



FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA DO AMBIENTE

RELATÓRIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

Tema:

**Monitorização do ponto de situação dos Taludes do Município de Maputo:
Estudo de caso taludes da Marginal, Ponta Vermelha e Av. Julius Nyerere.**

Autor:

Pereira, António Anselmo

Supervisor:

Prof. Dr. Eng^o. António Cumbane

Maputo, Julho de 2023

FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA DO AMBIENTE

RELATÓRIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

Tema:

**Monitorização do ponto de situação dos Taludes do Município de Maputo:
Estudo de caso taludes da Marginal, Ponta Vermelha e Av. Julius Nyerere.**

Autor:

Pereira, António Anselmo

Supervisor:

Prof. Dr. Eng^o. António Cumbane

Maputo, Julho de 2023

TERMO DE ENTREGA DE RELATÓRIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

Declaro que o estudante finalista **António Anselmo Pereira**, entregou no dia ___/___/2023 as ___ cópias do relatório do seu estágio Profissional com referência: _____ intitulado: **Monitorização do ponto de situação dos Taludes do Município de Maputo: Estudo de caso: Marginal, Ponta Vermelha e Av. Julius Nyerere.**

Maputo, ___ de _____ de 2023

A Chefe da Secretaria

Índice

Conteúdo	Pág.
Lista de tabelas	iv
Lista de figuras	v
Dedicatórias	vi
Agradecimentos	vii
Lista de abreviaturas	viii
Resumo	ix
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. <i>Generalidades</i>	1
1.2. <i>Objectivos</i>	2
1.2.1. Objectivo Geral.....	2
1.2.2. Objectivos Específicos:.....	2
1.3. <i>Formulação do problema</i>	2
1.4. <i>Justificativa</i>	3
1.5. <i>Metodologia</i>	3
1.5.1. Descrição da área de estudo.	3
1.5.2. Técnica de recolha de dados no campo.....	4
1.5.3. Análise de Dados.	4
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1. <i>Conceitos gerais</i>	5
2.2. <i>Movimentos gravitacionais de massa</i>	6
2.3. <i>Deslizamentos</i>	6
2.4. <i>Estrutura dos Solos</i>	8
2.4.1.1. Causas internas	8
2.4.1.2. Causas externas	8
2.4.1.3. Influência das características geológicas dos terrenos na estabilidade dos taludes	9
2.4.2. <i>Resistência dos solos</i>	10
2.5. <i>Função estabilizadora da vegetação</i>	11
2.6. <i>Avaliação da estabilidade de taludes</i>	12
2.7. <i>Métodos de análise de estabilidade</i>	14
3. TRABALHOS REALIZADOS	16
3.1. <i>Apresentação do local de estágio</i>	16
3.2. <i>Organograma da empresa</i>	17
3.3. <i>Actividades realizadas durante o período de estágio</i>	17
3.3.1. Repartição de Resiliência Urbana	17

3.3.2.	Repartição de Educação Ambiental	18
3.3.3.	Repartição de Inspeção Ambiental.....	18
4.	MONITORIZAÇÃO DO PONTO DE SITUAÇÃO DOS TALUDES DO MUNICÍPIO DE MAPUTO	19
4.1.	<i>Geologia e Geotecnia</i>	19
4.1.1.	Parametrização geotécnica dos taludes da formação ponta vermelha	19
4.2.	<i>Drenagem</i>	20
4.3.	<i>Ecologia</i>	20
4.4.	<i>Socioeconomia</i>	21
5.	APRESENTAÇÃO DOS PERFIS DOS TALUDES SELECIONADOS.	22
5.1.	<i>Talude da Marginal</i>	22
5.2.	<i>Talude da Ponta Vermelha</i>	22
5.3.	<i>O Talude da Julius Nyerere</i>	23
6.	CÁLCULO DE ESTABILIDADE DOS TALUDES	24
6.1.	Análises.....	24
6.2.	Métodos de cálculo	24
7.	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS	26
7.1.	<i>Apresentação de resultados</i>	27
7.1.1.	Talude da Marginal	27
7.1.2.	Talude da Ponta vermelha.....	28
7.1.3.	Talude da Av. Julius Nyerere	29
7.1.4.	Apresentação de resultado do relatório denominando PCOEMT, 2018, caso de estudo Talude da Marginal e Ponta Vermelha.	30
7.1.5.	Apresentação de resultado caso de estudo Talude da Av. Julius Nyerere	30
8.	DISCUSSÃO DE RESULTADOS	31
8.1.	<i>Talude da Marginal</i>	31
8.2.	<i>Talude Ponta Vermelha</i>	32
8.3.	<i>Talude Julius Nyerere</i>	33
9.	SOLUÇÕES PROPOSTAS.	35
9.1.	<i>Revestimento Superficial por Vegetação natural/ antrópico</i>	35
9.1.1.	Procedimentos de implementação da técnica	35
9.2.	<i>Vegetação armada</i>	36
9.2.1.	Procedimentos de implementação da técnica	36
9.3.	<i>Muro de pneus</i>	38
9.3.1.	Procedimentos de implementação da técnica	38
9.4.	<i>Barreiras de retenção em madeira</i>	45
9.4.1.	Grade viva	45
9.4.1.1.	Procedimentos de implementação da técnica.....	45

10. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	48
11. BIBLIOGRAFIA	49
1.1. <i>Referências bibliográficas.</i>	49
ANEXOS.....	1
<i>Anexo 1: Análise Talude da Marginal.....</i>	1
<i>Anexo 2: Análise Talude Ponta Vermelha.</i>	7
<i>Anexo 3: Análise Talude Julius Nyerere.</i>	13
<i>Anexo 4: Reportagem fotográfica dos taludes em estudo.....</i>	18

Lista de tabelas

Tabela 1: Classificação de movimentos de massa	6
Tabela 2: Principais causas dos movimentos de massa.....	8
Tabela 3: Nível de segurança com relação à perda de vidas humanas.....	13
Tabela 4: Nível de segurança com relação a danos materiais e ambientais.....	13
Tabela 5: Factores de segurança mínimos	14
Tabela 6:Parâmetros geotécnicos médios dos taludes da FPV	19
Tabela 7: Métodos de cálculo usados na análise da estabilidade.....	25
Tabela 8: Perfil 1- Talude da Marginal- Perfil transversal - junto ao Jardim dos namorados	27
Tabela 9: Perfil 2 - Talude da Ponta Vermelha - Perfil transversal - no edifício Torres Vermelhas.	28
Tabela 10: Perfil 3 – Talude da Av. Julius Nyerere- Perfil transversal.....	29
Tabela 11: ilustrativa da quantidade de pneu necessário para a construção de um muro de pneus.	40

Lista de figuras

Figura 1: Elementos de um talude	5
Figura 2: Esquema de deslizamento translacional.....	7
Figura 3: Esquema do deslizamento rotacional.....	7
Figura 4: Diferença de estabilidade num mesmo vale	9
Figura 5: Correlação entre a tensão de cisalhamento necessária para a produção de um escorregamento e suas principais consequências.....	10
Figura 6: Efeito da vegetação num talude	11
Figura 7: Fluxograma para a utilização dos tipos de obras de estabilização de taludes de corte e aterro	15
Figura 8: Direcção de Serviço Municipal de Ambiente e Salubridade	16
Figura 9: Organograma Adaptado da empresa	17
Figura 10: Perfil 1- Talude da Marginal- Perfil transversal - junto ao Jardim dos namorados.....	22
Figura 11: Perfil 2 - Talude da Ponta Vermelha - Perfil transversal - no edifício Torres Vermelhas	23
Figura 12: Perfil 3 – Talude da Av. Julius Nyerere- Perfil transversal.....	23
Figura 13: talude Ponta Vermelha não verifica estabilidade	32
Figura 14: Talude da Ponta Vermelha Verifica Estabilidade	32
Figura 15: Grelhas de Polietileno.....	36
Figura 16: Execução da Hidrossemeadura	37
Figura 17: Talude com grama já desenvolvida.....	37
Figura 18: Esquema do Muro de Pneus	38
Figura 19: Colocação de Tubos PVC rígidos perfurados.....	39
Figura 20: Drenagem interna.....	39
Figura 21: Posicionamento dos pneus.....	41
Figura 22: Passos de amarração usando cordas.....	41
Figura 23: Primeira (escavação e Preparo do terreno)	42
Figura 24: Disposição da primeira camada de pneus.	42
Figura 25: Vista frontal da primeira camada	42
Figura 26: Implantação da segunda linha de piquetes para colocação da segunda camada.....	43
Figura 27: ilustração da montagem do esquadro e colocação da linha de piquete.....	43
Figura 28: Distância de separação dos piquetes	43
Figura 29: colocação da segunda camada de pneus.....	44
Figura 30: Vista frontal da primeira e segunda camada.....	44
Figura 31: Construção da Grade Viva: 1) Talude avariado; 2) Gradeamento de madeira; 3) Estacas vivas entre o gradeamento; 4) Grade Viva com a vegetação já desenvolvida.....	45
Figura 32: Dimensões do reticulado	46
Figura 33: Perfil da Grade Viva	47

Dedicatórias

Dedico este trabalho a minha querida mãe Tana António e ao meu pai Anselmo Camilo Pereira por sempre terem acreditado em mim e pelo imenso apoio durante esta jornada.

Agradecimentos

Em primeiro lugar agradeço a Deus por ter olhado por mim desde os meus primeiros dias de vida e por ter guiado sempre os meus passos.

Agradeço do fundo do meu coração a toda minha família em especial aos meus pais Anselmo Camilo Pereira e Tana António pelo imenso suporte, apoio e amor incondicional

Ao meu supervisor Prof. Doutor Engenheiro António Cumbane, vai os meus sinceros agradecimentos pela sua disponibilidade em trabalhar comigo, pelo apoio, encorajamento e partilha de conhecimento ao longo deste trabalho. De outra forma, a sua realização não seria possível.

Agradeço a Empresa Conselho Municipal de Maputo que aceitou a minha integração de estágio profissional na Direcção de Serviço Municipal de Ambiente e Salubridade, concretamente no Departamento de Gestão e Inspeção Ambiental. A Chefe do Departamento a Dra. Nilza Zandamela, a Chefe da Repartição a Dra. Janett Óscar Mustafa, o meu Supervisor o Dr. Cortez Taipo, aos Técnicos da Repartição o Mestre Terenciano Sebastião, o Eng. José Chirinze, a Dra. Vanessa de Araújo, pela disponibilidade em ensinar e partilhar suas experiências.

Agradeço a família e amigos, especialmente aos meus Irmãos Camilo Anselmo Pereira, Nelson Anselmo Pereira, Anselmo Camilo Pereira júnior (em memória), Djalma Anselmo Pereira, a minha Cunhada Dérçia Lacerda, a minha filha Yukianne António Pereira, meus sobrinhos Kallan e Adriela Nelson Pereira, ao meu grande amigo Idélio Francisco Sambo (em memória) e a mãe da minha filha Flândia Vasco Mazibe pelo apoio incondicional e por sempre terem acreditado em mim.

Agradeço a todo corpo Docente e funcionários do Departamento de Engenharia Química que contribuíram para a minha formação, aos meus colegas do curso em especial ao Eng Ibraimo e Guilherme, aos colegas Mutupua, Valdez e Boane, a eles vai o meu muito obrigado.

Lista de abreviaturas.

CMM – Conselho Municipal de Maputo

DMAS – Direcção de Serviço Municipal de Ambiente e Salubridade

DGIA - Departamento de Gestão e Inspeção Ambiental

REA - Repartição de Educação Ambiental;

RRU - Repartição de Resiliência Urbana;

RIA - Repartição de Inspeção Ambiental.

AV – Avenida

PCOEMT - Plano Concreto e Operativo de Estabilização e Manutenção de Taludes

PMEMT - Plano municipal de estabilização e manutenção de taludes

FS – Factor de Segurança

T_f - Resistência ao cisalhamento;

T_{mob} - Tensão cisalhante mobilizada

ESDS - Educação e sensibilização para o desenvolvimento sustentável

DN - drenagem longitudinal

DNA – Direcção Nacional de Águas

JN - Julius Nyerere

TPV – Talude da Ponta Vermelha

TM – Talude da Marginal

FPV - Formação Ponta Vermelha (PtV)

Geo5 - programa de estabilidade de Taludes

Resumo

Este trabalho é resultado da experiência obtida no âmbito do estágio profissional no Conselho Municipal de Maputo, na Direcção de Serviço Municipal de Ambiente e Salubridade, concretamente no Departamento de Gestão e Inspeção Ambiental onde objectivou participar de forma integrada nas actividades desenvolvidas durante a realização de monitoria dos taludes do município de Maputo. As actividades de monitoria permitiram conhecer o ponto de situação dos taludes, onde através de parâmetros de análise de estabilidade foi possível saber se os mesmos necessitam de intervenção ou não.

Os métodos sugeridos neste trabalho são os não estruturais, baseados no uso de um programa chamado GEO5, que faz a verificação da estabilidade de taludes para uma superfície de deslizamento circular crítica e para uma superfície de deslizamento poligonal (utilizando a optimização) e descrever as diferenças entre os diferentes métodos de análise da estabilidade de taludes.

A monitorização dos taludes permite avaliar e decidir qual o melhor método a utilizar, tomando em consideração a característica do problema e condições do local. Estabeleceu-se neste relatório para cada método escolhido na estabilidade de talude o que envolve uma sustentabilidade económica e amiga do ambiente.

Todavia, os métodos sugeridos são de extrema importância, pois contribuirá de forma significativa para o CMM, pois poderá implementar a técnica onde existe encostas que perigam as infra-estruturas.

Palavras-chave:

Taludes de corte, encostas, deslizamento circular, deslizamento poligonal, estabilização.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Generalidades

O presente relatório reflecte o que foi o estágio profissional do estudante do curso de Engenharia do Ambiente, este exercício é fundamental para a formação de um engenheiro com qualidade, devendo ser realizado numa empresa na qual seja possível aplicar os conhecimentos adquiridos na instituição de ensino.

O Estágio Profissional realizou-se na empresa Conselho Municipal de Maputo, na Direcção de Serviço Municipal de Ambiente e Salubridade, concretamente no Departamento de Gestão e Inspeção Ambiental.

Durante 16 semanas foram desenvolvidas várias actividades no Departamento de Gestão e Inspeção Ambiental, onde o estudante esteve integrado nas seguintes repartições:

- Repartição de Educação Ambiental;
- Repartição de Resiliência Urbana; e
- Repartição de Inspeção Ambiental.

Durante as actividades o estudante participou na elaboração de pareceres técnicos de projectos ambientais, Inspeção Ambiental, monitoria de áreas ecologicamente sensíveis e propensas a inundações, avaliação e monitoria do ponto de situação dos Taludes da Cidade de Maputo, mapeamento de áreas de risco aos impactos de eventos extremos (Ciclones, secas e inundações), plantio de árvores, elaboração de relatórios, organização de documentos do arquivo do DGIA.

1.2. Objectivos

O presente relatório de estágio profissional será orientada pelos seguintes objectivos:

1.2.1. Objectivo Geral

Monitorar o ponto de situação dos Taludes do município de Maputo.

1.2.2. Objectivos Específicos:

Para alcançar o objectivo geral primeiro serão respondidos os seguintes objectivos específicos:

- Descrever as actividades desenvolvidas pela instituição;
- Caracterizar o estado actual dos Taludes;
- Analisar a estabilidade dos taludes;
- Propor métodos para estabilização, trazendo soluções criativas para sustentabilidade financeira e ambiental.

1.3. Formulação do problema

A contínua degradação dos taludes do Município de Maputo, tem gerado grande preocupação para DMAS, para os munícipes que tem suas moradias, estabelecimentos comerciais, parques localizados em áreas de taludes bem como para os usuários de vias próximas dos taludes. Quando não monitorado os taludes causam a queda de residências, danificação dos passeios, ruptura das estradas, serviços de iluminaria, queda de árvores, entre outros.

Os taludes, tem vindo a sofrer intervenções, mas nem sempre a escolha do método têm se mostrado eficiente por não atingir o tempo útil de vida esperado, ao apresentar ravinas (rachas), espaços ociosos no interior do revestimento de camada de betão projectado, vegetação destruída.

Com vista a garantir a estabilidade dos taludes, sugere-se a análise de estabilidade do perfil do talude e posterior, a implementação de técnicas apresentadas neste relatório, pois além de ser de baixo custo, apresentam muitas outras vantagens como boa permeabilidade, boa consistência da areia assegurada pela colocação de pneus combinados com a vegetação natural.

1.4. Justificativa

O Conselho municipal de Maputo tem vindo a implementar projectos de estabilização e manutenção de taludes com vista a salvaguardar as infra-estruturas que se encontram a montante bem como a jusante, evitar a perda de vidas humanas. Devido ao crescimento populacional que vem se agravando na cidade de Maputo, que tem construído infra-estruturas de uma forma desregrada e obstruindo os canais de passagens de águas fluviais, a criação de pequenos caminhos, o despejo de resíduos sólidos e o uso para a agricultura, tem acelerado a degradação dos mesmos, criando assim uma instabilidade. As intervenções feitas pelo CMM, nem sempre tem se mostrado eficiente pois em alguns casos tem se mostrado não eficiente, por apresentarem bem antes do seu tempo útil de vida patologias graves como ravinas superficiais e profundas.

Os problemas ocasionados nos taludes partem da zona elevada em direcção a zona baixa, pois a falta de valas de drenagens, contribuem para que a água não siga um troço seguro de modo a evitar que o fluxo da água seja controlado e não constitua perigo na estabilização do talude.

O Conselho Municipal de Maputo, tem aderido a projectos envolvendo escolhas de técnicas amigas do ambiente como é o caso do reuso do pneu que é um dos resíduos que constitui um desafio para a sua deposição final, colocação de vegetação natural, colocação de estacas, muros de gambião como forma de assegurar o solo e permitir a boa permeabilidade.

1.5. Metodologia

1.5.1. Descrição da área de estudo.

Os taludes e barreiras de Maputo inserem-se em zona urbana da cidade localizada numa faixa de risco para pessoas, infra-estruturas e bens, entre a Av. Vladimir Lenine e a praça da Sagres, abrangendo os bairros Central, da Polana Cimento, Sommerschild e Polana Caniço.

Os taludes em estudo encontram-se divididos em zonas com base na inclinação geral, nível de risco para pessoas e bens, deste modo procedeu-se a caracterização actual das Barreiras de Maputo.



A metodologia seguida neste trabalho compreendeu duas etapas denominadas **Técnica de recolha de dados no campo e Análise de Dados.**

1.5.2. Técnica de recolha de dados no campo

- Visitas de monitoria dos taludes;
- Recolha de dados de caracterização geotécnica dos solos;

1.5.3. Análise de Dados.

- Levantamento dos perfis em análise;
- Modelação Digital de perfis considerados representativos através do programa GEO5;
- Cálculo do Factor de Segurança para cada perfil, envolvendo rotura com geratriz circular e poligonal.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Conceitos gerais

O **solo** pode ser definido por um material formado pelo aglomerado de partículas sólidas resultantes do processo natural de intemperismo das rochas. Este processo ocorre de duas maneiras: através de desintegração mecânica ou decomposição química (VARGAS, 1977).

Deslizamento será um termo genérico, usado para descrever o movimento de descida do solo, de rochas e material orgânico, sob o efeito da gravidade, e também a formação geológica resultante de tal movimento

Denomina-se **talude** uma superfície qualquer inclinada de um maciço de solo ou rocha (GERSCOVICH, 2016). Por outro talude é uma superfície de terreno exposto que faz um dado ângulo α com a horizontal. Pode-se, ainda, diferenciar tal superfície segundo sua origem. Considera-se um talude aquela superfície que tem como origem a ação antrópica, mediante a execução de obras de terra como cortes e aterros, necessárias em grande parte das obras lineares, enquanto encostas são as superfícies de origem natural, caracterizadas por apresentar geometria oriunda de processos de formação do relevo ou movimentos gravitacionais de massa anteriores.

Segundo Caputo (1987), basicamente, uma **encosta ou talude** é constituída pelos seguintes elementos (Figura 1):

- Crista;
- Corpo (talude);
- Ângulo de inclinação;
- Terreno de fundação;
- Altura;

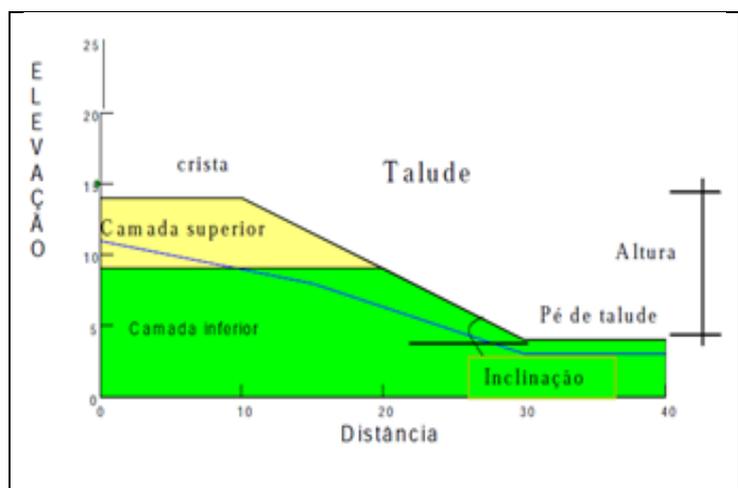


Figura 1: Elementos de um talude

Fonte: Adaptado de (CAPUTO, 1987)

2.2. Movimentos gravitacionais de massa

Os problemas associados a instabilidade de encostas são responsáveis por promover a ocorrência de movimentos gravitacionais de massa, que ao longo dos anos foram classificados segundo diferentes metodologias, como, por exemplo, Hutchinson (1968), Varnes (1978), e Guidicini & Nieble (1983). A classificação de Varnes (1978) tornou-se referência para muitos pesquisadores, sendo ela considerada oficial pela International Association of Engineering Geology and the Environmental Engineering – IAEG (Conti, 2012). Esta classificação abrange os movimentos que envolvem materiais rochosos, porém, se tratando deste trabalho de taludes de corte constituídas por solo, a coluna destinada a tais movimentos foi convenientemente suprimida (tabela 1).

Tabela 1: Classificação de movimentos de massa

Tipo de movimento			Solos de engenharia	
			Predominantemente grosso	Predominantemente fino
Quedas			De detritos	De terra
Tombamento			De detritos	De terra
Deslizamento	Circular	Poucas unidades	De detritos	De solo
	Poligonal	Muitas unidades		
Espalhamento			De detritos	De solo
Corridas			De detritos	De lama
Complexo			Combinação de dois ou mais tipos de movimento	

Fonte: (Varnes, 1978)

2.3. Deslizamentos

Para Guimarães et al. (2003 apud CONTI, 2012), entre os principais movimentos de massa, os deslizamentos são os que vêm recebendo maior atenção da comunidade científica nos últimos anos, devido aos enormes problemas causados à sociedade. A gravidade destes eventos se dá pela rápida velocidade de deslocamento do solo, pela possibilidade de mobilizar grandes volumes de solo e por ocorrer muitas vezes em locais com ocupação antrópica, sejam elas regulares ou não. Os deslizamentos são caracterizados pela superfície de ruptura e volumes bem definidos, em que o centro de gravidade da massa mobilizada se desloca para baixo e para fora do talude (CONTI, 2012). Quanto à forma da superfície de ruptura, um deslizamento pode ser classificado como poligonal ou translacional, circular ou rotacional.

2.3.1. Deslizamentos translacionais

O deslizamento translacional ou poligonal, é caracterizado pela descontinuidade na interface entre horizontes de diferente capacidade resistente, ou pela ocorrência de planos de fraqueza dentro de uma massa de solo Gerscovich (2016).

Há também ocorrências com formato em cunha, gerados pela existência de dois ou mais planos de fraqueza ou interfaces de diferentes materiais.

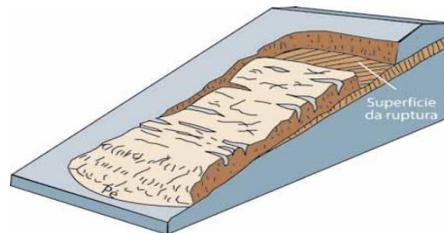


Figura 2: Esquema de deslizamento translacional

Fonte: Adaptado por (Varnes, 1978)

2.3.2. Deslizamentos rotacionais

Deslizamentos circulares ou rotacionais são caracterizados pela concavidade da superfície de ruptura, causada pela homogeneidade da camada de solo. Seguem um eixo de rotação imaginário, ao longo de uma superfície encurvada de ruptura, podendo ser associados em série, de maneira combinada e sucessiva (INFANTI JUNIOR; FORNASARI FILHO, 1998). Murk, Skinner e Porter (1996) afirmam que esse tipo de acidente é comum ao longo de obras lineares de engenharia, devido a construção de taludes artificiais, onde as camadas de solo tendem a ter comportamento homogêneo (aterros). Abaixo, na figura 3 está representado um esquema do deslizamento rotacional.

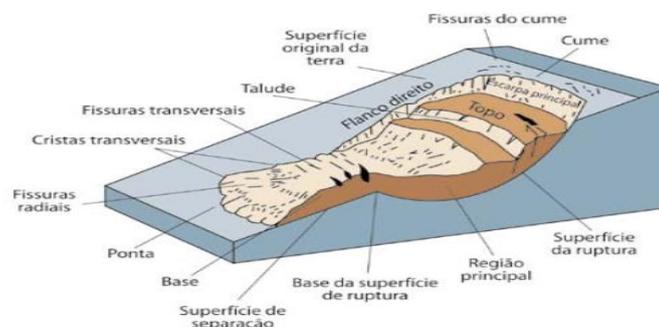


Figura 3: Esquema do deslizamento rotacional

Fonte: Adaptado por (Varnes, 1978)

2.4. Estrutura dos Solos

2.4.1. Causas e condicionantes dos deslizamentos

Augusto Filho e Virgili (1998 apud CONTI, 2012) comentam que, de forma geral, os factores condicionantes para a ocorrência de deslizamentos constituem uma cadeia de eventos de carácter cíclico, envolvendo processos de formação geológica, movimentos tectónicos, intemperismo e acção antrópica.

A tabela à seguir apresenta um resumo das principais causas dos movimentos de massa ocorrido nos taludes.

Tabela 2: Principais causas dos movimentos de massa

Causas	Fenómenos
Antrópicas	Escavações; Carregamentos; Exploração do lençol freático; Desmatamento; Irrigação; Mineração; Vibrações; Vazamento de tubulações.
Geológicas	Materiais sensíveis, alterados ou fracturados; Orientação da descontinuidade (acamamento, xistosidade, falha, contacto, entre outros); Contraste na permeabilidade e/ou dureza do material
Morfológicas	Actividades vulcânicas ou terremotos; Dinâmica glacial; Erosão fluvial ou marítima; Erosão subterrânea; Carregamento por deposição; Remoção da cobertura vegetal; Intemperismo por congelamento; Intemperismo por variação volumétrica.

Fonte: Adaptado por (Brito Filho e Vieira, 2009)

A instabilidade dos taludes pode ser ocasionada por causas (internas e externas), e pela influência das características geológicas dos terrenos na estabilidade dos taludes.

2.4.1.1. Causas internas

- Aumento das pressões intersticiais e consequentemente da resistência ao corte;
- Aumento das tensões de origem tectónica; e
- Diminuição da resistência dos terrenos devidos ao efeito do nível freático.

2.4.1.2. Causas externas

- Aumento da inclinação dos taludes (devido a escavação ou por erosão) /mudança do gradiente do talude;
- Aumento da altura dos taludes;
- Aplicação de sobrecargas (em particular na parte superior do talude);

- Acção dos sismos ou vibrações no talude; e
- Erosão superficial.

2.4.1.3. Influência das características geológicas dos terrenos na estabilidade dos taludes

- Litologia
- Descontinuidades
- Hidrogeologia

2.4.1.3.1. Litologia

Os taludes estudados desenvolvem-se unicamente na Formação da Ponta Vermelha.

- Areias siltosas e arenitos ferruginosos consolidados (parte superior - Formação Ponta Vermelha)
- Arenitos e siltitos com cor rosada, pouco consolidados a consolidados com impregnações carbonatadas (parte inferior - equivalente à Formação da Ponta Maona);
- Em areias finas e siltosas, o nível freático flui entre as partículas podendo gerar-se fenómenos de carregamento de finos (erosão interna progressiva), sendo a resistência do talude enfraquecida pelas cavidades que se formam (PCOEM, 2018)..

2.4.1.3.2. Descontinuidades

As descontinuidades geológicas, presentes nos maciços rochosos e em solos de alteração, constituem também planos ao longo dos quais pode haver escorregamento, desde que a orientação desses planos seja em sentido à rodovia. Estas influenciam o comportamento do maciço em termos de resistência ao corte, permeabilidade e deformabilidade (PCOEM, 2018).

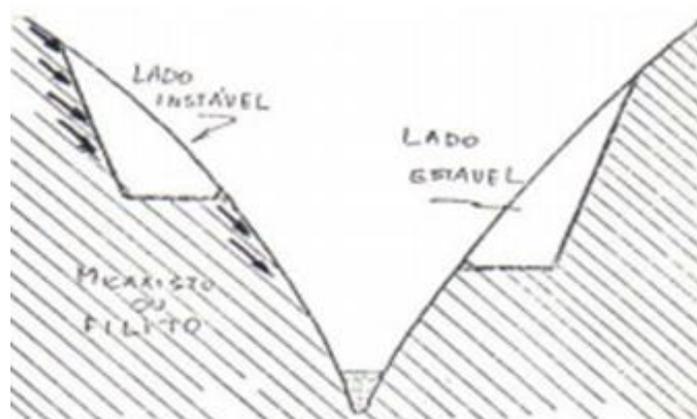


Figura 4: Diferença de estabilidade num mesmo vale

Fonte: Consultec, 2005

2.4.1.3.3. Parâmetros a considerar:

- Orientação e dimensões das descontinuidades, as quais definem a forma e grandeza dos blocos, e a direção segundo a qual o bloco pode deslizar;
- Propriedades de resistência ao deslizamento das descontinuidades, que determinam a resistência ao escorregamento dos blocos.

2.4.1.3.4. Hidrogeologia.

Os deslizamentos estão muitas vezes associados a chuvas intensas, como tal, o conhecimento do comportamento hidrogeológico de um talude permite prever a possível ocorrência de movimentos de terra e gerir os programas de gestão de riscos, bem como saber a posição dos níveis freáticos, caminhos de percolação da água e pressão da água nos poros (PCOEM, 2018).

2.4.2. Resistência dos solos

A resistência ao cisalhamento do solo é definida como a máxima tensão de cisalhamento que o solo pode suportar sem sofrer ruptura, ou a tensão de cisalhamento do solo no plano em que a ruptura estiver ocorrendo. A resistência dos solos é o resultado da acção causada por dois factores, ângulo de atrito e coesão (PINTO, 2002).

O ângulo de atrito e a coesão são propriedades significativas dos materiais, na discussão de problemas de estabilidade. A tensão cisalhante (τ), necessária para provocar deslizamento, aumenta com o aumento da tensão normal (σ) (PINTO, 2002). O que define o ângulo de atrito é a inclinação da linha normal e cisalhante. Se a descontinuidade for selada, ou rugosa, quando a tensão normal for igual à zero, será necessário um determinado valor da tensão cisalhante para provocar movimentação, que definirá a coesão no plano de descontinuidade como ilustra a figura 5.

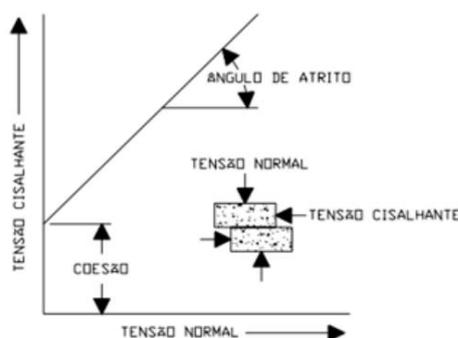


Figura 5: Correlação entre a tensão de cisalhamento necessária para a produção de um escorregamento e suas principais consequências

Fonte: adaptado de (Pinto, 2002)

2.5. Função estabilizadora da vegetação

As plantas desempenham no solo uma função de estabilização que revela-se quer ao nível da protecção contra a acção de agentes internos (tais como falta de coesão, acumulo de água, etc.) e externos (tais como o vento, precipitação, etc.).

A função estabilizadora da vegetação pode ser caracterizada da seguinte forma:

- Aumento da rugosidade da superfície da encosta e diminuição da velocidade do escoamento superficial;
- Intercepção e amortecimento da energia da precipitação pelas folhas, ramos e tronco e consequente diminuição da erosão na superfície do solo pelo impacto da água da chuva;
- Aumento da infiltração através de processos de drenagem radicular, do efeito absorvente da camada de húmus e do aumento da superfície de humedecimento. Este efeito da vegetação resulta consequentemente no amortecimento da quantidade da água escoada e na diminuição da erosão na superfície do solo pelo escoamento superficial;
- Armação do solo pelas raízes pelas raízes, resultado no aumento da coesão do mesmo e no aumento do ângulo de atrito e consequente diminuição do risco de movimentações catastróficas no solo do talude (deslizamentos). Este efeito é proporcionado apenas pelas raízes de espécies lenhosas.
- Funções mistas – quando o objectivo não é o alcance de funções de armação, ancoragem e igualmente cobertura. Isto pode ser alcançado com o estabelecimento de um denso coberto vegetal de espécies arbustivas e arbóreas.
- Funções complementares – quando o objectivo é auxiliar a revigorar as funções benéficas da vegetação no solo com vista ao aumento da sua agregação e coesão. Por exemplo espécies do grupo das leguminosas, algumas espécies arbóreas e arbustivas têm a capacidade de através da presença de bactérias simbióticas, em nódulos radiculares, fixarem o nitrogénio do ar contribuindo deste modo para a fertilização do solo onde estiverem instaladas. Igualmente a formação de húmus auxilia na melhoria do regime hídrico do solo e na sua estruturação

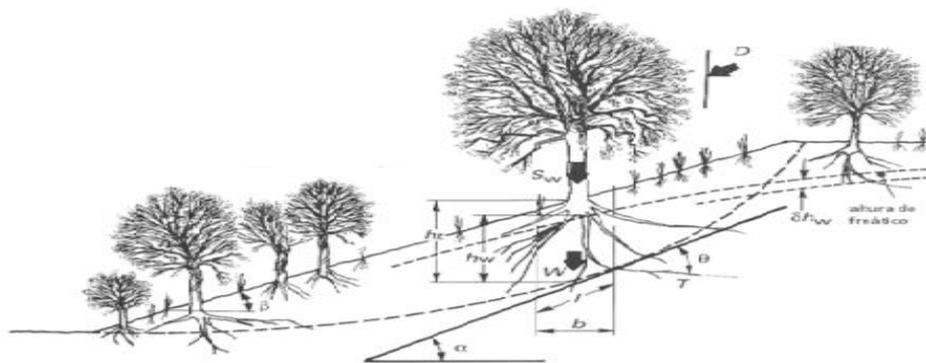


Figura 6: Efeito da vegetação num talude

Fonte: Silva, 2012

2.6. Avaliação da estabilidade de taludes

O objectivo da análise de estabilidade de taludes é avaliar a possibilidade de ocorrência de deslizamento. De forma geral, a deflagração do deslizamento ocorre quando as tensões de cisalhamento mobilizadas na massa de solo atingem a resistência de cisalhamento do material (GERSCOVICH, 2016). Esse equilíbrio entre esforços solicitantes e esforços resistentes é reflectido no conceito de Factor de Segurança – FS, entendido como a relação entre a resistência ao cisalhamento do material e as tensões mobilizadas pela massa de solo, conforme a equação a seguir:

$$FS = \frac{\tau_f}{\tau_{mob}}$$

Onde:

τ_f é a resistência ao cisalhamento;

τ_{mob} é a tensão cisalhante mobilizada

No sentido de se verificar a estabilidade geral dos taludes recorre-se a vários métodos a citar: método de equilíbrio limite, método de Bishop Simplificado, spencer, Fellenius/Petterson, Junbu, Morgenstern-Price, Sarma. Para o cálculo são necessários conhecimentos de zoneamento geológico que fornecem informações de valores das características geotécnicas consideradas:

- Peso específico aparente (γ);
- Ângulo de atrito efectivo (ϕ');
- Coesão efectiva (c');

A partir do conceito de factor de Segurança, avalia-se se um talude é estável ou não. Para casos gerais, as condições de estabilidade são (GERSCOVICH, 2016):

- FS > 1: obra estável;
- FS = 1: ocorre ruptura;
- FS < 1: não há significado físico.

Caputo (1987) destaca que, do ponto de vista teórico, um talude consiste em uma massa de solo submetida ao efeito de três forças: as forças devidas ao peso próprio, as forças devido ao escoamento da água, e à resistência ao cisalhamento característica do

material. As duas primeiras contemplam os esforços solicitantes, enquanto que a última representa o esforço resistente.

Entretanto, conforme a ABNT NBR 11682:2009, a magnitude do factor de segurança não é a mesma em todos os casos, e pode variar em função das consequências que uma eventual ruptura, com relação ao perigo de perdas de vidas humanas (tabela 3) e à possibilidade de danos materiais e ambientais (tabela 4).

Tabela 3: Nível de segurança com relação à perda de vidas humanas

Nível de Segurança	Critérios
Alto	Área 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	Área e edificações com movimentação e permanência eventual de pessoas Ferrovias e rodovias de tráfego reduzido

Fonte: (ABNT, 2009)

Tabela 4: Nível de segurança com relação a 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 afectem serviços essenciais. Danos ambientais: Locais sujeito 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 ambientais: Locais sujeitos a acidentes ambientais moderados

Baixo	<p>Danos materiais: Locais próximos a propriedades de valor reduzido</p> <p>Danos ambientais: Locais sujeitos a acidente ambientais reduzidos</p>
-------	---

Fonte: ABNT (2009)

O cruzamento das classificações de nível de risco das tabelas 3 e 4 possibilita então o enquadramento do projecto em relação ao seu Factor de Segurança mínimo (tabela 5).

Tabela 5: Factores de segurança mínimos

Nível de segurança contra danos materiais e ambientais	Nível de segurança contra perdas 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

Fonte: ABNT (2009) *PCOEMT*

Com o resultado desta equação em mão, o técnico já sabe se ocorre ou não um processo de instabilidade no respectivo talude analisado.

Ainda, de acordo com a equação proposta, quando se chega a um valor igual a 1,15 corresponde à um grau de segurança baixo para o local, quando o valor é 1,0 está em ocorrência de ruptura. Já quando os valores forem 1,30, grau de segurança médio e acima de 1,5 grau de segurança alto, sendo que o mesmo indica que se tem talude estável (GERSCOVICH, 2012).

2.7. Métodos de análise de estabilidade

As técnicas e métodos de estabilização de taludes são estruturas e procedimentos a serem empregadas para a estabilidade de taludes, impedindo assim o seu rompimento. Segundo Carvalho (1991), a técnica que será adoptada no tratamento da instabilidade deve partir das soluções mais simples e de menor custo, só adoptando outras mais complexas e caras quando as primeiras se mostrarem inviáveis ou inadequadas. Na figura 11 abaixo, será apresentado um fluxograma de recomendação para a utilização dos tipos de obras de estabilização de taludes de corte e aterro.

Figura 7: Fluxograma para a utilização dos tipos de obras de estabilização de taludes de corte e aterro

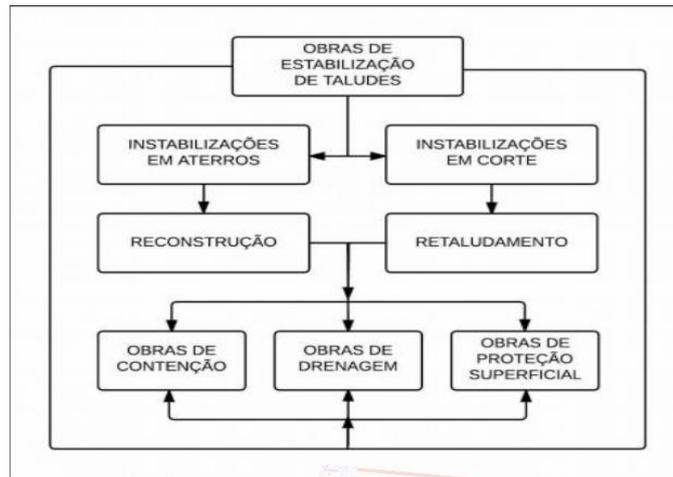


Figura 7: Fluxograma para a utilização dos tipos de obras de estabilização de taludes de corte e aterro

Fonte: adaptado de (Carvalho, 1991)

As técnicas de estabilização de taludes também devem depender da escolha considerada nos coeficientes de segurança das diferentes configurações, em que se possa permitir a adoção das técnicas mais conservadoras, apropriadas para regiões que apresentem cenários propensos às instabilidades (NETO, 2016).

Dessa forma, os métodos de análise de estabilidade conforme o CESEC/UFPR (2016) devem prever:

- Uma análise dos taludes que se encontram estáveis nos diversos tipos de obras geotécnicas, que se referem às condições de solicitação, para permitir a execução de projectos económicos e seguros;
- Examinar a possibilidade de taludes naturais ou construídos pelo homem causarem os deslizamentos;
- Estudar sobre a intervenção relativa de parâmetros, tais como: parâmetros de resistência, variando-se as condições de fluxo;
- Analisar deslizamentos que acontecem em razão dos mecanismos de ruptura e da influência de factores ambientais, ou seja, a retro análise da estabilidade;
- Por em prática os projectos de estabilização de taludes que foram rompidos, investigar as alternativas de medidas preventivas e correctivas que possam ser necessárias;
- Analisar a causa de deslizamentos naturais ou decorrentes da acção do homem, como por exemplo, terremotos, maremotos, explosões, altas temperaturas, execução de obras; (CESEC/UFPR, 2016, p. 29)

3. TRABALHOS REALIZADOS.

3.1. Apresentação do local de estágio

Direcção de Serviço Municipal de Ambiente e Salubridade (DMAS), pertencente ao Conselho Municipal da Cidade de Maputo, esta encontra-se localizada na Cidade de Maputo, Distrito Municipal de KaMpumo no Bairro do Alto Maé "B" na Av. Fernão de Magalhães, Nr. 1252.

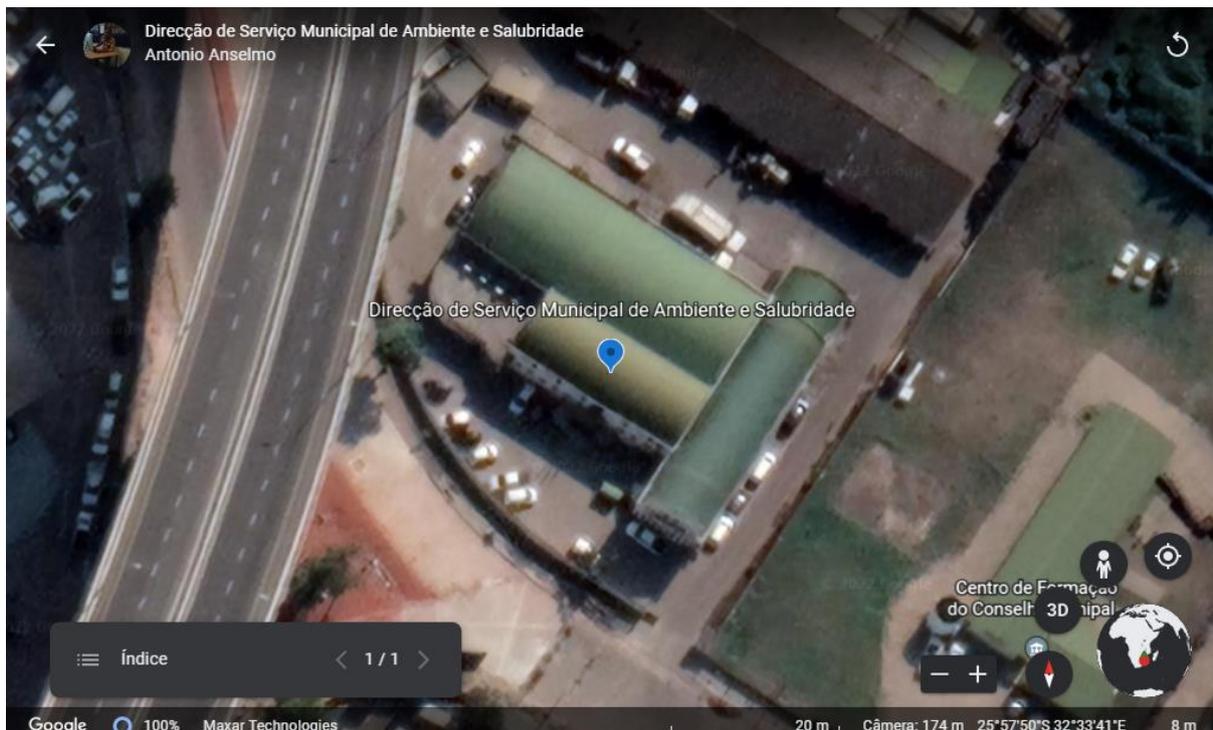


Figura 8: Direcção de Serviço Municipal de Ambiente e Salubridade

Fonte: (Autor, 2022)

A DMAS, é uma Direcção do Conselho Municipal de Maputo que encontra-se repartida em Educação Ambiental, Resiliência Urbana; e Inspeção Ambiental. Todas as repartições trabalham de forma integrada para salvaguardar o interesse dos munícipes nas diversas componentes inerentes ao meio ambiente.

3.2. Organograma da empresa

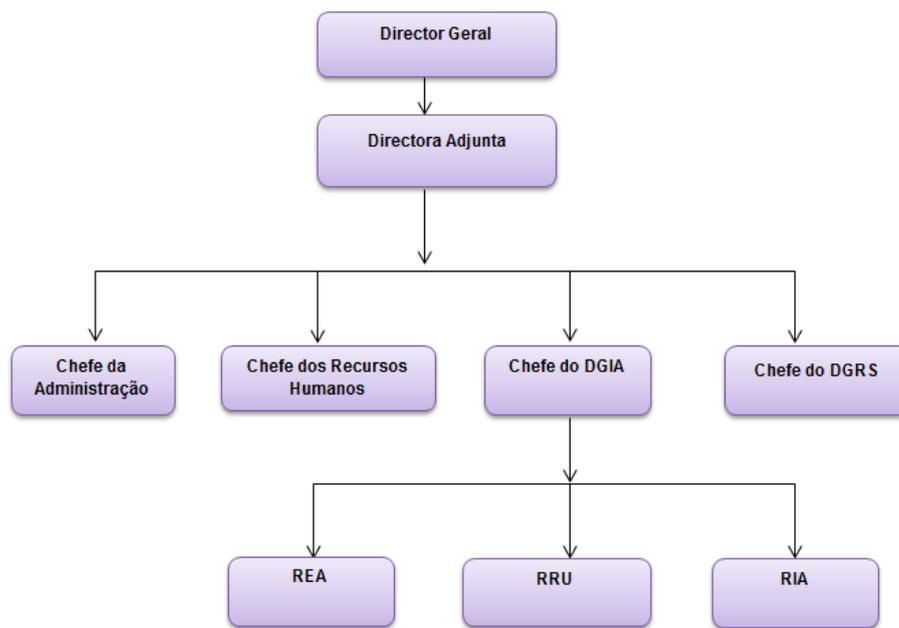


Figura 9: Organograma Adaptado da empresa

Fonte:(DMAS)

3.3. Actividades realizadas durante o período de estágio

Ao longo do estágio no Departamento de Gestão e Inspeção Ambiental (DGIA), foram realizadas diversas actividades no que tange a assimilação dos diversos sectores.

Segundo as recomendações do supervisor da empresa, os primeiros dias consistiam em ambientar-se e participar com equipas de trabalho nas actividades. Após o processo de ambientação, apresentação dos responsáveis dos sectores e acompanhamentos com os técnicos, foram em seguida realizadas as seguintes actividades nas seguintes Repartições.

3.3.1. Repartição de Resiliência Urbana

Participou de actividades em campos diversificados executando planos que competem a:

- Avaliação e monitoria do ponto de situação dos taludes do Município de Maputo (ponta vermelha, Marginal e Av. Julius Nyerere);
- Monitoria de áreas ecologicamente sensíveis e propensas as inundações (zona de Mangais do Costa do Sol e Katembe);

- Execução de actividades de sensibilização para abandono voluntário das famílias que vivem em áreas de risco em coordenação com a Direcção Municipal da Saúde e Acção Social;
- Criação de planos de emergência para que as famílias sejam albergadas no caso da ocorrência de inundações;
- Criação e execução em conjunto com a REA de actividades de plantio de árvores na praia da Costa do sol no âmbito do Projecto SUTA;
- Mapeamento de áreas de risco, aos impactos dos eventos extremos (ciclones, secas, inundações em áreas mas vulneráveis aos eventos Sísmicos);
- Levantamento de aspectos sócios e ambientais para a construção de aterro sanitário (KaTembe);
- Elaboração de Projectos de Restauração dos Mangais do Costa do Sol, Albasine, e Katembe.

3.3.2. Repartição de Educação Ambiental

Participou de actividades em campos diversificados executando planos que competem a:

- Elaboração de projectos de educação e sensibilização para o desenvolvimento sustentável (ESDS) junto e com a comunidade educativa;
- Participação em programas de educação comunitária, destinadas a sensibilizar o munícipe e as instituições de actuação no Município de Maputo para os problemas de preservação do meio ambiente;
- Integrou em actividades de divulgação de eventos, acções e programas municipais relativos à protecção, ao controle e ao desenvolvimento ambiental.

3.3.3. Repartição de Inspecção Ambiental

Participou de actividades em campos diversificados executando planos que competem a:

- Inspecção e fiscalização ambiental de projectos, serviços e actividades levadas a cabo por entidades públicas e privadas;
- Elaboração de pareceres técnicos ambientais para processos de licenciamento para instalação, construção, ampliação, operação e funcionamento de actividades poluidoras ou potencialmente poluidoras;
- Organização de documentos do Arquivo do Departamento de Gestão e Inspecção Ambiental.

4. MONITORIZAÇÃO DO PONTO DE SITUAÇÃO DOS TALUDES DO MUNICÍPIO DE MAPUTO

4.1. Geologia e Geotecnia

Os taludes estudados desenvolvem-se na formação da Ponta Vermelha que tem a seguinte constituição litoestratigráfica.

➤ Formação de Ponta Vermelha (PtV)

Areias siltosas e arenitos ferruginosos consolidados, arenitos e siltitos com cor rosada, pouco consolidados a consolidados com impregnações carbonatadas.

Os solos da formação de Ponta de Vermelha correspondem a areias mal graduadas com silte (SP-SM), areias siltosas (SM) e areias mal graduadas (SP), segundo a classificação ASTM (American Society for Testing and Materials), e correspondem a solos das classes A-3 e A-2-4 pela classificação AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials). Os solos por norma são não plásticos (PCOEM, 2018).

4.1.1. Parametrização geotécnica dos taludes da formação ponta vermelha

O perfil geotécnico dos taludes da zona de Formação ponta vermelha apresentam parâmetros médios observados em 3 secções dos taludes como ilustra a tabela à seguir

Tabela 6: Parâmetros geotécnicos médios dos taludes da FPV

	Secção 1 (Ponta Vermelha)				Secção 2 (Marginal)				Secção 3 (Julius Nyerere)			
Altura do talude	Parâmetros Geotécnicos				Parâmetros Geotécnicos				Parâmetros Geotécnicos			
metros	Tipo de Solo	(C') KPa	(ϕ°)	(γ) KN/m ³	Tipo de solo	(C') KPa	(ϕ°)	(γ) KN/m ³	Tipo de solo	(C') KPa	(ϕ)	(γ) KN/m ³
50 - 40	Areia	1,25	20	17								
40 - 20	Areia	1,60	29	17,5	areia	1,60	30	17,5				
20 - 15					Areia	1,30	36	18,1				
15 - 08					Areia	1,00	29	18,3	Areia	1,10	35	20,1
08 - 0	Areia	1,15	34	18,8	Areia limosa	1,20	29	18,3	Areia limosa	1,20	29	18,3
	Argila	3,00	20		Areia limosa	3,70	23	19,0	Argila	3,00	23	19,3
									Areia	3,30	20	19,3

4.2. Drenagem

Taludes da Ponta Vermelha e Marginal

Em todos os taludes onde existia um sistema de drenagem é flagrante a falta de limpeza e manutenção dos órgãos de drenagem. Apesar de alguns terem sido construídos há mais de 50 anos, ainda se apresentam em condições estruturais aceitáveis, necessitando de protecção, reposição e desvio de águas que entretanto se tenham direccionado para os taludes (PCOEM, 2018).

Talude da Av. Julius Nyerere

Na parte a partir do pk 2+200 até à Praça dos Combatentes, existe já projecto de drenagem em curso a cargo da DNA que irá cobrir os bairros Polana Caniço A e B. Aqui são visíveis muitas pequenas ravinas porque não existe sistema de drenagem.

4.3. Ecologia

Em relação à vegetação, no geral, nos taludes em estudo foi observado que as instabilidades ocorrem em áreas onde o coberto vegetal está sujeito a grande pressão, devido à sua retirada para a construção de infra-estruturas, pisoteio ou acúmulo de resíduos sólidos, o que influencia o seu estado de conservação.

Talude da Ponta Vermelha e Marginal - A vegetação é sobretudo arbóreo-arbustiva, apresentando-se mais ou menos bem conservada. Podem ser observados ao longo dos taludes algumas áreas com erosão causada sobretudo pelo escoamento superficial de águas provenientes das residências no topo do talude (em particular as na Av. Patrice Lumumba). Em algumas áreas destes taludes, são encontradas residências informais dispersas e caminhos pedonais criados para as aceder. Ao longo dos caminhos pedonais há uma grande abundância de resíduos sólidos, algumas áreas queimadas, vestígios de fecalismo a céu aberto o que compromete a conservação da vegetação (PCOEM, 2018). No talude da Marginal em particular existem muitos caminhos pedonais criados pelos residentes, incluindo vendedores informais, para aceder à zona alta da cidade; nestas áreas a vegetação vem sofrendo grande pressão devido ao pisoteio e deposição de resíduos sólidos.

Talude da Julius Nyerere - Nos taludes da JN, a vegetação já se encontra bastante degradada e antropizada, agravada pelo aparecimento de grandes ravinas e, a remanescente tem sofrido muita pressão devido à alta taxa de ocupação humana destas zonas (PCOEM, 2018).

4.4. Socioeconomia

O **talude da Ponta Vermelha** abrange uma área que consiste em áreas residenciais ou Bairros com casas individuais, jardins e avenidas o que demonstra uma densidade populacional baixa e um nível socioeconómico alto (zona da Polana) (PCOEM, 2018).

No topo deste talude o solo é ocupado por assentamentos humanos formais, com arruamentos e serviços de saneamento. No início do sopé do talude vem sendo ocupado por vários edifícios em altura.

O **talude da Marginal** encontra-se apenas pontualmente habitado com residências informais dispersas, sem nenhum serviço. A outra parte é caracterizada por uma urbanização mais formal com equipamentos e serviços tais como a Global Alliance, Auto Fidelidade, Consultec, Instituto de Desenvolvimento de Pesca de Pequena Escala, entre outros, sendo sobretudo destino a grupos de rendimento alto (PCOEM, 2018).

O **talude da JN** integra os Bairros Polana Caniço A e B e bairro Ferroviário é caracterizada por dois grupos distintos. Uma delas corresponde à zona que se estende ao longo da Av. JN onde predominam empreendimentos residenciais e empresariais de baixa densidade focalizada para grupos de rendimento alto. Esta zona prolonga-se, para além da zona adjacente ao Campus Universitário da UEM, também conhecida por Sommerschild II, pela Zona da Marginal onde se destacam empreendimentos e infra-estruturas público-privadas. Estes empreendimentos e infra-estruturas são caracterizados por se orientarem para grupos de rendimento alto e/ou médio-alto. Na zona sul da Av. JN, tem havido um crescimento de projectos de autoconstrução, não obedecendo muitas vezes a regras de parcelamento determinadas pelo Município. A outra é uma constituída de construções desordenadas destinadas a grupos de rendimento baixo e incluem habitações, construções destinadas ao comércio formal e informal (PCOEM, 2018).

5. APRESENTAÇÃO DOS PERFIS DOS TALUDES SELECIONADOS.

Apresentam-se a seguir três perfis em modelo digital (Modelo de Cálculo) com a indicação das respectivas cotas do terreno que podem ser lidas a partir da escala que os acompanham.

Os perfis designados como representativos são: Os Perfis 1- (Talude da Marginal junto ao Jardim dos namorados), 2 - (Talude da Ponta Vermelha no edifício Torres Vermelhas), e 3 - (Talude da Av. Julius Nyerere).

5.1. Talude da Marginal

Este talude tem uma altura aproximadamente a 40m, apresenta um solo coeso, propriedades cimentantes e coberto vegetal típico do local. Para dar lugar a construção de edifícios, estradas, circuitos pedonais, drenagem de águas este já sofreu o reperfilamento, contudo o reperfilamento e posterior construção de edifícios tem contribuído para maior estabilidade do talude (anexo).

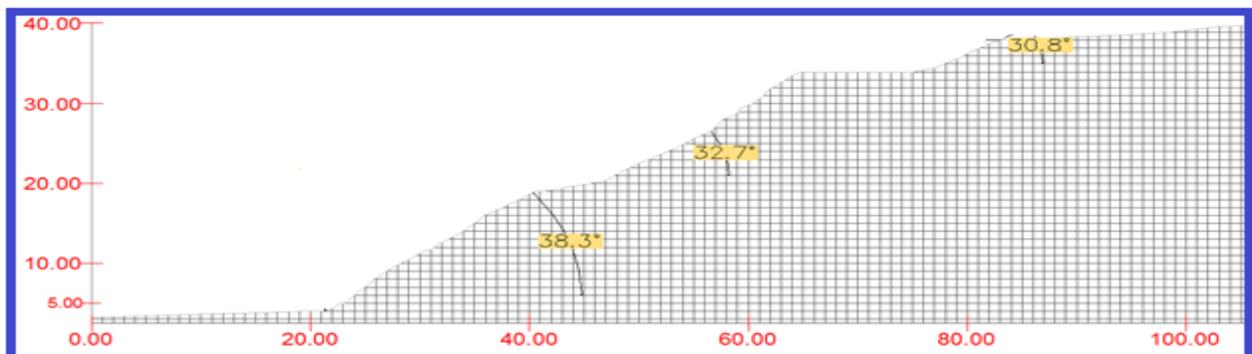


Figura 10: Perfil 1- Talude da Marginal- Perfil transversal - junto ao Jardim dos namorados

Fonte: PMENT, 2018

5.2. Talude da Ponta Vermelha.

Este talude tem uma altura superior a 40m, apresenta um solo coeso, propriedades cimentantes e coberto vegetal típico do local composto por árvores e relva. Para dar lugar a construção de edifícios, estradas, circuitos pedonais, drenagem de águas este já sofreu corte e reperfilamento, contudo o reperfilamento e posterior construção de edifícios tem contribuído para maior estabilidade do talude. No topo e corpo este é muito íngreme e de difícil acesso. Este talude não é estável, porém a presença de infra-estruturas (estradas,

passadeiras, valas) e estruturas de protecção, presença de diversos tipos de vegetação típica do local, tem garantido a estabilidade do mesmo.

A estabilidade desse talude é assegurado pela presença de corpos rígidos e constitui causa da instabilidade o foco de lixo sobre o mesmo que contribui para a filtração e saturação do solo e consequentemente ocorre a ruptura do solo.

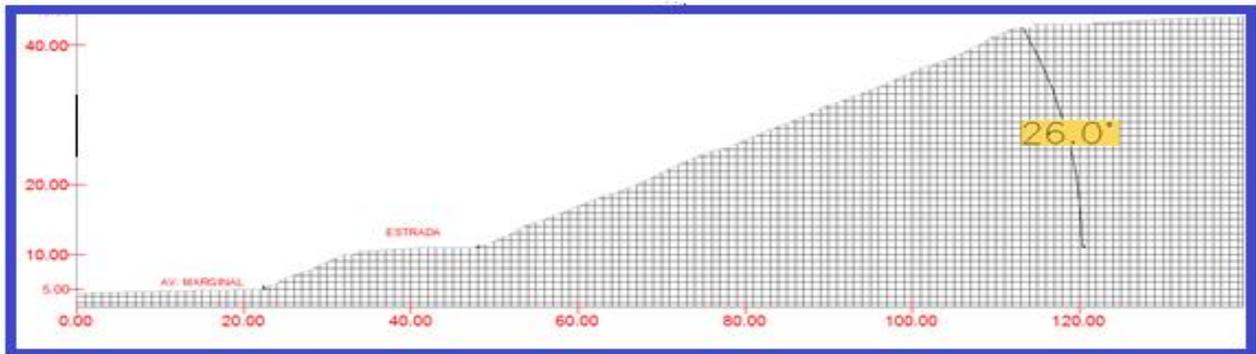


Figura 11: Perfil 2 - Talude da Ponta Vermelha - Perfil transversal - no edifício Torres Vermelhas

Fonte: PMENT, 2018

5.3. O Talude da Julius Nyerere

Estes taludes têm uma altura superior a 11m do lado esquerdo e aproximado a 7m do lado direito, apresenta propriedades cimentantes e um coberto (betão projectado) no lado esquerdo e sem cobertura no lado direito no sentido Polana - Praça dos Combatentes. Este talude é de corte e apresenta descontinuidade onde do lado esquerdo esta instável mesmo com a intervenção e o lado direito apresenta-se estável sem ter sido intervencionado, aqui esta presente e visível Diferença de estabilidade. No topo do talude, ambos lados existem residências, árvores que encontra-se a menos de 2m do topo do talude oque não é o recomendado, pressionando assim a face do talude.

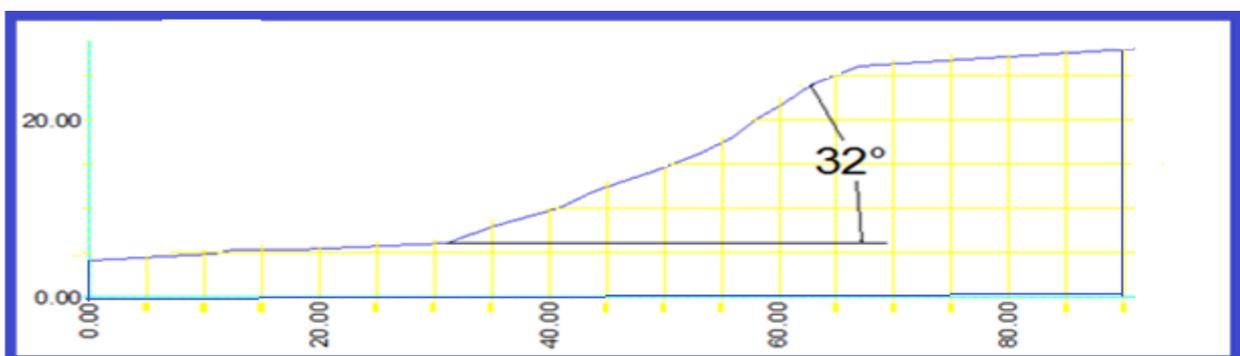


Figura 12: Perfil 3 - Talude da Av. Julius Nyerere- Perfil transversal.

Fonte: PMENT, 2018

6. CÁLCULO DE ESTABILIDADE DOS TALUDES

A análise foi feita considerando para cada um dos perfis modelados, mecanismos de rotura de geratriz circular e poligonal. A escolha dos mecanismos de rotura foi feita deste modo com o fim de se avaliar a probabilidade de ocorrência de diferentes hipóteses de rotura e assim determinar o mecanismo mais provável.

Os resultados do factor de segurança mínimo aceitável podem ser vistos com melhor representado no subtítulo 7.1 (apresentação de resultados), nas tabelas (8,9 e 10) de cada perfil.

No Capítulo 7 (apresentação e análise de resultados), encontram-se arroladas informações que permitiram o cálculo da estabilidade como:

- Identificação do perfil em estudo;
- Identificação do mecanismo de rotura estudado;
- Método de análise; e
- Factor de segurança obtido.

Nota: Os dados de entrada (interfaces, dados do solo, sobre peso, corpo rígido, etc.), não são apresentados na discussão de resultados, pois para a realização do trabalho utilizou-se a versão demonstração do Geo5, e por conta disso apenas apresenta-se os finais. Os dados de entrada encontram-se na tabela 6.

6.1. Análises.

Foram realizados dois tipos de análises, a saber:

- **Análise não otimizada**- consiste na escolha, aleatória ou sistemática, de uma superfície de rotura para posterior cálculo do FS correspondente; e
- **Análise otimizada**- consiste na determinação automática da superfície de rotura que corresponde ao mínimo factor de segurança, uma vez definido o método de cálculo.

6.2. Métodos de cálculo

Devido a necessidade de se estudar diferentes mecanismos de rotura, diversos métodos de cálculos foram adoptados, para atender às limitações que um ou outro método possa ter.

Tabela 7: Métodos de cálculo usados na análise da estabilidade

Método de cálculo	Mecanismo de rotura	
	Circular	Poligonal
	Bishop	Spencer
	Fellenius/Petterson	Sarma
	Spencer	Janbu
	Janbu	Morgenstern-Price
	Morgenstern-Price	

Fonte: Estabilidade de taludes Geo5

7. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS.

A seguir são apresentados os resultados de análises efetuadas para avaliação da estabilidade dos 3 perfis com recurso ao software de cálculo GEO5 (Slope) versão 2023, onde foi feita a análise com mecanismos de rotura de geratriz circular (método de Bishop) e poligonal (método de Spencer) usando a optimização e foi feita a análise padrão envolvendo todos os métodos com vista a encontrar o factor de estabilidade mínima aceitável para os taludes da área em estudo.

A análise de estabilidade obedeceu as seguintes etapas a destacar.

1. Definição da Geometria e outros parâmetros
2. Desenho dos contornos do problema e atribuição dos materiais (Desenhar a linha piezométrica)
3. Definir as propriedades dos solos e vincular as camadas
4. Modelar o muro de gravidade como um corpo rígido
5. Atribuir solos e corpo rígido
6. Definir sobrecarga a 1m de desenvolvimento do talude
7. Desenhar a superfície de ruptura
8. Especificar os métodos de análise
9. Salvar, resolver e visualização dos resultados.

Foram considerados propriedades mecânicas dos solos em extensão e profundidade para análise da estabilidade de taludes, tendo sido considerados os seguintes parâmetros de resistência:

1. Ângulo de atrito efectivo $\phi = 32^\circ$ [mínimo 23.1° ; máximo 34.6°]
2. Coesão efectivo $c'=0.00$ KPa [mínimo 0,8 kPa ; máximo 3 kPa]
3. Peso específico $\gamma=19$ KN/m³ [mínimo 17 kN/m³; máximo 19 kN/m³ , no estado natural]

Para o cálculo não foi considerado a profundidade e o nível freático pois este encontra-se a profundidades consideráveis, o estudo foi feito em termos de tensões efectivas.

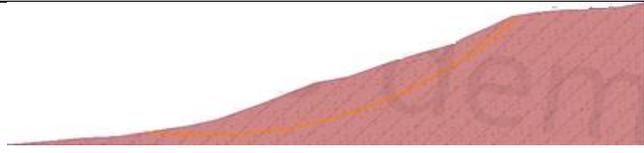
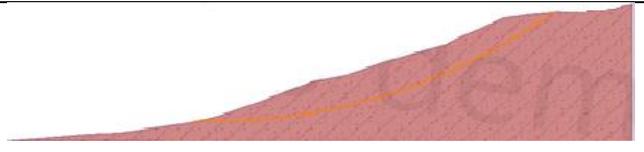
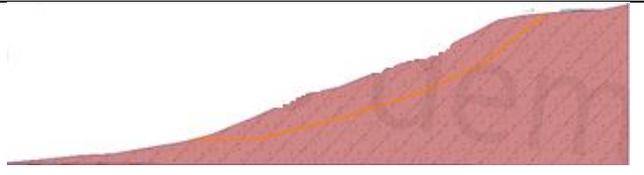
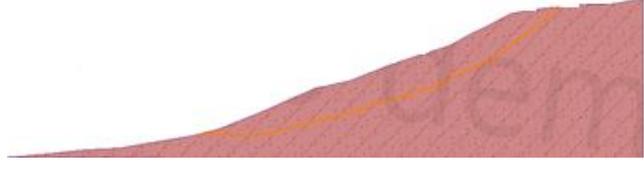
7.1. Apresentação de resultados.

7.1.1. Talude da Marginal.

A tabela 8 apresenta o resultado do cálculo do FS para superfície não crítica (não otimizada) e crítica (otimizada) para mecanismos de rotura circular (método Bishop) e poligonal (método de Spencer). A demonstração dos resultados mostram que a superfície crítica deve estar muito próxima da superfície do talude e a maior probabilidade é que a superfície de rotura seja plana. Os Factores de Segurança calculados estão próximo de 2 e isso significa que o talude neste momento encontra-se estável.

O que garante a estabilidade deste talude são as construções na parte superior, o reperfilamento, as construções de estrada no seu corpo e pé, os corpos rígidos existentes no talude.

Tabela 8: Perfil 1- Talude da Marginal- Perfil transversal - junto ao Jardim dos namorados (pks 2+125 a 2+775 tem inclinação geral de 30° a 40° e h= 35 m)

Perfil - 1				
Análise	Caso 1- Mecanismo de rotura circular	FS	Método de Cálculo (ver detalhes no anexo)	
Não otimizada		2.06	Bishop	Análise 1.1
Optimizada		1.96	Bishop	1.2
	Caso 2- Mecanismo de rotura poligonal			
Não otimizada		1.95	Spencer	2.1
Optimizada		1.95	Spencer	2.2

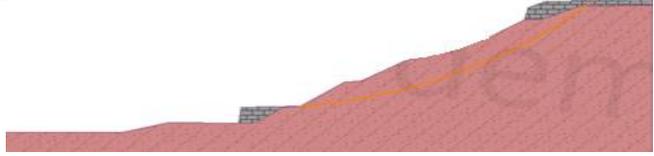
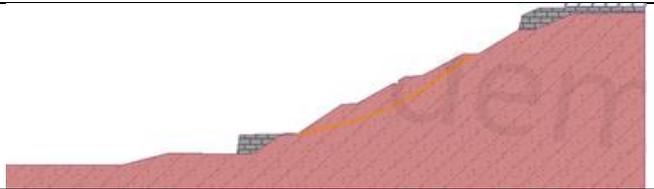
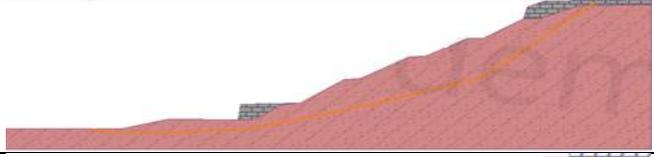
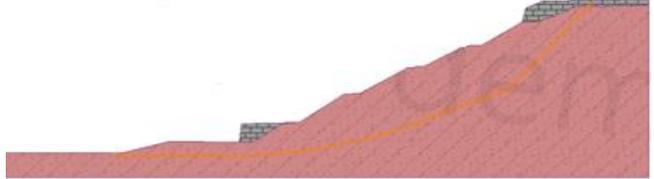
7.1.2. Talude da Ponta vermelha.

A tabela 9 apresenta o resultado do cálculo do factor de segurança para superfície não crítica (não otimizada) e crítica (otimizada) para os mecanismos de rotura circular (método Bishop) e poligonal (método de Spencer). A demonstração dos resultados mostram que a superfície crítica deve estar muito próxima da superfície do talude e a maior probabilidade é que a superfície de rotura seja plana.

Os Factores de Segurança calculados mostram que nesse talude a estabilidade é garantido com a colocação de estruturas de contenção para o caso em análise usou-se corpo rígido onde sem a presença da mesma o talude não encontra-se estável ($F_s \leq 1.5$) neste talude apenas ocorre a rotura circular onde ao se fazer a análise não otimizada apresentou $F_s = 8,69$ e quando optimizou-se o valor caiu drasticamente para $F_s = 1,52$.

Este resultado mostra que o mesmo com a estrutura de contenção ela encontra-se bem próximo da instabilidade ($F_s = 1,52$).

Tabela 9: Perfil 2 - Talude da Ponta Vermelha - Perfil transversal - no edifício Torres Vermelhas (pks 1+425 e h=50 m e a inclinação geral de 21° a 26°)

Perfil – 2				
Análise	Caso 1- Mecanismo de rotura circular	FS	Método de Cálculo (ver detalhes no anexo)	
Não otimizada		8.69	Bishop	Análise 1.3
Optimizada		1.52	Bishop	1.4
	Caso 2- Mecanismo de rotura poligonal			
Não otimizada		6.75	Spencer	2.3
Optimizada		4.63	Spencer	2.4

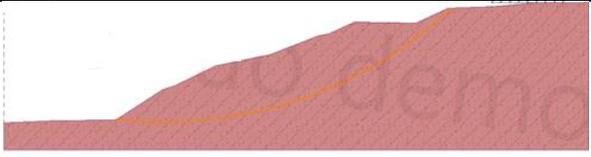
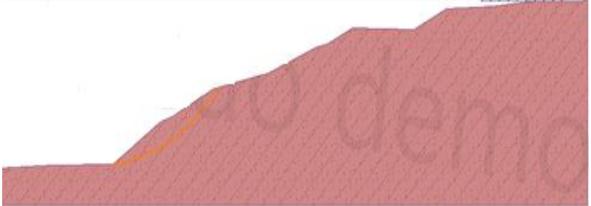
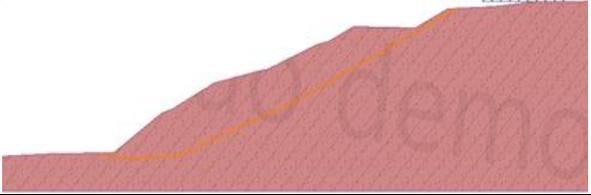
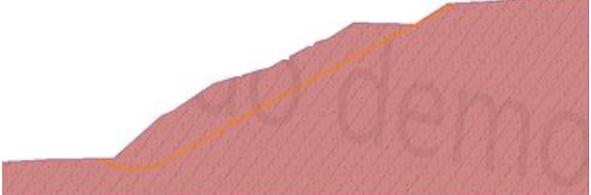
7.1.3. Talude da Av. Julius Nyerere

A tabela 10 apresenta o resultado do cálculo do factor de segurança para superfície não crítica (não otimizada) e crítica (otimizada) para os mecanismos de rotura circular (método Bishop) e poligonal (método de Spencer). A demonstração dos resultados mostram que a superfície crítica deve estar muito próxima da superfície do talude e a maior probabilidade é que a superfície de rotura seja plana.

Os Factores de Segurança calculados mostram que nesse talude a estabilidade é garantido com as propriedades do solo sem incluir qualquer estrutura de contenção. Neste talude apenas ocorre a rotura circular onde ao se fazer a análise não otimizada apresentou $F_s = 2,01$ e quando optimizou-se o valor caiu drasticamente para $F_s=1,53$.

Este resultado mostra que, mesmo sem a estrutura de contenção ela encontra-se estáveis porem, bem próximo da instabilidade ($F_s=1,53$).

Tabela 10: Perfil 3 – Talude da Av. Julius Nyerere- Perfil transversal (ângulo de talude é $\alpha=32^\circ$ e altura $h= 11m$)

Perfil – 3				
Análise	Caso 1- Mecanismo de rotura circular	FS	Método de Cálculo (ver detalhes no anexo)	
Não otimizada		2.21	Bishop	Análise
				1.5
Optimizada		1.53	Bishop	1.6
	Caso 2- Mecanismo de rotura poligonal			
Não otimizada		2.01	Spencer	2.5
Optimizada		1.95	Spencer	2.6

7.1.4. Apresentação de resultado do relatório denominando PCOEMT, 2018, caso de estudo Talude da Marginal e Ponta Vermelha.

A tabela abaixo apresenta resultados a quando da estabilização dos taludes TPV e TM, onde foi usado o programa o programa Slide Slope, comercializado pela empresa Rocscience. Foram consideradas as análises Estática e pseudo-estática. Considera-se para esta análise que o talude esta em equilíbrio limite quando o FS=1, onde obteve-se os seguintes resultados.

Tabela 11: valor dos factores de segurança (FS) obtidos para cada cenário de cálculo, em condições estáticas e pseudo- estático.

Talude	Perfil transversal	Factor de Segurança	
		Estático	Pseudo- estático
Talude da Ponta Vermelha	Edifício Torres	1,30	1,10
Talude da Marginal	Jardim dos Namorados	1,17	1,08

7.1.5. Apresentação de resultado caso de estudo Talude da Av. Julius Nyerere.

A tabela abaixo apresenta resultados obtidos que pertence ao Conselho Municipal de Maputo, onde foi usado o programa Geo 5, Versão 2017, comercializado pela empresa Geo5. Foram consideradas as análises para mecanismo de rotura circular e poligonal. Considerou-se equilíbrio limite FS>1.5, onde obteve-se os seguintes resultados que não levou em consideração o factor cimentante do solo em análise.

Tabela 12: Valores dos factores de segurança (FS) obtidos para cada cenário de cálculo, em condições não otimizada e otimizada

Talude	Perfil transversal	Factor de Segurança			
		Mecanismo de rotura circular		Mecanismo de rotura poligonal	
		Não otimizado (Fellenius)	Otimizado (Bishop)	Não otimizado (Sarma)	Otimizado (Sarma/ Janbu)
Talude- J.N	Perfil 4	0.99	0.81	1.05	0.84
Talude- J.N	Perfil 6	1.06	0.95	1.32	1.11

8. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

8.1. Talude da Marginal

O perfil em análise localizado no Edifício Torres apresentou factores de segurança acima do equilíbrio limite ($FS \geq 2$), como mostra a tabela 13, verifica-se probabilidade de ocorrência de deslizamento circular bem como poligonal pois os FS são próximos uns do outro (tabela 13).

O uso do programa GEO5, permite fazer arranjos de reperfilamento, simulação de sobrepesos, colocação de corpos rígidos para aumentar e garantir a estabilidade porem nesta secção analisada não foi necessário fazer tais arranjos. Resultados anteriores com recurso a um outro programa (Slide Slope), apresentado na tabela 11, confirmam a estabilidade deste talude onde foram obtidos resultados próximos do equilíbrio limite.

Estudos mais aprofundados ainda são necessários neste talude oque não foi possível pois as visitas foram feitas em tempo chuvoso oque impossibilita o acesso no seu interior.

Nesta secção estudada é de frisar a grande contribuição das infra-estruturas construídas no topo, corpo e face que tem aumentado a estabilidade do talude pois apresentam na sua constituição propriedades cimentantes (valas, estradas, murros contenção, edifícios), considerar a contribuição da vegetação típica do local que contribui para o escoamento superficial das águas pluviais.

Tabela 13: Valores dos factores de segurança (FS) obtidos para cada cenário de cálculo, em condições não otimizada e otimizada

Talude	Perfil transversal	Factor de Segurança			
		Mecanismo de rotura circular		Mecanismo de rotura poligonal	
		Não otimizado (Bishop)	Otimizado (Bishop)	Não otimizado (Spencer)	Otimizado (Spencer)
Talude- M	Edifício Torres	2.06	1.96	1.95	1.95

8.2. Talude Ponta Vermelha.

O perfil em análise localizado no Jardim dos namorados apresentou factor de segurança abaixo do equilíbrio limite (FS=1.2) como mostra a tabela abaixo,

Verificação da estabilidade de talude (Bishop)	
Soma de forças ativas :	$F_a = 1670.21 \text{ kN/m}$
Soma de forças passivas :	$F_p = 2009.85 \text{ kN/m}$
Momento de deslizamento :	$M_a = 128806.72 \text{ kNm/m}$
Momento resistente :	$M_p = 154999.81 \text{ kNm/m}$
Fator de segurança =	$1.20 < 1.50$
Estabilidade do talude NÃO VERIFICA	
Otimização da superfície de deslizamento circular (Bishop)	

Figura 13: talude Ponta Vermelha não verifica estabilidade

Após verificação da instabilidade, recorreu-se aos arranjos sugeridos pelo programa GEO5, onde como alternativa aplicou-se o uso de ferramentas que aumentaram a estabilidade (reperfilamento e uso de corpo rígido). Após o arranjo obteve-se um resultado satisfatório FS=1.53, ver figura 14. (ver análise detalhadas no anexo)

Verificação da estabilidade de talude (Bishop)	
Soma de forças ativas :	$F_a = 779.43 \text{ kN/m}$
Soma de forças passivas :	$F_p = 1186.93 \text{ kN/m}$
Momento de deslizamento :	$M_a = 46095.35 \text{ kNm/m}$
Momento resistente :	$M_p = 70195.28 \text{ kNm/m}$
Fator de segurança =	$1.52 > 1.50$
Estabilidade do talude VERIFICA	
Otimização da superfície de deslizamento circular (Bishop)	

Figura 14: Talude da Ponta Vermelha Verifica Estabilidade

O resultado obtido neste relatório difere do PCOMET,2018, que mostra resultados acima do equilíbrio limite (FS>1 ou FS=1.5) para este talude.(slide slope, tem como valor de equilíbrio limite FS=1) e GEO5 (tem como valor do equilíbrio limite FS=1.5)

Como o trabalho objectivou estabilizar o talude o mesmo foi executado com sucesso onde Achou-se FS=1.53 para o mecanismo de rotura circular e 4.63 para mecanismo de rotura poligonal. O talude mostra claramente que tem maior probabilidade de ocorrer rotura circular.

Tabela 14: Valores dos factores de segurança (FS) obtidos para cada cenário de cálculo, em condições não otimizada e otimizada

Talude	Perfil transversal	Factor de Segurança			
		Mecanismo de rotura circular		Mecanismo de rotura poligonal	
		Não otimizado (Bishop)	Otimizado (Bishop)	Não otimizado (Spencer)	Otimizado (Spencer)
Talude- P.V	Jardim dos Namorados	8.69	1.52	6.75	4.63

Estudos mais aprofundados ainda são necessários neste talude oque não foi possível pois as visitas foram feitas em tempo chuvoso oque impossibilita o acesso no seu interior.

As construções no seu topo, corpo e face têm aumentado a estabilidade do talude pois apresentam na sua constituição infra-estruturas (valas, estradas, murros contenção, edifícios) com o uso de Inertes (cimento). Também considerar a contribuição da vegetação típica do local que contribui para o escoamento superficial das águas pluviais.

8.3. Talude Julius Nyerere.

O perfil em análise localizado na avenida Julius Nyerere apresentou factores de segurança acima do equilíbrio limite para rotura poligonal ($FS \geq 1.5$), como mostra a tabela 15. Verifica-se probabilidade de ocorrência de deslizamento circular e pouco provável a poligonal pois apresenta $FS \geq 1.95$.

O uso do programa GEO5, permite fazer arranjos de reperfilamento, simulação de sobrepesos, colocação de corpos rígidos, porem para esse caso não foi necessário fazer tais arranjos.

Resultados anteriores (tabela 12) confirmam a estabilidade deste talude, pois argumentaram que a estabilidade do mesmo é garantida pelas propriedades características do solo daquele local que possui propriedades cimentantes. A consideração da propriedade cimentantes elevaria o FS para valores superiores a 1.5 (valor equilíbrio limite para o programa GEO5).

Não foi possível saber ao certo as causas do aparecimento das ravinas por baixo da camada de betão projectado (Técnica de protecção existente no local), porém conclui-se que a técnica foi implementada sem o tratamento do solo ou não observou todos os procedimentos.

Os solos da FPV tem propriedades cimentantes oque torna-o mais coeso, também reconhecer a contribuição da vegetação natural que permite o escoamento superficial da água das chuvas.

Tabela 15: Valores dos factores de segurança (FS) obtidos para cada cenário de cálculo, em condições não otimizada e otimizada

Talude	Perfil transversal	Factor de Segurança			
		Mecanismo de rotura circular		Mecanismo de rotura poligonal	
		Não otimizado (Bishop)	Otimizado (Bishop)	Não otimizado (Spencer)	Otimizado (Spencer)
Talude- J.N	Perfil representativo	2.21	1.53	2.01	1.95

9. SOLUÇÕES PROPOSTAS.

Com base na globalidade da informação disponível apresentam-se propostas consoante as diferentes condicionantes geotécnicas e estruturais, preventivas ou correctivas, que visem minimizar ou eliminar as situações de instabilidade.

A seguir apresenta-se os passos de implementação de cada técnica proposta.

9.1. Revestimento Superficial por Vegetação natural/ antrópico

Assim como qualquer outra técnica a vegetação superficial natural/ antrópico necessita o cumprimento de procedimento que visam a garantir que a instabilidade do talude seja eliminada, para tal é necessário levar em conta os seguintes

9.1.1. Procedimentos de implementação da técnica.

9.1.1.1. Preenchimento e impermeabilização (1º Passo)

Deve-se em primeiro lugar proceder-se com a impermeabilização das fendas de rotura e dos sulcos de ravina e seguido do preenchimento com terra.

9.1.1.2. Seleccionar o tipo de vegetação (2º Passo)

A vegetação deve ser seleccionada de acordo com os objectivos desejados de estabilização e deve ser compatível com as condições do solo e do local. Certos tipos de plantas são particularmente mais bem adaptados para fins específicos de estabilização.

9.1.1.2.1. Vegetação Herbácea

O uso de vegetação pode ser conseguido através de sementeiras ou por raízes desenvolvidas. Na sementeira, as sementes devem ser uma combinação de herbáceas anuais e de geminação rápida. Assim promovem a protecção a curto prazo mas também o desenvolvimento de herbáceas de crescimento lento que contribuem para a protecção a longo prazo (Silva, 2012).

9.1.1.2.2. Vegetação Arbustiva

Na escolha da vegetação arbustiva é essencial ter em consideração o tipo de cobertura que esta promove no solo, as raízes que a planta desenvolve e a dimensão.

9.1.1.2.3. Vegetação Arbórea

Não é aconselhável o uso de vegetação arbórea, devido ao elevado peso que esta exerce sobre o talude.

9.1.1.2.4. Estratégias de posicionamento (3º Passo)

Os arbustos devem ser cultivados próximo ao topo do talude e as árvores maiores colocadas próximo à base do talude, este procedimento eliminará o peso no topo do talude e colocará a máxima contenção, suporte e reforço próximo da base, onde é mais necessária.

Os arbustos e árvores devem também ser concentrados em grande parte ao longo das linhas de fluxo de drenagem de cada depressão. De forma recíproca, o fluxo subsuperficial e o escoamento superficial tendem a ser desviados das áreas com formas convexas. Essas áreas devem ser plantas com vegetação herbácea mais tolerante a seca.

9.1.1.2.5. Monitoramento e Poda (4º Passo)

Este método de poda permite ter uma melhor visão da encosta o que permite o acompanhamento, inspecção e inventariação de situações de instabilidade e identificação das necessidades de manutenção da encosta.

9.2. Vegetação armada

Para taludes íngremes, com solos arenosos, silto-arenosos, ou com predominância de material siltoso, facilmente erodíveis como é o caso dos taludes da ponta vermelha e da Marginal, por terem inclinações superiores a 50°, e altura acima de 50m, recomenda-se o uso desse sistema para proteger o talude



Figura 15: Grelhas de Polietileno

Fonte: ENGEPOL (2007)

9.2.1. Procedimentos de implementação da técnica.

Como mecanismo de protecção do talude coloca-se um reforço, que é uma grelha de polietileno (figura 20), com a qual a vegetação plantada por hidrossemeadura, semente manual ou relva em placa, se entrelaça originando um tapete reforçado e homogéneo, que garante uma excelente estabilidade superficial. A grelha ainda tem a função de ajudar a dissipar as águas das chuvas, reduzindo o seu impacto na superfície do talude e

permitindo a entrada da humidade necessária para o estabelecimento da vegetação. Também impede a ocorrência de deslizamentos superficiais localizados uma vez que possui resistência à tracção adequada para esses tipos de solicitações (ENGEPOL, 2007).



Figura 16: Execução da Hidrossemeadura

Fonte: ENGEPOL (2007)

Para que a solução seja efectiva é importante a execução de drenagem adequada tanto na crista como no pé do talude, e dependendo da extensão do talude e de sua altura, em níveis intermediários do mesmo. A falta da drenagem pode provocar a ruptura do talude.

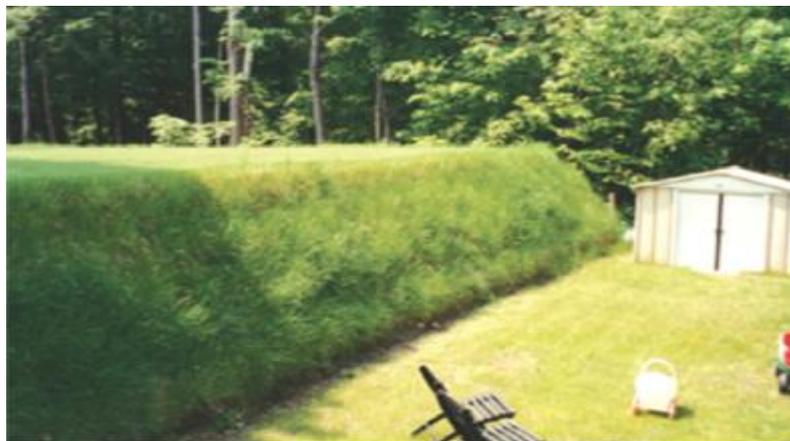


Figura 17: Talude com grama já desenvolvida

Fonte: ENGEPOL (2007)

A instalação se faz primeiramente ancorando-se o reforço na crista do talude. Essa ancoragem se faz cavando-se uma valeta de, no mínimo, 30 x30 cm de profundidade x largura, e após a colocação da grelha esta deve ser aterrada com solo cimento ou solo compactado. Na extensão do talude fixa-se a grelha através de grampos de aço CA-50 tomando-se o cuidado de manter em toda a superfície o contacto entre a grelha e o solo.

Após fixada a grelha faz-se o plantio por hidrossemeadura, sementeira manual ou relva em placa (ENGEPOL, 2007). Essa mistura é projectada sobre o talude reforçado. A manutenção do sistema se faz através da adubação, recomendada uma vez por ano, poda da relva e irrigação, se as condições climáticas assim o exigirem (ENGEPOL, 2007).

9.3. Muro de pneus

9.3.1. Procedimentos de implementação da técnica.

A construção de muros de gravidade tendo como material pneus inservíveis se aplica em situações onde é possível se escavar uma base compatível com a altura do muro; isto é, da ordem de 20% a 40% da altura do muro obedecendo os seguintes procedimentos:

A figura a seguir ilustra em a) um muro de pneus, em b) ilustra como deve ser feita a colocação dos pneus, a amarração dos mesmos usando corda de propileno e por fim a colocação do solo no seu interior, em c) ilustra a distribuição das tensões no interior do pneu como podemos visualizar a seguir na figura 22.

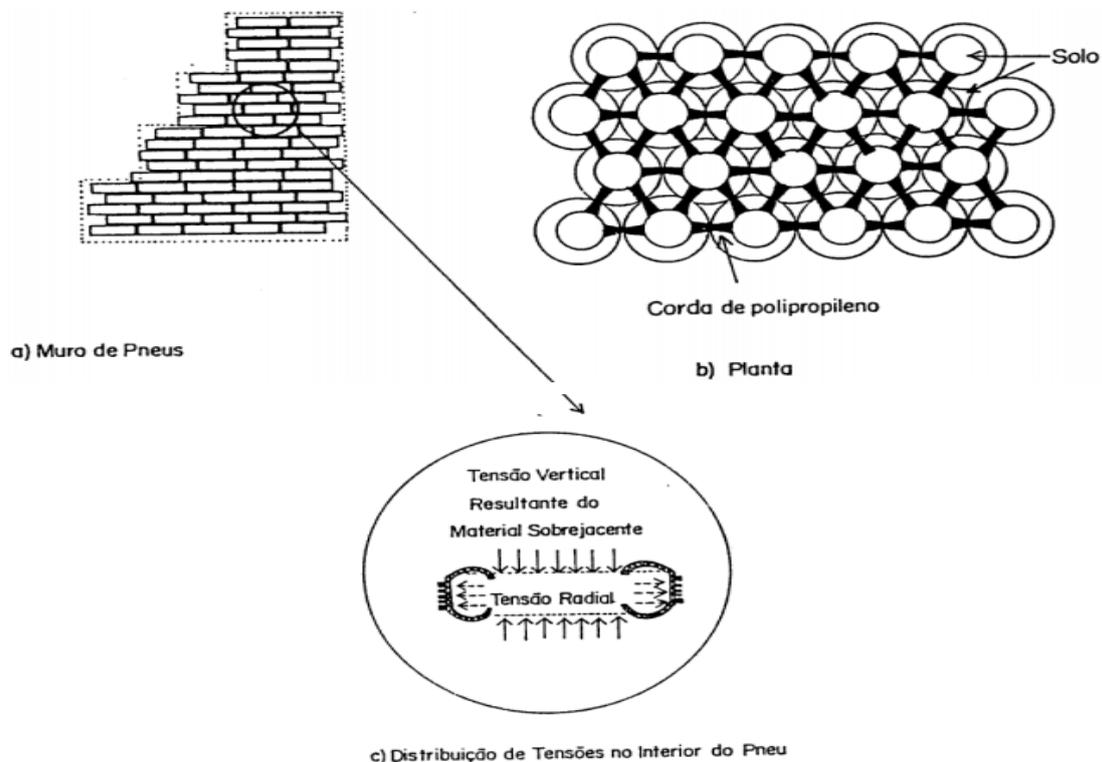


Figura 18: Esquema do Muro de Pneus

Fonte: Gerscovich, 2009

9.3.1.1. Materiais

Para execução do muro deverão ser utilizados os seguintes materiais:

i) Pneus usados com diâmetro semelhantes, podendo ser radiais ou não, e de preferência sem cortes na banda de rodagem. Não se aconselha o uso de pneus que já tenham sido aterrados ou dispostos em lixeiras por longo período de tempo

ii) Arame ou corda de polipropileno de 6mm de diâmetro como elemento de amarração entre pneus.

iii) Tubos PVC de 2pol de diâmetro, como elemento de drenagem interna, perfurados e envoltos com tela malha (Figura 23).

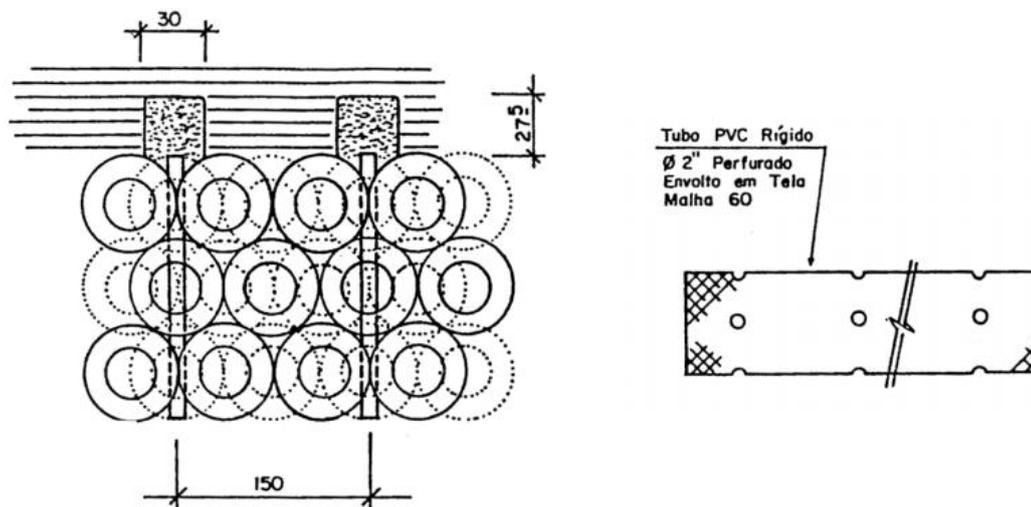


Figura 19: Colocação de Tubos PVC rígidos perfurados

Fonte: Gerscovich, 2009

Os tubos de drenagem interna devem distar-se uma da outra à 120cm ou 150cm, e a mesma não pode drenar na superfície do talude e sim deve conduzir o caudal da água até a valeta situada na base da mesma.

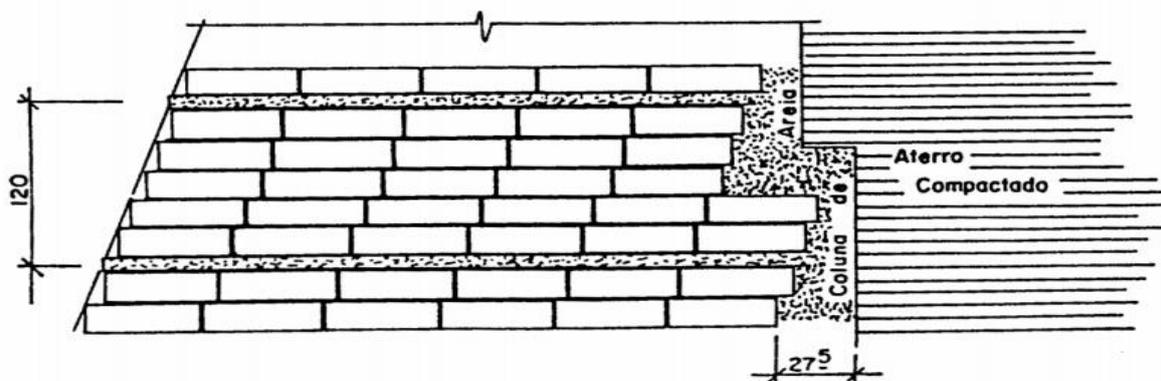


Figura 20: Drenagem interna

Fonte: Gerscovich, 2009

9.3.1.2. Dimensionamento

O dimensionamento segue as mesmas metodologias adoptadas para muros gravidade em termos de área necessário para a construção do muro usa-se a relação que considera o comprimento do pneu (L_{pneu}) e a sua altura (H_{pneu}).

$$A_{\text{PNEU}} = L_{\text{pneu}} \times H_{\text{pneu}} \quad (\text{m}^2)$$

Como base de cálculo usa-se o pneu com as seguintes dimensões:

$$L_{\text{pneu}} = 0.5\text{m}$$

$$H_{\text{pneu}} = 0.17\text{m}$$

Para a área do pneu tem-se:

$$A_{\text{PNEU}} = L_{\text{pneu}} \times H_{\text{pneu}} \quad (\text{m}^2)$$

$$A_{\text{PNEU}} = 0.5\text{m} \times 0.17\text{m}$$

$$A_{\text{PNEU}} = 0.085 \text{ m}^2$$

Conhecendo-se a área do pneu procede-se o cálculo da quantidade de pneus equivalente 1m^2 área obtida através da regra de três simples.

$$1 \text{ Pneu} \quad \frac{0.085 \text{ m}^2}{1 \text{ m}^2} \quad \times : \text{Quantidade de pneus (Qt.pneus)}$$

$$X = 11,75 \text{ pneus} \approx 12 \text{ pneus}$$

A A_{PAREDE} (m^2) é calculada com base nas dimensões tiradas no terreno tendo como base a altura do talude e o comprimento. Procedeu-se na tabela abaixo o cálculo de diferentes áreas da parede de pneus e posterior a quantidade de pneus equivalentes a mesma área.

$$Q_{\text{PNEU}}/(\text{m}^2) \quad \frac{1 \text{ m}^2}{0.085 \text{ m}^2} \quad A_{\text{PAREDE}} \quad \times A_{\text{PAREDE}} (\text{m}^2) = L_{\text{MURO}} (\text{m}) \times H_{\text{MURO}} (\text{m})$$

$$X \quad \frac{1 \text{ m}^2}{0.085 \text{ m}^2} \quad \times A_{\text{PAREDE}} (\text{m}^2)$$

Tabela 16: ilustrativa da quantidade de pneu necessário para a construção de um muro de pneus.

QUANTIDADE DE PNEUS NECESSARIA PARA A CONSTRUÇÃO DO MURO					
$A_{\text{PNEU}}/(\text{m}^2)$	$Q_{\text{PNEU}}/(\text{m}^2)$	$L_{\text{MURO}} (\text{m})$	$H_{\text{MURO}} (\text{m})$	$A_{\text{PAREDE}} (\text{m}^2)$	Qt. pneu necessário/Área
0.085	12	5	6	30	360
0.085	12	100	6	600	7200
0.085	12	1000	6	6000	72000

9.3.1.3. Execução

Para execução do muro deverão ser utilizados os seguintes critérios:

i) Posicionamento dos Pneus:

A primeira camada será lançada, dispendo-se os pneus, na horizontal, em um número de linhas necessária a cobrir a base prevista em projecto. As sucessivas linhas devem ser dispostas de forma a garantir o maior preenchimento de espaço entre pneus.

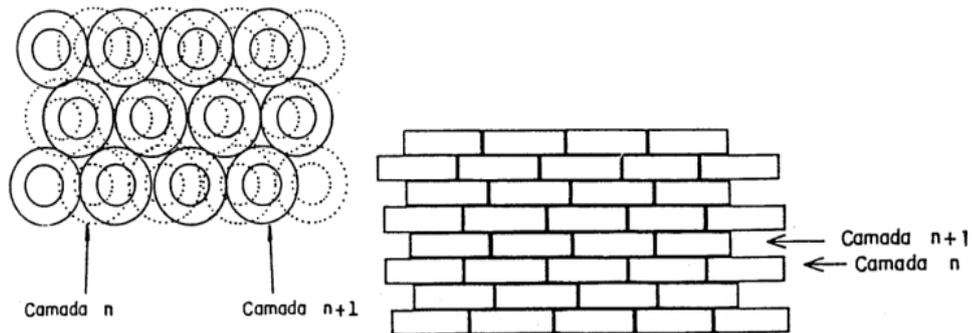


Figura 21: Posicionamento dos pneus

Fonte: Gerscovich, 2009

ii) Amarração dos pneus.

A amarração dos pneus obedece os passos que apresenta-se a seguir

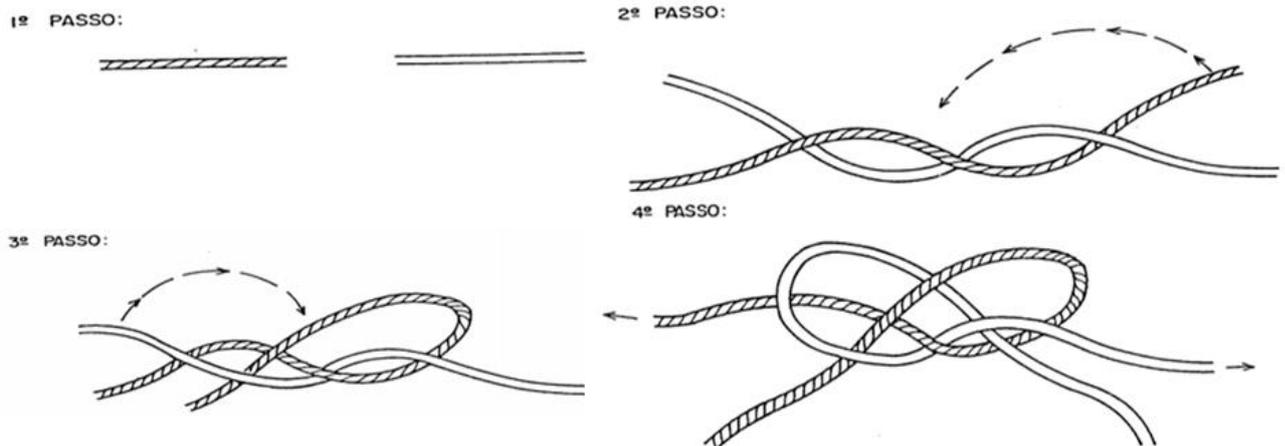


Figura 22: Passos de amarração usando cordas

Fonte: Gerscovich, 2009

iii) Sequência de Construção dos Pneus

A primeira camada será lançada, dispendo-se os pneus, na horizontal, em um número.

1ª Etapa: Escavação e preparo do terreno.

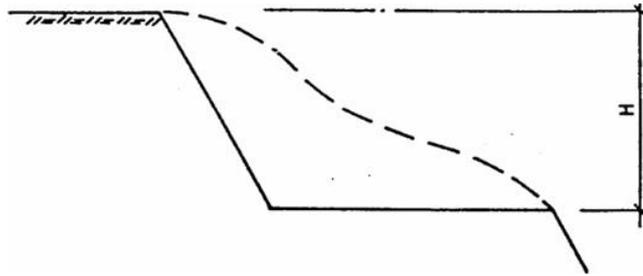


Figura 23: Primeira (escavação e Preparo do terreno)

Fonte: Gerscovich, 2009

2ª Etapa: Implantação da 1ª linha de piquetes para disposição da 1ª camada de pneus.

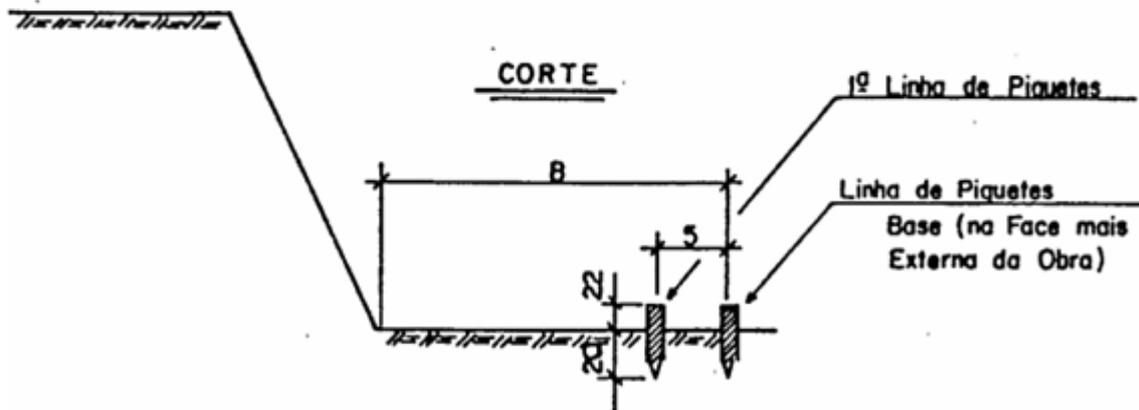


Figura 24: Disposição da primeira camada de pneus.

Fonte: Gerscovich, 2009

Após a colocação da primeira camada como forma de melhor apresentar o resultado a seguir mostra-se a vista frontal e os seus respectivos elementos construtivos.

Vista frontal.

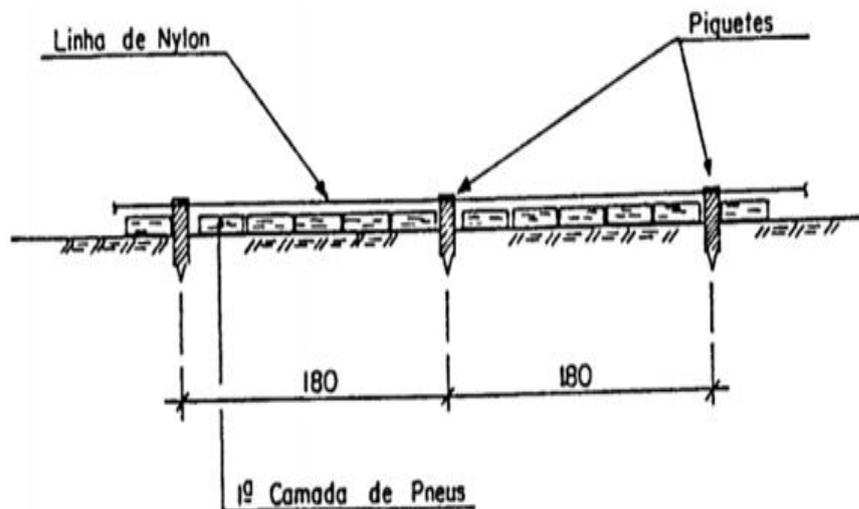


Figura 25: Vista frontal da primeira camada

Fonte: Gerscovich, 2009

3ª Etapa: Implantação da 2ª linha de piquetes para a 2ª camada de pneus.

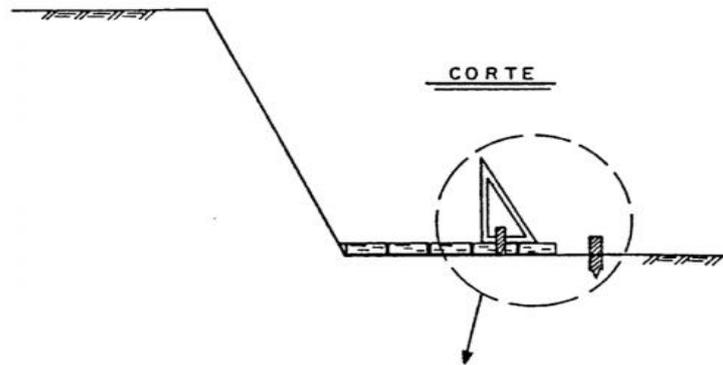


Figura 26: Implantação da segunda linha de piquetes para colocação da segunda camada

Fonte: Gerscovich, 2009

Ilustração da montagem do esquadro e colocação da linha de piquete para a segunda camada.

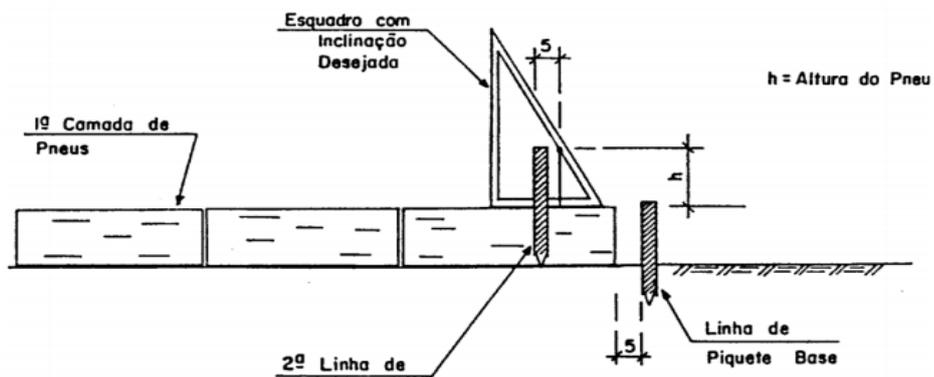


Figura 27: ilustração da montagem do esquadro e colocação da linha de piquete

Fonte: Gerscovich, 2009

A distância de separação dos piquetes é representada em centímetros na figura a seguir.

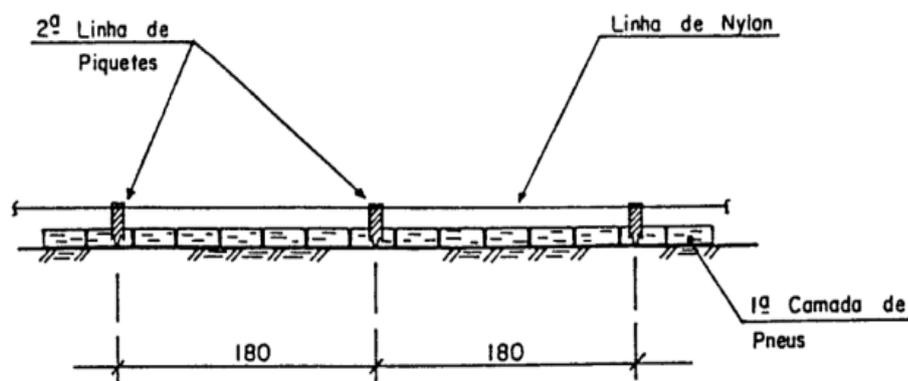


Figura 28: Distância de separação dos piquetes

Fonte: Gerscovich, 2009

4ª Etapa: colocação da 2ª camada de pneus.

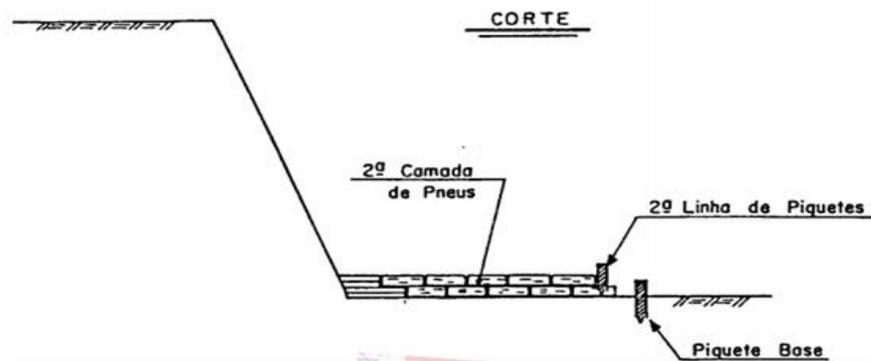


Figura 29: colocação da segunda camada de pneus

Fonte: Gerscovich, 2009

Após a colocação da primeira camada como forma de melhor apresentar o resultado a seguir mostra-se a vista frontal e os seus respectivos elementos construtivos.

Vista frontal.

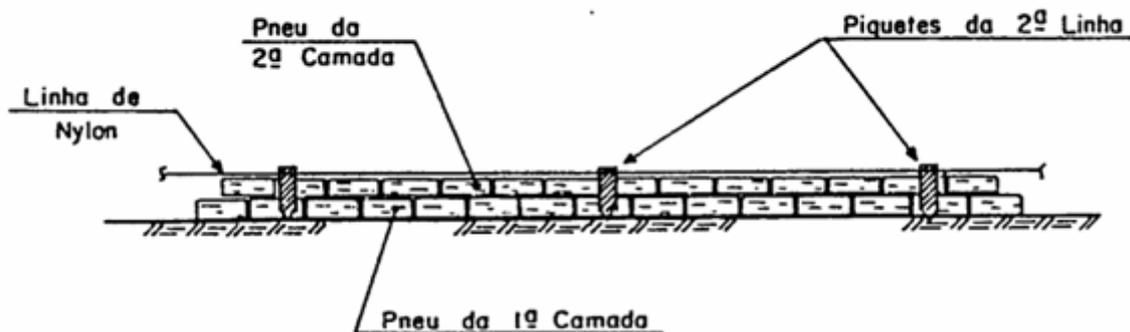


Figura 30: Vista frontal da primeira e segunda camada

Fonte: Gerscovich, 2009

5ª Etapa: repetir 3ª e 4ª etapa até a altura final do muro.

9.4. Barreiras de retenção em madeira

Os materiais inertes como estacas de madeira, pedras, metais (barras de aço, pregos, arames) e geotêxteis tem como principal objectivo assegurar a estabilidade da estrutura até que a vegetação se desenvolva, principalmente até que se consolide a formação das raízes.

9.4.1. Grade viva

9.4.1.1. Procedimentos de implementação da técnica.

A construção de grades vivas é uma técnica utilizada para estabilizar taludes com inclinação de até 55 graus. Primeiramente constrói-se no talude uma estrutura reticulada de madeira (FIG. 33). Para isso deve-se utilizar troncos roliços de 12 a 20 cm de diâmetro. Esta estrutura deve ser fixada a troncos verticais de 8 a 10 cm de diâmetro, cravados cerca de 80 cm no solo. Esse reticulado será formado por rectângulos cuja altura variam de 0,4 a 1,0 m, e largura de 1,0 a 2,0 m, sendo que o comprimento máximo da estrutura deve ser de 15 m (FIG. 34 e 35).



Figura 31: Construção da Grade Viva: 1) Talude avariado; 2) Gradeamento de madeira; 3) Estacas vivas entre o gradeamento; 4) Grade Viva com a vegetação já desenvolvida

Fonte: MARTINHO et al (2006)

Este reticulado dará suporte a estacas vivas que deverão ser plantadas em seu interior. Em um segundo momento, o desenvolvimento radicular das plantas vai propiciar estabilidade e melhor drenagem do talude.

A seguir apresenta-se a o dimensionamento em planta da estrutura de uma construção de grade viva (FIG. 34).

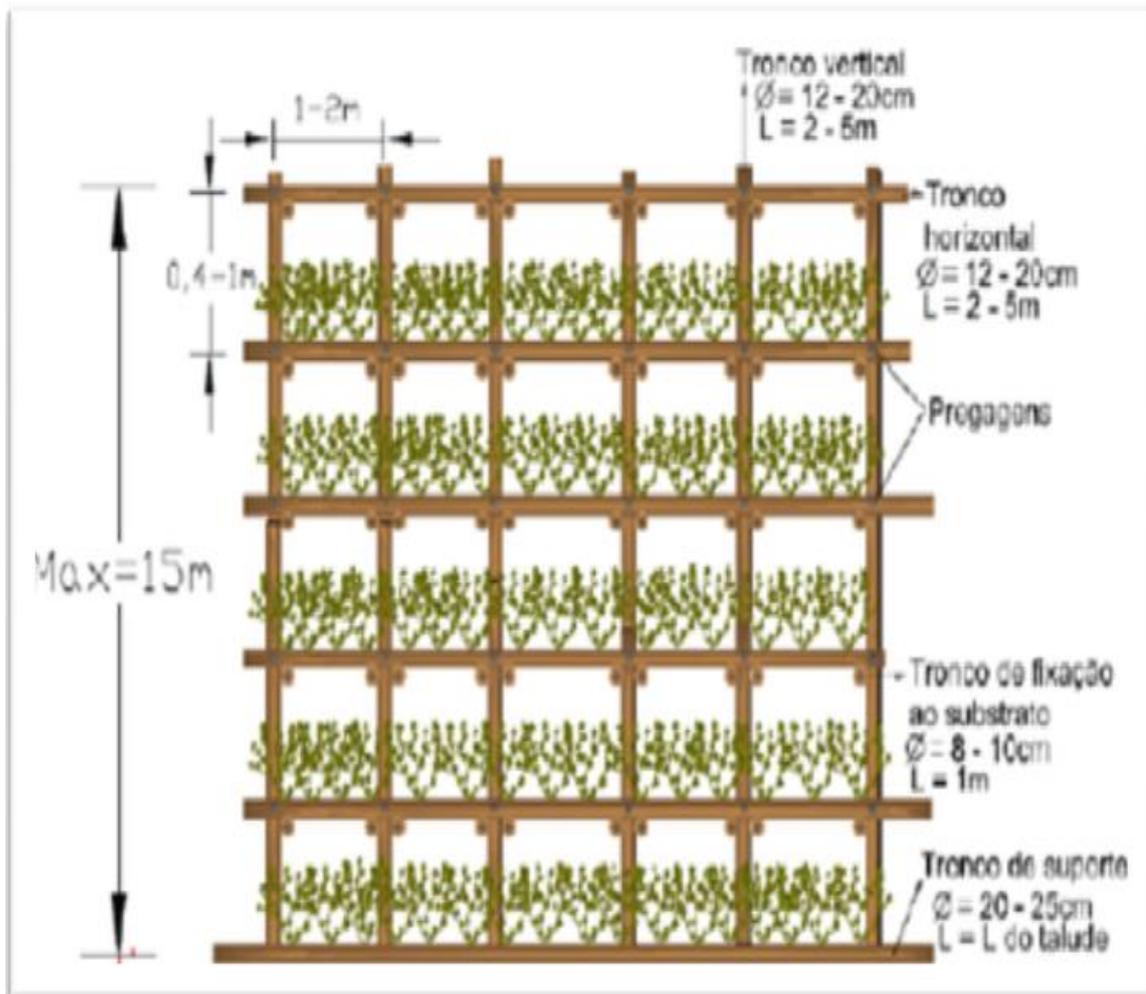


Figura 32: Dimensões do reticulado

Fonte: MARTINHO et al (2006)

A figura a seguir represente o dimensionamento em planta dos troncos de fixação onde encontram-se dispostos em forma de paliçadas. Eles têm função de assegurar os troncos de suporte verticais e horizontais bem como contribuem para a diminuição das velocidades de escoamento, retenção de material da face e promoção de crescimento de vegetação espontânea.

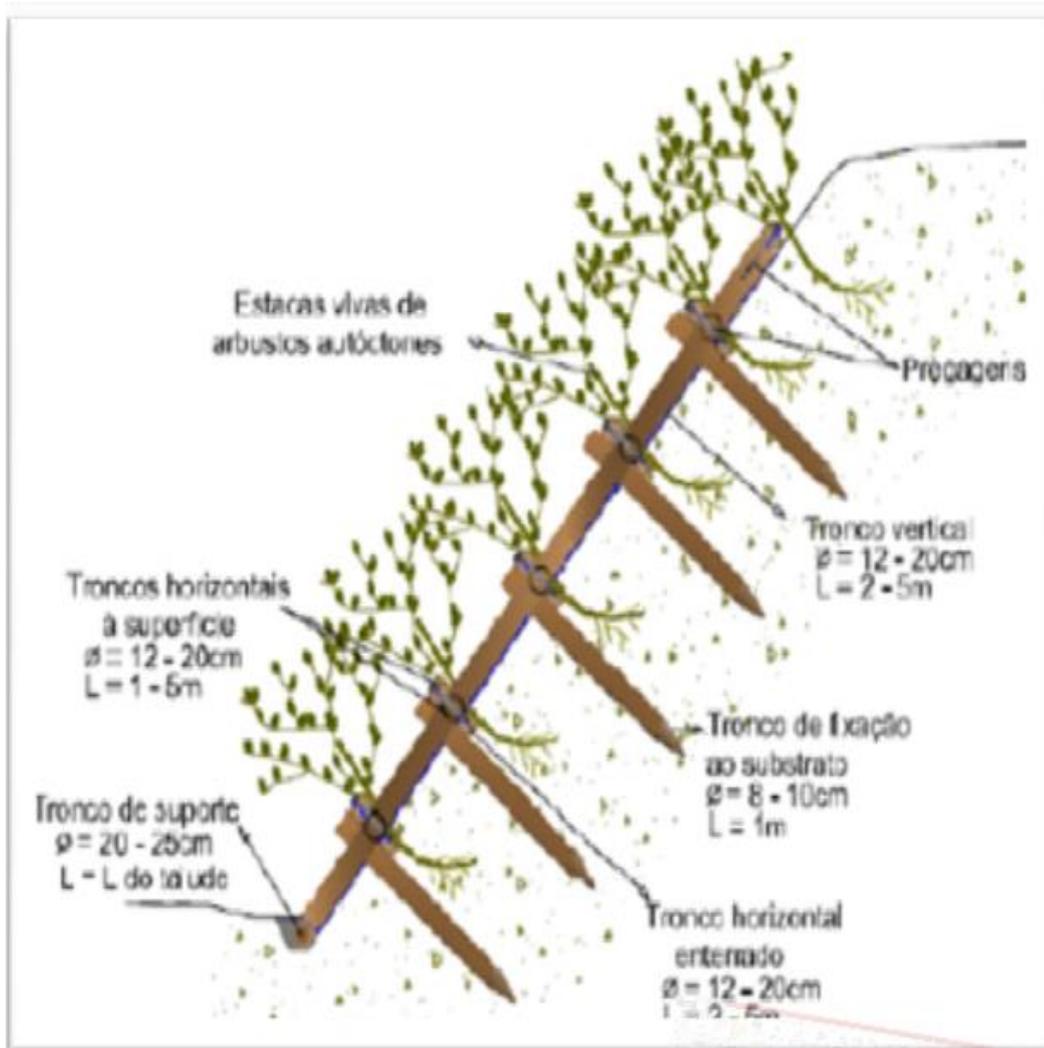


Figura 33: Perfil da Grade Viva

Fonte: MARTINHO et al (2006)

10. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os taludes estudados apresentam-se estabilizados, porém no âmbito da sua monitorização observou-se que os mesmos necessitam de constantes intervenções para garantir que os mesmos não sofram patologias de origem natural (sulcos, ravina, crateras) decorrente das chuvas e de origem antrópica (criação de circuitos pedonais, construção de casas de alvenaria, prática de agricultura). Como forma de solucionar esse problema, sugere-se o uso de técnicas amigas do ambiente e sustentável, usando matérias já usados como material natural (estacas ou troncos de madeira) ou material sintético (pneus inservíveis), também sugere-se a combinação de métodos envolvendo obras de estabilização por muro de gravidade, seguido de vegetação natural.

O uso de pneus inservíveis tem sido uma das escolhas amigas do ambiente e de maior sustentabilidade económica e social, pois reduz o descarte inadequado do pneu, contribuindo para a redução de focos de proliferação de insectos que se desenvolvem no interior dos pneus, contribui para a redução dos casos de queima dos pneus nas estradas aquando da ocorrência de manifestações populares.

Após a implementação correta de cada técnica, e para garantir a protecção superficial do talude, faz-se monitoramento do mesmo de modo a garantir que durante esse período o mesmo não fique com ravinas (de preferência aplicar a técnica em tempos não chuvosos), encontrando-se o talude estabilizado, espera-se por um tempo até que apareça a vegetação natural.

Foi possível durante o estágio aprofundar estudos sobre a estabilização de taludes onde o estudante aprendeu a técnica de estabilização de taludes com recurso ao software GEO5, que faz a análise e verificação da estabilidade do talude através de dados de entradas obtidas nas análises geotécnicas.

Contudo, a realização deste estágio foi uma grande oportunidade pois permitiu perceber a necessidade de uma excelente organização administrativa tanto nos recursos humanos e procedimentos adequados operacionais para a contínua monitorização das áreas sensivelmente ecológicas.

11. BIBLIOGRAFIA.

1.1. Referências bibliográficas.

1. Conselho Municipal de Maputo, Junho de 2016 – Plano Concreto e Operativo de Estabilização e Manutenção de Taludes;
2. PROINTEC, et all, Fevereiro de 2015 – Projecto de requalificação dos Bairros de Polana Caniço A e B – Plano Parcial de Urbanização, Município de Maputo;
3. ALMEIDA, alisson. Proposta para Estabilização de Talude na Rodovia br-230, km 19.Ufpb.2016;
4. Francisco Vuja Paulo, Outubro de 2020 – proposta de métodos eficientes para o melhoramento de taludes na pera ferroviária com vista a eliminar o desabamento de solos no pátio de terminal de Chicualacuala, Linha do Limpopo.
5. CAPUTO, H. P. *Mecânica dos solos e suas aplicações*, Editora S.A., Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 1998.
6. *Denise M S Gerscovich. Estruturas de contencao de muros de arrimo*, Editora S.A., Rio de Janeiro, RJ, Brasil,2000.
7. Highland, L.M., and Bobrowsky, Peter, 2008, The landslide handbook – A guide to understanding landslides: Reston, Virginia, U.S. Geological Survey Circular 1325, 129p
8. Andrade H.S., 2007. Pneus Inservíveis: Alternativas Possíveis de Reutilização. Universidade Federal de Santa Catarina Centro Sócio-Econômico. 101 pp. (Monografia).
9. BARONI, M. et al; Construção de estruturas de contenção utilizando pneus inservíveis: análise numérica e caso de obra. Ouro Preto. 2012.
- 10.CONSULTEC, 2005 – Plano de drenagem das bacias B e C de Maputo, Direcção Nacional de Águas
- 11.CONSULTEC, 2006 – Plano de drenagem das bacias P, Q, R, S e T em Maputo, Direcção Nacional de Águas
- 12.CONSULTEC, 2006 – Projecto executivo do sistema de drenagem da sub-bacia T3, Direcção Nacional de Águas
- 13.CONSULTEC, 2009 – Estudo de Ambiental Simplificado do Cemitério de Michafutene, Vol. I, Conselho Municipal de Maputo.

14. PROMAN – Centro de Estudos e Projectos, Lda (1987). Estudo da Estabilização das Encostas da Cidade de Maputo – Zona II (Do Desportivo). Relatório. Ministério das Obras Públicas e Habitação. Direcção Nacional de Águas. Maputo. 64 pp.

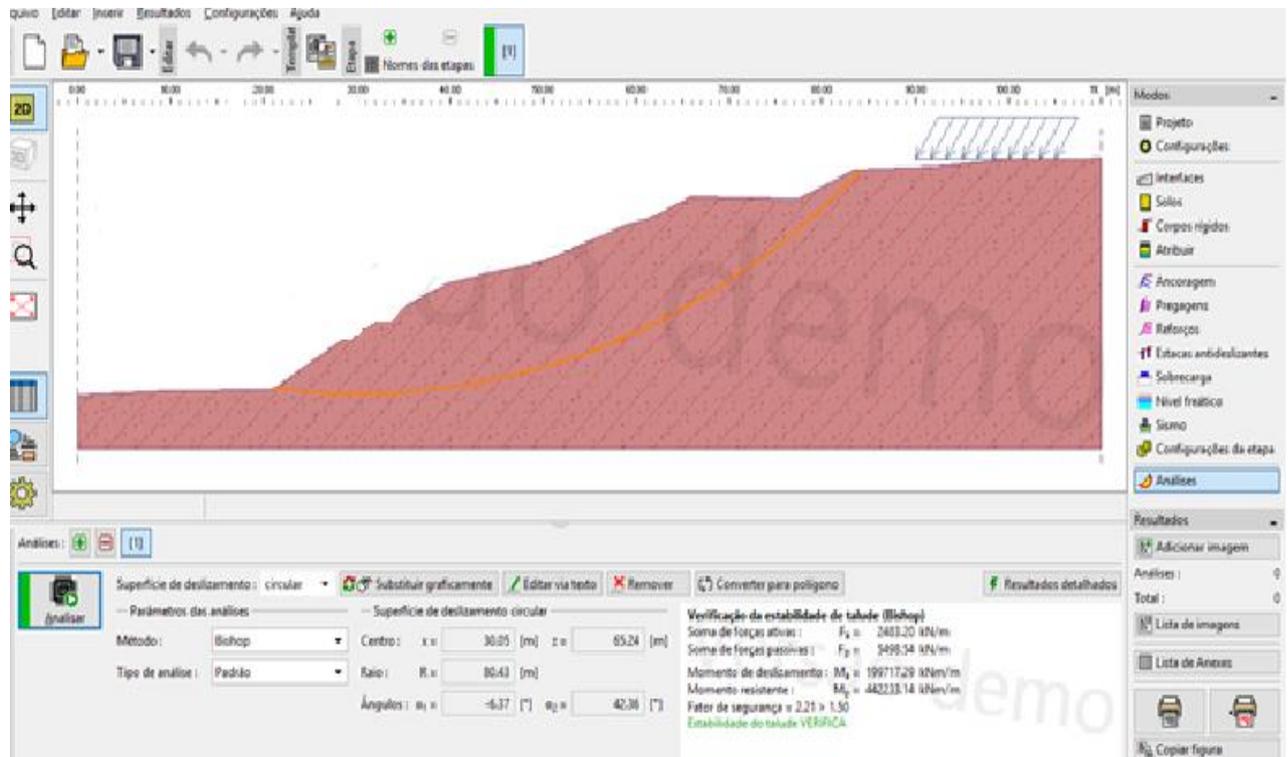
15. PROMAN – Centro de Estudos e Projectos, Lda (1987). Estudo da Estabilização das Encostas da Cidade de Maputo – Zona III (Do Clube Naval). Relatório. Ministério das Obras Públicas e Habitação. Direcção Nacional de Águas. Maputo. 69 pp.16

ANEXOS

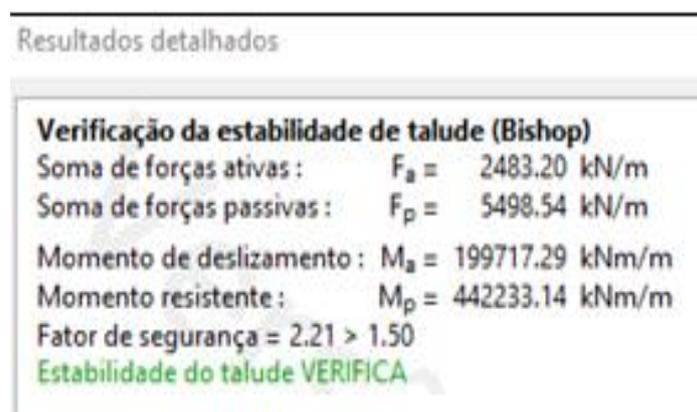
Anexo 1: Análise Talude da Marginal

Na análise 1.1 verifica-se que o talude encontra-se estável ($FS > 1.5$), apresentando $FS = 2.21$

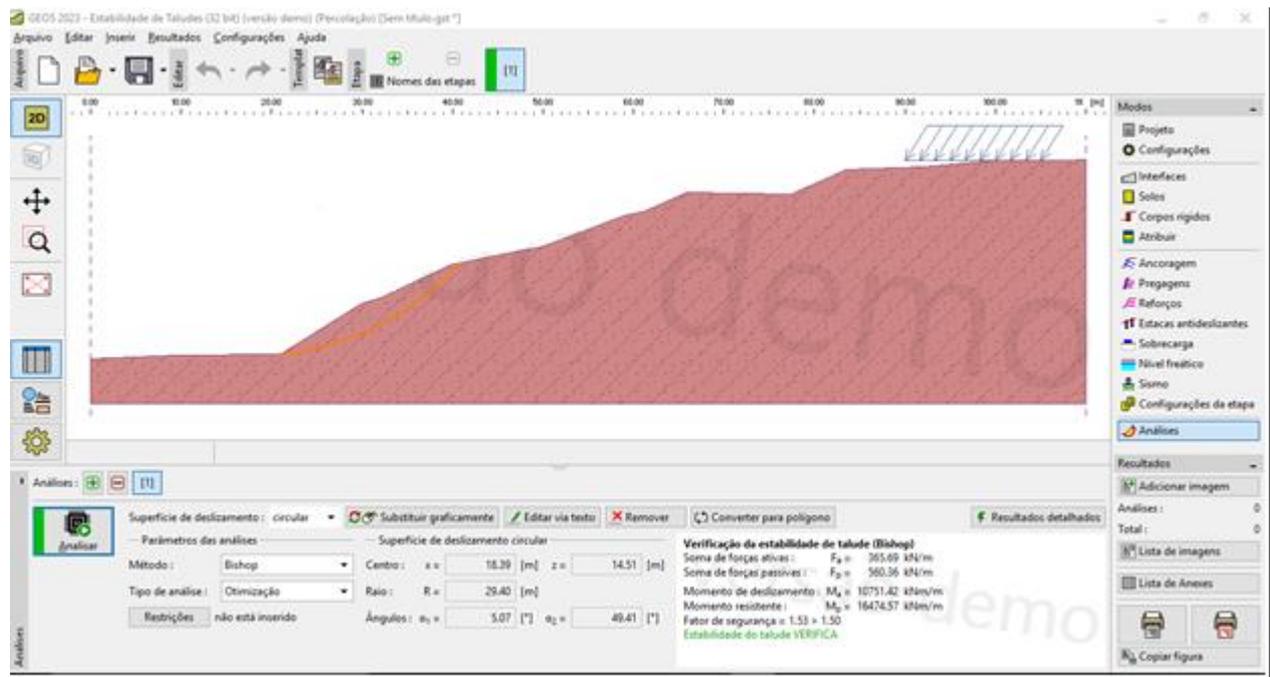
Análise 1.1. Verificação da estabilidade pelo método de Bishop, análise não otimizada, ruptura circular.



Resultado detalhado



Análise -1.2: Verificação da estabilidade pelo método de Bishop, análise otimizada, ruptura circular.



Resultado detalhado

Resultados detalhados

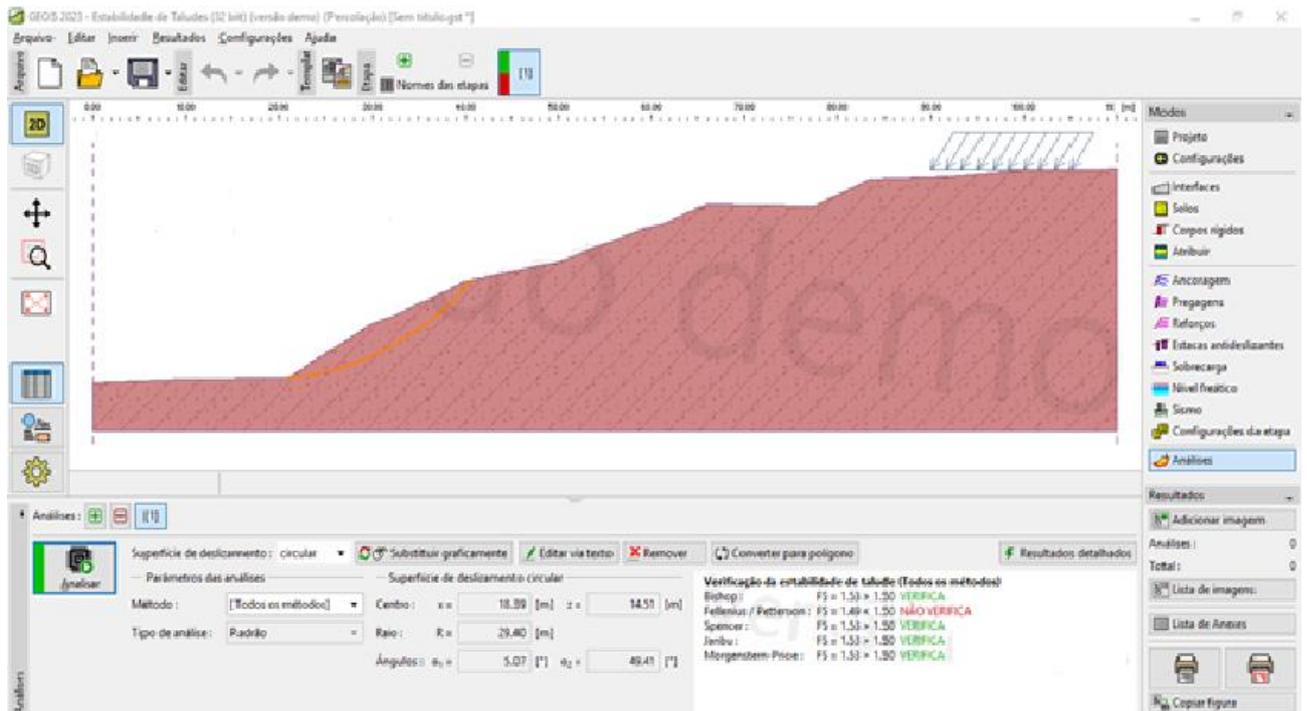
Verificação da estabilidade de talude (Bishop)
 Soma de forças ativas: $F_a = 365.69$ kN/m
 Soma de forças passivas: $F_p = 560.36$ kN/m
 Momento de deslizamento: $M_a = 10751.42$ kNm/m
 Momento resistente: $M_p = 16474.57$ kNm/m
 Fator de segurança = $1.53 > 1.50$
 Estabilidade do talude VERIFICA

Otimização da superfície de deslizamento circular (Bishop)

No.	Centro		Raio R [m]	FS	Verificação
	x [m]	z [m]			
1	30.05	65.24	80.43	2.21	VERIFICA
2	30.05	65.24	80.43	2.21	VERIFICA
3	30.08	65.17	80.36	2.21	VERIFICA
4	-28.27	386.48	402.77	2.50	VERIFICA
5	69.05	33.35	45.62	4.05	VERIFICA
6	45.94	30.51	64.72	3.50	VERIFICA
7	3.67	94.41	109.75	1.92	VERIFICA
8	-70.35	555.34	570.87	3.37	VERIFICA
9	23.56	70.45	88.67	2.27	VERIFICA
10	60.11	18.90	27.48	3.64	VERIFICA
11	36.55	18.99	49.50	3.22	VERIFICA
12	-23.70	257.60	273.96	2.33	VERIFICA

Fechar

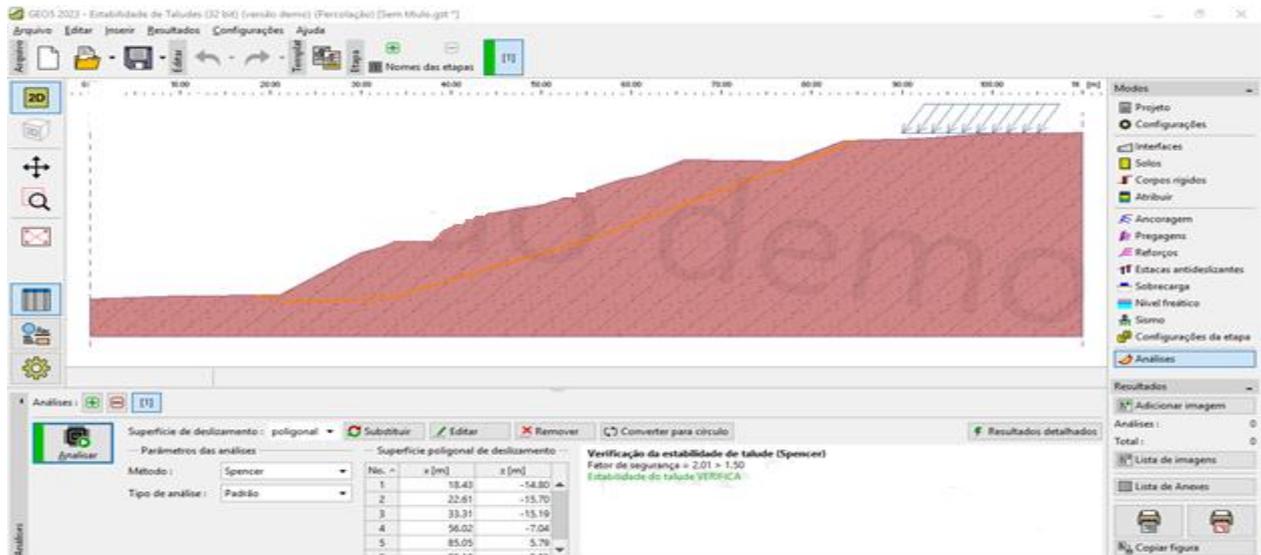
Analise -1.7: Verificação da estabilidade todos métodos, análise otimizada, ruptura circular.



Resultado detalhado



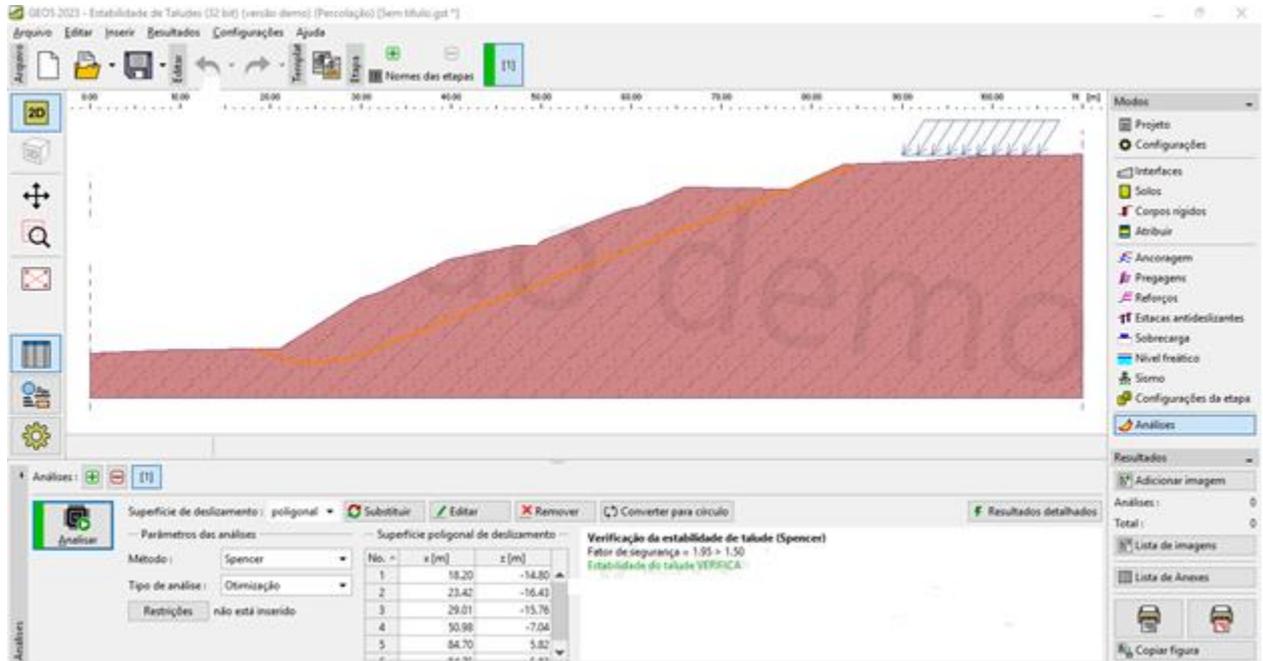
Analise - 2.1: Verificação da estabilidade pelo método de Spencer, análise não otimizada, ruptura poligonal.



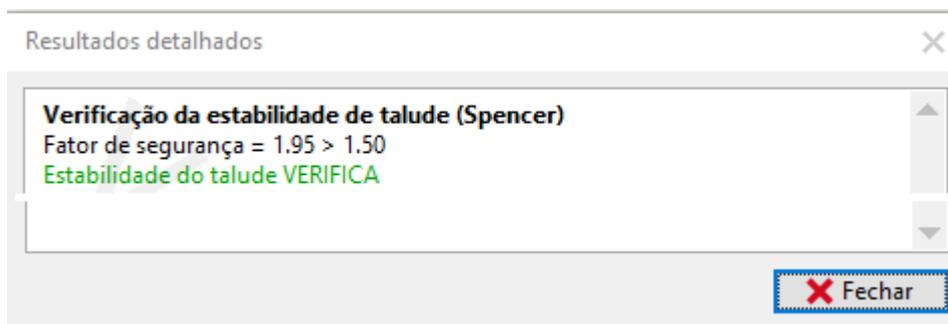
Resultado detalhado



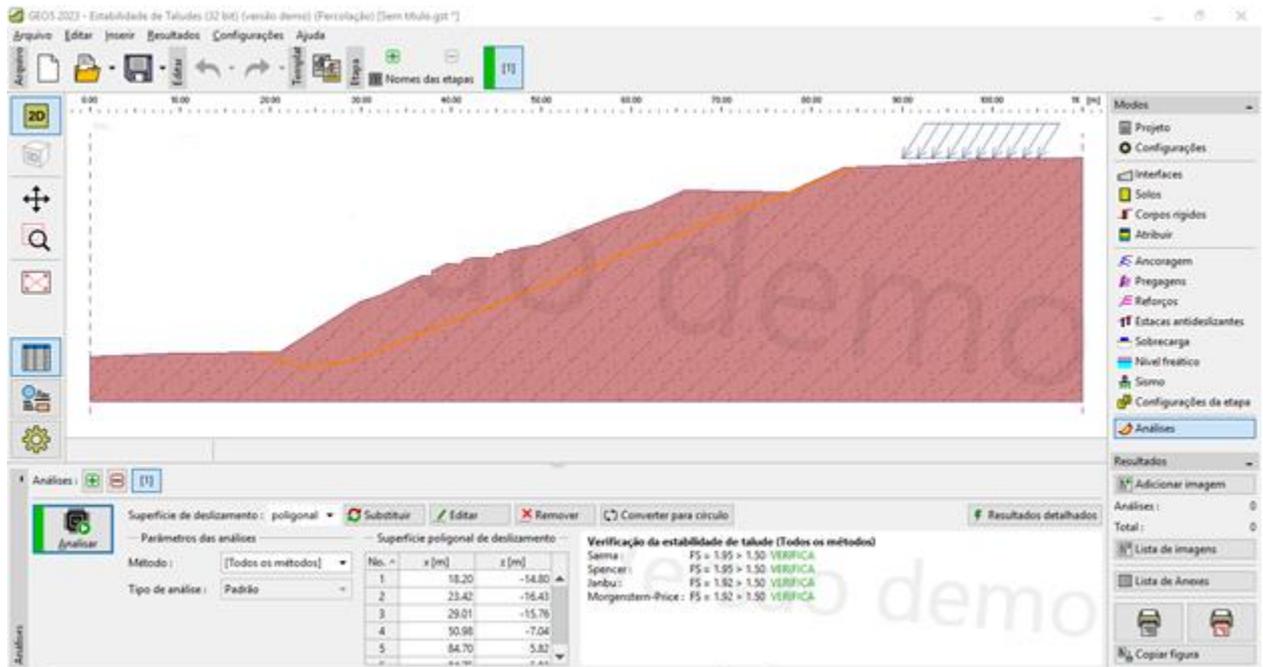
Análise -2.2: Verificação da estabilidade pelo método de Spencer, análise otimizada, ruptura poligonal.



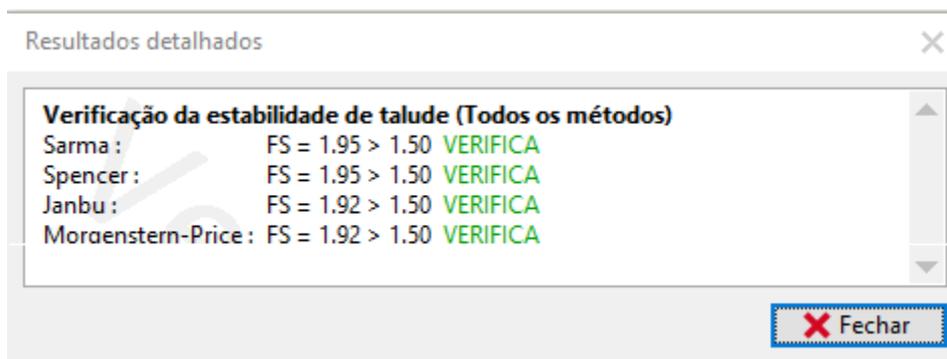
Resultado detalhado



Análise -2.7: Verificação da estabilidade todos métodos, análise não otimizada, ruptura poligonal.

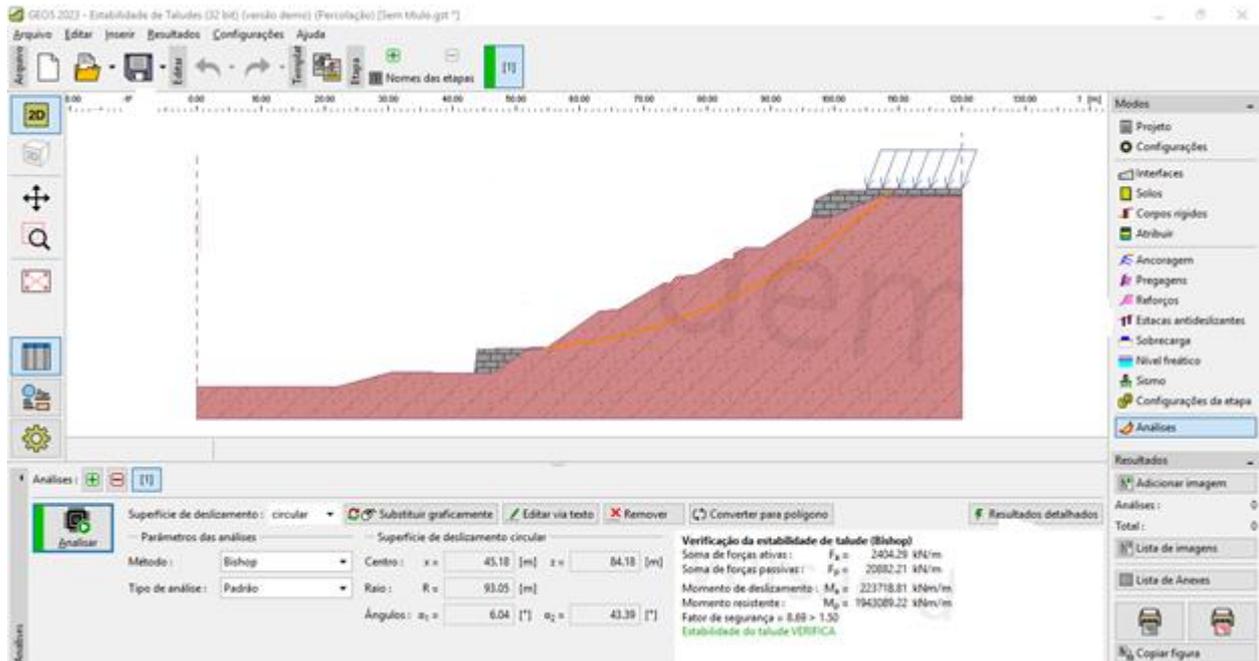


Resultado detalhado



Anexo 2: Análise Talude Ponta Vermelha.

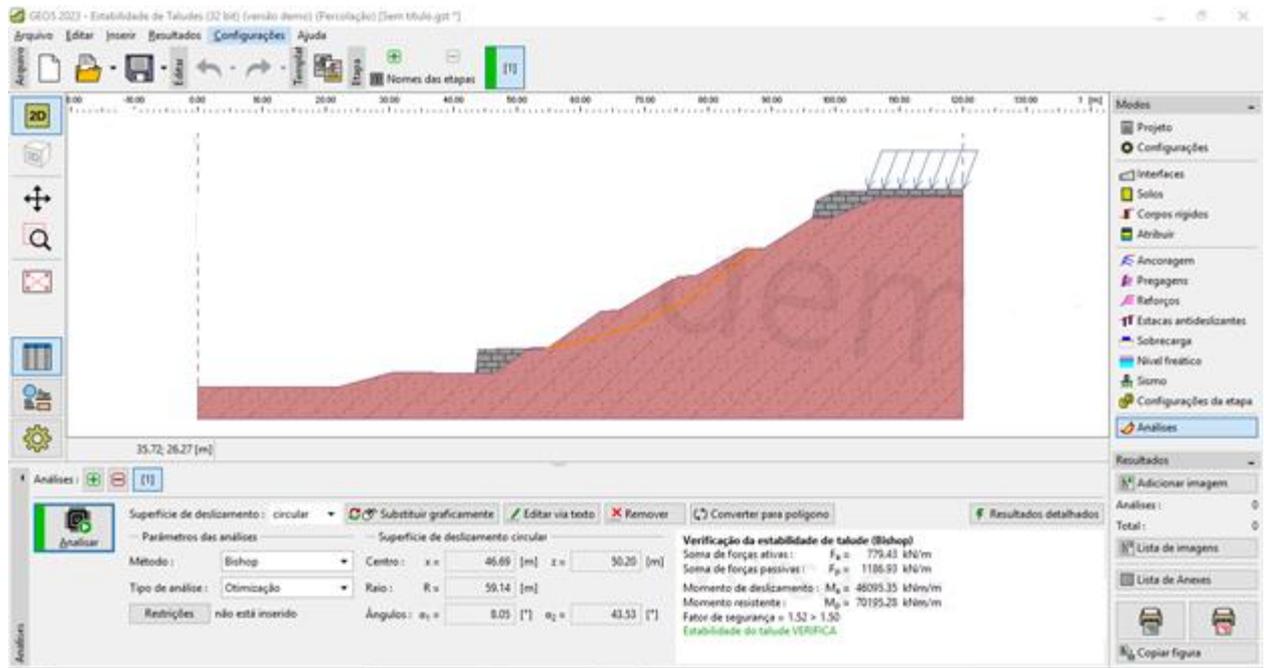
Análise -1.3: Verificação da estabilidade pelo método de Bishop, análise não otimizada, ruptura circular.



Resultado detalhado



Análise -1.4: Verificação da estabilidade pelo método de Bishop, análise otimizada, ruptura circular.



Resultado detalhado

Verificação da estabilidade de talude (Bishop)
 Soma de forças ativas : $F_a = 779.43$ kN/m
 Soma de forças passivas : $F_p = 1186.93$ kN/m
 Momento de deslizamento : $M_a = 46095.35$ kNm/m
 Momento resistente : $M_p = 70195.28$ kNm/m
 Fator de segurança = $1.52 > 1.50$
 Estabilidade do talude VERIFICA

Otimização da superfície de deslizamento circular (Bishop)

No.	Centro		Raio R [m]	FS	Verificação
	x [m]	z [m]			
1	45.18	84.18	93.05	8.69	VERIFICA
2	45.18	84.18	93.05	8.69	VERIFICA
3	45.18	84.18	93.05	8.04	VERIFICA
4	60.39	48.18	67.24	3.32	VERIFICA
5	36.55	98.14	116.46	4.51	VERIFICA
6	54.72	32.61	66.99	3.44	VERIFICA
7	58.97	17.28	60.83	4.50	VERIFICA
8	33.98	57.57	76.95	1100.75	VERIFICA
9	43.05	27.08	54.98	2.76	VERIFICA
10	-160.74	846.99	876.40	52.25	VERIFICA
11	11.68	197.10	210.31	33.23	VERIFICA
12	68.13	24.50	52.26	3.38	VERIFICA

X Fechar

Análise -1.8: Verificação da estabilidade todos métodos, análise não otimizada, ruptura circular.

Verificação da estabilidade de talude (Todos os métodos)

Método	Resultado
Bishop	FS = 1.52 > 1.50 VERIFICA
Fellenius / Peterson	FS = 1.49 < 1.50 NÃO VERIFICA
Spencer	FS = 1.52 > 1.50 VERIFICA
Jenbu	FS = 1.52 > 1.50 VERIFICA
Morgenstern-Price	FS = 1.52 > 1.50 VERIFICA

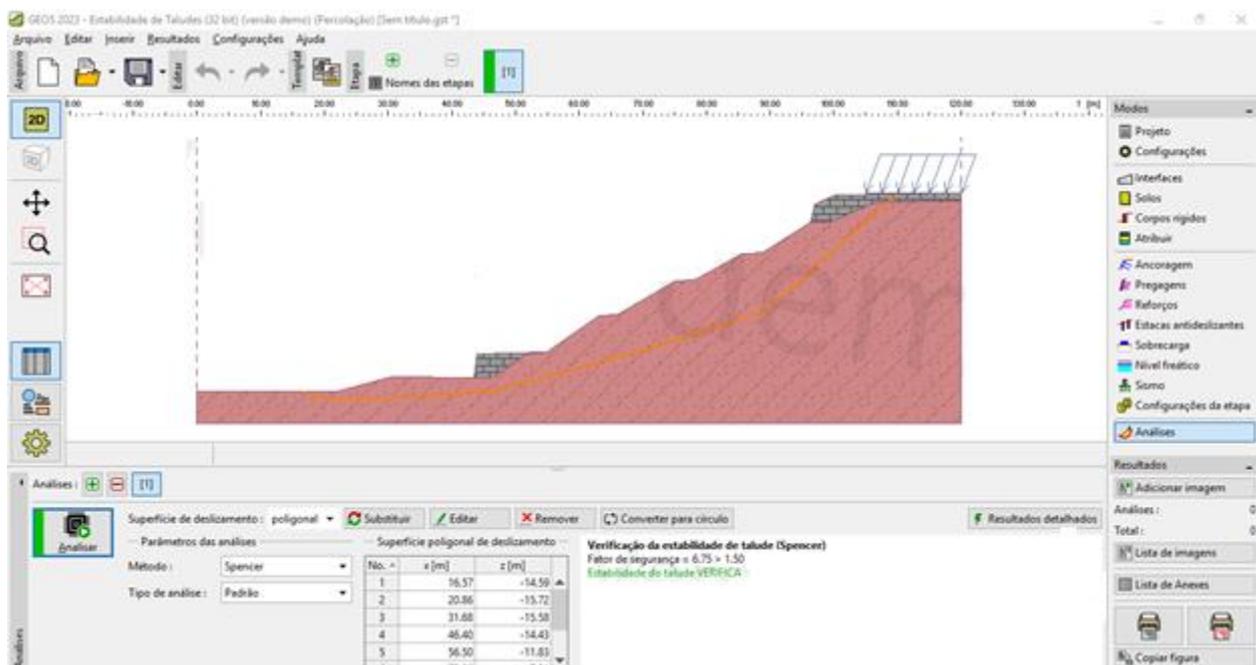
Resultados detalhados

Verificação da estabilidade de talude (Todos os métodos)

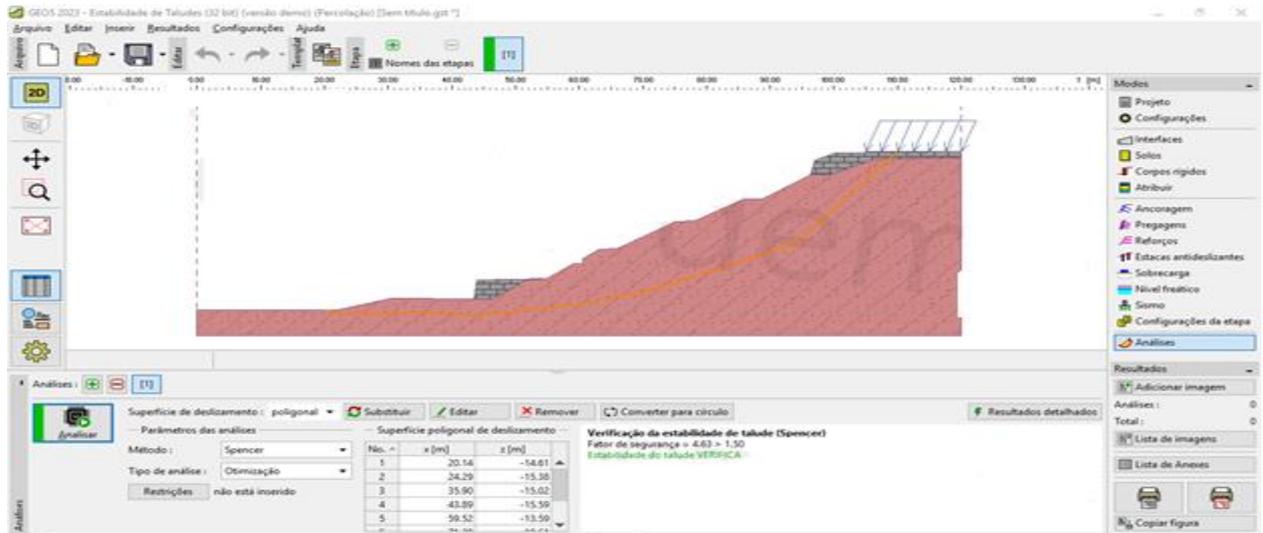
Bishop : FS = 1.52 > 1.50 VERIFICA
Fellenius / Petterson : FS = 1.49 < 1.50 NÃO VERIFICA
Spencer : FS = 1.52 > 1.50 VERIFICA
Janbu : FS = 1.52 > 1.50 VERIFICA
Morqenstern-Price : FS = 1.52 > 1.50 VERIFICA

Fechar

Análise- 2.3: Verificação da estabilidade pelo método de Spencer, análise não otimizada, ruptura poligonal.



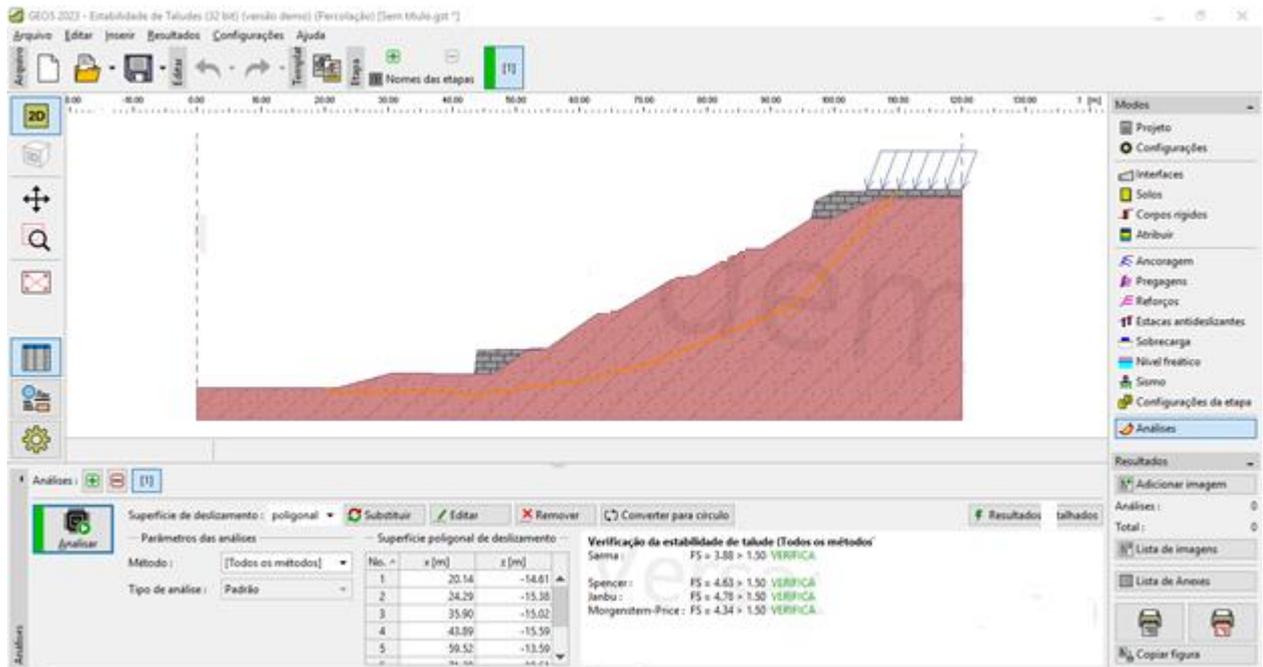
Analise -2.4: Verificação da estabilidade pelo método de Spencer, análise otimizada, ruptura poligonal.



Resultado detalhado



Análise -2.8: Verificação da estabilidade todos métodos, análise não otimizada, ruptura poligonal.

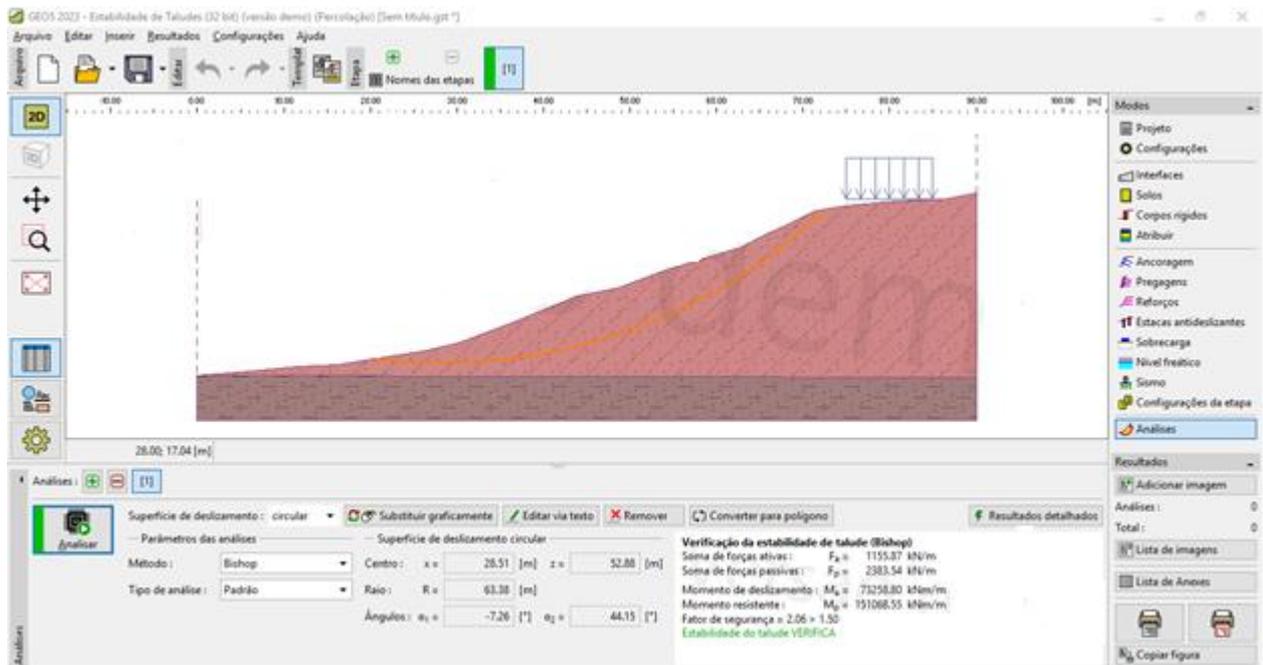


Resultado detalhado



Anexo 3: Análise Talude Julius Nyerere.

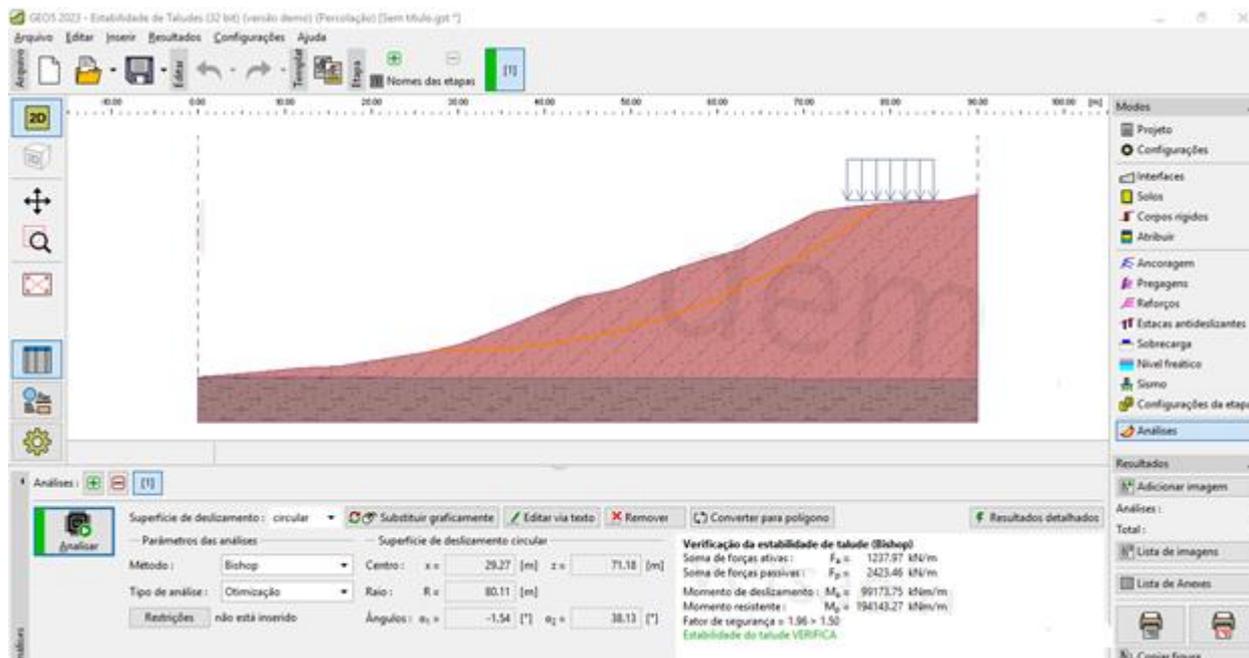
Análise -1.5: Verificação da estabilidade pelo método de Bishop, análise não otimizada, ruptura circular.



Resultado detalhado



Análise -1.6: Verificação da estabilidade pelo método de Bishop, análise otimizada, ruptura circular.



Resultado detalhado

Resultados detalhados

Verificação da estabilidade de talude (Bishop)
Soma de forças ativas : $F_a = 1237.97$ kN/m
Soma de forças passivas : $F_p = 2423.46$ kN/m
Momento de deslizamento : $M_a = 99173.75$ kNm/m
Momento resistente : $M_p = 194143.27$ kNm/m
Fator de segurança = $1.96 > 1.50$
Estabilidade do talude VERIFICA

Otimização da superfície de deslizamento circular (Bishop)

No.	Centro		Raio R [m]	FS	Verificação
	x [m]	z [m]			
1	28.51	52.88	63.38	2.06	VERIFICA
2	28.51	52.88	63.38	2.06	VERIFICA
3	28.52	52.86	63.35	2.06	VERIFICA
4	-37.91	347.43	361.47	2.34	VERIFICA
5	28.34	72.78	88.38	2.33	VERIFICA
6	55.78	32.27	41.07	2.54	VERIFICA
7	39.30	27.37	53.65	3.10	VERIFICA
8	-87.20	401.07	425.03	4.79	VERIFICA
9	-9.27	156.34	168.52	4.05	VERIFICA
10	21.51	24.88	41.23	3.04	VERIFICA
11	45.34	1.51	9.45	3.82	VERIFICA
12	10.80	145.50	157.48	2.23	VERIFICA

Fechar

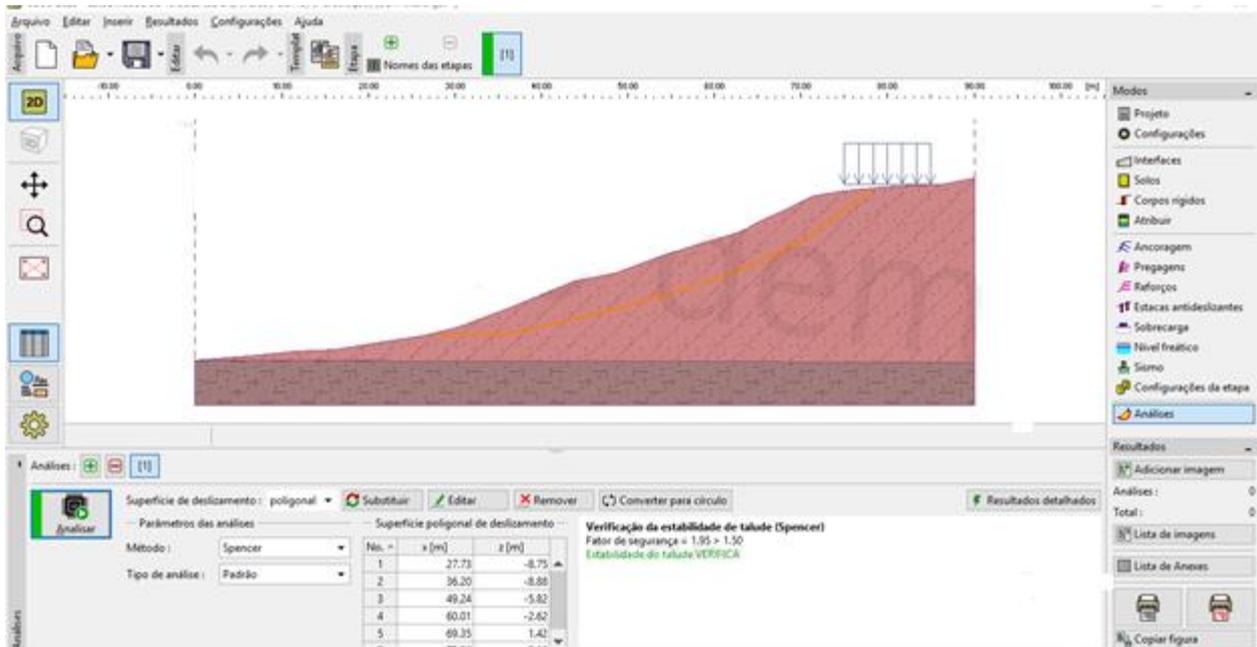
Análise -1.9: Verificação da estabilidade todos métodos, ruptura circular.

Resultados detalhados

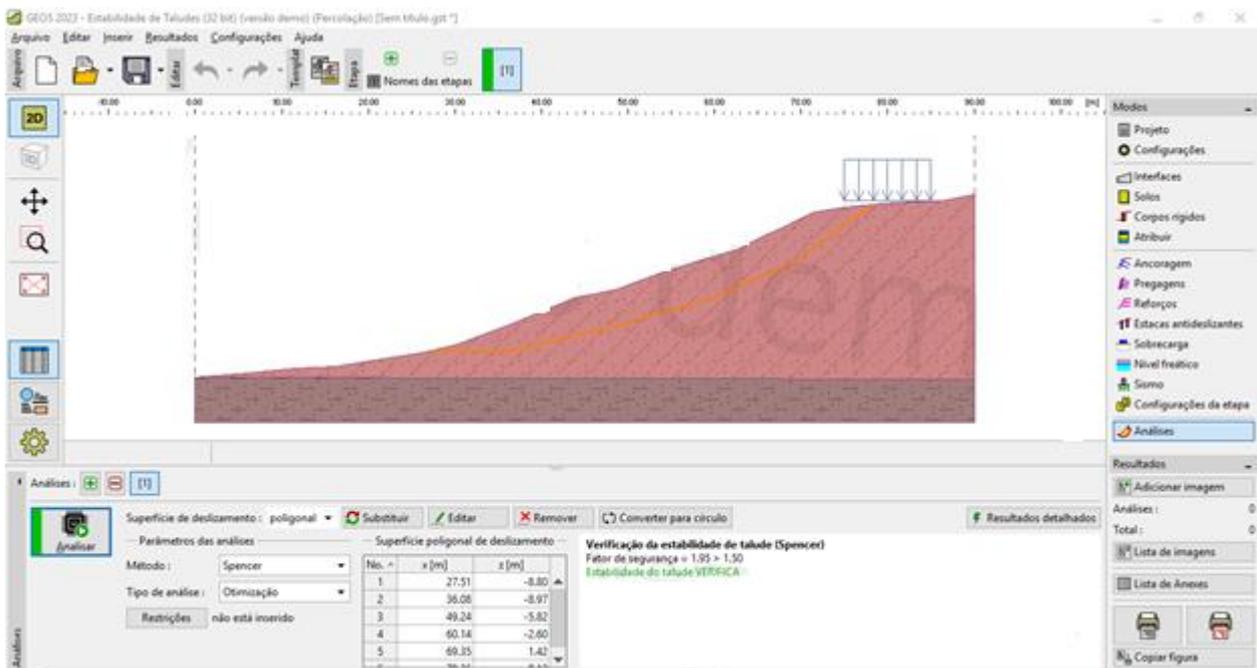
Verificação da estabilidade de talude (Todos os métodos)
Bishop : FS = $1.96 > 1.50$ VERIFICA
Fellenius / Petterson : FS = $1.91 > 1.50$ VERIFICA
Spencer : FS = $1.96 > 1.50$ VERIFICA
Janbu : FS = $1.96 > 1.50$ VERIFICA
Morgenstern-Price : FS = $1.96 > 1.50$ VERIFICA

Fechar

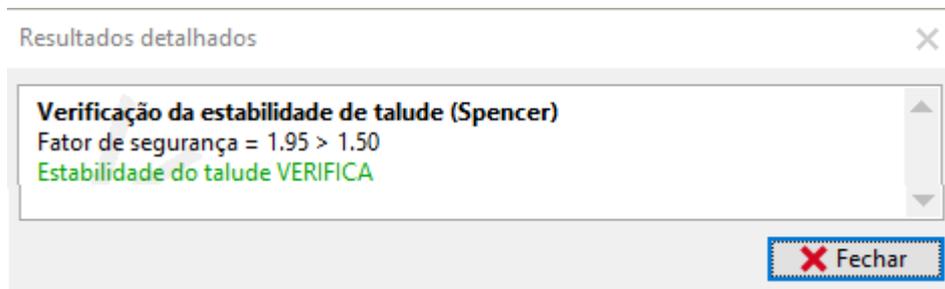
Análise - 2.5: Verificação da estabilidade, pelo método de Spencer, análise não otimizada, ruptura poligonal.



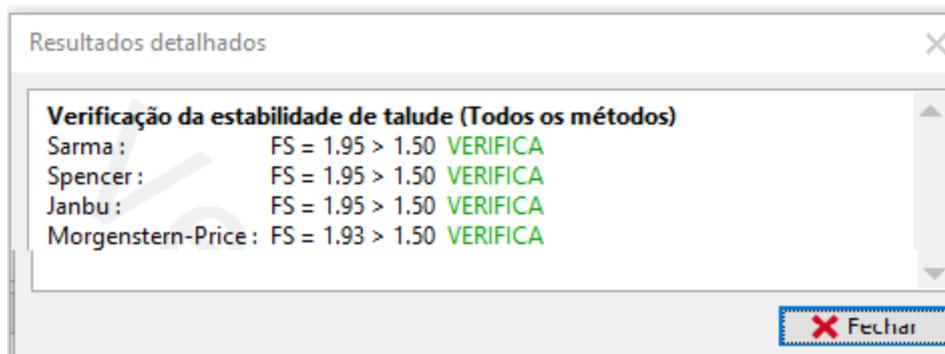
Análise-2.6: Verificação da estabilidade pelo método de Spencer, análise otimizada, ruptura poligonal.



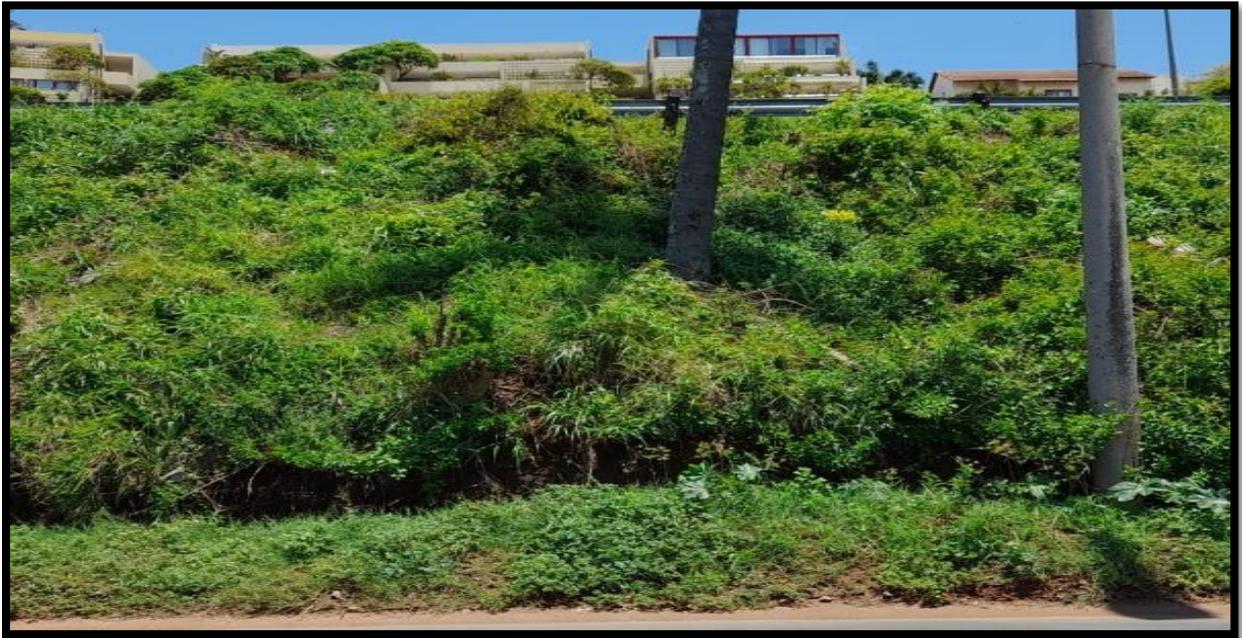
Resultado detalhado



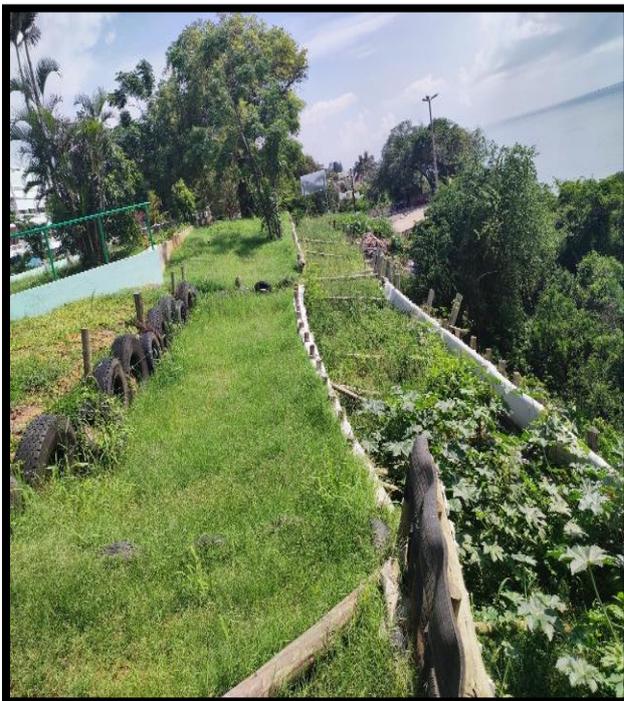
Análise -2.9: Verificação da estabilidade análise não otimizada todos métodos, ruptura poligonal.



Anexo 4: Reportagem fotográfica dos taludes em estudo.



Anexo 1: Aparecimento de fissuras no corpo e ruptura no pé do talude da marginal.



Anexo 2: Talude Ponta vermelha estabilizado na crista



Anexo 3: Deposição de lixo na crista do talude P.V



Anexo 4: Talude do lado esquerdo - Cobertura superficial do talude danificada (sentido Polana - Praça dos Combatentes)



Anexo 5: Talude do lado esquerdo - aparecimento de crateras no corpo do talude (sentido Polana - Praça dos Combatentes)