

## Dimensionamento da geometria de uma sapata de fundação

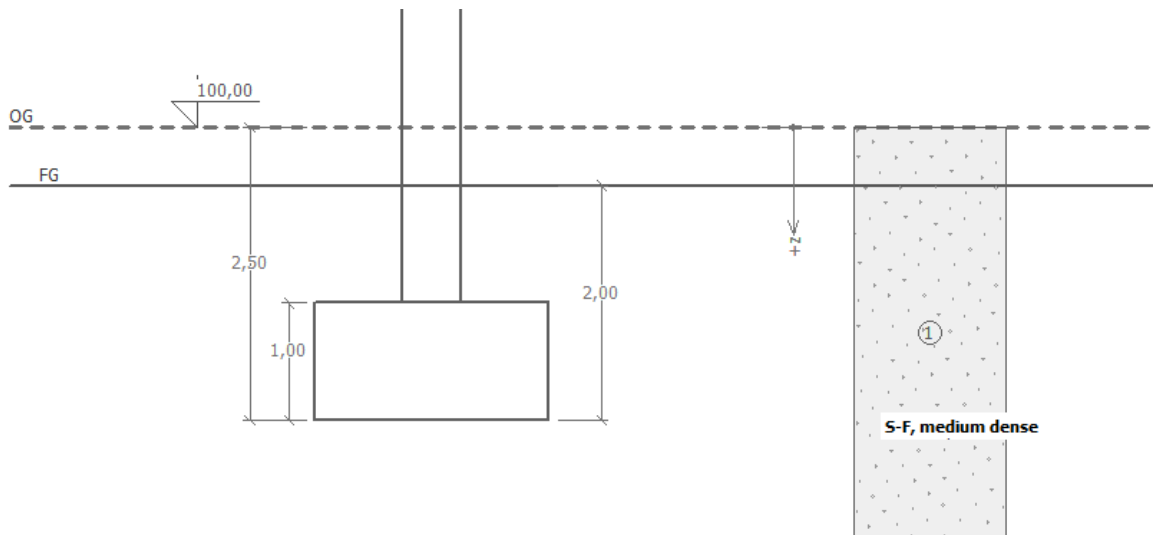
Programa: Sapata

Arquivo: Demo\_manual\_09.gpa

Neste Manual de Engenharia, vamos mostrar como dimensionar uma sapata de fundação de forma simples e eficiente.

### Tarefa:

Dimensionar as dimensões de uma sapata de fundação concêntrica, através da Norma EN 1997-1 (EC 7-1, DA1). As forças provenientes do pilar atuam no topo da fundação. As forças a introduzir são:  $N, H_x, H_y, M_x, M_y$ . O terreno atrás da estrutura é horizontal; o solo de fundação consiste em S-F – Areia com partículas finas, solo mediamente denso. A base da fundação está a 2.5 m de profundidade, em relação à superfície do terreno.



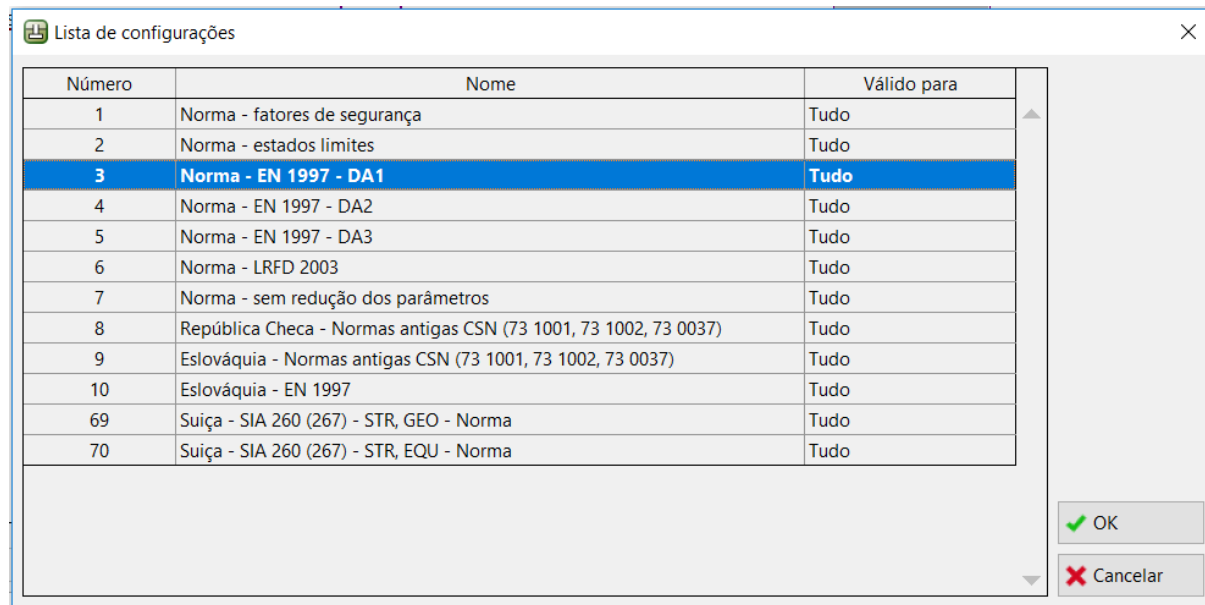
*Esboço da tarefa – análise da capacidade de suporte de uma sapata de fundação*

### Resolução

Para resolver este problema, vamos utilizar o programa GEO5 Sapata. Neste texto, vamos explicar como resolver este exemplo passo-a-passo. Primeiro, é necessário introduzir todos os dados e, de seguida, esboçar a sapata de fundação na janela “Geometria”.

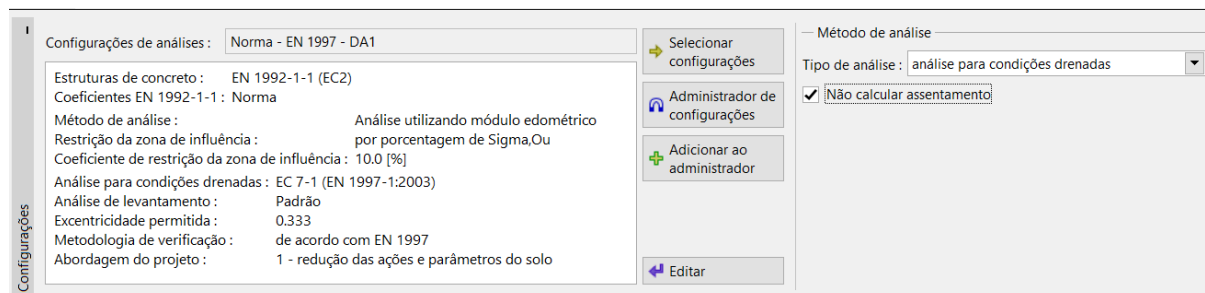
## Introdução de dados

Na janela “Configurações”, clique no botão “Selecionar” e escolha a opção No. 3 – “Norma – EN 1997 – DA1”.



Janela “Lista de configurações”

Selecione, também, o método de análise, no canto inferior direito – para este caso selecione “análise para condições drenadas”. **Não vamos analisar o assentamento** (fará parte do Manual de Engenharia (No. 10) seguinte).



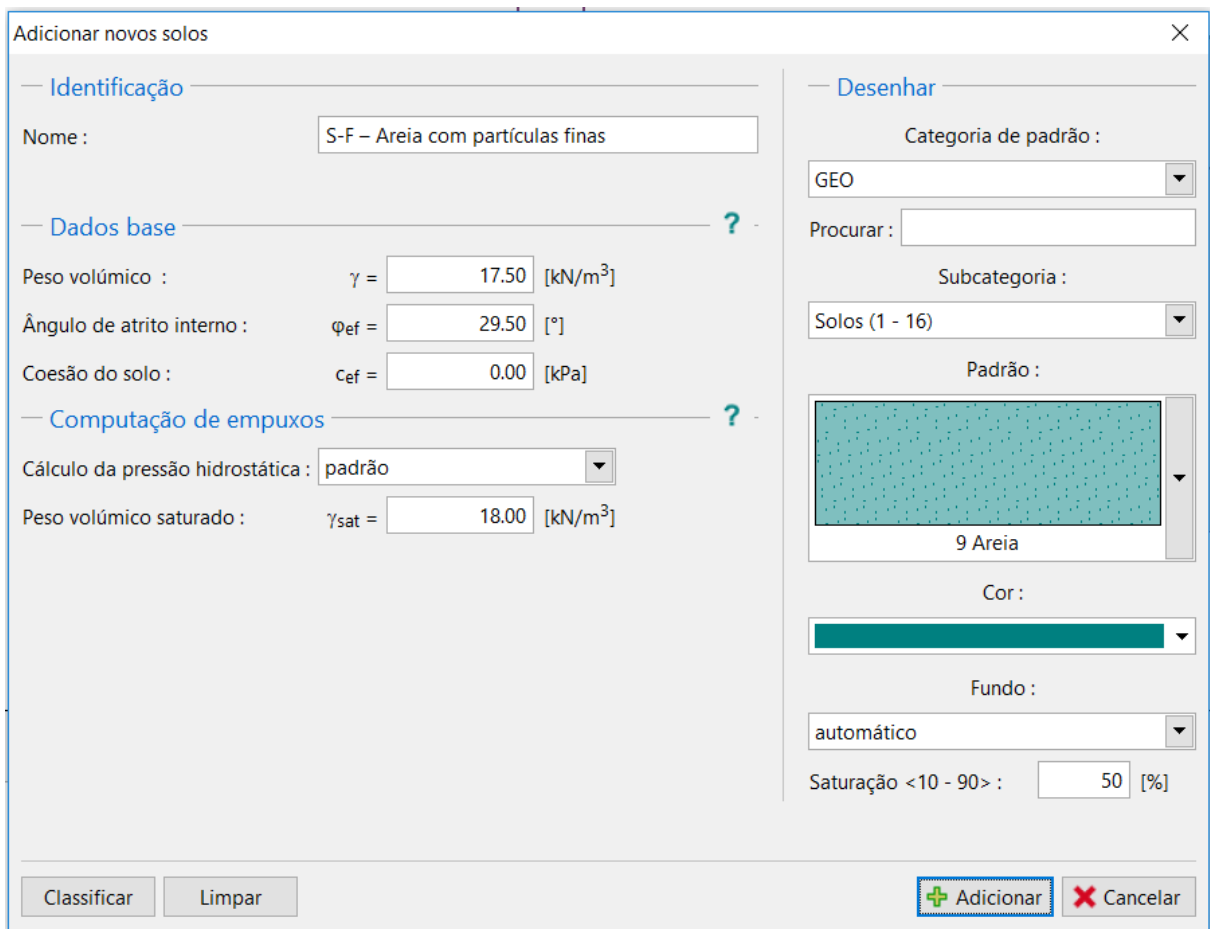
Janela “Configurações”

*Nota: Normalmente, as sapatas de fundação são analisadas para condições drenadas, através dos parâmetros efetivos do solo ( $\varphi_{ef}, c_{ef}$ ). Uma análise para condições não drenadas é realizada para solos coesivos e com desempenho a curto prazo, utilizando os parâmetros totais do solo ( $\varphi_u, c_u$ ). De acordo com a Norma EN 1997, o atrito total é sempre considerado  $\varphi_u = 0$ .*

O próximo passo consiste em definir os solos e atribuí-los ao perfil geológico. Começamos pela janela “Solos” e clicar em “Adicionar”. Adicione um novo solos com os parâmetros seguintes. De seguida atribua-o ao perfil, na janela “Atribuir”.

*Tabela com os parâmetros dos solos*

Solo, rocha (classificação)	Peso volúmico $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Ângulo de atrito interno $\varphi_{ef}$ [°]	Coesão do solo $c_{ef}$ [kPa]	Peso volúmico saturado $\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]
S-F – Areia com partículas finas, solo mediamente denso	17.5	29.5	0.0	18



**Adicionar novos solos**

**Identificação**

Nome : S-F – Areia com partículas finas

**Dados base**

Peso volúmico :  $\gamma = 17.50$  [kN/m<sup>3</sup>]

Ângulo de atrito interno :  $\varphi_{ef} = 29.50$  [°]

Coesão do solo :  $c_{ef} = 0.00$  [kPa]

**Computação de empuxos**

Cálculo da pressão hidrostática : padrão

Peso volúmico saturado :  $\gamma_{sat} = 18.00$  [kN/m<sup>3</sup>]

**Desenhar**

Categoria de padrão : GEO

Procurar :

Subcategoria : Solos (1 - 16)

Padrão : 9 Areia

Cor :

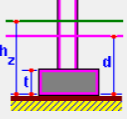
Fundo : automático

Saturação <10 - 90> : 50 [%]

Classificar    Limpar    + Adicionar    X Cancelar

*Janela “Solos” – adicionar novo solo*

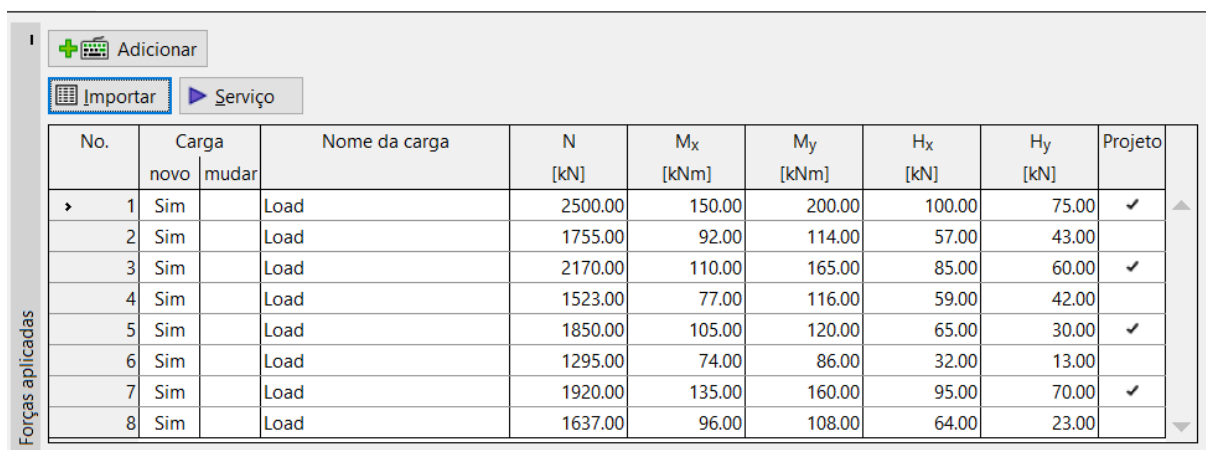
De seguida, abra a janela “Fundação”. Para o tipo de fundação, escolha “sapata concêntrica” e defina as dimensões, assim como a profundidade medida a partir da superfície do solo original (2.5 m), a profundidade da base da sapata (2.0 m), a espessura da fundação (1 m) e a inclinação da superfície final, conforme mostra a imagem abaixo. Introduza, ainda, o peso volúmico da sobrecarga (20kN/m<sup>3</sup>), que consiste em enchimento colocado sobre a sapata após a construção.

Tipo de fundação		Dimensões		Fundação	
sapata concêntrica		Prof. da superfície do solo original: $h_z =$	2.50 [m]	Peso volúmico da sobrecarga: $\gamma_1 =$	20.00 [kN/m <sup>3</sup> ]
		Profundidade da sapata: $d =$	2.00 [m]		
		Espessura da fundação: $t =$	1.00 [m]		
		Incl. da superfície final: $s_1 =$	0.00 [°]		
		Incl. da sapata: $s_2 =$	0.00 [°]		

Janela “Fundação”

*Nota: A profundidade da base da sapata depende de vários fatores, que podem ser fatores naturais ou climáticos, ou das condições hidrológicas e geológicas do local de construção. Na República Checa, a profundidade da base da fundação recomendável é, pelo menos, 0.8 m abaixo da superfície, devido ao congelamento. Para argilas, é recomendável que esta profundidade seja superior, sendo 1.6 m. Ao analisar a capacidade de suporte da fundação, a profundidade da fundação é considerada como a distância vertical mínima entre a base da sapata e a superfície final.*

Na janela “Carga”, introduza as forças e momentos que atuam na parte superior da fundação:  $N, H_x, H_y, M_x, M_y$ . Estes valores foram obtidos a partir de um programa de análise estrutural que podem ser importados para esta análise, através do botão “Importar” (pode encontrar mais informações acerca da forma de importar dados no nosso webiste: <http://www.finesoftware.eu/help/geo5/en/table-data-import-01/>). O ficheiro para importação (import\_load\_spread\_footing.txt) faz parte do arquivo de instalação do GEO5 e está localizado na pasta “FINE”, em documentos públicos.



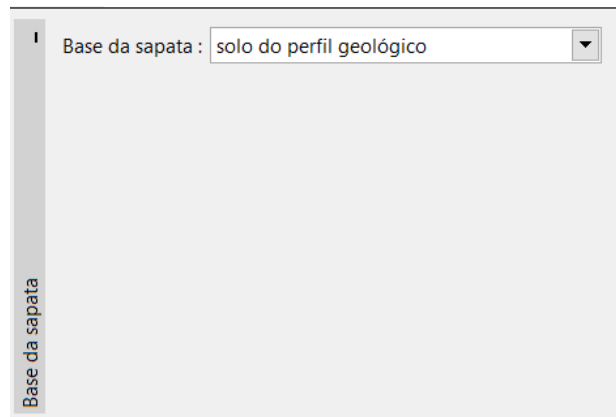
No.	Carga		Nome da carga	N [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	H <sub>x</sub> [kN]	H <sub>y</sub> [kN]	Projeto
	novo	mudar							
1	Sim		Load	2500.00	150.00	200.00	100.00	75.00	✓
2	Sim		Load	1755.00	92.00	114.00	57.00	43.00	
3	Sim		Load	2170.00	110.00	165.00	85.00	60.00	✓
4	Sim		Load	1523.00	77.00	116.00	59.00	42.00	
5	Sim		Load	1850.00	105.00	120.00	65.00	30.00	✓
6	Sim		Load	1295.00	74.00	86.00	32.00	13.00	
7	Sim		Load	1920.00	135.00	160.00	95.00	70.00	✓
8	Sim		Load	1637.00	96.00	108.00	64.00	23.00	

Janela “Carga”

*Nota: Na definição das dimensões de sapatas contínuas, a carga de projeto é, normalmente, a carga decisiva. No entanto, neste caso estamos a utilizar os critérios da análise da Norma EN 1997-1 – DA1 e os valores da carga de serviço também devem ser introduzidos, dado que a análise implica duas combinações de dimensionamento.*

Vamos saltar a janela “Geometria”, uma vez que o programa realiza o dimensionamento automático das dimensões da estrutura. Para tal, é necessário definir todos os outros parâmetros previamente.

Vamos manter a opção de origem “solo a partir do perfil geológico”, na janela “Base da sapata”.

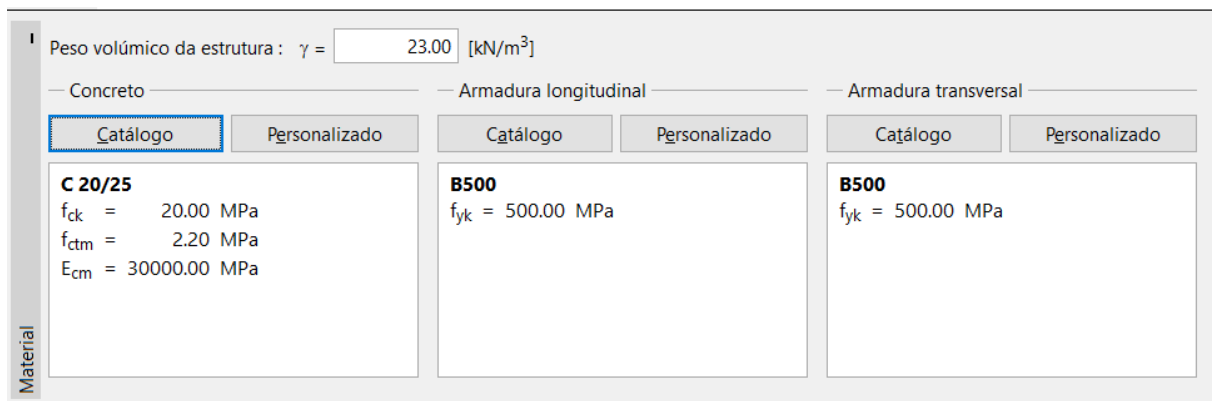


*Janela “Base da sapata”*

Não vamos introduzir um colchão de areia com cascalho na janela “Colchão AC”, dado que estamos a considerar a existência de um solo permeável não coesivo na base da sapata.

*Nota: Correntemente, os colchões de areia com cascalho já não são utilizados com muita frequência, devido há existência de vários casos, em áreas de solos coesivos, em que as sapatas ficaram encharcadas, devido à influência do nível freático. Isto deve-se ao facto de o colchão de areia com cascalho funcionar como um dreno, caso não seja aplicado um sistema de drenagem.*

Na janela “Material”, introduza as características do material da fundação.

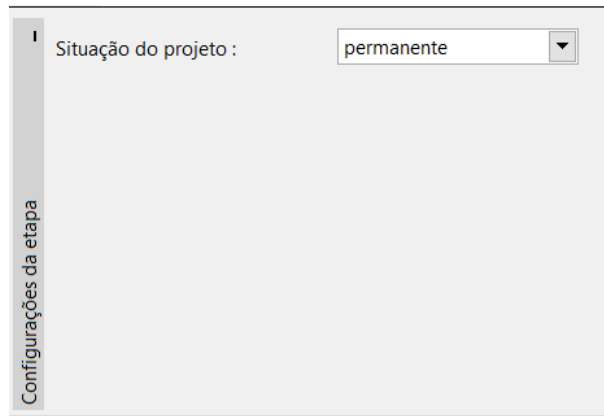


*Janela “Material”*

Salte a janela “Sobrecarga”, uma vez que não é considerada nenhuma sobrecarga nas proximidades da fundação.

*Nota: As sobrecargas nas proximidades da fundação têm influência na análise de assentamento e de rotação da fundação, mas não influenciam a sua capacidade de suporte. No caso da capacidade de suporte vertical, estas atuam sempre favoravelmente, não sendo necessário avaliar a sua influência.*

Seguidamente, abra a janela “Configurações da etapa” e selecione a situação de projeto “permanente”.

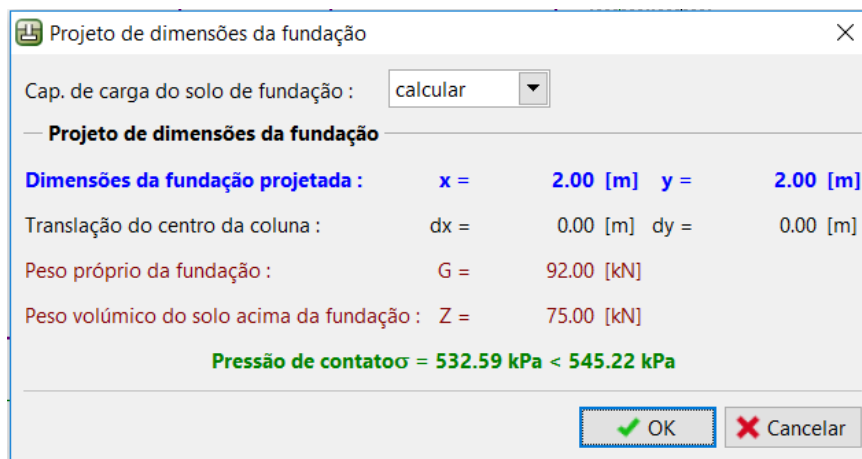


*Janela “Configurações da etapa”*

## Definição das dimensões da fundação

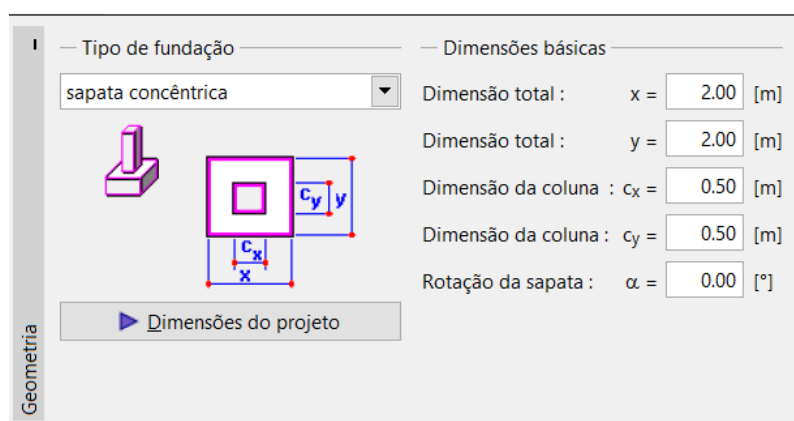
Agora, abra a janela “Geometria” e aplique a função “Dimensões do projeto”, que faz com que o programa determine as dimensões mínimas para a fundação. Estas dimensões podem ser editadas posteriormente.

Na caixa de diálogo, é possível introduzir a capacidade de suporte do solo de fundação  $R_d$  ou seleccionar “Calcular”. Por agora, vamos seleccionar “Calcular”. O programa analisa automaticamente o peso da fundação e o peso do solo abaixo da fundação e determina as dimensões mínimas para a fundação.



Caixa de diálogo “Projeto de dimensões da fundação”

O botão “OK” serve para aceitar o dimensionamento e todas as dimensões são transferidas para os campos de introdução de dados, na parte esquerda da janela. Ambas as dimensões do pilar foram definidas como 0.5 m.



Janela “Geometria”



Nota: O dimensionamento de sapatas concêntricas e excêntricas é sempre realizado de forma a que as dimensões sejam tão reduzidas quanto possível, mantendo uma capacidade de suporte vertical adequada. A opção “introduzir” calcula as dimensões da sapata com base na capacidade de suporte definida para o solo de fundação.

Nota: Para o caso de uma estrutura mais básica (estruturas assentes sobre fundações simples), é possível introduzir capacidades de suporte  $R_d$  tabeladas. Para casos de estruturas mais complexas, a capacidade de suporte  $R_d$  deve ser sempre calculada.

Agora, vamos verificar o dimensionamento na janela “Capacidade de carga”. Nesta verificação, não vamos considerar a resistência do solo.

**Verificação da capacidade de carga da base da sapata contínua**  
**Verificação de capacidade de carga vertical**  
 Forma da tensão de contato : retângulo  
 Combinação de cargas mais desfavorável No. 2. (Load)

Projeto da capacidade de carga da fund. do solo  $R_d = 545.22$  kPa  
 Pressão de contato extrema  $\sigma = 532.59$  kPa  
**Capacidade de carga na direção vertical É SATISFATÓRIA**

**Verificação da excentricidade da carga**  
 Excentricidade máx. na direção x  $e_x = 0.019 < 0.333$   
 Excentricidade máx. na direção y  $e_y = 0.049 < 0.333$   
 Excentricidade total máx.  $e_t = 0.052 < 0.333$   
**Excentricidade da carga É SATISFATÓRIA**

**Verificação da capacidade de carga horizontal**  
 Combinação de cargas mais desfavorável No. 7. (Load)

Capacidade de carga horizontal  $R_{dh} = 1180.77$  kN  
 Força horizontal extrema  $H = 118.00$  kN  
**Capacidade de carga horizontal É SATISFATÓRIA**  
**Capacidade e carga da fundação É SATISFATÓRIA**

**Análise :** Escolher valores máximos automaticamente  
 Capacidade de carga vertical : Capacidade de carga horizontal :  
 Resistência do solo : não considerado  
 Formato da tensão de contato : retângulo

**Verificação**  
**CAP. DE CARGA VERTICAL : SATISFAZ (97.7%)**  
**CAP. DE CARGA HORIZONTAL : SATISFAZ (10.0%)**

Janela “Capacidade de carga”

- Capacidade de suporte vertical: 97.7 %       $R_d = 545.22 > \sigma = 532.59$  [kPa]      **SATISFAZ**

## Dimensionamento da armadura da sapata

Após verificar a capacidade de suporte, vamos dimensionar a armadura da sapata de fundação na janela “Dimensionamento”. Consideramos a mesma armadura em ambas as direções (X, Y). Dimensionamos 18 barras com 14 mm de diâmetro. A espessura do cobrimento da armadura é 60 mm. A armadura dimensionada é verificada para a combinação de cargas mais desfavorável (“Escolher valores máximos automaticamente”).

**Dimensionamento**

Escolher valores máximos automaticamente

Armadura longitudinal na direção X     Armadura longitudinal na direção Y

Número de barras : 18.00 [pcs]    Número de barras : 18.00 [pcs]

Cobrimento da armadura : 60.0 [mm]    Cobrimento da armadura : 60.0 [mm]

Diâmetro da barra : 14.0 [mm]    Diâmetro da barra : 14.0 [mm]

$A_{req} = 2425.8 \text{ mm}^2 < A_{sup} = 2770.9 \text{ mm}^2$      $A_{req} = 2425.8 \text{ mm}^2 < A_{sup} = 2770.9 \text{ mm}^2$

Armadura transversal da secção transversal crítica

Número de barras : [ ] [pcs]    Ângulo de inclinação : [ ] [°]

Diâmetro da barra : [ ] [mm]

**Verificação**

LONG. NA DIREÇÃO X : **SATISFAZ (87.5%)**

LONG. NA DIREÇÃO Y : **SATISFAZ (87.5%)**

PUNÇAMENTO : **SATISFAZ (58.0%)**

Janela “Dimensionamento”

## Conclusão:

O dimensionamento da sapata de fundação (2.0 x 2.0 m) está satisfatório.