

Assentamento da fundação de um silo circular

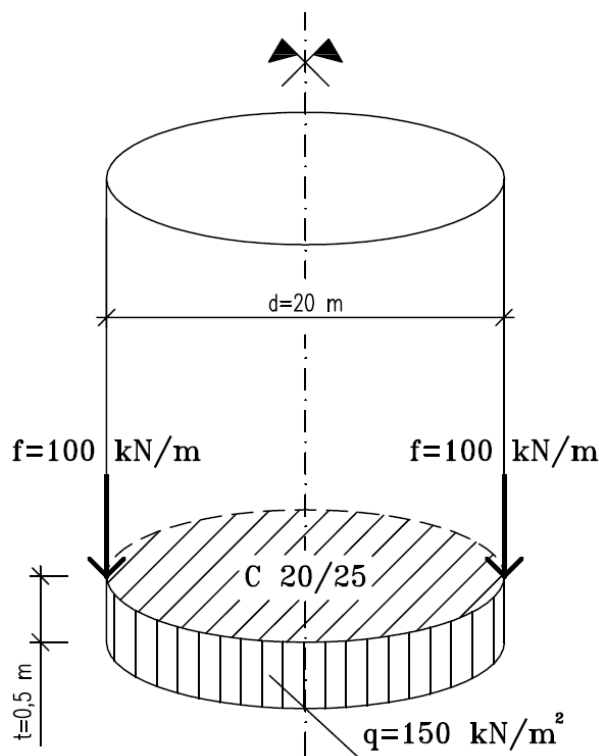
Programa: MEF

Arquivo: Demo_manual_22.gmk

O objetivo deste manual é descrever a resolução da análise de assentamento da fundação de um silo circular, com recurso ao Método dos Elementos Finitos e ao módulo de Simetria Axial.

Definição do problema

Determine o assentamento da fundação de um silo circular (espessura 0.5 m e diâmetro 20.0 m) induzido pelo enchimento total do silo, isto é, por uma sobrecarga $q = 150 \text{ kPa}$. Determine, também, o assentamento total do silo após este sere esvaziado. O perfil geológico, e os parâmetros do solo respetivos, é idêntico ao da tarefa anterior (capítulo 21. *Análise de assentamento do terreno*). Aplique a **simetria axial** a este caso particular. A fundação do silo circular é realizada em concreto armado maturado, classe C 20/25.



Esboço do problema – fundação de um silo circular

Neste caso, os valores da deformação total, isto é, do assentamento $d_z \text{ [mm]}$, apenas serão obtidos através do modelo material de Mohr-Coulomb. A comparação entre modelos materiais com diferentes densidades de malhas foi realizada no capítulo anterior 21. *Análise de assentamento do terreno*.

Resolução

A análise será realizada através do programa GEO5 MEF. Os parágrafos seguintes apresentam a resolução passo-a-passo da análise:

- Topologia: definição e modelação do problema (pontos livres)
- Etapa de construção 1: tensão geostática primária
- Etapa de construção 2: modelação e carregamento em elementos viga, análise de assentamento
- Etapa de construção 3: análise do assentamento (deformação) da superfície do terreno após relaxamento, forças internas
- Resultados da análise: comparação, conclusão

Nota: Para resolver este problema, é necessário representar a fundação do silo realizada em concreto armado por elementos de viga, sem elementos de contacto, assumindo uma ligação perfeita entre a fundação e o solo. Os elementos de contacto serão analisados com mais detalhe no capítulo 24. Análise numérica de uma parede de contenção.

Topologia: configuração do problema

Vamos seleccionar a opção “Simetria axial” para o Tipo de projeto, na janela “Configurações”. Não alteramos os restantes dados.

Configurações

Parâmetros do projeto

Tipo de projeto :

Tipo de análise :

Permitir a introdução de água como resultado da análise de fluxo de água constante

Design padrão

Estruturas de concreto :

Cálculo de tensão geostática (1ª etapa)

Método de análise :

Opções avançadas do programa

Parâmetros avançados da geração de malhas

Parâmetros avançados de solos

Modelos de solos avançados

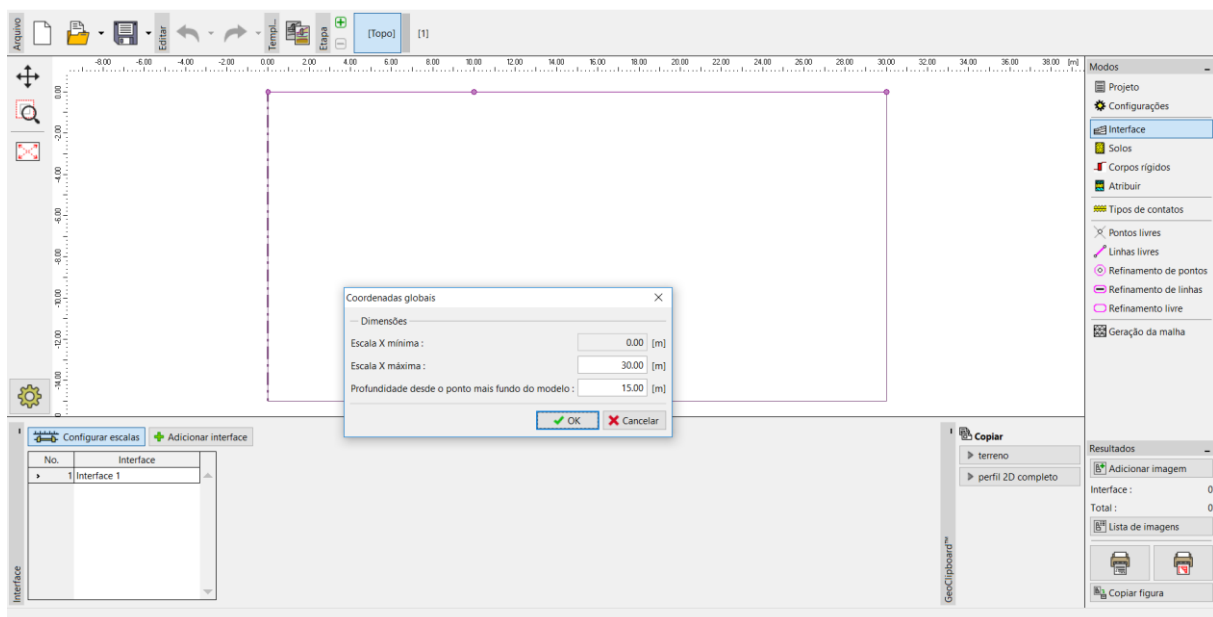
Resultados detalhados

Janela “Configurações”

*Nota: A **simetria axial** é adequada para resolver problemas circulares simétricos. Esta hipótese deve estar em concordância com a geometria da estrutura e com o carregamento. A resolução deste problema – fundação circular de um silo – é um exemplo adequado.*

A análise é realizada para 1 rad do arco de raio $x(r)$. O eixo de simetria representa sempre a coordenada de origem $x(r)$. As componentes transversais de deformação na direção da rotação podem ser desprezadas. O desenvolvimento de uma componente normal circunferencial da tensão e da deformação (arco de tensão e deformação) também é considerado, juntamente com as componentes da tensão e da deformação no plano da secção transversal (mais detalhes na Ajuda – F1).

Na janela “Interface”, vamos começar por definir as novas coordenadas globais. De seguida, vamos definir as coordenadas do primeiro ponto da interface como [10, 0]. O ponto seguinte da interface (na extremidade) será adicionado automaticamente pelo programa.

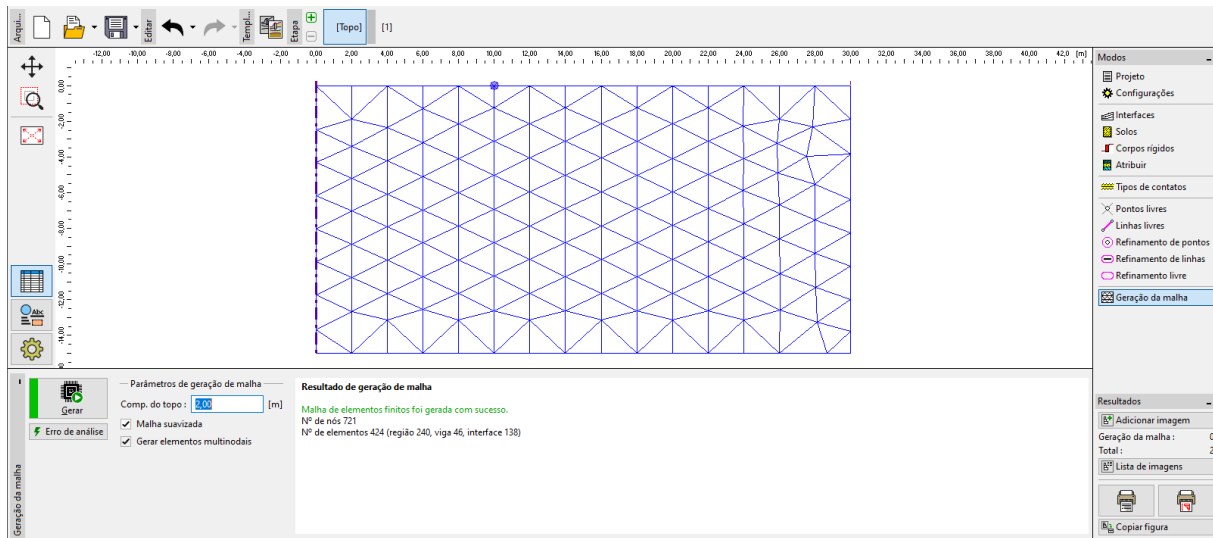


Janela “Interface” – caixa de diálogo “Coordenadas globais”

Seguidamente, vamos definir os parâmetros dos solos e atribuí-los à região No. 1 da interface. Neste caso, não são considerados corpos rígidos nem tipos de contacto.

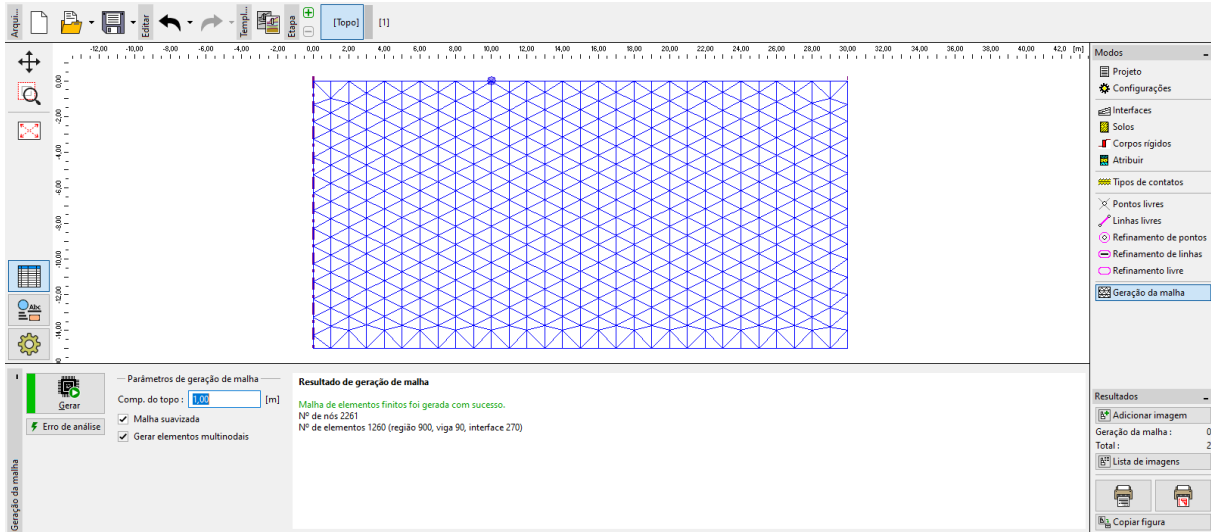
Caixa de diálogo "Adicionar novos solos"

Para gerar a malha, vamos definir o comprimento das extremidades dos elementos como 2.0 m.



Janela "Geração da malha" – malha triangular com as extremidades dos elementos com 2.0 m de comprimento

Após examinar a malha gerada, é possível concluir que esta é demasiado grosseira para o problema em análise. Assim, vamos alterar o comprimento das extremidades dos elementos para 1.0 m.

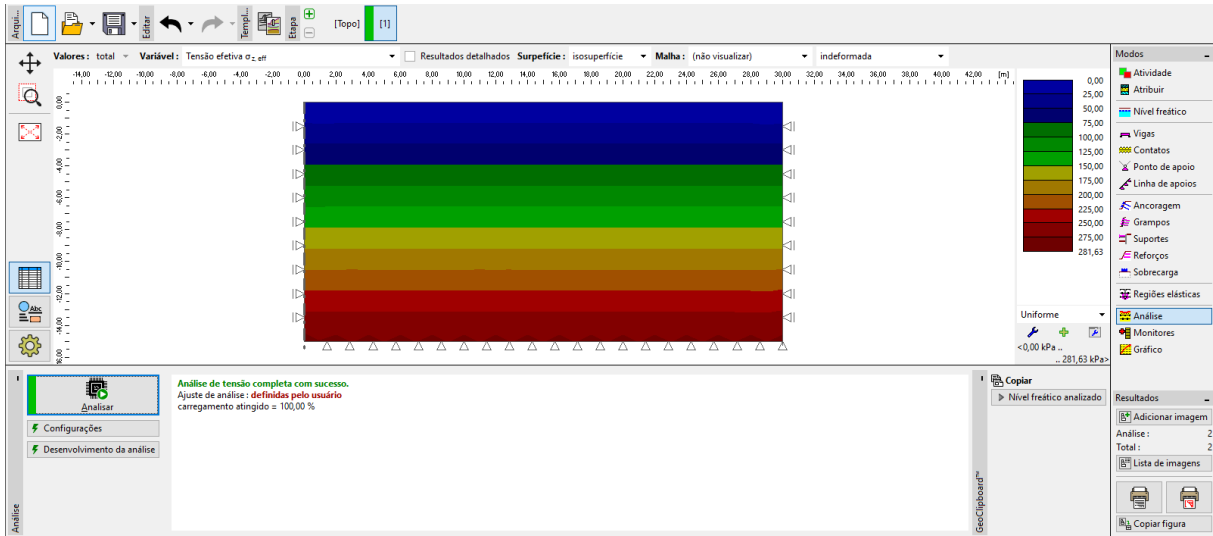


Janela “Geração da malha” – malha triangular com as extremidades dos elementos com 1.0 m de comprimento

Nota: É razoável refinar a densidade da malha através de uma linha de refinamento para a área sob a fundação do silo circular em análise (mais detalhes na Ajuda – F1). Vamos descrever esta função com mais detalhe no capítulo seguinte 23. Análise do revestimento de um coletor.

Etapa de construção 1: tensão geostática primária

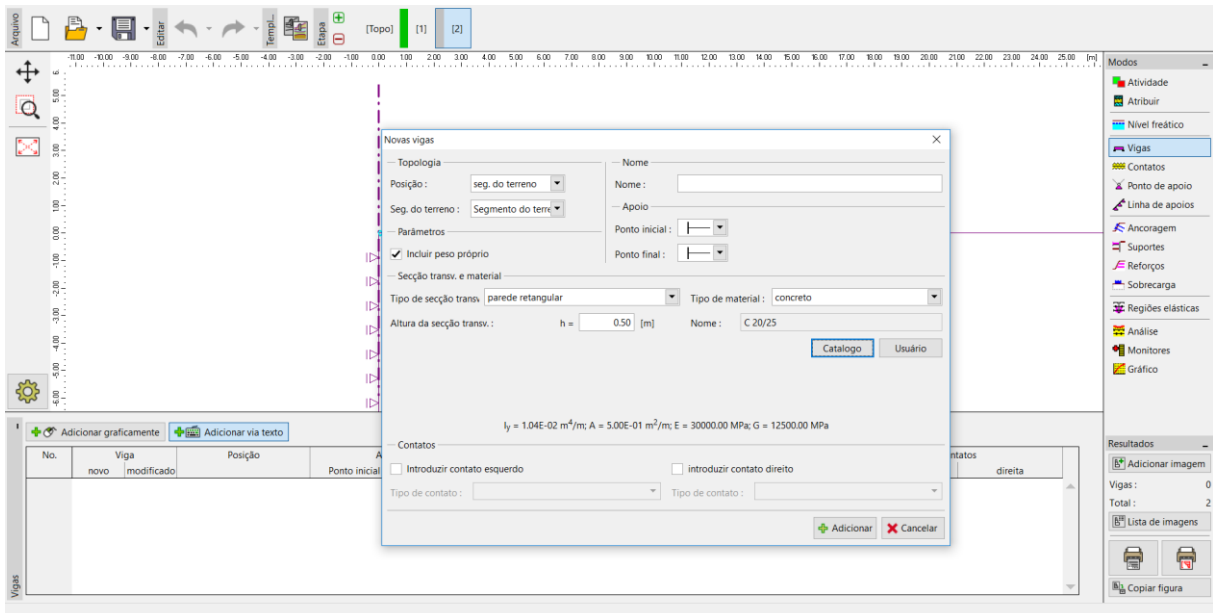
Após gerar a malha de EF, vamos passar à etapa de construção 1 e realizar a análise da tensão geostática primária. Vamos manter a configuração da análise como “Padrão” (mais detalhes na Ajuda – F1).



Janela “Análises” – Etapa de construção 1

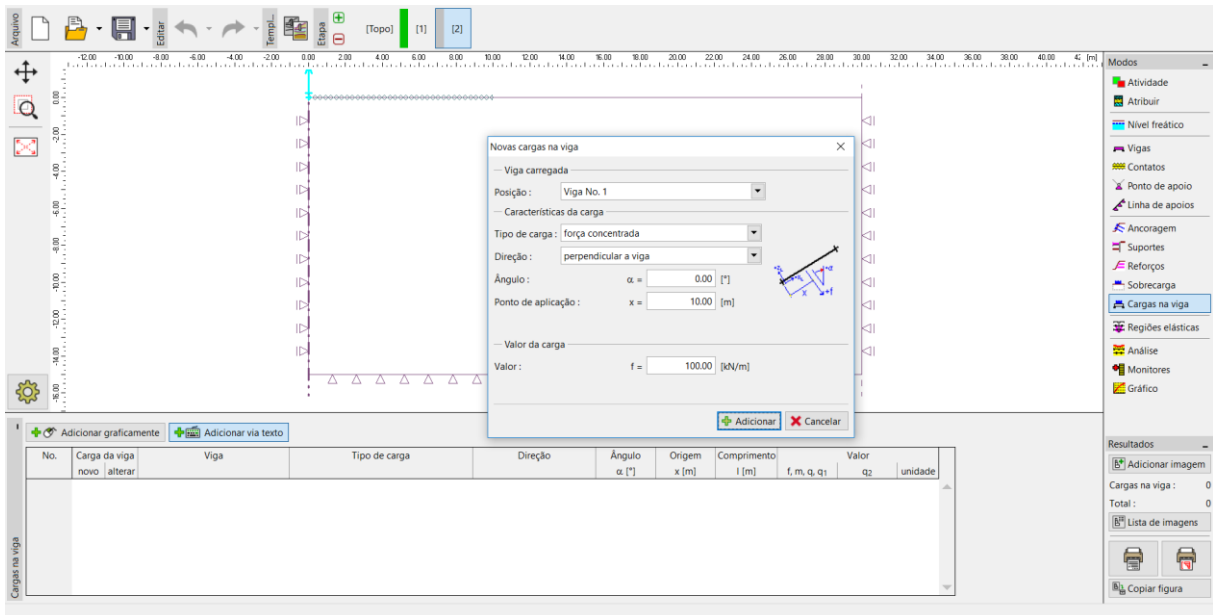
Etapa de construção 2: modelação e carregamento dos elementos viga

O passo seguinte é adicionar a etapa de construção 2. De seguida, na janela “Vigas”, vamos definir os parâmetros seguintes: localização da viga, material e classe do concreto, altura da secção transversal (0.5 m) e apoios das extremidades da viga (mais detalhes na Ajuda – F1).



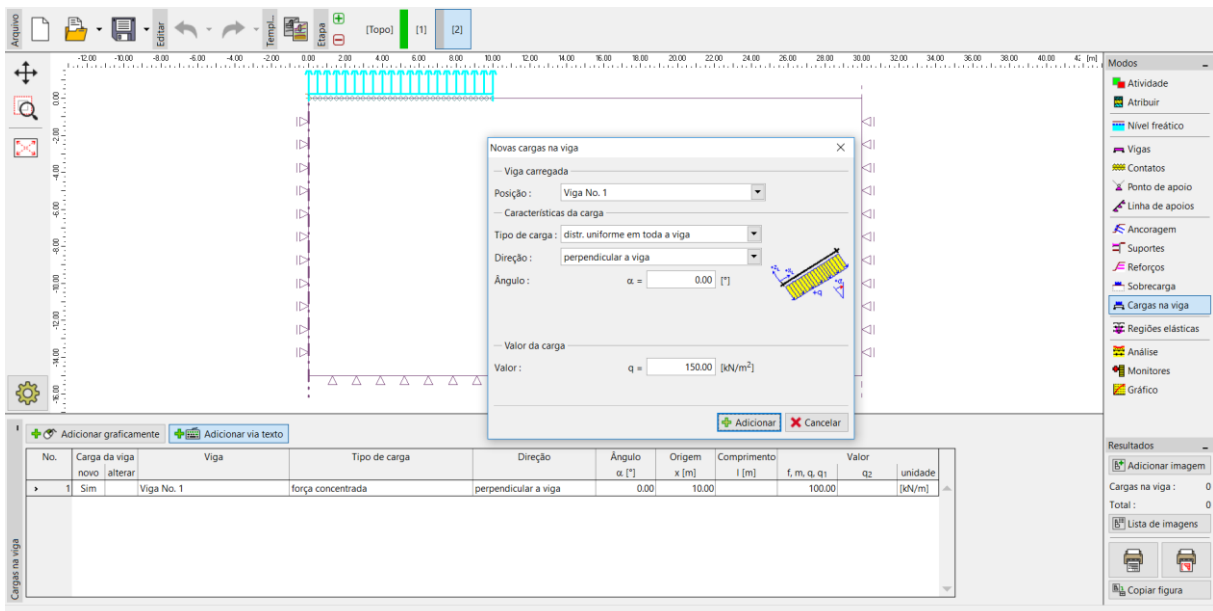
Etapa de construção 2 – caixa de diálogo “Novas vigas”

Seguidamente, vamos passar à janela “Cargas na viga”, onde vamos definir uma carga $f = 100 \text{ kN/m}$; vamos considerar o peso das paredes do silo circular a atuar na fundação.



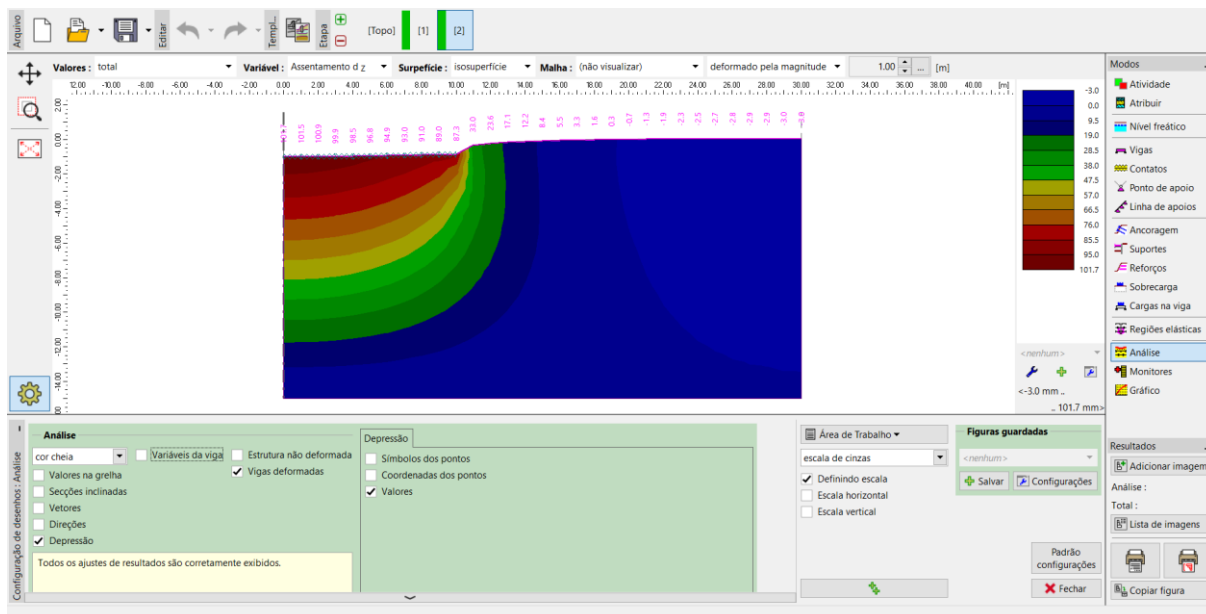
Caixa de diálogo “Novas cargas na viga” – cargas devido às paredes, atuantes na fundação circular

Vamos, ainda, definir o valor da carga contínua uniforme como $q = 150 \text{ kN/m}^2$, que representa o enchimento do silo circular e atua na base do silo, ou na parte superior da fundação.



Caixa de diálogo “Novas cargas na viga” – cargas devido ao enchimento do silo

Nesta etapa, vamos voltar a realizar a análise e vamos avaliar os resultados do assentamento d_z [mm]. A partir da imagem, é possível verificar que o deslocamento vertical máximo é 102.0 mm. Para uma melhor compreensão do comportamento da estrutura, vamos visualizar a malha deformada (botão na parte superior do ecrã).

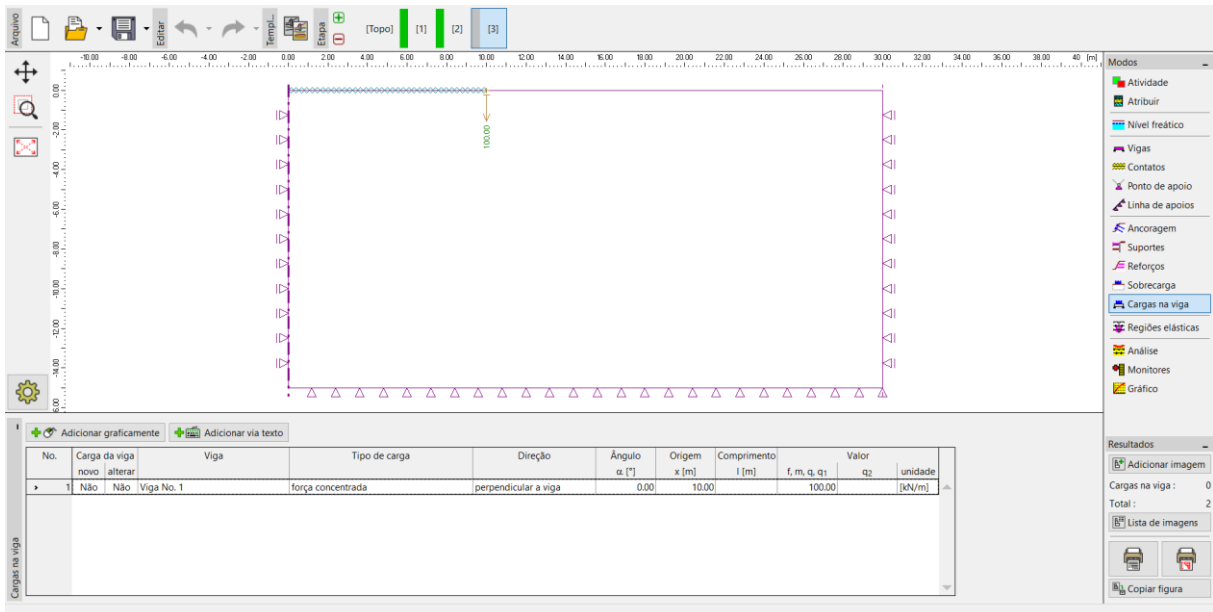


Janela “Análise” – Etapa de construção 2 (deformação vertical d_z e depressão)

Vamos clicar no botão “Configurações” e seleccionar as opções “Depressão” e “Valores”, na secção “Depressão” (mais detalhes em Ajuda – F1).

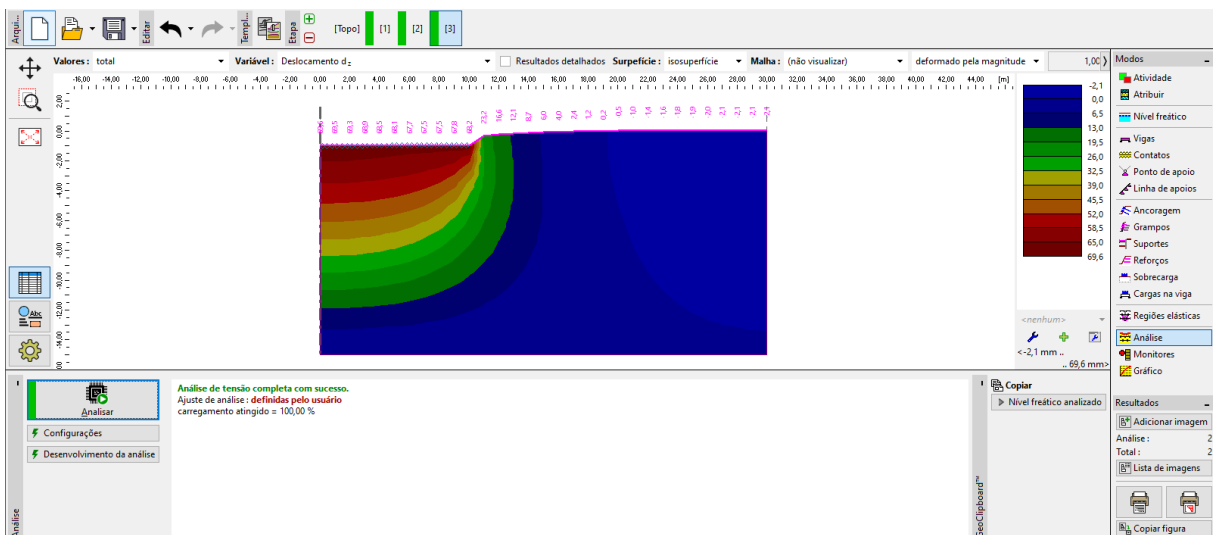
Etapa de construção 3: assentamento após relaxamento da superfície do terreno, forças internas

O passo seguinte é adicionar a etapa de construção 3. Nesta etapa de construção vamos remover a carga contínua uniforme. Vamos, ainda, considerar apenas o carregamento da viga devido às paredes do silo circular, que é idêntica à determinada na etapa de construção anterior, isto é, $f = 100 \text{ kN/m}$.



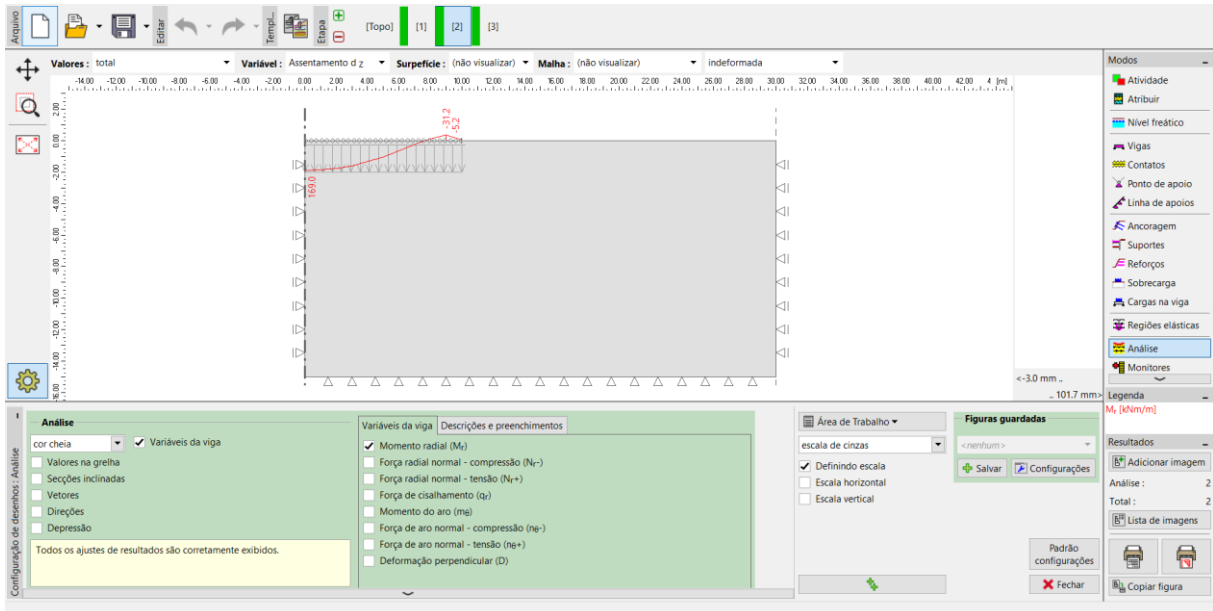
Etapa de construção 3 – janela “Cargas na viga”

De seguida, vamos repetir a análise e determinar os valores dos deslocamentos. O valor do assentamento total d_z após o relaxamento da carga da superfície do terreno é 69.6 mm.

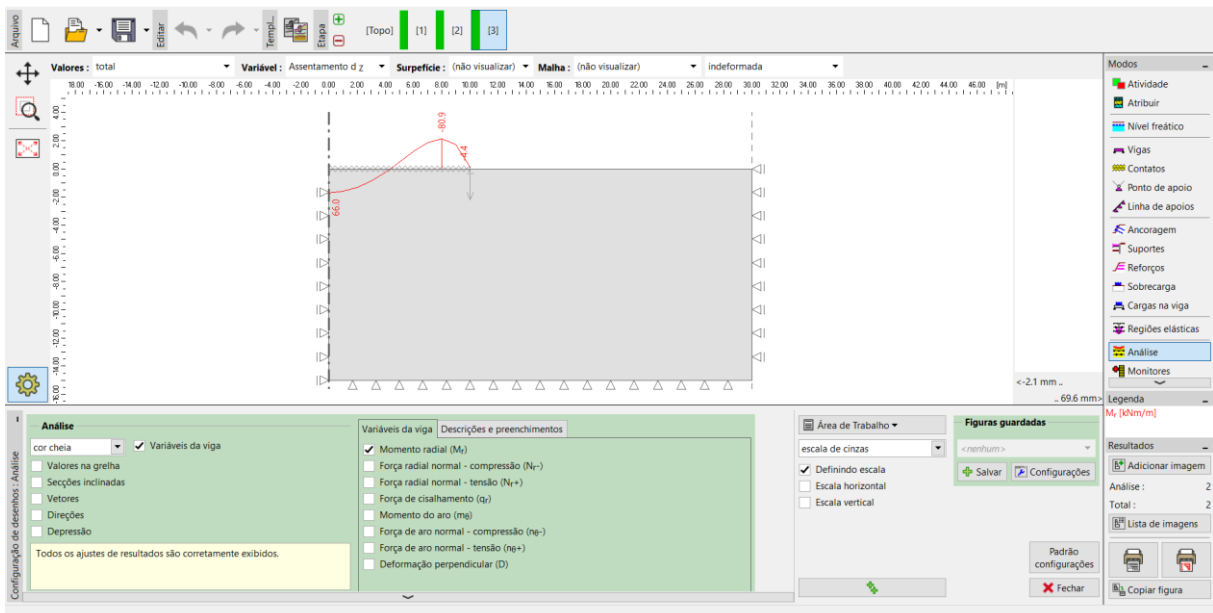


Janela “Análise” – Etapa de construção 3 (deformação vertical d_z e depressão)

Agora, vamos examinar os diagramas de momentos radiais M_r [kNm/m] para as etapas de construção 2 e 3 (através do botão “Configurações”, secção “Distribuições”) e vamos verificar os valores dos extremos locais numa tabela. A armadura estrutural principal da fundação do silo circular pode ser dimensionada e avaliada para estes valores num programa de análise estática (ex.: FIN EC – CONCRETE 2D).



Janela “Análise” – Etapa de construção 2 (variação do momento radial M_r)



Janela “Análise” – Etapa de construção 3 (variação do momento radial M_r)

Análise de resultados

A tabela seguinte apresenta os resultados para a assentamento total d_z [mm] e momentos radiais M_r [kNm/m] para as etapas de construção 2 e 3, em que modelámos o carregamento e relaxamento da fundação de um silo circular. Realizámos a análise através do modelo material de Mohr-Coulomb com uma malha de elementos triangulares, com extremidades de 1.0 m de comprimento.

Modelo material	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 2	Etapa 3
	d_z [mm]	d_z [mm]	M_r [kNm/m]	M_r [kNm/m]
Mohr-Coulomb (1.0 m)	101.7	69.6	+ 169.0	+ 66.0
			- 31.2	- 80.9

Resultados para o assentamento total d_z e momentos radiais M_r , para cada etapa de construção

Conclusão

É possível formular várias conclusões a partir dos resultados obtidos:

- Quando o silo está cheio (carregado por uma carga contínua uniforme), verifica-se um momento fletor positivo ao longo da viga, onde as fibras inferiores se encontram tracionadas.
- Após esvaziar o silo (relaxamento da carga), a fundação circular apenas fica carregada pelas paredes do silo e verifica-se um momento fletor negativo ao longo da viga, onde as fibras superiores se encontram tracionadas.