

Relatório de Estabilidade de Taludes – Bacia de Drenagem – Túnel de Taguatinga

BRASÍLIA – DF

OUTUBRO – 2022

RELAÇÃO DE FIGURAS

Figura 1: Área da bacia de drenagem – Túnel de Taguatinga.	6
Figura 2: Planta da bacia de drenagem e curvas de nível utilizadas	7
Figura 3: Superfície do terreno natural da bacia.....	8
Figura 4: Cortes do fundo da bacia até a superfície do terreno natural.	8
Figura 5: Cortes A e B.	9
Figura 6: Exemplo de divisão de lamelas do talude.	17
Figura 7: Resultado da análise no corte A - Seca.....	18
Figura 8: Resultado da análise no corte B - Seca.....	18
Figura 9: Resultado da análise no corte A - Cheia.	19
Figura 10: Resultado da análise no corte B - Cheia.	19

RELAÇÃO DE TABELAS

Tabela 1: Critérios utilizados para definição dos cortes.....	9
Tabela 2: Peso específico de solos argilosos - correlações empíricas - uso limitado a estudos preliminares (Godoy, 1972).....	10
Tabela 3: Peso específico de solos arenosos - correlações empíricas - uso limitado a estudos preliminares (Godoy, 1972).....	10
Tabela 4: Avaliação dos Parâmetros de Resistência e de deformabilidade em Função do SPT - correlações empíricas - uso limitado a estudos preliminares (adaptado Marangon, 2018) ...	11
Tabela 5: Parâmetros de solo utilizados.....	12
Tabela 6: Fatores de segurança mínimos baseados na NBR 11682/2009.	13
Tabela 7: Nível de segurança desejado contra a perda de vidas humanas.	13
Tabela 8: Nivel de segurança desejado contra danos materiais e ambientais.	14
Tabela 9: Resumo dos fatores de segurança obtidos nas análises	20

SUMÁRIO

1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO	5
2	METODOLOGIA UTILIZADA	7
2.1	Definição dos Cortes	7
2.2	Parâmetros do Solo	9
2.3	Definição do Fator de Segurança	13
2.4	Embasamento Teórico	14
3	RESULTADOS	17
3.1	Resultados das Lagoas Secas	17
3.2	Resultados das Lagoas Cheias	19
3.3	Resumo das Análises	20
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	22
5	REFERÊNCIAS	23

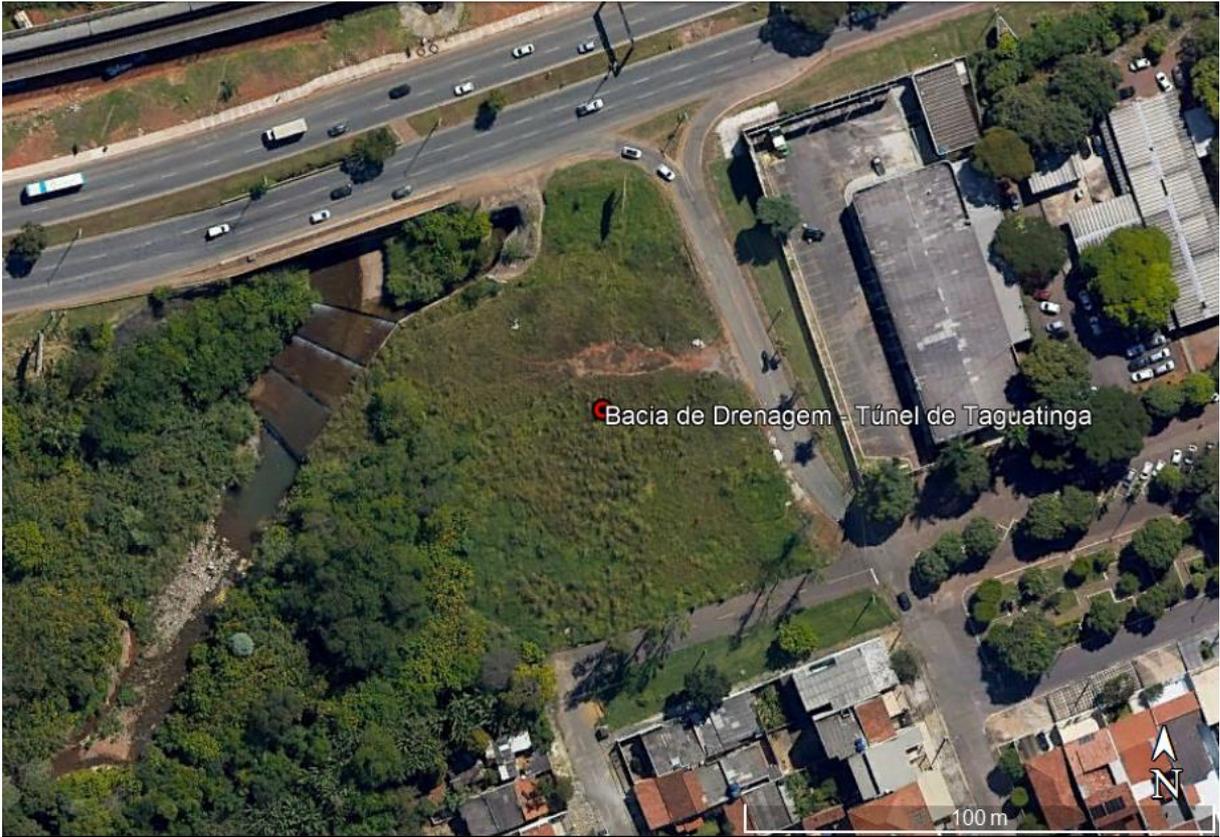


Figura 1: Área da bacia de drenagem – Túnel de Taguatinga.

2 METODOLOGIA UTILIZADA

A seguir serão expostos os pressupostos utilizados para a modelagem e realização das análises de cada uma das situações estudadas.

O projeto de drenagem da região prevê a realização de uma bacia de drenagem. Para esta bacia foram identificadas as situações mais desfavoráveis para a realização de sua modelagem e verificação do seu fator de segurança por meio de análise computacional. Desta forma, foi buscado identificar os cortes com maiores taludes, maiores áreas de corte e maiores áreas de aterro.

2.1 Definição dos Cortes

O primeiro passo para a definição dos cortes é a modelagem do terreno natural. Para isso, foram utilizadas as curvas de nível utilizadas no projeto de drenagem do parcelamento. Com as curvas de nível e com o auxílio do *software* AutoCAD Civil 3D foi possível modelar a superfície do terreno natural onde se encontram as lagoas. A Figura 2 ilustra o resultado da superfície criada para a bacia de drenagem.

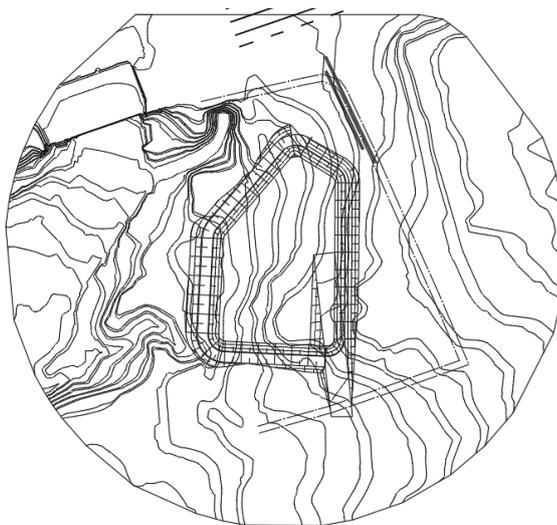


Figura 2: Planta da bacia de drenagem e curvas de nível utilizadas

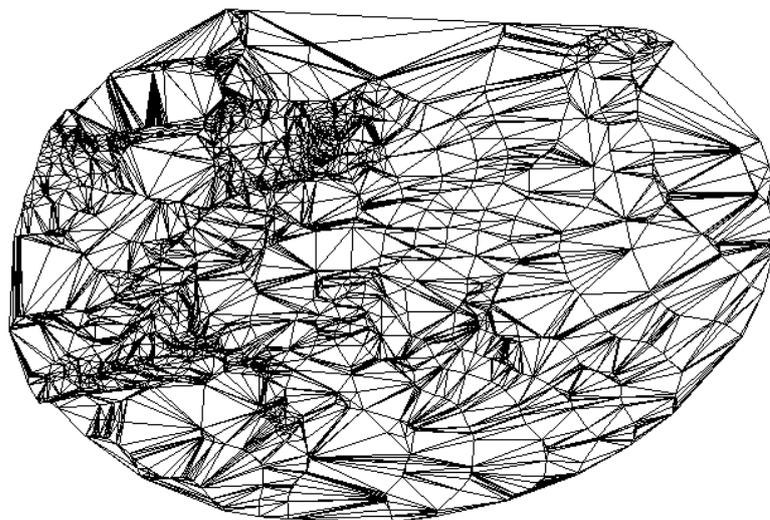


Figura 3: Superfície do terreno natural da bacia.

Com os resultados da superfície do terreno natural, é possível definir as cotas de fundo das lagoas e determinar as áreas de corte e aterro das bacias. Podemos observar na Figura 4 a modelagem das áreas de corte até a superfície do terreno da bacia de drenagem.

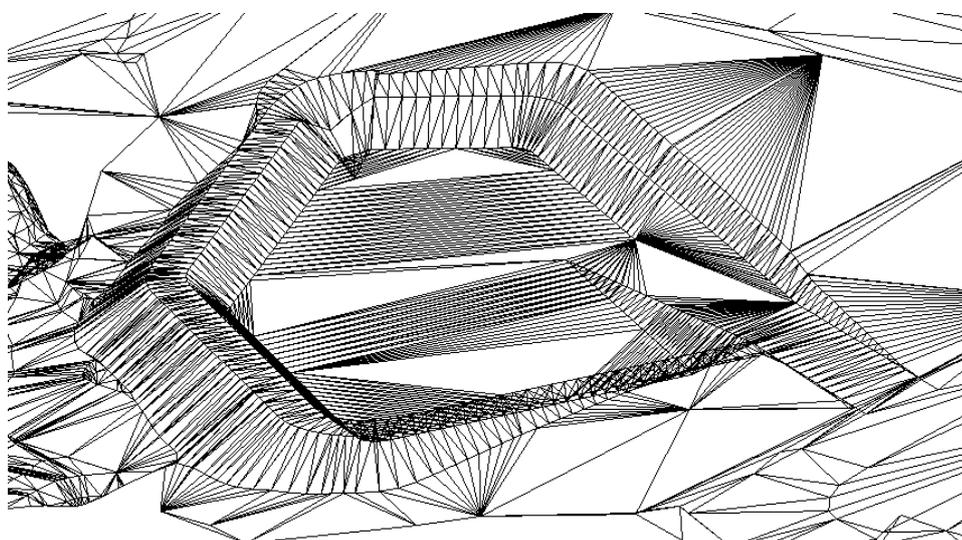


Figura 4: Cortes do fundo da bacia até a superfície do terreno natural.

Com base nos resultados observados das áreas onde deverão ser realizados cortes e aterros, é possível definir os cortes onde serão definidos os perfis dos terrenos a serem estudados. Como resultado desta etapa, foram obtidos os cortes de cada bacia observados a seguir. Na Tabela 1 foram descritos os critérios para a definição de cada um dos cortes.

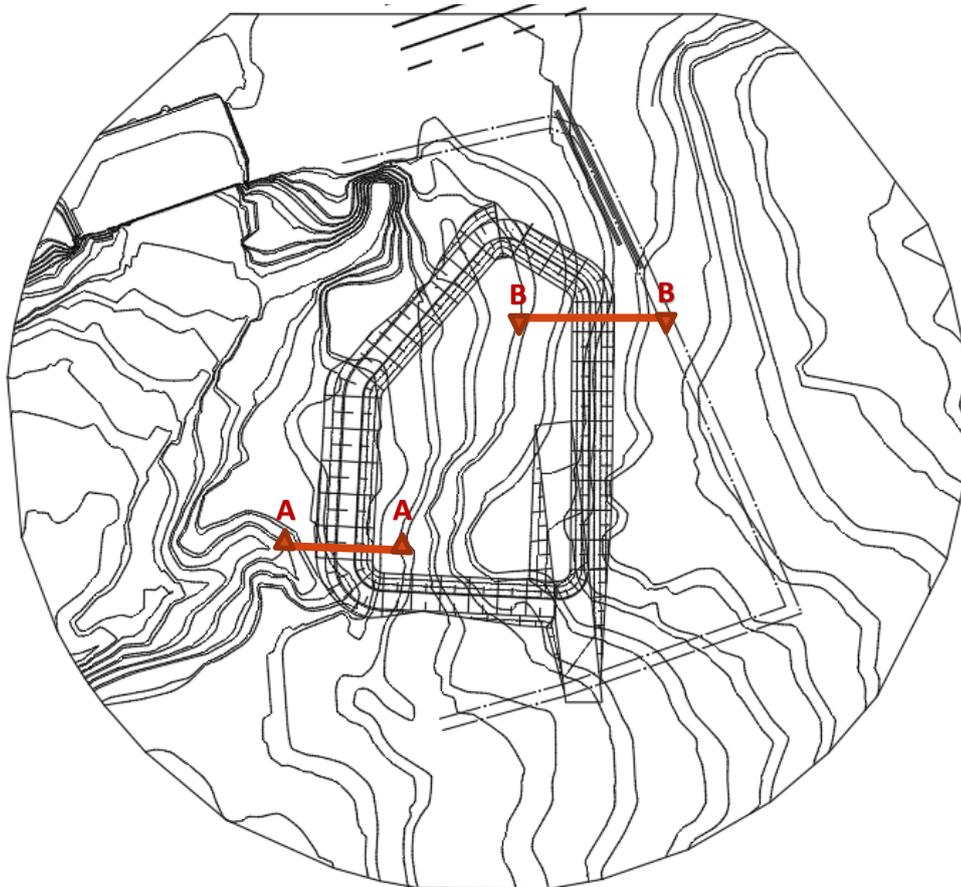


Figura 5: Cortes A e B.

Tabela 1: Critérios utilizados para definição dos cortes.

Corte	Critério Utilizado
A	Maior área de aterro das bacias
B	Maior área de corte das bacias

2.2 Parâmetros do Solo

Para a definição dos parâmetros do solo, foram utilizados os resultados das sondagens e ensaios realizados na etapa de estudos geotécnicos do terreno.

Para as análises realizadas foi utilizado o modelo constitutivo de Mohr-Coulomb para o material do terreno. Desta forma, os ensaios devem fornecer os parâmetros de entrada de coesão (c), ângulo de atrito interno (ϕ) e peso específico.

Para a obtenção dos parâmetros de coesão e ângulo de atrito foram utilizados os resultados dos ensaios de cisalhamento direto para as camadas até a profundidade da amostra ensaiada, para as demais camadas foram utilizadas correlações adotadas na bibliografia.

Os parâmetros de peso específico do solo foram obtidos por meio dos ensaios de cisalhamento direto e adensamento para os trechos em corte até as profundidades ensaiadas e por meio dos ensaios de compactação para os trechos em aterro. Para as demais camadas, foram utilizadas correlações adotadas na bibliografia, conforme tabelas e equações a seguir.

- Peso específico do solo (γ): Godoy (1972) (Tabela 2 e Tabela 3);

Tabela 2: Peso específico de solos argilosos - correlações empíricas - uso limitado a estudos preliminares (Godoy, 1972).

N _{SPT}	Consistência	Peso específico - γ (kN/m ³)
≤ 2	Muito mole	13
3 – 5	Mole	15
6 – 10	Média	17
11 – 19	Rija	19
≥ 20	Dura	21

Tabela 3: Peso específico de solos arenosos - correlações empíricas - uso limitado a estudos preliminares (Godoy, 1972).

N _{SPT}	Consistência	Peso específico - γ (kN/m ³)		
		Areia seca	Areia úmida	Areia saturada
< 5	Fofa	16	18	19
5 – 8	Pouco compacta			
9 – 18	Medianamente compacta	17	19	20
19 – 40	Compacta	18	20	21
> 40	Muito compacta			

- Ângulo de atrito (ϕ): Teixeira (1996);

$$\phi = \sqrt{20N_{SPT}} + 15^\circ \quad (1)$$

- Coesão (c): Berberian (2015);

$$c = \frac{N_{SPT}}{0,35} \quad (2)$$

Os valores tomados com referência servem para balizar as estimativas feitas e permitem verificar se estão em conformidade com o esperado para cada solo.

Tabela 4: Avaliação dos Parâmetros de Resistência e de deformabilidade em Função do SPT - correlações empíricas - uso limitado a estudos preliminares (adaptado Marangon, 2018)

Areias e solos arenosos					
Compacidade	Peso específico - γ (kN/m ³)	Coesão - c (kPa)	Ângulo de atrito - ϕ (°)	Módulo de elasticidade - E (kPa)	Coefficiente de Poisson - ν
Fofa	16	0	25 – 30	1000 – 5000	0,3 – 0,4
Pouco compacta	18	0	30 – 35	5000 – 14000	
Medianamente compacta	19	0	35 – 40	14000 – 40000	
Compacta	20	0	40 – 45	40000 – 70000	
Muito compacta	> 20	0	> 45	> 70000	
Argilas e solos argilosos					
Consistência	Peso específico - γ (kN/m ³)	Coesão - c (kPa)	Ângulo de atrito - ϕ (°)	Módulo de elasticidade - E (kPa)	Coefficiente de Poisson - ν
Muito mole	13	0 – 12	0	300 – 1200	0,4 – 0,5
Mole	15	12 – 25	0	1200 – 2800	
Média	17	25 – 50	0	2800 – 5000	
Rija	19	50 – 150	0	5000 – 15000	
Dura	21	> 150	0	> 15000	

Em síntese, na Tabela 5 apresentam-se os parâmetros do solo utilizados nas análises.

Tabela 5: Parâmetros de solo utilizados.

Análise	Horizonte	Tipo de solo	NSPT	Ângulo de atrito (Teixeira, 1996)	Coesão (kPa)	Peso específico (kN/m ³)
Corte A	1	Argila arenosa, Vermelha (Aterro)	Amostra Ind.	29,0°	21	12
	2	Argila siltosa, Variegada	2	21,0°	5	12
Corte B	1	Argila arenosa, Vermelha (Aterro)	Amostra Ind.	29,0°	21	12
	2	Argila siltosa, Variegada	2	21,0°	5	12

2.3 Definição do Fator de Segurança

Em termos de estabilidade, enfatiza-se que a NBR 11682/2009 adota os fatores de segurança da Tabela 6 como necessários e suficientes em termos de estabilidade de um maciço de terra que teve seus parâmetros adequadamente determinados nos ensaios de campo e laboratório.

Tabela 6: Fatores de segurança mínimos baseados na NBR 11682/2009.

Níveis de segurança contra danos materiais e ambientais	Nível de segurança contra danos a vidas humanas		
	Alto	Médio	Baixo
Alto	1,5	1,5	1,4
Médio	1,5	1,4	1,3
Baixo	1,4	1,3	1,2

Para a determinação do nível de segurança contra danos materiais e ambientais e contra danos a vidas humanas, utilizam-se as Tabelas 7 e 8, extraídas da mesma norma.

Tabela 7: Nível de segurança desejado contra a perda de vidas humanas.

Nível de segurança	Critérios
Alto	Áreas com intensa movimentação e permanência de pessoas, como edificações públicas, residenciais ou industriais, estádios, praças e demais locais, urbanos ou não, com possibilidade de elevada concentração de pessoas. Ferrovias e rodovias de tráfego intenso.
Médio	Áreas e edificações com movimentação e permanência restrita de pessoas Ferrovias e rodovias de tráfego moderado
Baixo	Áreas e edificações com movimentação e permanência eventual de pessoas

	Ferrovias e rodovias de tráfego reduzido.
--	---

Tabela 8: Nivel de segurança desejado contra danos materiais e ambientais.

Nível de segurança	Critérios
Alto	Danos materiais: Locais próximos a propriedades de alto valor histórico, social ou patrimonial, obras de grande porte e áreas que afetem serviços essenciais Danos ambientais: Locais sujeitos a acidentes ambientais graves, tais como nas proximidades de oleodutos, barragens de rejeito e fábricas de produtos tóxicos
Médio	Danos materiais: Locais próximos a propriedades de valor moderado Danos materiais: Locais sujeitos a acidentes ambientais moderados
Baixo	Danos materiais: Locais próximos a propriedades de valor reduzido Danos ambientais: Locais sujeitos a acidentes ambientais reduzidos

Para o estudo em questão, tanto o nível de segurança contra danos materiais e ambientais quanto o nível de segurança para danos a vidas humanas para a obra em análise foram considerados altos. Portanto, o fator de segurança mínimo contra deslizamentos considerado foi de 1,5.

2.4 Embasamento Teórico

O método mais abrangente para determinação do equilíbrio limite foi desenvolvido por Morgenstein e Price em 1965, posteriormente aprimorado por Morgenstern. Possibilita a avaliação de superfícies não circulares, caso em questão, e é considerado pela literatura um método rigoroso.

Seja o esquema abaixo para uma fatia infinitesimal considerada:

De maneira a tornar o equilíbrio estaticamente determinado, é preciso que a relação entre E e T seja dada por uma função:

$$F(x) = T / (l \times E)$$

Onde l é um parâmetro determinado a partir da solução. F(x) é uma função acrescida à solução de estabilidade para contemplar rupturas não circulares e/ou na presença de estratificações. Quando F(x) = 0, a solução é idêntica a de Bishop. Quando f(x) = K (constante) a solução é idêntica ao método de Spencer.

Retornando à fatia infinitesimal, o equilíbrio de momentos com relação a base (quando dx tende a zero) é dado por:

$$-T = \frac{d\{E(y - y_t)\}}{dx} - E \frac{dy}{dx} + \frac{d\{P_w(y - h)\}}{dx} - P_w \frac{dy}{dx}$$

Onde são definidas as funções:

- Y(x) representando a superfície de ruptura;
- Z(x) a superfície do talude;
- H(x) a linha de poropressão e;
- Yt(x) a linha de ação da tensão efetiva normal.

Em se tratando de materiais que respondem à lei de Morh-Coulomb, o equilíbrio pode ser desdobrado na equação abaixo:

$$\frac{dE}{dx} \left\{ 1 - \frac{\tan \phi'}{FS} \frac{dy}{dx} \right\} + \frac{dT}{dx} \left\{ \frac{\tan \phi'}{FS} + \frac{dy}{dx} \right\} =$$

$$\frac{c'}{FS} \left\{ 1 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 \right\} + \frac{dP_w}{dx} \left\{ \frac{\tan \phi'}{FS} \cdot \frac{dy}{dx} - 1 \right\} + \frac{dW}{dx} \left\{ \frac{\tan \phi'}{FS} + \frac{dy}{dx} \right\} - P_u \left\{ 1 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 \right\} \frac{\tan \phi'}{FS}$$

$$\Rightarrow \frac{dE}{dx} \left\{ 1 - \frac{\tan \phi'}{FS} \frac{dy}{dx} \right\} + \lambda f \left\{ \frac{\tan \phi'}{FS} + \frac{dy}{dx} \right\} + \lambda \frac{df}{dx} \left\{ \frac{\tan \phi'}{FS} + \frac{dy}{dx} \right\} E =$$

$$\frac{c'}{FS} \left\{ 1 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 \right\} + \frac{dP_w}{dx} \left\{ \frac{\tan \phi'}{FS} \cdot \frac{dy}{dx} - 1 \right\} + \frac{dW}{dx} \left\{ \frac{\tan \phi'}{FS} + \frac{dy}{dx} \right\} - P_u \left\{ 1 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 \right\} \frac{\tan \phi'}{FS}$$

Considerando a subdivisão em fatias infinitesimais onde as coordenadas de limite sejam $X_0, X_1, X_2 \dots X_n$, onde a coordenada X se localiza no início de cada fatia, o interior de cada infinitesimal assume as expressões:

- $dW/dx = px + q$;
- $f = kx + m$;
- $P_u = rx + s$;
- $P_w = uw + nwx = Ww \cdot x^2$

Donde se obtém a equação simplificada:

$$E(x) = \frac{1}{L + Kx} \left[E_i L + \frac{Nx^2}{2} + Px \right] \rightarrow E_{i+1} = \frac{1}{L + Kb} \left[E_i L + \frac{Nb^2}{2} + Pb \right]$$

Onde b é a largura da fatia correspondente á diferença entre a posição x e a imediatamente anterior. Usando a relação E e T , bem como a equação de equilíbrio de momentos, obtém-se a equação:

$$M(x) = E(y_t - y) = M_{ew}(x) + \int_{x_0}^x \left(\lambda f - \frac{dy}{dx} \right) E dx$$

onde

$$M_{ew}(x) = \int_{x_0}^x \left(-P_w \frac{dy}{dx} \right) dx + [P_w(y - h)]$$

O método é solucionado iterativamente assumindo valores para o fator de segurança e I , calculando E e $M(x)$ para cada uma das fatias. O equilíbrio se dá através da anulação dos valores de E e M para $x=0$ e $x=n$ fatias. O processo iterativo se faz necessário utilizando métodos numéricos que avaliam a convergência das equações. A utilização de um computador é condição sine qua non dada à complexidade e número de iterações, de forma a ser viável.

3 RESULTADOS

O funcionamento do método tratado anteriormente é baseado no cálculo dos esforços internos do talude por meio da divisão do maciço em lamelas, de forma que os cálculos são realizados de maneira iterativa em cada uma destas lamelas. Desta forma, foi utilizado o *software* GEOSTUDIO® para auxílio nos cálculos, permitindo um estudo mais detalhado e eficiente da estabilidade dos taludes.

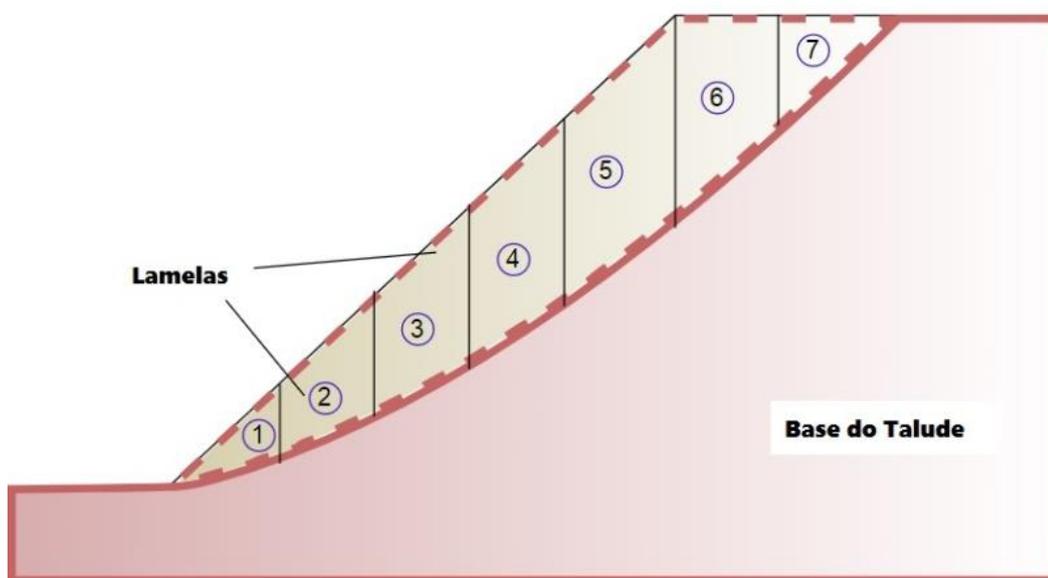


Figura 6: Exemplo de divisão de lamelas do talude.

Vale ressaltar que a norma NBR 11682/2009 estabelece que as análises devem ser realizadas considerando uma sobrecarga mínima de 20 kN/m² nas cristas dos taludes. Desta forma, foi adotada uma sobrecarga de 20 kN/m² no topo do talude.

A seguir apresentaremos os resultados obtidos para as situações em que as bacias encontram-se secas, cheias e seca com solo saturado (simulando uma situação em que houve o esvaziamento da bacia e o solo permaneceu saturado).

3.1 Resultados das Lagoas Secas

A seguir serão apresentados os resultados dos mínimos fatores de segurança obtidos nas análises levando em consideração o período de estiagem, bem como a superfície de pesquisa referente a este fator de segurança.

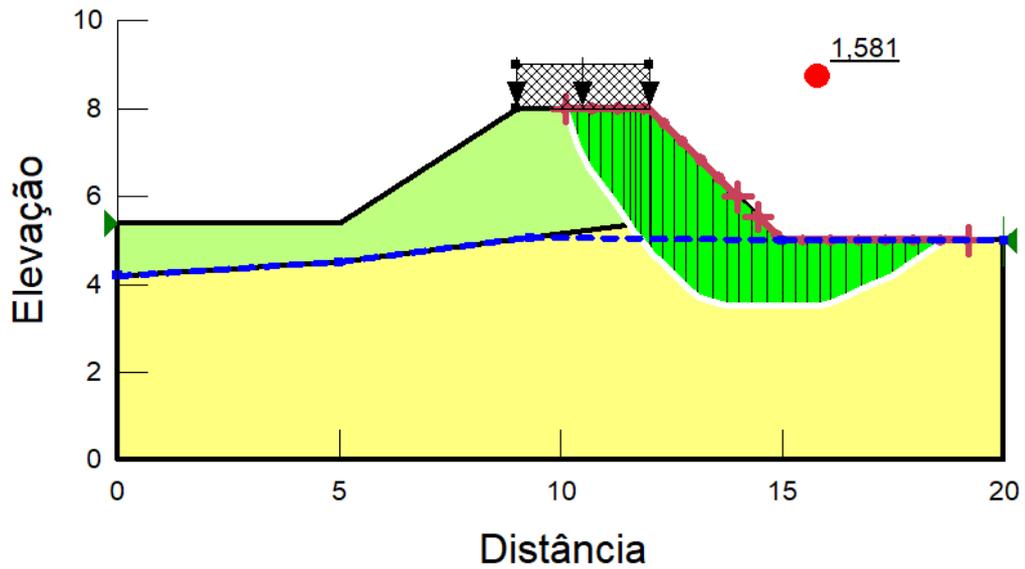


Figura 7: Resultado da análise no corte A - Seca.

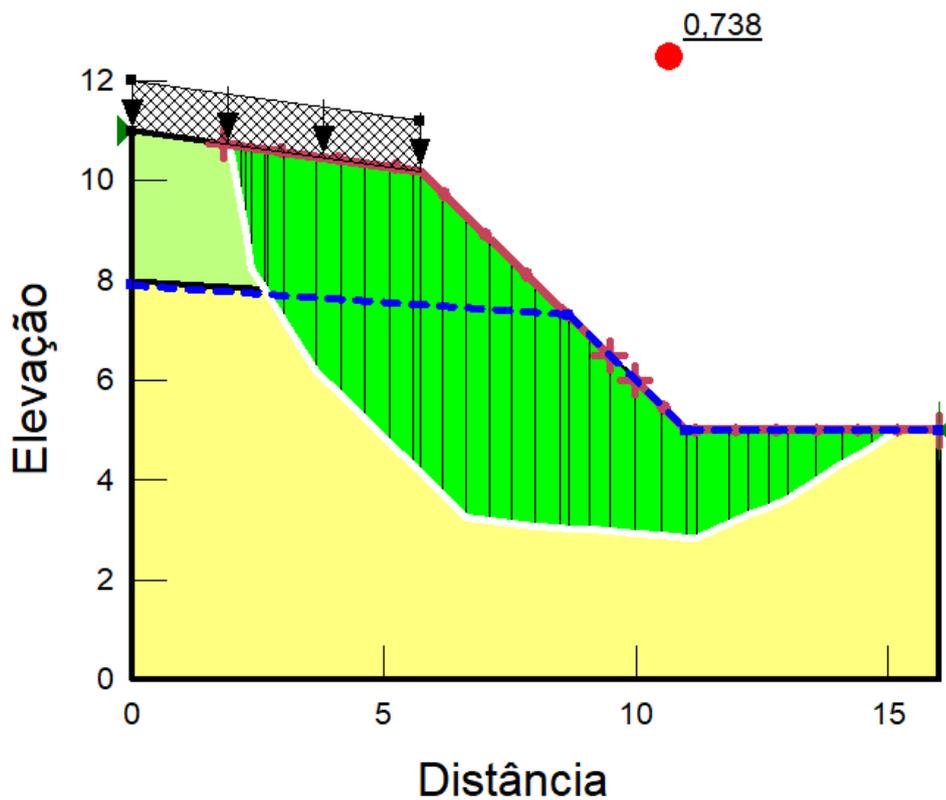


Figura 8: Resultado da análise no corte B - Seca.

3.2 Resultados das Lagoas Cheias

A seguir serão apresentados os resultados dos mínimos fatores de segurança obtidos nas análises levando em consideração o nível máximo das bacias, bem como a superfície de pesquisa referente a este fator de segurança.

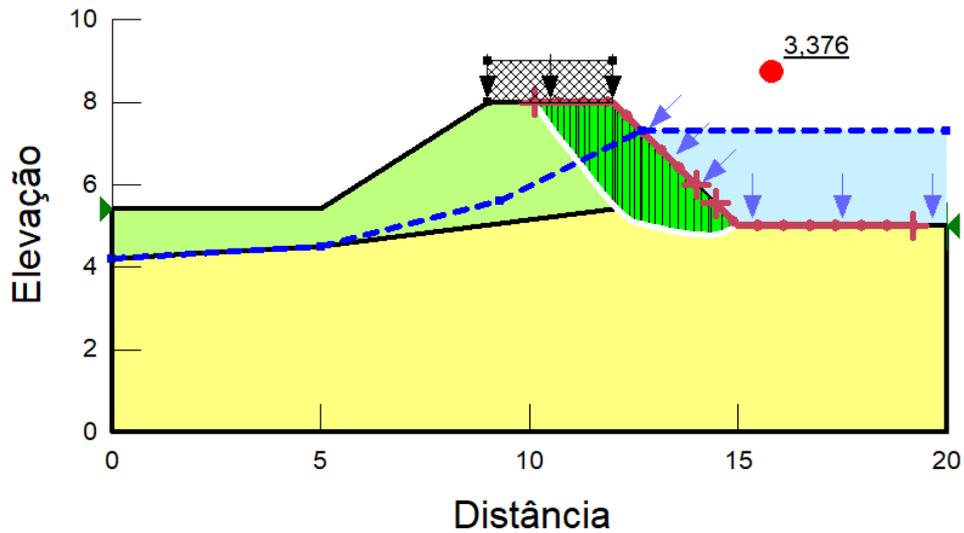


Figura 9: Resultado da análise no corte A - Cheia.

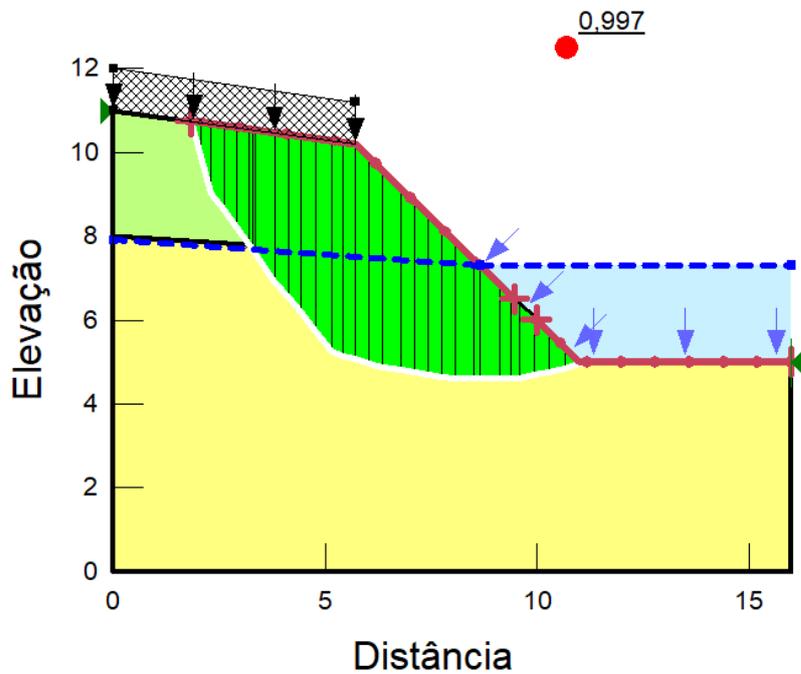


Figura 10: Resultado da análise no corte B - Cheia.

3.3 Resumo das Análises

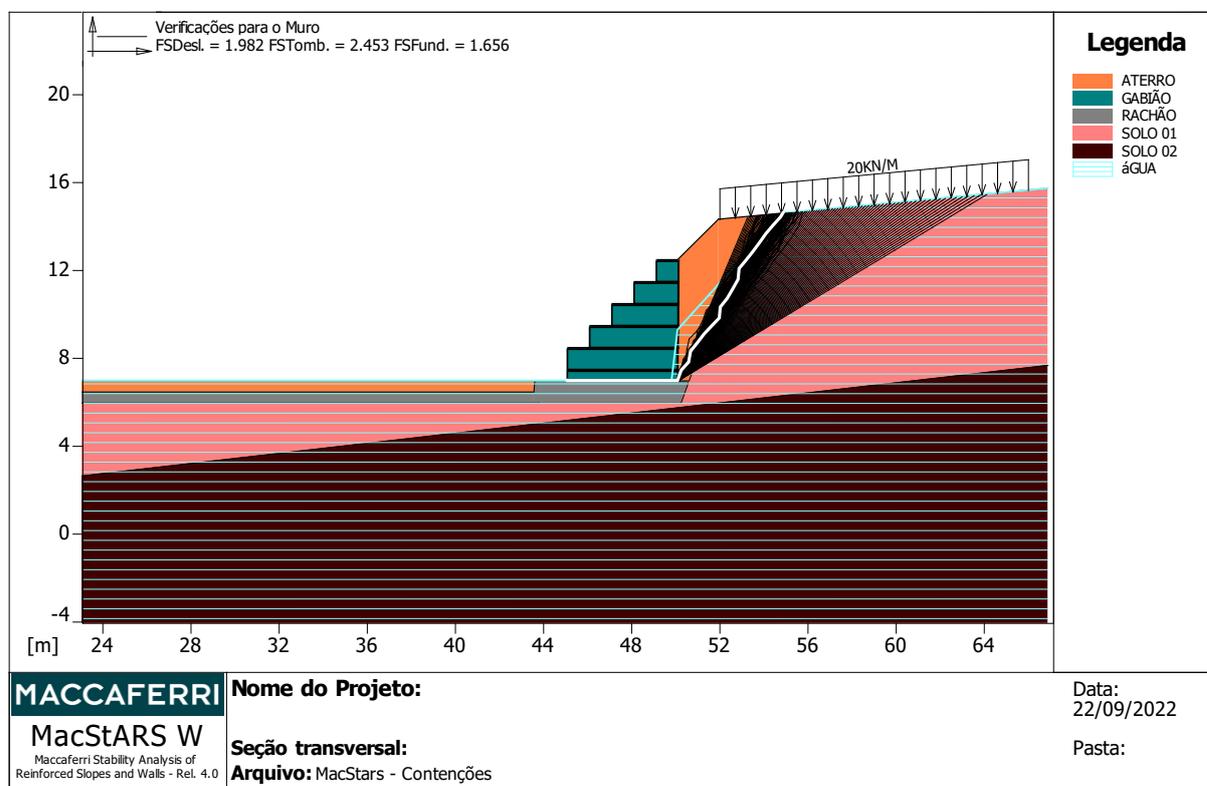
Na tabela 9 a seguir, podemos observar o resumo dos fatores de segurança obtidos em cada análise.

Tabela 9: Resumo dos fatores de segurança obtidos nas análises

Análise	Fator de Segurança	
	Lagoas Secas	Lagoas Cheias
Corte A	1,581	0,738
Corte B	3,376	0,997

Com isso, podemos observar que os valores de FS para o corte B (talude em corte) não possui valores superiores a 1,5, assim estes taludes não são considerados estáveis apenas com a realização de terraplenagem.

Com base nestes resultados, a empresa Eterc contratou a empresa Maccaferri para realização de estudos de contenção com gabião. Podemos observar os resultados dos estudos abaixo.



Assim, para os taludes em aterro, a seção utilizada continuou sendo realizada com terraplenagem sem necessidade de uso de contenção, no entanto, para as seção em corte, será utilizada contenção em gabião, conforme estudo em anexo realizado pela Maccaferri.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, observamos que nas análises efetuadas de regiões em aterro os Fatores de Segurança encontrados têm valores superiores aos estabelecidos em norma, $FS = 1,5$ para as situações consideradas. Desta forma, consideramos que os taludes de aterro externos na proporção de 2:1 e de taludes internos da bacia na proporção de 1:1 satisfazem aos critérios estabelecidos nesta análise.

No entanto, vale ressaltar para alguns fatores que devem ser observados durante a construção e manutenção das bacias. Em todas as análises, considerou-se que durante o período de estiagem o nível do lençol freático está baixo o suficiente para não aflorar nas bacias. Além disso, é fundamental o plantio de gramíneas nos taludes para proteção das encostas. O estado destas gramíneas também deve ser verificado durante o período de vistorias e manutenção das bacias.

Outro fator de grande importância é o isolamento da área da bacia, a fim de se evitar a passagem de veículos de carga e movimentação de terra em áreas adjacentes à bacia de drenagem.

5 REFERÊNCIAS

PDDU/DF, Plano Diretor de Drenagem Urbana do Distrito Federal. Distrito Federal, Secretaria de Estado de Obras – 2009.

Normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas-ABNT.

Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions – ASTM D3080.

Termo de Referência da NOVACAP para Elaboração de Projetos de Drenagem Pluvial, 2012.

Anexos – Memória de Cálculo das Contenções em Gabião

MacStARS W – Rel. 4.0

Maccaferri Stability Analysis of Reinforced Slopes and Walls
Maccaferri do Brasil
Telefone 4525-5000

Projeto.....:	
Seção Transversal.....:	
Local.....:	
Pasta.....:	
Data.....:	22/09/2022

RESUMO

PERFIL DA CAMADA.....	2
PERFIL DA SUPERFÍCIE FREÁTICA.....	3
BLOCOS REFORÇADOS.....	3
Bloco: GAB 0.1.....	3
Bloco: GAB 1.....	3
Bloco: GAB 0.2.....	4
Bloco: GAB 2.....	4
Bloco: GAB 0.3.....	5
Bloco: GAB 3.....	5
Bloco: GAB 0.4.....	5
Bloco: GAB 0.5.....	6
Bloco: GAB 0.6.....	6
SOBRECARGAS.....	6
PROPRIEDADES DOS REFORÇOS UTILIZADOS.....	7
VERIFICAÇÃO DOS RESULTADOS.....	9
Verificação da estabilidade Global:.....	9
Verificação como muro a gravidade:.....	10

PROPRIEDADES DO SOLO

Solo: ATERRO Descrição:

Coesão.....	[kN/m ²]	:	10.00
Ângulo de Atrito:.....	[°]	:	28.00
Valor de Ru.....		:	0.00
Peso unitário – Natural.....	[kN/m ³]	:	18.00
Peso unitário – Saturado.....	[kN/m ³]	:	18.00

Solo: GABIÃO Descrição:

Coesão.....	[kN/m ²]	:	90.00
Ângulo de Atrito:.....	[°]	:	40.00
Valor de Ru.....		:	0.00
Peso unitário – Natural.....	[kN/m ³]	:	17.00
Peso unitário – Saturado.....	[kN/m ³]	:	17.00

Solo: RACHÃO Descrição:

Coesão.....	[kN/m ²]	:	0.00
Ângulo de Atrito:.....	[°]	:	45.00
Valor de Ru.....		:	0.00
Peso unitário – Natural.....	[kN/m ³]	:	17.00
Peso unitário – Saturado.....	[kN/m ³]	:	17.00

Solo: SOLO 01 Descrição:

Coesão.....	[kN/m ²]	:	20.00
Ângulo de Atrito:.....	[°]	:	29.00
Valor de Ru.....		:	0.00
Peso unitário – Natural.....	[kN/m ³]	:	12.00
Peso unitário – Saturado.....	[kN/m ³]	:	16.00

Solo: SOLO 02 Descrição:

Coesão.....	[kN/m ²]	:	25.00
Ângulo de Atrito:.....	[°]	:	20.00
Valor de Ru.....		:	0.00
Peso unitário – Natural.....	[kN/m ³]	:	19.00
Peso unitário – Saturado.....	[kN/m ³]	:	19.00

PERFIL DA CAMADA

Camada: ATERRO 01

Descrição:

Solo: ATERRO

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
4.78	8.53	6.38	10.00	8.88	9.97		

Camada: ATERRO 02

Descrição:

Solo: ATERRO

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
50.10	12.46	51.96	14.31	54.88	14.59		

Camada: RACHÃO

Descrição:

Solo: RACHÃO

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
8.38	6.97	13.38	6.97	13.43	6.47	43.56	6.47
43.60	6.97	50.60	6.97				

Camada: SELO DE ARGILA Descrição:

Solo: ATERRO

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
13.38	6.97	43.60	6.97				

Camada: SOLO 01

Descrição:

Solo: SOLO 01

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]							
0.00	8.04	7.70	8.83	8.38	6.97	8.75	5.97
43.92	5.97	50.24	5.97	50.60	6.97	51.29	8.84
51.79	8.84	52.47	10.72	52.97	10.72	53.66	12.60
54.16	12.60	54.88	14.59	66.89	15.72		

Camada: SOLO 02

Descrição:

Solo: SOLO 02

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	0.00	66.89	7.68				

PERFIL DA SUPERFÍCIE FREÁTICA

Superfície freática: água

Descrição:

X	Y	Y	P	X	Y	Y	P
[m]	[m]	[m]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[m]	[kN/m ²]
0.00	8.04			4.78	8.53		
5.60	9.28			8.88	9.28		
9.15	6.97			49.83	6.97		
50.10	9.28			54.88	14.59		
66.89	15.72						

BLOCOS REFORÇADOS

Bloco: GAB 0.1

Dimensões do bloco.....[m].....: Largura da Base.....= 5.00 Altura.....= 0.50
 Origem do Bloco.....[m].....: Abscissa.....= 45.10 Ordenada...= 6.97
 Inclinação da Face.....[°].....: 0.00

Material de enchimento do Gabião.....: GABIÃO
 Tipo de aterro estrutural.....: Verificações para o Muro de gabões
 Aterro estrutural.....: ATERRO
 Solo de aterro.....: ATERRO
 Solo do talude acima da estrutura.....: ATERRO
 Solo da Fundação.....: RACHÃO

Parâmetros para o cálculo da capacidade de suporte por Brinch Hansen, Vesic ou Meyerhof

Profundidade da fundação.....[m] : 0.00
 Inclinação do talude ao pé da estrutura.....[°] : 0.00

Padrão dos reforços:

Maccaferri - Gabiões H=0.50 - Width P - 5.00

Comprimento.....[m].....= 5.00
 Gabião.....[m].....: Altura.....= 0.50 Largura.....= 5.00

Bloco: GAB 1

Dimensões do bloco.....[m].....: Largura da Base... = 3.00 Altura..... = 1.00
Origem do Bloco.....[m].....: Abscissa..... = 11.88 Ordenada... = 6.97
Inclinação da Face.....[°].....: 0.00

Material de enchimento do Gabião.....: GABIÃO
Tipo de aterro estrutural.....: Verificações para o Muro de gabões
Aterro estrutural.....: ATERRO
Solo de aterro.....: ATERRO
Solo do talude acima da estrutura.....: ATERRO
Solo da Fundação.....: RACHÃO

Parâmetros para o cálculo da capacidade de suporte por Brinch Hansen, Vesic ou Meyerhof
Profundidade da fundação.....[m] : 0.00
Inclinação do talude ao pé da estrutura.....[°] : 0.00

Padrão dos reforços:

Maccaferri - Gabiões H=1.00 - Width P - 3.00

Comprimento.....[m] = 3.00
Gabião.....[m] : Altura..... = 1.00 Largura..... = 3.00

Bloco: GAB 0.2

Dimensões do bloco.....[m].....: Largura da Base... = 5.00 Altura..... = 1.00
Berma.....[m] = 0.00 por GAB 0.1
Inclinação da Face.....[°].....: 0.00

Material de enchimento do Gabião.....: GABIÃO
Tipo de aterro estrutural.....: Verificações para o Muro de gabões
Aterro estrutural.....: ATERRO
Solo de aterro.....: ATERRO
Solo do talude acima da estrutura.....: ATERRO
Solo da Fundação.....: GABIÃO

Parâmetros para o cálculo da capacidade de suporte por Brinch Hansen, Vesic ou Meyerhof
Profundidade da fundação.....[m] : 0.00
Inclinação do talude ao pé da estrutura.....[°] : 0.00

Padrão dos reforços:

Maccaferri - Gabiões H=1.00 - Width P - 5.00

Comprimento.....[m] = 5.00
Gabião.....[m] : Altura..... = 1.00 Largura..... = 5.00

Bloco: GAB 2

Dimensões do bloco.....[m].....: Largura da Base... = 2.00 Altura..... = 1.00
Berma.....[m] = 1.00 por GAB 1
Inclinação da Face.....[°].....: 0.00

Material de enchimento do Gabião.....: GABIÃO
Tipo de aterro estrutural.....: Verificações para o Muro de gabões
Aterro estrutural.....: ATERRO
Solo de aterro.....: ATERRO
Solo do talude acima da estrutura.....: ATERRO
Solo da Fundação.....: GABIÃO

Parâmetros para o cálculo da capacidade de suporte por Brinch Hansen, Vesic ou Meyerhof
Profundidade da fundação.....[m] : 0.00
Inclinação do talude ao pé da estrutura.....[°] : 0.00

Padrão dos reforços:

Maccaferri - Gabiões H=1.00 - Width P - 2.00

Comprimento.....[m] = 2.00
Gabião.....[m] : Altura..... = 1.00 Largura..... = 2.00

Bloco: GAB 0.3

Dimensões do bloco.....[m] : Largura da Base..... = 4.00 Altura..... = 1.00
Berma.....[m] = 1.00 por GAB 0.2
Inclinação da Face.....[°] : 0.00

Material de enchimento do Gabião..... : GABIÃO
Tipo de aterro estrutural..... : Verificações para o Muro de gabões
Aterro estrutural..... : ATERRO
Solo de aterro..... : ATERRO
Solo do talude acima da estrutura..... : ATERRO
Solo da Fundação..... : GABIÃO

Parâmetros para o cálculo da capacidade de suporte por Brinch Hansen, Vesic ou Meyerhof
Profundidade da fundação.....[m] : 0.00
Inclinação do talude ao pé da estrutura.....[°] : 0.00

Padrão dos reforços:

Maccaferri - Gabiões H=1.00 - Width P - 4.00

Comprimento.....[m] = 4.00
Gabião.....[m] : Altura..... = 1.00 Largura..... = 4.00

Bloco: GAB 3

Dimensões do bloco.....[m] : Largura da Base..... = 1.00 Altura..... = 1.00
Berma.....[m] = 1.00 por GAB 2
Inclinação da Face.....[°] : 0.00

Material de enchimento do Gabião..... : GABIÃO
Tipo de aterro estrutural..... : Verificações para o Muro de gabões
Aterro estrutural..... : ATERRO
Solo de aterro..... : ATERRO
Solo do talude acima da estrutura..... : ATERRO
Solo da Fundação..... : GABIÃO

Parâmetros para o cálculo da capacidade de suporte por Brinch Hansen, Vesic ou Meyerhof
Profundidade da fundação.....[m] : 0.00
Inclinação do talude ao pé da estrutura.....[°] : 0.00

Padrão dos reforços:

Maccaferri - Gabiões H=1.00 - Width P - 1.00

Comprimento.....[m] = 1.00
Gabião.....[m] : Altura..... = 1.00 Largura..... = 1.00

Bloco: GAB 0.4

Dimensões do bloco.....[m] : Largura da Base..... = 3.00 Altura..... = 1.00
Berma.....[m] = 1.00 por GAB 0.3
Inclinação da Face.....[°] : 0.00

Material de enchimento do Gabião..... : GABIÃO
Tipo de aterro estrutural..... : Verificações para o Muro de gabões
Aterro estrutural..... : ATERRO
Solo de aterro..... : ATERRO
Solo do talude acima da estrutura..... : ATERRO
Solo da Fundação..... : GABIÃO

Parâmetros para o cálculo da capacidade de suporte por Brinch Hansen, Vesic ou Meyerhof
Profundidade da fundação.....[m] : 0.00

Inclinação do talude ao pé da estrutura.....[°] : 0.00

Padrão dos reforços:

Maccaferri - Gabiões H=1.00 - Width P - 3.00

Comprimento.....[m] = 3.00

Gabião.....[m] : Altura..... = 1.00 Largura..... = 3.00

Bloco: GAB 0.5

Dimensões do bloco.....[m] : Largura da Base..... = 2.00 Altura..... = 1.00

Berma.....[m] = 1.00 por GAB 0.4

Inclinação da Face.....[°] : 0.00

Material de enchimento do Gabião.....: GABIÃO
Tipo de aterro estrutural.....: Verificações para o Muro de gabões
Aterro estrutural.....: ATERRO
Solo de aterro.....: ATERRO
Solo do talude acima da estrutura.....: ATERRO
Solo da Fundação.....: GABIÃO

Parâmetros para o cálculo da capacidade de suporte por Brinch Hansen, Vesic ou Meyerhof

Profundidade da fundação.....[m] : 0.00

Inclinação do talude ao pé da estrutura.....[°] : 0.00

Padrão dos reforços:

Maccaferri - Gabiões H=1.00 - Width P - 2.00

Comprimento.....[m] = 2.00

Gabião.....[m] : Altura..... = 1.00 Largura..... = 2.00

Bloco: GAB 0.6

Dimensões do bloco.....[m] : Largura da Base..... = 1.00 Altura..... = 1.00

Berma.....[m] = 1.00 por GAB 0.5

Inclinação da Face.....[°] : 0.00

Material de enchimento do Gabião.....: GABIÃO
Tipo de aterro estrutural.....: Verificações para o Muro de gabões
Aterro estrutural.....: ATERRO
Solo de aterro.....: ATERRO
Solo do talude acima da estrutura.....: ATERRO
Solo da Fundação.....: GABIÃO

Parâmetros para o cálculo da capacidade de suporte por Brinch Hansen, Vesic ou Meyerhof

Profundidade da fundação.....[m] : 0.00

Inclinação do talude ao pé da estrutura.....[°] : 0.00

Padrão dos reforços:

Maccaferri - Gabiões H=1.00 - Width P - 1.00

Comprimento.....[m] = 1.00

Gabião.....[m] : Altura..... = 1.00 Largura..... = 1.00

SOBRECARGAS**Cargas Distribuídas: 20KN/M** Descrição:Intensidade.....[kN/m²] = 20.00 Inclinação.....[°] = 0.00

Abscissa.....[m] : de = 52.00 até = 66.00

PROPRIEDADES DOS REFORÇOS UTILIZADOS

Maccaferri - Gabiões H=0.50 - Width P - 5.00

Resistência à Tração.....	[kN/m].....	:	50.00
Comprimento de ancoragem Mínimo.....	[m].....	:	0.15
Fator de seg. contra a ruptura (pedregulho).....		:	1.43
Fator de seg. contra o arrancamento (Pull-out).....		:	1.00
Fator de seg. contra a ruptura (areia).....		:	1.24
Fator de seg. contra o arrancamento (Pull-out).....		:	1.00
Fator de seg. contra a ruptura (areia siltosa).....		:	1.15
Fator de seg. contra o arrancamento (Pull-out).....		:	1.00
Fator de seg. contra a ruptura (argila arenosa).....		:	1.24
Fator de seg. contra o arrancamento (Pull-out).....		:	1.00
Fator de interação reforço/reforço.....		:	0.30
Coefficiente de interação reforço-brita.....		:	0.90
Coefficiente de interação reforço-areia.....		:	0.65
Coefficiente de interação reforço-silte.....		:	0.50
Coefficiente de interação reforço-argila.....		:	0.30

Maccaferri - Gabiões H=1.00 - Width P - 1.00

Resistência à Tração.....	[kN/m].....	:	50.00
Comprimento de ancoragem Mínimo.....	[m].....	:	0.15
Fator de seg. contra a ruptura (pedregulho).....		:	1.43
Fator de seg. contra o arrancamento (Pull-out).....		:	1.00
Fator de seg. contra a ruptura (areia).....		:	1.24
Fator de seg. contra o arrancamento (Pull-out).....		:	1.00
Fator de seg. contra a ruptura (areia siltosa).....		:	1.15
Fator de seg. contra o arrancamento (Pull-out).....		:	1.00
Fator de seg. contra a ruptura (argila arenosa).....		:	1.24
Fator de seg. contra o arrancamento (Pull-out).....		:	1.00
Fator de interação reforço/reforço.....		:	0.30
Coefficiente de interação reforço-brita.....		:	0.90
Coefficiente de interação reforço-areia.....		:	0.65
Coefficiente de interação reforço-silte.....		:	0.50
Coefficiente de interação reforço-argila.....		:	0.30

Maccaferri - Gabiões H=1.00 - Width P - 2.00

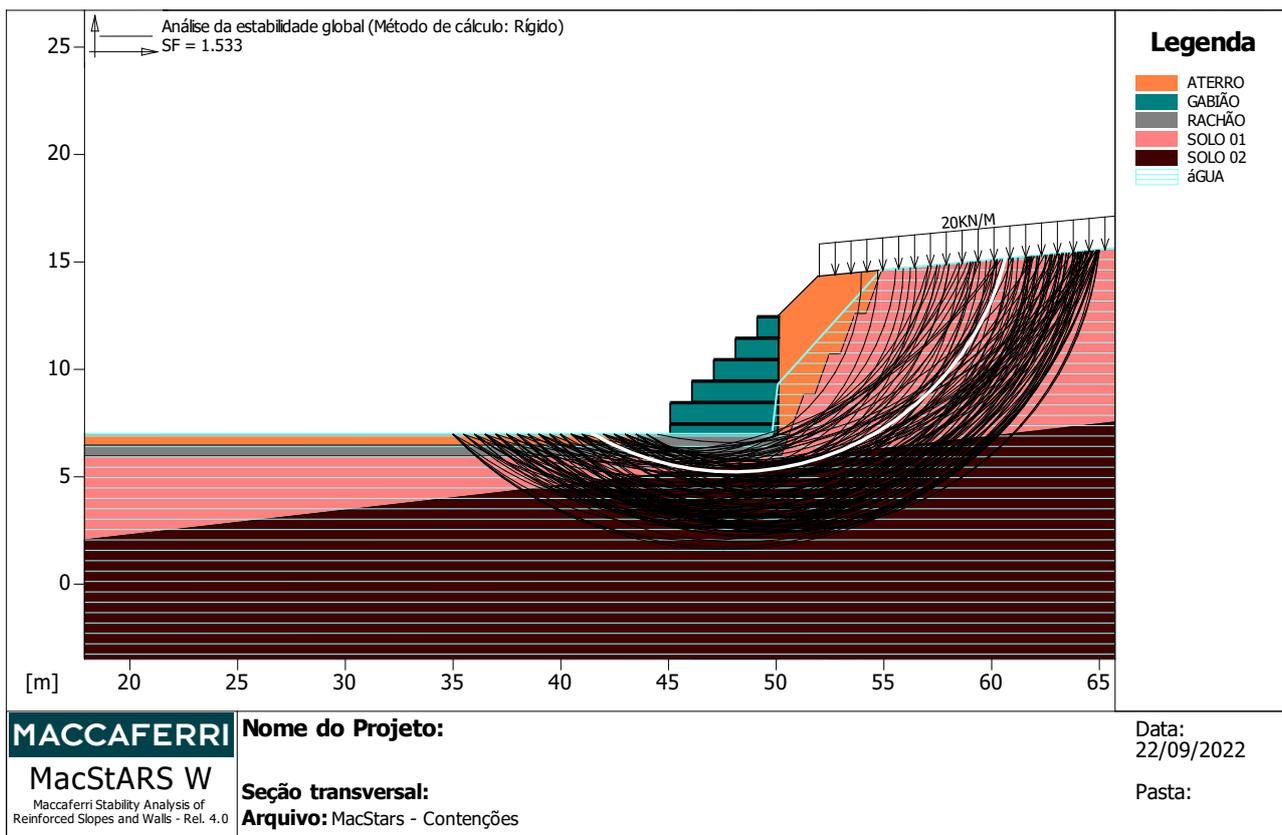
Resistência à Tração.....	[kN/m].....	:	50.00
Comprimento de ancoragem Mínimo.....	[m].....	:	0.15
Fator de seg. contra a ruptura (pedregulho).....		:	1.43
Fator de seg. contra o arrancamento (Pull-out).....		:	1.00
Fator de seg. contra a ruptura (areia).....		:	1.24
Fator de seg. contra o arrancamento (Pull-out).....		:	1.00
Fator de seg. contra a ruptura (areia siltosa).....		:	1.15
Fator de seg. contra o arrancamento (Pull-out).....		:	1.00
Fator de seg. contra a ruptura (argila arenosa).....		:	1.24
Fator de seg. contra o arrancamento (Pull-out).....		:	1.00
Fator de interação reforço/reforço.....		:	0.30
Coefficiente de interação reforço-brita.....		:	0.90
Coefficiente de interação reforço-areia.....		:	0.65
Coefficiente de interação reforço-silte.....		:	0.50
Coefficiente de interação reforço-argila.....		:	0.30

Maccaferri - Gabiões H=1.00 - Width P - 3.00

Resistência à Tração.....	[kN/m].....	:	50.00
Comprimento de ancoragem Mínimo.....	[m].....	:	0.15

Fator de seg. contra a ruptura (pedregulho).....	:	1.43
Fator de seg. contra o arrancamento (Pull-out).....	:	1.00
Fator de seg. contra a ruptura (areia).....	:	1.24
Fator de seg. contra o arrancamento (Pull-out).....	:	1.00
Fator de seg. contra a ruptura (areia siltosa).....	:	1.15
Fator de seg. contra o arrancamento (Pull-out).....	:	1.00
Fator de seg. contra a ruptura (argila arenosa).....	:	1.24
Fator de seg. contra o arrancamento (Pull-out).....	:	1.00
Fator de interação reforço/reforço.....	:	0.30
Coeficiente de interação reforço-brita.....	:	0.90
Coeficiente de interação reforço-areia.....	:	0.65
Coeficiente de interação reforço-silte.....	:	0.50
Coeficiente de interação reforço-argila.....	:	0.30
Maccaferri - Gabiões H=1.00 - Width P - 4.00		
Resistência à Tração.....	[kN/m]	50.00
Comprimento de ancoragem Mínimo.....	[m]	0.15
Fator de seg. contra a ruptura (pedregulho).....	:	1.43
Fator de seg. contra o arrancamento (Pull-out).....	:	1.00
Fator de seg. contra a ruptura (areia).....	:	1.24
Fator de seg. contra o arrancamento (Pull-out).....	:	1.00
Fator de seg. contra a ruptura (areia siltosa).....	:	1.15
Fator de seg. contra o arrancamento (Pull-out).....	:	1.00
Fator de seg. contra a ruptura (argila arenosa).....	:	1.24
Fator de seg. contra o arrancamento (Pull-out).....	:	1.00
Fator de interação reforço/reforço.....	:	0.30
Coeficiente de interação reforço-brita.....	:	0.90
Coeficiente de interação reforço-areia.....	:	0.65
Coeficiente de interação reforço-silte.....	:	0.50
Coeficiente de interação reforço-argila.....	:	0.30
Maccaferri - Gabiões H=1.00 - Width P - 5.00		
Resistência à Tração.....	[kN/m]	50.00
Comprimento de ancoragem Mínimo.....	[m]	0.15
Fator de seg. contra a ruptura (pedregulho).....	:	1.43
Fator de seg. contra o arrancamento (Pull-out).....	:	1.00
Fator de seg. contra a ruptura (areia).....	:	1.24
Fator de seg. contra o arrancamento (Pull-out).....	:	1.00
Fator de seg. contra a ruptura (areia siltosa).....	:	1.15
Fator de seg. contra o arrancamento (Pull-out).....	:	1.00
Fator de seg. contra a ruptura (argila arenosa).....	:	1.24
Fator de seg. contra o arrancamento (Pull-out).....	:	1.00
Fator de interação reforço/reforço.....	:	0.30
Coeficiente de interação reforço-brita.....	:	0.90
Coeficiente de interação reforço-areia.....	:	0.65
Coeficiente de interação reforço-silte.....	:	0.50
Coeficiente de interação reforço-argila.....	:	0.30

VERIFICAÇÃO DOS RESULTADOS



Verificação da estabilidade Global:

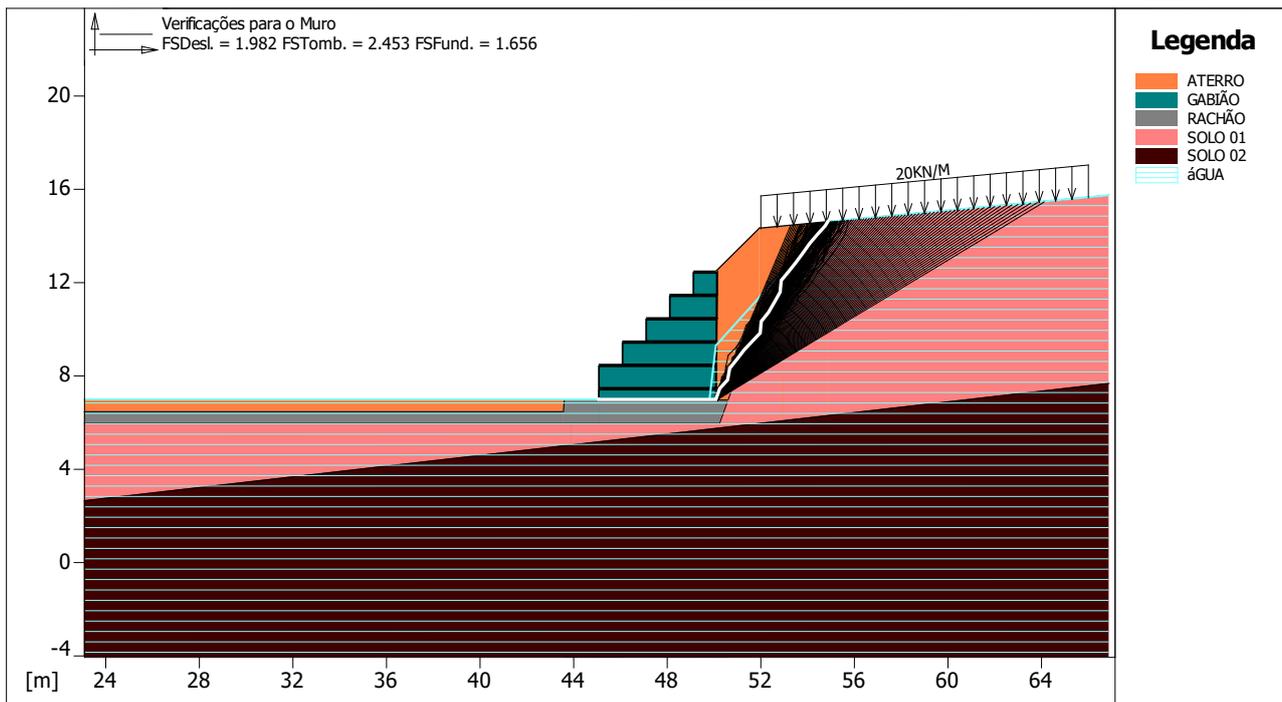
Força atuante nos Reforços de acordo com o Método Rígido

Análise de estabilidade com superfícies circulares de acordo com o Método de Bishop

Fator de Segurança Calculado.....: 1.533

Limites de busca para as superfícies de ruptura

Limite inicial, abscissas [m]		Limite final, abscissas [m]	
Primeiro ponto	Segundo ponto	Primeiro ponto	Segundo ponto
35.00	45.00	50.00	65.00
Número de pontos de início no primeiro segmento.....	:	21	
Número total de superfícies verificadas.....	:	210	
Comprimento mínimo da base das lamelas.....	[m]:	1.00	
Ângulo limite superior para a busca.....	[°]:	0.00	
Ângulo limite inferior para a busca.....	[°]:	0.00	



Legenda

- ATERRO
- GABIÃO
- RACHÃO
- SOLO 01
- SOLO 02
- ÁGUA

MACCAFERRI
MacStARS W
 Maccaferri Stability Analysis of
 Reinforced Slopes and Walls - Rel. 4.0

Nome do Projeto:
Seção transversal:
Arquivo: MacStars - Contençãoes

Data:
 22/09/2022
 Pasta:

Verificação como muro a gravidade:

Bloco Considerado: GAB 0.1

Força Estabilizante.....	[kN/m].....	294.19
Força Atuante.....	[kN/m].....	148.44
Fator de Segurança contra o Deslizamento.....		1.982
Momento Estabilizante.....	[kN*m/m].....	903.57
Momento Ativo.....	[kN*m/m].....	368.35
Fator de segurança contra o tombamento.....		2.453
Pressão Admissível calculada pelo método de equilíbrio limite.		

Pressão Admissível.....	[kN/m ²].....	150.00
Pressão média.....	[kN/m ²].....	90.56
Fator de segurança – Capacidade de carga da fundação.....		1.656
Fundação equivalente.....	[m].....	3.64
Excentricidade da força normal.....	[m].....	0.68
Braço de momento.....	[m].....	2.48
Força normal.....	[kN].....	294.19
Tensão normal na borda interna.....	[kN/m ²].....	106.90
Tensão normal na borda externa.....	[kN/m ²].....	10.76

A Maccaferri não se responsabiliza pelos cálculos e desenhos aqui apresentados, visto que estes se constituem apenas em sugestões para a melhor utilização de seus produtos.