

Análise de solo grampeado

Introduzir dados

Projeto : PROJETO DE CONTENÇÃO
Parte : SEÇÃO 03
Descrição : SOLO GRAMPEADO
Cliente : PREFEITURA MUNICIPAL DE MIRACEMA/RJ
Autor : MAURÍCIO DE FREITAS FERREIRA / ENGENHEIRO CIVIL / CREA MG 151.540/D
Data : 23/10/2024
Número do projeto : SG-04-2024-PREFEITURA MUNICIPAL DE MIRACEMA

Configurações

(apenas para a tarefa atual)

Materiais e Normas

Estruturas de concreto : NBR 6118-2014
Fator parcial para concreto : 1,40

Análise de muro

Metodologia de verificação : Fatores de segurança
Cálculo do empuxo de terra ativo : Coulomb
Cálculo do empuxo de terra passivo : Coulomb
Análise sísmica : Mononobe-Okabe
Forma da cunha de terra : Calcular com inclinação
Excentricidade permitida : 0,333

Fatores de segurança			
Situação permanente do projeto			
Fator de segurança para tombamento :	$SF_o =$	1,50	[-]
Fator de segurança para a resistência ao deslizamento :	$SF_s =$	1,50	[-]
Fator de segurança para a capacidade de carga :	$SF_b =$	1,50	[-]

Análise de estabilidade

Metodologia de verificação : Fatores de segurança

Fatores de segurança			
Situação permanente do projeto			
Fator de segurança para deslizamentos de superfícies planas :	$SF_{pl} =$	1,50	[-]
Fator de segurança para superfície de deslizamento descontínua :	$SF_{br} =$	1,50	[-]

Geometria da estrutura

Espessura do paramento de concreto $h = 0,10$ m

No.	Prof. z [m]	Coordenada x [m]
1	0,00	0,00
2	8,44	-4,35

Tipo de grampos

No.	Nome	Tipo de grampo	Resistência à tração R_t [kN]	Resistência ao arrancamento T_p [kN/m]	Força na cabeça do grampo R_f [kN]
1	CA50 - 16mm	definidos pelo usuário	65,03	18,85	29,48

Geometria dos grampos

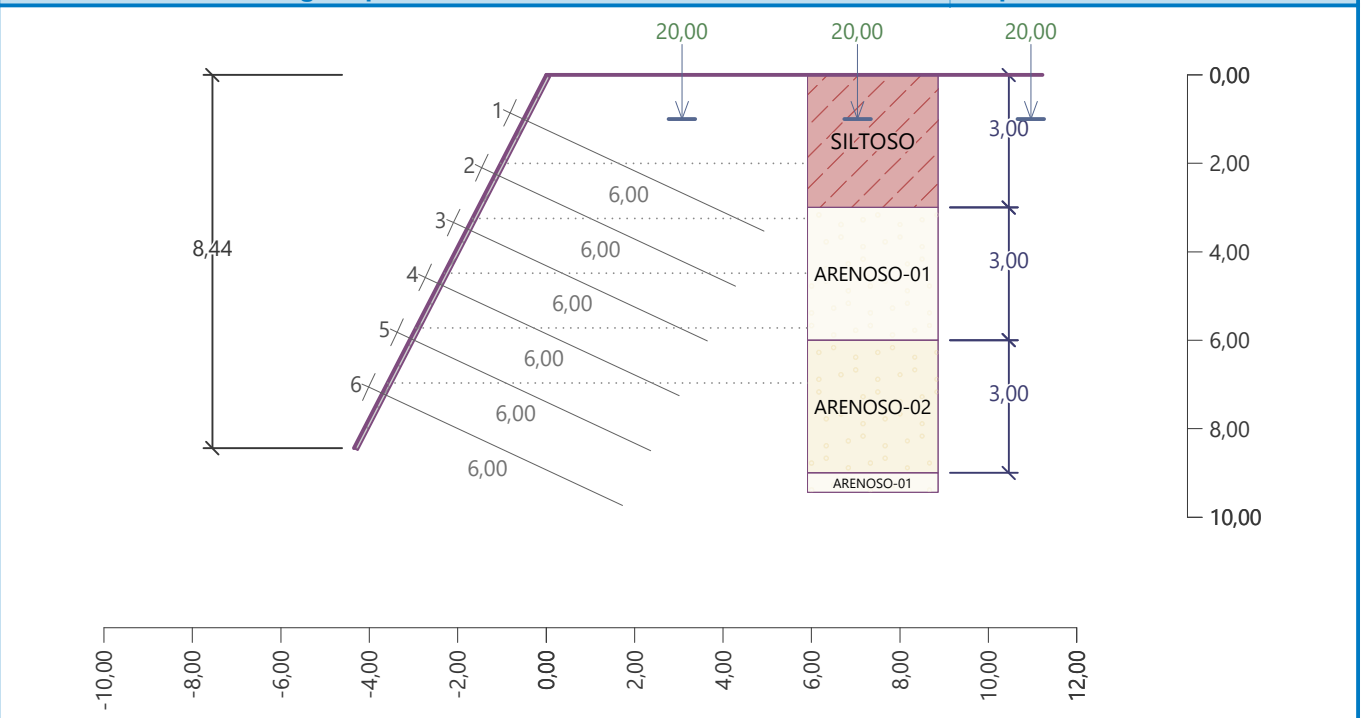
Número total de grampos - 6

Inclinação dos grampos em relação a horizontal = 25,00 °

Grampo	Prof. [m]	Distância até a bancada [m]	Comprimento [m]	Espaçamento [m]	Tipo de grampo
1	1,00	1,00	6,00	1,40	CA50 - 16mm
2	2,24	1,00	6,00	1,40	CA50 - 16mm
3	3,48	1,00	6,00	1,40	CA50 - 16mm
4	4,72	1,00	6,00	1,40	CA50 - 16mm
5	5,96	1,00	6,00	1,40	CA50 - 16mm
6	7,20	1,24	6,00	1,40	CA50 - 16mm

Nome : Geometria dos grampos

Etapa - análise : 1 - 0



Material da estrutura

Análise das estruturas de concreto realizadas de acordo com a norma NBR 6118-2014.

Betão: C30

Resistência à compressão característica $f_{ck} = 30,00 \text{ MPa}$

Resistência à tração $f_{ct,m} = 2,90 \text{ MPa}$

Armadura longitudinal: CA-50

Tensão de escoamento $f_{yk} = 500,00 \text{ MPa}$

Parâmetros do solo

SILTOSO

Peso específico : $\gamma = 18,00 \text{ kN/m}^3$

Estado de tensão : efetivo

Ângulo de atrito interno : $\varphi_{ef} = 26,00^\circ$

Coesão do solo : $c_{ef} = 12,00 \text{ kPa}$

Ângulo de atrito estru.-solo : $\delta = 19,00^\circ$
Solo : coesivo
Coeficiente de Poisson : $\nu = 0,35$
Peso específico saturado : $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

ARENOSO-01

Peso específico : $\gamma = 18,00 \text{ kN/m}^3$
Estado de tensão : efetivo
Ângulo de atrito interno : $\phi_{ef} = 30,00^\circ$
Coesão do solo : $c_{ef} = 8,00 \text{ kPa}$
Ângulo de atrito estru.-solo : $\delta = 24,00^\circ$
Solo : não coesivo
Peso específico saturado : $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

ARENOSO-02

Peso específico : $\gamma = 18,00 \text{ kN/m}^3$
Estado de tensão : efetivo
Ângulo de atrito interno : $\phi_{ef} = 30,00^\circ$
Coesão do solo : $c_{ef} = 8,00 \text{ kPa}$
Ângulo de atrito estru.-solo : $\delta = 24,00^\circ$
Solo : não coesivo
Peso específico saturado : $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$



ARENOSO-03




Peso específico : $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
Estado de tensão : efetivo
Ângulo de atrito interno : $\phi_{ef} = 30,00^\circ$
Coesão do solo : $c_{ef} = 8,00 \text{ kPa}$
Ângulo de atrito estru.-solo : $\delta = 24,00^\circ$
Solo : não coesivo
Peso específico saturado : $\gamma_{sat} = 20,00 \text{ kN/m}^3$

ARENOSO-04

Peso específico : $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
Estado de tensão : efetivo
Ângulo de atrito interno : $\phi_{ef} = 30,00^\circ$
Coesão do solo : $c_{ef} = 8,00 \text{ kPa}$
Ângulo de atrito estru.-solo : $\delta = 24,00^\circ$
Solo : não coesivo
Peso específico saturado : $\gamma_{sat} = 20,00 \text{ kN/m}^3$

Perfil geológico e solos atribuídos

No.	Espessura da camada t [m]	Profundidade z [m]	Solo atribuído	Padrão
1	3,00	0,00 .. 3,00	SILTOSO	
2	3,00	3,00 .. 6,00	ARENOSO-01	
3	3,00	6,00 .. 9,00	ARENOSO-02	

No.	Espessura da camada t [m]	Profundidade z [m]	Solo atribuído	Padrão
4	3,00	9,00 .. 12,00	ARENOSO-01	
5	3,00	12,00 .. 15,00	ARENOSO-01	
6	-	15,00 .. ∞	ARENOSO-01	

Perfil do terreno

O terreno atrás da estrutura é liso.

Influência da água

Nível freático está localizado abaixo da estrutura.

Inserir sobrecargas concentradas

No.	Sobrecarga		Ação	Valor [kN]	Ord.x x [m]	Comp. l [m]	Largura b[m]	Prof. z [m]
	novo	mudar						
1	Sim		permanente	20,00	2,77	0,60	0,60	1,00
2	Sim		permanente	20,00	6,74	0,60	0,60	1,00
3	Sim		permanente	20,00	10,66	0,60	0,60	1,00

No.	Nome
1	SAPATA 01
2	SAPATA 02
3	SAPATA 03

Definições da etapa de construção

Situação do projeto : permanente

Redução do ângulo de atrito solo/solo : não reduzir

Estabilidade interna

Análises No. 1

Superfície de deslizamento plana após a otimização :

Ângulo da superfície de deslizamento = 35,00 °

Origem da superfície de deslizamento a uma profundidade de = 8,44 m

Força da gravidade = 625,16 kN/m

Força total mobilizada pelos grampos atrás da superfície de deslizamento = 209,81 kN/m

Forças da superfície de deslizamento (força da grav.) = 358,58 kN/m

forças na superfície de deslizamento (empuxo) = 0,00 kN/m

Forças resistentes na superfície de deslizamento (solo) = 517,10 kN/m

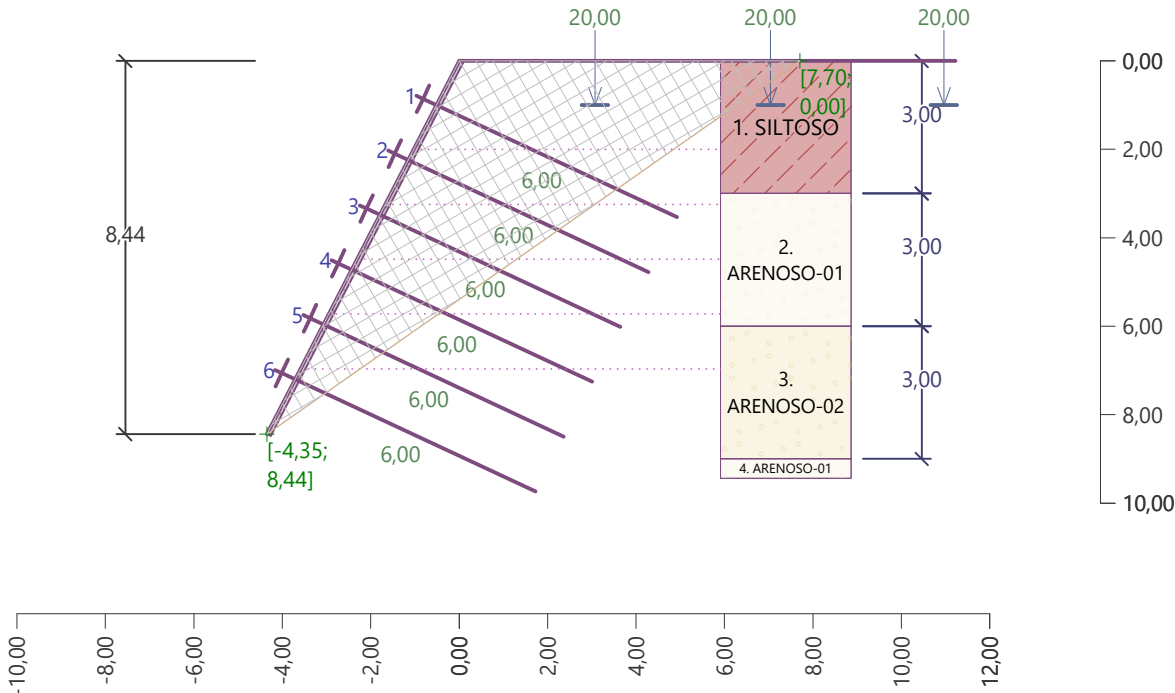
Forças resistentes na superfície de deslizamento (grampos) = 104,90 kN/m

Fator de segurança = 1,73 > 1,50

Estabilidade da superfície de deslizamento É SATISFATÓRIA

Nome : Estabilidade interna

Etapas - análise : 1 - 1



Análises No. 2

Superfície de deslizamento descontínua depois da otimização :

Ângulo da superfície de deslizamento = 36,00 °
Origem da superfície de deslizamento a uma profundidade de = 8,44 m

Força da gravidade = 536,04 kN/m
Força total mobilizada pelos grampos atrás da superfície de deslizamento = 214,99 kN/m
Forças da superfície de deslizamento (força da grav.) = 315,08 kN/m
forças na superfície de deslizamento (empuxo) = 0,00 kN/m
Forças resistentes na superfície de deslizamento (solo) = 448,73 kN/m
Forças resistentes na superfície de deslizamento (grampos) = 104,23 kN/m

Fator de segurança = 1,76 > 1,50

Estabilidade da superfície de deslizamento É SATISFATÓRIA

Análises No. 3

Empuxo horizontal na estrutura:

Ponto	Prof. [m]	Empuxo [kPa]
1	0,00	0,00
2	0,00	0,00
3	1,00	0,00
4	2,50	0,00
5	3,00	0,00
6	4,00	0,00
7	4,02	0,04
8	4,02	0,04
9	4,09	0,17
10	4,70	1,61
11	4,70	1,81

Ponto	Prof. [m]	Empuxo [kPa]
12	6,00	4,83
13	6,00	4,83
14	6,96	7,05
15	6,96	7,14
16	8,16	9,89
17	8,44	10,56

Verificação da capacidade de carga dos grampos

Coef. de redução do empuxo ativo para verificação da capacidade de carga dos grampos $k_n = 1,00$.

Grampo	Prof. h [m]	Tipo de grampos	Capacidade de carga do grampo [kN]	Força do grampo [kN]	Verificação
1	1,00	CA50 - 16mm	65,03	0,00	é satisfatório
2	2,24	CA50 - 16mm	65,03	0,00	é satisfatório
3	3,48	CA50 - 16mm	65,03	0,39	é satisfatório
4	4,72	CA50 - 16mm	65,03	5,19	é satisfatório
5	5,96	CA50 - 16mm	65,03	10,76	é satisfatório
6	7,20	CA50 - 16mm	65,03	20,22	é satisfatório

Grampo com mais solicitado. - Nr. 6.

Capacidade de carga do grampo = 65,03 kN > 20,22 kN = Força do grampo

Capacidade de carga dos grampos É SATISFATÓRIA

Verificação No. 1

Forças atuantes na construção

Nome	F_{hor} [kN/m]	Pt. aplic. z [m]	F_{vert} [kN/m]	Pt. aplic. x [m]	Projeto coeficiente
Peso - solo reforçado	0,00	-3,70	1045,33	5,21	1,000
Empuxo ativo	47,14	-1,43	6,05	8,59	1,000
SAPATA 02	1,47	-5,80	0,75	9,27	1,000
SAPATA 03	0,42	-3,02	0,02	8,30	1,000

Verificação completa do muro

Verificação da estabilidade ao tombamento

Momento resistente $M_{res} = 5506,45$ kNm/m

Momento de tombamento $M_{ovr} = 77,09$ kNm/m

Fator de segurança = 71,43 > 1,50

Resistência do muro ao tombamento É SATISFATÓRIA

Verificação de deslizamento

Reação horizontal $H_{res} = 656,07$ kN/m

Empuxo ativo horizontal $H_{act} = 49,03$ kN/m

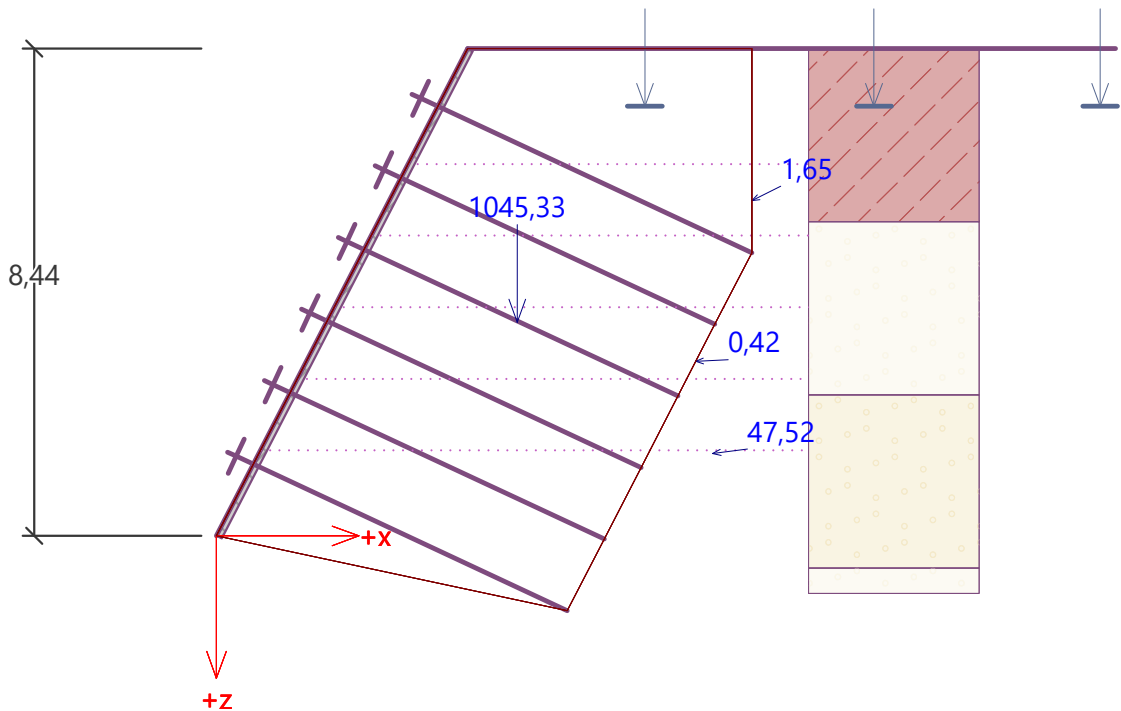
Fator de segurança = 13,38 > 1,50

Resistência do muro ao deslizamento É SATISFATÓRIA

Verificação global - MURO É SATISFATÓRIA

Nome : Verificação

Etapa - análise : 1 - 1



Cap. de carga do solo de fundação

Forças atuantes no centro da base da sapata

No.	Momento [kNm/m]	Força norm. [kN/m]	Esforo Transversal [kN/m]	Excentricidade [-]	Tensão [kPa]
1	-2232,46	1052,14	49,03	0,000	173,14

Cargas de serviço atuantes no centro da base da sapata

No.	Momento [kNm/m]	Força norm. [kN/m]	Esforo Transversal [kN/m]
1	-2232,46	1052,14	49,03

Verificação do solo de fundação

Tensão na base da sapata : retangular

Verificação de excentricidade

Excentricidade máx. da força normal $e = 0,000$

Excentricidade máx. permitida $e_{alw} = 0,333$

Excentricidade da força normal É SATISFATÓRIA

Verificação da cap. de carga da sapata

Tensão máx. na base da sapata $\sigma = 173,14$ kPa

Cap. de carga do solo de fundação permitida $R_d = 300,00$ kPa

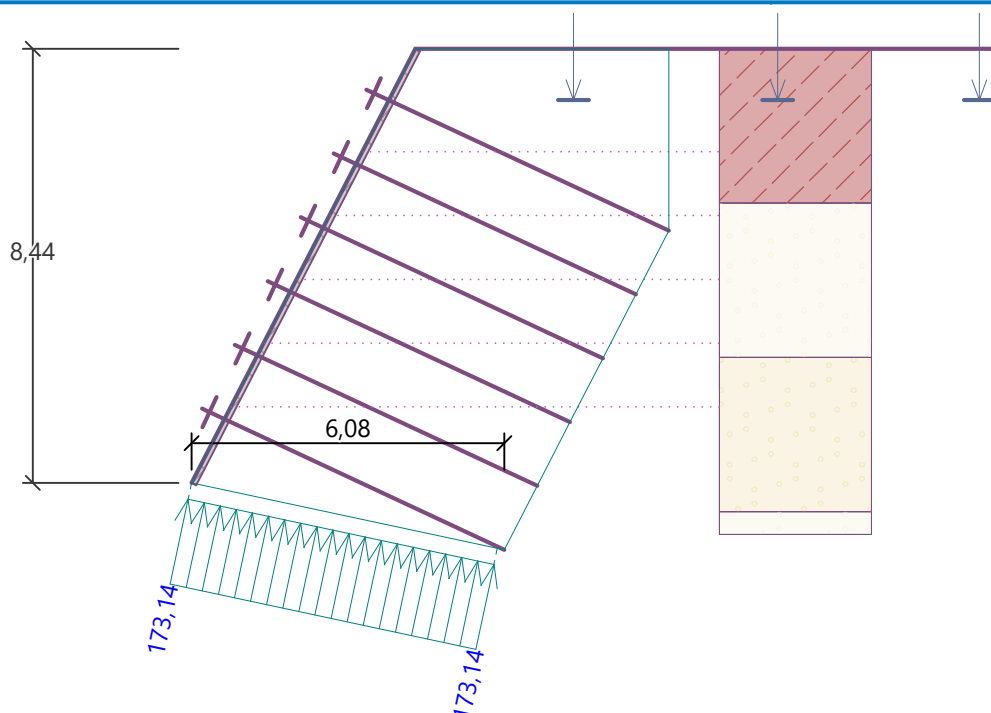
Fator de segurança $= 1,73 > 1,50$

Cap. de carga do solo de fundação É SATISFATÓRIA

Verificação total - capacidade de carga do solo de fundação É SATISFATÓRIA

Nome : Cap. de carga

Etapa - análise : 1 - -1



Dimensionamento No. 1

Introduzir dados

Tipo de malha : Q138 / 10x10 cm / 4.2x4.2 mm (definidos pelo usuário)

Área da armadura horiz.

$$A_{hor} = 138,0 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Área da armadura vert.

$$A_{vert} = 138,0 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Distância entre o centro de gravidade da malha e a extremidade mais distante $h_1 = 40,0 \text{ mm}$ Distância entre o centro de gravidade da malha e a extremidade mais próxima $h_2 = 60,0 \text{ mm}$

Dimensionamento do paramento de concreto

Direção vertical - traseira

Altura da linha neutra $x = 0,00 \text{ m} < 0,02 \text{ m} = x_{max}$ Momento último $M_{Rd} = 3,50 \text{ kNm/m} > 0,84 \text{ kNm/m} = M_{Sd}$

A seção transversal é SATISFATÓRIA.

Direção horizontal - traseira

Altura da linha neutra $x = 0,00 \text{ m} < 0,02 \text{ m} = x_{max}$ Momento último $M_{Rd} = 3,50 \text{ kNm/m} > 1,44 \text{ kNm/m} = M_{Sd}$

A seção transversal é SATISFATÓRIA.

Direção vertical - frente

Altura da linha neutra $x = 0,00 \text{ m} < 0,01 \text{ m} = x_{max}$ Momento último $M_{Rd} = -2,30 \text{ kNm/m} > -1,13 \text{ kNm/m} = M_{Sd}$

A seção transversal é SATISFATÓRIA.

Direção horizontal - frente

Altura da linha neutra $x = 0,00 \text{ m} < 0,01 \text{ m} = x_{max}$ Momento último $M_{Rd} = -2,30 \text{ kNm/m} > -0,72 \text{ kNm/m} = M_{Sd}$

A seção transversal é SATISFATÓRIA.

Características dim.

Taxa de armadura $\rho = 0,23 \% > 0,15 \% = \rho_{\min}$

A seção transversal é SATISFATÓRIA.

Verificação ao cisalhamento

Esforço transversal último $V_{Rd} = 34,80 \text{ kN/m} > 6,19 \text{ kN/m} = V_{Ed}$

A seção transversal é SATISFATÓRIA.

Verificação total É SATISFATÓRIA

Análise de estabilidade de talude

Introduzir dados (Etapa de construção 1)

Projeto

Configurações

(apenas para a tarefa atual)

Análise de estabilidade

Metodologia de verificação : Fatores de segurança

Análise sísmica : Norma

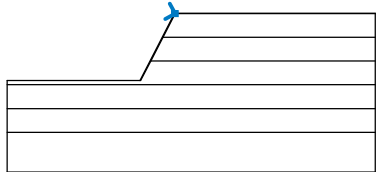
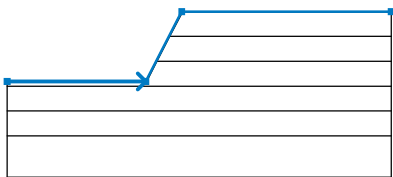
Fatores de segurança		
Situação permanente do projeto		
Fator de segurança :	$SF_s =$	1,50 [-]

Ancoragem

Metodologia de verificação : Fatores de segurança

Fatores de segurança		
Fator de segurança para a resistência do aço :	$SF_t =$	1,50 [-]
Fator de segurança da resistência de arrancamento (solo) :	$SF_e =$	1,50 [-]
Fator de segurança da resistência de arrancamento (argamassa) :	$SF_c =$	1,50 [-]


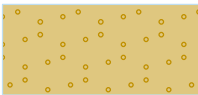
Interface

No.	Localização da interface	Coordenadas dos pontos de interface [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0,00	0,00	0,10	-0,03		
2		-21,10	-8,44	-4,35	-8,44	0,00	0,00
		25,32	0,00				






No.	Localização da interface	Coordenadas dos pontos de interface [m]					
		x	z	x	z	x	z
3		-4,35	-8,44	-4,25	-8,44	-2,99	-6,00
		-1,44	-3,00	0,10	-0,03	25,32	-0,03
4		-1,44	-3,00	25,32	-3,00		
5		-2,99	-6,00	25,32	-6,00		
6		-21,10	-9,00	25,32	-9,00		
7		-21,10	-12,00	25,32	-12,00		
8		-21,10	-15,00	25,32	-15,00		

Parâmetros de solo - estado de tensão efetivo

No.	Nome	Padrão	Φ_{ef} [°]	C_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]
1	SILTOSO		26,00	12,00	18,00
2	ARENOSO-01		30,00	8,00	18,00
3	ARENOSO-02		30,00	8,00	18,00

No.	Nome	Padrão	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m³]
4	ARENOSO-03		30,00	8,00	20,00
5	ARENOSO-04		30,00	8,00	20,00

Parâmetros de solo - elevação

No.	Nome	Padrão	γ_{sat} [kN/m³]	γ_s [kN/m³]	n [-]
1	SILTOSO		19,00		
2	ARENOSO-01		19,00		
3	ARENOSO-02		19,00		
4	ARENOSO-03		20,00		
5	ARENOSO-04		20,00		

Parâmetros do solo

SILTOSO

Peso específico : $\gamma = 18,00 \text{ kN/m}^3$
Estado de tensão : efetivo
Resistência ao cisalhamento : Mohr-Coulomb
Ângulo de atrito interno : $\varphi_{ef} = 26,00^\circ$
Coesão do solo : $c_{ef} = 12,00 \text{ kPa}$
Peso específico saturado : $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

ARENOSO-01

Peso específico : $\gamma = 18,00 \text{ kN/m}^3$
Estado de tensão : efetivo
Resistência ao cisalhamento : Mohr-Coulomb
Ângulo de atrito interno : $\varphi_{ef} = 30,00^\circ$
Coesão do solo : $c_{ef} = 8,00 \text{ kPa}$
Peso específico saturado : $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

ARENOSO-02

Peso específico : $\gamma = 18,00 \text{ kN/m}^3$
Estado de tensão : efetivo
Resistência ao cisalhamento : Mohr-Coulomb

Ângulo de atrito interno : $\varphi_{ef} = 30,00^\circ$
 Coesão do solo : $c_{ef} = 8,00 \text{ kPa}$
 Peso específico saturado : $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

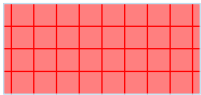
ARENOSO-03

Peso específico : $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
 Estado de tensão : efetivo
 Resistência ao cisalhamento : Mohr-Coulomb
 Ângulo de atrito interno : $\varphi_{ef} = 30,00^\circ$
 Coesão do solo : $c_{ef} = 8,00 \text{ kPa}$
 Peso específico saturado : $\gamma_{sat} = 20,00 \text{ kN/m}^3$

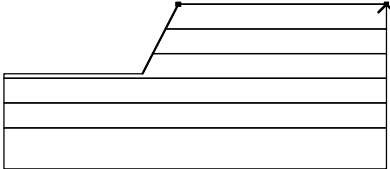
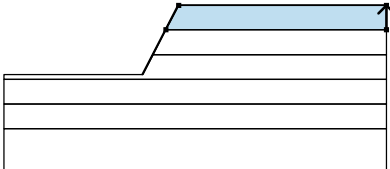
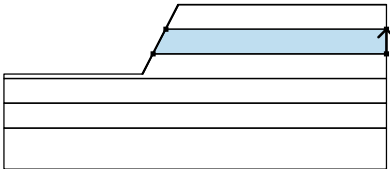
ARENOSO-04

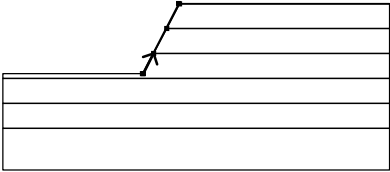

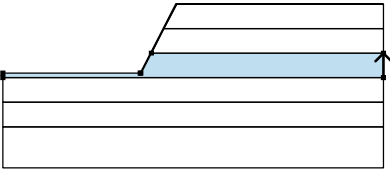

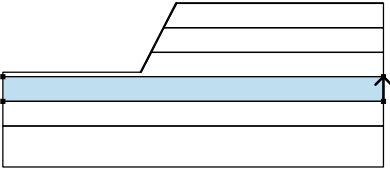

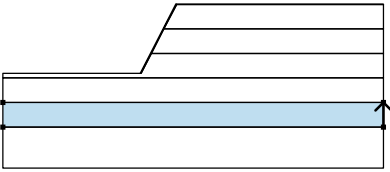

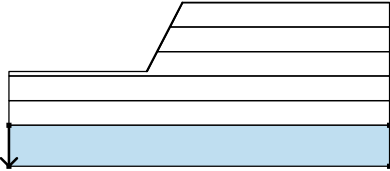

Peso específico : $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
 Estado de tensão : efetivo
 Resistência ao cisalhamento : Mohr-Coulomb
 Ângulo de atrito interno : $\varphi_{ef} = 30,00^\circ$
 Coesão do solo : $c_{ef} = 8,00 \text{ kPa}$
 Peso específico saturado : $\gamma_{sat} = 20,00 \text{ kN/m}^3$

Corpos rígidos

No.	Nome	Amostra	γ [kN/m ³]
1	Material da estrutura		23,00

Superfícies e atribuições

No.	Posição da superfície	Coordenadas dos pontos da superfície [m]				Atribuído solo
		x	z	x	z	
1		25,32	-0,03	25,32	0,00	SILTOSO
		0,00	0,00	0,10	-0,03	
2		25,32	-3,00	25,32	-0,03	SILTOSO
		0,10	-0,03	-1,44	-3,00	
3		25,32	-6,00	25,32	-3,00	ARENOSO-01
		-1,44	-3,00	-2,99	-6,00	

No.	Posição da superfície	Coordenadas dos pontos da superfície [m]				Atribuído solo
		x	z	x	z	
4		-4,25	-8,44	-2,99	-6,00	Material da estrutura 
		-1,44	-3,00	0,10	-0,03	
		0,00	0,00	-4,35	-8,44	
5		25,32	-9,00	25,32	-6,00	ARENOSO-02 
		-2,99	-6,00	-4,25	-8,44	
		-4,35	-8,44	-21,10	-8,44	
		-21,10	-9,00			
6		25,32	-12,00	25,32	-9,00	ARENOSO-01 
		-21,10	-9,00	-21,10	-12,00	
7		25,32	-15,00	25,32	-12,00	ARENOSO-01 
		-21,10	-12,00	-21,10	-15,00	
8		-21,10	-15,00	-21,10	-20,00	ARENOSO-01 
		25,32	-20,00	25,32	-15,00	

Grampos

No.	Ponto inicial		Comprimento l [m]	Inclinação α [°]	Espaçamento b [m]	Resistência à tração	Resistência ao arrancamento	Resistência da cabeça do grampo
	x [m]	z [m]						
1	-0,52	-1,00	6,00	25,00	1,40	R _t = 65,03 kN	T _p = 18,85 kN/m	R _f = 29,48 kN
2	-1,15	-2,24	6,00	25,00	1,40	R _t = 65,03 kN	T _p = 18,85 kN/m	R _f = 29,48 kN
3	-1,79	-3,48	6,00	25,00	1,40	R _t = 65,03 kN	T _p = 18,85 kN/m	R _f = 29,48 kN
4	-2,43	-4,72	6,00	25,00	1,40	R _t = 65,03 kN	T _p = 18,85 kN/m	R _f = 29,48 kN
5	-3,07	-5,96	6,00	25,00	1,40	R _t = 65,03 kN	T _p = 18,85 kN/m	R _f = 29,48 kN
6	-3,71	-7,20	6,00	25,00	1,40	R _t = 65,03 kN	T _p = 18,85 kN/m	R _f = 29,48 kN

Sobrecarga

No.	Tipo	Tipo e ação	Posição z [m]	Origem x [m]	Comprimento l [m]	Largura b [m]	Inclinação α [°]	Valor		
								q, q ₁ , f, F, x	q ₂ , z	unidade
1	pontual	permanente	z = -1,00	x = 2,77	l = 0,60	b = 0,60		20,00		kN
2	pontual	permanente	z = -1,00	x = 6,74	l = 0,60	b = 0,60		20,00		kN
3	pontual	permanente	z = -1,00	x = 10,66	l = 0,60	b = 0,60		20,00		kN

Sobrecargas

No.	Nome
1	SAPATA 01
2	SAPATA 02
3	SAPATA 03

Nível freático

Tipo de água : Sem água

Fenda de tração

Fendas de tração não inseridas.

Sismo

Sismo não incluído.

Definições da etapa de construção

Situação do projeto : permanente

Resultados (Etapa de construção 1)**Análise 1****Superfície de deslizamento circular**

Parâmetros da superfície de deslizamento					
Centro :	x =	-4,73 [m]	Ângulos :	$\alpha_1 =$	-3,93 [°]
	z =	0,05 [m]		$\alpha_2 =$	89,66 [°]
Raio :	R =	8,51 [m]			
Análise da superfície de deslizamento sem otimização.					

Peso total do solo acima da superfície de deslizamento: 627,94 kN/m

Capacidade de carga dos grampos

Grampo Capacidade de carga [kN/m]

1	0,00
2	23,32
3	25,25
4	30,73
5	40,14
6	46,45

Verificação da estabilidade de talude (Todos os métodos)

Bishop : FS = 1,55 > 1,50 **VERIFICA**

Fellenius / Petterson : FS = 1,48 < 1,50 **NÃO VERIFICA**

Spencer : **A solução não foi encontrada.**

Janbu : FS = 1,58 > 1,50 **VERIFICA**

Morgenstern-Price : FS = 1,58 > 1,50 **VERIFICA**