

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL REI  
CAMPUS ALTO PARAPEBA  
ENGENHARIA CIVIL



**RAUL BERNARDO TORTA MONTEIRO**  
**TALES AUGUSTO MARTINS AGUIAR**

**ESTUDO SOBRE A ECONOMIA DE AÇO ATRAVÉS DA APLICAÇÃO  
DE SEÇÕES DECRESCENTES NO DIMENSIONAMENTO DE ESTACAS  
METÁLICAS**

Ouro Branco  
Julho de 2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL REI  
CAMPUS ALTO PARAÓPEBA  
ENGENHARIA CIVIL



**RAUL BERNARDO TORTA MONTEIRO**  
**TALES AUGUSTO MARTINS AGUIAR**

**ESTUDO SOBRE A ECONOMIA DE AÇO ATRAVÉS DA APLICAÇÃO  
DE SEÇÕES DECRESCENTES NO DIMENSIONAMENTO DE ESTACAS  
METÁLICAS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à  
Coordenação do Curso de Graduação em  
Engenharia Civil da Universidade Federal de São  
João Del Rei, como requisito parcial para a obtenção  
do grau de Bacharel em Engenharia Civil

**Orientador: Prof. Leandro Neves Duarte**

Ouro Branco  
Julho de 2022

Ficha catalográfica elaborada pela Divisão de Biblioteca (DIBIB)  
e Núcleo de Tecnologia da Informação (NTINF) da UFSJ,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M775e

Monteiro, Raul Bernardo Torta.

Estudo sobre a economia de aço através da aplicação de seções decrescentes no dimensionamento de estacas metálicas./ Raul Bernardo Torta Monteiro; Tales Augusto Martins Aguiar; orientador Leandro Neves Duarte. -- Ouro Branco, MG, 2022.

24 p.

Trabalho de Conclusão (Graduação - Engenharia Civil) -  
Universidade Federal de São João del-Rei, 2022.

1. Fundação profunda 2. Estaca metálica 3. Seção decrescente I.  
Aguiar, Tales Augusto Martins. II. Duarte, Leandro Neves, orient. III.  
Título.



**FOLHA DE APROVAÇÃO**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI  
CAMPUS ALTO PARAPEBA

*DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO*

Título: Estudo sobre a economia de aço através da aplicação de seções decrescentes no dimensionamento de estacas metálicas

**Autores: Raul Bernardo Torta Monteiro**

**Tales Augusto Martins Aguiar**

Aprovada como parte das exigências para obtenção do diploma de Bacharel em Engenharia Civil.

---

Prof. Dr. Leandro Neves Duarte – UFSJ  
(Orientador)

---

Eng. Anderson Ravik dos Santos  
(Avaliador Convidado)

---

Prof. Paulo Roberto Borges  
(Avaliador Interno)

Ouro Branco-MG  
19 de julho de 2022



## RESUMO

A utilização de estacas metálicas como solução de projetos de fundação profunda vem ganhando maior aplicabilidade atualmente graças à maior variedade e disponibilidade de perfis. Um fator relevante para ponderar o uso dessa solução é sua viabilidade econômica. Tendo em mente que as fundações profundas dissipam a carga solicitante ao longo de sua profundidade, é possível adotar perfis de menor dimensão e, conseqüentemente mais baratos, à medida que avançamos em profundidade. Tal tecnologia denominada de estacas metálicas de seção decrescente apresenta ganhos econômicos e pode tornar a solução viável economicamente.

**Palavras-chave:** fundação profunda, estacas metálicas, seção decrescente

## ABSTRACT

The use of pile steel structure as a solution for deep foundation projects has gained greater enforceability nowadays due to availability and a broader range of profiles. A relevant factor to consider in the use of this solution is its economic viability. Bearing in mind that deep foundations dissipate the requesting load along their extent, it is possible to adopt smaller profiles and, therefore, cheaper ones, as it advances in depth. Such technology called decreasing section metallic piles delivers economic gains and can make the solution financially accessible.

**Keywords:** deep foundation, pile steel structure , decreasing section

## 1. INTRODUÇÃO

No estudo das edificações, a fundação é a parte responsável por receber as cargas e solicitações atuantes na superestrutura e transmiti-las ao solo. O tipo de fundação a ser adotada em uma obra de engenharia é alvo de estudos do projetista com base nas características do projeto: carga solicitante, perfil do terreno, estudo de resistência do solo, edificações vizinhas, entre outros fatores.



Considerando os dispostos da ABNT NBR 6122 (2019), as fundações profundas, também chamada de indiretas, transmitem a carga ao terreno ou pela base (resistência de ponta) ou por sua superfície lateral (resistência de fuste) ou por uma combinação das duas, sendo sua ponta ou base apoiada em uma profundidade superior a oito vezes sua menor dimensão em planta e no mínimo 3,0 m.

Nos últimos 20 anos, a aplicação de estacas metálicas como elementos de fundação vem crescendo em aplicação e destaque na engenharia, principalmente pela maior variedade de perfis e tamanhos no mercado. De acordo com Azeredo (1997), podemos listar como vantagens de utilização das estacas metálicas os seguintes aspectos: facilidade de manuseio e transporte; facilidade de cravação (dada a espessura reduzida das chapas, cortam facilmente o terreno); obtenção em qualquer comprimento, sem que haja qualquer tipo de perda; facilidade de corte e de emenda por meio de solda elétrica; e o atrito que se manifesta na cravação não é muito acentuado.

Com base na premissa de trabalho de uma fundação profunda e vantagens de aplicação de estacas metálicas, o manual de Estacas Metálicas da Gerdau (2018), em sua nona edição, traz o conceito de estacas metálicas de seção transversal decrescente. Tal conceito apoia a utilização de perfis de menor dimensão nas maiores profundidades da estaca, uma vez que parte da carga já foi dissipada ao solo e um perfil de menores dimensões seria capaz de suportar a carga remanescente que chega à sua profundidade.

Este trabalho tem como objetivo comparar os resultados obtidos a partir da utilização de estacas de seção constante e de seção decrescente no dimensionamento de um mesmo projeto de fundações de estacas metálicas e sua análise econômica.

## **2. ASPECTOS CONCEITUAIS E NORMATIVOS**

### **2.1 ENSAIOS GEOTÉCNICOS**

Os ensaios geotécnicos são ações efetuadas para estudar o solo ou rocha, a fim de atestar a viabilidade do projeto naquela determinada área, traçar o perfil deste ambiente, identificar os minerais que compõem o solo, a incidência de água no local, a profundidade das camadas de terra e, também, a composição de cada uma delas.



Quando essa etapa não é realizada corretamente, as informações podem gerar tanto fundações superestimadas, que geram um gasto maior que o necessário, quanto insuficientes, que ocasionam problemas de diversos tipos e gravidades.

O estudo mais conhecido em todo o mundo por utilizar equipamentos simples e de baixo custo é Sondagem à Percussão, SPT - *Standard Penetration Test*. Segundo a ABNT NBR 6484 (2020), é o ensaio para determinação do índice de resistência à penetração, N, pelo número de golpes correspondente à cravação de 30 cm do amostrador-padrão, após a cravação inicial de 15 cm, utilizando-se martelo de 65 kg de massa.

## 2.2 VERIFICAÇÃO ESTRUTURAL DE ESTACAS METÁLICAS

Na aplicação de estacas metálicas como solução para projetos de fundação, a norma vigente que trata sobre o dimensionamento de estruturas de aço, a ABNT NBR 8800 (2008), por orientações da norma de fundações, ABNT NBR 6122 (2019), é o parâmetro a ser observado para o cálculo da fundação com estacas metálicas. A diferença, entretanto, se dá na consideração da área bruta da seção da estaca. Por se tratar de estacas que trabalharão completamente ou, em alguns casos, parcialmente enterradas, a norma de fundações orienta que deve ser desconsiderada uma espessura de sacrifício no perfil metálico.

A espessura mínima de sacrifício a ser descontada da peça de aço para o cálculo de sua área bruta é a consideração de um possível efeito de corrosão e depende da classe do solo em que ela trabalhará. As classes de solo e suas respectivas espessuras de sacrifício são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Espessura de compensação de corrosão

<b>Classe</b>	<b>Espessura mínima de sacrifício (mm)</b>
Solos em estado natural e aterros controlados	1,0
Argila orgânica; solos porosos não saturados	1,5
Turfa	3,0
Aterros não controlados	2,0
Solos contaminados <sup>a</sup>	3,2

<sup>a</sup> Casos de solos agressivos devem ser estudados especificamente.

Fonte: ABNT NBR 6122 (2019)



Para fins de dimensionamento, a força axial resistente de cálculo de um perfil, ou seja, a capacidade de carga resistente de compressão da estaca é dada pela Equação 1 e leva em consideração características do perfil e do aço de sua fabricação.

$$N_{c,Rd} = \frac{\chi Q A'_g f_y}{\gamma_{al}} \quad (1)$$

Onde:

$N_{c,Rd}$  é a capacidade de carga resistente de compressão

$\chi$  é o fator de redução associado à resistência à compressão

$Q$  é o fator de redução total associado à flambagem local

$A'_g$  é a área bruta de seção transversal da barra

$\gamma_{al}$  é o coeficiente de ponderação da resistência

$f_y$  é a resistência característica do perfil metálico

O fator de redução total associado à flambagem local e o fator de redução associado à resistência à compressão são variáveis relacionadas às características físicas dos perfis, como altura e espessura da alma e largura e espessura da mesa, que traduzem a possibilidade de ocorrência de flambagem na peça. Ambos os fatores são traduzidos pelas formulações apresentadas na ABNT NBR 8800 (2008).

#### 2.2.1.1 MÉTODO DE DAVISSON E ROBINSON

O Manual de Estacas Metálicas da Gerdau (2018) apresenta como solução para a consideração do comprimento da estaca a ser utilizada no cálculo de sua resistência a formulação demonstrada abaixo. A Equação 2 foi tema de estudos de Davisson e Robinson (1965) para a definição de um comprimento equivalente de estacas longas que trabalham inteiras ou parcialmente imersas em meio elástico.

$$L_S = 1,8 \sqrt[5]{\frac{EI}{\eta_h}} \quad (2)$$

Onde:

$L_S$  é o comprimento equivalente da estaca

$\eta_h$  é o coeficiente de reação horizontal do solo





Para o cálculo do  $L_s$  podem ser tomados como referência os valores de  $\eta_h$  apresentados por Terzaghi (1955) conforme tabela abaixo.

Tabela 2 – Valores do coeficiente de reação horizontal

<b>Tipo de solo</b>	<b>h seco</b>	<b>h saturado</b>
Areia fofa	0,26	0,15
Areia med. compacta	0,80	0,50
Areia compacta	2,00	1,25
Argila muito mole	0,06	0,06
Argila mole	0,08	0,08
Silte muito mole	0,055	0,055

Fonte: TERZAGHI (1955)

### 2.3 CAPACIDADE DE CARGA

A capacidade de carga geotécnica das estacas corresponde à resistência oferecida pelo sistema solo-estaca, e é dada pela soma algébrica de duas parcelas: a parcela de carga resistida pela ponta da estaca, e a parcela de carga resistida pelo atrito lateral ao longo do fuste.

A utilização de métodos semi-empíricos para a previsão da capacidade de carga em fundações é de suma importância para uma maior confiabilidade no dimensionamento e otimização dos custos na execução. De acordo com Cintra (2010), as fórmulas teóricas nem sempre fornecem resultados adequados para previsão da capacidade de carga em estacas, por isso utilizam-se os métodos semi-empíricos que são baseados em correlações empíricas com resultados de ensaios in situ de penetração (SPT ou CPT) e ajustados com provas de carga.

Para o dimensionamento deste projeto de fundação, foram utilizados os métodos de Aoki & Velloso (1975) e Decourt & Quaresma (1978) para os cálculos de capacidade de carga geotécnica.

O método de Aoki-Velloso originou-se a partir de correlações entre os resultados de ensaios de penetração estática (CPT) e dinâmica (SPT). A teoria para estimar a capacidade de carga de estacas é fundamentada no ensaio de penetração estática, mas por



meio da utilização do coeficiente  $K$ , que depende do tipo do solo, é possível estimar a capacidade de carga com os resultados do SPT (VELLOSO; LOPES, 2010).

O método Decourt-Quaresma estima que a resistência de ponta e o atrito lateral podem ser obtidos a partir do valor médio do índice de resistência à penetração do SPT. A capacidade de carga de estacas é estimada em função da resistência de ponta e do atrito lateral, sendo determinada a partir de ensaios SPT. Para o cálculo da Resistência de Ponta, deve-se aplicar o valor de  $N_p$  como a média dos resultados do SPT da cota da ponta, a cota imediatamente anterior e imediatamente posterior. E o valor da resistência de ruste é dado pela média dos resultados do  $N_{spt}$  medido ao longo do fuste da estaca.

### 3. ESTUDO DE CASO

Como objeto de estudo do trabalho desenvolvido, foram considerados os dados de uma torre em um condomínio residencial composto por 320 unidades de apartamentos.

As unidades do condomínio são distribuídas em 3 torres, sendo as duas primeiras de 13 pavimentos e a última de 14, além disso cada pavimento possui um total de oito unidades de apartamento. O sistema construtivo adotado para a execução da obra foi a parede de concreto, onde é executada toda a armação, instalações elétricas e hidrossanitárias para que, posteriormente, com o auxílio de uma fôrma, possa ser executada a concretagem do pavimento.

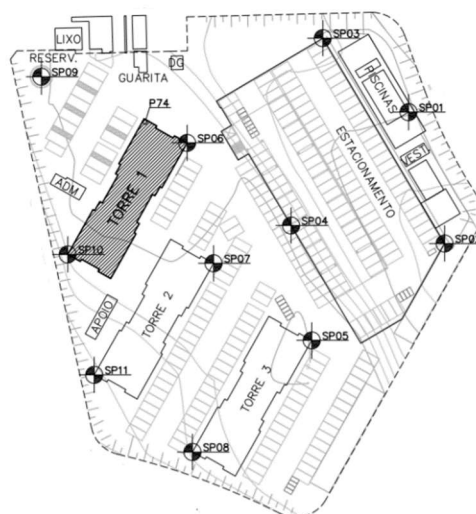
Para o estudo foram consideradas as cargas apresentadas no projeto da superestrutura e os laudos dos ensaios SPT realizados para a Torre 1 do empreendimento. Com isso, foi dimensionado o novo projeto baseado na tecnologia de estacas metálicas.

#### 3.1 TRATAMENTO DOS DADOS

##### 3.1.1 SONDAGEM

Como inspeção geotécnica de referência, foi utilizado o relatório de sondagem à percussão realizado no terreno da edificação. O relatório fornece os dados de penetração do solo em onze furos realizados pelo terreno. A locação dos ensaios é apresentada na Figura 1.

Figura 1 – Locação dos furos do ensaio SPT.



Fonte: adaptado do Projeto de Fundação.

Como o objeto de estudo do trabalho é focado na torre 1 do empreendimento, foram utilizados os dados apresentados no relatório de sondagem referentes às perfurações SP06 e SP10. Para fim de projeto, as estacas a serem dimensionadas foram divididas em áreas de influências de cada furo SPT.

### 3.2 PROFUNDIDADE DE ASSENTAMENTO

Como ponto de partida para o projeto de fundação com estacas metálicas, é necessário adotar a profundidade de assentamento das estacas. Para tal definição, os projetistas levam em consideração dados apresentados em relatórios de inspeção geotécnica.

Para o presente trabalho, foi adotada a profundidade de assentamento como 24m (vinte e quatro metros) com base nos relatórios SP06 e SP10. A seguir são apresentados os argumentos favoráveis para tal definição:

- ✓ Ambos os relatórios apresentam valores satisfatórios de SPT (acima de 20) a partir da profundidade 23m e o relatório SP10 apresenta valores elevados de SPT (acima de 45) a partir da profundidade 24m, o que poderia dificultar a execução da cravação das estacas.
- ✓ Padronização do projeto.



### 3.3 FAMÍLIA DE PERFIS E TIPO DE AÇO

Com o intuito de padronizar o projeto, foram definidas seis famílias de perfis, a partir do catálogo de estacas metálicas da Gerdau, a serem utilizadas para o dimensionamento. As famílias escolhidas foram: W200, W250, W360, W410, W530 e W610. Todos os perfis das famílias escolhidas são fornecidos em aço de alta resistência ASTM A 572 Grau 50, que possuem resistência de escoamento  $f_y = 345 \text{ MPa}$  ( $3,5 \text{ tf/cm}^2$ ).

### 3.4 DIMENSIONAMENTO DA FUNDAÇÃO COM ESTACA SEÇÃO CONSTANTE

Para o dimensionamento do projeto de fundação em estacas metálicas com seção constante, foram realizados os cálculos da capacidade estrutural da estaca e da capacidade de carga geotécnica. De posse de tais valores, foi adotada como capacidade de carga admissível de um dado perfil metálico o menor valor entre a capacidade de carga admissível estrutural e as capacidades de carga admissível geotécnica. Com o auxílio da ferramenta Microsoft Office Excel, foram realizados os cálculos iterativos para identificar qual dos perfis atendia ao sistema solo-estaca de maneira mais eficaz.

Considerou-se como eficiência do perfil a seguinte relação:

$$p = \frac{Q_{adm,p}}{Q_d} \quad (3)$$

Onde:

$p$  é a eficiência do perfil

$Q_{adm,p}$  é a capacidade de carga admissível do perfil

$Q_d$  é a solicitação de projeto

Dessa maneira, o perfil selecionado como o mais eficaz foi o que apresentou eficiência maior que 1 ou 100% e que mais se aproximou dessa marca, como forma de economia. Os coeficientes e adoções de projeto utilizados para os cálculos citados estão descritos abaixo.



#### 3.4.1 CAPACIDADE ESTRUTURAL DA ESTACA

Como exposto, todos os cálculos foram realizados com perfis fornecidos pela Gerdau de resistência de escoamento  $f_y = 345$  MPa (3,5 tf/cm<sup>2</sup>) e para o projeto em questão foi adotada como 1,00 mm a espessura de sacrifício a ser desconsiderada para o cálculo da área do perfil, devido ao terreno se tratar de um aterro controlado. O valor de  $K$  é adotado como 0,7 sendo considerado que a estaca trabalhará engastada à profundidade e rotulada no bloco. Devido ao terreno apresentar várias camadas de solo distintas e entre elas uma camada de argila siltosa, foi adotado o valor de  $\eta_h$  como 0,055 kgf/cm<sup>3</sup>. Além disso, o  $\gamma_{a1}$  é utilizado como 1,10 por ser tratar de uma combinação normal dos esforços.

#### 3.4.2 AOKI-VELLOSO

Para a definição da capacidade de carga geotécnica a partir do método de Aoki-Velloso foram adotados os coeficientes  $F1$  e  $F2$  como 1,75 e 3,5, respectivamente, por se tratar de um projeto de estaca metálica. Os coeficientes  $k$  e  $\alpha$ , por serem expressos por tipo de solo, foram adotados por faixa de profundidade do solo, de acordo com os resultados amostrais dos ensaios SPT e valores referência propostos pelo autor.

#### 3.4.3 DECOURT-QUARESMA

Para a definição da capacidade de carga geotécnica a partir do método de Decourt-Quaresma foi adotado o valor de  $K$  com base no tipo de solo da profundidade de assentamento da estaca. Dessa maneira, e a partir dos valores referência propostos pelo autor, para as estacas da região 01, referente ao SPT SP-06, utilizou-se  $K$  igual a 12 tf/m<sup>2</sup> e para as estacas da região 02, referente ao SPT SP-10, utilizou-se  $K$  igual a 40 tf/m<sup>2</sup>.

### 3.5 DIMENSIONAMENTO DA FUNDAÇÃO COM ESTACA SEÇÃO DECRESCENTE

Como o projeto possui profundidade de assentamento igual a 24m e os perfis metálicos são comumente comercializados no comprimento de 12m, ficou definido a adoção de duas seções. Chamou-se de seção A o perfil que recebe a solicitação da



superestrutura e percorre até a profundidade 12m e de seção B o perfil que recebe a solicitação que chega à ponta final da seção A e percorre até a profundidade de assentamento 24m.

A seção A de cada sistema solo-estaca foi considerada como o perfil resultante do dimensionamento do projeto de fundação com estacas metálicas de seção constante. Para a definição da seção B, foi analisada a dissipação da carga no solo para descobrir a que carga solicitante o perfil irá trabalhar à profundidade de 12m. É importante citar que para o dimensionamento da seção B, observou-se apenas perfis pertencentes à mesma família do perfil da seção A. Tal medida torna possível a execução das soldas de ligação entre os perfis.

### 3.5.1 CARGA GEOTÉCNICA DOMINANTE

Para que fosse possível a análise do percurso da dissipação da carga de forma linear de acordo com a profundidade da estaca, observou-se a necessidade de adotar a chamada capacidade de carga geotécnica dominante de cada sistema solo-estaca. A capacidade de carga geotécnica dominante é o método de cálculo da capacidade de carga geotécnica que apresentou menor resistência e foi adotado como capacidade de carga geotécnica admissível. Tal método é o que será utilizado para a determinação da capacidade de carga geotécnica lateral linear de cada sistema.

A capacidade de carga geotécnica lateral linear de cada sistema será dada como a parte da equação de cada método semiempírico apresentado que leva em consideração a resistência lateral da estaca, analisada de forma linear, ou seja, por metro.

### 3.5.2 DEFINIÇÃO DA SEÇÃO B

Definida a capacidade de carga geotécnica dominante de cada sistema solo-estaca, foi calculado o valor da carga solicitante de projeto remanescente à profundidade 12m, ou seja, a carga solicitante de projeto menos a quantidade de carga que foi dissipada ao solo pela estaca da seção A.

O valor calculado como  $Q_{d,12m}$  para cada sistema solo-estaca foi utilizado como parâmetro para o dimensionamento da seção B. Com isso, seguiu-se os mesmos métodos



utilizados para definição da seção A e com o auxílio da ferramenta Microsoft Office Excel foram realizados os cálculos iterativos para definir o perfil a compor a seção B.

Desta vez, tem-se que o perfil que compõe a seção B é o perfil capaz de dissipar ao longo de sua profundidade a carga solicitada. Ou seja, a soma da capacidade de carga geotécnica lateral ao longo dos 12m remanescentes mais a capacidade de carga de ponta do perfil à profundidade 24m, tem que ser capaz de dissipar toda a carga solicitante remanescente.

#### 4. RESULTADOS OBTIDOS

##### 4.1 PROJETO DE FUNDAÇÃO COM ESTACA SEÇÃO CONSTANTE

No quadro abaixo estão dispostos os resultados obtidos nos cálculos realizados para cada sistema solo-estaca. É possível verificar os valores obtidos da capacidade de carga estrutural e das capacidades de carga geotécnica, qual foi tomada como capacidade de carga admissível do perfil e sua respectiva eficiência frente à solicitação de projeto.

Elemento		Capacidade de carga estrutural	Capacidade de carga geotécnica		Eficiência do perfil		
Elemento	$Q_d$ (tf)		Perfil Metálico	Aoki-Velloso	Decourt-Quaresma	$Q_{adm,p}$ (tf)	$p$
P1	98	W 250 x 73,0 (H)	162,38	112,21	102,86	102,86	105%
P2	131	W 530 x 72,0	133,79	148,25	132,06	132,06	101%
P3	107	W 410 x 85,0	194,95	118,14	107,03	107,03	100%
P4	127	W 530 x 92,0	190,62	150,39	133,75	133,75	105%
P5	108	W 360 x 91,0 (H)	206,71	132,49	119,21	119,21	110%
P6	108	W 360 x 57,8	120,01	132,98	108,10	108,10	100%
P7	127	W 360 x 91,0 (H)	206,71	173,94	140,92	140,92	111%
P8	107	W 360 x 57,8	120,01	132,98	108,10	108,10	101%
P9	131	W 530 x 72,0	133,79	198,40	160,39	133,79	102%
P10	98	W 250 x 73,0 (H)	162,38	141,92	115,45	115,45	118%
P11	166	W 610 x 155,0	346,49	215,02	184,92	184,92	111%
P12	155	W 610 x 155,0	346,49	215,02	184,92	184,92	119%
P13	166	W 610 x 155,0	346,49	215,02	184,92	184,92	111%
P14	118	W 360 x 91,0 (H)	206,71	132,49	119,21	119,21	101%
P15	80	W 200 x 46,1 (H)	97,42	87,02	81,18	81,18	101%
P16	62	W 250 x 32,7	65,17	78,44	73,08	65,17	105%
P17	97	W 250 x 73,0 (H)	162,38	112,21	102,86	102,86	106%



P18	76	W 200 x 52,0 (H)	114,58	87,27	81,30	81,30	107%
P19	50	W 250 x 28,4	57,48	64,39	60,72	57,48	115%
P20	50	W 250 x 28,4	57,48	64,39	60,72	57,48	115%
P21	76	W 200 x 52,0 (H)	114,58	106,70	87,14	87,14	115%
P22	97	W 250 x 73,0 (H)	162,38	141,92	115,45	115,45	119%
P23	62	W 250 x 32,7	65,17	95,85	78,28	65,17	105%
P24	80	W 200 x 46,1 (H)	97,42	106,08	86,66	86,66	108%
P25	118	W 360 x 91,0 (H)	206,71	173,94	140,92	140,92	119%
P26	101	W 250 x 73,0 (H)	162,38	112,21	102,86	102,86	102%
P27	111	W 360 x 91,0 (H)	206,71	132,49	119,21	119,21	107%
P28	101	W 250 x 73,0 (H)	162,38	141,92	115,45	115,45	114%
P29	64	W 250 x 32,7	65,17	78,44	73,08	65,17	102%
P30	93	W 250 x 73,0 (H)	162,38	112,21	102,86	102,86	111%
P31	63	W 250 x 32,7	65,17	78,44	73,08	65,17	103%
P32	93	W 250 x 73,0 (H)	162,38	112,21	102,86	102,86	111%
P33	131	W 530 x 72,0	133,79	148,25	132,06	132,06	101%
P34	65	W 250 x 32,7	65,17	78,44	73,08	65,17	100%
P35	65	W 250 x 32,7	65,17	95,85	78,28	65,17	100%
P36	131	W 530 x 72,0	133,79	198,40	160,39	133,79	102%
P37	93	W 250 x 73,0 (H)	162,38	141,92	115,45	115,45	124%
P38	63	W 250 x 32,7	65,17	95,85	78,28	65,17	103%
P39	93	W 250 x 73,0 (H)	162,38	141,92	115,45	115,45	124%
P40	64	W 250 x 32,7	65,17	95,85	78,28	65,17	102%
P41	82	W 200 x 59,0 (H)	133,40	88,21	82,08	82,08	100%
P42	111	W 360 x 91,0 (H)	206,71	173,94	140,92	140,92	127%
P43	82	W 200 x 59,0 (H)	133,40	108,12	88,27	88,27	108%
P44	65	W 250 x 32,7	65,17	78,44	73,08	65,17	100%
P45	87	W 250 x 73,0 (H)	162,38	112,21	102,86	102,86	118%
P46	110	W 360 x 91,0 (H)	206,71	132,49	119,21	119,21	108%
P47	73	W 200 x 46,1 (H)	97,42	106,08	86,66	86,66	119%
P48	73	W 200 x 46,1 (H)	97,42	106,08	86,66	86,66	119%
P49	110	W 360 x 91,0 (H)	206,71	173,94	140,92	140,92	128%
P50	67	W 250 x 38,5	80,81	97,13	79,30	79,30	118%
P51	65	W 250 x 32,7	65,17	95,85	78,28	65,17	100%
P52	93	W 250 x 73,0 (H)	162,38	112,21	102,86	102,86	111%
P53	49	W 250 x 28,4	57,48	64,39	60,72	57,48	117%
P54	49	W 250 x 28,4	57,48	76,66	62,80	57,48	117%
P55	93	W 250 x 73,0 (H)	162,38	141,92	115,45	115,45	124%
P56	87	W 250 x 73,0 (H)	162,38	141,92	115,45	115,45	133%
P57	107	W 360 x 57,8	120,01	132,98	108,10	108,10	101%
P58	87	W 250 x 73,0 (H)	162,38	141,92	115,45	115,45	133%
P59	118	W 360 x 91,0 (H)	206,71	132,49	119,21	119,21	101%
P60	80	W 200 x 46,1 (H)	97,42	87,02	81,18	81,18	101%
P61	62	W 250 x 32,7	65,17	78,44	73,08	65,17	105%





P62	107	W 410 x 85,0	194,95	118,14	107,03	107,03	100%
P63	78	W 200 x 46,1 (H)	97,42	87,02	81,18	81,18	104%
P64	50	W 250 x 28,4	57,48	76,66	62,80	57,48	115%
P65	50	W 250 x 28,4	57,48	76,66	62,80	57,48	115%
P66	78	W 200 x 46,1 (H)	97,42	106,08	86,66	86,66	111%
P67	107	W 360 x 57,8	120,01	132,98	108,10	108,10	101%
P68	62	W 250 x 32,7	65,17	95,85	78,28	65,17	105%
P69	80	W 200 x 46,1 (H)	97,42	106,08	86,66	86,66	108%
P70	118	W 360 x 91,0 (H)	206,71	173,94	140,92	140,92	119%
P71	167	W 610 x 101,0	204,12	235,07	189,56	189,56	114%
P72	155	W 530 x 92,0	190,62	201,90	163,17	163,17	105%
P73	167	W 610 x 101,0	204,12	235,07	189,56	189,56	114%
P74	98	W 250 x 73,0 (H)	162,38	112,21	102,86	102,86	105%
P75	131	W 530 x 72,0	133,79	148,25	132,06	132,06	101%
P76	109	W 360 x 91,0 (H)	206,71	132,49	119,21	119,21	109%
P77	117	W 360 x 91,0 (H)	206,71	132,49	119,21	119,21	102%
P78	110	W 360 x 91,0 (H)	206,71	132,49	119,21	119,21	108%
P79	110	W 360 x 91,0 (H)	206,71	173,94	140,92	140,92	128%
P80	117	W 360 x 91,0 (H)	206,71	173,94	140,92	140,92	120%
P81	109	W 360 x 91,0 (H)	206,71	173,94	140,92	140,92	129%
P82	131	W 530 x 72,0	133,79	198,40	160,39	133,79	102%
P83	98	W 250 x 73,0 (H)	162,38	141,92	115,45	115,45	118%

#### 4.2 PROJETO DE FUNDAÇÃO COM ESTACA SEÇÃO DECRESCENTE

No quadro abaixo estão dispostos os resultados obtidos nos cálculos realizados para cada sistema solo-estaca. É possível verificar o valor da capacidade de carga lateral linear obtido para cada seção e a capacidade de carga de ponta à profundidade 24m. Além disso, também é disposto o perfil selecionado cada seção.

Elemento			Dissipação da Carga A		Dissipação da Carga B		
Elemento	$Q_d$ (tf)	Seção A	$Q_{linear}$ (tf/m)	$Q_{d,12m}$ (tf)	Seção B	$Q_{linear}$ (tf/m)	$Q_{ponta}$ (tf/m)
P1	98	W 250 x 73,0 (H)	4,415	45,02	W 250 x 17,9	3,557	9,20
P2	131	W 530 x 72,0	5,489	65,13	W 530 x 66,0	6,750	40,24
P3	107	W 410 x 85,0	4,535	52,58	W 410 x 38,8	5,335	23,24
P4	127	W 530 x 92,0	5,549	60,41	W 530 x 66,0	6,750	40,24
P5	108	W 360 x 91,0 (H)	5,012	47,86	W 360 x 32,9	4,729	17,78
P6	108	W 360 x 57,8	3,921	60,95	W 360 x 32,9	4,487	107,18
P7	127	W 360 x 91,0 (H)	4,808	69,30	W 360 x 32,9	4,487	107,18
P8	107	W 360 x 57,8	3,921	59,95	W 360 x 32,9	4,487	107,18
P9	131	W 530 x 72,0	5,266	67,81	W 530 x 66,0	6,404	242,55



P10	98	W 250 x 73,0 (H)	4,236	47,17	W 250 x 17,9	3,375	55,44
P11	166	W 610 x 155,0	7,369	77,57	W 610 x 101,0	8,366	53,09
P12	155	W 610 x 155,0	7,369	66,57	W 610 x 101,0	8,366	53,09
P13	166	W 610 x 155,0	7,369	77,57	W 610 x 101,0	8,366	53,09
P14	118	W 360 x 91,0 (H)	5,012	57,86	W 360 x 32,9	4,729	17,78
P15	80	W 200 x 46,1 (H)	3,550	37,40	W 200 x 15,0	3,112	5,84
P16	62	W 250 x 32,7	3,192	23,69	W 250 x 17,9	3,557	9,20
P17	97	W 250 x 73,0 (H)	4,415	44,02	W 250 x 17,9	3,557	9,20
P18	76	W 200 x 52,0 (H)	3,550	33,40	W 200 x 15,0	3,112	5,84
P19	50	W 250 x 28,4	2,685	17,78	W 250 x 17,9	3,557	9,20
P20	50	W 250 x 28,4	2,685	17,78	W 250 x 17,9	3,557	9,20
P21	76	W 200 x 52,0 (H)	3,406	35,13	W 200 x 15,0	2,953	35,20
P22	97	W 250 x 73,0 (H)	4,236	46,17	W 250 x 17,9	3,375	55,44
P23	62	W 250 x 32,7	3,062	25,25	W 250 x 17,9	3,375	55,44
P24	80	W 200 x 46,1 (H)	3,406	39,13	W 200 x 15,0	2,953	35,20
P25	118	W 360 x 91,0 (H)	4,808	60,30	W 360 x 32,9	4,487	107,18
P26	101	W 250 x 73,0 (H)	4,415	48,02	W 250 x 17,9	3,557	9,20
P27	111	W 360 x 91,0 (H)	5,012	50,86	W 360 x 32,9	4,729	17,78
P28	101	W 250 x 73,0 (H)	4,236	50,17	W 250 x 17,9	3,375	55,44
P29	64	W 250 x 32,7	3,192	25,69	W 250 x 17,9	3,557	9,20
P30	93	W 250 x 73,0 (H)	4,415	40,02	W 250 x 17,9	3,557	9,20
P31	63	W 250 x 32,7	3,192	24,69	W 250 x 17,9	3,557	9,20
P32	93	W 250 x 73,0 (H)	4,415	40,02	W 250 x 17,9	3,557	9,20
P33	131	W 530 x 72,0	5,489	65,13	W 530 x 66,0	6,750	40,24
P34	65	W 250 x 32,7	3,192	26,69	W 250 x 17,9	3,557	9,20
P35	65	W 250 x 32,7	3,062	28,25	W 250 x 17,9	3,375	55,44
P36	131	W 530 x 72,0	5,266	67,81	W 530 x 66,0	6,404	242,55
P37	93	W 250 x 73,0 (H)	4,236	42,17	W 250 x 17,9	3,375	55,44
P38	63	W 250 x 32,7	3,062	26,25	W 250 x 17,9	3,375	55,44
P39	93	W 250 x 73,0 (H)	4,236	42,17	W 250 x 17,9	3,375	55,44
P40	64	W 250 x 32,7	3,062	27,25	W 250 x 17,9	3,375	55,44
P41	82	W 200 x 59,0 (H)	3,580	39,04	W 200 x 15,0	3,112	5,84
P42	111	W 360 x 91,0 (H)	4,808	53,30	W 360 x 32,9	4,487	107,18
P43	82	W 200 x 59,0 (H)	3,434	40,79	W 200 x 15,0	2,953	35,20
P44	65	W 250 x 32,7	3,192	26,69	W 250 x 17,9	3,557	9,20
P45	87	W 250 x 73,0 (H)	4,415	34,02	W 250 x 17,9	3,557	9,20
P46	110	W 360 x 91,0 (H)	5,012	49,86	W 360 x 32,9	4,729	17,78
P47	73	W 200 x 46,1 (H)	3,406	32,13	W 200 x 15,0	2,953	35,20
P48	73	W 200 x 46,1 (H)	3,406	32,13	W 200 x 15,0	2,953	35,20
P49	110	W 360 x 91,0 (H)	4,808	52,30	W 360 x 32,9	4,487	107,18
P50	67	W 250 x 38,5	3,091	29,91	W 250 x 17,9	3,375	55,44
P51	65	W 250 x 32,7	3,062	28,25	W 250 x 17,9	3,375	55,44
P52	93	W 250 x 73,0 (H)	4,415	40,02	W 250 x 17,9	3,557	9,20



P53	49	W 250 x 28,4	2,685	16,78	W 250 x 17,9	3,557	9,20
P54	49	W 250 x 28,4	2,576	18,09	W 250 x 17,9	3,375	55,44
P55	93	W 250 x 73,0 (H)	4,236	42,17	W 250 x 17,9	3,375	55,44
P56	87	W 250 x 73,0 (H)	4,236	36,17	W 250 x 17,9	3,375	55,44
P57	107	W 360 x 57,8	3,921	59,95	W 360 x 32,9	4,487	107,18
P58	87	W 250 x 73,0 (H)	4,236	36,17	W 250 x 17,9	3,375	55,44
P59	118	W 360 x 91,0 (H)	5,012	57,86	W 360 x 32,9	4,729	17,78
P60	80	W 200 x 46,1 (H)	3,550	37,40	W 200 x 15,0	3,112	5,84
P61	62	W 250 x 32,7	3,192	23,69	W 250 x 17,9	3,557	9,20
P62	107	W 410 x 85,0	4,535	52,58	W 410 x 38,8	5,335	23,24
P63	78	W 200 x 46,1 (H)	3,550	35,40	W 200 x 15,0	3,112	5,84
P64	50	W 250 x 28,4	2,576	19,09	W 250 x 17,9	3,375	55,44
P65	50	W 250 x 28,4	2,576	19,09	W 250 x 17,9	3,375	55,44
P66	78	W 200 x 46,1 (H)	3,406	37,13	W 200 x 15,0	2,953	35,20
P67	107	W 360 x 57,8	3,921	59,95	W 360 x 32,9	4,487	107,18
P68	62	W 250 x 32,7	3,062	25,25	W 250 x 17,9	3,375	55,44
P69	80	W 200 x 46,1 (H)	3,406	39,13	W 200 x 15,0	2,953	35,20
P70	118	W 360 x 91,0 (H)	4,808	60,30	W 360 x 32,9	4,487	107,18
P71	167	W 610 x 101,0	5,924	95,91	W 610 x 101,0	7,938	319,98
P72	155	W 530 x 92,0	5,323	91,12	W 530 x 66,0	6,404	242,55
P73	167	W 610 x 101,0	5,924	95,91	W 610 x 101,0	7,938	319,98
P74	98	W 250 x 73,0 (H)	4,415	45,02	W 250 x 17,9	3,557	9,20
P75	131	W 530 x 72,0	5,489	65,13	W 530 x 66,0	6,750	40,24
P76	109	W 360 x 91,0 (H)	5,012	48,86	W 360 x 32,9	4,729	17,78
P77	117	W 360 x 91,0 (H)	5,012	56,86	W 360 x 32,9	4,729	17,78
P78	110	W 360 x 91,0 (H)	5,012	49,86	W 360 x 32,9	4,729	17,78
P79	110	W 360 x 91,0 (H)	4,808	52,30	W 360 x 32,9	4,487	107,18
P80	117	W 360 x 91,0 (H)	4,808	59,30	W 360 x 32,9	4,487	107,18
P81	109	W 360 x 91,0 (H)	4,808	51,30	W 360 x 32,9	4,487	107,18
P82	131	W 530 x 72,0	5,266	67,81	W 530 x 66,0	6,404	242,55
P83	98	W 250 x 73,0 (H)	4,236	47,17	W 250 x 17,9	3,375	55,44

### 4.3 ANÁLISE ECONÔMICA

Concluídos os dois dimensionamentos propostos pelo trabalho, tem-se o mesmo projeto dimensionado com as duas aplicações de estacas metálicas. O principal objetivo é realizar a comparação dos dois cenários gerados e a consequente análise econômica das tecnologias aplicadas.

Com base no peso específico do perfil e da profundidade adotada para a seção, é possível ter a informação da quantidade total de aço utilizada em cada sistema solo-estaca, em que foi possível a aplicação de uma seção decrescente. Pelo quadro apresentado, a



coluna Seção Constante (kg) é referente à quantidade de aço utilizada no projeto de seção constante, e a coluna Seção Decrescente (kg) é referente à quantidade de aço utilizada no projeto de seção decrescente.

A última coluna do quadro indica a diferença na quantidade de aço utilizada em cada elemento quando comparamos os dois projetos, ou seja, o total de Aço I menos o total de Aço II.

Elemento	Seção A	Seção B	Seção Constante (kg)	Seção Decrescente (kg)	Economia de Aço (kg)
P1	W 250 x 73,0 (H)	W 250 x 17,9	480	396	84
P2	W 530 x 72,0	W 530 x 66,0	1080	1068	12
P3	W 410 x 85,0	W 410 x 38,8	1032	960	72
P4	W 530 x 92,0	W 530 x 66,0	1176	1116	60
P5	W 360 x 91,0 (H)	W 360 x 32,9	792	696	96
P6	W 360 x 57,8	W 360 x 32,9	696	648	48
P7	W 360 x 91,0 (H)	W 360 x 32,9	792	696	96
P8	W 360 x 57,8	W 360 x 32,9	696	648	48
P9	W 530 x 72,0	W 530 x 66,0	1080	1068	12
P10	W 250 x 73,0 (H)	W 250 x 17,9	480	396	84
P11	W 610 x 155,0	W 610 x 101,0	1344	1296	48
P12	W 610 x 155,0	W 610 x 101,0	1344	1296	48
P13	W 610 x 155,0	W 610 x 101,0	1344	1296	48
P14	W 360 x 91,0 (H)	W 360 x 32,9	792	696	96
P15	W 200 x 46,1 (H)	W 200 x 15,0	192	108	84
P16	W 250 x 32,7	W 250 x 17,9	408	360	48
P17	W 250 x 73,0 (H)	W 250 x 17,9	480	396	84
P18	W 200 x 52,0 (H)	W 200 x 15,0	216	120	96
P19	W 250 x 28,4	W 250 x 17,9	384	348	36
P20	W 250 x 28,4	W 250 x 17,9	384	348	36
P21	W 200 x 52,0 (H)	W 200 x 15,0	216	120	96
P22	W 250 x 73,0 (H)	W 250 x 17,9	480	396	84
P23	W 250 x 32,7	W 250 x 17,9	408	360	48
P24	W 200 x 46,1 (H)	W 200 x 15,0	192	108	84
P25	W 360 x 91,0 (H)	W 360 x 32,9	792	696	96
P26	W 250 x 73,0 (H)	W 250 x 17,9	480	396	84
P27	W 360 x 91,0 (H)	W 360 x 32,9	792	696	96
P28	W 250 x 73,0 (H)	W 250 x 17,9	480	396	84
P29	W 250 x 32,7	W 250 x 17,9	408	360	48
P30	W 250 x 73,0 (H)	W 250 x 17,9	480	396	84
P31	W 250 x 32,7	W 250 x 17,9	408	360	48
P32	W 250 x 73,0 (H)	W 250 x 17,9	480	396	84



P33	W 530 x 72,0	W 530 x 66,0	1080	1068	12
P34	W 250 x 32,7	W 250 x 17,9	408	360	48
P35	W 250 x 32,7	W 250 x 17,9	408	360	48
P36	W 530 x 72,0	W 530 x 66,0	1080	1068	12
P37	W 250 x 73,0 (H)	W 250 x 17,9	480	396	84
P38	W 250 x 32,7	W 250 x 17,9	408	360	48
P39	W 250 x 73,0 (H)	W 250 x 17,9	480	396	84
P40	W 250 x 32,7	W 250 x 17,9	408	360	48
P41	W 200 x 59,0 (H)	W 200 x 15,0	240	132	108
P42	W 360 x 91,0 (H)	W 360 x 32,9	792	696	96
P43	W 200 x 59,0 (H)	W 200 x 15,0	240	132	108
P44	W 250 x 32,7	W 250 x 17,9	408	360	48
P45	W 250 x 73,0 (H)	W 250 x 17,9	480	396	84
P46	W 360 x 91,0 (H)	W 360 x 32,9	792	696	96
P47	W 200 x 46,1 (H)	W 200 x 15,0	192	108	84
P48	W 200 x 46,1 (H)	W 200 x 15,0	192	108	84
P49	W 360 x 91,0 (H)	W 360 x 32,9	792	696	96
P50	W 250 x 38,5	W 250 x 17,9	432	372	60
P51	W 250 x 32,7	W 250 x 17,9	408	360	48
P52	W 250 x 73,0 (H)	W 250 x 17,9	480	396	84
P53	W 250 x 28,4	W 250 x 17,9	384	348	36
P54	W 250 x 28,4	W 250 x 17,9	384	348	36
P55	W 250 x 73,0 (H)	W 250 x 17,9	480	396	84
P56	W 250 x 73,0 (H)	W 250 x 17,9	480	396	84
P57	W 360 x 57,8	W 360 x 32,9	696	648	48
P58	W 250 x 73,0 (H)	W 250 x 17,9	480	396	84
P59	W 360 x 91,0 (H)	W 360 x 32,9	792	696	96
P60	W 200 x 46,1 (H)	W 200 x 15,0	192	108	84
P61	W 250 x 32,7	W 250 x 17,9	408	360	48
P62	W 410 x 85,0	W 410 x 38,8	1032	960	72
P63	W 200 x 46,1 (H)	W 200 x 15,0	192	108	84
P64	W 250 x 28,4	W 250 x 17,9	384	348	36
P65	W 250 x 28,4	W 250 x 17,9	384	348	36
P66	W 200 x 46,1 (H)	W 200 x 15,0	192	108	84
P67	W 360 x 57,8	W 360 x 32,9	696	648	48
P68	W 250 x 32,7	W 250 x 17,9	408	360	48
P69	W 200 x 46,1 (H)	W 200 x 15,0	192	108	84
P70	W 360 x 91,0 (H)	W 360 x 32,9	792	696	96
P72	W 530 x 92,0	W 530 x 66,0	1176	1116	60
P74	W 250 x 73,0 (H)	W 250 x 17,9	480	396	84
P75	W 530 x 72,0	W 530 x 66,0	1080	1068	12
P76	W 360 x 91,0 (H)	W 360 x 32,9	792	696	96
P77	W 360 x 91,0 (H)	W 360 x 32,9	792	696	96



P78	W 360 x 91,0 (H)	W 360 x 32,9	792	696	96
P79	W 360 x 91,0 (H)	W 360 x 32,9	792	696	96
P80	W 360 x 91,0 (H)	W 360 x 32,9	792	696	96
P81	W 360 x 91,0 (H)	W 360 x 32,9	792	696	96
P82	W 530 x 72,0	W 530 x 66,0	1080	1068	12
P83	W 250 x 73,0 (H)	W 250 x 17,9	480	396	84

Ao todo, para o projeto em questão, estima-se que a aplicação de estacas metálicas de seção decrescente geraria uma economia total de 5.568 kg de aço. Como o aço é comercializado em R\$/kg, utiliza-se o preço médio do kg do aço como R\$4,50 e, com isso, foi alcançada uma economia em reais de R\$25.056,00 frente à aplicação de estacas de seção constante.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o avanço das pesquisas e estudos no ramo das fundações profundas e estacas metálicas em obras de engenharia, é possível enxergar vantagens econômicas na aplicação de novas tecnologias. O tipo de fundação a ser adotada na execução de uma obra é alvo de estudos do calculista que deve identificar, analisar e dimensionar aquela que mais se enquadra com base nas características do projeto.

Concluídos os dois dimensionamentos propostos, tem-se o mesmo projeto dimensionado com as duas aplicações de estacas metálicas e, a partir dos resultados mostrados no decorrer do trabalho, foi possível tirar algumas conclusões acerca do uso ou não da variação das seções.

O Método de Decourt-Quaresma, no que se diz respeito a Carga Geotécnica dominante, foi o que prevaleceu em todos os elementos, o que garantiu o conservadorismo dos cálculos.

Conforme o dimensionamento da seção decrescente, pode-se perceber que dois elementos não sofreram variação, o P73 e o P71, que permaneceram com perfil W 610 x 101,0. Isso ocorre devido ao perfil selecionado para a seção A ser o menor perfil de sua família, dessa forma, não foi possível dimensionar uma seção de menor dimensão.

De forma geral, conclui-se que a fundação em estacas metálicas, utilizando perfis de seção decrescente, é mais vantajosa economicamente quando comparado ao



dimensionamento da fundação em estacas metálicas utilizando a seção constante do aço. Ao todo, obteve-se uma economia de 10,89% de aço na obra. Os valores encontrados evidenciam que a tecnologia aplicada pode tornar um projeto de estacas metálicas economicamente viável.

Vale salientar que o levantamento financeiro realizado levou em consideração apenas o valor dos perfis a serem aplicados como estacas metálicas. Para uma melhor exatidão dos resultados outros custos devem ser levados em consideração como a mão de obra capacitada, maquinário para a execução do serviço, solda dos perfis, e outros.



## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOKI, N.; VELLOSO, D. A. **An approximate method to estimate the bearing capacity of piles.** In: PAN AMERICAN CSMFE, 5. Buenos Aires, 1975

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8800: Estruturas de aço e mistas de aço e concreto.** Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122: projeto e execução de fundações.** Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS. **NBR 6484: Solo - Sondagens de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio.** Rio de Janeiro, 2020.

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

DECOURT, L.; QUARESMA, A. R. **Capacidade de carga de estacas a partir de valores de SPT.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES, 6., 1978.

AZEVEDO, H. A. **O edifício até sua cobertura.** São Paulo: Edgard Blücher, 1997

VELLOSO, D.A.; LOPES, F. R. **Fundações: Volume 2 Fundações Profundas.** Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2002

VELLOSO, D. A.; LOPES, F. R. **Fundações: critérios de projeto, investigação do subsolo, fundações superficiais, fundações profundas.** São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 568 p.

DAVISSON, M. T.; ROBINSON, K. E. **Bending and Buckling of Partially Embedded Piles.** International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ISSMGE)., 1963.

GERDAU. **Estacas Metálicas Gerdau.** São Paulo, 2018.

TERZAGHI, K. **Evaluation of Coefficients of Subgrade Reaction.** Londres: Géotechnique, The Institution of Civil Engineers, vol. 5. 1955





CULOZ, A. P.; RODRIGUES, A. O.; SILVA, C. A. G.; GOMES, L. S. R.; SOUSA, W. S. **Uso de estacas metálicas de seção transversal decrescente instaladas com martelo vibratório em solo da Baixada Santista.** Leonardo M. Armesto. 2020. 84 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Paulista, Minas Gerais, 2020. Disponível:

[https://www.researchgate.net/publication/349604011\\_USO\\_DE\\_ESTACAS\\_METALICAS\\_DE\\_SECAO\\_TRANSVERSAL\\_DECRESCENTE\\_INSTALADAS\\_COM\\_MARTELO\\_VIBRATORIO\\_EM\\_SOLO\\_DA\\_BAIXADA\\_SANTISTA](https://www.researchgate.net/publication/349604011_USO_DE_ESTACAS_METALICAS_DE_SECAO_TRANSVERSAL_DECRESCENTE_INSTALADAS_COM_MARTELO_VIBRATORIO_EM_SOLO_DA_BAIXADA_SANTISTA). Acesso em: 1 de abril 2022.