

**ANÁLISE ESTABILIDADE DE TALUDE
AEROPORTO LAURO KORTZ NO MUNICÍPIO DE PASSO FUNDO**

Elaborado por: Magnos Baroni, DSc
Cliente: Traçado Construções e Serviços Ltda

Santa Maria, 08 de maio de 2020

Sumário

1. INTRODUÇÃO	1
2. ANÁLISE DE ESTABILIDADE	1
2.1 <i>Método de Bishop Simplificado</i>	2
2.2 <i>Método de Janbu Generalizado</i>	4
2.3 <i>Comentários sobre os métodos de equilíbrio limite</i>	5
3. DIMENSIONAMENTO DO TALUDE DE ATERRO	5
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	12

1. INTRODUÇÃO

Este documento apresenta o estudo da estabilidade geotécnica de um talude de aterro a ser construído na obra de ampliação do Aeroporto Lauro Kurtz no município de Passo Fundo/RS. O estudo solicitado pelo contratante, é referente a situação com maior altura de aterro, localizada na estaca 63+0.00 e apresentada em forma de figura, na página 8 de 12 do relatório AER-PFB-TER-PB-MC-R03, revisão 03 de Março de 2020. A altura considerada do talude de aterro é de 15,0 m.

2. ANÁLISE DE ESTABILIDADE

O objetivo da análise de estabilidade é avaliar a possibilidade de ocorrência de escorregamento de massa de solo. Um maciço de terra, seja de corte ou aterro se mantém em equilíbrio quando, a tensão de cisalhamento é igual ou menor que a resistência ao cisalhamento do material. Segundo Gerscovich (2012), de maneira geral, as análises são realizadas pela comparação das tensões cisalhantes mobilizadas com a resistência ao cisalhamento, com isso define-se um fator de segurança dado por:

$$FS = \frac{\tau_{(resistente)}}{\tau_{(atuante)}} \quad (1)$$

Onde: τ é a tensão cisalhante.

Sendo:

- $FS > 1$: Obra estável;
- $FS = 1$: Ocorre ruptura;
- $FS < 1$: não tem significado físico.

Os fatores de segurança variam em relação aos níveis de segurança contra danos, vidas humanas e ambientais. Nas análises realizadas, será considerado como mínimo admissível

$FS_{adm}=1,5$, fator mais conservativo recomendado pela NBR 11682/2009 e adotado em obras com elevados riscos de segurança, danos materiais e ambientais. Mesmo o talude em questão não apresentando elevados riscos de segurança, danos materiais e ambientais, o $FS_{adm}=1,5$ será adotado em favor da segurança geral.

Os métodos para a análise da estabilidade de taludes, atualmente em uso, baseiam-se na hipótese de haver equilíbrio numa massa de solo, tomada como corpo rígido-plástico, na iminência de entrar em um processo de escorregamento. Daí a denominação geral de “métodos de equilíbrio-limite” (MASSAD, 2010).

O método das fatias é a forma mais utilizada em estudos de estabilidade, pois não apresenta restrições quanto à homogeneidade do solo, geometria do talude e tipo de análise (em termos de tensões totais ou efetivas). A seguir serão brevemente descritos os dois métodos de dimensionamento aplicados neste estudo.

2.1 Método de Bishop Simplificado

Amplamente utilizado no meio geotécnico, o método de Bishop (1958), considera a superfície de ruptura como sendo circular e que as forças entre as partes são horizontais, (GERSCOVICH, 2012).

As equações 2 e 3 mostram os momentos gerados pelo maciço e, que para sua estabilidade devem estar em equilíbrio, conforme a Figura 1.

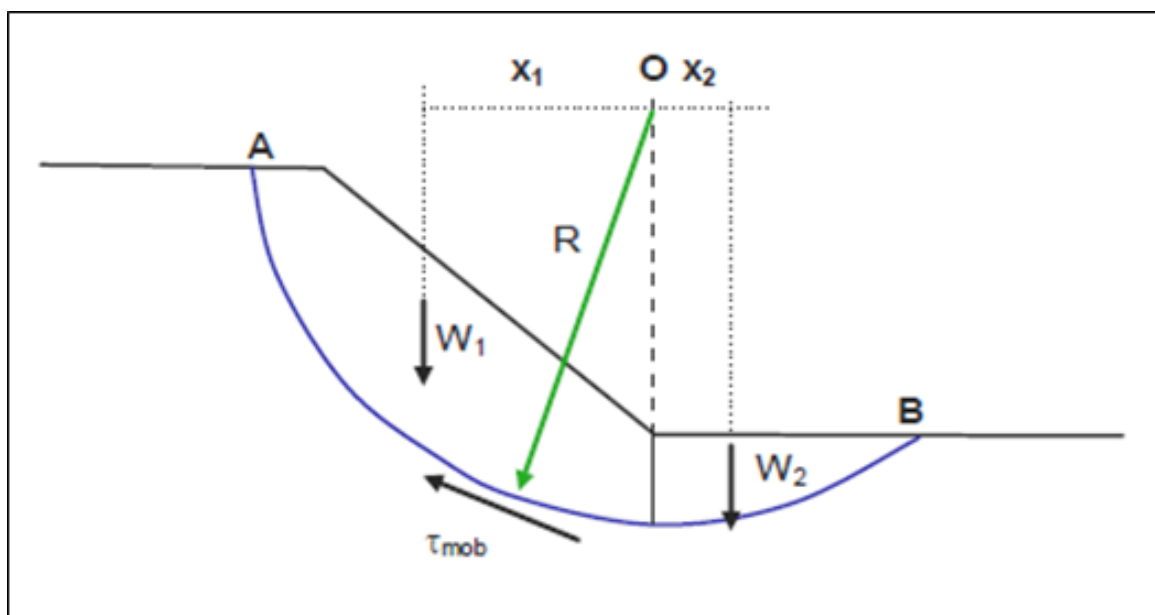


Figura 1 - Geometria do escorregamento de um talude

$$M_{instabilizante} = W_1 x_1 \quad (2)$$

Onde:

- W_1 é a carga exercida por parte do maciço e
- x_1 a distância do centro de massa ao pé do talude.

$$M_{estabilizante} = W_2 x_2 + (\tau_{mob} \overrightarrow{AB}) \times R \quad (3)$$

Onde:

- W_2 é a carga exercida pela parte inferior do maciço;
- x_2 à distância ao centro de massa;
- τ_{mob} tensão cisalhante;
- \overrightarrow{AB} arco do plano de ruptura e
- R o raio.

A Figura 2 demonstra a ruptura de forma circular e as forças atuando em cada fatia de solo.

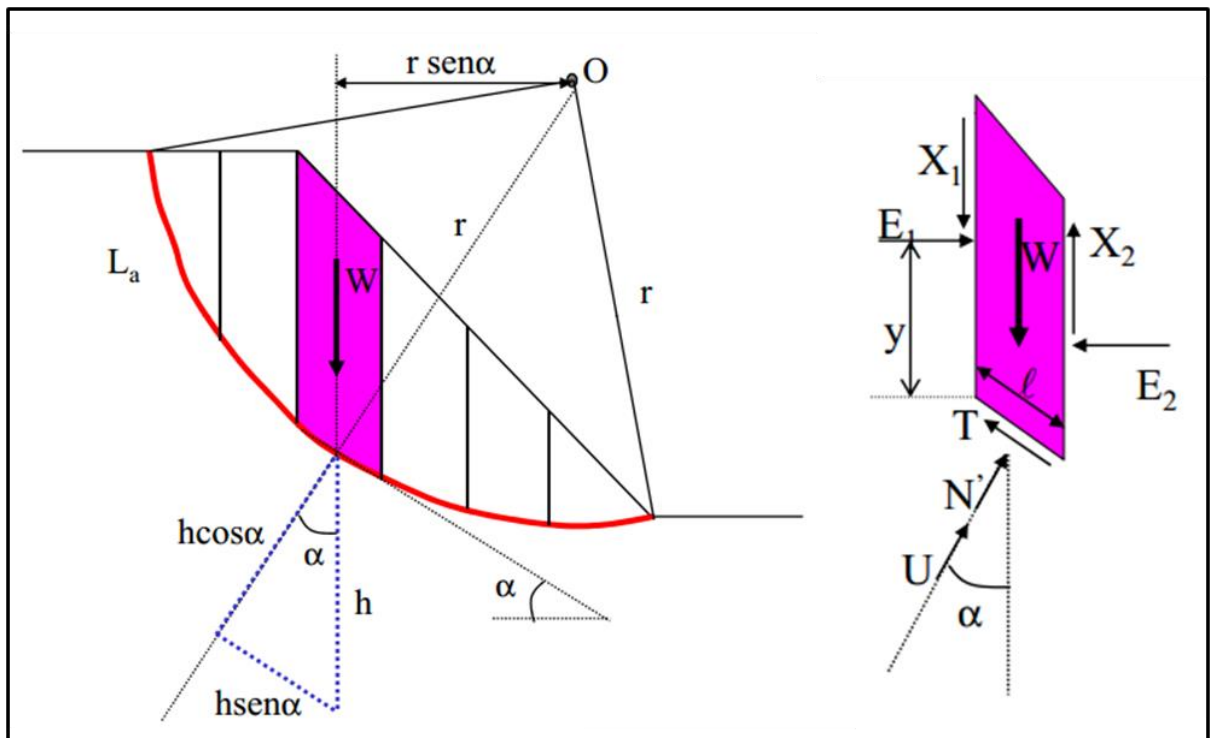


Figura 2 - Forças atuantes nas fatias do maciço

Com o equilíbrio das forças na vertical temos segundo Massad (2010) as equações 4 e 5. Com a substituição na equação 1 é obtido o fator de segurança por meio iterativo, ver equação 6.

$$(N' + U). \cos \alpha + T. \sin \alpha = W \quad (4)$$

Onde :

- N' é a reação da carga do solo efetivo;
- U componente de poropressão;
- T é a força de resistência cisalhante;
- W é a carga da fatia.

$$N' = \frac{W - U. \cos \alpha - \frac{c'. l. \cos \alpha. \tan \alpha}{F}}{\cos \alpha + \frac{\tan \phi'. \sin \alpha}{F}} \quad (5)$$

Onde:

- F é o fator de segurança.

$$F = \frac{\sum \left[c'. l + \frac{W - U. \cos \alpha - \frac{c'. l. \cos \alpha. \tan \alpha}{F}}{\cos \alpha + \frac{\tan \phi'. \sin \alpha}{F}}. \tan \phi' \right]}{\sum (W. \sin \alpha)} \quad (6)$$

Para o cálculo do coeficiente de forma iterativa, deve se proceder da seguinte maneira: admite-se um valor inicial para F_1 e, substitui se na equação 6 e, com isto é obtido um valor F_2 , que é comparado com o primeiro valor do coeficiente de segurança F_1 .

2.2 Método de Janbu Generalizado

O método de Janbu (1957) generalizado considera as forças entre as fatias, tanto a força normal como tangencial e admite uma linha arbitrária para determinar uma relação entre estas, desta maneira satisfaz todas as equações de equilíbrio limite. A massa de solo é subdividida em fatias infinitesimais, e é feito o equilíbrio de forças e de momentos em cada fatia. Usando o equilíbrio de forças horizontais como critério de estabilidade para toda a massa, Janbu definiu o fator de segurança como:

$$FS = \frac{\sum [(c' l + (N - Ul) \tan \phi') \sec \alpha]}{\sum [W - (X_2 - X_1)] \tan \alpha + \sum (E_2 - E_1)} \quad (7)$$

Sendo:

$$N = \frac{1}{m_\alpha} \left[W - (X_2 - X_1) - \frac{1}{FS} (c' l - Ul. \tan \phi') \sin \alpha \right] \quad (8)$$

Onde:

- X_2 e X_1 são as forças de corte entre as fatias;
- E_2 e E_1 são os esforços atuantes sobre a fatia;

- U é a poropressão;
- l é o comprimento da base da fatia;
- α é inclinação da superfície de deslizamento.

2.3 Comentários sobre os métodos de equilíbrio limite

Os métodos de Bishop simplificado e Jambu talvez sejam os mais utilizados na prática. Embora o método de Bishop não satisfaça ao equilíbrio de forças horizontais e o de Jambu não atenda ao equilíbrio de momentos, os fatores de segurança fornecidos por ambos são aceitáveis para os estudos de estabilidade de taludes, Gerscovich (2012).

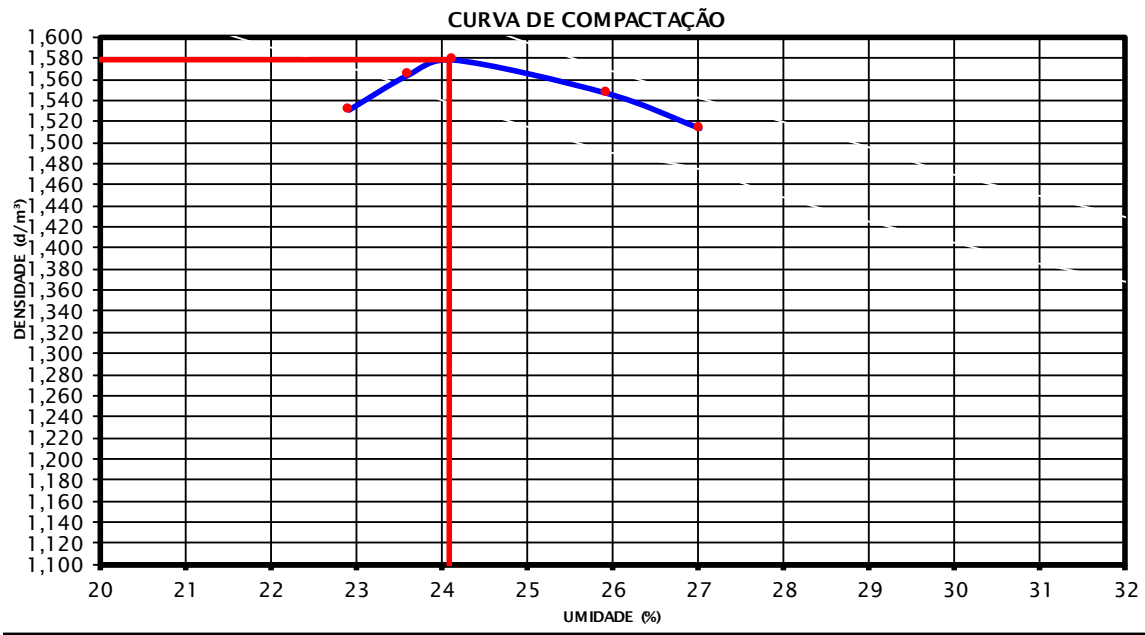
Existem diversas superfícies de ruptura, sendo o fator de segurança de cada uma delas obtido por métodos iterativos até que as condições de contorno sejam satisfeitas. O fator de segurança pretendido é o crítico, assim é prática atual a utilização de programas computacionais, que analisam diversas superfícies de ruptura em um curto espaço de tempo, sendo mais eficiente que o processo manual. Neste estudo foi utilizado o Software Slide da Rocscience.

O software *Slide* possui vários métodos de cálculo, levando em consideração os métodos de Bishop Simplificado, Janbu Simplificado e Janbu Generalizado, Morgenstern e Price dentre outros. Dando a possibilidade de efetuar cálculos com uma grandeza de detalhes, com vários tipos de materiais, efeitos da água sobre o maciço, tipos de estruturas e análises probabilísticas, que geram uma grande confiabilidade no software (ROCSCIENCE, 2013).

Para o dimensionamento é necessário à análise do perfil geotécnico local e a definição da geometria do talude, do peso específico dos materiais, ângulo de atrito interno, intercepto coesivo e nível d'água.

3. DIMENSIONAMENTO DO TALUDE DE ATERRO

Conforme supracitado, o talude de aterro, objeto deste estudo está localizado na estaca 63+0.00 e possui altura de 15 m. O solo a ser utilizado no aterro será retirado de jazida próxima ao local, a Figura 3 apresenta a curva de compactação do solo na energia Normal, fornecida pelo cliente.



DENSIDADE (kg/dm³)	1,578
UMIDADE (%)	24,1

Figura 3 – Curva de compactação, Energia Normal do ensaio Proctor.

O peso específico natural do solo, foi adotado com base nos resultados da Figura 3 e está resumido a seguir:

- Umidade ótima (w_{ot}): 24,1 %
- Peso específico Seco (γ_d): 15,78 kN/m³
- Peso específico (γ): 19,58 kN/m³ - onde: $\gamma = \gamma_d \cdot (1 + w_{ot})$

Para o dimensionamento geotécnico do talude em análise é necessário conhecer os parâmetros de resistência do solo. A resistência do solo ao cisalhamento é determinada pelas características coesivas e friccionais entre as partículas do solo, sendo definida como a tensão máxima cisalhante que o solo pode suportar sem sofrer ruptura (Pinto, 2000). Os principais fatores que influenciam a resistência do solo ao cisalhamento são a distribuição de partículas do solo, a densidade, a estrutura e o teor de água no solo (Lambe and Whitman, 1969). Em solos de textura arenosa, a resistência ao cisalhamento depende basicamente do atrito entre as partículas (ϕ), enquanto em solos argilosos ela depende não só do atrito entre partículas, como também da coesão do solo (c') (Lambe and Whitman, 1969).

Para obtenção dos parâmetros de resistência do solo em estudo, foi realizado no Laboratório dos Materiais e Construção Civil da Universidade Federal de Santa Maria, ensaio de cisalhamento direto. Os resultados estão apresentados em relatório daquela instituição, cujo certificado de ensaio possui o n° 128781.

De forma resumida, o solo foi previamente compactado na energia normal do ensaio Proctor, com umidade ótima e peso específico seco máximo estipulados na Figura 3. Posteriormente o ensaio de cisalhamento foi realizado na condição inundada, resultando nos seguintes parâmetros de resistência:

- Intercepto Coesivo: 12,5 kPa;
- Ângulo de Atrito Interno: 36°.

É observado que foi realizado ensaio em 3 amostras de solo, na condição inundada (crítica) que geraram uma envoltória de resistência do solo. Por fim, salienta-se que os ensaios de SPT realizados pelo consórcio IQS Engenharia & PJJ Malucelli Arquitetura, código PF.02/800.0001/0003/R4, em 27/06/2016, indicam que no sub solo da área em estudo não foi encontrado nível de água.

2.3.1.2 Dimensionamento dos Esforços Estabilizantes e Instabilizantes.

A partir dos parâmetros e dimensões definidos no item anterior foram obtidos os fatores de segurança do talude. A inclinação considerada foi de 1(vertical) x 1,5 (horizontal). Todas as dimensões e parâmetros utilizados no dimensionamento podem ser facilmente visualizados nas Figuras 4 a 7. Para uma melhor apresentação dos resultados, nas figuras foi mostrado apenas o fator de segurança na superfície de ruptura crítica (superfície com menor FS), contudo foram analisadas no programa milhares de superfícies.

As Figuras 4 e 5 apresentam os seguintes fatores de segurança: método de Bishop simplificado, $FS=1,74$; método de Janbu simplificado, $FS=1,64$. Ambos os fatores de segurança são superiores ao fator de segurança admitido como mínimo, $FS_{adm}=1,5$.

Com a finalidade de aumentar a confiabilidade dos resultados, foram aplicados outros condicionantes de projeto. As Figuras 6 e 7, mostram os resultados obtidos com a minoração de 20% dos parâmetros de resistência, ou seja: ângulo de atrito interno = 28,8° e intercepto coesivo = 10 kPa. O peso específico natural foi mantido o mesmo, $\gamma=19,58\text{kN/m}^3$. Mesmo com a minoração de 20% dos valores de ϕ' e c' os fatores de segurança obtidos são superiores a $FS=1,2$. Os seguintes fatores de segurança críticos foram obtidos: método de Bishop simplificado, $FS=1,34$; método de Janbu simplificado, $FS=1,26$.

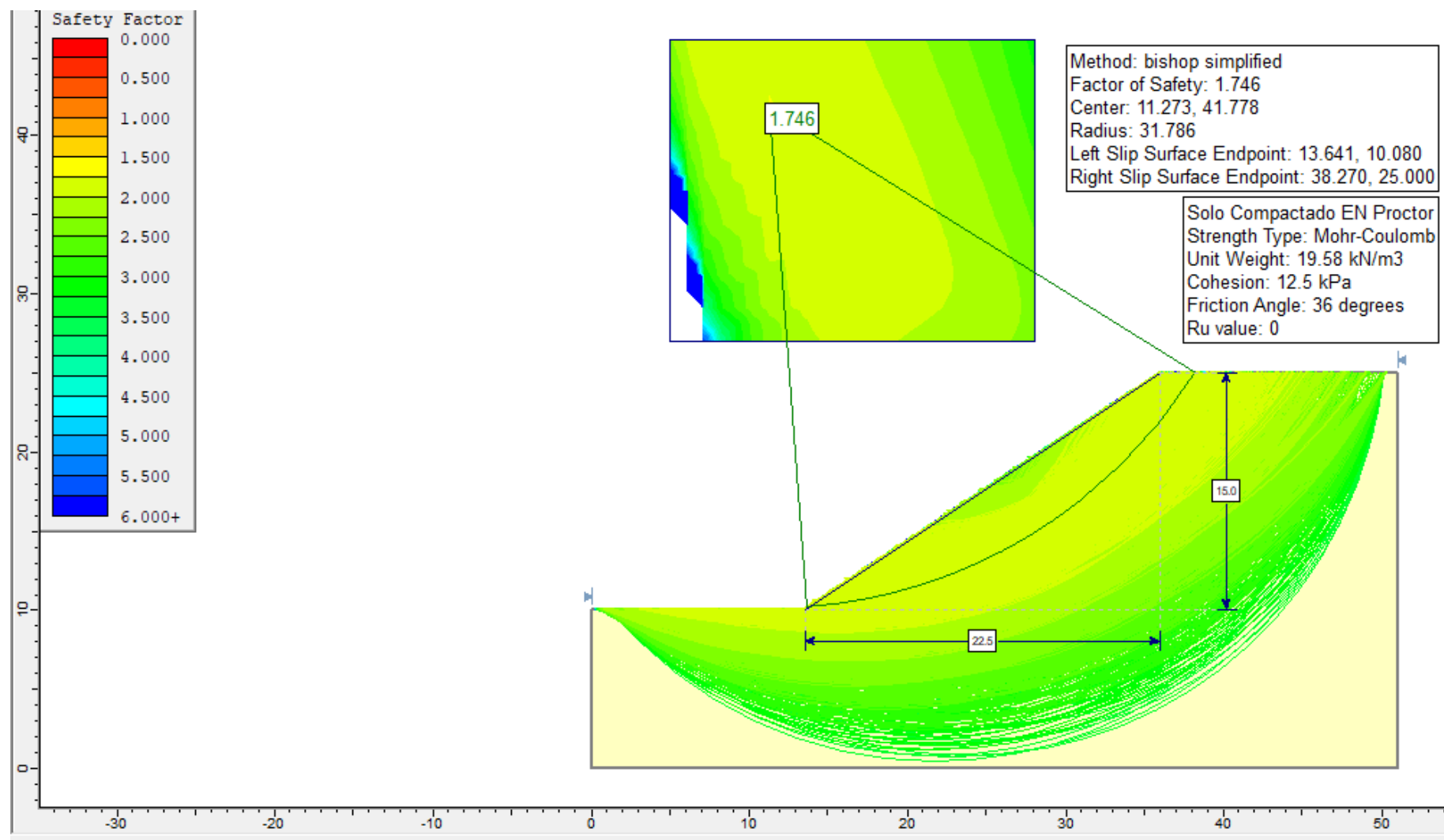


Figura 4 – Fator de segurança crítico pelo método de Bishop simplificado. FS=1,746. Talude com inclinação 1 (vertical) x 1,5 (horizontal).

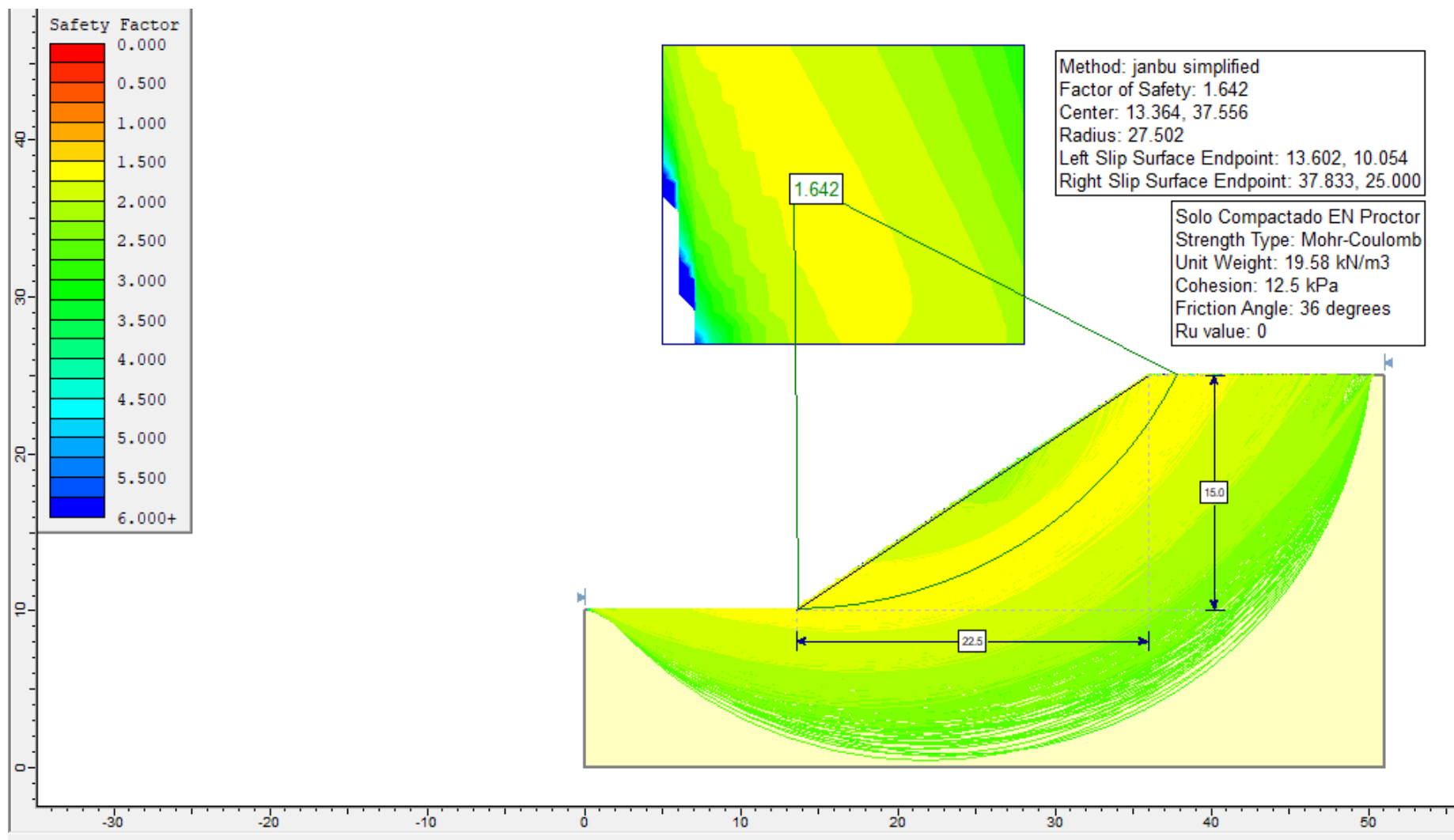


Figura 5 – Fator de segurança crítico pelo método de Janbu simplificado. FS=1,642. Talude com inclinação 1 (vertical) x 1,5 (horizontal).

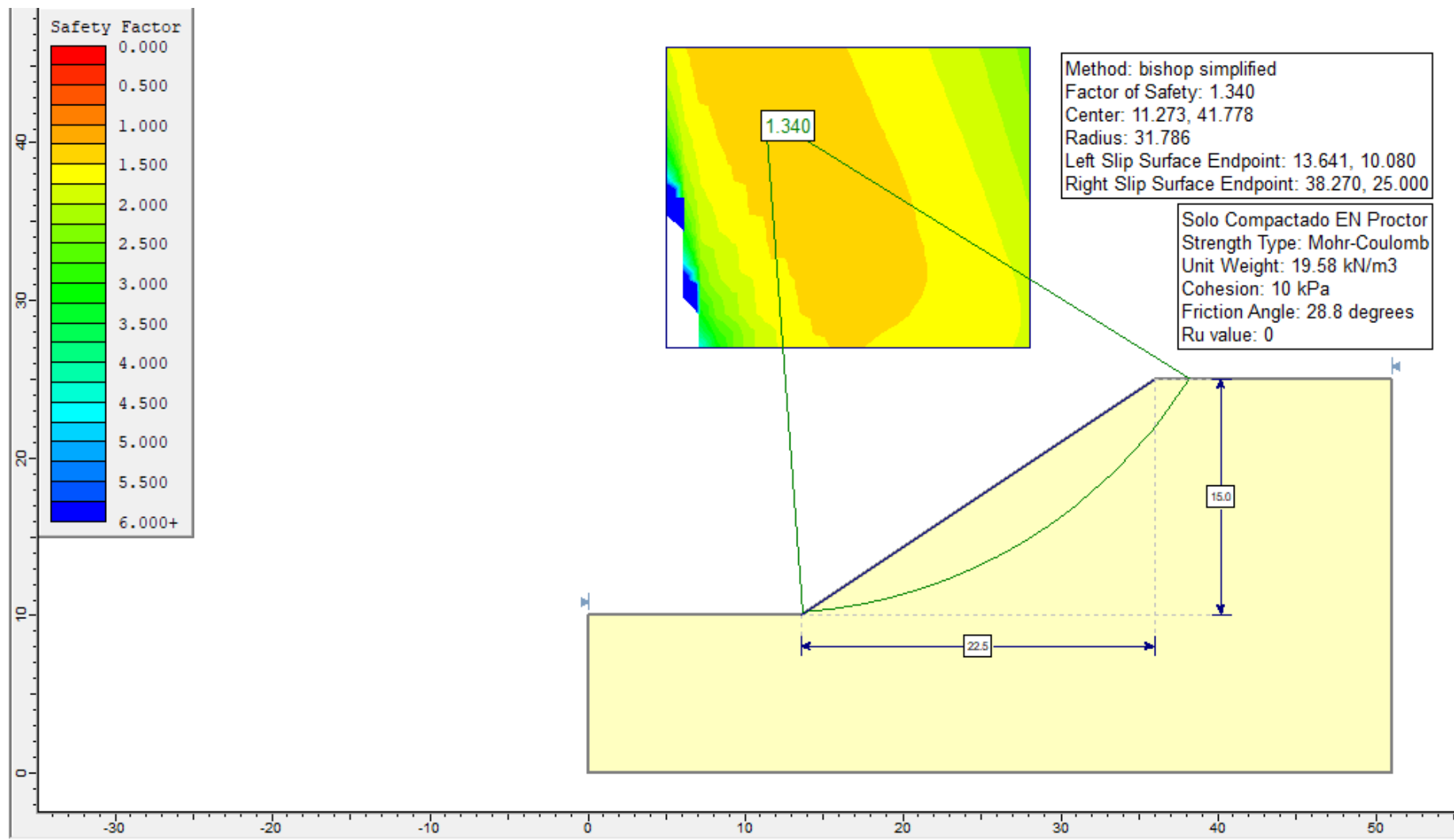


Figura 6 – Fator de segurança crítico pelo método de Bishop simplificado. FS=1,340. Talude com inclinação 1 (vertical) x 1,5 (horizontal).

*Minoração de 20% nos parâmetros de resistência do solo.

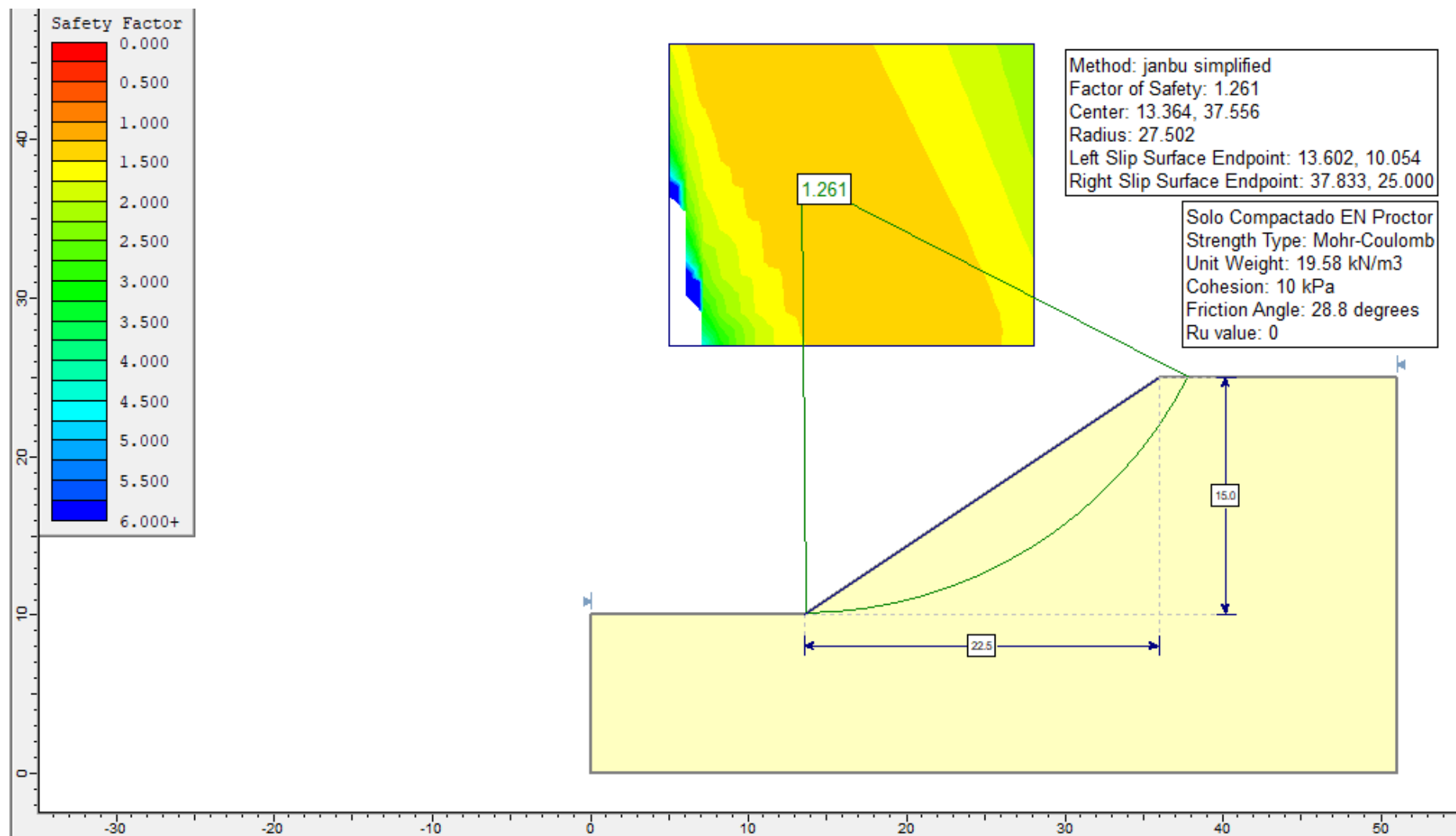


Figura 7 – Fator de segurança crítico pelo método de Janbu simplificado. FS=1,261. Talude com inclinação 1 (vertical) x 1,5 (horizontal).

*Minoração de 20% nos parâmetros de resistência do solo.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos parâmetros de caracterização, densidade e resistência obtidos a partir da realização de ensaios geotécnicos no solo da jazida que será utilizada para execução do aterro, foram realizadas verificações para a obtenção do fator de segurança de um talude de aterro, com 15 m de altura e inclinação de 1(vertical) x 1,5 (horizontal).

Os fatores de segurança obtidos são superiores aos mínimos exigidos para obras com alto nível de segurança contra danos materiais e ambientais, ($FS > 1,5$). Considerando a possível variabilidade estatística da resistência do solo, foi verificado o fator de segurança com a minoração de 20% do ângulo de atrito interno do solo e do intercepto coesivo, sendo obtido o FS mínimo de 1,26. Fator de segurança esse superior a $FS = 1,2$, valor mínimo exigido para obras com baixo nível de segurança contra danos materiais e ambientais, classificação do talude em estudo.

Os estudos apresentados são válidos para os parâmetros de resistência obtidos para o solo natural compactado na umidade ótima e energia normal do ensaio Proctor. É fortemente recomendado que durante a execução do aterro, sejam realizados ensaios para verificação da qualidade de compactação, sendo exigido Grau de Compactação mínimo de 95% em relação a densidade seca máxima obtida nos ensaios de laboratório.



Eng. Civil Magnos Baroni, DSc

Referências Bibliográficas

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 11682:2009. Estabilidade de encostas
- GERSCOVICH, Denise M. S. Estabilidade de Taludes. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.
- LAMBE, T. W.; WHITMAN, R. V. Soil Mechanics. New York: J. Wiley, 1969
- MASSAD, Façal. Obras de Terra: Curso Básico de Geotecnia. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.
- PINTO, Carlos de Souza. Curso Básico de Mecânica dos Solos, em 16 Aulas. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.
- ROCSCIENCE. Slide. 2013. Disponível em: <http://www.rocscience.com/products/8/Slide>.

ÁREA DE ENSAIOS – SOLOS**CERTIFICADO DE ENSAIO Nº 128781****Amostra nº:** 039/20**Data de entrada:** Abril / 2020**Interessado:** TRAÇADO Construções e Serviço Ltda.**Referência:** Ensaios de avaliação**Material declarado:** Amostra de solo**Objetivo:** Ensaio de Cisalhamento Direto**1. INTRODUÇÃO**

Este certificado apresenta os resultados de ensaios de Cisalhamento Direto, referentes a uma amostra de solo entregue no LMCC e declarado como procedente do Aeroporto Regional De Passo Fundo/RS - Lauro Kortz. O solo foi recebido de maneira deformada e, por solicitação do interessado os corpos de prova submetidos ao ensaio de cisalhamento direto, foram previamente moldados na energia normal do ensaio Proctor, com umidade ótima e peso específico seco máximo fornecidos pelo cliente.

2. MÉTODOS DE ENSAIO E DOCUMENTOS REFERENCIADOS

ASTM D3080:2011 Standard test method for direct shear test of soils under consolidated drained conditions

3. RESULTADOS*Ensaio de Cisalhamento Direto:*

O ensaio de cisalhamento direto foi realizado segundo procedimentos internos do LMCC, baseados nas recomendações da ASTM.

A envoltória de ruptura foi determinada através de ensaios em 3 corpos de prova, ensaiados a tensões verticais crescentes de 25 kPa, 50 kPa e 150 kPa na condição inundada.

Os corpos de prova foram compactados na energia normal do ensaio Proctor, na umidade ótima (24,1%) e massa específica aparente seca (1,578g/cm³) informadas pelo interessado. As três amostras submetidas ao ensaio de cisalhamento direto, foram ensaiadas até o rompimento do solo, caracterizado pela estabilização das deformações



verticais originadas pelas tensões normais aplicadas, com velocidade de 1,21mm/min (Ensaio tipo rápido).

A Tabela 1 apresenta os resultados dos ensaios de cisalhamento direto (resumo dos parâmetros c e ϕ).

Tabela 1 – Resultados do ensaio de Cisalhamento Direto – baseados nas recomendações da ASTM D3080:2011

Amostra	Coesão (kPa)	Ângulo de Atrito Interno (°)
AM 01	12,25	36,0

Obs.: Em anexo fichas e gráficos dos ensaios.

Santa Maria, 07 de maio de 2020.

Prof. Dr. Engº Magnos Baroni
Laboratório de Materiais de Construção Civil
Assessor Técnico

M. Engº Mauro L. Just
Laboratório de Materiais de Construção Civil - LMCC
Diretor



ANEXO 1 – RESULTADOS DOS ENSAIOS DE CISALHAMENTO DIRETO


Certificado de ensaio nº 128781
Interessado: TRAÇADO Construções e Serviço Ltda

Amostra: AM 01

Procedência: PI 01 - Aeroporto de Passo Fundo

Tensão Vertical (kPa): 25

Umidade:	
S+T+A (g):	64,20
S+T (g):	54,5
T (g):	14,5
w (%):	24,3

K mola:	0,1626545
L.Inic.Vert.:	0

Corpo de Prova	
Anel n.:	20
Peso do anel:	41,7 g
P (C+Anel):	131,1 g
Altura inicial:	1,991 cm
Lado:	5,057 cm
Área:	25,57325 cm ²
Volume:	50,91634 cm ³
P.E.Real Gr.:	g/cm ³
P.Esp.Nat.:	1,755 g/cm ³
P.E.Ap.Seco:	1,41 g/cm ³
e:	
S:	(%)

Extensômetro			E(%)	VV/Vo	Fh (kgf)	Tc (kPa)
Leit. Horiz	Leit. Vert.	Leit. Mola				
0	0	0	0		0	0
10	-1	12	0,2	-0,05	1,952	7,6
20	-2	23	0,4	-0,1	3,741	14,6
30	-3	26	0,6	-0,151	4,229	16,5
40	-4	29	0,8	-0,201	4,717	18,4
50	-4	29	1	-0,201	4,717	18,4
60	-4	30	1,2	-0,201	4,88	19,1
70	-4	31	1,4	-0,201	5,042	19,7
80	-4	32	1,6	-0,201	5,205	20,4
90	-4	33	1,8	-0,201	5,368	21
100	-4	34	2	-0,201	5,53	21,6
120	-3	36	2,4	-0,151	5,856	22,9
140	-2	39	2,8	-0,1	6,344	24,8
160	-1	40	3,2	-0,05	6,506	25,4
180	1	41	3,6	0,05	6,669	26,1
200	4	41	4	0,201	6,669	26,1
220	8	36	4,4	0,402	5,856	22,9
240	9	32	4,8	0,452	5,205	20,4
260	10	28	5,2	0,502	4,554	17,8
280	11	26	5,6	0,552	4,229	16,5
300	11	25	6	0,552	4,066	15,9
340	12	24	6,8	0,603	3,904	15,3
380	12	22	7,6	0,603	3,578	14
420	12	22	8,4	0,603	3,578	14
460	12	21	9,2	0,603	3,416	13,4
500	12	21	10	0,603	3,416	13,4
550	12	21	11	0,603	3,416	13,4
600	11	21	12	0,552	3,416	13,4
650	10	21	13	0,502	3,416	13,4
700	10	21	14	0,502	3,416	13,4
750	9	21	15	0,452	3,416	13,4
800	8	21	16	0,402	3,416	13,4
850	7	21	17	0,352	3,416	13,4
900	6	21	18	0,301	3,416	13,4
950	4	20	19	0,201	3,253	12,7
1000	2	20	20	0,1	3,253	12,7

Tensão Cisalhante de Ruptura: 26,1



Ensaio de Cisalhamento Direto

Interessado: TRAÇADO Construções e Serviço Ltda

Amostra: AM 01

Procedência: PI 01 - Aeroporto de Passo Fundo

Tensão Vertical (kPa): 50

Umidade:	
S+T+A (g):	59,00
S+T (g):	49,9
T (g):	12,5
w (%):	24,3

K mola:	0,1626545
L.Inic.Vert.:	0

Corpo de Prova	
Anel n.:	4
Peso do anel:	62,0 g
P (C+Anel):	163,1 g
Altura inicial:	2,083 cm
Lado:	5,052 cm
Área:	25,5227 cm ²
Volume:	53,1638 cm ³
P.E.Real Gr.:	g/cm ³
P.Esp.Nat.:	1,902 g/cm ³
P.E.Ap.Seco:	1,53 g/cm ³
e:	
S:	(%)

Extensômetro						
Leit. Horiz	Leit. Vert.	Leit. Mola	E(%)	VV/Vo	Fh (kgf)	Tc (kPa)
0	0	0	0		0	0
10	-1	22	0,2	-0,048	3,578	14,0
20	-2	34	0,4	-0,096	5,53	21,7
30	-3	45	0,6	-0,144	7,319	28,7
40	-4	53	0,8	-0,192	8,621	33,8
50	-4	62	1	-0,192	10,085	39,5
60	-5	68	1,2	-0,24	11,061	43,3
70	-6	75	1,4	-0,288	12,199	47,8
80	-6	80	1,6	-0,288	13,012	51
90	-6	85	1,8	-0,288	13,826	54,2
100	-6	86	2	-0,288	13,988	54,8
120	-5	86	2,4	-0,24	13,988	54,8
140	-4	84	2,8	-0,192	13,663	53,5
160	-3	80	3,2	-0,144	13,012	51
180	-1	75	3,6	-0,048	12,199	47,8
200	0	69	4		11,223	44
220	2	63	4,4	0,096	10,247	40,1
240	3	60	4,8	0,144	9,759	38,2
260	4	55	5,2	0,192	8,946	35,1
280	5	54	5,6	0,24	8,783	34,4
300	6	52	6	0,288	8,458	33,1
340	6	45	6,8	0,288	7,319	28,7
380	6	43	7,6	0,288	6,994	27,4
420	5	41	8,4	0,24	6,669	26,1
460	4	42	9,2	0,192	6,831	26,8
500	3	43	10	0,144	6,994	27,4
550	1	43	11	0,048	6,994	27,4
600	-2	43	12	-0,096	6,994	27,4
650	-3	42	13	-0,144	6,831	26,8
700	-5	42	14	-0,24	6,831	26,8
750	-8	42	15	-0,384	6,831	26,8
800	-10	42	16	-0,48	6,831	26,8
850	-12	42	17	-0,576	6,831	26,8
900	-15	42	18	-0,72	6,831	26,8
950	-18	41	19	-0,864	6,669	26,1
1000	-21	40	20	-1,008	6,506	25,5
Tensão Cisalhante de Ruptura:						54,8



Ensaio de Cisalhamento Direto

Interessado: TRAÇADO Construções e Serviço Ltda

Amostra: AM 01

Procedência: PI 01 - Aeroporto de Passo Fundo

Tensão Vertical (kPa): 150

Umidade:	
S+T+A (g):	44,60
S+T (g):	38,5
T (g):	13,5
w (%):	24,4

K mola:	0,1626545
L.Inic.Vert.:	0

Corpo de Prova	
Anel n.:	54
Peso do anel:	38,1 g
P (C+Anel):	140,1 g
Altura inicial:	2,108 cm
Lado:	5,067 cm
Área:	25,6745 cm ²
Volume:	54,1218 cm ³
P.E.Real Gr.:	g/cm ³
P.Esp.Nat.:	1,885 g/cm ³
P.E.Ap.Seco:	1,52 g/cm ³
e:	
S:	(%)

Extensômetro			E(%)	VV/Vo	Fh (kgf)	Tc (kPa)
Leit. Horiz	Leit. Vert.	Leit. Mola				
0	0	0	0		0	0
10	-1	35	0,2	-0,047	5,693	22,2
20	-2	62	0,4	-0,095	10,085	39,3
30	-3	83	0,6	-0,142	13,5	52,6
40	-4	100	0,8	-0,19	16,265	63,4
50	-6	114	1	-0,285	18,543	72,2
60	-8	123	1,2	-0,38	20,007	77,9
70	-10	131	1,4	-0,474	21,308	83,0
80	-12	140	1,6	-0,569	22,772	88,7
90	-14	143	1,8	-0,664	23,26	90,6
100	-16	154	2	-0,759	25,049	97,6
120	-19	165	2,4	-0,901	26,838	104,5
140	-22	172	2,8	-1,044	27,977	109
160	-25	178	3,2	-1,186	28,953	112,8
180	-28	183	3,6	-1,328	29,766	115,9
200	-31	188	4	-1,471	30,579	119,1
220	-34	191	4,4	-1,613	31,067	121
240	-36	192	4,8	-1,708	31,23	121,6
260	-38	191	5,2	-1,803	31,067	121
280	-39	187	5,6	-1,85	30,416	118,5
300	-41	182	6	-1,945	29,603	115,3
340	-43	172	6,8	-2,04	27,977	109
380	-45	165	7,6	-2,135	26,838	104,5
420	-47	162	8,4	-2,23	26,35	102,6
460	-49	159	9,2	-2,324	25,862	100,7
500	-51	152	10	-2,419	24,723	96,3
550	-55	154	11	-2,609	25,049	97,6
600	-59	154	12	-2,799	25,049	97,6
650	-63	154	13	-2,989	25,049	97,6
700	-66	153	14	-3,131	24,886	96,9
750	-70	152	15	-3,321	24,723	96,3
800	-73	152	16	-3,463	24,723	96,3
850	-77	149	17	-3,653	24,236	94,4
900	-81	148	18	-3,843	24,073	93,8
950	-84	146	19	-3,985	23,748	92,5
1000	-89	145	20	-4,222	23,585	91,9
Tensão Cisalhante de Ruptura:						121,6

