



Prefeitura Municipal de Gaspar

MEMORIAL DE CÁLCULO DE ESTABILIDADE DE ENCOSTAS

PROPRIETÁRIO: PREFEITURA MUNICIPAL DE GASPAR

RESPONSÁVEL TÉCNICO: RICARDO PAULO BERNARDINO DUARTE

Engenheiro Civil – CREA-SC 108714-9



Prefeitura Municipal de Gaspar

MEMORIAL DE CÁLCULO DE ESTABILIDADE DE ENCOSTAS

PROPRIETÁRIO: PREFEITURA MUNICIPAL DE GASPAR

CPF/CNPJ: 83.102.244/0001-02

ÁREA TÍTULO: 15.308,87 m²

ÁREA DE TERRAPLENAGEM: 3.148,98 m²

LOCAL: ANTONIO BERNARDI, S/N. BATEIAS – GASPAR/SC.

1. GENERALIDADES

Este memorial tem como objetivo principal apresentar os cálculos e estudos realizados para estabilizar a encosta localizada na Rua Antônio Bernardi, no bairro Bateias no município de Gaspar.

O presente projeto irá apresentar o levantamento planialtimétrico da área em estudo. As seções traçadas ao longo da área a ser estabilizada, denominadas de seções A, B e C respectivamente. Representação do perfil da encosta e posteriormente a execução de cortes e aterro com base nos cálculos de estabilidade de taludes calculados com o auxílio do Software Geo5 – Estabilidade de taludes. Esse software permite a análise de estabilidade de taludes como aterros, muro de solo reforçado, estruturas com reforço ancorado, etc.

Acompanha em anexo o relatório gerado pelo Geo5 para a verificação de estabilidade da encosta em estudo, juntamente com o relatório de estudos do solo coletado in loco.



Prefeitura Municipal de Gaspar

2. ÁREA DE ESTUDO

Após realização do levantamento topográfico da área, foi demarcada a área a ser recuperada por meio do projeto de contenção de encostas. Nessa área demarcada foram traçadas 3 (três) seções denominadas A, B e C respectivamente, como mostra a Figura 1 abaixo.

Figura 1 - Demarcação da área de terraplenagem



Fonte: Autor (2019)

3. CÁLCULOS DOS PERFIS

A partir dessas seções foi possível traçar o perfil da encosta e assim poder realizar os cálculos de estabilidade de talude com o auxílio do Software Geo5. Determinando assim a declividade necessária para manter a segurança do talude.

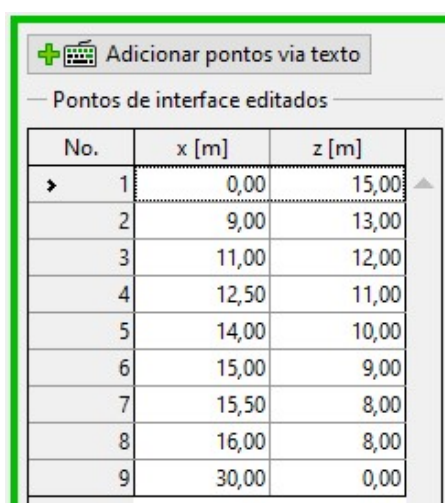


Prefeitura Municipal de Gaspar

Abaixo será mostrado os passos seguidos no Geo5 para determinação da estabilidade do talude.

3.1 Seção A

Figura 2 – Pontos cotados da seção A

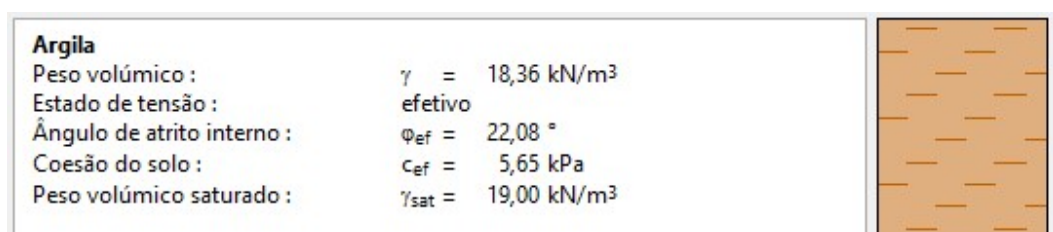


The screenshot shows the 'Adicionar pontos via texto' (Add points via text) window in Geo5. It contains a table titled 'Pontos de interface editados' (Edited interface points) with the following data:

No.	x [m]	z [m]
1	0,00	15,00
2	9,00	13,00
3	11,00	12,00
4	12,50	11,00
5	14,00	10,00
6	15,00	9,00
7	15,50	8,00
8	16,00	8,00
9	30,00	0,00

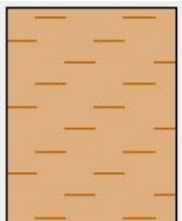
Fonte: Autor (2019)

Figura 3 - Dados do solo



The screenshot shows the 'Dados do solo' (Soil data) window for 'Argila' (Clay). The data is as follows:

Propriedade	Valor
Peso volúmico : γ	18,36 kN/m ³
Estado de tensão : efetivo	
Ângulo de atrito interno : ϕ_{ef}	22,08 °
Coesão do solo : c_{ef}	5,65 kPa
Peso volúmico saturado : γ_{sat}	19,00 kN/m ³



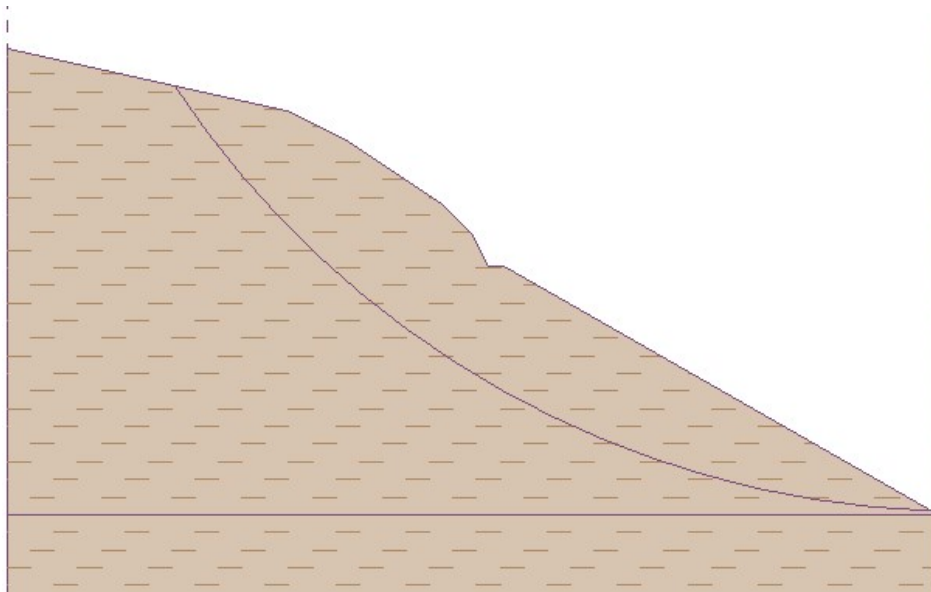
Fonte: Autor (2019)

Com esses dados foi simulado a estabilidade da encosta como ela se encontra atualmente e sem contenção, como mostra as Figuras 4 e 5 abaixo.



Prefeitura Municipal de Gaspar

Figura 4 - Perfil da encosta



Fonte: Autor (2019)

Figura 5 - Análise do fator de segurança

Análises: [1]

Analisar

Superfície de deslizamento: **circular** Substituir graficamente Editar via texto Remover Converter para polígono

— Parâmetros das análises —

Método: **Bishop**

Tipo de análise: **Otimização**

Restrições: não está inserido

— Superfície de deslizamento circular —

Centro: x = 30,91 [m] z = 30,68 [m]

Raio: R = 30,59 [m]

Ângulos: $\alpha_1 = -56,51$ [°] $\alpha_2 = -2,07$ [°]

Verificação da estabilidade de talude (Bishop)

Soma de forças ativas: $F_a = 651,47$ kN/m

Soma de forças passivas: $F_p = 662,37$ kN/m

Momento de deslizamento: $M_d = 19928,45$ kNm/m

Momento resistente: $M_r = 20261,84$ kNm/m

Fator de segurança = 1,02 < 1,50

Estabilidade do talude **NÃO VERIFICA**

Fonte: Autor (2019)

Conforme a análise realizada pelo Software Geo5, foi constatado que a encosta possui um fator de segurança de 1,02, não atingindo assim o fator de segurança mínimo exigido pela **Norma Técnica NBR 11682 – Estabilidade de Taludes** para ser considerado estável que é 1,5.

Abaixo serão mostrados os cortes e a estabilidade gerada com a nova declividade do talude.



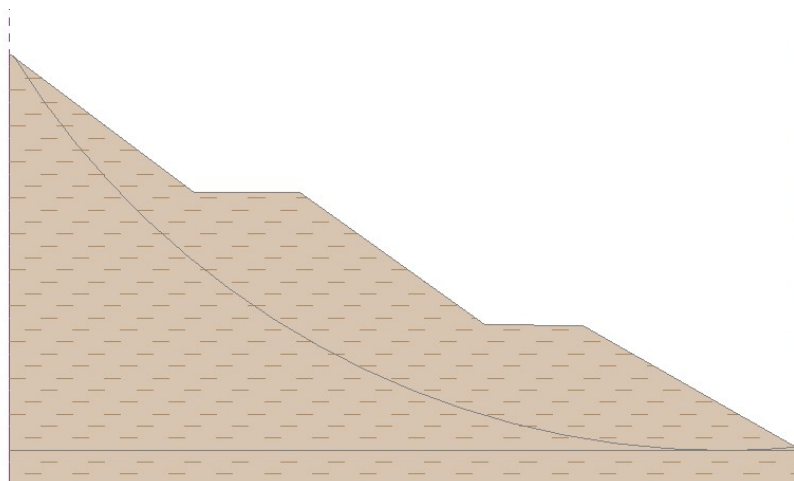
Prefeitura Municipal de Gaspar

Figura 6 - Pontos de escavação

No.	x [m]	z [m]
1	0,00	15,00
2	7,00	9,75
3	11,00	9,75
4	18,00	4,75
5	21,75	4,70

Fonte: Autor (2019)

Figura 7 - Perfil do talude após escavação



Fonte: Autor (2019)

Figura 8 – Análise do fator de segurança

Superfície de deslizamento: circular Substituir graficamente Editar via texto Remover Converter para polígono

Parâmetros das análises

Método: Bishop

Tipo de análise: Otimização

Restrições: não está inserido

Superfície de deslizamento circular

Centro: x = 27,07 [m] z = 31,73 [m]

Raio: R = 31,74 [m]

Ângulos: $\alpha_1 =$ -57,90 [°] $\alpha_2 = 4,95 [°]$

Verificação da estabilidade de talude (Bishop)

Soma de forças ativas: $F_a =$ 644,72 kN/m

Soma de forças passivas: $F_p =$ 855,46 kN/m

Momento de deslizamento: $M_d =$ 20463,47 kNm/m

Momento resistente: $M_r =$ 27152,40 kNm/m

Fator de segurança = 1,33 < 1,50

Estabilidade do talude **NÃO VERIFICA**

Fonte: Autor (2019)



Prefeitura Municipal de Gaspar

Após a realização dos cortes na encosta com inclinação de 1/1,5 (v/h), foi realizada novamente outra análise de estabilidade, sendo esta favorável a estabilização com seu fator de segurança de $1,33 < 1,5$. Porém como este talude não é usualmente transitável, a NBR 11682 permite considerar o fator de segurança mínimo de $1,30 < 1,33$.

3.2 Seção B

Figura 9 – Pontos cotados da seção B

No.	x [m]	z [m]	
1	0,00	4,00	▲
2	7,00	3,00	
3	9,00	2,60	
4	10,00	2,50	
5	13,00	3,00	
6	16,00	3,50	
7	17,00	3,50	
8	20,00	2,80	
9	24,00	0,80	
10	24,50	0,60	
11	25,00	0,80	
12	28,50	2,00	
13	35,00	10,00	
14	43,00	14,00	
15	51,00	16,00	
16	54,00	16,70	
➤ 17	60,00	16,00	

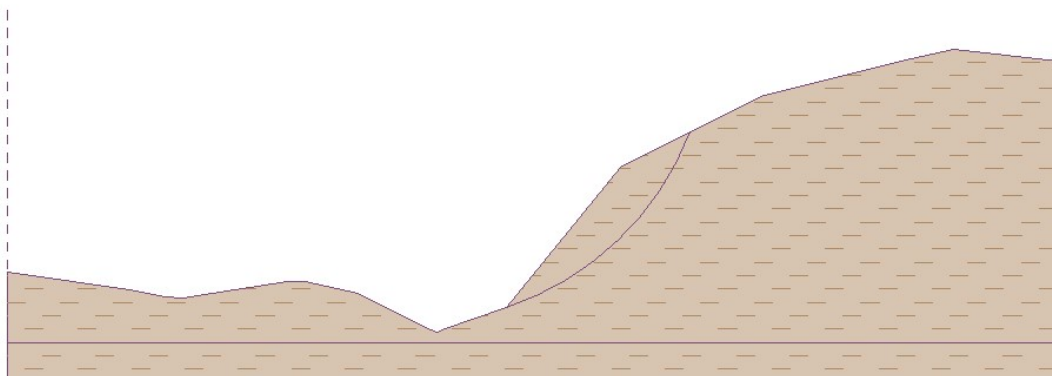
Fonte: Autor (2019)

Com esses dados foi simulado a estabilidade da encosta como ela se encontra atualmente e sem contenção, como mostra as Figuras 10 e 11 abaixo.



Prefeitura Municipal de Gaspar

Figura 10 - Perfil da encosta



Fonte: Autor (2019)

Figura 11 - Análise do fator de segurança

Superfície de deslizamento : circular		Substituir graficamente		Editar via texto		Remover		Converter para polígono	
Parâmetros das análises									
Método : Bishop		Centro : x = 23,10 [m] z = 18,11 [m]							
Tipo de análise : Otimização		Raio : R = 16,99 [m]							
Restrições não está inserido		Ângulos : $\alpha_1 = 18,54$ [°] $\alpha_2 = 68,82$ [°]							
Verificação da estabilidade de talude (Bishop)									
Soma de forças ativas : $F_a = 298,02$ kN/m									
Soma de forças passivas : $F_p = 227,02$ kN/m									
Momento de deslizamento : $M_a = 5063,32$ kNm/m									
Momento resistente : $M_p = 3857,01$ kNm/m									
Fator de segurança = $0,76 < 1,50$									
Estabilidade do talude NÃO VERIFICA									

Fonte: Autor (2019)

Conforme a análise realizada pelo Software Geo5, foi constatado que a encosta nesta seção possui um fator de segurança de $0,76 < 1,5$, sendo este 1,5 o valor mínimo exigido pela norma NBR 11682.

Abaixo serão mostrados os cortes e a estabilidade gerada com a nova declividade do talude.



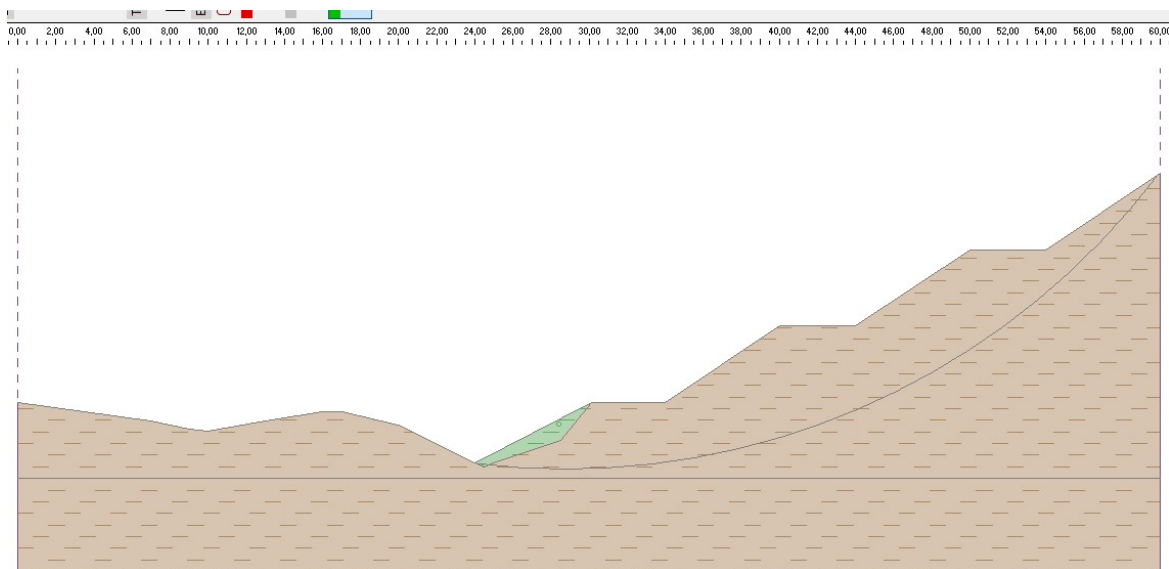
Prefeitura Municipal de Gaspar

Figura 12 - Pontos de escavação

No.	x [m]	z [m]
1	24,18	0,72
2	30,00	4,00
3	34,00	4,00
4	40,00	8,00
5	44,00	8,00
6	50,00	12,00
7	54,00	12,00
8	60,00	16,00

Fonte: Autor (2019)

Figura 13 - Perfil do talude após escavação



Fonte: Autor (2019)



Prefeitura Municipal de Gaspar

Figura 14 - Análise do fator de segurança

Analisar

Superfície de deslizamento: circular

Substituir graficamente | Editar via texto | Remover | Converter para polígono

Parâmetros das análises

Método: Bishop

Tipo de análise: Otimização

Restrições: não está inserido

Superfície de deslizamento circular

Centro: x = 28,76 [m] z = 39,57 [m]

Raio: R = 39,06 [m]

Ângulos: $\alpha_1 = -7,00$ [°] $\alpha_2 = 52,65$ [°]

Verificação da estabilidade de talude (Bishop)

Soma de forças ativas: $F_a = 768,11$ kN/m

Soma de forças passivas: $F_p = 1121,55$ kN/m

Momento de deslizamento: $M_d = 30002,42$ kNm/m

Momento resistente: $M_r = 43807,88$ kNm/m

Fator de segurança = $1,46 < 1,50$

Estabilidade do talude **NÃO VERIFICA**

Fonte: Autor (2019)

Após a realização dos cortes na encosta com inclinação de 1/1,5 (v/h), foi realizada novamente outra análise de estabilidade, sendo está favorável a estabilização com seu fator de segurança de $1,46 < 1,5$. Porém se tratando de um talude que não comumente transitável, a NBR 11682 permite utilizar fator de segurança mínimo de 1,30.

3.3 Seção C

Figura 15 – Pontos cotados da seção C

+ Adicionar pontos via texto

Pontos de interface editados

No.	x [m]	z [m]
1	0,00	2,00
2	6,50	0,00
3	8,00	0,50
4	9,50	0,00
5	12,00	1,00
6	18,40	3,00
7	20,80	4,00
8	22,30	5,00
9	24,70	7,00
10	27,70	9,00
11	29,90	10,00
12	34,00	11,00
13	36,00	11,50
14	38,40	11,00
15	39,00	10,70

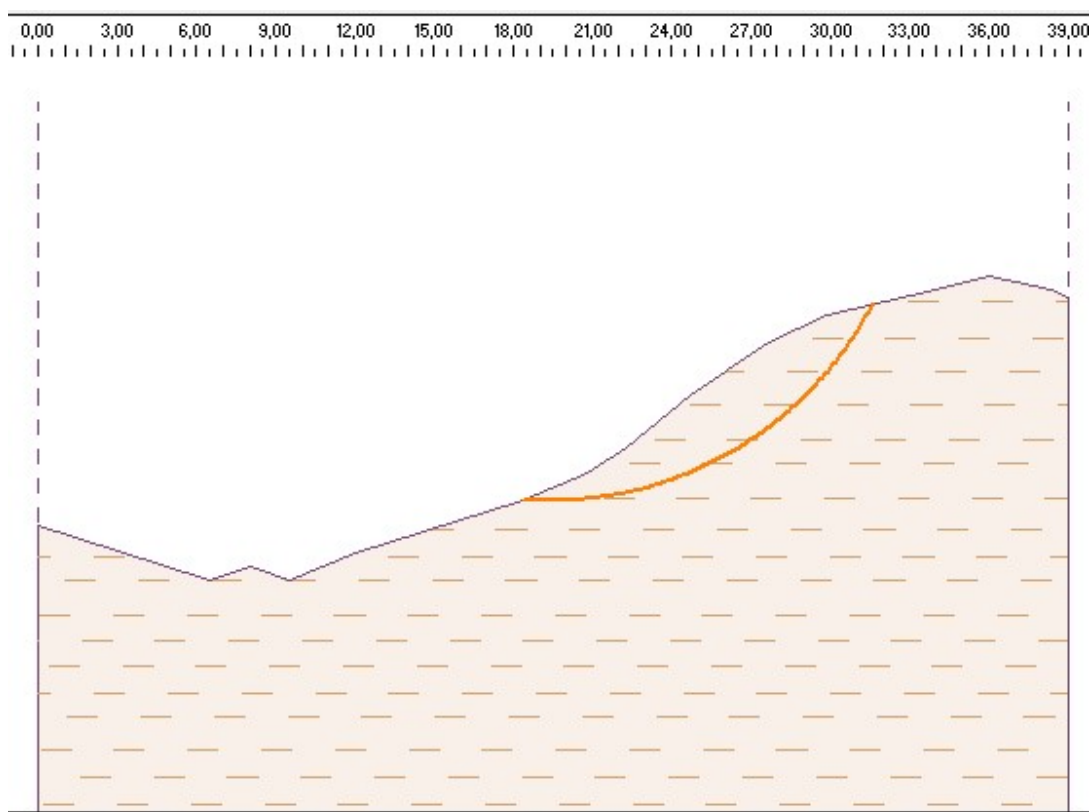
Fonte: Autor (2019)



Prefeitura Municipal de Gaspar

Com esses dados foi simulado a estabilidade da encosta como ela se encontra atualmente e sem contenção, como mostra as Figuras 16 e 17 abaixo.

Figura 16 - Perfil da encosta



Fonte: Autor (2019)

Figura 17 - Análise do fator de segurança

	Superfície de deslizamento : <input type="text" value="circular"/>				
	Parâmetros das análises				
	Método : <input type="text" value="Bishop"/>	Superfície de deslizamento circular			
	Tipo de análise : <input type="text" value="Otimização"/>	Centro : x = <input type="text" value="19,30"/> [m] z = <input type="text" value="16,89"/> [m]	Raio : R = <input type="text" value="13,92"/> [m]		
Restrições : <input type="text" value="não está inserido"/>	Ângulos : $\alpha_1 =$ <input type="text" value="-3,72"/> [°] $\alpha_2 =$ <input type="text" value="62,31"/> [°]				
Verificação da estabilidade de talude (Bishop) Soma de forças ativas : $F_a = 229,98$ kN/m Soma de forças passivas : $F_p = 269,83$ kN/m Momento de deslizamento : $M_a = 3201,38$ kNm/m Momento de resistência : $M_p = 3755,99$ kNm/m Fator de segurança = $1,17 < 1,50$ Estabilidade de talude NÃO VERIFICA					

Fonte: Autor (2019)



Prefeitura Municipal de Gaspar

Conforme a análise realizada pelo Software Geo5, foi constatado que a encosta nesta seção possui um fator de segurança de 1,17, não atingindo assim o fator de segurança mínimo requerido pela NBR 11682 que é 1,5.

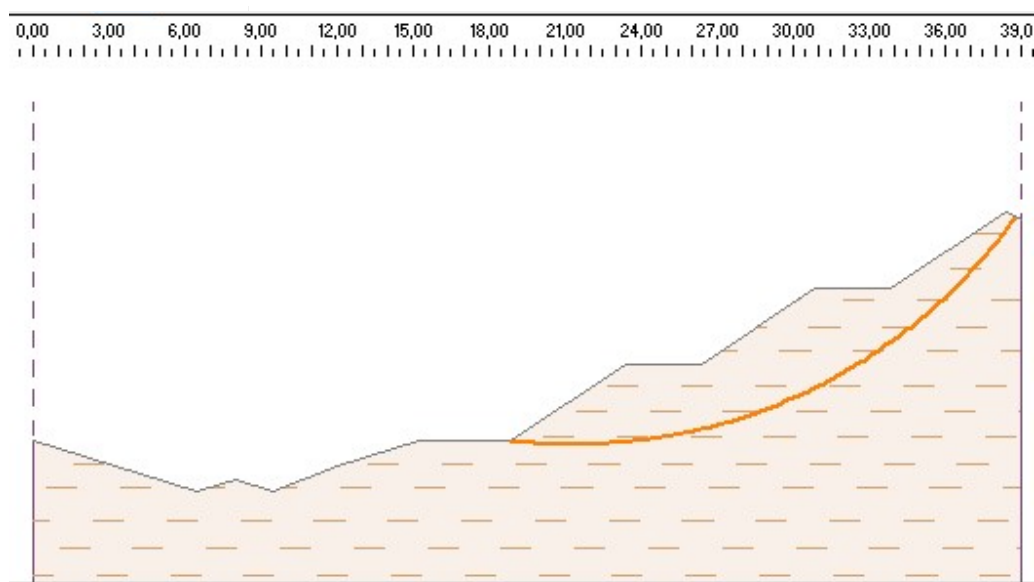
Abaixo serão mostrados os cortes e a estabilidade gerada com a nova declividade do talude.

Figura 18 - Pontos de escavação

No.	x [m]	z [m]
➤ 1	15,22	2,00
2	18,90	2,00
3	23,40	5,00
4	26,40	5,00
5	30,90	8,00
6	33,90	8,00
7	38,40	11,00

Fonte: Autor (2019)

Figura 19 - Perfil do talude após escavação



Fonte: Autor (2019)



Prefeitura Municipal de Gaspar

Figura 20 - Análise do fator de segurança

The screenshot displays the 'Analisar' (Analyze) window in Geo5. The 'Superfície de deslizamento' (Slip surface) is set to 'circular'. The 'Método' (Method) is 'Bishop', and the 'Tipo de análise' (Analysis type) is 'Otimização' (Optimization). The 'Restrições' (Restrictions) are set to 'não está inserido' (not inserted). The 'Superfície de deslizamento circular' (Circular slip surface) parameters are: Centro (Center) at x = 21,31 [m] and z = 23,45 [m]; Raio (Radius) at R = 21,59 [m]; and Ângulos (Angles) at $\alpha_1 = -6,53$ [°] and $\alpha_2 = 54,12$ [°]. The 'Verificação da estabilidade de talude (Bishop)' (Slope stability verification) results are: Soma de forças ativas (Sum of active forces) $F_a = 300,41$ kN/m; Soma de forças passivas (Sum of passive forces) $F_p = 466,80$ kN/m; Momento de deslizamento (Sliding moment) $M_a = 6485,85$ kNm/m; Momento de resistência (Resistance moment) $M_p = 10078,30$ kNm/m; Fator de segurança (Factor of safety) = 1,55 > 1,50; and Estabilidade de talude (Slope stability) VERIFICA.

Fonte: Autor (2019)

Após a realização dos cortes na encosta com inclinação de 1/1,5 (v/h), foi realizada novamente outra análise de estabilidade, sendo está favorável a estabilização com seu fator de segurança de $1,55 > 1,5$ como é exigido pela norma.

4. DISPOSIÇÕES FINAIS

Conforme análise de estabilidade realizada nessa encosta, foi determinada que a inclinação dos taludes serão de 1/1,5 (v/h) e nas três seções estudadas todas obtiveram fator de segurança aceitável pela **NBR 11682/2009 – Estabilidade de Taludes**. Sendo essa localidade não utilizada para tráfego de pessoas ou veículos, pode-se adotar fator de segurança mínimo de 1,30 como apresentado na norma acima citada.

Seguirá em anexo o relatório gerado pelo Software Geo5 que constará dados do solo assim como os parâmetros da superfície de deslizamento. A verificação da estabilidade dos taludes foi realizada pelo método de Bishop, comumente utilizado para cálculos de superfícies de falha circular, como foi o caso em estudo.

Gaspar, 21 de Novembro de 2019