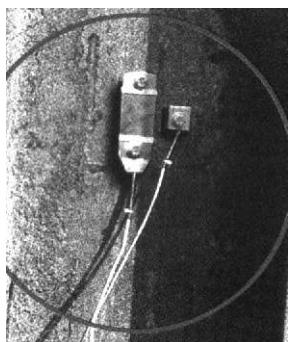
**Fotografia 9 - Registro do repique**



## **Ensaio de Carregamento Dinâmico (NBR 13208: 2007)**

Este ensaio, calcado na Equação da Onda, é mais completo que o repique. Consiste em se acoplar à estaca um par de transdutores de deformação específica e um par de acelerômetros, posicionados em planos ortogonais, para poder corrigir eventuais efeitos devido à flexão da estaca em função da não coincidência do golpe do pilão com o eixo da estaca (fotografia 10). Esses transdutores são ligados “on line” a um analisador PDA (Pile Driving Analyser) mostrado na fotografia 11.

**Fotografia 10 - Transdutores de aceleração e deformação específica**



**Fotografia 11 - Equipamentos PDA para processamento dos sinais dos transdutores acoplados à estaca**



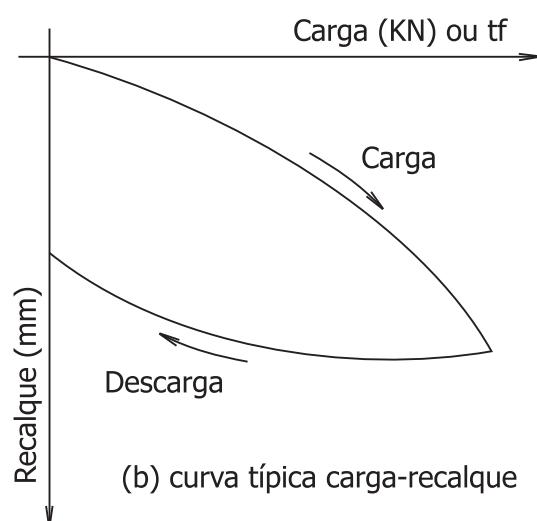
O PDA processa os dados recebidos dos transdutores e processa-os obtendo sinais de velocidade (integração da aceleração) e de força (Lei de Hooke aplicado ao sinal de deformação específica). A interpretação desses sinais fornece a estimativa da carga mobilizada durante cada golpe do pilão. Cabe lembrar que a carga mobilizada pelos golpes do pilão nem sempre corresponde à capacidade de carga geotécnica da estaca, pois a mesma depende da energia aplicada à estaca pelos golpes do pilão. Somente no caso em que essa energia seja suficiente para mobilizar toda a resistência do solo à volta da estaca é que esse valor medido pelo ensaio de carregamento dinâmico poderá se aproximar da capacidade de carga da estaca. Entretanto, este valor somente poderá ser medido pelas tradicionais provas de carga estáticas, conforme se exporá a seguir.

## 10.2 - Provas de Carga Estática (NBR 12131:2006)

As provas de carga estática consistem em se aplicar à estaca uma carga e medir os recalques correspondentes. Para tanto se emprega um macaco hidráulico que reage contra um sistema de vigas metálicas, que por sua vez se ancora em tirantes ou em estacas de tração. A utilização de estacas metálicas facilita a execução de provas de carga estática, pois se podem utilizar estacas do próprio bloco como elementos de tração, conforme se mostra na fotografia 12.

Fotografia 12 - Prova de Carga Estática

(a) ensaio



A prova de carga estática é o método mais confiável e indiscutível de se avaliar a capacidade de carga de uma estaca isolada. Os ensaios de carregamento dinâmico, embora sejam atrativos do ponto de vista de custo, sempre necessitarão de correlações. É por esta razão que alguns projetistas de fundações questionam os resultados dos ensaios PDA e sugerem que os mesmos sejam aferidos, pelo menos, por uma prova de carga estática.

### 10.3 - Provas de Carga Instrumentadas

Quando se pretende verificar a transferência de carga estaca-solo utilizam-se *strain gages* solidarizados à estaca, e em pontos estratégicos conforme se mostra na figura 15, onde se queria verificar a transferência de carga nas camadas de areia e na ponta da estaca.

Os *strain gages* baseiam-se no princípio da variação da resistência elétrica de fios que experimentam variação de comprimento, utilizando-se a “Ponte de Wheatstone”. A aquisição de dados e a interpretação dos mesmos são mostradas na figura 16. Com base nesses valores medidos é possível se determinar, para cada profundidade instrumentada, a carga atuante na estaca para cada nível de carregamento. O resultado da prova carga instrumentada da figura 15 é mostrada na figura 17. Com base nessa figura percebe-se que após a descarga da estaca ainda restou uma carga residual na mesma, ou seja, a estaca “ficou presa”, não conseguindo voltar totalmente.

Mas um fato importante (posteriormente constatado em outras instrumentações), é que a carga de ponta das estacas metálicas, quando apoiadas em solo pouco portante (como é o presente caso) é muito próxima de zero, mostrando que não se pode considerar, para esse tipo de estaca, o padrão amplamente divulgado em nosso meio geotécnico de que a área da ponta que contribui para a capacidade de carga corresponde àquela obtida com o retângulo envolvente à seção transversal do perfil metálico.

**Figura 15 - Posição dos strain gages na prova de carga nº 31**

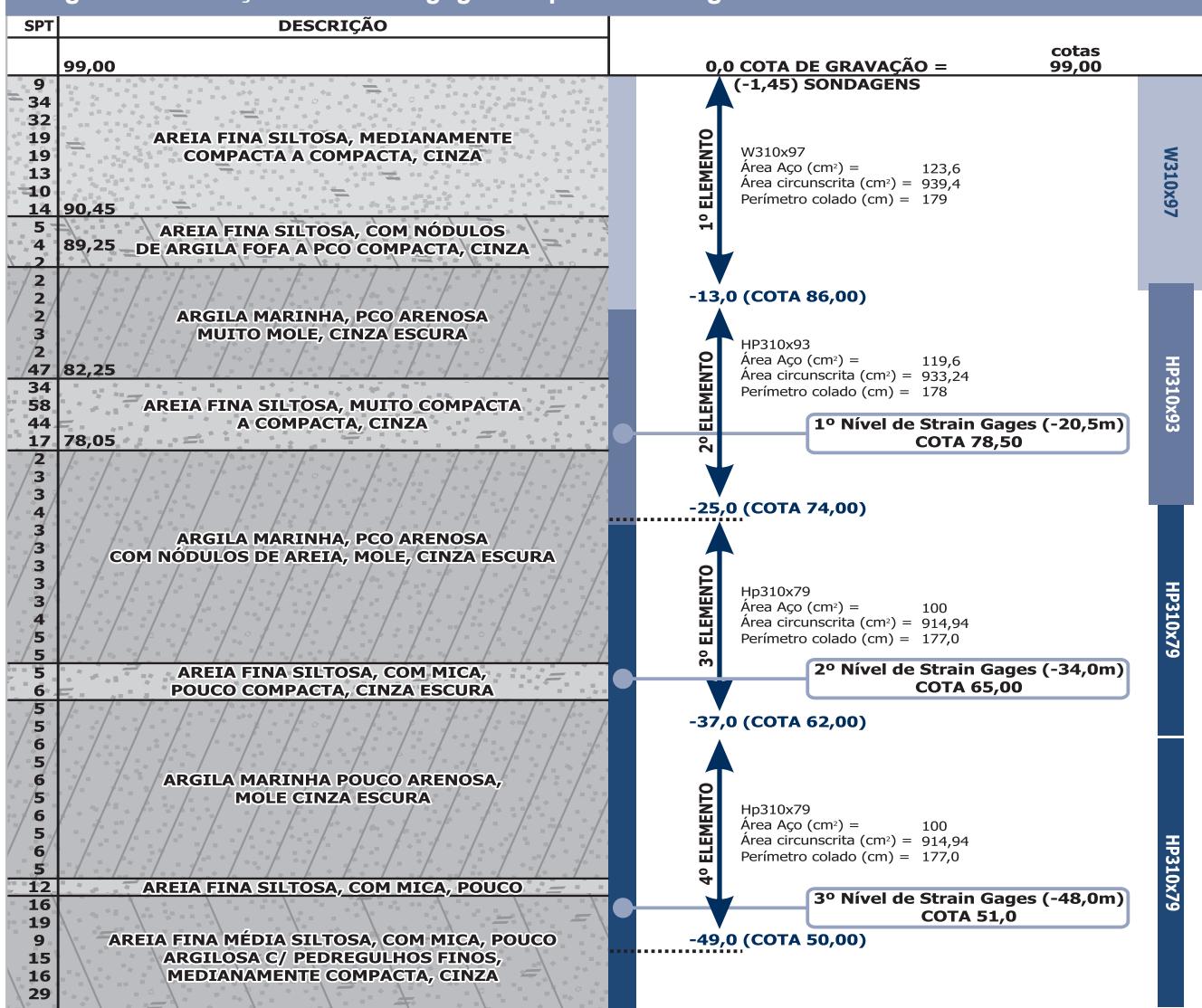
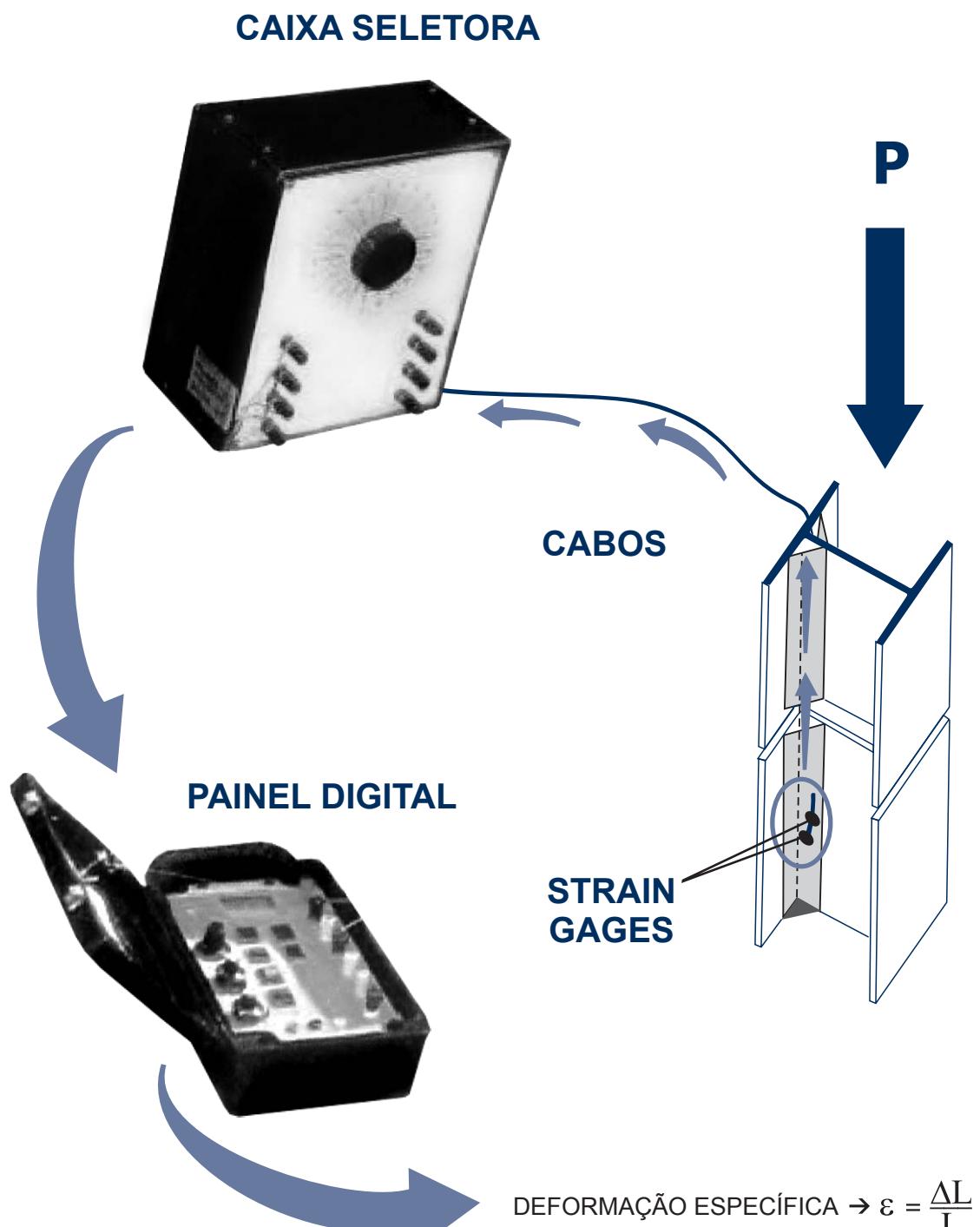


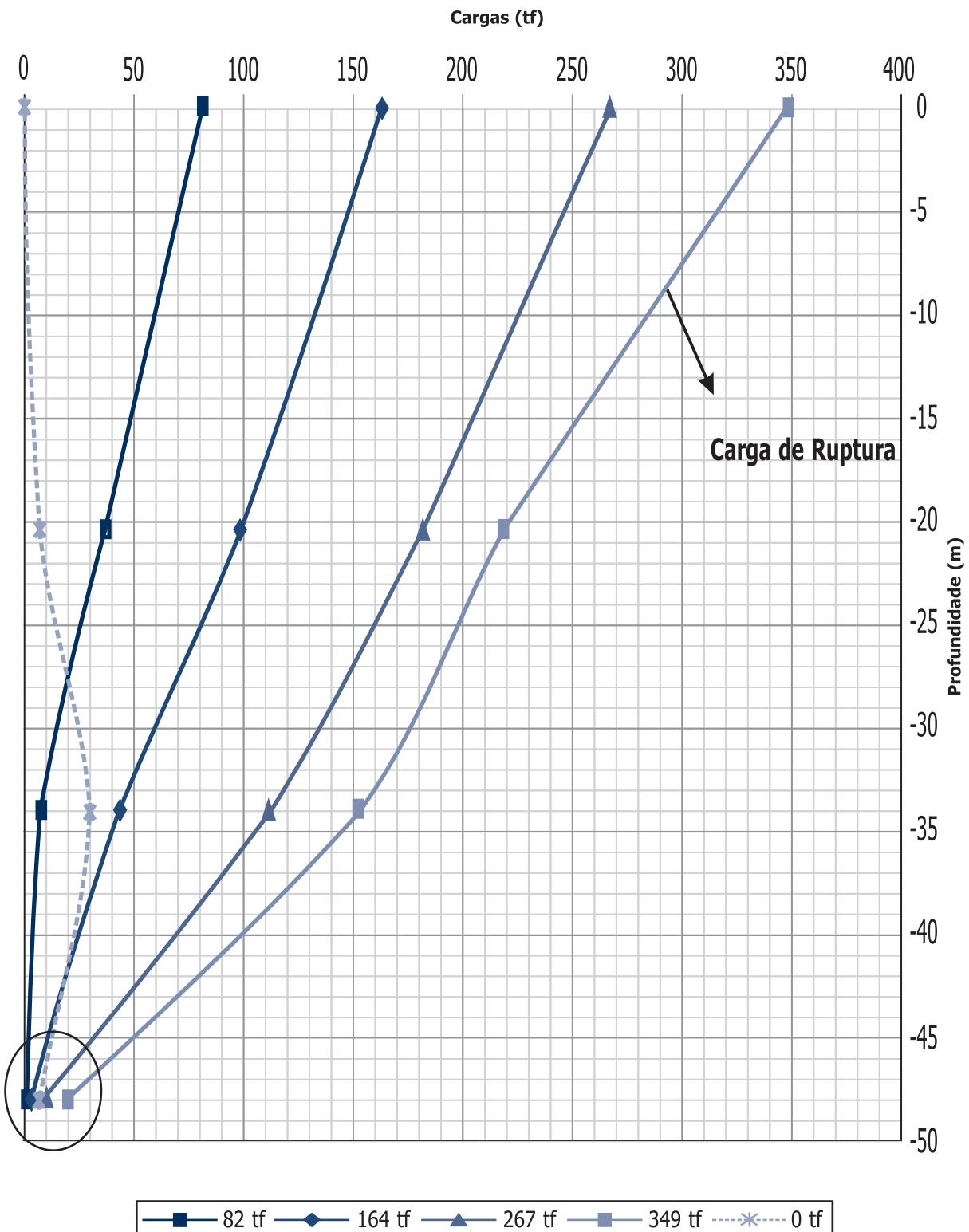
Figura 16 - Sistema de aquisição de dados durante a instrumentação das estacas



$$\text{Lei de Hooke} \rightarrow \sigma = E \cdot \varepsilon \rightarrow \frac{N}{A} = E \cdot \varepsilon$$

**Figura 17 - Provas de Carga - Distribuição da Carga com a Profundidade**

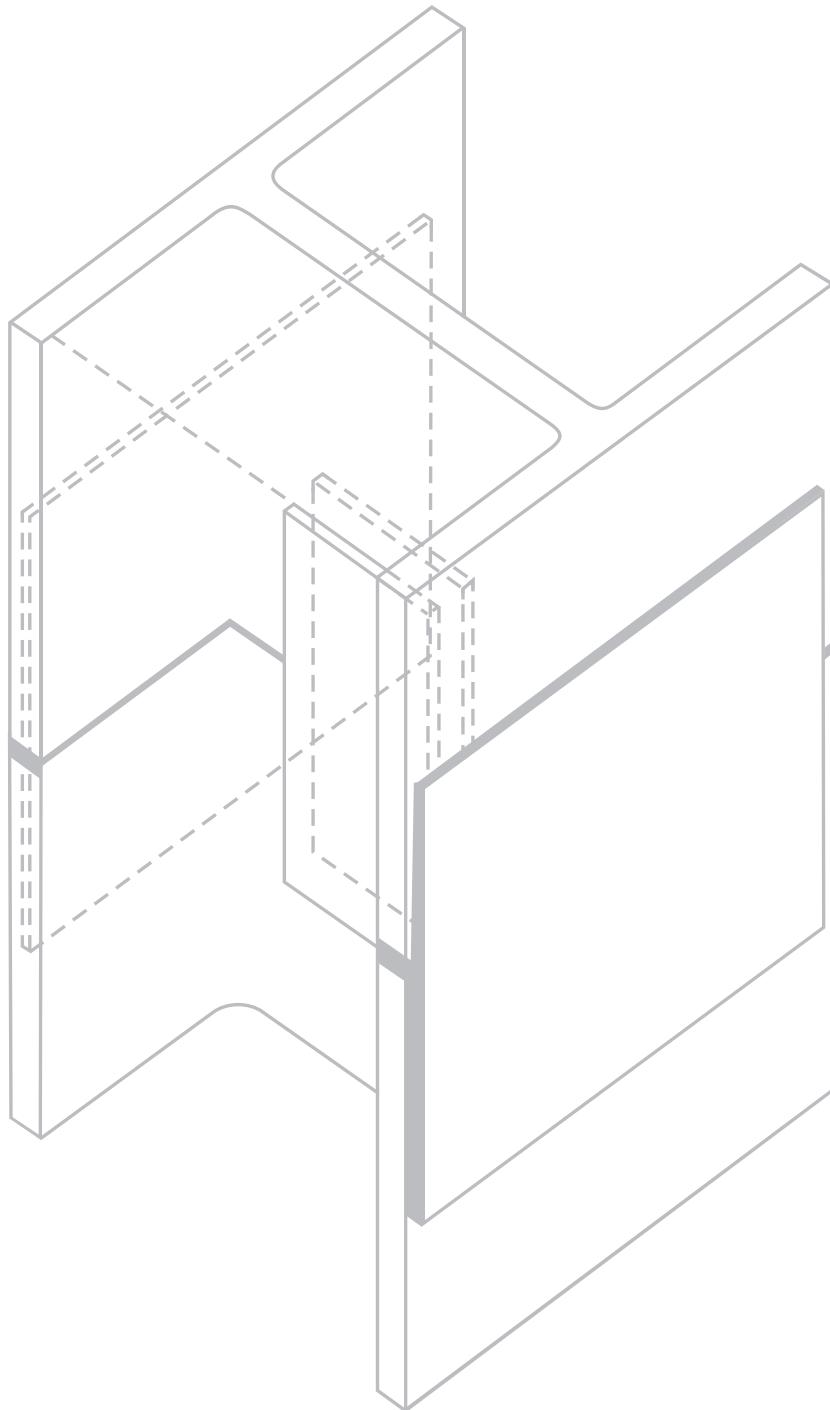
Obra/Local: Rua Tocantins - Santos - SP  
data: 08/12/2006





## CASOS DE OBRAS

---





## LOCALIZAÇÃO E METODOLOGIA PARA AQUISIÇÃO DOS DADOS

---

A tabela 5 apresenta a localização das cidades onde se executaram algumas das provas de carga estáticas em estacas cravadas com martelo vibratório e, nas tabelas 6 e 7, os dados relevantes das mesmas.

Analogamente, nas tabelas 8 a 10 reproduzem-se as provas de carga, já constantes dos catálogos técnicos anteriores, realizadas em estacas cravadas à percussão por martelos de impacto.

Para permitir a reconstituição das curvas carga-deslocamento dessas provas de carga foram elaboradas as Tabelas 6 e 9. Nessas tabelas os deslocamentos são apresentados para pontos fixos de carga correspondentes a 0,25P; 0,5P; 0,6P; 0,7P; 0,8P; 0,9P e P, sendo P a carga máxima do ensaio. Os valores superiores destas tabelas apresentam, para cada estaca, os recalques medidos durante a carga, e os inferiores durante a descarga. Analogamente é apresentada a figura com a sondagem à percussão junto a cada estaca. Nessa figura, o início dos dados do solo coincide com a cota de cravação da estaca. Para identificação do tipo de solo foi utilizada a convenção de 3 algarismos. O algarismo 1 significa areia, o 2 silte e o 3 argila.

Quando não existe um determinado tipo de solo usa-se o algarismo 0 para completar a série de 3 algarismos. Por exemplo, o solo classificado como 123 significa areia silto argilosa e o solo classificado como 320 corresponde a uma argila siltosa.

Tabela 5 - Localização e dados relevantes das estacas ensaiadas à compressão e cravadas com martelo vibratório							
PC nº	LOCALIZAÇÃO			ESTACA		P máx (tf)	
	Est.	Cidade	Endereço	Composição (*)	(m)		
V.1	RJ	Santa Cruz	Laminador Gerdau Cosigua	W 610 x 101 (33,37)	33,37	282	
V.2				W 610 x 101 (31,65)	31,65	244	
V.3				HP 200 x 53 (40)	40	200	
V.4				HP 250 x 85 (40,55)	40,55	285	
V.5				W 610 x 101 (37,5)	37,5	248	
V.6				W 610 x 101 (40,40)	40,4	300	
V.7				HP 250 x 85 (39,92)	39,92	290	
V.8				W 610 x 101 (40,40)	40,4	400	
V.9				W 610 x 101 (40,39)	40,39	280	
V.10		Barra da Tijuca	R. Martinho de Mesquita	HP 310 x 125 (38)	38	500	
V.11	SP	Santos	R. Castro Alves	W 310 x 107 - 97 - 93 - 79 (21,5 - 12 - 12 - 12)	57,5	400	
V.12			Av. Osvaldo Cruz	W 310 x 107 - 97 - 93 - 79 (12 - 12 - 12 - 14)	50	400	
V.13				W 310 x 107 - 97 - 93 - 79 (12 - 12 - 12 - 14)	50	400	
V.14			Av. Presidente Wilson	HP 310 x 125 (42,5)	42,5	460	
V.15				HP 310 x 125	38,6	460	
V.16				HP 310 x 125	35,7	272	
V.17				HP 310 x 125	32,2	460	
V.18			Av. Marechal Floriano Peixoto	HP 310 x 125 - 117 - 110 (15,5 - 12 - 12)	39,5	422	
V.19				HP 310 x 125 - 117 - 110 (8,5 - 12 - 12)	32,5	364	
V.20			R. Itapura de Miranda	W 310 x 117 - 107 - 97 - 79 (12 - 12 - 12 - 18)	54	410	
V.21	Praia Grande	R. General Otelo Rodrigues Franco	R. General Otelo Rodrigues Franco	W 310 x 93 - 79 (28,20 - 12)	40,2	360	
V.22				W 310 x 93 - 79 (28,30 - 12)	40,3	360	
V.23		R. Xixová		W 310 x 107 - 97 - 93 - 79 (12 - 12 - 12 - 12)	48	408	
V.24				W 310 x 107 - 97 - 93 - 79 (12 - 12 - 12 - 8)	44	400	
V.25		São Vicente	R. Freitas Guimarães	HP 310 x 93 - 79 (14 - 36)	50	300	

(\*) HP 310 x 125 - 110 - 93 - 79 (a -b -c - d) significa (do topo para a ponta da estaca):  
 HP 310 x 125 c/a m; HP 310 x 110 c/b m; HP 310 x 93 c/c m e HP 310 x 79 c/d m

**Tabela 6 - Recalques (mm) das estacas comprimidas e cravadas com martelo vibratório**  
**Valor de  $r$  sob carga máxima  $P_{\text{máx}}$  correspondente ao recalque residual (para  $P=0$  na descarga)**

PC nº	Cidade	I (m)	$P_{\text{máx}} \text{ tf}$ resid.	Valores superiores para carga e inferiores para descarga							
				0,25 $P_{\text{máx}}$	0,5 $P_{\text{máx}}$	0,6 $P_{\text{máx}}$	0,7 $P_{\text{máx}}$	0,8 $P_{\text{máx}}$	0,9 $P_{\text{máx}}$	$P_{\text{máx}}$	
Estacas cravadas com Martelo Vibratório	Santa Cruz	V.1	33,37	282	5	9,5	12	15	19	24	115
				-	-	-	-	-	-	-	
		V.2	31,65	244	3	7	10	12	15	20	73,18
				-	-	-	-	-	-	-	
		V.3	40	200	10	21	26,9	28,5	34,64	40,49	46,1
				9,82	25	38	40	42	45	46	46,49
		V.4	40,55	285	6	15,86	21,94	25,56	31,93	38,17	59,78
				-	-	-	-	-	-	-	
		V.5	37,5	248	4,51	9,84	12	16	19	22	33,65
				14,07	20	27	29	24	37	42	45,7
Estacas cravadas com Martelo Vibratório	Santos	V.6	40,4	300	7	14	16	20	23	30	40
				-	-	-	-	-	-	-	
		V.7	39,92	290	7	15	20	25	30	35	45
				-	-	-	-	-	-	-	
		V.8	40,4	400	9	20	25	30	35	40	45
				-	-	-	-	-	-	-	
		V.9	40,39	280	2	5	16	20	24	28	37
				-	-	-	-	-	-	45	
Estacas cravadas com Martelo Vibratório	Barra da Tijuca	V.10	38	500	2,2	6,69	11	18	22	30	40,74
				24,33	31,15	35	38	42	44	45	45,24
		V.11	57,5	400	4	12,27	23	30	30	37	45
				-	-	-	16,57	22	-	-	64
		V.12	50	400	5	13,62	18,55	24,44	30,65	38,05	46,12
				10,42	27	35	39,4	42,5	44,81	46	-
		V.13	50	400	5	13,22	17,28	23,54	28,74	37,32	45,02
				9,89	23,5	33,5	37	41	44	45	-
Estacas cravadas com Martelo Vibratório	Praia Grande	V.14	42,5	460	3,5	11,4	15	18,5	23	27	30,82
				4,62	15	24	28	29	30	30	-
		V.15	38,6	460	9	18	24	27	32	39,5	45,14
				6,39	17	30	33	37	42	44	-
		V.16	35,7	272	4	8,45	11	14	16	19,5	51,27
				32,02	40	45	46	48	50	51	51,33
		V.17	32,2	460	3	9,42	13,83	16,8	21,49	25	29,77
				2,88	11	19,5	23	26	28	29	-
Estacas cravadas com Martelo Vibratório	São Vicente	V.18	39,5	422	2	6,15	8,59	12,56	14,96	18,32	22,02
				4,09	15	19	21	21,5	22	22	-
		V.19	32,5	364	4,5	11	14	17	20,5	23,5	28,5
				4,28	13	21	21	23	25,5	27	-
		V.20	54	410	4	12	15,1	20	24	34	42,29
				24,93	37	46,07	50	51	53	54	55,67
Estacas cravadas com Martelo Vibratório	Praia Grande	V.21	40,2	360	5	11	13,5	17	22,5	32	41,97
				18,36	25	34,52	37,5	41	43	45	46,39
		V.22	40,3	360	5	10	13	16	20	24	29,05
				8,54	18	26	28	30	32	33	33,44
		V.23	48	408	4,01	12,29	15,1	20	25	29	30,87
				18,23	30	38	42	45	46,5	48	49,35
		V.24	44	400	4	9,8	12,47	16,39	19,96	24,96	29,8
				2,63	13	21	25,66	26	27	24	-
Estacas cravadas com Martelo Vibratório	São Vicente	V.25	50	300	3,5	6,65	9,66	12,14	14,94	18,18	22,6
				4,23	12	16,42	18	20	22	22,6	-

**Tabela 7: Quadro resumo das provas de carga à compressão sobre as estacas**

<b>Código do Solo</b>	<b>100</b> Areia	<b>200</b> Sílo	<b>300</b> Argila
	<b>120</b> Areia Siltosa	<b>210</b> Sílo Arenoso	<b>310</b> Argila Arenosa
	<b>123</b> Areia Sílo Argilososa	<b>213</b> Sílo Arenoso Argilososo	<b>312</b> Argila Arenoso Siltosa
	<b>130</b> Areia Argilosa	<b>230</b> Sílo Argilososo	<b>320</b> Argila Sílotosa
	<b>132</b> Areia Argilo Siltosa	<b>231</b> Sílo Argilososo Arenoso	<b>321</b> Argila Sílotosa Arenosa

**Tabela 8 - Localização e dados relevantes das estacas ensaiadas à compressão e cravadas à percussão por martelo de Impacto**

PC nº	LOCALIZAÇÃO			ESTACA		P máx (tf)
	Est.	Cidade	Endereço	Composição (*)	(m)	
I.1	PE	Recife	Av. Boa Viagem	HP 310 x 125 – 110 - 93 - 79 (6 -12 -12-12)	42	361
I.2			Av. Cais Sta. Rita	HP 310 x 125 – 93 - 79 (14,7 -12 -12)	38,7	479
I.3		Jaboatão	Av. Boa Viagem	HP 310 x 93 (18,50)	18,5	300
I.4			Av. Barreto Menezes	W 410 x 67 – 53 (15,9 -12,1)	28	210
I.5	BA	Salvador	Prédio na Costa Azul	W 250 x 73 (14,20)	14,2	240
I.6	ES	Vitória	R. Aleixo Neto	W 150 x 37,1 (28,5)	28,5	160
I.7			Av.N.Sa.Navegantes	W 150 x 37,1 (23,5)	23,5	160
I.8			Bairro Vermelho	W 150 x 37,1 (19)	19	90
I.9	RJ	R. Janeiro	R.Vol. da Pátria	W 310 x 52 (38,50)	38,5	193
I.10		Santa Cruz	CSA	W 610 x 155 (35,50)	35,5	468
I.11			CSA	W 610 x 125 (40,50)	40,5	497
I.12			CSA	HP 310 x 125 (39,00)	40,5	382
I.13		S.J.Barra	Terminal Portuário	HP 310 x 125 (39,00)	39	424
I.14			Terminal Portuário	HP 310 x 125 (38,50)	38,5	330
I.15			Terminal Portuário	HP 310 x 125 (38,50)	38,5	330
I.16		Macaé	Av. Elias Agostinho	W 150 x 29,8 (6,55)	6,55	120
I.17	SP	São Paulo	R. Maria Cândida	HP 310 x 110 – 93 - 79 (10 -6 -12)	28	400
I.18		S. Caetano	R. José Benedetti	HP 310 x 79 (18,8)	18,8	234
I.19		Guarujá	Cais Conceiçaozinha	(mista) SCAC70 (23,10m)+ W 610 x 155 (10m)	33,1	220
I.20			Av.do Parque	W 200 x 46,1 - 35,9 (24 - 24)	48	165
I.21			R.Vitória Yunes Stefane	HP 319 x 79 (32)	32	288
I.22			Av.Gal. Monteiro Barros	HP 310 x 110 – 93 – 79 (15 – 12 – 16,9)	43,9	360
I.23		Bertioga	Av. Thomé de Sousa	HP 250 x 62 (29,7)	29,7	240
I.24			Av. Thomé de Sousa	HP 250 x 62 (29,7)	32,4	240
I.25		P. Grande	Av. Castelo Branco	HP 310 x 110 - 93 - 79 (14,30 - 12 - 24)	50,3	400
I.26		Santos	Cereal Sul	HP 250 x 89 - 80 - 73 - 62 (4,85 - 12 - 12 - 12)	40,85	325
I.27			R. Minas Gerais	HP 310 x 125 – 110 - 93 - 79 (10,5 - 12 - 12 - 12)	46,5	386
I.28			Canal 6	HP 310 x 110 - 93 - 79 (7,5 -12 - 24)	43,5	383
I.29			R. Dom Lara	W 310 x 107 - 97 - HP 93 - 79 (11,1 - 12 - 12 - 12)	47	396
I.30			R. Álvares Azevedo	HP 310 x 110 - 93 - 79 (8 - 8 - 32)	48	302
I.31			R. Tocantins	W 310 x 97 HP 310 x 93 - 79 (13 - 12 - 24)	49	350
I.32			Av. Rei Alberto	HP 310 x 110 - 93 (18,3 - 36)	54,3	334
I.33			R. Castro Alves	HP 310 x 117 - 97 - 93 - 79 (17,4 - 12 - 12 - 12)	53,4	418
I.34			R.Cel.Pedro Arbus	HP 250 x 85 W 250 x 80 - 73 (15 - 12 - 24)	51	320
I.35			R. Álvaro Alvin	HP 310 x 125 - 110 (29,4 - 24)	53,4	329
I.36			R. Vahia de Abreu	HP 310 x 110 - 93 - 79 (12 -12 - 30)	52	384
I.37			P. Fernandes Pacheco	HP 310 x 107 - 97 - 93 - 79 (15 -12 - 12 - 12)	51	350
I.38			R. Cyria	HP 310 x 125 - 110 - 93 - 79 (10,8 - 12 - 12 - 6)	40,8	400
I.39			R. Clay Presgrave	HP 310 x 117 - 110 - 107 - 97 (17 - 12 - 12 - 12)	53	400
I.40			R. Bahia	W 310 x 107 - 97 - 93 - 79 (12 - 12 - 12 - 11,5)	47,5	391
I.41	SC	Itajaí	TECONVI	(mista) PROTENSUL 70 x 70 (13,10m) + W 610 x 101 (7,50)	20,6	463

(\*) HP 310 x 125 – 110 - 93 -79 (a - b - c - d) significa (do topo para a ponta da estaca):  
 HP 310 x 125 c/a m; HP 310 x 110 c/b m; HP 310 x 93 c/c m e HP 310 x 79 c/d m

**Tabela 9 - Recalques (mm) das estacas comprimidas comprimidas e cravadas à percussão por martelo de Impacto**  
**Valor de r sob carga máxima  $P_{máx}$  correspondente ao recalque residual (para  $P=0$ ) na descarga**

PC nº	Cidade	I (m)	P máx tf resid.	Valores superiores para carga e inferiores para descarga						
				0,25Pmax	0,5Pmáx	0,6Pmax	0,7Pmax	0,8Pmáx	0,9Pmáx	Pmáx
<b>I.1</b>	<b>Recife</b>	42,00	361	5,77	11,83	15,61	19,03	23,64	27,33	32,82
			$r = 6,44$	18,60	26,50	28,65	32,00	32,35	32,80	-
<b>I.2</b>	<b>Recife</b>	38,70	479	5,50	14,80	19,80	25,80	32,00	37,40	41,39
			$r = 4,12$	19,00	31,50	35,00	38,40	40,50	41,00	-
<b>I.3</b>	<b>Recife</b>	18,50	300	2,60	6,19	7,59	9,02	10,38	11,84	13,06
			$r = 0,96$	5,30	8,70	10,01	11,95	12,54	12,60	-
<b>I.4</b>	<b>Jaboatão</b>	28,00	210	5,60	10,00	12,80	15,80	18,50	21,00	23,81
			$r = 0,48$	8,00	12,00	16,50	21,00	22,50	23,00	-
<b>I.5</b>	<b>Salvador</b>	14,20	240	4,60	10,00	12,00	13,80	16,00	16,50	20,58
			$r = 3,37$	6,50	14,60	16,20	17,50	18,80	20,00	-
<b>I.6</b>	<b>Vitória</b>	28,50	160	3,11	8,82	11,73	14,51	17,82	21,45	26,38
			$r = 8,49$	15,00	24,00	25,67	26,30	26,35	26,38	-
<b>I.7</b>	<b>Vitória</b>	23,50	160	6,00	10,17	13,86	16,41	19,70	23,03	25,88
			$r = 4,02$	11,00	18,50	21,43	23,00	24,97	25,50	-
<b>I.8</b>	<b>Vitória</b>	19,00	90	5,00	6,17	8,03	14,40	18,10	27,07	36,83
			$r = 30,04$	34,00	35,80	36,00	36,50	36,60	36,80	-
<b>I.9</b>	<b>Rio de Janeiro</b>	38,50	193	0,70	3,60	6,40	8,00	14,60	23,00	32,30
			$r = 6,00$	20,00	26,00	28,00	30,00	32,00	32,30	-
<b>I.10</b>	<b>Rio de Janeiro</b>	35,50	468	5,50	14,00	17,00	21,50	26,00	30,80	35,90
			$r = 0,18$	10,00	20,50	24,50	27,50	30,50	32,50	-
<b>I.11</b>	<b>Rio de Janeiro</b>	40,50	497	10,50	24,00	30,00	36,50	42,50	52,00	62,60
			$r = 5,21$	20,50	35,50	40,50	48,00	52,50	58,00	-
<b>I.12</b>	<b>Rio de Janeiro</b>	40,50	382	12,50	28,00	30,50	36,00	41,00	47,00	53,44
			$r = 2,32$	16,00	29,50	35,00	40,50	45,50	50,50	-
<b>I.13</b>	<b>São João da Barra</b>	39,00	424	3,00	10,00	13,00	16,00	19,50	23,00	27,28
			$r = 4,76$	9,50	21,50	23,00	24,00	25,50	26,50	-
<b>I.14</b>	<b>São João da Barra</b>	38,50	370	3,53	10,12	13,82	17,56	21,92	28,52	28,52
			não estabilizou (ruptura geotécnica)							
<b>I.15</b>	<b>São João da Barra</b>	38,50	330	3,50	9,00	12,50	15,00	18,00	21,50	> 40,00
			não estabilizou (ruptura geotécnica)							
<b>I.16</b>	<b>Macaé</b>	6,55	120	3,00	5,40	6,10	7,20	8,00	8,90	9,65
			$r = 0,48$	4,00	7,00	8,00	9,00	9,50	9,60	-
<b>I.17</b>	<b>São Paulo</b>	28,00	400	5,11	13,43	17,00	21,50	25,00	29,00	37,43
			$r = 16,29$	23,50	31,50	34,00	37,00	37,40	37,40	-
<b>I.18</b>	<b>Guarujá</b>	18,80	234	6,00	10,50	13,00	15,50	17,50	20,00	24,04
			$r = 6,84$	14,50	19,00	21,50	23,00	23,50	24,00	-
<b>I.19</b>	<b>Guarujá</b>	33,10	220	3,50	5,50	7,50	9,50	12,00	17,50	33,00
			23	27,50	30,50	31,00	31,50	32,00	32,50	-
<b>I.20</b>	<b>Guarujá</b>	48,00	165	6,78	17,00	22,00	25,00	29,00	34,50	38,70
			$r = 9,90$	25,00	33,00	36,50	38,50	38,50	38,70	-
<b>I.21</b>	<b>Guarujá</b>	32,00	288	4,00	12,37	16,97	21,00	24,95	29,40	33,94
			$r = 6,35$	17,00	24,77	27,00	30,00	32,00	33,00	-
<b>I.22</b>	<b>Guarujá</b>	43,90	360	3,49	12,00	16,89	22,00	25,48	32,00	29,40
			$r = 5,24$	18,00	28,00	32,05	35,00	36,61	36,80	-
<b>I.23</b>	<b>Bertioga</b>	29,70	240	3,94	10,63	13,50	15,00	18,50	24,50	28,69
			$r = 1,37$	10,00	21,89	24,00	26,50	28,00	28,00	-
<b>I.24</b>	<b>Bertioga</b>	32,40	240	3,12	9,80	12,00	15,00	19,00	23,00	26,70
			$r = 2,63$	10,65	19,50	21,50	23,50	25,00	26,00	-
<b>I.25</b>	<b>Praia Grande</b>	50,30	400	5,00	13,83	17,13	20,54	26,08	30,59	35,29
			$r = 3,75$	18,00	26,15	28,40	31,00	34,05	34,27	-
<b>I.26</b>	<b>Santos</b>	40,85	325	7,00	23,50	30,00	36,00	44,00	51,00	68,58
			$r = 27,84$	44,00	59,00	63,00	65,00	66,00	67,00	-
<b>I.27</b>	<b>Santos</b>	46,50	386	4,21	10,40	16,71	20,00	30,30	40,00	56,14
			$r = 24,98$	35,00	45,00	47,00	49,00	50,00	55,00	-
<b>I.28</b>	<b>Santos</b>	43,50	383	4,80	13,00	20,00	26,00	33,00	42,00	121,70
			$r = 79,6$	95,00	104,00	112,00	114,00	116,00	118,00	-
<b>I.29</b>	<b>Santos</b>	47,00	396	7,00	16,00	20,00	28,00	38,00	55,00	101,54
			$r = 80,06$	93,00	100,00	101,00	101,00	101,00	101,00	-
<b>I.30</b>	<b>Santos</b>	48,00	302	3,00	10,00	16,00	19,00	24,00	29,00	36,11
			$r = 8,97$	20,00	30,00	32,00	34,00	35,00	36,00	-
<b>I.31</b>	<b>Santos</b>	49,00	350	6,50	17,00	21,00	25,00	31,00	39,00	54,58
			$r = 22,39$	38,00	48,00	51,00	53,00	54,00	54,50	-
<b>I.32</b>	<b>Santos</b>	54,30	334	3,74	12,50	16,50	21,20	27,35	32,00	44,93
			$r = 10,22$	23,50	34,70	38,00	43,40	44,80	44,90	-
<b>I.33</b>	<b>Santos</b>	53,40	418	5,00	14,00	18,00	24,00	32,00	40,00	47,92
			$r = 8,06$	25,00	37,50	43,00	47,80	47,90	47,90	-
<b>I.34</b>	<b>Santos</b>	51,00	320	4,00	14,00	20,00	26,20	33,70	41,50	58,04
			$r = 20,80$	37,00	50,00	54,00	55,00	57,00	57,50	-
<b>I.35</b>	<b>Santos</b>	53,40	329	4,50	11,50	17,00	20,00	25,00	31,50	56,20
			$r = 29,11$	40,00	48,50	51,00	54,00	55,00	56,00	-
<b>I.36</b>	<b>Santos</b>	52,00	384	8,26	17,25	23,00	28,00	36,50	44,00	60,93
			$r = 24,06$	40,00	50,00	54,00	55,00	58,00	60,00	-
<b>I.37</b>	<b>Santos</b>	51,00	350	8,00	18,00	22,00	28,50	33,00	39,00	67,98
			$r = 35,16$	55,00	65,00	66,00	66,50	67,00	67,50	-
<b>I.38</b>	<b>Santos</b>	40,80	400	5,00	14,15	18,02	23,00	28,30	32,90	38,35
			$r = 19,79$	28,00	34,00	34,65	37,00	37,70	38,00	-
<b>I.39</b>	<b>Santos</b>	53,00	400	5,08	11,91	17,00	22,50	27,50	34,00	42,08
			$r = 10,32$	24,96	32,66	35,50	38,00	40,00	42,00	-
<b>I.40</b>	<b>Santos</b>	47,50	391	8,00	17,00	21,50	26,68	35,00	43,00	50,87
			$r = 25,69$	39,00	46,00	47,69	48,00	49,57	50,00	-
<b>I.41</b>	<b>Itajaí</b>	20,60	463	1,50	4,00	4,80	5,72	7,58	10,31	12,25
			$r = 3,66$	houve ruptura de um dos tirantes de reação						

**Estacas cravadas à percussão por martelos de impacto**

**Tabela 10: Quadro resumo das provas de carga à compressão sobre as estacas**

PC nº	Local	Descrição do solo e SPT (índice de resistência à penetração)													
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55			
Estacas cravadas à percussão por martelos de impacto	I.1	Recife	120	321	132		320		231	100					
	I.2	Recife	123	321	120		321		123	321	130				
	I.3	Recife	123												
	I.4	Jaboatão	130	300	320		123								
	I.5	Salvador	120	231											
	I.6	Vitória													
	I.7	Vitória	130		230										
	I.8	Vitória	100	310		300									
	I.9	R. Janeiro	130		320		130		310		213				
	I.10	R. Janeiro	230	300	100	300	100	320	120						
	I.11	R. Janeiro	320		100	310		100		120					
	I.12	R. Janeiro													
	I.13	S. J. Barra	100		320		213		320		130				
	I.14	S. J. Barra	100		320		213		320		130				

Código do Solo	100 Areia	200 Sílo	300 Argila
120 Areia Siltosa	210 Sílo Arenoso	310 Argila Arenosa	
123 Areia Sílo Argilosa	213 Sílo Areo Argiloso	312 Argila Areo Siltosa	
130 Areia Argilosa	230 Sílo Argiloso	320 Argila Siltosa	
132 AreiaArgilo Siltosa	231 Sílo Argilo Arenoso	321 Argila Sílo Arenosa	

<b>Código do Solo</b>	<b>100 Areia</b>	<b>200 Silto</b>	<b>300 Argila</b>
	<b>120 Areia Siltosa</b>	<b>210 Silto Arenoso</b>	<b>310 Argila Arenosa</b>
	<b>123 Areia Silto Argilososa</b>	<b>213 Silto Arenoso Argiloso</b>	<b>312 Argila Arenoso Siltosa</b>
	<b>130 Areia Argilosa</b>	<b>230 Silto Argilososo</b>	<b>320 Argila Siltosa</b>
	<b>132 Areia Argilo Siltosa</b>	<b>231 Silto Argiloso Arenoso</b>	<b>321 Argila Silto Arenosa</b>

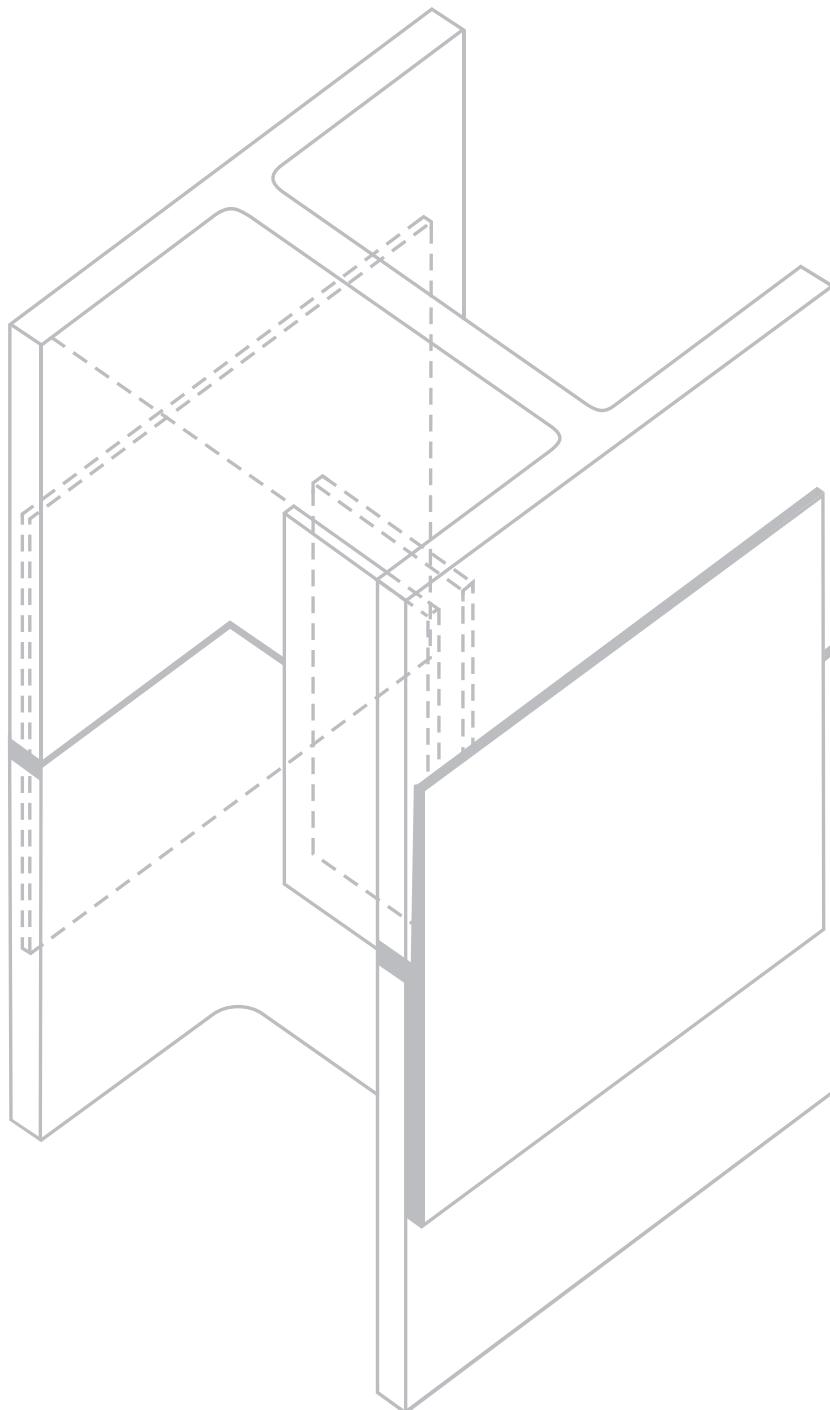
<b>Código do Solo</b>	<b>100</b> Areia	<b>200</b> Sílo	<b>300</b> Argila
	<b>120</b> Areia Síltosa	<b>210</b> Sílo Arenoso	<b>310</b> Argila Arenosa
	<b>123</b> Areia Sílo Argilosa	<b>213</b> Sílo Areo Argiloso	<b>312</b> Argila Areo Síltosa
	<b>130</b> Areia Argilosa	<b>230</b> Sílo Argiloso	<b>320</b> Argila Síltosa
	<b>132</b> AreiaArgilo Síltosa	<b>231</b> Sílo Argilo Arenoso	<b>321</b> Argila Síltoso Arenosa



# 12

## ANEXOS

---

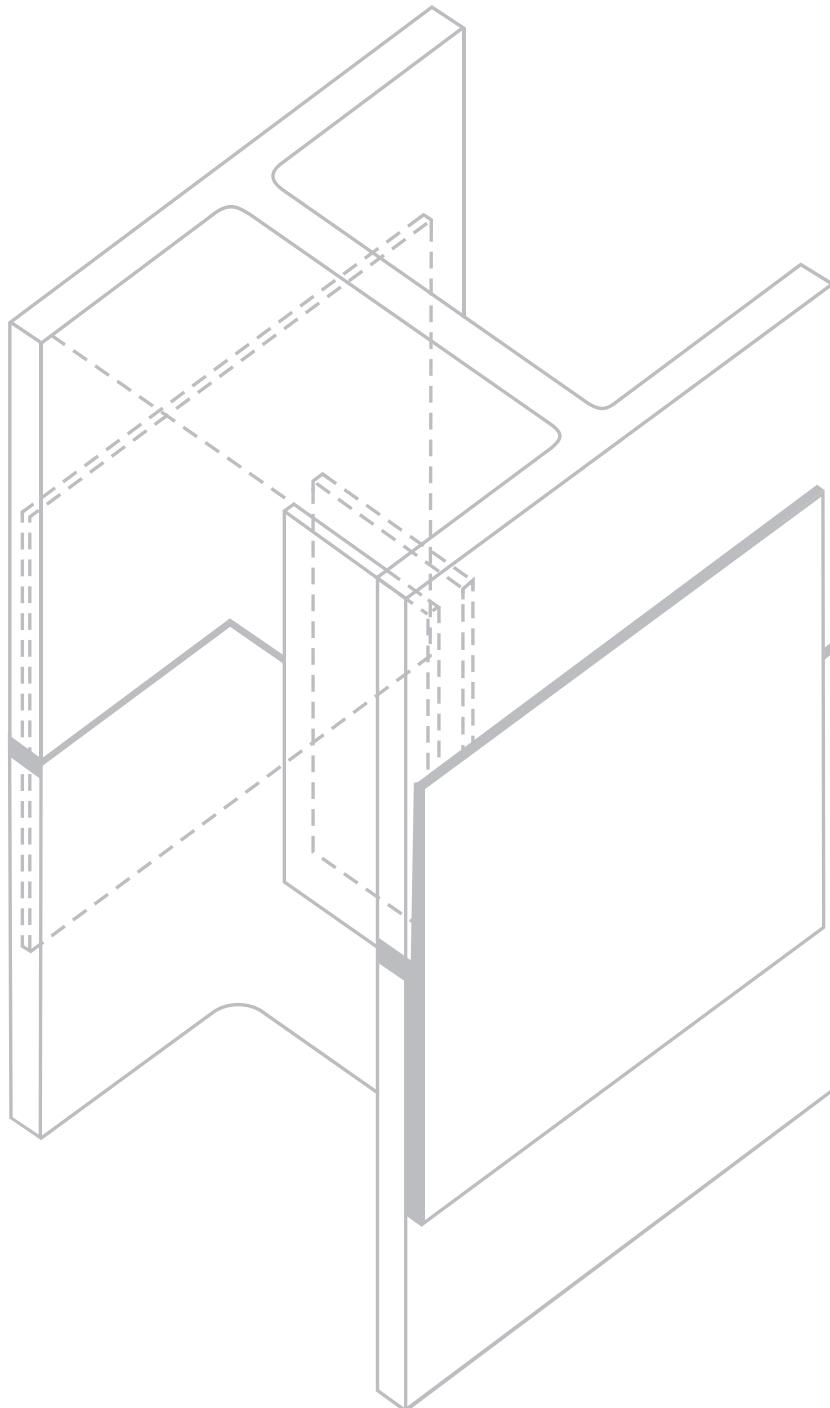




# **ANEXO I**

## **Tabela de carga estrutural dos Perfis Estruturais Gerdau**

---

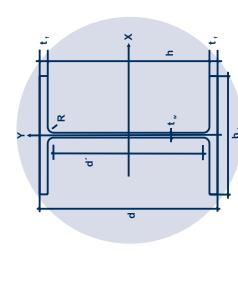


# CARGA ADMISSÍVEL ESTRUTURAL

\* Carga Admissível Estrutural de acordo com a NBR 8800-2008. A carga admissível a adotar para a estaca deverá atender também a carga admissível geotécnica, obtida após a análise dos parâmetros geotécnicos onde a estaca será cravada.

BITOLA mm x kg/m	Massa Linear kg/m	d mm	b <sub>f</sub> mm	Espessura		h mm	d' mm	Perímetro U cm	Área Bruta As cm <sup>2</sup>	Eixo X - X		Eixo Y - Y		1,0 mm desc. no Perímetro	Retângulo Envolvente	Esbeltez Local de acordo com a NBR 8800-2008	* CARGA ADMISSSÍVEL (Q. A's . f <sub>y</sub> ) / 1,65	BITOLA DESIGNAÇÃO mm x kg/m	BITOLA DESIGNAÇÃO mm x kg/m	Área Reduzida A's cm <sup>2</sup>	Mesa b <sub>f</sub> /2.t <sub>f</sub> cm <sup>2</sup>	Mesa A cm <sup>2</sup>	Mesa d'/t <sub>w</sub> λ <sub>W</sub>	Alma λ	Coef. Red. Q	f <sub>y</sub> (Mpa) 345 kN	f <sub>y</sub> (tf/cm <sup>2</sup> ) 3,5 tf	BITOLA DESIGNAÇÃO mm x kg/m																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
				t <sub>w</sub> mm	t <sub>f</sub> mm					I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	I <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
W 150 x 22,5	22,5	152	5,8	6,6	139	119	29,0	88	1.229	162	387	51	20,1	23,1	11,52	20,48	1,000	421	43	W 150 x 22,5	W 150 x 29,8	22,5	157	5,8	6,6	138	118	38,5	90	1.739	221	556	73	29,5	240	8,23	17,94	1,000	617	63	W 150 x 29,8	W 150 x 37,1	37,1	162	5,8	8,1	139	119	47,8	91	2.244	277	707	92	38,8	249	6,64	14,67	1,000	811	83	W 150 x 37,1	W 200 x 35,9	35,9	201	6,2	10,2	181	161	45,7	103	3.437	342	764	93	35,4	332	8,09	25,90	1,000	740	75	W 200 x 35,9	W 200 x 41,7	41,7	205	6,2	11,8	181	157	53,5	104	4,114	401	901	109	43,1	340	7,03	21,86	1,000	901	92	W 200 x 41,7	W 200 x 46,1	46,1	203	7,2	11,0	181	161	58,6	119	4,543	448	1.535	151	46,7	412	9,23	22,36	1,000	976	100	W 200 x 46,1	W 200 x 52,0	52,0	204	7,9	12,6	181	157	66,9	119	5,298	514	1.784	175	55,0	420	8,10	19,85	1,000	1150	117	W 200 x 52,0	HP 200 x 53,0	53,0	204	11,3	181	161	120	4,977	488	1.673	162	56,2	422	9,16	14,28	1,000	1175	120	HP 200 x 53,0	W 200 x 59,0	59,0	210	9,1	14,2	182	158	76,0	120	6,140	585	2.041	199	64,0	431	7,22	17,32	1,000	1338	136	W 200 x 59,0	W 200 x 71,0	71,0	216	10,2	17,4	181	161	91,0	122	7,660	709	2.537	246	78,8	445	5,92	15,80	1,000	1649	168	W 200 x 71,0	W 200 x 86,0	86,0	222	13,0	20,6	181	157	110,9	123	9,498	856	3.139	300	98,5	464	5,07	12,06	1,000	2060	210	W 200 x 86,0	HP 250 x 62,0	62,0	246	256	10,5	20,7	225	201	79,6	147	8,728	710	2.995	234	64,9	630	11,96	19,10	1,000	1356	138	HP 250 x 62,0	W 250 x 73,0	73,0	253	254	8,6	14,2	225	201	92,7	148	11,257	890	3.880	306	77,8	643	8,94	23,33	1,000	1628	166	W 250 x 73,0	W 250 x 80,0	80,0	256	255	9,4	15,6	225	201	101,9	149	12,550	980	4,313	338	87,0	338	8,17	21,36	1,000	1819	185	W 250 x 80,0	HP 250 x 85,0	85,0	254	260	14,4	14,4	225	201	108,5	150	12,280	967	4,225	325	93,6	660	9,03	13,97	1,000	1956	199	HP 250 x 85,0	W 250 x 89,0	89,0	260	256	10,7	17,3	225	201	113,9	150	14,237	1095	4,841	378	98,9	666	7,40	18,82	1,000	2068	211	W 250 x 89,0	W 250 x 101,0	101,0	264	257	11,9	19,6	225	201	128,7	151	16,352	1239	5,549	432	113,6	678	6,56	16,87	1,000	2376	242	W 250 x 101,0	W 250 x 115,0	115,0	269	259	13,5	22,1	225	201	146,1	153	18,920	1407	6,405	495	130,8	697	5,86	14,87	1,000	2735	279	W 250 x 115,0	HP 310 x 79,0	79,0	299	306	11,0	11,0	277	245	100,0	177	16,316	1091	5,258	344	82,3	915	13,91	22,27	0,988	1699	173	HP 310 x 79,0	HP 310 x 93,0	93,0	303	308	13,1	13,1	277	245	119,2	178	19,682	1299	6,387	315	101,3	933	11,76	18,69	1,000	2118	216	HP 310 x 93,0	W 310 x 97,0	97,0	308	305	9,9	15,4	277	245	123,6	179	22,284	1447	7,286	478	105,7	939	9,90	24,77	1,000	2210	225	W 310 x 97,0	W 310 x 107,0	107,0	311	306	10,9	17,0	277	245	136,4	180	24,839	1597	8,123	531	118,5	952	9,00	22,48	1,000	2477	253	W 310 x 107,0	HP 310 x 110,0	110,0	310	310	15,4	15,5	277	245	141,0	180	23,703	1539	7,707	497	123,0	955	10,00	15,91	1,000	2571	262	HP 310 x 110,0	W 310 x 117,0	117,0	314	307	11,9	18,7	277	245	149,9	180	27,563	1756	9,204	588	131,9	964	8,21	20,55	1,000	2758	281	W 310 x 117,0	HP 310 x 125,0	125,0	312	312	17,4	27,7	245	277	159,0	181	27,076	1736	8,823	566	140,9	973	8,97	14,09	1,000	2946	300	HP 310 x 125,0	W 360 x 91,0	91,0	353	254	9,5	16,4	320	288	115,9	168	26,755	1516	4,483	353	99,2	897	7,74	30,34	1,000	2074	211	W 360 x 91,0	W 360 x 101,0	101,0	357	255	10,5	18,3	320	286	129,5	168	30,279	1696	5,063	397	112,6	910	6,97	27,28	1,000	2355	240	W 360 x 101,0	W 360 x 110,0	110,0	360	256	11,4	19,9	320	288	140,6	169	33,155	1842	5,570	435	123,7	922	6,43	25,28	1,000	2585	264	W 360 x 110,0	W 360 x 122,0	122,0	363	257	13,0	21,7	320	288	155,3	170	36,599	2016	6,147	478	138,3	933	5,92	22,12	1,000	2891	295	W 360 x 122,0	W 150 x 13,0	13,0	148	100	4,3	4,9	138	118	16,6	67	635	86	82	16	9,9	148	10,20	27,49	1,000	207	21	W 150 x 13,0	W 150 x 18,0	18,0	153	102	5,8	7,1	139	119	23,4	69	939	123	126	25	16,5	156	7,18	20,48	1,000	2346	35	W 150 x 18,0	W 150 x 24,0	24,0	160	6,6	10,3	139	115	31,5	69	1,384	173	183	36	24,5	163	4,95	17,48	1,000	512	52	W 150 x 24,0	W 200 x 15,0	15,0	200	100	4,3	5,2	190	170	19,4	77	1,305	130	87	17	11,7	200	9,62	39,44	0,973	237	24	W 200 x 15,0	W 200 x 19,3	19,3	203	102	5,8	6,5	190	170	25,1	79	1,686	166	116	23	17,3	207	7,85	29,31	1,000	361	37	W 200 x 19,3	W 200 x 22,5	22,5	206	102	6,2	8,0	190	170	29,0	79	2,029	197	142	28	21,1	210	6,38	27,42	1,000	440	45	W 200 x 22,5	W 200 x 26,6	26,6	207	133	5,8	8,4	190	170	34,2	92	2,611	252	330	50	25,1	275	7,92	29,34	1,000	524	53	W 200 x 26,6	W 200 x 31,3	31,3	210	134	6,4	10,2	190	170	40,3	93	3,168	302	410	61	31,1	281	6,57	26,50	1,000	650	66	W 200 x 31,3	W 250 x 17,9	17,9	251	101	4,8	5,3	240	220	23,1	88	2,291	183	91	18	14,3	254	9,53	45,92	0,921	276	28	W 250 x 17,9	W 250 x 22,3	22,3	254	102	5,8	6,9	240	220	28,9	89	2,939	231	123	24	20,0	259	7,39	37,97	0,980	410	42	W 250 x 22,3	W 250 x 25,3	25,3	257	102	6,1	8,4	240	220	32,6	89	3,473	270	149	29	23,7	262	6,07	36,10	0,996	494	50	W 250 x 25,3	W 250 x 28,4	28,4	260	102	6,4	10,0	240	220	36,6	90	4,046	311	178	35	27,6	265	5,10	34,38	1,000	578	59	W 250 x 28,4	W 250 x 32,7	32,7	258	146	6,1	9,1	240	220	42,1	107	4,937	383	473	65	31,4	377	8,02	36,03	0,997	654	67	W 250 x 32,7	W 250 x 38,5	38,5	262	147	6,6	11,2	240	220	49,6	108	6,057	462	594	81	38,8	385	6,56	33,27	1,000	811	83	W 250 x 38,5	W 250 x 44,8	44,8	266	148	7,6	130	240	220	57,6	109	7,158	538	704	95	46,7	394	5,69	28,95	1,000	976	99	W 250 x 44,8

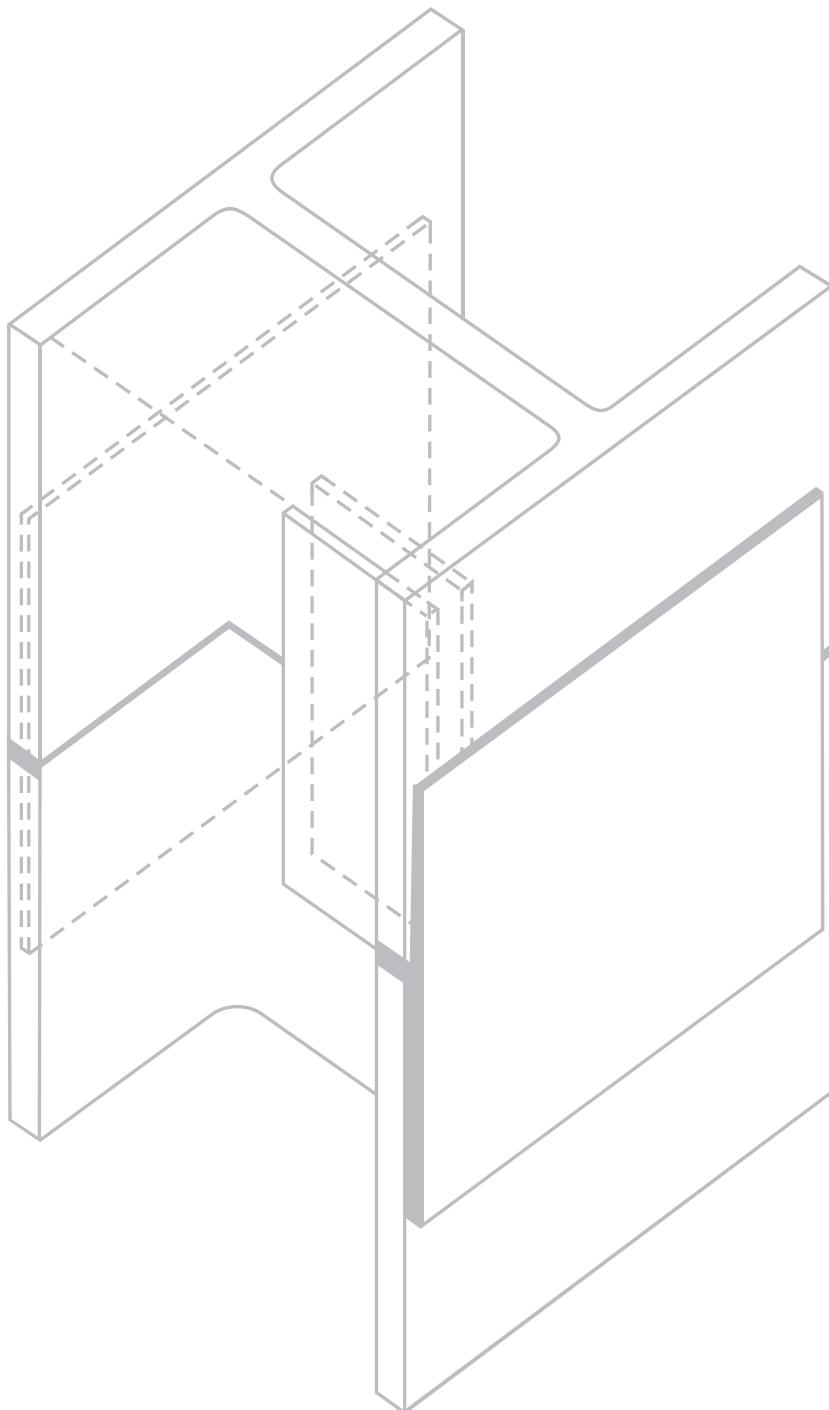
W 310 x 21,0	21,0	303	101	5,1	5,7	292	272	27,2	98	3.776	249	98	19	17,4	306	8,86	53,25	0,865	315	32	W 310 x 21,0
W 310 x 23,8	23,8	305	101	5,6	6,7	292	272	30,7	99	4.346	285	116	23	20,9	308	7,54	48,50	0,897	391	40	W 310 x 23,8
W 310 x 28,3	28,3	309	102	6,0	8,9	291	271	36,5	100	5.500	356	158	31	26,5	315	5,73	45,20	0,928	514	52	W 310 x 28,3
W 310 x 32,7	32,7	313	102	6,6	10,8	291	271	42,1	100	6.570	420	192	38	32,1	319	4,72	41,12	0,958	642	66	W 310 x 32,7
W 310 x 38,7	38,7	310	165	5,8	9,7	291	271	49,7	125	8.581	554	727	88	37,2	512	8,51	46,66	0,942	733	75	W 310 x 38,7
W 310 x 44,5	44,5	313	166	6,6	11,2	291	271	57,2	126	9.997	639	855	103	44,6	520	7,41	41,00	0,970	905	92	W 310 x 44,5
W 310 x 52,0	52,0	317	167	7,6	13,2	291	271	67,0	127	11.909	751	1.026	123	54,3	529	6,33	35,61	1,000	1136	116	W 310 x 52,0
W 360 x 32,9	32,9	349	127	5,8	8,5	332	308	42,1	117	8.358	479	291	46	30,3	443	7,47	53,10	0,888	563	57	W 360 x 32,9
W 360 x 39,0	39,0	353	128	6,5	10,7	332	308	50,2	118	10.331	585	375	59	38,3	452	5,98	47,32	0,923	740	75	W 360 x 39,0
W 360 x 44,6	44,0	352	171	6,9	9,8	332	308	57,7	135	12.258	696	818	96	44,2	602	8,72	44,70	0,943	870	89	W 360 x 44,6
W 360 x 51,0	51,0	355	171	7,2	11,6	332	308	64,8	136	14.222	801	968	113	51,2	607	7,37	42,75	0,957	1025	104	W 360 x 51,0
W 360 x 58,0	57,8	358	172	7,9	13,1	332	308	72,5	137	16.143	902	1.113	129	58,8	616	6,56	38,96	0,979	1204	123	W 360 x 58,0
W 360 x 64,0	64,0	347	203	7,7	13,5	320	288	81,6	146	17.890	1031	1.885	186	67,0	704	7,52	37,40	0,991	1388	142	W 360 x 64,0
W 360 x 72,0	72,0	350	204	8,6	15,1	320	288	91,3	147	20.169	1152	2.140	210	76,6	714	6,75	33,47	1,000	1602	163	W 360 x 72,0
W 360 x 79,0	79,0	354	205	9,4	16,8	320	288	101,2	148	22.713	1283	2.416	236	86,4	726	6,10	30,68	1,000	1806	184	W 360 x 79,0
W 410 x 38,8	38,8	399	140	6,4	8,8	381	357	50,3	132	12.777	640	404	58	37,0	559	7,95	55,84	0,866	671	68	W 410 x 38,8
W 410 x 46,1	46,1	403	140	7,0	11,2	381	357	59,2	133	15.690	779	514	73	45,9	564	6,25	50,94	0,900	864	88	W 410 x 46,1
W 410 x 53,0	53,0	403	177	7,5	10,9	381	357	68,4	148	18.734	930	1.009	114	53,6	713	8,12	47,63	0,923	1035	106	W 410 x 53,0
W 410 x 60,0	60,0	407	178	7,7	12,8	381	357	76,2	149	21.707	1067	1.205	135	61,3	724	6,95	46,42	0,935	1198	122	W 410 x 60,0
W 410 x 67,0	67,0	410	179	8,8	14,4	381	357	86,3	150	24.678	1204	1.379	154	71,4	734	6,22	40,59	0,967	1443	147	W 410 x 67,0
W 410 x 75,0	75,0	413	180	9,7	16,0	381	357	95,8	151	27.616	1337	1.559	173	80,7	743	5,63	36,80	0,992	1674	171	W 410 x 75,0
W 410 x 85,0	85,0	417	181	10,9	18,2	381	357	108,6	152	31.658	1518	1.804	199	93,4	755	4,97	32,72	1,000	1954	199	W 410 x 85,0
W 460 x 52,0	52,0	450	152	7,6	10,8	428	404	66,6	147	21.370	950	634	83	51,9	684	7,04	53,21	0,878	953	97	W 460 x 52,0
W 460 x 60,0	60,0	455	153	8,0	13,3	428	404	76,2	149	25.652	1128	796	104	61,4	696	5,75	50,55	0,901	1156	118	W 460 x 60,0
W 460 x 68,0	68,0	459	154	9,1	15,4	428	404	87,6	150	29.851	1301	941	122	72,7	707	5,00	44,42	0,937	1423	145	W 460 x 68,0
W 460 x 74,0	74,0	457	190	9,0	14,5	428	404	94,9	164	33.415	1452	1.661	175	78,5	868	6,55	44,89	0,939	1542	157	W 460 x 74,0
W 460 x 82,0	82,0	460	191	9,9	16,0	428	404	104,7	164	37.157	1616	1.862	195	88,3	879	5,97	40,81	0,964	1780	181	W 460 x 82,0
W 460 x 89,0	89,0	463	192	10,5	17,7	428	404	114,1	165	41.105	1776	2.093	218	97,6	889	5,42	38,44	0,980	2000	204	W 460 x 89,0
W 460 x 97,0	97,0	466	193	11,4	19,0	428	404	123,4	166	44.658	1917	2.283	237	106,8	899	5,08	35,44	1,000	2232	228	W 460 x 97,0
W 460 x 106,0	106,0	469	194	12,6	20,6	428	404	135,1	167	48.978	2089	2.515	259	118,4	910	4,71	32,05	1,000	2475	252	W 460 x 106,0
W 530 x 66,0	66,0	525	165	8,9	11,4	502	478	83,6	167	34.971	1332	857	104	66,8	866	7,24	53,73	0,862	1205	123	W 530 x 66,0
W 530 x 72,0	72,0	524	207	9,0	10,9	502	478	91,6	184	39.969	1526	1.615	156	73,2	1085	9,50	53,13	0,876	1340	137	W 530 x 72,0
W 530 x 74,0	74,0	529	166	9,7	13,6	502	478	95,1	168	40.969	1549	1.041	125	78,2	878	6,10	49,26	0,894	1463	149	W 530 x 74,0
W 530 x 82,0	82,0	528	209	9,5	13,3	501	477	104,5	185	47.569	1802	2.028	194	85,9	1104	7,86	50,25	0,900	1618	165	W 530 x 82,0
W 530 x 85,0	85,0	535	166	10,3	16,5	502	478	107,7	169	48.453	1811	1.263	152	90,8	888	5,03	46,41	0,918	1743	178	W 530 x 85,0
W 530 x 92,0	92,0	533	209	10,2	15,6	502	478	117,6	186	55.157	2070	2.379	228	99,0	1114	6,70	46,84	0,923	1911	195	W 530 x 92,0
W 530 x 101,0	101,0	537	210	10,9	17,4	502	470	130,0	186	62.198	2317	2.693	256	111,4	1128	6,03	43,14	0,948	2208	225	W 530 x 101,0
W 530 x 109,0	109,0	539	211	11,6	18,8	501	469	139,7	187	67.226	2494	3.952	280	121,0	1137	5,61	40,47	0,965	2442	249	W 530 x 109,0
W 610 x 101,0	101,0	603	228	10,5	14,9	573	541	130,3	207	77.003	2554	2.951	259	109,6	1375	7,65	51,54	0,893	2047	209	W 610 x 101,0
W 610 x 113,0	113,0	608	228	11,2	17,3	573	541	145,3	208	88.196	2901	3.426	301	124,5	1386	6,59	48,34	0,914	2380	243	W 610 x 113,0
W 610 x 125,0	125,0	612	229	11,9	19,6	573	541	160,1	209	99.184	3241	3.933	344	139,2	1401	5,84	45,45	0,933	2717	277	W 610 x 125,0
W 610 x 140,0	140,0	617	230	13,1	22,2	573	541	179,3	210	111,519	3651	4.515	393	158,3	1419	5,18	41,27	0,960	3177	324	W 610 x 140,0
W 610 x 155,0	155,0	611	324	12,7	19,0	573	541	198,1	247	129,583	4242	10.783	666	173,4	1980	8,53	42,60	0,957	3471	354	W 610 x 155,0
W 610 x 174,0	174,0	616	325	14,0	21,6	573	541	222,8	248	147,754	4797	12.374	761	198,0	2002	7,52	38,63	0,981	4060	414	W 610 x 174,0





## **ANEXO II**

### **Tabela de Perfis – propriedades geométricas considerando a corrosão**



Anexo 2	SEM CORROSÃO				CORROSÃO 1,0 mm				CORROSÃO 1,5 mm				CORROSÃO 2,0 mm				
	BITOLA	Eixo X - X	Eixo Y - Y	Eixo X - X	I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	I <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>	I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	I <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>	I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	I <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>	
DESIGNAÇÃO mm x kg/m																	
W 150 x 22,5	1229	161,7	387	50,9	866	115,5	259	34,5	687	92,2	199	26,7	509	68,8	141	19,0	
W 150 x 29,8	1739	221,5	556	72,6	1357	175,1	419	55,5	1169	151,8	355	47,3	983	128,4	292	39,3	
W 150 x 37,1	2244	277,0	707	91,8	1843	230,3	563	74,0	1645	206,9	494	65,4	1448	183,4	428	57,1	
W 200 x 35,9	3437	342,0	764	92,6	2730	274,3	592	72,7	2380	240,4	510	63,0	2032	206,3	431	53,6	
W 200 x 41,7	4114	401,4	901	108,5	3384	333,4	721	88,0	3023	299,3	636	78,0	2665	265,2	553	68,3	
W 200 x 46,1	4543	447,6	1535	151,2	3685	366,7	1219	121,3	3260	326,0	1067	106,7	2838	285,2	920	92,4	
W 200 x 52,0	5298	514,4	1784	174,9	4423	433,6	1457	144,3	3989	393,0	1300	129,4	3558	352,3	1147	114,7	
HP 200 x 53,0	4977	488,0	1673	161,7	4103	406,3	1337	130,5	3671	365,3	1176	115,3	3241	324,1	1019	100,4	
W 200 x 59,0	6140	584,8	2041	199,1	5235	503,3	1702	167,7	4786	462,4	1540	152,4	4341	421,5	1381	137,4	
W 200 x 71,0	7660	709,2	2537	246,3	6711	627,2	2180	213,8	6241	586,0	2009	197,9	5775	544,8	1842	182,3	
W 200 x 86,0	9498	855,7	3139	300,4	8505	773,1	2753	266,0	8013	731,8	2567	249,2	7525	690,4	2386	232,8	
HP 250 x 62,0	8728	709,6	2995	234,0	7122	583,7	2378	187,3	6324	520,5	2080	164,4	5531	457,1	1788	141,9	
W 250 x 73,0	11257	889,9	3880	305,5	9591	764,2	3255	258,3	8764	701,1	2953	235,3	7942	637,9	2657	212,6	
W 250 x 80,0	12550	980,5	4313	338,3	10850	854,3	3672	290,3	10007	791,0	3362	266,8	9168	727,6	3058	243,7	
HP 250 x 85,0	12280	966,9	4225	325,0	10581	839,8	3554	275,5	9739	776,0	3229	251,3	8900	712,0	2911	227,5	
W 250 x 89,0	14237	1095,1	4841	378,2	12492	968,3	4181	329,2	11626	904,8	3861	305,2	10765	841,0	3549	281,6	
W 250 x 101,0	16352	1238,8	5549	431,8	14567	1112,0	4867	381,7	13681	1048,4	4536	357,2	12801	984,7	4212	333,0	
W 250 x 115,0	18920	1406,7	6405	494,6	17075	1279,0	5691	442,8	16160	1215,1	5344	417,5	15250	1151,0	5005	392,5	
HP 310 x 79,0	16316	1091,3	5258	343,7	13437	904,9	4218	277,5	12007	811,3	3712	245,0	10583	717,5	3216	213,0	
HP 310 x 93,0	19682	1299,1	6387	414,7	16742	1112,4	5306	346,8	15281	1018,7	4781	313,5	13826	924,8	4265	280,6	
W 310 x 97,0	22284	1447,0	7286	477,8	19284	1260,4	6216	410,3	17794	1166,8	5695	377,1	16310	1073,0	5184	344,4	
W 310 x 107,0	24839	1597,3	8123	530,9	21793	1410,6	7027	462,3	20280	1316,9	6494	428,6	18774	1223,0	5970	395,4	
HP310x110,0	23703	1539,1	7707	497,3	20683	1351,8	6583	427,4	19183	1257,9	6035	393,2	17689	1163,7	5498	359,4	
W 310 x 117,0	27563	1755,6	9024	587,9	24473	1568,8	7901	518,1	22937	1475,1	7355	483,9	21409	1381,2	6819	450,1	
HP310x125,0	27076	1735,6	8823	565,6	23987	1547,6	7658	494,1	22453	1453,3	7091	459,0	20925	1358,8	6535	424,3	
W 360 x 91,0	26755	1515,9	4483	353,0	23275	1326,2	3844	305,0	21548	1231,3	3534	281,6	19828	1136,3	3231	258,5	
W 360 x 101,0	30279	1696,3	5063	397,1	26735	1506,2	4403	348,1	24975	1411,0	4084	324,1	23224	1315,8	3772	300,5	
W 360 x 110,0	33155	1841,9	5570	435,2	29555	1651,1	4893	385,3	27767	1555,6	4565	360,9	25988	1460,0	4244	336,8	
W 360 x 122,0	36599	2016,5	6147	478,4	32953	1825,6	5450	427,5	31142	1730,1	5112	402,5	29341	1634,6	4782	378,0	
W 150 x 13,0	635	85,8	82	16,4	392	53,6	46	9,3	272	37,5	29	6,0	154	21,3	13	2,8	
W 150 x 18,0	939	122,8	126	24,7	680	90,0	85	17,1	552	73,6	67	13,4	426	57,1	49	10,0	
W 150 x 24,0	1384	173,0	183	35,9	1106	140,0	139	27,8	970	123,6	119	24,0	835	107,1	99	20,3	
W 200 x 15,0	1305	130,5	87	17,4	821	82,9	50	10,3	582	59,1	34	6,9	346	35,4	18	3,7	
W 200 x 19,3	1686	166,1	116	22,7	1184	117,8	75	15,1	937	93,7	57	11,5	693	69,6	39	8,1	
W 200 x 22,5	2029	197,0	142	27,9	1515	148,6	100	20,1	1263	124,4	81	16,4	1013	100,3	63	12,9	
W 200 x 26,6	2611	252,3	330	49,6	1970	192,2	240	36,7	1654	162,1	198	30,5	1340	132,0	158	24,4	
W 200 x 31,3	3168	301,7	410	61,2	2510	241,4	315	47,7	2186	211,2	270	41,2	1864	181,0	227	35,0	
W 250 x 17,9	2291	182,6	91	18,1	1465	117,7	54	10,8	1058	85,3	36	7,4	655	53,0	20	4,1	
W 250 x 22,3	2939	231,4	123	24,1	2093	166,1	82	16,4	1676	133,5	63	12,8	1263	101,0	46	9,3	
W 250 x 25,3	3473	270,2	149	29,3	2610	204,7	107	21,4	2185	172,0	88	17,7	1764	139,5	69	14,1	
W 250 x 28,4	4046	311,2	178	34,8	3167	245,5	134	26,8	2734	212,7	114	22,9	2305	180,1	94	19,3	
W 250 x 32,7	4937	382,7	473	64,8	3797	296,6	354	49,1	3233	253,6	298	41,6	2673	210,5	244	34,3	
W 250 x 38,5	6057	462,4	594	80,8	4884	375,7	468	64,5	4304	332,3	408	56,7	3728	289,0	351	49,1	
W 250 x 44,8	7158	538,2	704	95,1	5951	450,8	571	78,3	5354	407,2	509	70,2	4762	363,5	448	62,3	

**PERFIS I**

W 310 x 21,0	3776	249,2	98	19,5	2490	165,4	60	12,1	1855	123,7	43	8,7	1226	82,0	26	5,4
W 310 x 23,8	4346	285,0	116	22,9	3046	201,1	76	15,4	2406	159,3	58	11,9	1771	117,6	41	8,5
W 310 x 28,3	5500	356,0	158	31,0	4164	271,3	115	23,1	3505	229,1	96	19,3	2851	187,0	77	15,7
W 310 x 32,7	6570	419,8	192	37,6	5204	334,7	147	29,4	4530	292,3	127	25,6	3862	250,0	107	21,8
W 310 x 38,7	8581	553,6	727	88,1	6669	433,1	556	68,2	5722	372,8	475	58,6	4781	312,5	397	49,3
W 310 x 44,5	9997	638,8	855	103,0	8049	517,6	677	82,5	7085	457,1	592	72,7	6126	396,5	510	63,0
W 310 x 52,0	11909	751,4	1026	122,9	9916	629,6	839	101,7	8929	568,7	750	91,5	7948	507,9	664	81,5
W 360 x 32,9	8358	479,0	291	45,9	6282	362,1	212	33,9	5255	303,8	175	28,3	4236	245,6	140	22,8
W 360 x 39,0	10331	585,3	375	58,6	8206	467,6	291	46,2	7155	408,9	251	40,2	6113	350,3	213	34,4
W 360 x 44,6	12258	696,5	818	95,7	9639	550,8	628	74,4	8341	478,0	538	64,1	7051	405,2	451	54,0
W 360 x 51,0	14222	801,2	968	113,3	11571	655,6	773	91,5	10258	582,8	680	81,0	8952	510,1	591	70,7
W 360 x 58,0	16143	901,8	1113	129,4	13447	755,5	910	107,1	12111	682,3	813	96,3	10784	609,2	720	85,7
W 360 x 64,0	17890	1031,1	1885	185,7	15060	873,0	1558	155,1	13656	794,0	1402	140,2	12261	714,9	1249	125,5
W 360 x 72,0	20169	1152,5	2140	209,8	17294	993,9	1802	178,4	15868	914,6	1640	163,1	14450	835,3	1482	148,2
W 360 x 79,0	22713	1283,2	2416	235,7	19774	1123,5	2066	203,6	18317	1043,7	1898	187,9	16868	963,9	1734	172,6
W 410 x 38,8	12777	640,5	404	57,7	9729	490,1	299	43,3	8220	415,2	249	36,4	6721	340,3	202	29,7
W 410 x 46,1	15690	778,7	514	73,4	12596	628,2	404	58,5	11064	553,2	352	51,4	9542	478,3	302	44,5
W 410 x 53,0	18734	929,7	1009	114,0	15071	751,7	796	91,0	13255	662,8	694	79,8	11449	573,9	596	68,9
W 410 x 60,0	21707	1066,7	1205	135,4	17967	887,3	982	111,6	16114	797,7	876	100,1	14270	708,2	773	88,9
W 410 x 67,0	24678	1203,8	1379	154,1	20886	1023,8	1148	129,7	19006	934,0	1037	117,9	17136	844,1	930	106,3
W 410 x 75,0	27616	1337,3	1559	173,2	23768	1156,6	1318	148,1	21861	1066,4	1203	136,0	19964	976,2	1092	124,1
W 410 x 85,0	31658	1518,4	1804	199,3	27742	1337,0	1552	173,4	25800	1246,4	1431	160,8	23870	1155,9	1314	148,5
W 460 x 52,0	21370	949,8	634	83,5	17109	763,8	496	66,2	14997	671,0	431	57,8	12898	578,4	368	49,7
W 460 x 60,0	25652	1127,6	796	104,1	21290	940,0	650	86,1	19128	846,4	580	77,4	16980	753,0	514	68,9
W 460 x 68,0	29851	1300,7	941	122,2	25412	1112,1	786	103,5	23211	1018,0	713	94,4	21024	924,1	642	85,7
W 460 x 74,0	33415	1462,4	1661	174,8	28305	1244,2	1386	147,5	25770	1135,2	1255	134,2	23247	1026,4	1127	121,2
W 460 x 82,0	37157	1615,5	1862	195,0	31978	1396,4	1578	167,0	29408	1287,0	1442	153,4	26852	1177,7	1309	140,0
W 460 x 89,0	41105	1775,6	2093	218,0	35856	1555,6	1798	189,2	33252	1445,7	1656	175,3	30662	1336,0	1519	161,6
W 460 x 97,0	44658	1916,7	2283	236,6	39337	1695,5	1978	207,1	36696	1585,1	1832	192,9	34069	1474,9	1690	178,9
W 460 x 106,0	48978	2088,6	2515	259,3	43589	1866,8	2199	229,1	40915	1756,0	2048	214,5	38255	1645,4	1901	200,1
W 530 x 66,0	34971	1332,2	857	103,9	28484	1089,2	681	83,5	25266	968,0	597	73,7	22065	847,0	516	64,1
W 530 x 72,0	39969	1525,5	1615	156,0	32399	1241,3	1280	124,9	28640	1099,4	1119	109,7	24897	957,6	963	94,9
W 530 x 74,0	40969	1548,9	1041	125,5	34378	1304,7	855	104,3	31109	1182,8	767	94,1	27857	1061,2	682	84,2
W 530 x 82,0	47569	1801,8	2028	194,1	39861	1515,6	1673	161,6	36033	1372,7	1503	145,9	32223	1229,9	1337	130,4
W 530 x 85,0	48453	1811,3	1263	152,2	41731	1565,9	1069	130,4	38396	1443,5	977	119,9	35080	1321,3	888	109,6
W 530 x 92,0	55157	2069,7	2379	227,6	47330	1782,7	2014	194,5	43442	1639,3	1838	178,5	39573	1496,1	1667	162,7
W 530 x 101,0	62198	2316,5	2693	256,5	54292	2029,6	2315	222,6	50367	1886,4	2133	206,1	46459	1743,3	1956	189,9
W 530 x 109,0	67226	2494,5	2952	279,8	59258	2207,0	2562	245,2	55501	2063,5	2334	228,3	51362	1920,1	2192	211,8
W 610 x 101,0	77003	2554,0	2951	258,8	65907	2193,2	2487	220,1	60392	2013,1	2263	201,2	54901	1833,1	2045	182,6
W 610 x 113,0	88196	2901,2	3426	300,5	76948	2539,6	2949	261,0	71359	2359,0	2719	241,7	65793	2178,6	2495	222,8
W 610 x 125,0	99184	3241,3	3933	343,5	87791	2878,4	3438	302,9	82129	2697,2	3199	283,1	76491	2516,2	2966	263,6
W 610 x 140,0	112619	3650,5	4515	392,6	101048	3286,1	3999	350,8	95298	3104,2	3750	330,4	89572	2922,4	3507	310,4
W 610 x 155,0	129583	4241,7	10783	685,6	114901	3773,4	9468	588,1	107595	3539,3	8827	550,0	100312	3305,2	8197	512,3
W 610 x 174,0	147754	4797,2	12374	761,5	132868	4328,0	11019	682,3	125461	4093,4	10359	643,4	10359	3858,8	9710	605,0





## VENDAS

### SUDESTE

**São Paulo**

**Tel. (11) 3094-6600**

**Fax (11) 3094-6303**

e-mail: atendimento@gerdau.sp@gerdau.com.br

**Rio de Janeiro**

**Tel. (21) 3974-7529**

**Fax (21) 3974-7592**

e-mail: atendimento@gerdau.rj@gerdau.com.br

**Minas Gerais**

**Tel. (31) 3369-4600**

**Fax (31) 3369-4647**

e-mail: atendimento@gerdau.mg@gerdau.com.br

### CENTRO-OESTE

**Tel. (62) 4005-6000**

**Fax (62) 4005-6002**

e-mail: atendimento@gerdau.cto@gerdau.com.br

### NORTE / NORDESTE

**Pernambuco**

**Tel. (81) 3452-7755**

**Fax (81) 3452-7635**

e-mail: atendimento@gerdau.nne@gerdau.com.br

### SUL

**Rio Grande do Sul**

**Tel. (51) 3450-7855**

**Fax (51) 3323-2800**

**Paraná**

**Tel. (41) 3314-3646**

**Fax (41) 3314-3615**

e-mail: atendimento@gerdau.sul@gerdau.com.br



[www.gerdau.com.br](http://www.gerdau.com.br)