



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
M O N D L A N E

ESCOLA SUPERIOR DE DESENVOLVIMENTO RURAL

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA RURAL

**Avaliação das condições de estabilidade de taludes artificiais na Baixa do
Município de Xai-Xai**

Licenciatura em Engenharia Rural

Autor:

Hercílio Paulino Manjate

Vilankulo-2015

Hercílio Paulino Manjate

Tema:

**Avaliação das condições de estabilidade de taludes artificiais na Baixa do
Município de Xai-Xai**

Trabalho de Culminação de Curso
Apresentado ao Departamento de
Engenharia Rural da Universidade
Eduardo Mondlane – Escola
Superior de Desenvolvimento
Rural para a obtenção do grau de
Licenciatura em Engenharia Rural

Supervisor

Eng^o. Belarmino José Guivala

UEM-ESUDER

Vilankulo

2015

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu Hercilio Paulino Manjate, declaro pela minha honra que o presente trabalho é integralmente da minha autoria e foi elaborado com base nos recursos a que se fazem referência ao longo do texto. Sendo esta primeira vez que submeto-o para obtenção de grau de licenciatura em Engenharia Rural na Universidade Eduardo Mondlane (UEM-ESUDER).

Vilanculos, 08 de Junho de 2015

(Hercílio Paulino Manjate)

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Paulino Benjamim Manjate e Teresa Carlos Novela, por todo o carinho e esforço transmitido em mim durante toda minha formação acadêmica. A meus familiares e amigos que sempre me apoiaram em todos momentos, e ao meu filho e esposa que sempre me deram carinho para alcançar a minha formação acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Antes de mais nada, quero expressar os meus sinceros agradecimentos a todas pessoas que de algum modo possibilitaram e apoiaram a realização do presente trabalho.

A Deus pela vida, saúde, fé, conhecimento e por me manter forte sempre nos bons e maus momentos.

Aos meus pais Paulino Benjamim Manjate e Teresa Carlos Novela (*in memoria*), pelo sacrifício, pela presença, conselhos, incentivo e muito carinho fizeram durante toda a vida e em especial durante o período da formação.

Aos meus irmãos e todos os meus familiares que puderam colaborar comigo dando esforço, carinho, compreensão, e apoio transmitido em todos momentos.

A minha família pela amabilidade de encorajamento e dedicação que sempre me deram ao longo de toda a minha vida, em especial a minha esposa Melta Júlio Zavale que com muita paciência, amor e dedicação, compreendeu minha ausência pelas noites que não me deixou dormir, concedendo-me mais tempo para pensar, organizar e realizar este trabalho. Pelo dom da vida,

A todos colegas da turma de Engenharia Rural geração 2011, em particular em apoio oferecido nos difíceis momentos que passei.

Ao Eng^o Belarmino José Guivala pela sua orientação cuidadosa ao longo dos dias de realização do trabalho.

Aos meus companheiros de estudo: Valdemiro Chifule, Marcelo Novela, Tupula Nicula, Milton Sibinde, Bernardo Matavele, Alberto Vilanculos, entre outros, obrigado.

Escola Superior de Desenvolvimento Rural e aos meus docentes, em especial ao Departamento de Engenharia Rural MSc. Lário Herculano, MSc. Bartolomeu Tangune, Dr Vine e Hamilton Chiango pelos conhecimentos que foram transmitindo ao longo da formação Profissional e pela ajuda dado em momentos difíceis que passei.

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABGE	Associação Brasileira de Geologia de Engenharia
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnica
PDXPG	Perfil do Distrito de XAI-XAI Província de Gaza
PEDDX	Plano Estratégico para o desenvolvimento do Distrito de Xai-Xai
DCUA	Departamento da construção e Urbanização do Ambiente
NBR	Normas brasileiras
FS	Factor de segurança
C'	Coesão
γ	Peso específico do material
KN	Kilonewton
Tf	Tensões Cisalhantes
Tmob	Tensão mobilisadora ou resistência ao cisalhamento
T	Tensões totais
CBR	Capacidade máxima do suporte do solo.
DCUA	Departameno da construção e Urbanização do Ambiente
MM	Movimentos de Massa
NA	Nível de água
EQ	Equação
ANE	Administração Nacional de estradas
Tab	Tabela
Φ	Ângulo de atrito
τ	Tensão cisalhante

LISTA DE FIGURAS

Figura n°01: Nomenclatura utilizada para taludes	4
Figura n°02: Representação das formas geométricas de taludes	5
Figura n°03: Exemplo de um corte de solo	5
Figura n°04: Exemplo de um aterro do solo	6
Figura n°05: Superfície de ruptura plana de um talude infinito	7
Figura n°06: Superfície de ruptura circular de um talude	8
Figura n°07: Escorregamentos de terras com danos materiais de perda de vida humana	10
Figura n°08: Representação de um movimento de terreno, tombamento ou queda	11
Figura n°09: Zona fraca cisalhada e superfície de cisalhamento	16
Figura n°10: Rupturas mais comuns em maciços rochosos devido a descontinuidade	17
Figura n°11: Correlação entre a tensão de cisalhamento e tensão normal	21
Figura n°12: Metodos de drenagem superficial e profunda	24
Figura n°13: Grapeamento verde em aterro para estabilização de taludes	25
Figura n°14: Mapa de localização do local de estudo	27
Figura n°15: Processo de pesagem de solo humedecido.....	32
Figura n°16: Prensa usada no laboratório para ensaios de CBR e PROCTOR.....	32

LISTA DE TABELAS

Tabela nº01: Parâmetro de velocidade para movimentos de massa.....	13
Tabela nº02: Parâmetro de profundidade para movimentos de massa.....	13
Tabela nº03: Factores de segurança mínimos recomendados pela NBR 11682 (ABNT, 2009).....	19
Tabela nº04: Factores de segurança e respectivas condições de estabilidade do talude.....	20
Tabela nº05: Valores das médias dos coeficientes U, C e FS determinados da pesquisa.....	38

LISTA DE ANEXOS

Figura n°1: Coeficientes de estabilidade (m e n) pelo Método de Bishop & Morgenstern (1960)..I

Figura n°2: Problemas em taludes artificiais nas rodovias..... I

LISTA DE APÊNDICES

Figura n°1: Talude artificial estudado.....III

Figura n°2: Provetas utilizadas no laboratório para mistura do solo.....III

GLOSSÁRIO

PROCTOR É um ensaio que determina a baridade máxima do teor ótimo de água

Baridade Refer-se ao nível máximo da humidade do substrato

Tombamento Forma pela qual um talude se mostra ao deslocar do lugar ou seja é maneira de cair ao chão.

Estabilidade de talude entende-se como sendo o nível de segurança contra a sua instabilização.

RESUMO

A estabilidade de taludes tem sido um assunto de bastante estudo, pois as condições de estabilidades são diferentes para os distintos materiais que compõem o solo e rocha, e a instabilidade dos mesmos causada pela maior carga das forças solicitantes, pode originar movimentos de massa do solo que sequencialmente podem envolver perdas económicas e de vidas humanas. Os taludes artificiais são definidos como sendo superfícies inclinadas de maciços terrosos ou rochosos originados por processos artificiais, formados ou modificados, pela acção do homem. O objectivo da pesquisa foi de avaliar as condições de estabilidade de taludes artificiais na baixa do Município de Xai-Xai, em taludes artificiais de corte situado na rua Martines de Revolução, com vista a conhecer as possíveis causas e problemas de instabilidade do talude do local estudado para aplicar as medidas preventivas ou corretivas que sejam mais adequadas para estabilização dos mesmos caso estejam instabilizados para posteriormente garantir a segurança humana. O método adoptado para o efeito desta pesquisa baseou-se na pesquisa do campo e ensaios laboratoriais que forneceram dados concernentes à cbr com o valor médio de 10.84% e proctor com uma média de 7,3% cujo resultados do cálculo dos factores de segurança mostraram-se satisfatório com uma média de 2,1%. Portanto importa realisar que apesar de ter-se levantados alguns defeitos sobre os taludes, esses defeitos não são de forte índice que pode levar ao escorregamento pois conforme os resultados obtidos dos FS concluiu-se os taludes da Baixa da cidade de Xai-Xai são estáveis e ainda oferecem resistência que garante a segurança humana por estiverem dentro dos parâmetros estabelecido pelas normas.

Palavras-chave: *Avaliação. Condições. Taludes artificiais.*

ÍNDICE

Conteúdo	Páginas
AGRADECIMENTOS.....	i
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SIMBOLOS.....	ii
LISTA DE FIGURAS.....	iii
LISTA DE TABELAS.....	iv
LISTA DE ANEXOS.....	v
LISTA DE APÊNDICES.....	v
GLOSSÁRIO.....	vi
RESUMO.....	vii
CAPITULO I: INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Contextualização	1
1.2 Problema de estudo.....	2
1.3 Justificativa.....	2
1.4 Objectivos:.....	3
1.4.1 Geral:	3
1.4.2 Específicos.....	3
1.5 Hipóteses	3
1.5.1 Hipótese nula (Ho):	3
1.5.2 Hipótese alternativa (H1).....	3
CAPÍTULO II: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 Conceitos básicos:	4
2.1.1 Talude	4
2.1.2 Tipos de taludes.....	4
2.1.3 Formas de representação dos Taludes	4
2.2 Taludes artificiais	5
2.2.1 Corte	5
2.2.2 Aterro ou Reaterro	6
2.3 Estabilidade de Taludes.....	6
2.3.1 Tipos de instabilidade de taludes.....	7

2.3.1.1 Taludes infinitos	7
2.3.1.2 Taludes circulares	7
2.4 Causas de Instabilidade de Taludes	8
2.4.1 Causas externas	8
2.4.2 Causas intermédias	9
2.4.3 Causas internas	9
2.5 Importância dos estudos da estabilidade de taludes	9
2.6 Movimentos de Massa	9
2.6.1 Tipos de Movimentos de massa	9
2.6.1.1 Escorregamentos.....	10
2.6.1.1.1 Tipos de escorregamentos.....	10
2.6.1.2 Quedas e tombamentos.....	11
2.6.1.2.1 Tipos de tombamentos.....	12
2.6.1.3 Rastejo	12
2.6.2 Classificação dos Movimentos de Massa	12
2.6.3 Causas dos Movimentos de Massa	14
2.7 Influência da água na estabilidade de taludes.....	14
2.8 Análises de Estabilidade de Taludes	15
2.8.1 Tipos de Análises de Estabilidade de Taludes	15
2.9 Mecanismo de ruptura	16
2.9.1 Tipos de rupturas	16
2.10 Factor de Segurança.....	17
2.10.1 Métodos para cálculo do Factor de Segurança	17
2.10.2 Factores de Segurança Recomendados.....	19
2.11 Parâmetros do solo	20
2.11.1 Ângulo de atrito.....	21
2.11.2 Coesão	22
2.11.3 Peso específico natural	22
2.11.4 Resistência dos solos	22
2.11.5 Pressão neutra	23
2.12 Tensões Totais X Tensões Efectivas	23

2.13 Estabilização de taludes.....	23
2.13.1 Diminuição da inclinação do talude	24
2.13.2 Drenagem superficial e profunda	24
2.13.3 Emprego de material estabilizante.....	24
2.14 Determinação do ensaio CBR.....	25
2.15 Determinação do ensaio Proctor.....	26
CAPITULO III: METODOLOGIA.....	27
3.1 Descrição da área de estudo.....	27
3.1.2 Solos da cidade de Xai-Xai	28
3.1.3 Hidrografia	28
3.2 População e amostra	28
3.2.1 Entrevistas	29
3.2.2 Colecta do solo	29
3.3 Técnicas de colecta de dados.....	29
3.4 Preparação da Amostra.....	31
3. 5 Análise de dados.....	32
CAPITULO IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
4.1 Descrição das condições de estabilidade do talude artificial na baixa do município de Xai-Xai.	33
4.2 Determinação dos Coeficientes do Solo no talude Artificial estudado	34
4.2.1 Determinação da coesão do solo.....	34
4.2.2 Pressão neutra.....	35
4.2.3 Ângulo do atrito do talude.....	36
4.2.4 Inclinação do talude.....	36
4.2.5 Factores de segurança.....	37
4.3 Comparação dos resultados segundo as normas.....	37
CAPITULO V. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES.....	39
5.1 Conclusão	39
5.2.Recomendações	39
VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41
ANEXOS/APENDICES.....	45

CAPITULO I: INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

No geral o estudo de estabilidade de taludes, surgiu no fim do século XIX quando numerosos acidentes (escorregamentos de taludes) ocorreram nos E.U.A. Panamá, Suécia e Alemanha. Em resposta a estes acidentes foram nomeadas nestes países, comissões para estudar os fenómenos decorrentes. Como resultado dessa investigação foram relativizados os princípios da teoria clássica e desenvolveram-se novas metodologias analíticas (VIANA, 2013).

CAPUTO (1988) citado por SANTOS (2014), defende que a estabilidade de taludes tem sido um assunto de bastante estudo, pois as suas condições são diferentes para os distintos materiais que compõem o solo e rocha, e a instabilidade dos mesmos, causada pela maior carga das forças solicitantes, pode originar movimentos de massa do solo que posteriormente podem envolver perdas económicas e de vidas humanas.

CASTRO (2004), sustenta que o crescimento das cidades tem levado em determinadas regiões à ocupação em locais por onde estão construídos os taludes, principalmente, por famílias carentes, através de edificações para alojamentos, sem conhecimentos para a aplicação dos critérios técnicos normalmente requeridos para a estabilização dos taludes.

Contudo, o objectivo deste trabalho de pesquisa foi de avaliar as condições de estabilidade de taludes artificiais na baixa do Município de Xai-Xai, situado na rua Martines de revolução da cidade, com vista, a diagnosticar as possíveis causas e problemas de instabilidade que assolam os taludes do local estudado de modo a aplicar as medidas preventivas ou corretivas que sejam mais adequadas para estabilização dos mesmos, para posteriormente garantir a segurança humana.

1.2 Problema de estudo

Em países africanos subtropicais, como caso de Moçambique, a ocorrência dos deslizamentos de terra constituem uma ameaça para a redução de vidas humanas e destruição de infra-estruturas alocadas próximo das zonas inclinadas, porém, houve registos de acidentes de escorregamentos de terra ocorrido em Tumbine, na província da Zambézia, distrito de Milange onde, segundo o relatório da Direcção Nacional de Geologia, citado por VIANA (2013), morreram 70 pessoas, com desaparecimento de 97 e foram destruídas importantes vias de acesso.

Componentes como, alteração da topografia, as precipitações, as sobrecargas dos taludes, são factores que constituem à diminuição da resistência do solo, condicionando à instabilidade dos taludes de natureza artificial. Portanto o problema focal identificado no estudo dos taludes na baixa da cidade de Xai-Xai, foi de ter-se observado blocos deslocados do lugar e presença de fissuras ao longo do percurso dos taludes.

Questão de pesquisa: *Será que os taludes construídos na baixa da cidade de Xai-Xai ainda proporcionam a uma estabilidade que resista às forças actuantes contra o solo?*

1.3 Justificativa

A avaliação das condições da estabilização de taludes torna-se cada vez mais necessário para construção, pois no nosso quotidiano tem-se verificado ocorrências de precipitações, sendo que, estas são factores que podem contribuir negativamente na estabilidade dos taludes pelo facto de, chuvas elevarem as pressões de água, pela inundação da área que contempla taludes, pelo aumento do volume do peso do solo e reduzindo a pegajosidade das partículas, e por conseguinte contribuir para a redução da resistência do solo.

A relevância do seu estudo deve-se ao facto de que a ruptura de um talude pode vir a ocasionar a destruição não apenas de construções, mas também de perdas de vidas humanas, e pelo facto de Xai-Xai conter uma zona baixa que circula as águas, e por ter servido de corredor de cheias que assolaram a província de Gaza nos anos de 2000 e 2013.

Esta pesquisa tem uma grande relevância social, dado facto pelo qual surge a preocupação em saber se é que o talude artificial de dimensão maior ainda proporciona capacidades que garantem uma segurança de vidas humanas, sabendo que é uma zona de alta circulação de pessoas, transportes devido a presença de estrada próxima do local do talude.

1.4 Objectivos:

1.4.1 Geral:

- ✓ Avaliar as condições de estabilidade de taludes artificiais na baixa do Município de Xai-Xai

1.4.2 Específicos

- ✓ Descrever as condições de estabilidade do talude artificial na baixa do município de Xai-Xai.
- ✓ Determinar os coeficientes de segurança do solo no talude artificial da baixa do município de Xai-Xai.
- ✓ Comparar os resultados dos factores de segurança calculados, com as normas.

1.5 Hipóteses

Para tentar responder ao problema levantado pelo tema escolhido na pesquisa sobre a avaliação das condições de estabilidade de talude são consideradas as seguintes hipóteses:

1.5.1 Hipótese nula (H₀):

Se os factores de segurança calculados para taludes não cumprirem com as normas, então os taludes não são estáveis.

1.5.2 Hipótese alternativa (H₁)

Se os factores de segurança calculados para taludes cumprirem com as normas, então os taludes são estáveis.

CAPÍTULO II: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Conceitos básicos:

2.1.1 Talude

Segundo CAPUTO (1998), um talude compreende quaisquer superfícies inclinadas que limitam um maciço de terra, ou rocha. Teoricamente são considerados como massa de solo que está submetida a três campos de forças: Peso, escoamento da água e à resistência ao cisalhamento. Devendo entretanto, levar em conta o equilíbrio entre essas forças, uma vez que as duas primeiras se somam e tendem a movimentar a massa de solo, enquanto a última resiste a essa movimentação, (Ver fig.n^o 1) ilustra a composição dos taludes.

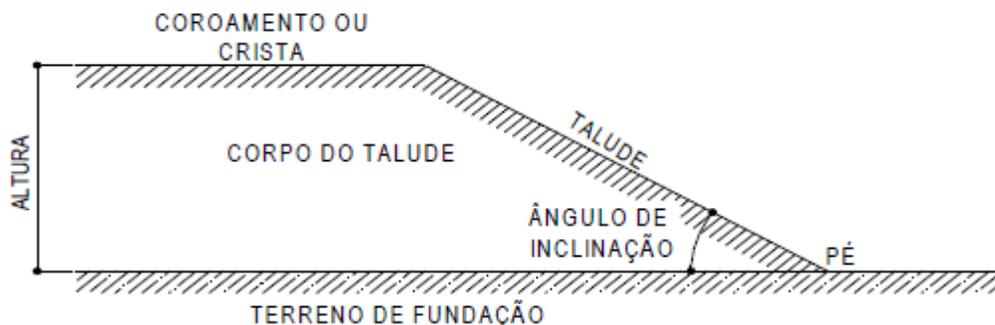


Figura n^o1: Nomenclatura utilizada para taludes

Fonte: OLIVEIRA, 2002

2.1.2 Tipos de taludes

Segundo RAFAEL (2009), os taludes podem ser:

Taludes naturais; Taludes de escavação ou corte e Taludes de aterro. Pode haver fenômenos de instabilidade associados a deslocação do solo para a base do talude (ravinamentos, deslizamentos de terras, etc) e neste trabalho tratou-se de taludes artificiais.

2.1.3 Formas de representação dos Taludes

Segundo GERSCOVICH (2010), os taludes podem ser Linear, Convexo e Côncavo (ver fig.2)

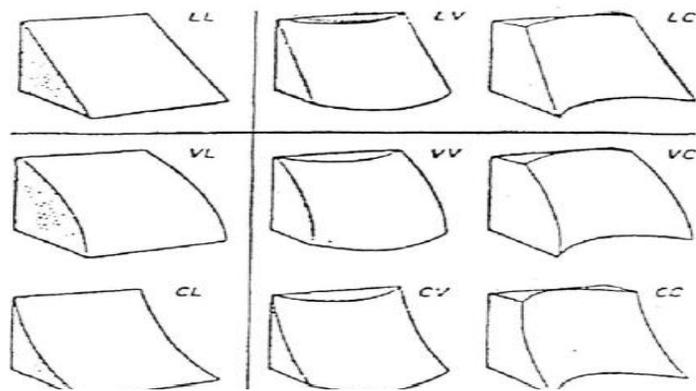


Figura nº2: Representação das formas geométricas de taludes

Fonte: GERSCOVICH, 2010

2.2 Taludes artificiais

VANMARCKE (2011), define talude artificial como sendo formado, ou modificado pela acção directa do homem. Estes podem ser de forma de aterro ou corte.

2.2.1 Corte

Esse método é utilizado quando há necessidade de escavar o terreno, (ver fig.3). As operações do corte compreendem a escavação, a carga do material removido, o transporte, descarga e o espalhamento no local destinado ao aterro ou depósito (HEIJMEIJER, 2012).

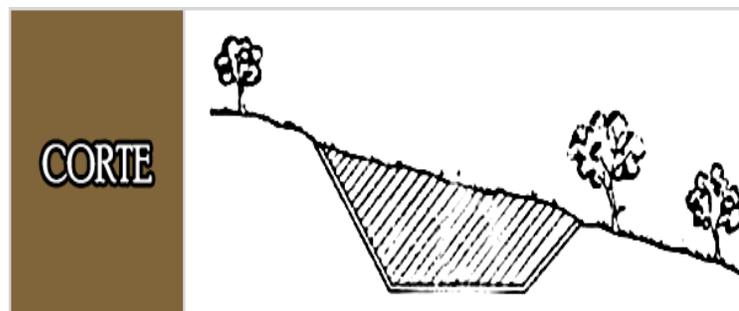


Figura nº3: Exemplo de um corte do solo

Fonte: HEIJMEIJER, 2012

2.2.2 Aterro ou Reaterro

Consiste na colocação ou recolocação de solo em uma área específica a fim de nivelar ou elevar determinadas áreas baseando-se no projecto que será implantado no local (ver fig.4). Os aterros e reaterros devem ser acompanhados da compactação do solo com equipamentos manuais ou mecanizados (HEIJMEIJER, 2012).

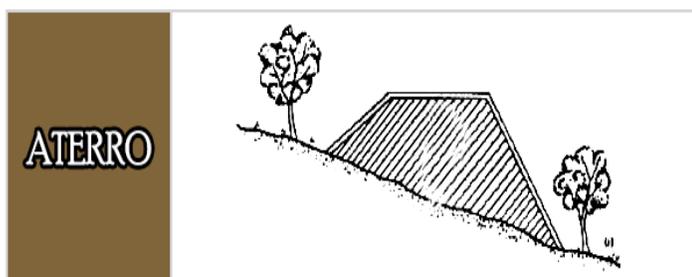


Figura n^o4: Exemplo de um aterro do solo

Fonte HEIJMEIJER, 2012

2.3 Estabilidade de Taludes

O estudo de análise da estabilidade de taludes iniciou-se em 1916, depois do escorregamento de um talude no cais de Stigberg, em Gutemburgo, onde os suecos começaram a desenvolver os métodos de análise para a estabilidade de taludes que são usados até hoje. Esses métodos baseiam-se no conceito de equilíbrio limite conforme GUIDICINI & NIEBLE (1984) citado por (FIAMONCINI, 2009).

Para a análise da estabilidade dos taludes, são quantificando os coeficientes de segurança contra o escorregamento. Contudo nos maciços artificiais na tentativa de não se obter o coeficiente de segurança requerido opta-se por soluções alternativas (ITALO, 2007).

Antes de iniciar o estudo das análises de estabilidade de talude é conveniente tratar das causas que podem levar os taludes a escorregar. Estas causas são complexas, pois envolvem uma infinidade de factores que se associam. O conhecimento delas permite ao engenheiro escolher

com mais critério as soluções que se apresentam satisfatórias e mesmo prever o desempenho destas alternativas (ITALO, 2007).

Por estabilidade de talude entender-se como sendo o nível de segurança contra a sua instabilização (o seu escorregamento). Essa estabilidade, depende essencialmente das condições geotécnicas dos maciços envolvidos (geologia, geomorfologia, geohidrologia e geomecânica), da topografia, duma dada região (MATTOS, 2009).

2.3.1 Tipos de instabilidade de taludes

Um talude pode ser considerado como potencialmente instável a partir do momento em que, as tensões cisalhantes originárias de esforços estabilizadores sejam ou possam vir a ser maiores que as resistências ao cisalhamento do material disponíveis (RAFAEL, 2009).

2.3.1.1 Superfícies de ruptura infinitos

Consideram-se superfícies de ruptura infinitos sempre que a superfície de deslizamento é plana (ver fig nº5).

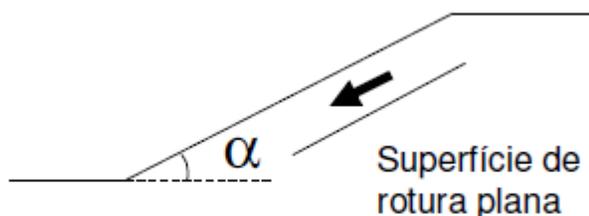


Figura nº5: Superfície de ruptura plana de um talude infinito

Fonte: RAFAEL, 2009

2.3.1.2 Superfícies de ruptura circulares

Consideram-se superfícies de ruptura circulares sempre que a superfície de deslizamento é finita, e a sua geometria circular da superfície de deslizamento tem geometria semelhante à observada em solos aproximadamente homogêneos (ver fig nº6) (RAFAEL, 2009).

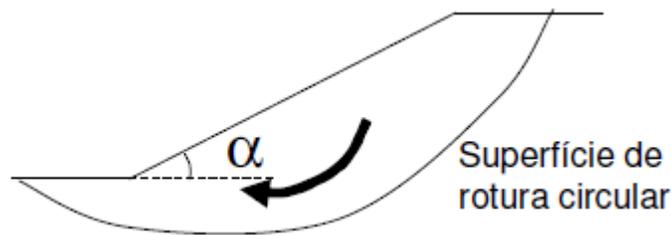


Figura nº6: Superfície de ruptura circular de um talude

Fonte: RAFAEL, 2009

Porém para os dois tipos de taludes, a análise da sua estabilidade considera-se as equações de equilíbrio estático, admitindo a plastificação do solo acima da superfície de deslizamento. Independentemente da geometria da superfície de deslizamento, só há estabilidade quando ($S < R$) a ação S (peso e sobrecargas) for inferior à resistência R mobilizada na superfície de ruptura (COSTA, 2005).

2.4 Causas de Instabilidade de Taludes

Segundo RILHO (2011), a ruptura de um talude ocorre quando os termos solicitantes excedem a resistência, e pode-se destacar as principais causas de uma ruptura quanto à:

2.4.1 Causas externas

- ✓ Aumento da inclinação dos taludes, por escavação ou por erosão provocada pelas águas ou pelo vento;
- ✓ Aumento da altura do talude, através da escavação no pé ou da construção de um aterro no topo;
- ✓ Aplicação da sobrecarga no talude, principalmente na sua parte superior
- ✓ Erosão superficial;
- ✓ Efeito da estagnação da água no terreno e conseqüente aumento do volume;
- ✓ Efeito da vegetação do talude que constitui uma sobrecarga e que pode causar a perda da resistência quando se dá o apodrecimento das raízes.

2.4.2 Causas intermédias

- ✓ Rebaixamento rápido do nível das águas exterior;
- ✓ Erosão interna, provocada pela circulação da água no interior do talude;
- ✓ Liquefação do solo.

2.4.3 Causas internas

Aumento das pressões intersticiais, com a consequente redução da resistência ao corte; Diminuição da resistência dos terrenos e Aumento das tensões de origem técnicas.

2.5 Importância dos estudos da estabilidade de taludes

Conforme FERREIRA (2008), os estudos da estabilização de taludes juntamente com suas formas de contenção, se tornam necessários devido aos grandes desastres acarretados pelos deslizamentos de terras. A tendência desses escorregamentos continua, pois a urbanização, o desmatamento, chuvas não param de se aumentar. Portanto a prevenção destes casos se torna pertinente cada vez mais, principalmente em áreas de maiores riscos.

2.6 Movimentos de Massa

VANMARCKE (2011) sustenta que Movimentos de massa é o nome dado ao processo de desprendimento e transporte do solo ou rocha, ou seja, é entendida como um conjunto de operações essenciais para remover a terra, dos locais a qual se encontram em excesso para aqueles em que há falta.

2.6.1 Tipos de Movimentos de massa

Segundo HOEK (2007), as formas de instabilidade de maciços terrosos, nem sempre se apresentam bem caracterizadas e definidas, porém os seus movimentos de massa se diferem em função de velocidade de movimentação e a Forma de ruptura. Os movimentos de massa podem ser agrupados em três categorias conforme abaixo mencionadas:

2.6.1.1 Escorregamentos

Apresentam poucos planos de escorregamento externos e velocidades médias a altas. Podem ocorrer em geometria planar, circular ou em cunha, (ver fig nº7)



Figura nº7: Escorregamentos de terra com danos materiais e de perda de vida humana

Fonte: ITALO, 2007

2.6.1.1.1 Tipos de escorregamentos

a) Rotacional ou circular

Neste escorregamento ocorre a separação de uma massa de solo de material do terreno, delimitada de um lado pelo talude e de outro lado por uma superfície contínua de ruptura, podendo ser feita a análise de estabilidade dessa cunha. A forma e a posição da superfície de ruptura dependem da distribuição de pressões neutras e da variação da resistência ao cisalhamento (DUTRA, 2013).

b) Translacional ou planar

Os planos de escorregamentos translacionais são condicionados por movimentos no interior das massas de solo ou rocha. Ocorre em maciços impermeáveis em relação à superfície. Diferem dos movimentos rotacionais principalmente pelo facto da superfície de ruptura ser plana e não curva (DUTRA, 2013).

c) Subsidiências

São movimentos de deslocamento fortemente vertical pela ausência de uma frente livre. Ocorre em consequência do adensamento ou afundamento de camadas, pela remoção de alguma fase (sólida, líquida ou gasosa) do subsolo. Em geral envolve grandes áreas e as causas mais comuns são:

- ✓ Acção erosiva das águas subterrâneas;
- ✓ Actividades de mineração;
- ✓ Efeito de vibração em sedimentos não consolidados;
- ✓ Exploração de petróleo e bombeamento de águas subterrâneas.

- **Condições gerais de escorregamentos:**

O escorregamento ocorre quando as tensões cisalhantes se igualam a resistência ao cisalhamento,

isto é: $FS = \frac{tf}{tmb} = 1$ (eq n°1)

2.6.1.2 Quedas e tombamentos

Não apresentam planos de deslocamento, ocorrem em material rochoso e de geometria variável, podendo apresentar altas velocidades, (ver fig n°8).

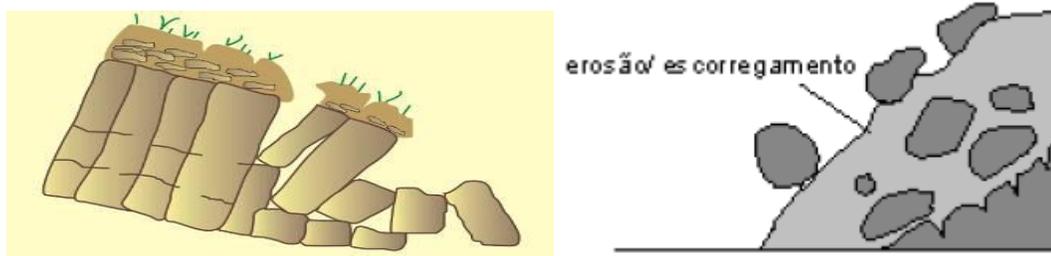


Figura n°8: Representação de um movimento de terreno, tombamento ou queda

Fonte: HORST, 2007

2.6.1.2.1 Tipos de tombamentos

Segundo MATTOS (2009), os tombamentos podem-se apresentar conforme o tipo e características abaixo exposto:

- d) **Direto (dobra)** quando o centro de gravidade fica fora da linha de base do bloco (momento crítico de tombamento);
- e) **Flexural:** ocorre quando uma camada de rocha emerge-se no talude e, a tensão principal paralela a face do talude induz o deslizamento entre as camadas, o que provoca a fractura da rocha intacta e resulta no tombamento.

✓ **Características principais:**

Definição: giro para fora do talude de uma massa de solo e, ou rocha sobre um ponto na base devido a estruturas geológicas com grandes mergulhos:

- ✓ Velocidade variável extremamente lenta e extremamente rápida,
- ✓ Tombamentos de detritos devido a erosão no sopé.

2.6.1.3 Rastejo

É o deslocamento lento e contínuo de camadas superficiais sobre camadas mais profundas, com ou sem limite definido entre a massa de terreno que se desloca e a que permanece estacionária.

2.6.2 Classificação dos Movimentos de Massa

Segundo GERSCOVICH (2010), os MM classificam-se quanto a velocidade e profundidade.

- ❖ Quanto à velocidade os movimentos de massa são classificados como (Ver tab. n^o1).

Tabela n^o1: Parâmetro de velocidade para movimentos de massa

Nomenclatura	Velocidade
Extremamente rápido	> 3m/s
Muito rápido	0,3m/s a 3m/s
Rápido	1,6m/dia a 0,3m/s
Moderado	1,6m/mês a 1,6m/dia
Lento	1,6m/ano a 1,6m/mês
Muito lento	0,06m/ano a 1,6m/ano
Extremamente lento	<0,06m/ano

Fonte: GERSCOVICH, 2010

- ❖ Quanto a profundidade os movimentos de massa classificam-se como, (Ver tab n^o2).

Tabela n^o2: Parâmetro de profundidade para movimentos de massa

Nomenclatura	Profundidade
Superficial	<1,5m
Raso	1,5m a 5m
Profundo	5m a 20m
Muito profundo	> 20m

Fonte: GERSCOVICH, 2010

2.6.3 Causas dos Movimentos de Massa

Conforme ABGE (1998), os principais condicionantes dos escorregamentos são:

- ✓ Características climáticas, com destaque para o regime pluviométrico;
- ✓ Características e distribuição dos materiais que compõem o substrato dos taludes, abrangendo solos, rochas, depósitos e estruturas geológicas;
- ✓ Características do uso e ocupação, incluindo cobertura vegetal e as diferentes formas de intervenção, como cortes e aterros, concentração de água pluvial e servida, etc.
- ✓ Aumento do peso específico do solo pela retenção parcial das águas de infiltração;
- ✓ Desenvolvimento de poropressões no terreno, com conseqüente redução das tensões efetivas;
- ✓ Eliminação das tensões capilares mobilizadas entre as partículas do solo; perda da cimentação existente entre as partículas de solo e introdução de uma força de percolação na direção do fluxo, que tende a arrastar as partículas do solo.

2.7 Influência da água na estabilidade de taludes

Os principais mecanismos de atuação das águas de subsuperfície no desencadeamento de escorregamentos segundo ABGE (1998) são os seguintes:

- ✓ Diminuição da coesão aparente: maciços terrosos, com a permeabilidade crescente com a profundidade, tendem a formar linhas de fluxo subverticais, que aumentam o grau de saturação e diminuem os efeitos da coesão aparente, com o avanço em profundidade da frente de humedecimento. Este processo pode levar os taludes à ruptura, mesmo sem a formação ou elevação do NA;
- Variação do nível piezométrico em massas homogêneas: a elevação do nível de água nestas condições, aumenta as pressões neutras, reduzindo as tensões normais efetivas e a resistência ao cisalhamento, podendo levar os taludes à ruptura;
- Elevação da coluna de água em discontinuidades: o nível de água subterrâneo sofre alterações mais intensas nos taludes rochosos pouco fraturados, quando comparados com os de maciços terrosos, em virtude de suas porosidades relativas inferiores. Essas elevações do NA

nas discontinuidades diminuem tanto as tensões normais efetivas como podem gerar esforços laterais cisalhantes, contribuindo, em ambos os casos, para a deflagração de escorregamentos nas encostas e nos taludes.

- Inclinação do talude; A inclinação do talude é um factor de estabilidade muito importante, isso porque com o aumento da inclinação do talude aumenta o efeito da força de gravidade em relação à força de atrito;
- A erosão subterrânea retrogressiva “*piping*”, também associada à dinâmica de águas subsuperficiais, pode induzir a instabilização de taludes de maciços terrosos (ABGE, 1998).

2.8 Análises de Estabilidade de Taludes

Apesar da complexidade de se realizar uma determinada análise de estabilidade de taludes, não se pode descartar a importância de uma avaliação quantitativa através da obtenção do factor de segurança. O factor de segurança de um dado talude é calculado a partir de teorias e metodologias de dimensionamento e seu valor deverá estar de acordo com o determinado em projecto (SILVA, 2013).

O valor de FS servirá de base para que se adquira uma melhor compreensão do comportamento do talude e da sua sensibilidade em relação a mudanças de determinados parâmetros críticos. O objectivo da análise de estabilidade de um talude é de avaliar o nível de segurança do talude em relação à ruptura, com vista a dotar-se medidas de estabilização ou para reavaliar alguns parâmetros de projecto, permitindo assim a execução de obras mais seguras e económicas (SILVA, 2013).

2.8.1 Tipos de Análises de Estabilidade de Taludes

Segundo SILVA (2013), existem dois tipos de estudo para análise de estabilidade de taludes, que compreende a análise de tensão x deformação e método do equilíbrio limite.

O método de análise de tensão x deformação é realizado com a utilização de programas computacionais e baseado em análises de tensão x deformação. Neste método as tensões

resistentes são comparadas com aquelas calculadas em todos os pontos do meio. O método de análise de tensões não será abordado neste trabalho (DYMINSKI, 2007).

No método do equilíbrio limite é realizado um estudo das condições de equilíbrio isolando-se massas arbitrárias do solo que pode ser delimitada por uma superfície potencial de ruptura circular, plana, em cunha ou uma geometria qualquer. Assume-se que a ruptura de um talude ocorre simultaneamente em todos os pontos ao longo da superfície potencial de ruptura (DYMINSKI, 2007).

2.9 Mecanismo de ruptura

A ruptura em si é caracterizada pela formação de uma superfície de cisalhamento contínua na massa de solo. Existe portanto, uma camada de solo em torno da superfície de cisalhamento que perde suas características durante o processo de ruptura, formando assim a zona cisalhada (ver fig nº9). Este processo é bem caracterizado, tanto em ensaios de cisalhamento direto, como nos escorregamentos de taludes (LEROUEIL, 2001).

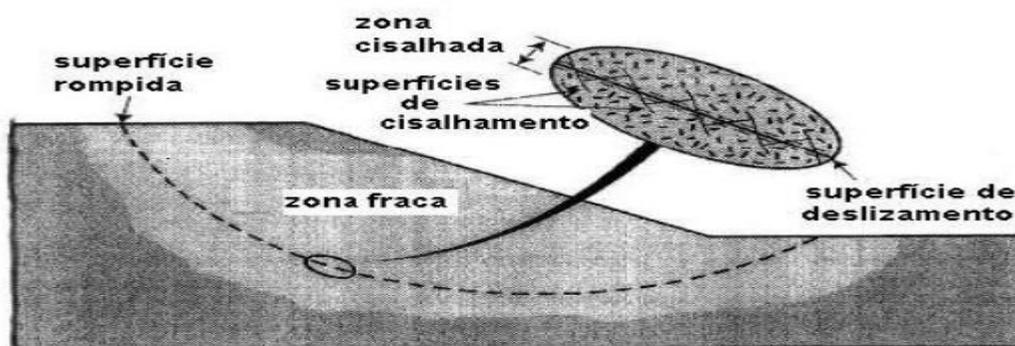


Figura nº9: Zona fraca, cisalhada e superfície de cisalhamento

Fonte: LEROUEIL, 2001

2.9.1 Tipos de rupturas

GSANCHEZ (2012), salienta que de modo geral, os escorregamentos em maciços rochosos podem ser classificados em três tipos principais: escorregamentos planares, escorregamentos em cunha e tombamento de blocos como pode ser vistos na (fig nº10).

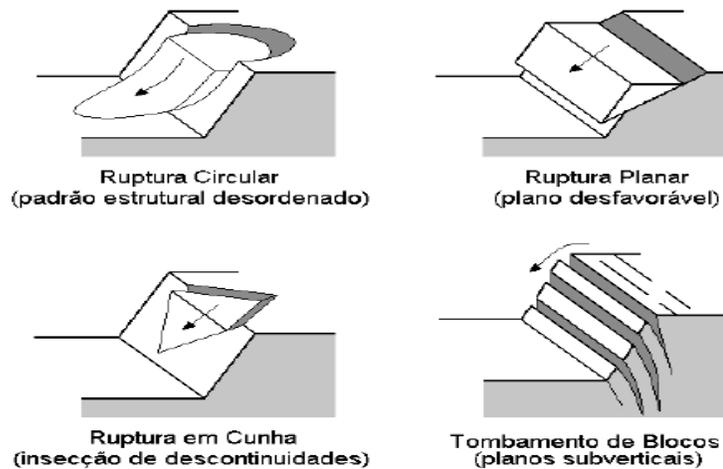


Figura n^o10: Rupturas mais comuns em maciços rochosos devidos a descontinuidades

Fonte: *GSANCHEZ, 2012*

2.10 Factor de Segurança

Por factor de segurança (FS) entende-se por valor numérico da relação estabelecida entre a resistência ao cisalhamento disponível do solo para garantir o equilíbrio do corpo deslizante e a tensão de cisalhamento mobilizada (s_m), sob o efeito dos esforços. E em outros processos o factor de segurança será tomado como a razão entre os momentos devido as forças que actuando sobre as cunhas tendem a mantê-la em equilíbrio (M_r) e os momentos das forças que tendem a instabilizá-la (M_a). Estes momentos são tomados em relação a um ponto situado fora do talude (ITALO, 2007).

2.10.1 Métodos para cálculo dos Factores de Segurança

Existem vários métodos para determinar o factor de segurança de uma dada superfície, como podem ser vistos: métodos de Fellenius (1936), Bishop (1955), Janbu (1973), Morgenstern & Price (1965), Spencer (1967), Método de Bishop & Morgenstern (1960). Contudo o método de Bishop & Morgenstern (1960) considera as seguintes condições em que pode-se conhecer a probabilidade de ruptura do talude conhecendo a resistência ao cisalhamento do talude expressa em termos de tensões totais ou efetivas através da expressão (n^o2).

$$\tau = c' + \sigma' \tan \phi' \quad (\text{eq } n^o2)$$

Parâmetro constante ao longo da superfície de ruptura, taludes homogêneos simples

$$B = \frac{U}{\gamma \cdot h} \quad (\text{eq n}^\circ 3)$$

Resistência ao cisalhamento parâmetro B para talude e fundação quando o talude não se apoia sobre material mais resistente.

Coeficiente de segurança: $FS = m - Bn$ (eq n° 4) **Onde:** m e n são coeficientes de estabilidade.

Com o propósito de relacionar a estabilidade de taludes em condições diferentes de equilíbrio limite, define-se um factor de segurança (FS) como a razão entre a resultante das forças resistentes ao escorregamento e as forças solicitantes, ou favoráveis ao movimento. Sendo assim, o factor de segurança é calculado por expressão abaixo (MAIRA, 2014).

$$FS = \frac{\text{forças resistentes}}{\text{forças solicitantes}} \quad (\text{eq n}^\circ 5)$$

O coeficiente ou factor segurança (FS) pode ser definido de várias maneiras, cada uma implicando em valores diferentes. Estes coeficientes são definidos na relação entre resistência ao cisalhamento do solo (S) e a tensão cisalhante actuante (τ) (FIAMONCINI, 2009).

$$FS = \frac{S}{\tau} \quad (\text{eq n}^\circ 6)$$

Factor de segurança relativo ao equilíbrio de momentos

Usado em análises de movimentos rotacionais, considerando-se superfície de ruptura circular, onde M_r é o somatório dos momentos resistentes e M_a é o somatório de momentos actuantes.

$$FS = \frac{M_r}{M_a} \quad (\text{eq n}^\circ 7)$$

2.10.2 Factores de Segurança Recomendados

Para a escolha do factor de segurança adequado para a análise de estabilidade a NBR11682 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2009) recomenda os seguintes valores tratando-se dos danos a vidas humanas (ver tab. n°3 e n°4).

Tabela nº3: Factores de segurança mínimos recomendados pela NBR 11682 (ABNT, 2009)

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

Fonte: ABNT, 2009

Alto - Áreas com intensa movimentação e permanência de pessoas (edificações públicas, residenciais ou industriais, e demais locais urbanos ou não);

Médio – Áreas e edificações com movimentação e permanência restrita de pessoas, rodovias de tráfego moderado;

Baixo – Áreas e edificações com movimentação e permanência eventual de pessoas, e rodovias de tráfego reduzido.

2.10.3 Factores de Segurança Recomendados

Para a escolha do factor de segurança adequado para a análise de estabilidade CARVALHO, (1991) recomenda os seguintes valores (ver tab nº4).

Tabela nº4: Factores de segurança e respectivas condições de estabilidade do talude

Factor de segurança (FS)	Condição do talude
FS < 1,0	Talude instável, deverá sofrer ruptura.
FS = 1,0	Condição limite de estabilidade associada à iminência de ruptura.
FS > 1,0 (pouco maior)	Condição estável, quanto mais próximo de 1,0 for o FS, mais precária e frágil será a condição de estabilidade do talude.
FS >> 1,0 (muito maior)	Condição estável, quanto maior for o FS, menores serão as possibilidades de o talude vir a sofrer ruptura quando submetido a condições críticas (percolação de água etc.).

Fonte: CARVALHO, 1991

2.11 Parâmetros do solo

Conforme GUIDICINI (1983) citado por HORST (2007), as propriedades mais significativas dos materiais, na discussão de problemas de estabilidade, são o ângulo de atrito e a coesão de solos. Observa-se que a tensão cisalhante (τ), necessária para provocar deslizamento, aumenta com o aumento da tensão normal (σ). A inclinação da linha que relaciona as duas tensões, normal e cisalhante, define o ângulo de atrito (φ). Caso a descontinuidade for selada, ou rugosa, quando a tensão normal for igual a zero, será necessário um determinado valor da tensão cisalhante para provocar movimentação. Este valor inicial da tensão de cisalhamento define a coesão no plano de descontinuidade, (ver figura nº11).

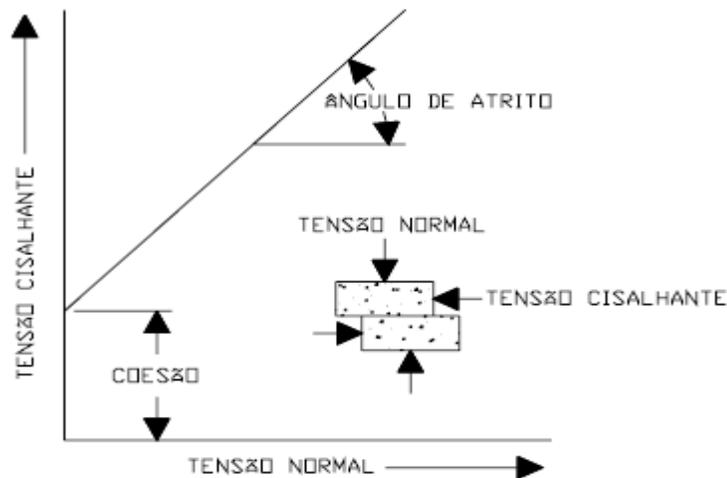


Figura nº11: Correlação entre a tensão de cisalhamento e tensão normal

Fonte: ATÓNIO, 2009

2.11.1 Ângulo de atrito

Segundo PINTO (2002), o ângulo de atrito pode ser entendido, como sendo o ângulo máximo que a força transmitida pelo corpo à sua superfície pode fazer com a normal ao plano de contacto sem que ocorra deslizamento.

De acordo com CAPUTO (1988a), a denominação genérica de atrito interno de um solo, abrange não só o atrito físico entre suas partículas, como o atrito fictício resultante do entrosamento de suas partículas, e no solo não existe uma superfície nítida de contacto, ao contrário, há uma infinidade de contactos pontuais.

MACHADO (1997), diz que a lei de atrito de Coulomb resultou de observações empíricas, e posteriormente Terzaghi elaborou uma teoria que fornece em base teórico para as constatações empíricas das leis de atrito. Segundo ele, a superfície de contacto real entre dois corpos constitui apenas uma parcela da superfície aparente de contacto, dado que em nível microscópico, as superfícies dos materiais são efectivamente rugosas.

O fenómeno de atrito nos solos se diferencia do fenómeno de atrito entre dois corpos porque o deslocamento se faz envolvendo um grande número de grãos, podendo eles deslizar entre si ou

rolarem uns sobre os outros, acomodando-se em vazios que encontrem no percurso (HORST, 2007).

2.11.2 Coesão

Conforme PINTO (2002), diz que a resistência ao cisalhamento dos solos é essencialmente devida ao atrito entre as partículas. Entretanto, a atracção química entre estas partículas pode provocar uma resistência independente da tensão normal actuante no plano e constitui uma coesão real, como se uma cola tivesse sido aplicada entre os dois corpos.

Segundo MACHADO (1997), a coesão consiste na parcela de resistência de um solo que existe independentemente de quaisquer tensões aplicadas e que se mantém, ainda que não necessariamente em longo prazo, se todas as tensões aplicadas ao solo forem removidas.

Assim temos que coesão aparente é a resultante da pressão capilar da água contida nos solos, e que age como se fosse uma pressão externa, e coesão real é devida às forças electroquímicas de atracção das partículas e apresenta valores típicos dos parâmetros de resistência do solo argiloso abaixo descritos (FONTINHAS, 2012).

2.11.3 Peso específico natural

De acordo com VANMARCKE (2011), define peso específico natural como sendo uma característica dos sólidos ou seja são a relação entre o peso total do solo e seu volume total. E este peso específico natural não varia muito, situando normalmente em torno de 19 a 20 kN/m³, podendo ser pouco maior (21 kN/m³) ou pouco menor (17 kN/m³), e em casos especiais, como argilas orgânicas moles, podendo apresentar pesos específicos de 14 kN/m³.

2.11.4 Resistência dos solos

A resistência ao cisalhamento de um solo pode ser 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 (PINTO, 2002).

De acordo com MACHADO (1997), a resistência dos solos pode ser definida como sendo o resultado da acção conjunta de dois factores denominados de ângulo de atrito e coesão. Antes de analisar o que se passa no interior do solo no processo de cisalhamento, vejamos algumas ideias sobre o mecanismo de deslizamento entre corpos sólidos, e, por extensão, entre as partículas do solo, em particular, analisar os fenómenos de atrito e coesão.

2.11.5 Pressão neutra

ALBUQUERQUE (2003), defende que Pressão neutra é a capacidade de água que está disponível no solo. A sua drenagem é difícil controlar, pois não tem como impidi-la, quando for executado em areia, é feito de maneira que se dissipem as Pressões neutras, para as argilas pode-se realizar ensaios lentos (drenados) ou não drenados.

2.12 Tensões Totais X Tensões Efectivas

É muito importante definir correctamente os parâmetros de resistência do solo para se garantir um resultado coerente nas análises de estabilidade de talude. Tais análises podem ser feitas tanto em termos de tensões totais tanto em tensões efectivas. Sendo assim, deve-se avaliar correctamente a situação considerada para se aplicar o método correcto (NASCIMENTO, 2013).

A análise em tensões totais é utilizada para solicitações não drenadas quando não se conhecem as poro-pressões geradas pela solicitação. Este tipo de análise é adequada para solicitação de curto prazo, pois a longo prazo o excesso de poro-pressão se dissipa e deve-se optar pela análise em tensões efectivas. Neste caso a resistência ao cisalhamento é determinada a partir dos parâmetros totais c e ϕ ou S_u (resistência não drenada da argila), (NASCIMENTO, 2013).

A análise em tensões efectivas é utilizada quando se conhecem as poro-pressões geradas pela solicitação ou quando essas poro-pressões foram dissipadas (caso contrário não é possível determinar as tensões efectivas ao longo da superfície de ruptura). Essa análise é aplicada para solicitações em solos argilosos submetidos a carregamentos lentos ou quando estes são a carregamento rápido a longo prazo (NOGUEIRA, 2010).

2.13 Estabilização de taludes

O objetivo principal das técnicas de estabilização de taludes é aumentar a segurança dos mesmos. Com relação às obras de estabilização de taludes, é fundamental o conhecimento dos seus principais tipos, da sua forma de actuação e das solicitações que impõem ao terreno. Com base nesses dados são definidas a melhor solução técnica e económica para o problema de estabilização analisado. porém são vários métodos utilizados para a estabilização de taludes, destacando os mais usuais abaixo (FONTINHAS, 2012).

2.13.1 Diminuição da inclinação do talude

Mudar a geometria do talude geralmente significa reduzir a altura do talude, ou reduzir seu ângulo de inclinação, sendo o meio mais barato de melhorar a estabilidade do talude. De uma maneira geral o método mais simples de reduzir o peso é a suavização do seu ângulo de inclinação ou, então através da execução de um ou mais patamares (HORST, 2007).

2.13.2 Drenagem superficial e profunda

É sabido que as águas superficiais ou de infiltrações influem na estabilidade dos taludes. Daí a importância dos diferentes tipos de drenagem, tanto superficial, através de canaletas como profunda, por meio de furos horizontais (SILVA, 2006).

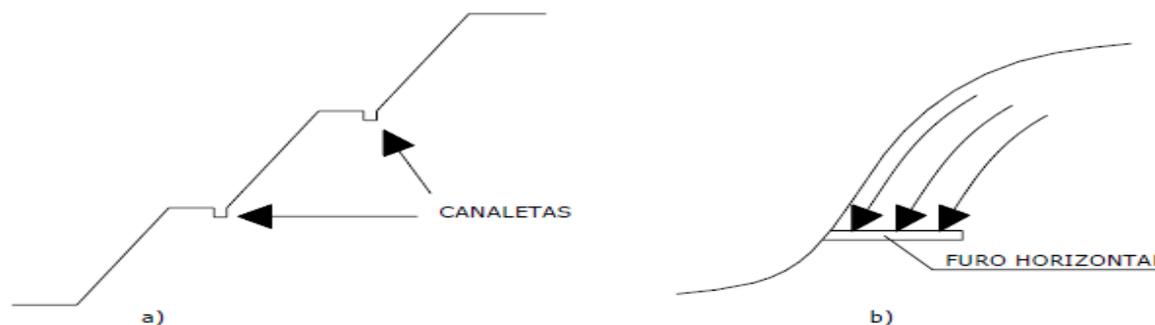


Figura nº12: Métodos de drenagem superficial e profunda

Fonte: HORST, 2007

2.13.3 Emprego de material estabilizante

Visa melhorar as características de resistência dos solos, misturando-os com alguns produtos químicos. As injeções de caldas de cimento (com composições muito variadas) são particularmente recomendadas em casos de maciços rochosos facturados e fissurados. É necessário proceder à estabilização de taludes para aumentar a segurança nestes taludes. Há vários métodos para aumentar a segurança de taludes podendo citar alguns abaixo (SILVA, 2006).

- ✓ Alteração da geometria; Introdução de sobrecargas na base; Introdução de sistemas de drenagem (cortinas, esporões); Construção de estruturas de suporte (muros de betão, estacas, cortinas ancoradas Grampeamento verde).

Método de estabilização dos taludes para a segurança



Figura nº13: Grampeamento verde em aterro para estabilização de taludes

Fonte: RAFAEL, 2009

2.14 Determinação do ensaio CBR

Conforme GRECO (2007), O ensaio CBR consiste na determinação da relação entre a pressão necessária para produzir uma penetração de um pistão num corpo de prova de solo, e a pressão necessária para produzir a mesma penetração numa mistura padrão de brita estabilizada

granulometricamente. Essa relação é expressa em percentagem. Para seu cálculo em cada corpo de prova, é obtido pela (eq. nº 8).

$$\text{CBR} = \frac{\text{Pressão calculada ou Pressão corrigida}}{\text{Pressão Padrão}} \quad (\text{Eq nº 8})$$

GRECO (2007), sustenta ainda que para a realização do ensaio na energia normal, a compactação deve ser realizada em cinco camadas, com 36 golpes do soquete pequeno por camada, de modo a se obter uma altura total de 12,7cm; O resultado final para o CBR determinado, será o maior dos dois valores encontrados correspondentes às penetrações de 2,5 e 5,0mm.

2.15 Determinação do ensaio Proctor

Em mecânica dos solos o ensaio de compactação Proctor é um dos mais importantes procedimentos de estudo e controle de qualidade de aterros de solo compactado. Através dele é possível obter a densidade máxima do maciço terroso, condição que otimiza o empreendimento com relação ao custo e ao desempenho estrutural e hidráulico. O ensaio consiste em compactar uma porção de solo em um cilindro com volume conhecido, fazendo-se variar a humidade de forma a obter o ponto de compactação máxima no qual obtém-se a humidade óptima de compactação, e o parâmetro B varia entre 5,6 e 7,4 O ensaio pode ser realizado em três níveis de energia de compactação, conforme as especificações da obra: normal, intermediária e modificada ABNT NBR 7182 (1986).

CAPITULO III: METODOLOGIA

3.1 Descrição da área de estudo

Conforme PLANO ESTRATÉGICO DO DESENVOLVIMENTO DO DISTRITO DE XAI-XAI (PEDDX, 2010), o Distrito de Xai-Xai, situa-se a sul da Província de Gaza, entre as latitudes 25° Norte e 25° 10' Sul e entre as Longitudes 45° 29' Este e 33° 30' Oeste. Tem uma altitude Máxima de 96m e ocupa uma superfície de 1.908 Km². É limitado, a norte pelos Distritos de Chibuto (Posto Administrativo de Malehice) e Chókwé, a sul pelo Oceano Indico, a Este pelo Distrito de Manjacaze e a Oeste pelo Distrito de Bilene.



Figura nº14: Mapa de localização do local de estudo

Fonte: *GOOGLE EARTH, 2015*

3.1.1 Topografia

O Distrito de Xai-Xai é caracterizado por zonas acidentadas e em algumas partes com fracas pendências inferiores a 5% e fortes pendências superiores a 5% e estas últimas favorecem a ocorrência da erosão, enquanto as inferiores com uma aptidão boa para habitação, bem como para implantação de equipamentos e infra-estruturas. A topografia abundante na cidade de Xai-Xai é plana, e o tipo de habitação predominante é a palhota, com pavimento de terra batida, paredes de estacas ou caniço, com cobertura de zinco, o que representa 54% das casas de Xai-Xai. As moradias de madeira e zinco em termos estatísticos significam 4 %. As de bloco e tijolo totalizam 33 % das residências urbanas (PEDDX, 2010).

3.1.2 Solos da cidade de Xai-Xai

De acordo com o PERFIL DO DISTRITO DE XAI-XAI PROVÍNCIA DE GAZA (PDXPG, 2005). De uma forma geral o município da cidade de Xai-Xai é caracterizado pela ocorrência de variedades tipos de solos dentre os quais sublinha-se arenoso e argilosos com textura variada. Potanto a cidade de Xai-Xai, concretamente no local de estudo desta pesquisa é caracterizada por existência de solo argiloso.

3.1.3 Hidrografia

A cidade de Xai-Xai apresenta uma unidade morfológica conhecida como sendo uma planície. O Rio Limpopo é o principal rio, e permanente. Na estação seca a sua água é salgada devido à intrusão salina (PDXPG, 2005).

3.2 População e amostra

Com objectivo de avaliar as condições de estabilidade de taludes, desenvolveu-se uma pesquisa experimental que decorreu do mês de Dezembro de 2014 a Março de 2015 na baixa da cidade de Xai-xai, onde foi feito:

3.2.2 Colecta do solo

Pelo uso de sonda foi retirada amostra do solo até em uma profundidade de 1m sequenciada de 20 em 20cm, com finalidades de conhecer somente as características do solo e foi usada pá para a recolha das amostras indeformadas em 20kg, onde extraíu-se em diferentes secções tendo extraído 5 amostras no talude de 75m de comprimento, para posterior levá-las ao laboratório da Administração Nacional de Estradas (ANE).

3.3 Técnicas de colecta de dados

Etapa 1: Pesquisa de Literatura

Esta etapa consistiu na pesquisa de obras de vários autores que discutem o assunto abordado no tema de modo a enriquecer e ajudar na melhor percepção do trabalho, relacionados aos parâmetros geotécnicos que influenciam à estabilidade de taludes. A revisão baseou-se na recolha de dados na internet, e obras de manuais físicos

Etapa II: Pesquisa do campo

Baseou-se numa intervenção directa ao campo, por onde foi feito o reconhecimento da realidade estudada, esta etapa foi importante porque permitiu a melhor percepção do tema em estudo na qual através de uma observação directa deu para analisar as condições oferecidas pelo talude.

Observação directa

No local de pesquisa foi feita uma observação directa de taludes artificiais de corte, com vista a diagnosticar os problemas que assolam em taludes estudados, para posteriormente facilitar na busca de soluções dos problemas encontrados conforme são listados nos apêndices nº 6.

Materiais usados no processo de levantamento de dados

Para o dimensionamento de talude a fim de obter a altura, comprimento, largura, ângulo de atrito e inclinação recorreu-se aos seguintes materiais alternativos: duas réguas de madeira de dois metros de comprimento; (graduada e não graduada), nível do pedreiro, uma fita - métrica de 50cm. Para a recolha da amostra usou-se uma pá, e uma sonda de tubo para extrair amostra do solo, teve como recipientes para introduzir o sub-estrato, os plásticos brancos de tamanho menor apropriados para introduzir amostras de solos.

Etapa III – Pesquisa de laboratoriais:

Nesta etapa, foram realizados ensaios laboratoriais, onde determinou-se a coesão do solo e pressão neutra, para complementar no cálculo dos factores de segurança.

Determinação dos factores de segurança para o talude em estudo

Para determinar o factor de segurança, foi necessário em primeiro, calcular os coeficientes complementares referindo correctamente a coesão do solo, a pressão e o ângulo de inclinação do talude foi calculado com base nos dados obtidos no campo.

Encontrados esses valores, foram substituídos nas expressões descritas na revisão de literatura acima usada em sua ordem, os valores dos coeficientes de estabilidade são encontrados nos gráficos referenciados nos anexos nº2. Com aplicação do método de Bishop & Morgenstern (1960) chegou-se a determinar os FS inerentes neste estudo.

Para o cálculo dos factores de segurança que constam nos resultados desta pesquisa, baseou-se nos seguintes:

1. Primeiro passo calcula-se a adimensional $\frac{c}{\gamma h}$ Onde:

C – coesão do material;

γ - Peso específico do material;

H – altura do talude;

2. Segundo passo faz-se a leitura dos coeficientes de estabilidade (m e n) nos gráficos, entrando com o valor da inclinação do talude na Horizontal, e na Vertical, com o valor do ângulo de inclinação interceta-se a reta do ângulo de inclinação do material para obter m (ábaco da esquerda) e n (ábaco da direita),
3. Terceiro passo calcula-se o parâmetro constante B com a equação nº3 por fim substitui-se os valores obtidos na equação para o cálculo dos FS com a equação nº4.

3.4 Preparação da Amostra

Foi extraído amostras de solo deformado no campo, de uma quantidade de 20kg foi levado ao laboratório da Administração nacional de estradas (ANE), onde no primeiro dia secou-se a amostra ao ar com vista a perder a humidade do campo, de seguida destorou-se a amostra e fez-se o peneiramento usando peneira de 4.8 mm para obter o solo fino, e com uma proveta graduada de 75ml de capacidade da quantidade de água, determinou-se a humidade do solo, colocou-se o solo num recipiente de 7kg de capacidade e introduziu-se água de 75ml em cada amostra para ter a humidade óptima e misturando até ter uma homogeneidade, após a mistura foi colocado numa balança (ver fig. nº15) para facilitar a pesagem da mesma, de seguida levou-se a amostra húmida colocando em moldes de 2,5 e 5mm para se colocar na prensa (ver fig. nº16) essa prensa contém um cilindro hidráulico com um pistão, que sofre a carga em penetrar o solo. Portanto para a determinação do ensaio de Proctor, na prensa que é usada contém vários tipos de ensaios, então neste caso foi escolhido o proctor que determina o teor óptimo de humidade. De seguida na mesma prensa foi determinado ensaio cbr que responsabiliza-se pela capacidade máxima do suporte do solo.



Figura nº15: Processo de pesagem do solo humedecido

Fonte: *DADOS DE PESQUISA, 2015*



Figura nº16: Prensa usada no laboratório para ensaios de CBR e PROCTOR

Fonte: *DADOS DE PESQUISA, 2015*

3. 5 Análise de dados

De referir que, esta fase residiu totalmente no trabalho do escritório, para tal foram usados os procedimentos do método de Bishop & Morgenstern (1960), para o cálculo dos factores de segurança (FS) devido as condições de parâmetros dos (FS). Em seguida foi feita a comparação dos valores dos factores de segurança (FS) obtido, com a norma que estabelece parâmetros do índice das condições de estabilidade de taludes.

CAPITULO IV: RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Descrição das condições de estabilidade do talude artificial na baixa do município de Xai-Xai.

Em resposta do primeiro objectivo específico, nas análises feitas das condições de estabilidade de talude artificial na baixa do município de Xai-Xai, foi possível identificar os resíduos sólidos depositados pela população em redor dos taludes, e esses resíduos constituem a uma sobrecarga do volume do talude, que pode contribuir na redução das tensões cisalhantes, verificou-se ainda a presença da vegetação próximo do talude, e esta vegetação pode contribuir na redução da resistência do solo devido à penetração das raízes no próprio talude no momento da podridão, foram identificadas algumas partes com rachas e partes em que os blocos estão deslocados do local. Essas análises feitas, estão contidas nas causas de instabilidade de talude artificial mencionadas pelo RILHO (2011), as causas descritas pelo inquirido são classificadas como causas externas conforme vem na revisão, e desta maneira concluiu-se que a análise feita pela observação directa abordou assuntos que concerne à avaliação de estabilidade de taludes artificiais contemplados pelo autor acima citado.

4.2 Determinação dos Coeficientes do Solo no talude Artificial estudado

4.2.1 Determinação da coesão do solo

Para determinar a coesão do solo foi levada a amostra do solo húmido preparada, e foi introduzido num recipiente cilíndrico (molde ou corpo de prova), de seguida levou-se o molde colocando verticalmente na prensa, o próprio instrumento contém vários tipos de testes para diferentes tipos de ensaios, e possui um botão que é accionado para seleccionar o tipo de ensaio em causa, desta forma, em todas amostras foi escolhido CBR que determinou o valor da coesão, no momento em que se liga a prensa, tem um dispositivo que é ligado e automaticamente lê os valores requeridos, entretanto em apêndice referente a CBR mostrou se uma ficha na qual contém valores do laboratório referentes a coesão.

Segundo os dados fornecidos pelo ensaio feito, foi obtido o valor da coesão de 36 kpa, portanto GRECO (2007), sustenta que valores da coesão que se encontram até 12,7 kpa oferecem uma boa

resistência para solos argilosos, para o estudo de estabilidades de taludes, contudo, o valor obtido na penetração nos 5mm a 100% este ensaio encontra-se fora dos parâmetros. Com este resultado não satisfatório do CBR por encontrar-se disperso dos outros valores, fez-se novamente o ensaio de compactação a 100% no factor do anel de 2.5 e 5mm com vista a tentar uniformizar a dispersão dos dados.

Na determinação da coesão do solo para segunda amostra, o critério que se usou para a obtenção da coesão foi o mesmo, e o valor referente a esta amostra foi de 10.4 kpa, entretanto segundo o autor que justificou o valor da primeira amostra este valor está dentro dos parâmetros sugerido por este autor.

Na terceira amostras, para o efeito do ensaio vigorou mesmo processo para a obtenção da componente requerida, referindo concretamente a coesão, pois nesta amostra o valor da coesão obtido foi de 11.6 kpa, este valor é classificado como sendo bom no que concerne a resistência do solo, e é sustentado conforme (FONTINHAS, 2012).

Para determinar a coesão na quarta e quinta amostras foi usado o critério acima descrita nas amostras primárias, tendo obtido o valor da quarta amostra de 10.7 kpa e para quinta amostra obteve-se o valor de 10.8 kpa, todavia, estes valores são justificados como bons no padrão estabelecido por (FONTINHAS, 2012).

4.2.2 Proctor

Para determinar a proctor foi preciso a prior levar a amostra do solo húmido preparada, e foi introduzido num recipiente cilíndrico (molde ou corpo de prova), de seguida levou-se o molde colocando verticalmente na prensa, o próprio instrumento contém vários tipos de testes para diferentes tipos de ensaios, e possui um botão que é accionado para seleccionar o tipo de ensaio em causa, desta forma, em todas amostras foi escolhido o proctor que determinou o valor do proctor, o critério que foi usado generaliza o processo de todas amostras diferindo apenas nos resultados devido a diferentes lugares que foram colhidas as amostras no momento em que se liga a prensa tem um dispositivo que é ligado e automaticamente regista-se os valores, entretanto em apêndice nº 5 mostrou-se uma ficha na qual contém valores do laboratório referentes a proctor, na tabela nº 5 são mostrados valores obtidos em cada amostras, esses valores segundo o

ALBUQUERQUE (2003) que fala do conteúdo das proctor sustenta que estão nos parâmetros ótimo do teor de água para a resistência dos solos.

Na determinação dos coeficientes do solo no talude artificial da baixa do município de Xai-Xai, foi possível obter os valores de cbr e proctor, e estão listados na tabela de resultados (ver tab. n°5) onde segundo GRECO (2007), valores de cbr quanto maior for a dispersão dos mesmos menor é a resistência do solo, e quanto menor for a dispersão das partículas maior é a resistência do mesmo, contudo, os valores obtidos no laboratório concernentes a cbr registaram em uma média de 12.7%, o que mostra uma dispersão próxima entre eles no intervalo estabelecido, daí que concluiu-se que estão dentro dos parâmetros para uma boa resistência do solo do local estudado, e quanto a situação da proctor, os valores obtidos registaram em uma média de 7.3% portanto, segundo PROCTOR, (1933) citado por NBR-7182 (1986), o teor ótimo de água no ensaio varia entre 5,6 e 7,4kgf. Dessa forma o valor da média está dentro dos parâmetros, para o teor ótimo de água.

4.2.3 Ângulo de inclinação do talude

No cálculo do ângulo do atrito do talude usou-se a seguinte fórmula trigonométrica.

$$\phi = \text{actg} \left(\frac{dy}{dx} \right) \quad (\text{eq n}^{\circ}9)$$

Onde:

Δy é a variação da altura do talud

Δx é a variação da largura da base do talude

E o ângulo de atrito do talude calculado com base nos dados dimensionados foi de 30°.

4.2.4 Inclinação do talude

Para a determinação da inclinação do talude usou-se a seguinte fórmula.

$$I = \frac{dy}{dx} \quad (\text{eq n}^{\circ}10)$$

Onde:

Δy é a variação da altura do talude

Δx é a variação da largura da base do talude

Os valores encontrados da inclinação conforme os cálculos efectuados foi de $0,5 \approx 1V$ e $2H$

4.2.5 Factores de segurança

Para a determinação dos factores de segurança foi usado o método de Método de Bishop & Morgenstern, isto é, devido as características do solo encontrados no âmbito da colecta de dados e por ter mostrado eficiência para o cálculo dos mesmos. Calculado o factor de segurança da primeira amostra foi obtido o valor de 2.32, esse valor é justificado pela norma NBR11682 da (ABNT, 2009), que está nos parâmetros para a resistência contra a ruptura do talude. Portanto em todas amostras para o cálculo dos factores de segurança o critério usado foi o mesmo diferindo dos seus resultados, devido a diferentes lugares que colheu-se as amostras, mas importa realçar que todos valores de diferentes amostras encontraram-se dentro dos parâmetros conforme a norma NBR11682 da (ABNT, 2009), e são listados na tabela nº5.

4.3 Comparação dos resultados segundo as normas

Na comparação dos resultados dos factores de segurança calculados, verificou-se que em todas secções por onde foram colhidas as amostras, todos resultados estão dentro dos parametros, com uma média de FS igual a 2.1. Todavia, relativamente com a norma NBR11682 da (ABNT, 2009), que diz os valores mínimos dos factores de segurança para segurança humana, para a classe baixa, média, alta deve ser 1.2; 1.4; 1.5 respectivamente. Portanto estes valores estão dentro dos parâmetros estáveis, e quanto sua magnitude tem uma classificação de classe alta.

Portanto é de extrema importância realçar que para este método usado para o cálculo dos FS, os gráficos que contêm os coeficientes de estabilidades (m e n) os seu valores máximos das adimensionais estão no 0.06, e com os resultados obtidos no campo ultrapassam o máximo recomendado, resume-se aos valores máximos que os gráficos recomendam e se estes valores estivessem abaixo do recomendado consideraria os valores mínimos que os gráficos tiver recomendado.

Tabela nº5: Valores e suas médias dos coeficientes U, C, FS, i e \emptyset determinados na pesquisa

Amostras	A1	A2	A3	A4	A5	Médias
Factor de segurança (FS)	2,2	2,1	2,04	2,3	1,8	2,1%
Coesão (C)	10,7 kpa	35,9 kpa	11,6 kpa	10,4 kpa	10,8 kpa	10,84%
Pressão neutra (U)	3,2 kgf	5,3 kgf	7,2 kgf	9,6 kgf	11,2 kgf	7,3%
Ângulo de inclinação do talude (\emptyset)	30°					
Inclinação (I)	2H e 1V					

Fonte: DADOS DE PESQUISA, 2015

CAPITULO V: CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

5.1 Conclusão

Com este trabalho de pesquisa proporcionou-se uma avaliação das condições de estabilidade de talude artificial na Baixa do Município de Xai-Xai. Entretanto com os resultados obtidos de pesquisa constatou-se o seguinte: Na descrição das condições de estabilidade do talude artificial na baixa do município de Xai-Xai, foi possível detectar alguns casos (de rachas, blocos deslocados, resíduos sólidos, vegetação), portanto significa que as condições indentificadas são causas que contribuem para a instabilidade de taludes e, calculado o FS teve em média 2.1%, o que significa que os taludes estudados estão estáveis porque estiveram dentro dos parâmetros estabelecidos pelas normas. Foram também comparados os valores determinados dos FS e verificou-se que estes apesar de ter-se levantados alguns defeitos sobre o talude em causa, não observou-se fortes magnitudes em que pode levar ao escorregamento, desta maneira, os resultados obtidos mostraram que estes taludes ainda oferecem uma resistência que garantem uma segurança para danos humanos e materiais.

5.2.Recomendações

Mediante o trabalho de pesquisa realizado no Município de Xai-Xai

- ✓ Ao município para sensibilizar a comunidade da cidade de Xai-Xai para que possam deixar de depositar os resíduos sólidos de forma irregular, e passar a usufruir dos lugares disponibilizados pelos agentes do Município para o tal fim.
- ✓ Ao Município para fazer o acompanhamento periódico dos taludes removendo os resíduos sólidos depositados pelos munícipes circundantes, com vista a minimizar o efeito da sobrecarga do talude.
- ✓ Ao Município para gerar novas construções de taludes ao longo do percurso do rio, com vista a proteger a erosão do solo, que pode ser provocada pelas águas do rio e de chuvas intensas que possam penetrar à cidade, dado facto que é um local susceptível à inundações.

Para estudantes

- ✓ Aos estudantes, para que possam fazer mais pesquisas concernentes à avaliação de estabilidades do mesmo talude utilizando outros métodos que nesta pesquisa não foram utilizadas no cálculo dos FS, com vista a diagnosticar mais problemas que poderão não ter-se conseguido a sua detenção.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA (ABGE). (1998). Execução de cortes nos maciços: condicionantes dos movimentos de massa. Rio de Janeiro. Brasil.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-11682 (2009). Factores de segurança mínimos recomendados para danos a vidas humanas e ambiente. Rio de J. Brasil.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR-7182 (1986). Ensaio de Compactação de Solos. Brasil.

CAPUTO. (1988). Estabilidade de taludes de escavação em mina de grafita Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL.

CARVALHO. (1991). Análise estrutural aplicada à estabilidade de taludes. Brasil.

COSTA. E. A.D. (2005). A valiação de ameaças e riscos geotecnicos aplicados á estabilidade de taludes. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

CASTRO. (2004). Análise estrutural aplicada à estabilidade de taludes. Brasil

DYMINSKI. A. S. (2007). Noções de estabilidade de taludes e contenções. Universidade Federal do Porto.

DUTRA. S. A. V.(2013). Projeto de estabilização de taludes e estruturas de contenção englobando dimensionamento geotécnico e estrutural. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Brasil.

FERREIRA. P. (2008). Projecto de estabilização de taludes e estruturas de contenção englobando dimensionamento geotécnico e estrutural. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Brasil.

FIAMONCINI. M. C. (2009). Estabilização de talude através da técnica de cortina atirantada. UNESC-universidade do extremo sul Catarinense.

FONTINHAS. A. M. P. (2012). Aplicação do SMR na avaliação da estabilidade de taludes de escavação em grauaques da Formação de Mértola. Faculdade de ciências e tecnologia. Lisboa.

GERSCOVICH. D. (2010). Estabilidade de taludes, estruturas e fundações FEUERJ – Brasil.

GSANCHEZ. (2012). Estabilidade de Taludes em Rocha. Universidade Federal do Rio grande do Sul-UFRGS.

GOVERNO DA PROVÍNCIA DE GAZA. (2010). Plano EstratégicoDo Ddesenvolvimento do Distrito. Xai-Xai.

GOVERNO DA PROVINCIA DE GAZA. (2005). PERFIL DO DISTRITO DE XAI-XAI. Gaza.

GRECO. S. J. A. (2007). Índice de Suporte dos Solos - Ensaio CBR. estado da Califórnia-USA.

HORST. R. (2007). Avaliação dos métodos para cálculo de estabilidade de taludes em maciços terros. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

HEIJMEIJER. F. (2012). Geologia; Estabilidade de Talude e Aterro. UERJ – Departamento de Estruturas e Fundações. Brasil.

HOEK. F. (2007). Classificações geomecânicas dos maciços rochosos Universidade Nova de Lisboa.

ITALO. A. R. (2007). Estabilidade de taludes, Tópicos em Geotecnia e Obras de Terra. Brasil.

LICCARDO. A. (2009). Análise estrutural aplicada à estabilidade de taludes. Brasil.

MACHADO, (2002). Estudo de Resistência dos Solos. Estado do Rio Grande do Sul.

MACHADO. (2007). Avaliação dos métodos para cálculo de estabilidade de taludes em maciço terroso. Universidade regional do noroeste_do estado do rio grande do sul.

MATAKALA & MACUCULE. (1998). Tipos de amostragem. 2ª Ed. Moçambique.

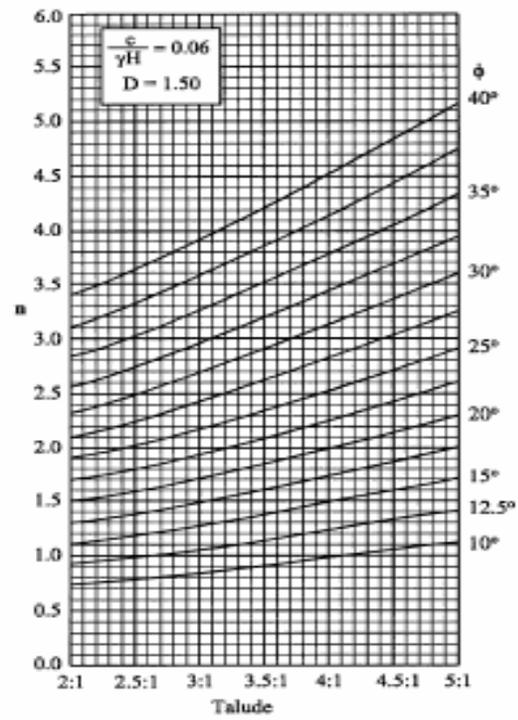
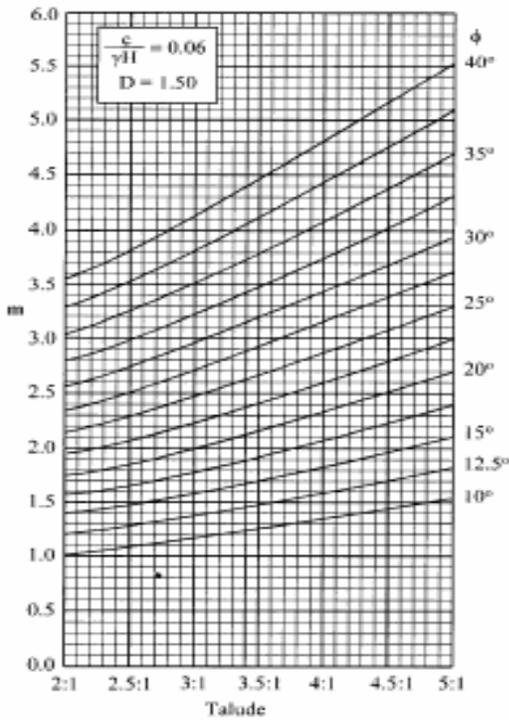
- MARINHO. F. A. (2014). Conceitos sobre Estabilidade de Taludes, Escola Politécnica da USP.
- MATTOS. K. C. A. (2009). Estabilidade de taludes. Universidade de São Paulo.
- MAÍRA. L. (2014). Manual de mecânica dos solos. Volume 1 e 2, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto-Porto.
- NASCIMENTO. F. L. (2013). Contribuição ao estudo da estabilidade de taludes considerando o efeito da sismicidade natural. Escola politécnica do rio de Janeiro. Ufrj. Brasil.
- NOGUEIRA. N. A. C. (2010). Técnicas e métodos para avaliação da Estabilidade de taludes artificiais. universidade de lisboa.
- OLIVEIRA. V. S. (2006) Análise de estabilidade bi e tridimensional de talude estabilizado em solo grampeado. Universidade Federal de Santa Catarina.
- PINTO. W. D. et al. (2002). Avaliação do Potencial de Ruptura de Taludes: Uma Abordagem. Rio de Janeiro. Brasil.
- RAFAEL. P. (2009). Geotécnica e fundações, arquitetura Escola Politécnica do Rio de Janeiro: Brasil_UFRJ.
- RILHO. A. S. (2011). Análise de Estabilidade de um Talude de Corte Submetido a técnicas de Bioengenharia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Brasil.
- SILVA. D. M. J. F. (2013). Análise de Estabilidade de Taludes Pelo Método de Equilíbrio Limite. Universidade Do Porto. Faculdade de engenharia.
- SANTOS. T. G. D. (2014). Estabilidade de taludes de escavação em mina de grafita. Universidade Federal de Alfenas. Brasil.
- SILVA. V. C. (2013). Métodos Analíticos Para Avaliar a Contribuição de Estacas para o FS de Taludes. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Brasil.
- SILVA. E. M. (2006). Análise de estabilidade de taludes em solos de alteração de rochas.
- ALBUQUERQUE. P. (2003). Fundações e obras de terra. Faculdade de engenharia de Sorocaba.

VANMARCKE. S. (2011). Avaliação do Desempenho de diferentes métodos de análise de estabilidade de taludes. RS. Brasil.

VIANA. D. F. A. P. (2013). Estabilidade e estabilização de taludes. FEUP-Porto. Portugal.

ANEXOS/APÊNDICES

ANEXOS



Anexo nº1: Coeficientes de estabilidade (m e n) do Método de Bishop & Morgenstern (1960)

Fonte: *GSANCHEZ, (2012).*



Anexo nº2: Problemas em taludes artificiais nas rodovias

Fonte: *ANTONIO (2009)*

APÊNDICES



Apêndice n°1: Talude artificial estudado

Fonte: *DADOS DE PESQUISA, (2015)*



Apêndice n°2: Provetas utilizadas no laboratório para mistura do solo.

Fonte: *DADOS DE PESQUISA, (2015)*

Apêndice nº3: Cálculo dos factores de seguranças (FS)

Fonte: *DADOS DE PESQUISA, (2015)*

Amostra II	% compactação 100	
Dados	Resolução	4º cálculo do FS
		FS = m- Bn
C= 36.9kpa	1º cálculo adimensional	FS = 2.5 – 0,12 x 2.3
U= 5.3	$\frac{C}{\gamma.h} = \frac{36.6}{20 \times 2.23} = 0.8$	FS = 2.2
$\gamma = 20 \text{kn/m}^3$	2º cálculo do parametro B	
h= 2.23m	$B = \frac{U}{\gamma.h} = \frac{5.3}{20 \times 2.23} = 0.12$	
$\phi = 30^\circ$	3º leitura do m e n nos gráficos	
i=2H: 1V	m =2.5 n =2.3	
Amostra III	% compactação 98	
Dados	Resolução	4º cálculo do FS
		FS = m- Bn
C= 11.6 kpa	1º cálculo adimensional	FS = 2.5 – 0,16 x 2.3
U= 7.2	$\frac{C}{\gamma.h} = \frac{11.6}{20 \times 2.23} = 0.24$	FS = 2.1
$\gamma = 20 \text{kn/m}^3$	2º cálculo do parametro B	
h= 2.23m	$B = \frac{U}{\gamma.h} = \frac{7.2}{20 \times 2.23} = 0.16$	
$\phi = 30^\circ$	3º leitura do m e n nos gráficos	
i=2H: 1V	m =2.5 n =2.3	

Amostra IV	% compactação 95	
Dados	Resolução	4º cálculo do FS
		FS = m- Bn
C= 10.4 kpa	1º cálculo adimensional	FS = 2.5- 0,2 x 2.3
U= 9.6	$\frac{C}{\gamma.h} = \frac{10.4}{20 \times 2.23} = 0.23$	FS = 2.04
$\gamma = 20 \text{kn/m}^3$	2º cálculo do parametro B	
h= 2.23m	$B = \frac{U}{\gamma.h} = \frac{9.6}{20 \times 2.23} = 0.2$	
$\phi = 30^\circ$	3º leitura do m e n nos gráficos	
i=2H: 1V	m = 2.5 n = 2.3	

Amostra I	% compactação 100	
Dados	Resolução	4º cálculo do FS
		FS = m- Bn
C= 10.7 kpa	1º cálculo adimensional	FS = 2.5 - 0,07 x 2.3
U= 3.2	$\frac{C}{\gamma.h} = \frac{10.7}{20 \times 2.23} = 0.24$	FS = 2.3
$\gamma = 20 \text{kn/m}^3$	2º cálculo do parametro B	
h= 2.23m	$B = \frac{U}{\gamma.h} = \frac{3.2}{20 \times 2.23} = 0.07$	
$\phi = 30^\circ$	3º leitura do m e n nos gráficos	
i=2H: 1V	m = 2.5 n = 2.3	

Amostra V	% compactação 100	
Dados	Resolução	4º cálculo do FS
		FS = m- Bn
C= 10.8 kpa	1º cálculo adimensional	FS = 2.5 - 0,3 x 2.3
U= 11.2	$\frac{C}{\gamma.h} = \frac{10.8}{20 \times 2.23} = 0.24$	FS = 1.8
$\gamma = 20 \text{kn/m}^3$	2º cálculo do parametro B	
h= 2.23m	$B = \frac{U}{\gamma.h} = \frac{11.2}{20 \times 2.23} = 0.3$	
$\phi = 30^\circ$	3º leitura do m e n nos gráficos	
i=2H: 1V	m = 2.23 n = 2.3	

Apêndice nº4: Cálculo da inclinação do talude

Dados
$$i = \frac{dy}{dx} = \frac{2.23}{3.8} = 0.5 \cong 1V \quad i = \frac{dx}{dy} = \frac{3.8}{2.23} = 2H$$

H=2.23m

L=3.8m

Apêndice nº5: Cálculo do ângulo de inclinação do talude

Dados
$$\phi = \arctg\left(\frac{dy}{dx}\right)$$

H=2.23m
$$\phi = \arctg\left(\frac{2.23}{3.8}\right)$$

L=3.8m
$$\phi = 30^\circ$$

Apêndice nº6: Lista das condições obtidas através da observação directa do campo

No local de pesquisa foi feita uma observação directa de um talude artificial de corte tendo obtido os seguintes dados:

Comprimento do talude de 75m;

Ângulo de inclinação do talude de 30°; Altura do talude de 2.23m;

Inclinação do talude de 2H e 1V; Largura da base do talude de 3.8m

Ao redor do talude verificou-se caminhos de circulação de pessoas sobre bermas;

Foi observada a existência da vegetação, Blocos deslocados do lugar de taludes; Os taludes apresentam algumas rachaduras; Há presença dos resíduos sólidos