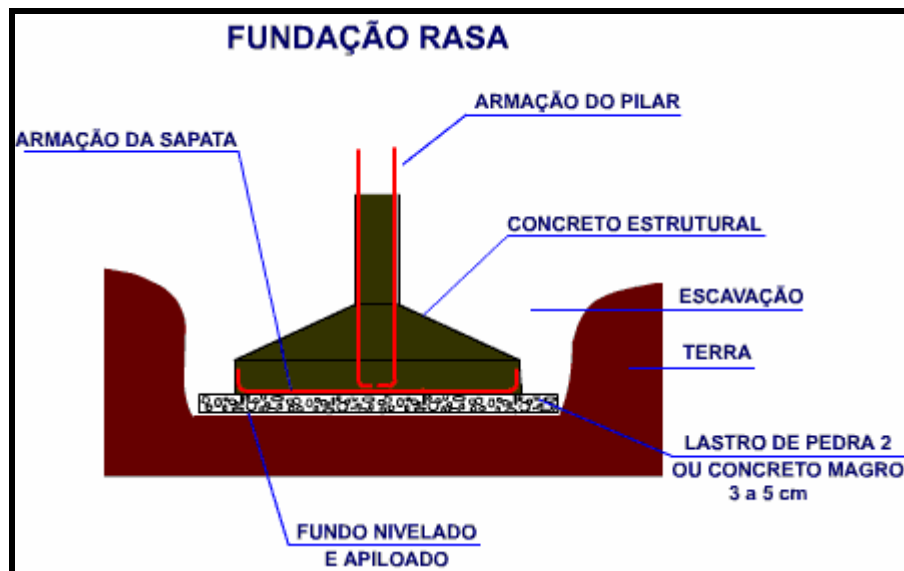


UNIVERSIDADE: _____

Curso: _____

Fundações Rasas:

“Sapatas”



Aluno: _____

RA: _____

Professor: Professor Douglas Constancio

Disciplina: Fundações I

Data: Americana, março de 2004.

FUNDAÇÕES RASAS

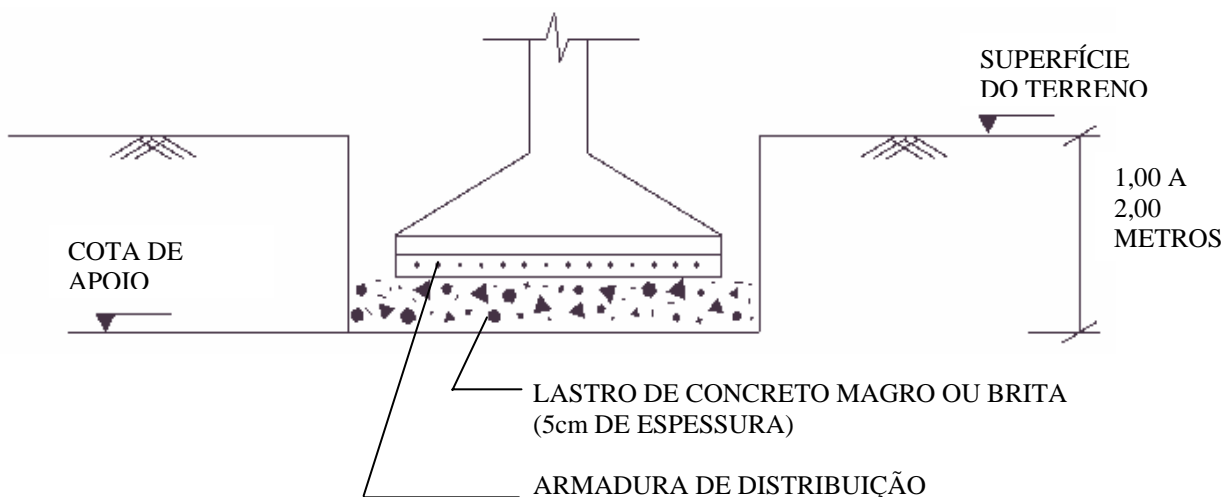
1- Fundações rasas ou diretas (SAPATAS)

As sapatas são fundações semiflexíveis de concreto armado (trabalham a flexão), portanto devem ser dimensionadas estruturalmente (alturas, inclinações, armaduras necessárias). Assim, depois de elaborado o projeto geotécnico que será abordado neste curso, elabora-se o dimensionamento estrutural das sapatas, assunto que será tratado em concreto armado.

2- Tipos principais de sapatas:

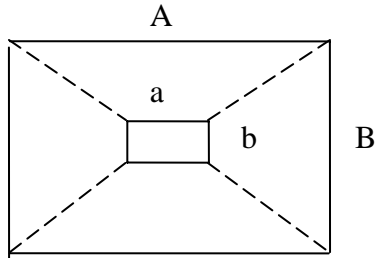
- a- ISOLADAS
 - b- ASSOCIADAS
 - c- CORRIDAS
 - d- RADIERS
- } Retangulares
Trapezoidais
Alavancadas

3- Detalhe genérico da sapata:



a- Sapatas isoladas:

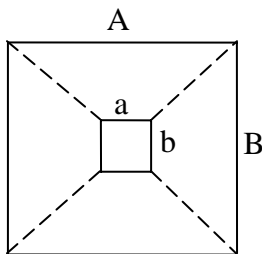
Podem ter forma geométrica quadrada ou retangular.



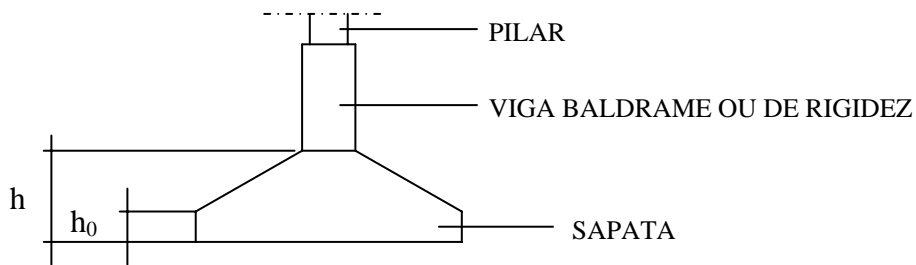
ONDE: b = MENOR DIMENSÃO DO PILAR
B = MENOR DIMENSÃO DA SAPATA

FORMA RETANGULAR

VISTA EM PLANTA



FORMA QUADRADA

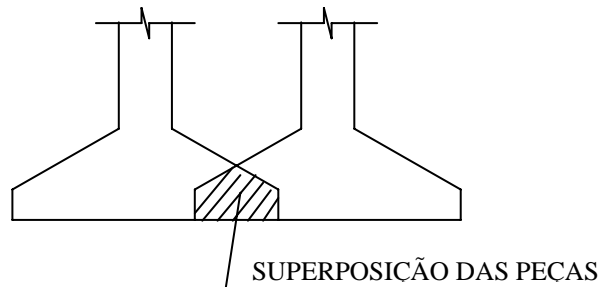


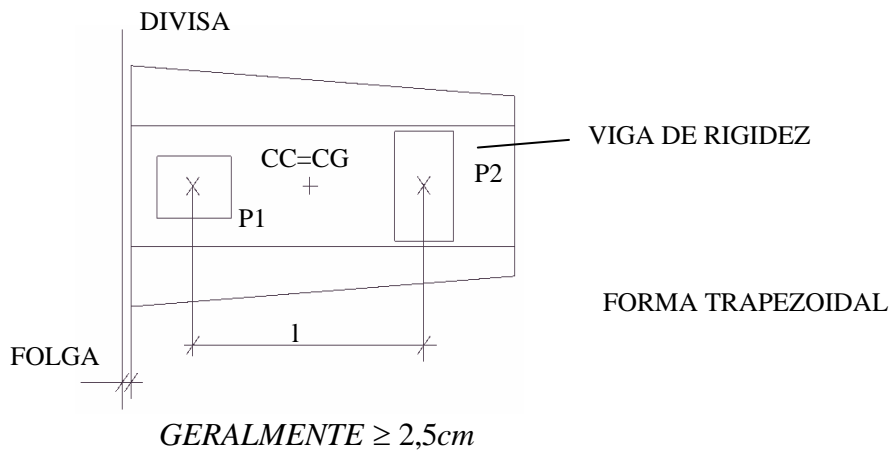
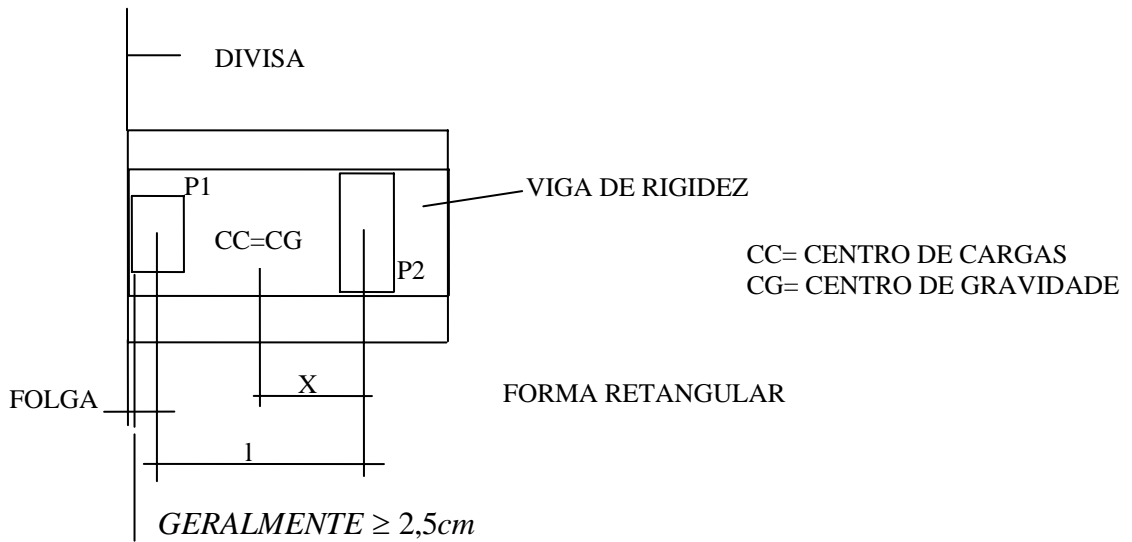
VISTA EM CORTE

$h_0 = \text{rodapé} = \pm 10\text{cm}$

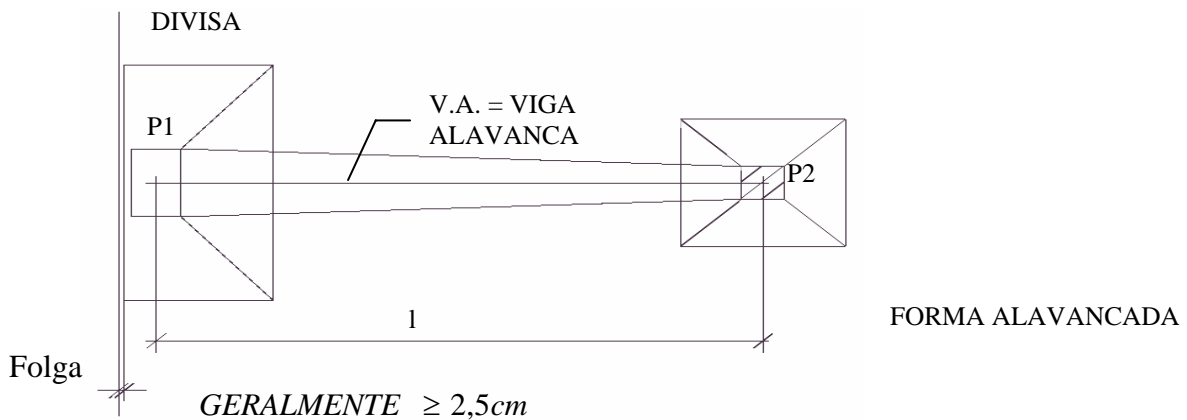
b- Sapatas associadas retangular; trapezoidal:

São sapatas usualmente utilizadas em divisas, quando o espaço é menor que a dimensão da sapata.



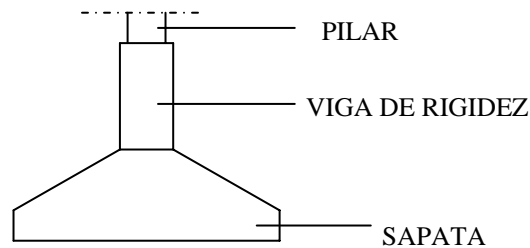
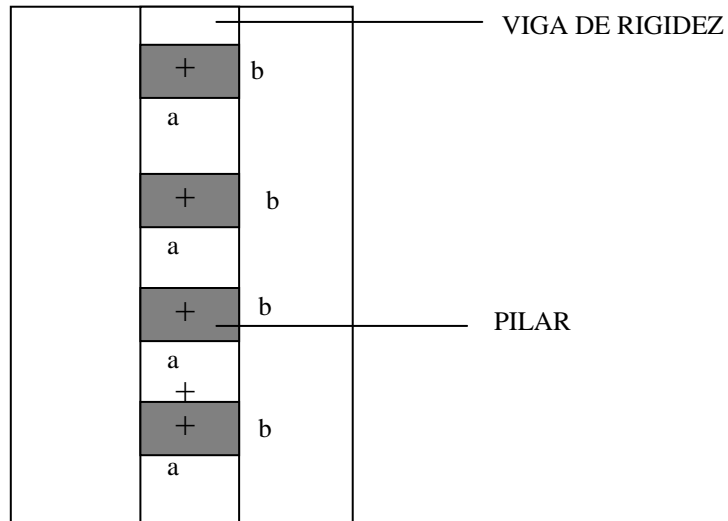


Esta solução acima é amplamente utilizada, quando o pilar central está a uma certa distância do pilar da divisa, portanto consiste em uma sapata excêntrica na divisa, interligada por uma viga de rigidez ou alavanca a um pilar central ou interno.



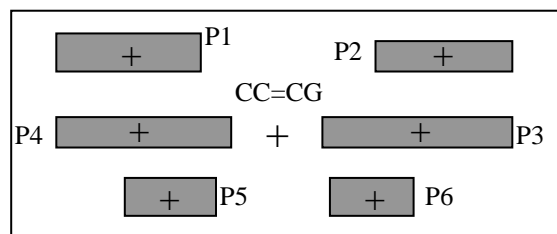
c- Sapatas corridas:

São peças únicas, onde são descarregadas, as cargas de vários pilares.



d- Sapatas Radiers:

É um tipo de fundação associada, rígida ou flexível, em que todos os pilares da superestrutura se apoiam nessa única fundação, encarregada de transferir os esforços para o solo de apoio.



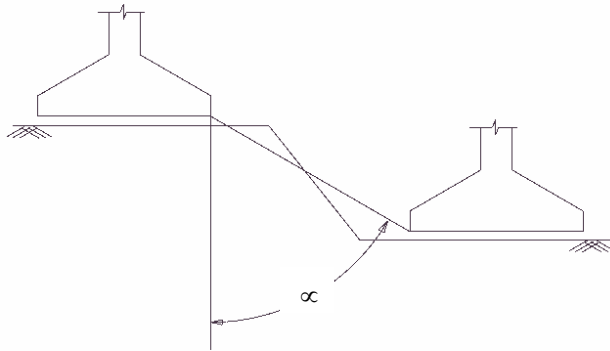
CRITÉRIOS PARA PROJETO (Considerações de norma):

a- Dimensões mínimas:

- Para pequenas construções: A e B, não devem ser inferiores a 60cm.
- Para edifícios: A e B, não devem ser inferiores a 80cm.

b- As dimensões A e B da sapata devem ser múltiplos de 5cm.

c- Para sapatas apoiadas em cotas diferentes



- α Deve ser maior ou igual a:
30° quando sapata apoiada em rocha.
60° quando sapata apoiada em solo.

d- É fundamental que o centro da gravidade da base da sapata coincida com o centro de gravidade do pilar, para que não ocorra excentricidade.

4 - **DIMENSIONAMENTO:**

A - Pilar isolado:

(sapatas quadradas ou retangulares)

$$S = \frac{1,05 \times P}{\bar{\sigma}}$$

Onde: S - Área da base da sapata

P - Carga do pilar

$\bar{\sigma}$ - Tensão admissível do solo

1,05 - Coeficiente de segurança que leva em conta o peso próprio da sapata.

Para determinar as dimensões da sapata temos em primeira aproximação:

$$\left. \begin{aligned} A &= \sqrt{S} + \frac{a-b}{2} \\ B &= \sqrt{S} - \frac{a-b}{2} \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{AJUSTAMOS POSTERIORMENTE} \\ \text{A E B PARA SATISFAZER } A \times B \geq S \end{array}$$

Exemplo: 1º caso:

Dados: carga do pilar: $P = 120\text{tf}$
 Dimensões do pilar: $a = 0,80\text{m}$
 $b = 0,20\text{m}$
 Tensão admissível do solo = $\bar{\sigma}_s = 2,0 \text{ kgf/cm}^2$ ou 20tf/m^2 .

Resolução:

$$S = \frac{1,05 \times P}{\bar{\sigma}_s} = \frac{1,05 \times 120}{20} = 6,3 \text{ m}^2$$

$$A = \sqrt{S} + \frac{a-b}{2} = \sqrt{6,3} + \frac{0,80 - 0,20}{2} = 2,80\text{m}$$

$$B = \sqrt{S} - \frac{a-b}{2} = \sqrt{6,3} - \frac{0,80 - 0,20}{2} = 2,20\text{m}$$

OK, os valores de A, B, são múltiplos de 5 cm

Verificação:

$$A \times B \geq S = 2,80\text{m} \times 2,20\text{m} = 6,16\text{m}^2 < S$$

Portanto ajustar dimensões:

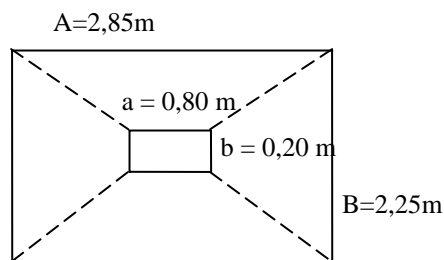
Passando primeiramente A para 2,85m temos:

$$A \times B = 2,85\text{m} \times 2,20\text{m} = 6,27\text{m}^2 < S$$

Devemos ajustar as dimensões novamente:

Passando B para 2,25m:

$$A \times B = 2,85\text{m} \times 2,25\text{m} = 6,41\text{m}^2 > S$$



Exemplo: 2º caso:

Dados: $P = 286\text{tf}$
Dimensões do pilar: $a = 1,00\text{m}$
 $b = 0,30\text{m}$
 $\bar{\sigma}_s = 60\text{ tf/m}^2$

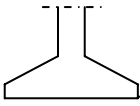
Resolução:

1º PROJETO: Sapatas isoladas

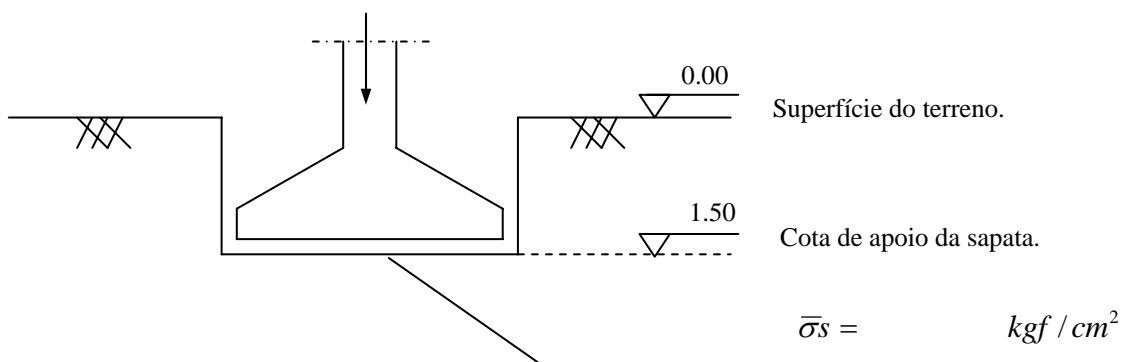
Dimensionar as fundações do projeto em anexo, utilizando sapatas. Definir a tensão admissível do solo na cota de apoio da fundação utilizando a tabela da NBR 6122/96

Dado: Perfil de sondagem mista (percussão/rotativa).

0.00

	22	 1,50 m	ARGILA SILTO ARENOSA, DURA, VARIEGADA, VERMELHA CLARA, AMARELA CLARA. (SOLO RESIDUAL)	$\frac{N. A}{\sqrt{3.00}}$	P E R C U S S Ã O
	28				
	35				
	30				
	30/5		ARGILA POUCO SILTOSA, DURA, COM FRAGMENTOS DE ROCHA EM DECOMPOSIÇÃO VERMELHA CLARA / ESCURA (SOLO SAPROLITICO) - I.P.		R O T A T I V A
	30/2				
		80%	BASALTO MELANOCRATICO, POUCO ALTERADO, POUCO FRAGMENTADO		
		100%			
		% Recuperação			

IP = IMPENETRÁVEL A PERCUSSÃO



NOTA IMPORTANTE: CALCULAR O VOLUME DE ESCAVAÇÃO

Resumo dos Cálculos:

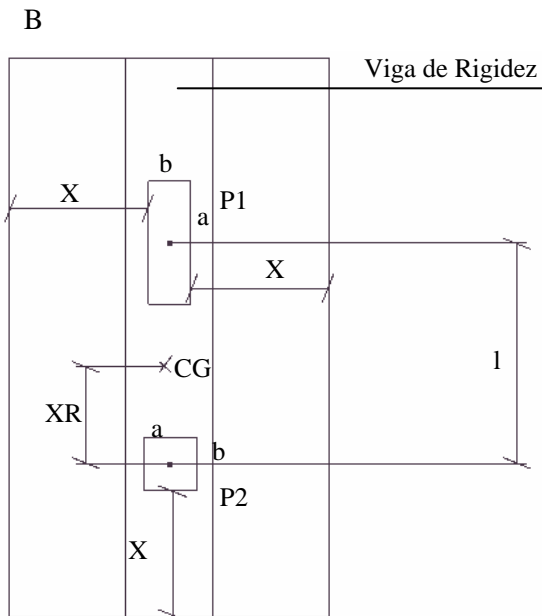
Pilar Nº	Carga (tf)	a (m)	b (m)	A (m)	B (m)	S (m ²)	Volume de Escavação (m ³)	Observação
01								
02								
03								
04								
05								
06								
07								
08								
09								
10								
11								

Volume Total Escavado (m ³)

B - Pilares adjacentes centrais próximos:

Quando a proximidade de pilares adjacentes inviabiliza a adoção de sapatas isoladas, devido à superposição das áreas, deve-se projetar uma única sapata, chamada de sapata associada, sendo necessária a introdução de uma viga central de interligação dos pilares (viga de rigidez) para que a sapata trabalhe com tensão constante.

FORMA RETANGULAR



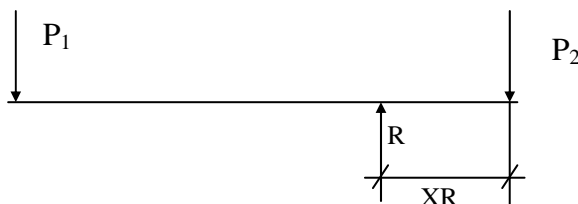
OBSERVAÇÃO: LADO "A" DA SAPATA SEMPRE PARALELO A VIGA DE RIGIDEZ

$$R = P_1 + P_2 \Rightarrow \text{RESULTANTE DAS CARGAS}$$

DEVEMOS TENTAR DEIXAR OU OBTER 3 BALANÇOS IGUAIS, OU SEJA "X"

$$S = \frac{1,10 \times (P_1 + P_2)}{\bar{\sigma}}$$

Notar que neste caso consideramos um acréscimo de 10% em relação à resultante "R" para levar em conta o peso da sapata e também o peso da viga de rigidez.

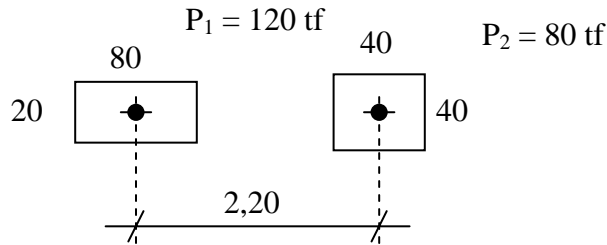


$$XR = \frac{P_1 \times l}{(P_1 + P_2)} = \text{PONTO DE APLICAÇÃO DA RESULTANTE DAS CARGAS}$$

OBS: $(P_1 + P_2) = R$

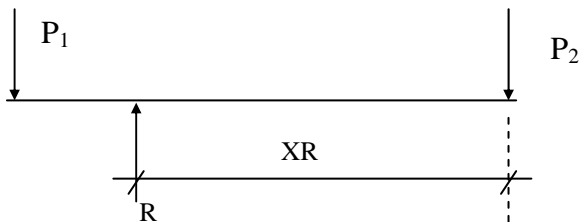
Exemplo:

Calcular as fundações dos pilares abaixo, utilizando sapatas de forma retangular.



$$XR = \frac{P_1 \times l}{P_1 + P_2} = \frac{120 \times 2,20}{120 + 80} = 1,32m$$

$$\bar{\sigma}_s = 2,0kgf / cm^2 = 20,0tf / m^2$$



$$S = \frac{1,10 \times (120 + 80)}{20} = 11,0m^2$$

Dimensão Mínima = $\frac{XR + \text{metade da dimensão do pilar}}{2}$

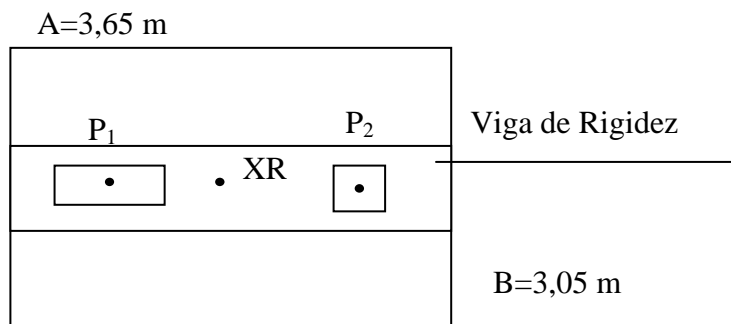
$$\text{Dimensão Mínima} = \frac{1,32 + 0,40}{2} = 1,52 \text{ m}$$

$$\text{Dimensão Mínima} = 1,52 \times 2 = 3,04 \text{ m} \quad \therefore \quad 3,05 \text{ m}$$

$$\text{Dimensão máxima} = \frac{S}{\text{Dimensão Mínima}} = \frac{11,00}{3,05} = 3,61 \quad \therefore \quad 3,65 \text{ m}$$

Verificação: $A \times B = 3,05 \times 3,65 = 11,13 \text{ m}^2 > S \quad \therefore \quad \text{Ok.}$

A dimensão "A" deverá ser sempre paralela à viga de rigidez.



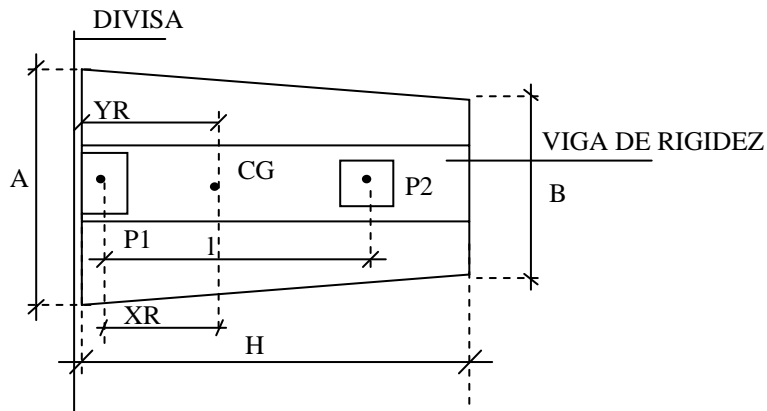
C - Pilares associados de divisa:

São assim denominados os pilares situados próximos da divisa.

As sapatas destes pilares não poderão invadir o terreno alheio. Temos duas soluções empregadas nesta situação dependendo da localização do pilar central próximo.

1ª Solução: Quando $P_2 > P_1$ ∴ Utilizamos a forma retangular, e maneira de resolução será a mesma já vista anteriormente.

2ª Solução: Quando $P_2 < P_1$ ∴ Utilizamos a forma trapezoidal.



$$XR = \frac{P_2}{P_1 + P_2} \times l$$

$$YR = XR + \frac{1}{2} \text{ Largura do pilar} + \text{folga}$$

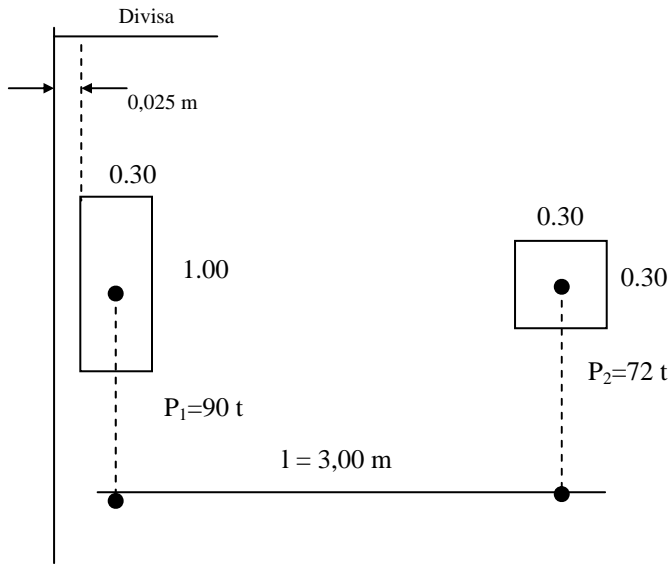
$$S = \frac{1,10 \times (P_1 + P_2)}{\bar{\sigma}_s} \quad \text{Lembramos que} \quad S = \frac{A + B}{2} \times H$$

Adotamos um valor de H mínimo = da divisa ao 2º pilar, com uma folga de 2,5 cm.

$$B = \frac{2 \times S}{H} \times \left(\frac{3YR}{H} - 1 \right)$$

$$A = \frac{2 \times S}{H} - B$$

Exemplo: Dimensionar a fundação do pilar abaixo utilizando sapata trapezoidal.



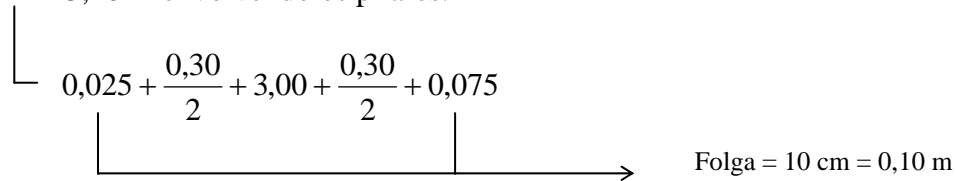
$$\bar{\sigma}_s = 1,5 \text{ kgf} / \text{cm}^2$$

$$XR = \frac{P_2}{P_1 + P_2} \times l = \frac{72}{90 + 72} \times 3 = 1,33 \text{ m}$$

$$YR = XR + \frac{b}{2} + \text{folga} = 1,33 + \frac{0,30}{2} + 0,025 = 1,50 \text{ m}$$

$$S = \frac{1,10 \times (P_1 + P_2)}{\bar{\sigma}_s} = \frac{1,10 \times (90 + 72)}{15} = 11,88 \text{ m}^2$$

Adotamos $H = 3,40 \text{ m}$ envolvendo os pilares.

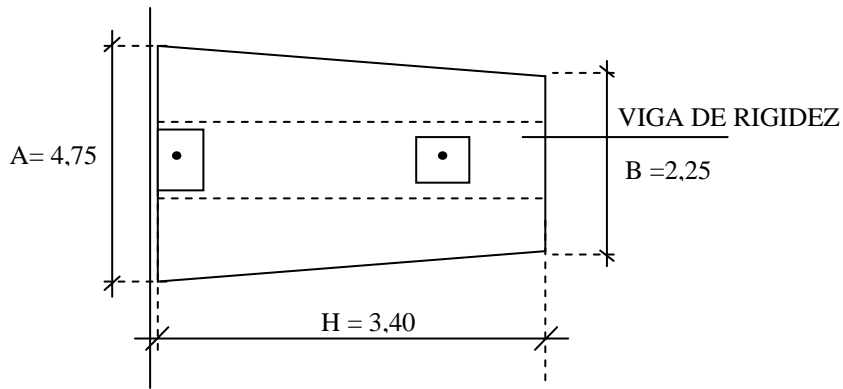


$$B = \frac{2 \times S}{H} \times \left(\frac{3YR}{H} - 1 \right) = \frac{2 \times 11,88}{3,40} \times \left(\frac{3 \times 1,50}{3,40} - 1 \right) = 2,23 \therefore 2,25 \text{ m}$$

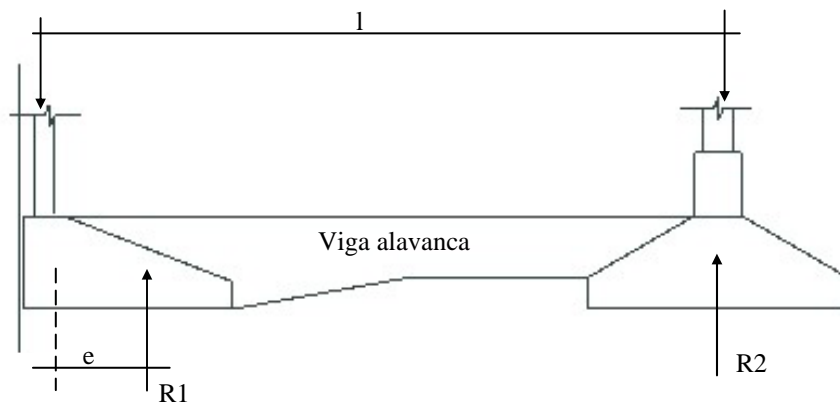
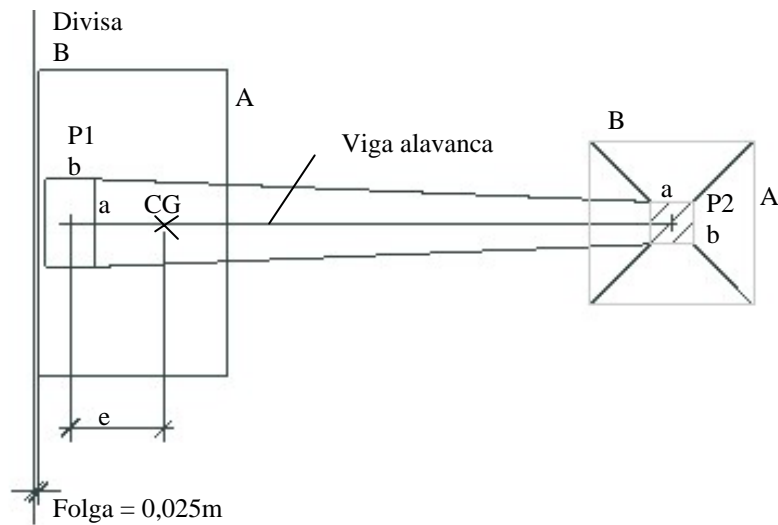
$$A = \frac{2 \times S}{H} - B = \frac{2 \times 11,88}{3,40} - 2,25 = 4,73 \therefore 4,75 \text{ m}$$

Verificação:

$$\hat{\text{Área}} S = \frac{4,75 + 2,25}{2} \times 3,40 = 11,90m^2 > S \therefore \text{OK!}$$



D - Pilares de Divisa Alavancado:



- Tomando-se os momentos em relação ao ponto de aplicação da carga P2, obtemos a reação na sapata de divisa.

$$R_1 = \frac{P_1 \times l}{l - e} \quad e = \text{excentricidade} = \frac{B_1}{2} - \frac{b_1}{2} - 0,025 \text{ (folga } \geq 2,5\text{cm)}$$

- Notamos que o número de incógnitas é maior que o número de equações, portanto o problema deverá ser resolvido por tentativas.

$$R'_1 = 1,20 \times P_1$$

$$S'_1 = \frac{1,05 \times R'_1}{\bar{\sigma}_s}$$

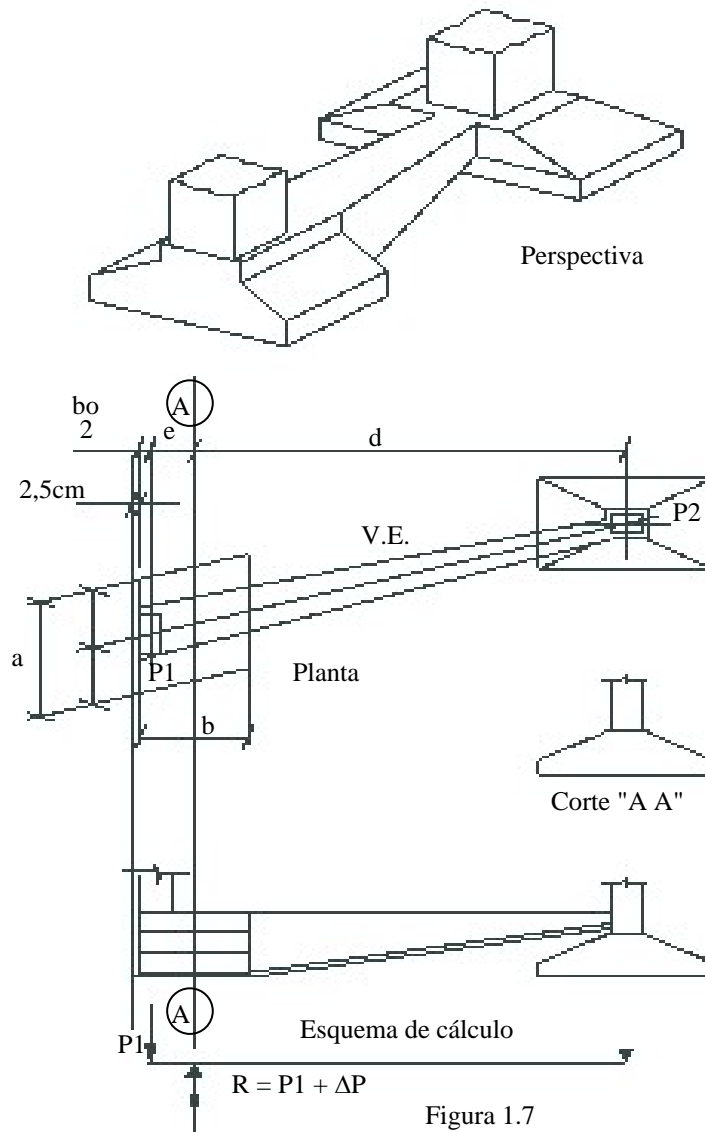


Figura 1.7

Na escolha dos lados, recomendamos o critério de $A = 1,5 B$, embora alguns profissionais adotem $A = 2,0$ a $2,5B$.

$$B'_1 = \sqrt{\frac{S_1}{1,5}}$$

Finalmente, encontramos a excentricidade.

$$e' = \frac{B'_1}{2} - \frac{b_1}{2} - 0,025$$

O que permite calcular a reação.

$$R''_1 = \frac{P_1 \times l}{l - e'}$$

Se a reação calculada R''_1 for aproximadamente igual a reação estimada R'_1 (aceita-se uma diferença de até 10% ou seja: $R''_1 = R'_1 \pm 10\%$), portanto podemos considerar o ciclo encerrado. Assim, teremos os valores reais:

$$\begin{aligned} R_1 &= R''_1 \\ e &= e' \\ B_1 &= B'_1 \end{aligned}$$

Restando apenas encontrar a outra dimensão da sapata.

$$S_1 = \frac{1,05 \times R_1}{\bar{\sigma}_s} \qquad A_1 = \frac{S_1}{B_1}$$

Caso contrário, é necessário repetir o ciclo iterativo novamente.

Na maioria dos casos, a viga alavanca é ligada a um pilar central, conforme mostra o esquema ilustrativo; então a carga P_2 sofre um alívio de:

$$\Delta P = R_1 - P_1$$

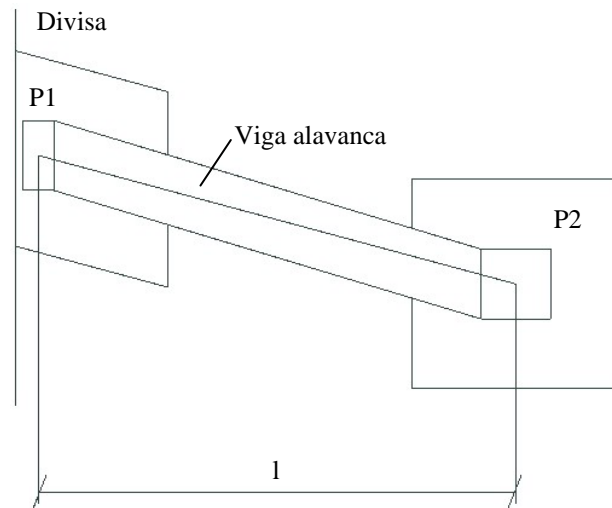
$$R_2 = P_2 - \frac{1}{2} \Delta P$$

$$S_2 = \frac{1,05 \times R_2}{\bar{\sigma}_s}$$

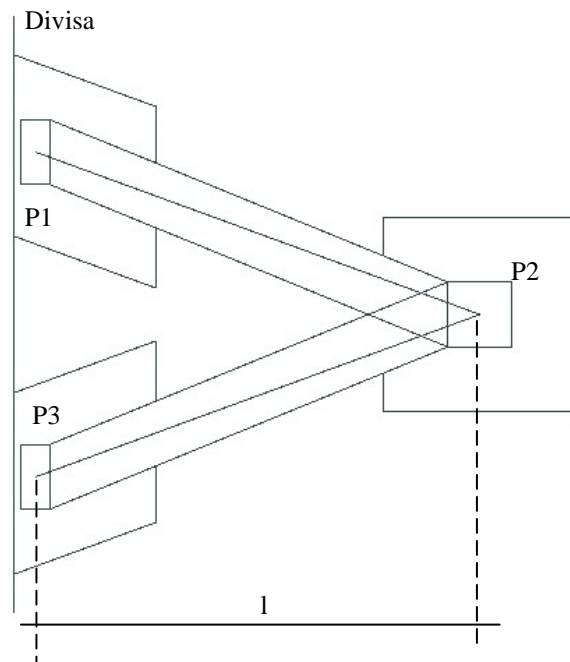
Utilizando-se o critério de balanços iguais, obtemos as dimensões B_2 e A_2 .

Critérios para projeto:

1º Caso:

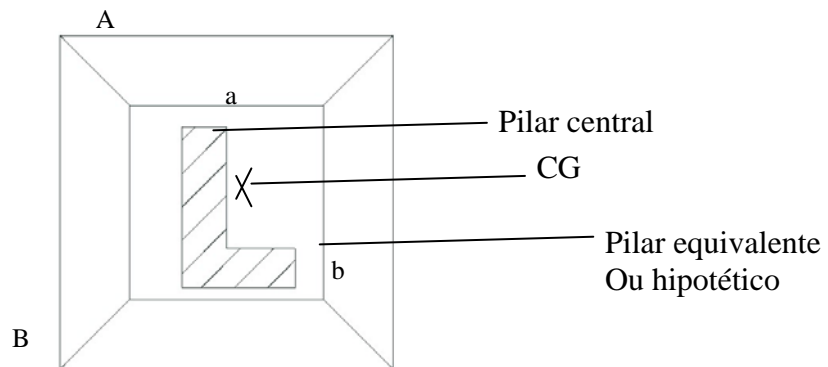


2º Caso:



$R2 = 1/2$ da somatória
Dos alvíos

3º Caso:

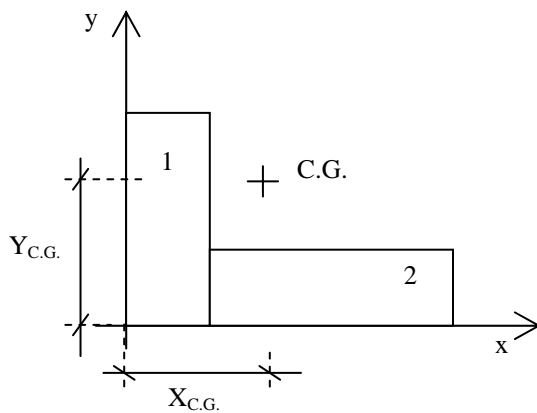


No dimensionamento da sapata, devemos inicialmente considerar um pilar retangular ou quadrado “equivalente”, de tal forma que tenha o mesmo centro de gravidade e o pilar central fique “inscrito”. A partir daí e só utilizar o critério de balanços iguais.

4º Caso:

Quando a área total de todas as sapatas de um projeto atingir cerca de 70% da área da construção, geralmente é mais econômico o emprego de um único elemento de fundação, denominado de “radier”.

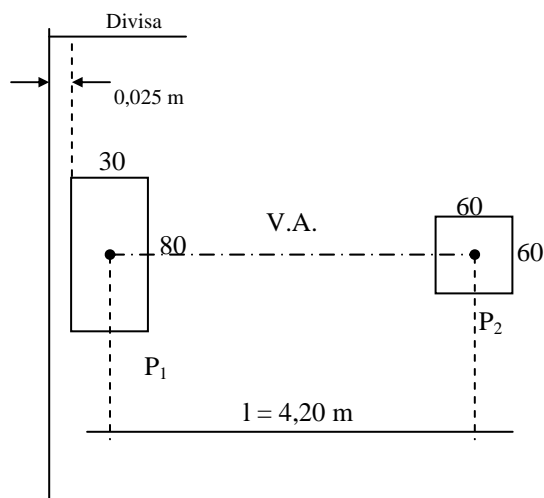
Lembrete *super* amigo:



$$X_{CG} = \frac{\sum x_i \cdot A_i}{\sum A_i}$$

$$Y_{CG} = \frac{\sum y_i \cdot A_i}{\sum A_i}$$

Exemplo: 1º caso



$$P_1 = 210tf$$

$$P_2 = 195tf$$

$$\bar{\sigma}_s = 3,5kgf / cm^2 = 35tf / m^2$$

Dimensionamento do Pilar P₁:

$$R'_1 = 1,20 \times P_1 = 1,20 \times 210 = 252tf$$

$$S'_1 = \frac{1,05 \times R'_1}{\bar{\sigma}_s} = \frac{1,05 \times 252}{35} = 7,56m^2$$

$$B'_1 = \sqrt{\frac{S'_1}{1,5}} = \sqrt{\frac{7,56}{1,5}} = 2,24m \therefore 2,25m$$

$$e' = \frac{B'_1}{2} - \frac{b_1}{2} - 0,025 = \frac{2,25}{2} - \frac{0,30}{2} - 0,025 = 0,95m$$

$$R''_1 = \frac{P_1 \times l}{l - e'} = \frac{210 \times 4,20}{4,20 - 0,95} = 271,38tf$$

$$R''_1 = R'_1 \pm 10\% \quad (252 \pm 10\% \Rightarrow 277,20 \text{ a } 226,80tf)$$

Como R''₁ = 271,58tf ∴ Ok

Caso contrário retornar o processo para o início, adotando R' ₁ = 1,25 x P₁, assim continuamente.

Portanto:

$$R_1 = R''_1 = 271,38t$$

$$e = e' = 0,95m$$

$$B_1 = B'_1 = 2,25m$$

$$S_1 = \frac{1,05 \times R_1}{\bar{\sigma}_s} = \frac{1,05 \times 271,38}{35} = 8,14 m^2$$

$$A_1 = \frac{S_1}{B_1} = \frac{8,14}{2,25} = 3,61 m \therefore 3,65 m$$

Verificação: $A_1 \times B_1 \geq S_1 \Rightarrow 3,65 m \times 2,25 m = 8,21 m^2 > S_1 \therefore Ok.$

Dimensionamento do pilar P_2 :

$$\Delta P = R_1 - P_1 = 271,38 - 210 = 61,38 tf$$

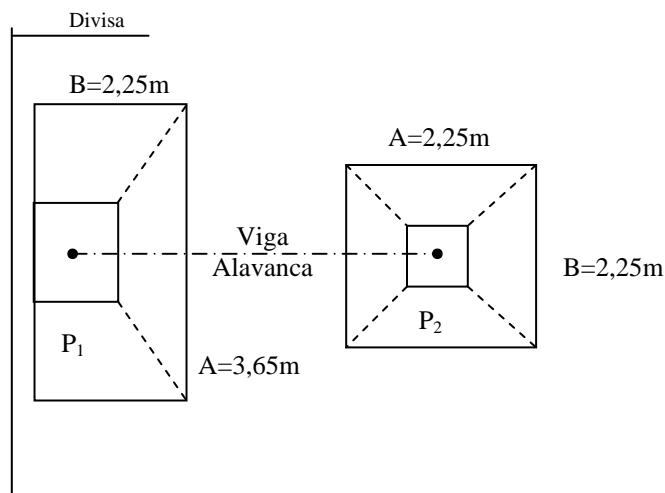
$$R_2 = P_2 - \frac{1}{2} \Delta P = 195 - \frac{61,38}{2} = 164,31 tf$$

$$S_2 = \frac{1,05 \times R_2}{\bar{\sigma}_s} = \frac{1,05 \times 164,31}{35} = 4,92 m^2$$

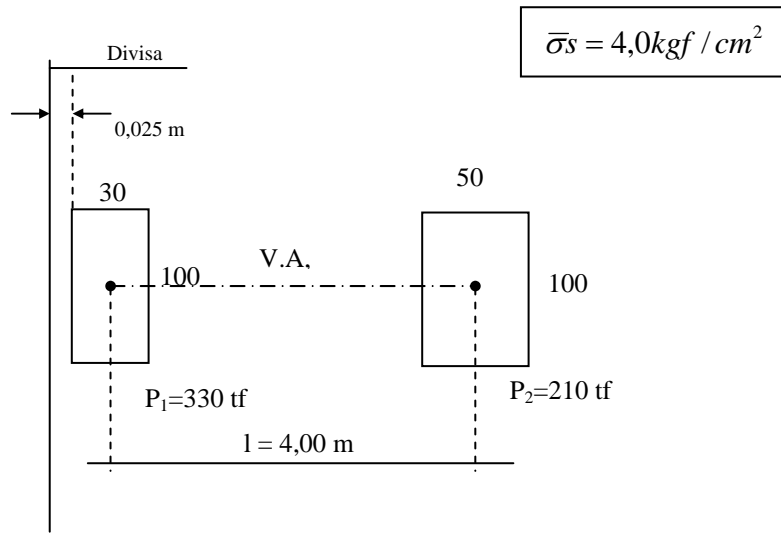
$$A_2 = \sqrt{S} + \frac{a-b}{2} = \sqrt{4,92} + \frac{0,6-0,6}{2} = 2,21 m \therefore 2,25 m$$

$$B_2 = \sqrt{S} - \frac{a-b}{2} = \sqrt{4,92} - \frac{0,6-0,6}{2} = 2,21 m \therefore 2,25 m$$

Verificação: $A_2 \times B_2 \geq S_2 \Rightarrow 2,25 m \times 2,25 m = 5,06 m^2 > S_2 \therefore Ok.$



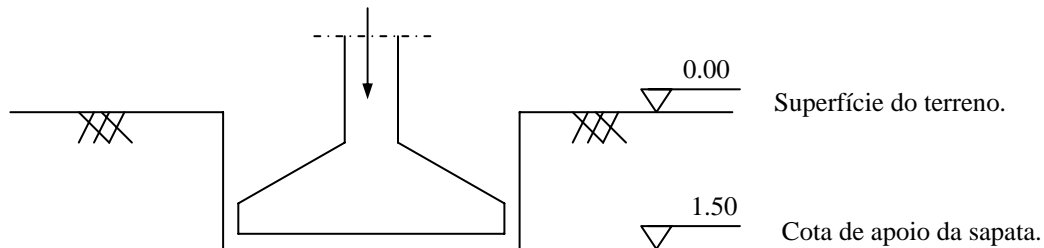
Exemplo: 2º caso



2º Projeto – SAPATAS

Dado o perfil de sondagem abaixo:

- Determinar a tensão admissível do solo na cota de apoio da sapata.
- Dimensionar as sapatas dos pilares na planta ao lado.
- Calcular o provável volume de escavação.



Dado construtivo

Perfil de sondagem à percussão:

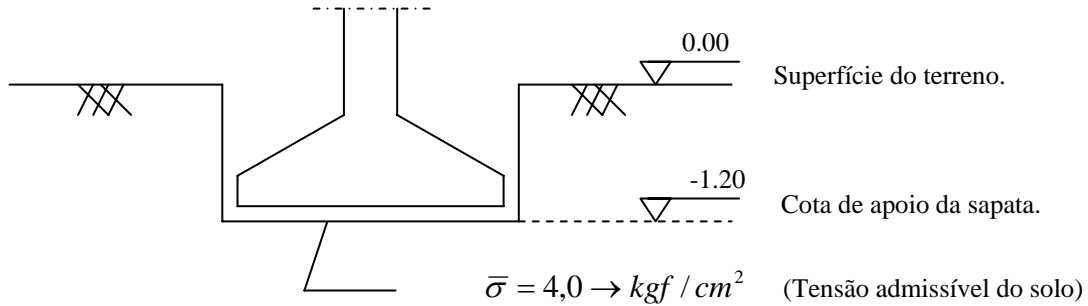
SPT	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	0.00
15	Argila silto arenosa, dura, com vestígios de rocha decomposta, vermelha escura/clara. (solo residual)	<p>Cota de apoio da sapata</p>
30		
31		3.00
32	N.A. (4.00) Silte argilo arenoso, muito compacto, com fragmentos de rocha decomposta variegado, vermelho escuro, amarelo escuro. (solo saprolítico)	
45		5.00
52	Silte arenoso argiloso, muito compacto, com fragmentos de rocha decomposta, variegado, vermelho escuro/claro, amarelo escuro/claro. (solo saprolítico)	8.00
30/02		
I.P.		
	Impenetrável à percussão. Obs: A parada da sondagem se deu pelo encontro de matacão de natureza rochosa ou topo rochoso.	

Nota importante: Neste local será construído um edifício residencial com 8 pavimentos, sobre Pilotis.

3º Projeto: SAPATAS

Dimensionar a fundação dos pilares ao lado, utilizando fundação rasa do tipo sapata.

Notas importantes:



Neste local será construído um edifício de 5 andares sobre Pilotis, para fins residenciais.

Observação:

Calcular o volume de escavação das sapatas.

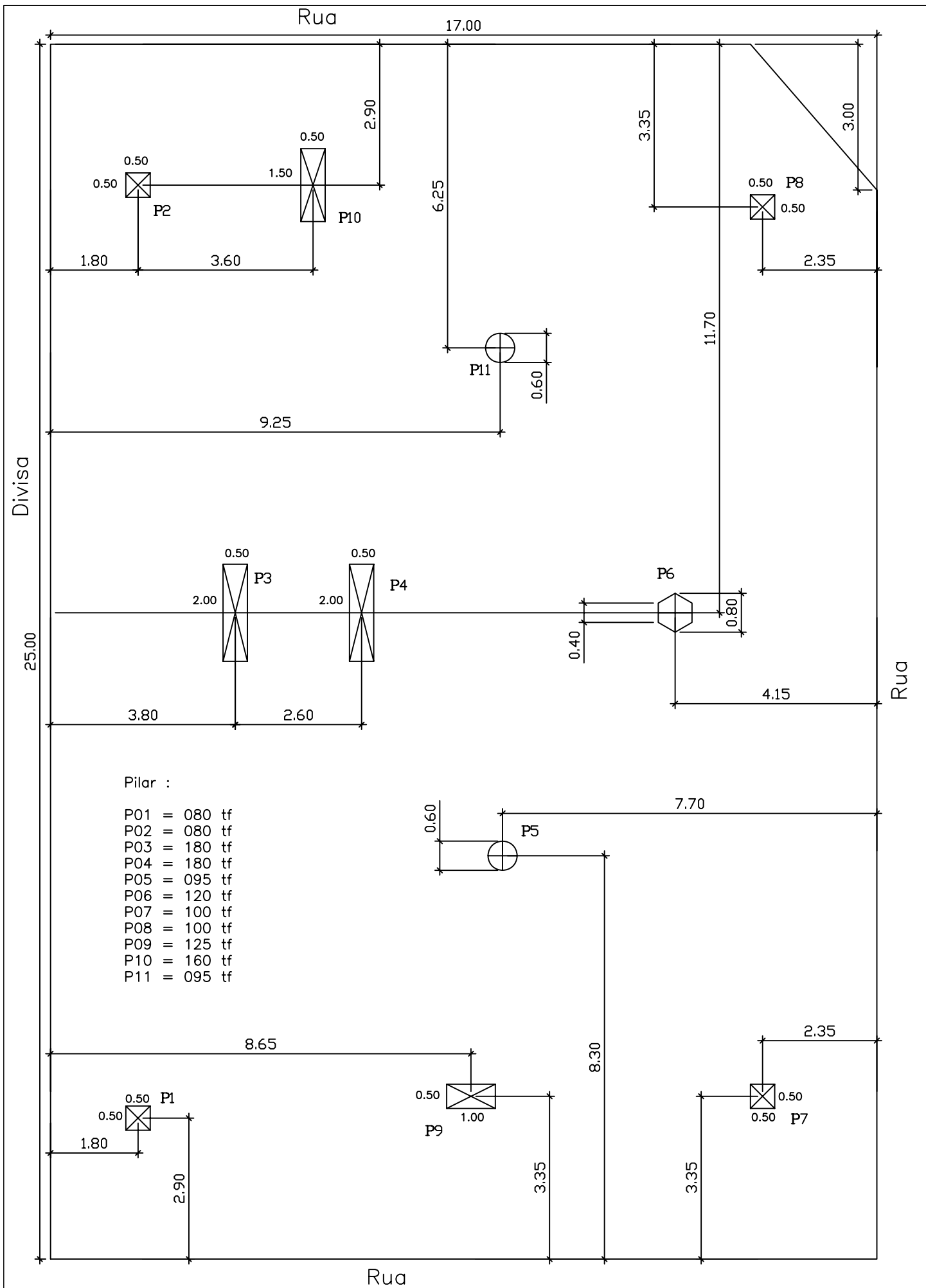
Resumo dos cálculos:

Pilar Nº	Carga (tf)	A (m)	B (m)	S (m ²)	Prof. cota de apoio (m)	Volume escavação (m ³)
01						
02						
03						
04						
05						
06						
07						
08						
09						
10						
11						
12						

Volume total escavado	
-----------------------	--

Anexos:

- Projeto 01;
- Projeto 02;
- Projeto 03.



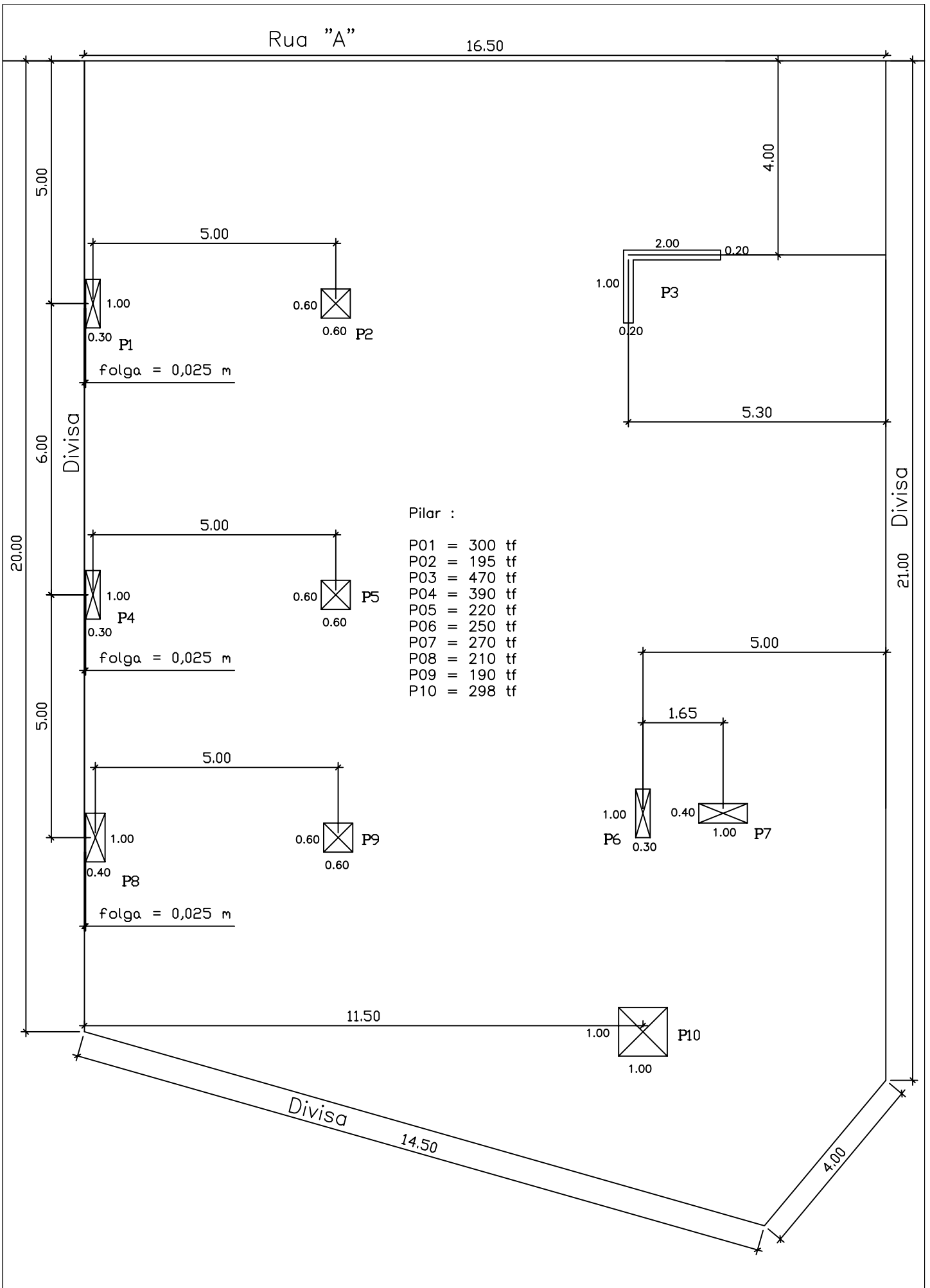
ALUNOS:

ESC.: 1:100

Folha: 1/1

Locação dos Pilares

Fundações



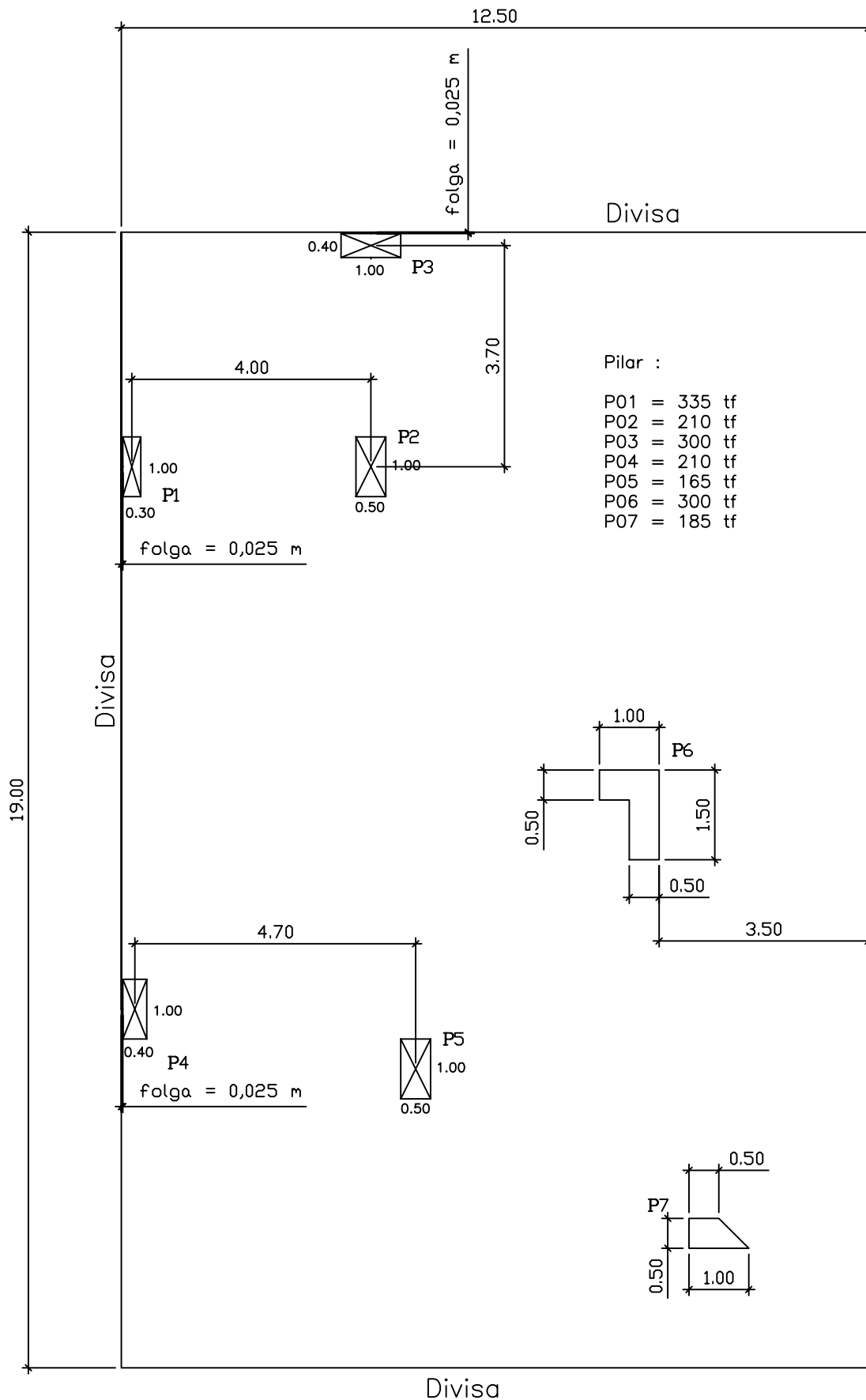
ALUNOS:

ESC.: 1:100

Folha: 1/1

Localção dos Pilares

Fundações



Pilar :

- P01 = 335 tf
- P02 = 210 tf
- P03 = 300 tf
- P04 = 210 tf
- P05 = 165 tf
- P06 = 300 tf
- P07 = 185 tf

