

## Verificação de uma parede de retenção com uma linha de ancoragens

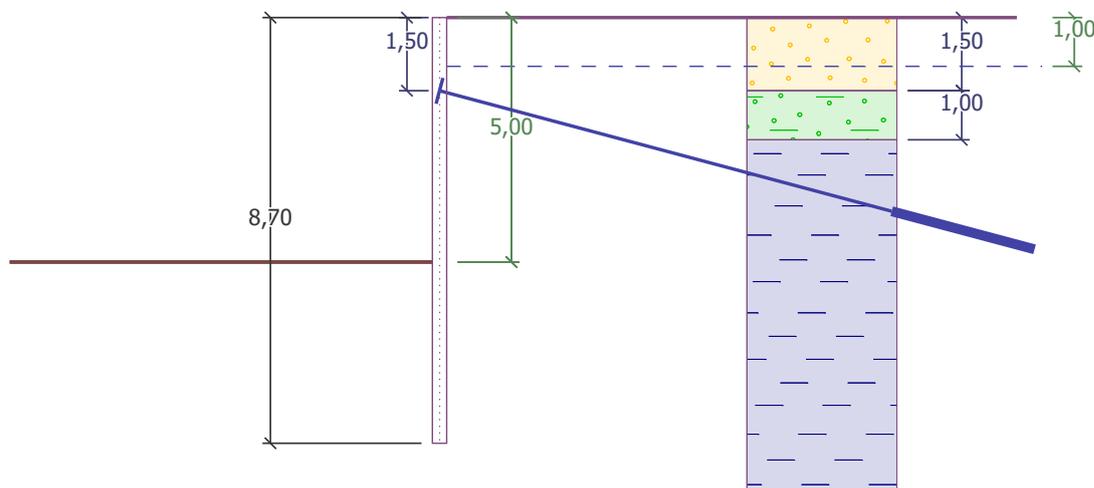
Programa: Verificação de Contensões

Arquivo: Demo\_manual\_06.gp2

Neste capítulo, vamos mostrar como verificar o dimensionamento de uma parede de contenção. Vamos verificar o seu dimensionamento, a estabilidade interna das ancoragens e a estabilidade global da estrutura.

### Tarefa

Verificar a parede de contenção dimensionada no Manual de Engenharia No. 5.



*Esquema da cortina de estacas-prancha ancorada – tarefa*

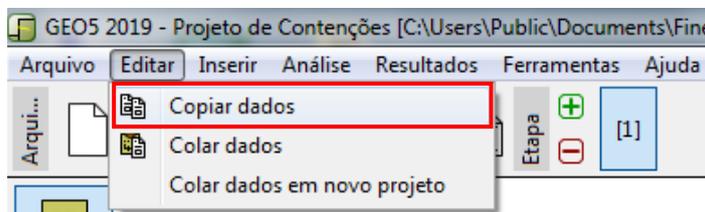
### Resolução:

Para resolver este problema, vamos utilizar o programa GEO5 “Verificação de Contensões”. Neste Manual, vamos explicar cada passo para a resolução desta tarefa:

- Etapa de construção 1: escavação de uma vala com 2.5 m de profundidade, geometria da parede
- Etapa de construção 2: ancoragem da parede
- Etapa de construção 3: escavação de uma vala com 5.0 m de profundidade
- Verificação da estabilidade interna das ancoragens, verificação da estabilidade global da estrutura e dimensionamento da secção em aço (estaca-prancha)

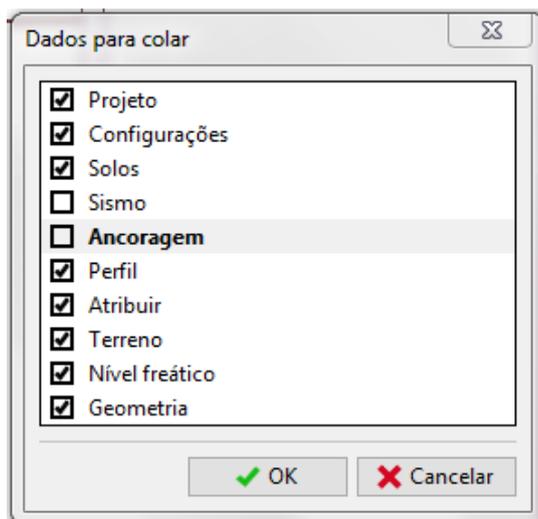
## Etapa de construção 1

Para facilitar a tarefa, é possível copiar os dados da tarefa anterior, quando a parede foi dimensionada no programa “Projeto de Contensões”. No programa “Projeto de Contensões”, clique no botão “Editar” da barra de ferramentas superior e selecionar a opção “Copiar dados”.



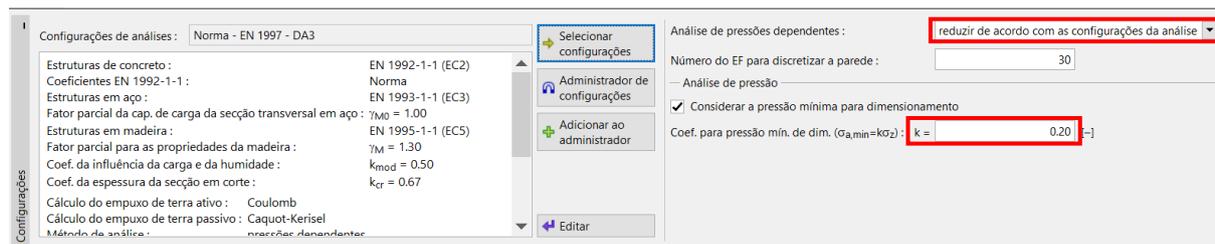
Caixa de diálogo “Inserir dados”

De seguida, abra o programa “Verificação de Contensões”, clique em “Editar”, na barra de ferramentas superior, e em “Colar dados”. Não vamos transferir todos os dados, dado que pretendemos definir as ancoragens manualmente na 2ª etapa de construção. Assim, temos a maior parte dos dados definidos a partir da tarefa anterior, não existindo muitos dados por inserir.



Caixa de diálogo “Dados a transferir”

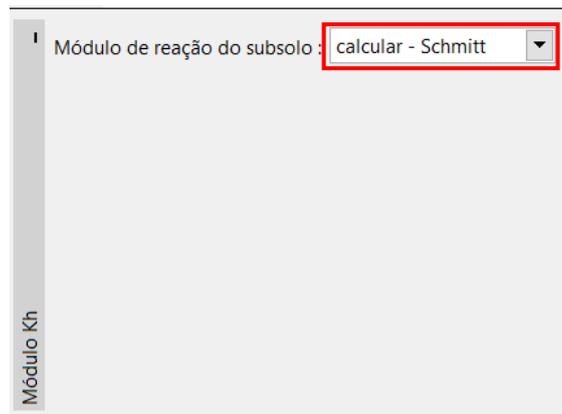
Na janela “Configurações”, clique em “Selecionar” e verifique que está selecionada a opção No. 5 “Norma – EN 1997, DA3”. Selecione a análise das pressões dependentes para “reduzir de acordo com as configurações da análise”. Defina o coeficiente para a pressão mínima de dimensionamento como  $k = 0,2$  e altere o número de elementos finitos (EFs) para 30.



Janela “Configurações” (Análise de pressões)

*Nota: A opção “Análise das pressões dependentes – não reduzir”, permite realizar a análise das pressões limite (ativa e passiva) sem reduzir os parâmetros através de fatores parciais. Esta opção é melhor para estimar o comportamento real das estruturas. Por outro lado, não está de acordo com o descrito na Norma EN 1997-1 (Mais informações na Ajuda – F1).*

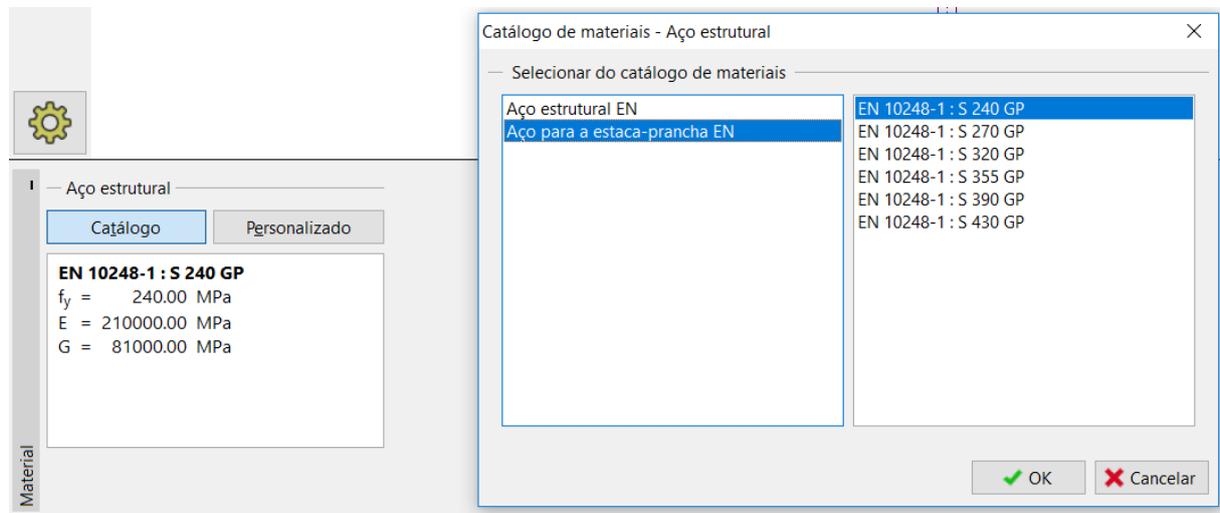
Seguidamente, abra a janela “Módulo  $k_n$ ” e escolha a opção “calcular – Schmitt”. Este método de determinação do módulo de reação do subsolo depende do módulo edométrico e da rigidez da estrutura (Mais informações na Ajuda – F1).



*Janela “Módulo  $k_n$ ”*

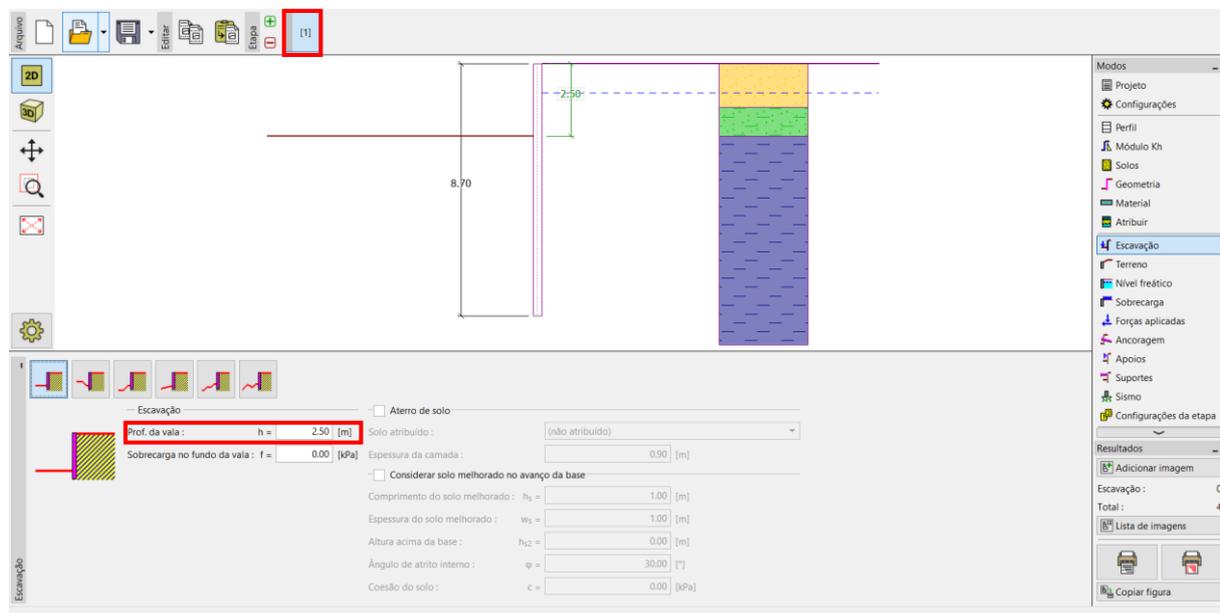
*Nota: O módulo de reação do subsolo é um dado importante a introduzir para a análise da estrutura através do método das pressões dependentes (modelo elasto-plástico não linear). O módulo  $k_n$  afeta a deformação que é necessária para atingir as pressões ativas ou passivas (Mais informações na Ajuda – F1).*

Na janela “Material”, seleccione a classe de aço adequada para a estrutura, a partir do catálogo. Para este caso, seleccione o tipo **EN 10248-1: S 240 GP**.



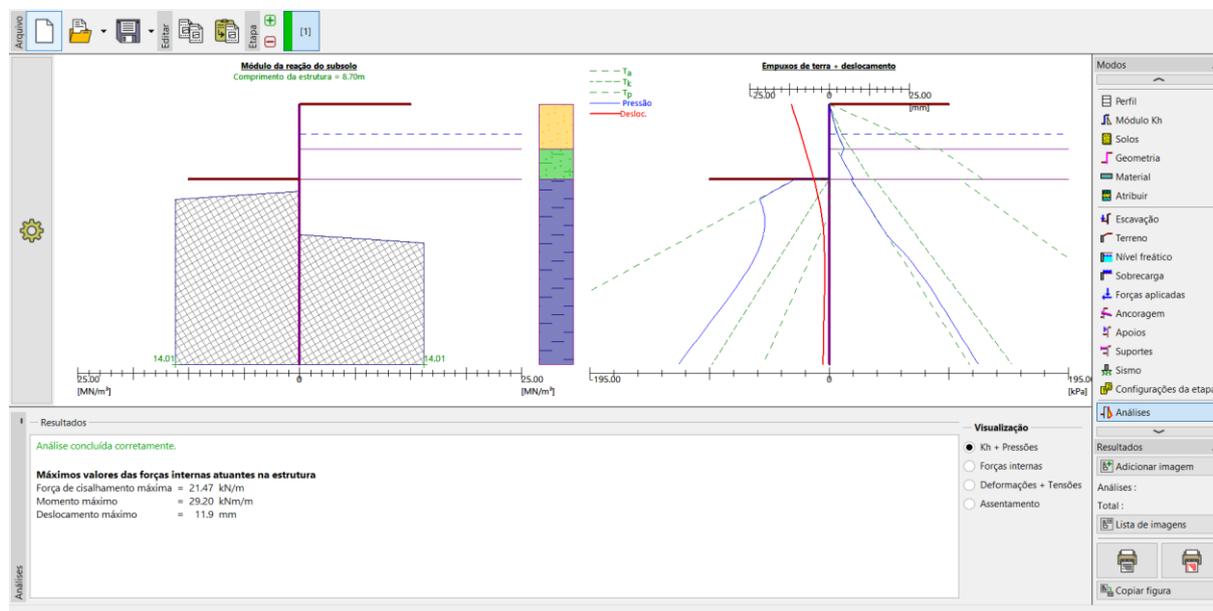
Caixa de diálogo “Catálogo de materiais”

De seguida, avance para a janela “Escavação” e defina a profundidade da primeira vala como 2.50 m, na primeira etapa de construção.



Janela “Escavação” – Etapa de construção 1

Agora, abra a janela “Análises”. Na parte esquerda da janela, pode visualizar o módulo de reação do subsolo; na parte direita, pode visualizar a forma da estrutura deformada, os empuxos de terra real e atual e o deslocamento (Para mais informações, veja a Ajuda – F1).



Janela “Análises” – Etapa de construção 1

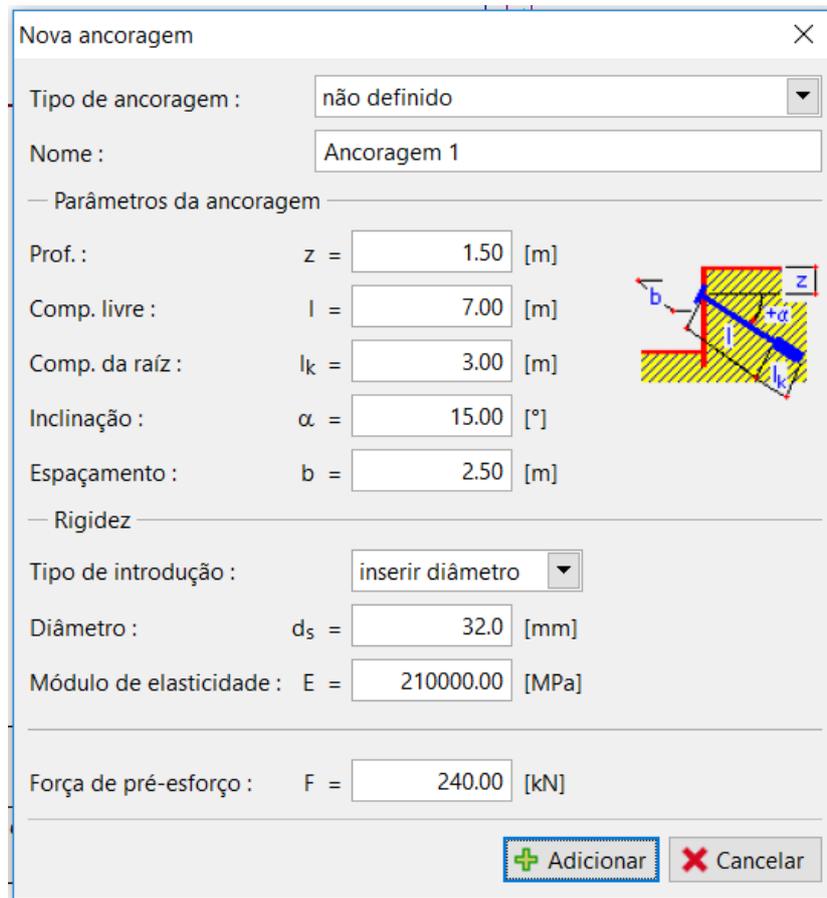
## Etapa de construção 2

Adicione uma nova etapa de construção, conforme descrito abaixo. Aqui, defina a ancoragem da parede. Não é possível alterar as janelas “Configurações”, “Perfil”, “Módulo  $k_h$ ”, “Solos” e “Geometria”, uma vez que estes dados são iguais em todas as etapas de construção.

Na janela “Ancoragem”, clique no botão “Adicionar”. Para a cortina de estacas-prancha, dimensione uma linha de ancoragens a 1.5 m de profundidade, abaixo da superfície do solo. Não vamos especificar o tipo de ancoragens, dado que a verificação destas não faz parte dos objetivos da nossa tarefa. Defina os parâmetros das ancoragens da seguinte forma:

- comprimento total da ancoragem:  $l_c = 10$  m (comprimento livre  $l = 7$  m, comprimento da raiz  $l_k = 3$  m)
- inclinação das ancoragens:  $\alpha = 15^\circ$
- espaçamento entre ancoragens:  $b = 2,5$  m

De seguida, introduza os parâmetros necessário para calcular a rigidez da ancoragem (diâmetro  $d = 32 \text{ mm}$  e módulo de elasticidade  $E = 210 \text{ GPa}$ ) e a força de pré-esforço  $F = 240 \text{ kN}$ .



Nova ancoragem

Tipo de ancoragem : não definido

Nome : Ancoragem 1

— Parâmetros da ancoragem —

Prof. : z = 1.50 [m]

Comp. livre : l = 7.00 [m]

Comp. da raíz : lk = 3.00 [m]

Inclinação :  $\alpha$  = 15.00 [°]

Espaçamento : b = 2.50 [m]

— Rigidez —

Tipo de introdução : inserir diâmetro

Diâmetro :  $d_s$  = 32.0 [mm]

Módulo de elasticidade : E = 210000.00 [MPa]

Força de pré-esforço : F = 240.00 [kN]

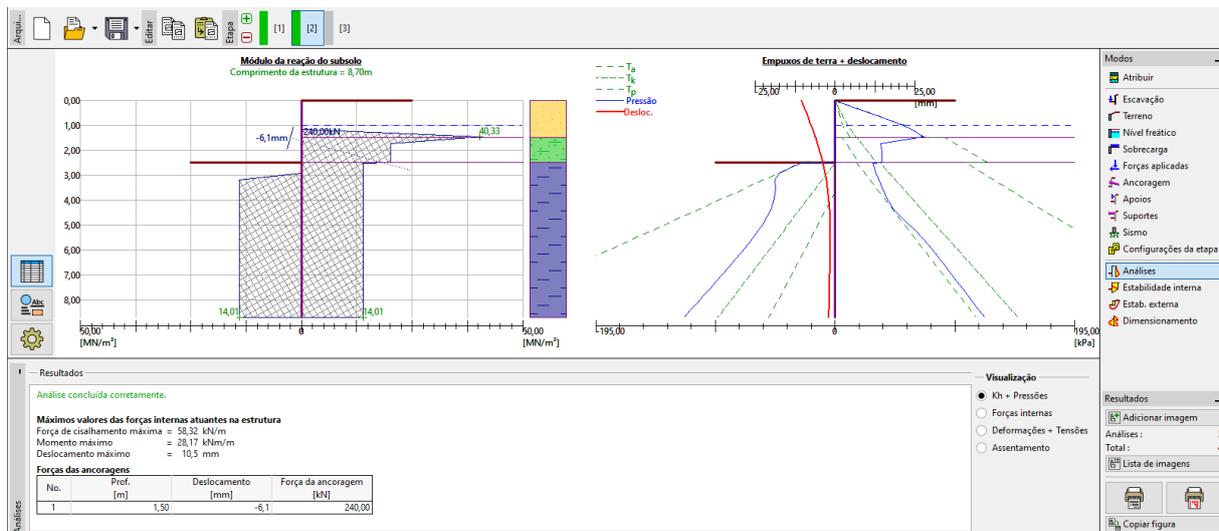
+ Adicionar X Cancelar

Caixa de diálogo “Nova ancoragem”

*Nota: Para paredes ancoradas, é vantajoso introduzir as ancoragens numa etapa de construção separada e modelar a escavação na etapa seguinte. A razão para tal é a execução do processo iterativo do módulo de reação do subsolo – ao modelar as ancoragens e a escavação na mesma etapa, a análise pode não convergir e não ser possível obter uma solução.*

*Nota: A rigidez das ancoragens é considerada nas etapas de construção seguintes. As forças das ancoragens variam devido às deformações da estrutura (Mais informações na Ajuda – F1).*

Os outros parâmetros não se alteram. Agora, execute a análise.

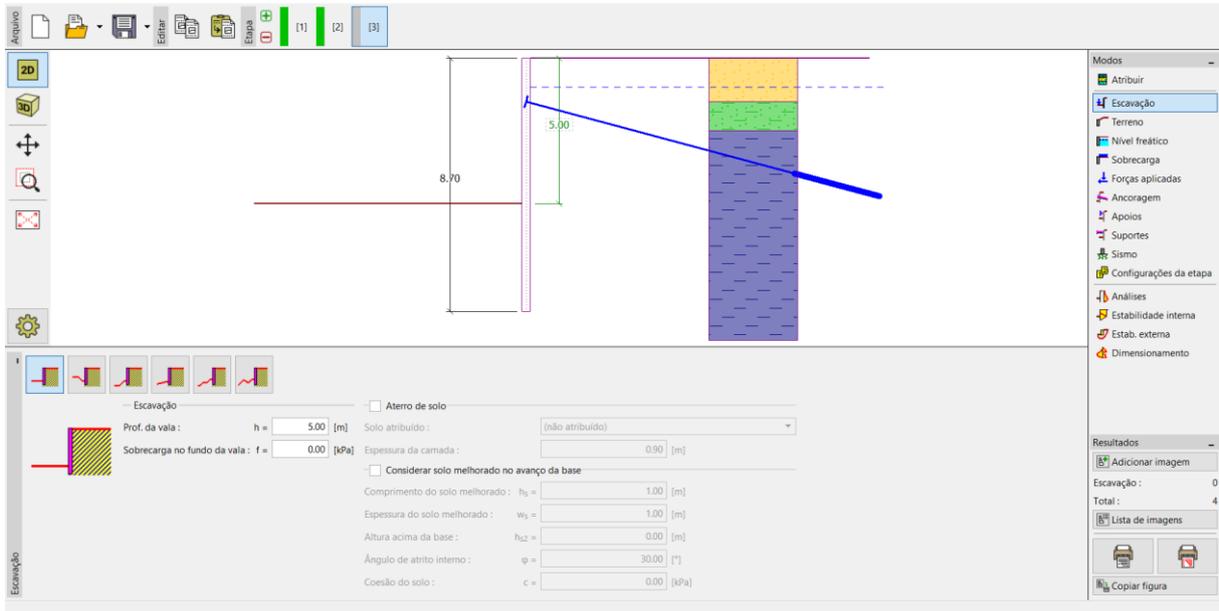


Janela "Análises" – Etapa de construção 2

Na imagem anterior, é visível que a ancoragem adicionada provoca um aumento do deslocamento da estrutura para o interior do solo. O empuxo de terra nas proximidades da ancoragem aumentou até atingir o valor do empuxo passivo ou a redistribuição verificada aumenta os empuxos de terra atuantes na estrutura.

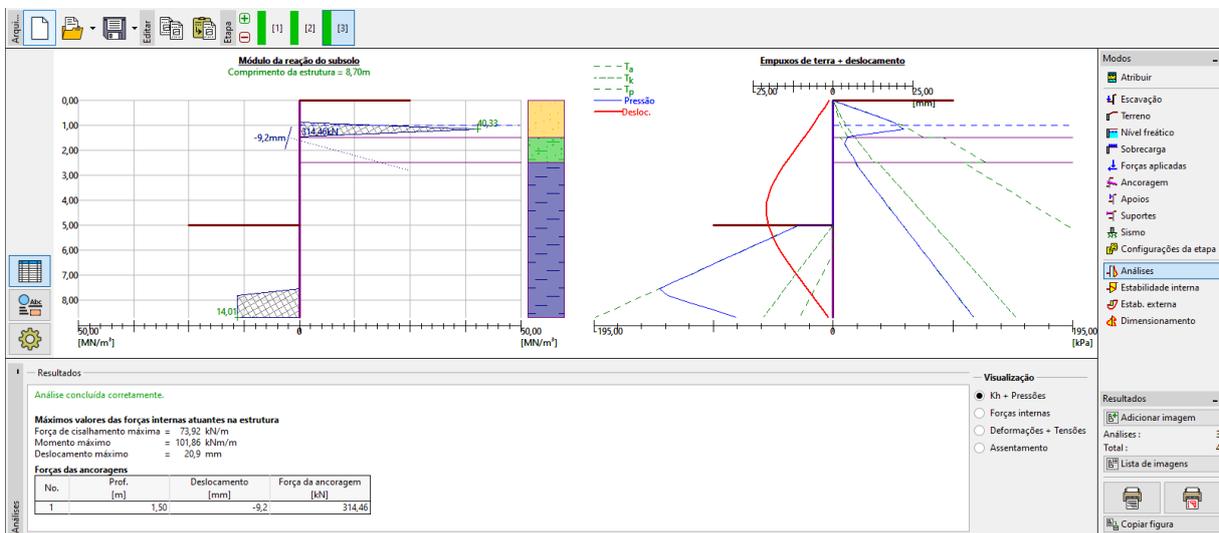
## Etapa de construção 3

Agora, vamos adicionar uma nova etapa de construção, em que será definida a escavação total da vala. Na janela “Escavação”, altere a profundidade da vala para a sua profundidade final (5.0 m).

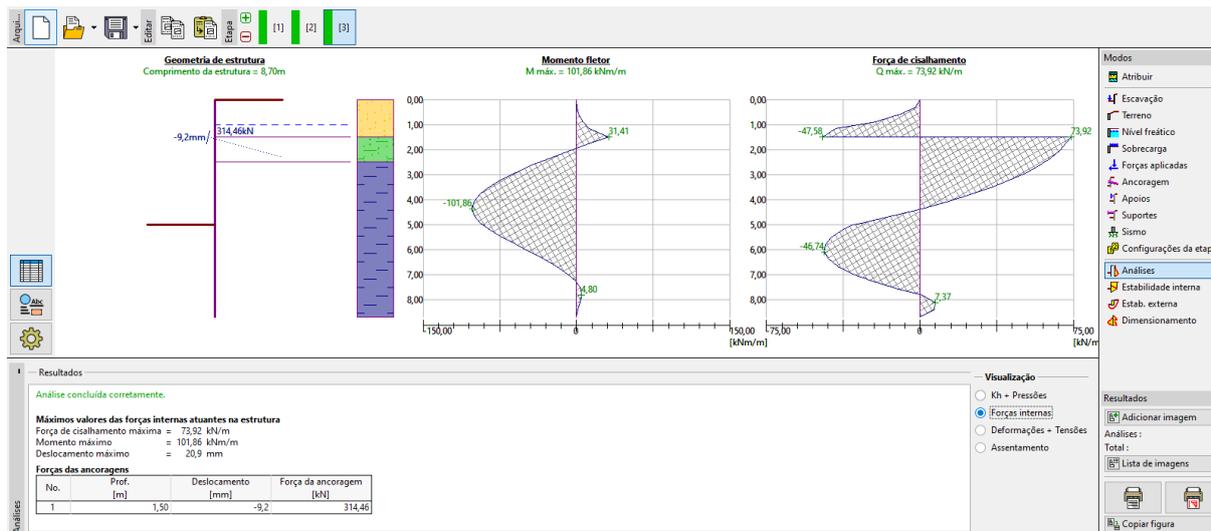


Janela “Escavação” – Etapa de construção 3

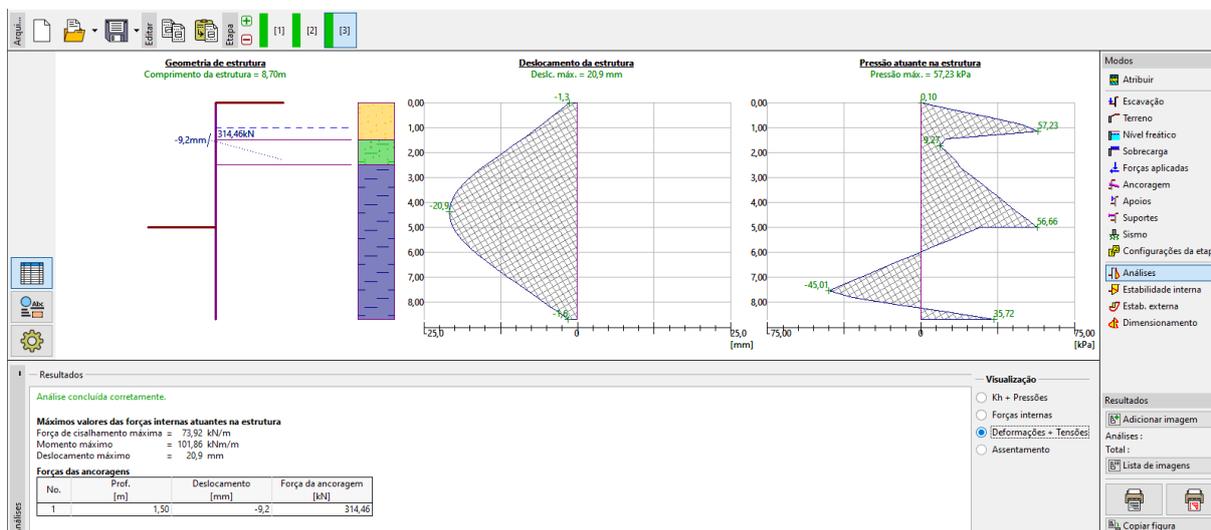
Agora, execute a análise de forma a visualizar a distribuição das forças internas e deslocamentos da estrutura ancorada.



Janela “Análises” – Etapa de construção 3



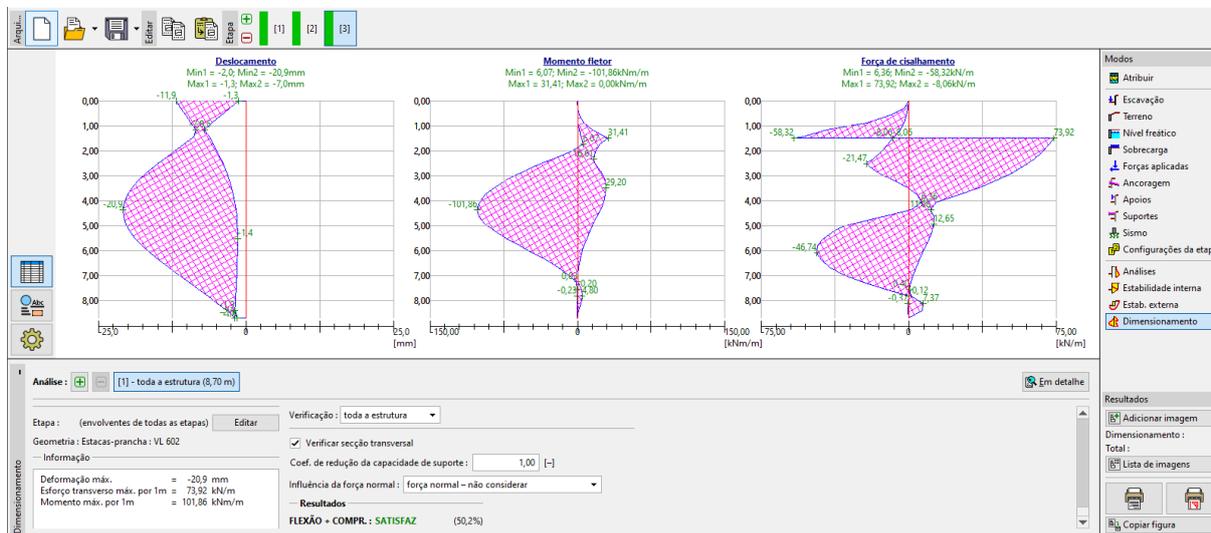
Janela "Análises" – Etapa de construção 3 (Forças internas)



Janela "Análises" – Etapa de construção 3 (Deslocamento e empuxo de terra na estrutura)

## Verificação do material e da secção transversal da estaca-prancha:

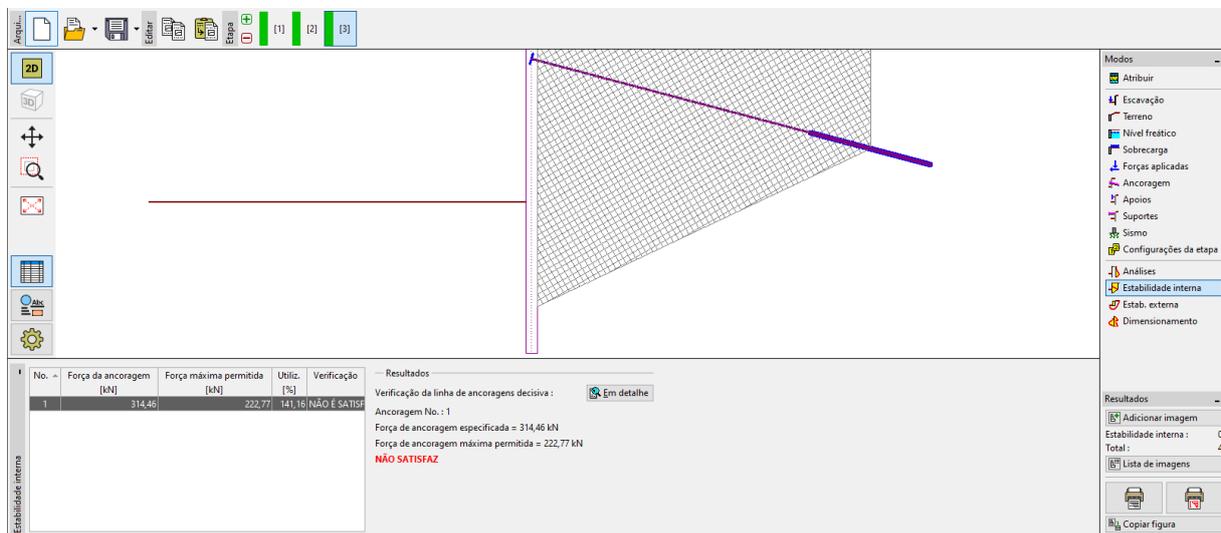
Seguidamente, abra a janela “Dimensionamento”. O momento máximo observado na estrutura é 101.86 kNm/m. A utilização global da estaca-prancha tipo **VL 602**, em aço EN 10248-1: S 240 GP, é **50.2 %**. O deslocamento máximo da estrutura (21.2 mm) também é satisfatório.



Janela “Análises” – Etapa de construção 3 (Utilização total da estaca-prancha tipo VL 602)

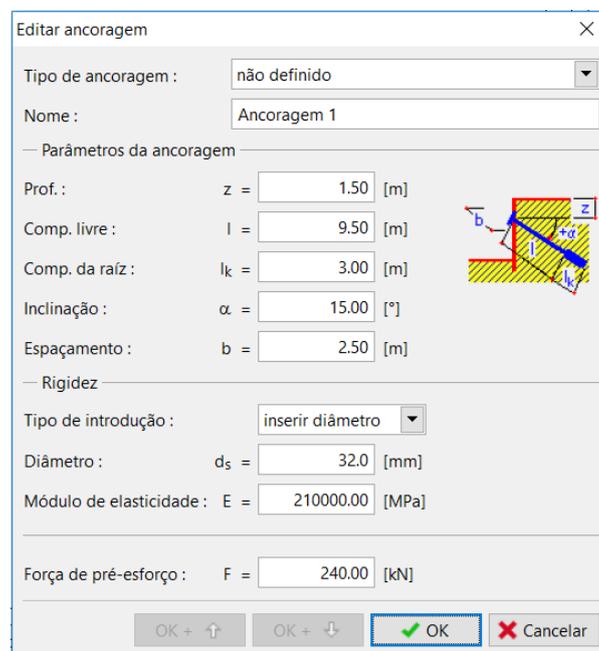
## Verificação da estabilidade da ancoragem

Agora, abra a janela “Estabilidade interna”. Como pode verificar, a estabilidade interna das ancoragens não está satisfatória (a utilização total é **141.6 %**). Isto significa que a ancoragem pode ser arrancada do solo.



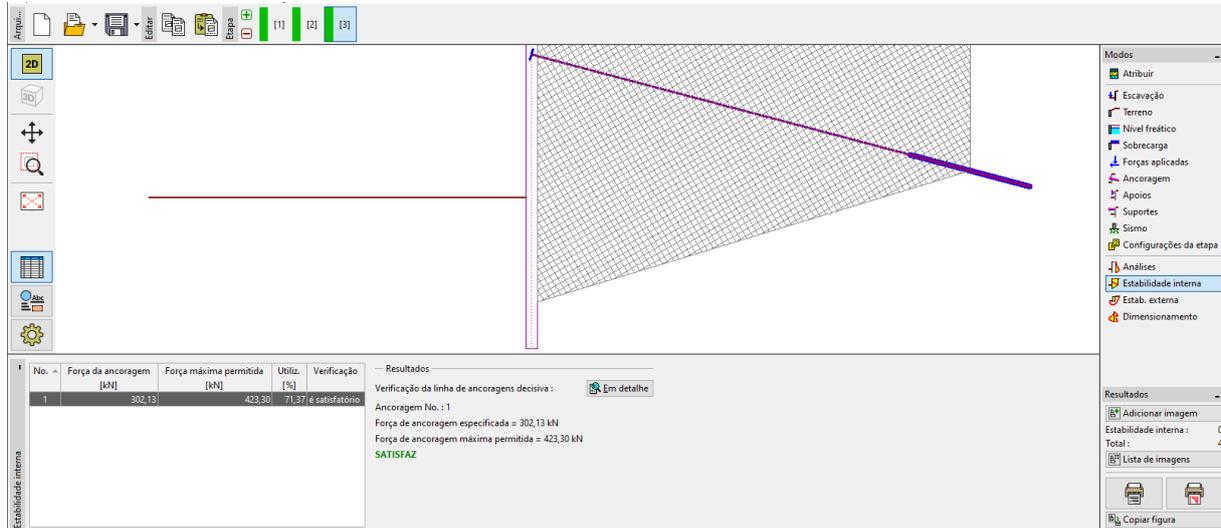
Janela “Estabilidade interna” – Etapa de construção 3 (resultados não satisfatórios)

A razão para estes resultados é a ancoragem ser demasiado curta. Então, na janela “Ancoragem” (na Etapa de construção 2), altere o comprimento livre para 9.5 m. O comprimento total da ancoragem passa a ser 12.5 m.



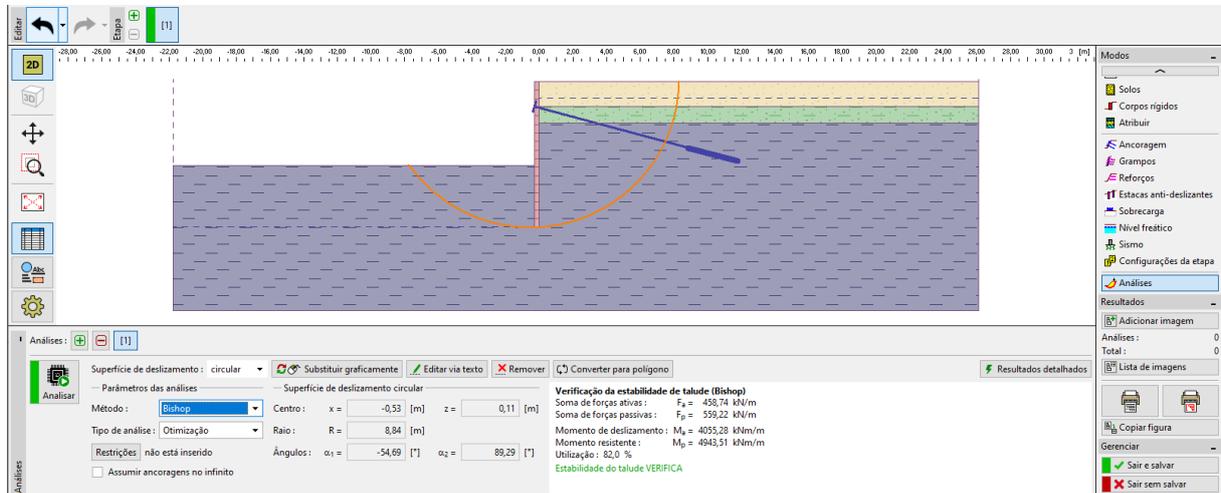
Caixa de diálogo “Editar ancoragem” – Etapa de construção 2

De seguida, volte à 3ª etapa de construção, execute a análise e abra novamente a janela “Estabilidade interna”. A imagem seguinte mostra que a nova ancoragem satisfaz os requisitos da estabilidade interna (a utilização total é **71.37 %**).



Janela “Estabilidade interna” – Etapa de construção 3 (resultados satisfatórios)

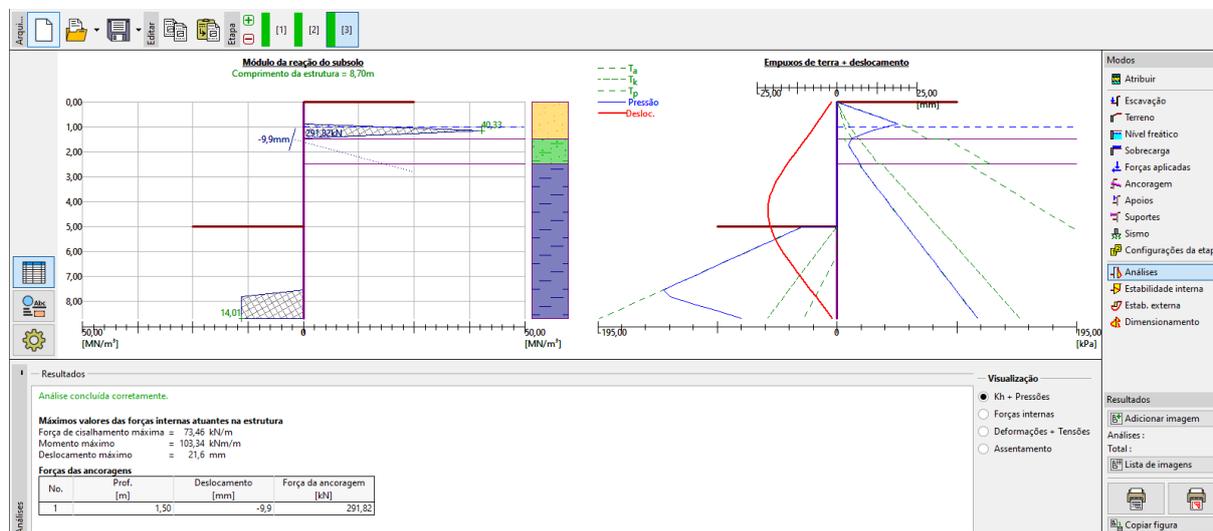
A última verificação necessária é a estabilidade global da estrutura. Clique no botão “Estabilidade externa”. Este botão abre o programa “Estabilidade de Taludes”. Na janela “Análises”, clique em “Analisar”. É possível verificar que a estabilidade global da estrutura é aceitável. Saia do programa “Estabilidade de Taludes” através do botão “Guardar e sair”.



Janela “Estabilidade externa”

## Resultados da análise

Ao ajustar o comprimento da ancoragem para  $l_c = 12,5$  m, verifica-se uma variação nas forças internas, deformações e empuxos de terra. Na última etapa de construção, com base nos resultados anteriores, os resultados obtidos são os seguintes:



Janela "Análises" – Etapa de construção 3 (após alterar o comprimento da ancoragem)

A cortina de estacas-prancha dimensionada é satisfatória para todas as verificações realizadas:

- Utilização da secção metálica: **51.8 %** OK
- Estabilidade interna: **71.37 %** OK
- Estabilidade global: **82.0 %** Método – Bishop (otimização) OK