



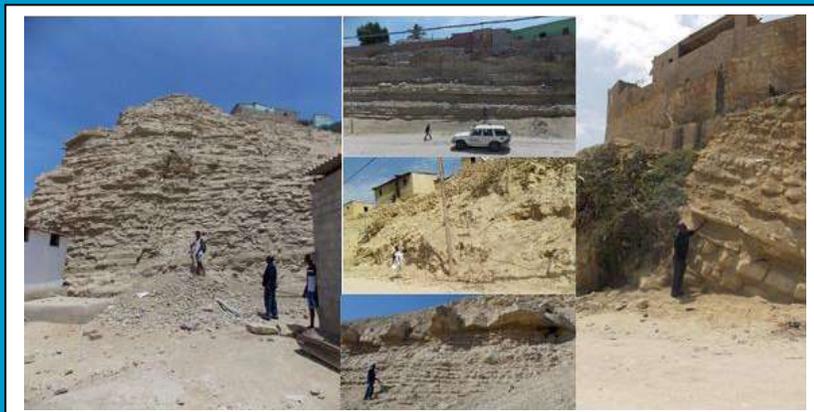
UNIVERSIDADE DE COIMBRA
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
Departamento de Ciências da Terra

**ESTUDO DAS SITUAÇÕES DE INSTABILIDADE DE
TALUDES NA ÁREA DA CATUMBELA
(BENGUELA – ANGOLA)**

Cipriano Lialunga

MESTRADO EM GEOCIÊNCIAS – AMBIENTE E ORDENAMENTO

Fevereiro, 2015





UNIVERSIDADE DE COIMBRA
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
Departamento de Ciências da Terra

**ESTUDO DAS SITUAÇÕES DE INSTABILIDADE DE
TALUDES NA ÁREA DA CATUMBELA
(BENGUELA – ANGOLA)**

Cipriano Lialunga

MESTRADO EM GEOCIÊNCIAS – AMBIENTE E ORDENAMENTO

Dissertação apresentada no Departamento de Ciências da Terra para obtenção do grau de Mestre em Geociências, na área de especialização em Ambiente e Ordenamento.

Orientadores Científicos;

Prof. Doutor Pedro Gomes Cabral Santarém Andrade, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra;

Prof. Doutor Pedro Miguel Callapez Tonicher, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

Fevereiro de 2015

Dedicatória

Dedico este trabalho:

Ao meu saudoso pai, António Lucas que se sentiria muito honrado pelo investimento que ele havia começado;

A minha mãe, mulheres e filhos que aguardam com júbilo os frutos da conclusão de mais uma etapa da vida académica.

Agradecimentos

- A Deus, pelo dom da vida e amparo, por me ter concedido força, coragem e determinação para que não vacilasse e atingisse a meta, a minha adoração;

- A minha mãe Juliana Florinda, por ter aceite, em silêncio, a minha aventura nas deslocações ao Lubango e agora a Portugal. A ti, mãe, vai o meu amor filial;

- Ao meu saudoso pai António Lucas, pelo esforço evidenciado em me levar à escola. Mesmo na situação de afastamento físico em que nos encontramos, sinto a vossa presença em mim, por isso digo Obrigado Pai.

- A minha família, em especial, mulheres (Lúcia Francisco e Nazaré Adália Mário), filhos e filhas que sentiram na pele a solidão de se verem privados do calor deste homem e pelo carinho e compreensão que demonstraram, a ela, vai todo o meu amor;

- Ao Prof. Doutor Pedro Gomes Cabral Santarém Andrade pela grande paciência e dedicação no acompanhamento quer no terreno, em Angola, na visita técnica dos taludes selecionados, e pela amizade, compreensão que demonstrou pelas minhas limitações técnicas durante o exercício da elaboração do trabalho, Em Angola – via net, e em Coimbra, no Departamento, pela leitura minuciosa do trabalho para que nada o escapasse e viesse comprometer cientificamente, a ele, vai todo o meu reconhecimento;

- Ao Prof. Doutor Pedro Miguel Callapez Tonicher, por ter tido a amabilidade de aceitar ser cotutor desta dissertação, pela leitura crítica e minuciosa do trabalho, a amizade revelada durante o acompanhamento das visitas de trabalho no campo em Angola e não só, vai o meu apreço.

- Ao Prof. Doutor Nelson Edgar Viegas Rodrigues e Prof. Doutor José Manuel Martins de Azevedo pela amizade, disponibilidade no estabelecimento de contactos e prestação de informações úteis sem as quais seria difícil chegar ao dia de hoje, a minha estima;

- A todos os Srs. e Sras. Professores (as) e trabalhadores (as) do Departamento das Ciências da Terra, do ISP-Tundavala (Lubango) e colegas da pós-graduação e do mestrado pela amizade demonstrada, a todos agradeço;

- Agradeço ainda a Direção Provincial do Ordenamento do Território, Habitação e Ambiente de Benguela pelo fornecimento do Plano Diretor Municipal da Catumbela;

- A Administração Municipal da Catumbela por ter facilitado o acesso às suas direções, em particular a sua titular, a Dra. Filomena Pascoal pela sensibilidade revelada;

- A todos que me incentivaram na elaboração do presente trabalho, peço a bênção de Deus.

Obrigado

Resumo

O presente trabalho está relacionado com a identificação dos fatores que influenciam a instabilidade dos taludes e vertentes na área do município da Catumbela, bem como com a definição das suas tipologias e consequências.

As principais etapas de pesquisa contemplaram: a revisão bibliográfica e a recolha de dados, o levantamento de campo com a finalidade de se identificarem os taludes em situação de instabilidade, o estudo das características geológicas e geomorfológicas, o estabelecimento e o preenchimento de uma ficha de trabalho que contém os principais parâmetros a considerar desde a altura, o comprimento e a inclinação do talude, os tipos litológicos e a vegetação existente, o estado da atividade, as consequências e causas das instabilidades, posteriormente foi efetuada uma apreciação estatística dos dados obtidos.

Em quatro dos onze taludes estudados procedeu-se à determinação da dureza de Schmidt das rochas calcárias e margosas.

Para avaliação do risco relacionado com as situações de instabilidade nos taludes utilizou-se o sistema classificativo Rockfall Hazard Rating System (RHRS).

Os resultados obtidos nas diferentes etapas de estudo permitiram a identificação das tipologias das instabilidades, das suas causas e consequências, bem como a definição das medidas de mitigação e prevenção.

Palavras-chaves: Instabilidade, Calcário, Margas, Taludes, Catumbela

Abstract

In this work the identification of the slope stability factors, as its main typologies and consequences, on the Catumbela's urban area, was carried out.

The main stages of the research were as follows: the bibliographical review and data collection, the field survey that allowed identifying the slope stability, the study of geological and geomorphology features as well as the establishment and use of a work sheet. This work sheet contains the parameters such as the height, length and dip slope's, lithology and vegetation, state of activity, consequences and causes of the landslides. Consequently, a statistical analysis was carried out.

The Schmidt's hardness of the limestone and marls was defined in four of the eleven studied slopes.

The Rockfall Hazard Rating System (RHRS) was used to evaluate the risk associated with landslides.

The results obtained in the different study stages permitted the identification of the landslides typologies, their causes and consequences, as well the establishment of mitigation and prevention measures.

Keywords: Stability, Limestone, Marls, Slopes, Catumbela

Índice Geral

Dedicatória	i
Agradecimentos	ii
Resumo	iii
Abstract	iv
Índice Geral	v
Índice de Figuras	vii
Índice de Quadros	x
1 – Introdução	01
1.1 – Objetivos	01
1.1.1 - Objetivos gerais	02
1.1.2 – Objetivos específicos	02
1.2 – Estrutura e síntese do trabalho	03
2 - Descrição dos tipos de instabilidade	04
2.1 – Classificação dos tipos de instabilidade de vertentes ou taludes	05
2.2 – Tipologia dos movimentos de instabilidades de taludes ou vertentes	07
2.2.1 - Desmoronamentos	08
2.2.2 – Basculamentos	10
2.2.3 – Deslizamentos	11
2.2.4 – Expansão lateral	14
2.2.5 – Fluxos	14
2.2.6 – Movimentos complexos	15
2.3 - Fatores relacionados com os processos de instabilidade de taludes	16
3 – Caracterização da área em estudo	17
3.1 – Enquadramento geográfico	17
3.1.1 – Localização e delimitação da área em estudo	17
3.1.2 – História	19
3.1.3 – Caracterização socioeconómica	22
3.1.4 – Climatologia	23
3.2 – Geomorfologia	23
3.3 – Geologia	28
3.3.1 – Geologia regional	28
3.3.2 – Geologia local	32
3.3.2.1 – Unidades litológicas locais	33
3.4 – Solos	36

4 – Descrição da metodologia adotada	38
4.1 – Descrição da Classificação Rockfall Hazard Rating System (RHRS)	42
4.1.1 - Altura do talude	43
4.1.2 - Eficácia da valeta	43
4.1.3 - Risco médio para veículos (AVR)	44
4.1.4 - Distância de visibilidade de decisão (DVD)	44
4.1.5 - Largura da via incluindo bermas pavimentadas	44
4.1.6 - Características geológicas	45
4.1.7 - Tamanho dos blocos ou quantidade de blocos resultantes da rotura por evento	45
4.1.8 - Clima e presença de água	45
4.1.9 - Historial da queda de blocos	45
4.2 – Determinação da dureza através do martelo de Schmidt	46
5 – Caracterização das situações de instabilidade	48
5.1 – Descrição das situações de instabilidade	48
5.2 – Estudo comparativo das situações de instabilidade	64
5.2.1 - Dimensões dos talude estudados	65
5.2.2 – Litologia	65
5.2.3 – Vegetação	66
5.2.4 - Tipo de instabilidade	66
5.2.5 – Estado da atividade, consequências e causas das instabilidades	67
5.3 - Aplicação da Classificação Rockfall Hazard Rating System (RHRS)	70
5.3.1 – Altura do Talude	70
5.3.2 – Capacidade de retenção da vala	70
5.3.3 – Risco médio para veículos	70
5.3.4 – Distância de visibilidade de decisão	71
5.3.5 – Largura da plataforma da via de comunicação	71
5.3.6 – Caracterização geológica	71
5.3.7 – Dimensão dos blocos	72
5.3.8 - Condições climáticas e presença de água nos taludes	72
5.3.9 - Registo histórico da queda de bloco	72
5.3.10 - Valores da classificação Rockfall Hazard Rating System	72
5.4 – Recomendações	73
6 - Conclusões	75
Referências bibliográficas	77

Índice de Figuras

Figura 2.1 – Desmoronamentos na Costa Oeste de Portugal -----	09
Figura 2.2 - Queda de blocos na Baía das Pipas -----	10
Figura 2.3 – Basculamento -----	11
Figura 2.4 - Representação de um deslizamento rotacional adaptado de Infanti Jr. & Filho (1998) -----	12
Figura 2.5 - Representação de um deslizamento rotacional adaptado de Dias (2006) -----	12
Figura 2.6 - Representação de um deslizamento translacional adaptado de Infanti Jr. & Filho (1998) -----	13
Figura 2.7 - Representação de um deslizamento translacional adaptado de Dias (2006) -----	13
Figura 2.8 – Representação da expansão lateral onde se pode observar o material que pode sofrer liquefação, e que se situa inferiormente à camada superficial, retirado de (Highland & Bobrowsky, 2008) -----	14
Figura 3.1. A - Localização da província de Benguela no território de Angola, B - Localização do Município da Catumbela na Carta Topográfica de Angola à escala 1:100.000, folha 228/227, Lobito. A linha vermelha representa os limites físicos do espaço municipal e a elipse azul os limites aproximados da área de estudos -----	18
Figura 3.2 - Vila Da Catumbela - Sede da Comuna da Catumbela - Município da Catumbela -----	19
Figura 3.3 - O forte da Catumbela (Reduto de S. Pedro) -----	20
Figura 3.4 - Ponte Luís Filipe construída em 1906 – Catumbela -----	22
Figura 3.5 – Principais bacias sedimentares da margem atlântica de (Araújo, et al., 1998; Victorino, 2012) -----	24
Figura 3.6 - Esboço das unidades geomorfológicas do território de Angola, adaptado de Honrado <i>et al.</i> (s/d) -----	25
Fig. 3.7 - Panorâmica aérea do curso inferior e do delta do Rio Catumbela, durante um episódio de cheia (Imagem composta a partir do Google earth, Junho de 2014) --	27
Fig. 3.8 - Adaptação da carta geológica da Bacia de Benguela (extraído de Guiraud, Buta-Neto, & Quesne, 2010) -----	29
Figura 3.9 - Síntese da estratigrafia da Bacia do Kwanza, incluindo no seu setor sul a Bacia de Benguela (GeoLuanda 2000 <i>in</i> Victorino, 2012)-----	30

Figura 3.10 - Localização da área de estudo a partir da Carta Geológica de Angola a folha 227/228 – Lobito, dentro da unidade Albiano superior (Alb 3) -----	32
Figura 4.1 - Fluxograma da Metodologia adotada -----	40
Figura 4.2 - Martelo de Schmidt, retirado de Mohamad et al.(2011) -----	46
Figura 5.1 - Imagem da localização dos taludes composta a partir do Google earth -- -----	49
Figura 5.2- Talude 1 (Bairro do Cambambi), onde se pode observar estratificação, a instabilidade por quedas de blocos e as consequências desta instabilidade -----	51
Figura 5.3 - Talude 2 (Bairro do Poli), onde se pode observar a litologia presente no talude, a vegetação e alguns blocos instabilizados. Verifica-se ainda a presença de uma cicatriz relacionada com o desprendimento de blocos -----	52
Figura 5.4 - Talude 3 (Bairro do Caputo), onde se observa o tipo de vegetação presente, os movimentos de fluxos, a percolação da água, bem como a dimensão das quedas de blocos -----	53
Figura 5.5 - Talude 4 (Bairro do Caputo baixo), onde se observa a alternância dos estratos de calcários e de margas, bem como se pode visualizar a erosão superficial -----	55
Figura 5.6 -Talude 5 (Bairro da Tata - Cal), visualização da estratificação e presença de óxidos de ferro -----	56
Figura 5.7 - Talude 6 (Bairro da Tata - Curva), onde se pode observar os fluxos de detritos e as evidências da ação humana sobre o Talude -----	57
Figura 5.8 - Talude 7 (Bairro da Vila Flor - Cametido), onde se observa as consequências da instabilidade sobre os edifícios habitacionais localizados próximo do talude e a presença de uma fratura -----	59
Figura 5.9 - Talude 8 (Bairro do Chiúle), onde se destaca a ação antrópica na alteração da geometria dos taludes -----	60
Figura 5.10 - Talude 9 (Bairro do S. Pedro) onde se verifica as quedas de blocos bem como a dimensão da instabilidade -----	62
Figura 5.11 - Talude 10 (Bairro do Luongo) Este talude evidencia a ação humana na alteração da geometria inicial dos taludes -----	63
Figura 5.12 - Presença de trabalhos de habitações na parte superior do Talude 11 --- -----	64
Figura 5.13 - Dimensões dos taludes observadas -----	65
Figura 5.14 - Distribuição da vegetação dos taludes estudados -----	66
Figura 5.15 - Frequência da instabilidade observada nos taludes (%) -----	67

Figura 5.16 - Consequências das situações de instabilidade observadas nos taludes estudados ----- 68

Figura 5.17 - Causas internas das situações de instabilidade nos locais de estudo ---
----- 68

Figura 5.18 - Causas externas das situações de instabilidade detetadas nos taludes -
----- 69

Índice de Quadros

Quadro 2.1 - Classificação de Movimentos nos Taludes/Vertentes adaptado de Andrade (2008) -----	06
Quadro 2.2 - Classificação de velocidade de movimentos de instabilidade de acordo com Cruden & Varnes (1996) -----	07
Quadro 2.3 - Classificação dos movimentos de instabilidade de Taludes/Vertentes, adaptado de Dikau et al. (1996) -----	08
Quadro 2.4 - Fatores influentes nos movimentos de instabilidade de taludes, adaptado de Vallejo et al. (2002) -----	16
Quadro 3.1 - Divisão político-administrativa e populacional do Município da Catumbela (A. M.C, 2012) -----	19
Quadro 4.1 - Parâmetros presentes na ficha de trabalho relativa às situações de instabilidade -----	41
Quadro 4.2 - Parâmetros considerados no Rockfall Hazard Rating System (Adaptado de Hoek, 2007) -----	43
Quadro 5.1 - Resultado da pontuação dos parâmetros considerados -----	73

1 - INTRODUÇÃO

O estudo dos processos de instabilização de taludes em Angola, no geral e em particular no município da Catumbela constituem uma tarefa imprescindível devido às desastrosas consequências que estes processos acarretam para o homem e para a sociedade em geral, tendo em conta o aumento geral da urbanização e do desenvolvimento de áreas sujeitas a instabilidades, destacando-se ainda o desflorestamento das respetivas áreas para ocupação e ainda o possível aumento das taxas de precipitações causadas pelas mudanças climáticas.

As ocorrências da instabilização estão relacionadas com várias causas, nomeadamente, o incremento da urbanização e desenvolvimento de áreas sujeitas a movimentos de instabilidade; retirada de vegetação de forma continua destas áreas e ocorrência de precipitação elevada, muitas vezes relacionada com as mudanças climáticas.

Os deslizamentos quando se verificam podem ter várias consequências desde prejuízos económicos, sociais ou mesmo a perda de vidas humanas.

Para a ocorrência dos movimentos de instabilidade contribuem fatores naturais e induzidos pelo homem (Martins, 2007). Para os induzidos pelo homem destacam-se as ações de alteração da geometria das vertentes/taludes, como o aumento de espaços para edificação de novas habitações e a construção de rodovias, sem observação dos devidos aspetos técnicos ou um conhecimento geológico/geotécnico suficiente.

Durante o processo de instabilidade político-militar que decorreu com maior intensidade desde 1975 até 2002, as populações habitualmente residentes em zonas do interior do país, movimentaram-se para o litoral e por consequência incrementaram de modo significativo o número de habitantes das cidades localizadas na ou próximas da faixa costeira. O desenvolvimento das cidades sem o devido ordenamento do território permitiu o surgimento de habitações em zonas adjacentes a vertentes ou taludes instáveis. A área do município da Catumbela é constituída por planícies (junto à orla marítima), planaltos e zonas mais montanhosas, estas últimas apresentam uma cota máxima de cerca de 931 m.

Nos últimos anos verificou-se a abertura de vias de comunicação, bem como a construção de habitações edificadas de forma ilegal e sem o devido planeamento, estas localizam-se muitas vezes nas proximidades ou mesmo nas encostas suscetíveis de movimentos de instabilidade. As habitações são ocupadas, na sua grande maioria, por populações originárias do interior do país. O período de precipitação, nos meses de Janeiro a Abril, incrementa na área urbana da Catumbela a possibilidade de processos erosivos e de movimentos de instabilidade.

No presente trabalho procedeu-se à seleção de taludes/vertentes na região da Catumbela para a análise e estudo de situações de instabilidade, os locais escolhidos situam-se nos bairros do Cambambi, do Poli, do Caputu, da Tata, do Chiúle, do São Pedro e do Luongo, localizando-se estes nas áreas urbana e suburbana do município da Catumbela.

Nos locais escolhidos são observáveis ocorrências de instabilidade que podem danificar habitações e vias de comunicação, e eventualmente provocar vítimas, devendo o poder público municipal da Catumbela intervir nestas áreas. No presente estudo, foi necessário o conhecimento detalhado de vários tipos de movimentos de instabilidade de taludes como os deslizamentos ou escorregamentos (*Landslides*), desmoronamentos (*Falls*), basculamentos (*Toppling*) e fluxos (*Flows*).

1.1 – Objetivos

1.1.1 – Objetivos gerais

1. Analisar a informação relativa às ocorrências de situações de instabilidade de taludes ou vertentes na área do município da Catumbela.
2. Proceder ao reconhecimento de situações de instabilidades de taludes ou vertentes e definir a sua influência no ordenamento e planeamento correto dos assentamentos populacionais e das vias de comunicação nas zonas urbanas e suburbanas.
3. Contribuir para uma melhor compreensão dos mecanismos condicionantes dos movimentos de instabilidade visando melhorar a gestão do poder público na elaboração de medidas de prevenção e mitigação das consequências das situações de instabilidade.

1.1.2 – Objetivos específicos

1. Identificação de taludes ou vertentes da área da Catumbela;
2. Compreender e analisar as situações de instabilidade dos taludes ou vertentes da área do município das Catumbela;
3. Definir os fatores determinantes na ocorrência de situações de instabilidades de taludes ou vertentes.
4. Avaliar as consequências das situações de instabilidade de taludes ou vertentes do município da Catumbela;
5. Estabelecer medidas de mitigação dos impactes resultantes das situações de instabilidade de talude ou vertentes.

Para se atingir os objetivos preconizados neste trabalho foi necessário a recolha, tratamento e análise de dados baseado no seguinte:

Pergunta/Problema de investigação:

Que fatores influenciam na instabilidade de talude ou vertentes na área da Catumbela, quais os seus tipos e consequências?

População: Taludes/Vertentes do Município da Catumbela.

1.2 – Estrutura e síntese do trabalho

O trabalho está estruturado em seis capítulos, no primeiro é efetuado uma introdução e são descritos os objetivos gerais e específicos; no segundo procede-se à descrição dos tipos de instabilidade, tendo em atenção a recolha e a análise bibliográfica; no terceiro desenvolveu-se a caracterização da área de estudo, abordando aspetos relacionados com a geografia, a climatologia, a geologia e a geomorfologia do município da Catumbela; no quarto descreve-se a metodologia adotada para a realização do presente trabalho; no quinto caracterizam-se os diferentes aspetos das situações de instabilidade, procedendo-se ao seu estudo comparativo, e analisam-se os resultados de classificações utilizadas; no sexto são expostas as conclusões do trabalho, bem como recomendações tendo em atenção um correto desenvolvimento do município da Catumbela. Procede-se ainda à apresentação das referências bibliográficas.

2 - Descrição dos tipos de instabilidade

A ocorrência de instabilidades dos taludes origina muitas vezes acidentes cujos prejuízos económicos e sociais podem ser muito elevados quando se verificam, em particular, nas áreas urbanizadas. As alterações da topografia, das características hidrológicas e hidrogeológicas, bem como dos processos geomorfológicos, provocadas pela urbanização de novas áreas, podem provocar situações de instabilidade (Coelho, 1979).

Por movimentos de instabilidade entendem-se os deslocamentos no sentido descendente de materiais que se verificam ao longo de uma vertente/ talude (Teixeira, 2005); Cruden (1991) definiu movimento de instabilidade como uma deslocação no sentido descendente, numa vertente/talude, de uma massa rochosa, de solos ou detritos.

O termo genérico deslizamentos abrange um conjunto de tipos de movimentos de materiais diversificados, associados à ação da força da gravidade, em taludes ou vertentes. Os movimentos de instabilidade ocorrem naturalmente na superfície terrestre como forma de modelação do relevo, o qual se apresenta como o resultado da precipitação e de processos erosivos (Silva, 2011). As situações de instabilidade também se verificam devido à ação antrópica, da qual resulta a modificação ou alteração das características naturais do terreno. A ação humana é evidente na abertura de novas vias de comunicação ou na edificação de residências, o que pode ocasionar modificações na geometria original das encostas.

Os deslizamentos podem observar-se tanto nos taludes naturais como nos taludes de escavação e de aterro, registando-se a sua presença em diversas obras de engenharia, bem como nos depósitos de materiais relacionados com trabalhos de exploração mineira (Silva, 2011).

O estudo de deslizamentos é objeto de estudo de várias disciplinas como a geologia, a engenharia geológica e a engenharia civil, pelo que se podem verificar diferenças de definições propostas ou utilizadas pelos diversos profissionais ou investigadores (Highland & Bobrowsky, 2008).

Para os taludes verifica-se a existência de diferentes causas das instabilidades, como a ação e a presença da água, outro fator importante está relacionado com a altura e o pendor dos taludes, bem como a orientação das estruturas geológicas em que se destaca o pendor dos estratos e das descontinuidades (Bastos, 1999).

Para Small & Clark (1982) os movimentos de instabilidade têm um impacto nos terrenos afetados e podem, em situações extremas, colocar em perigo vidas humanas, edificações e vias de comunicação. A ação antrópica nas vertentes representa um dos principais fatores condicionantes dos processos, da morfologia e da evolução das encostas (Guerra & Jorge, 2012).

2.1 - Classificação dos tipos de instabilidades de vertentes e taludes

As classificações dos movimentos de vertentes/taludes têm uma importância fundamental na geomorfologia aplicada e no ordenamento do território, dado que a definição dos mecanismos atuantes é essencial nos processos de controlo ou na correção das situações de instabilidade (Hansen, 1984).

Os taludes podem ser considerados como naturais, de escavação e de aterro. Os movimentos nos taludes apresentam-se sob formas distintas, ocorrendo devido à ação de vários fatores e estão relacionados com causas cuja identificação pode ser difícil de estabelecer.

Existem várias classificações dos tipos de instabilidade (Quadro 2.1). Uma classificação inicial para as situações de instabilidades nos taludes foi definida em 1894 por Penck (Andrade, 2008).

As classificações das situações de instabilidade têm em consideração parâmetros distintos como a velocidade, o material constituinte, as roturas presentes, as causas, os aspetos morfológicos e o período de duração dos movimentos.

Terzaghi, em 1925, classificou os movimentos de massa tendo como base os movimentos dos solos (estado seco) e dos materiais detriticos, estes últimos associados a um comportamento plástico (Andrade, 2008).

Sharpe em 1938 estabeleceu uma classificação baseando-se em fatores como a natureza e velocidade dos movimentos, o tipo de material, o teor em água e as causas das instabilidades. Coates (1977) concentrou-se nos tipos de movimento e nos materiais deslocados, esta classificação concorda com a de Sharpe no que diz respeito à velocidade e dimensão dos materiais presentes como o material rochoso, rególitos e sedimentos. Quanto aos principais tipos de movimento foram distinguidos os deslizamentos (rotacionais e planares), os fluxos e as quedas.

Quadro 2.1 - Classificação de Movimentos nos Taludes/Vertentes adaptado de Andrade (2008).

Autor	Ano	Crítérios
Penck	1894	Tipos de mecanismos
Howe	1909	Tipos de material
Stini	1910	Tipos de mecanismos
Terzaghi	1925	Tipos de material
Heim	1932	Tipos de material
Sharpe	1938	Tipos de mecanismos e de material
Popov	1946	Idade dos materiais envolvidos
Varnes	1958, 1978, 1984	Tipos de material, mecanismos e morfologia
Hutchinson	1968, 1988	Tipos de material, mecanismos, morfologia e velocidade
Zarub & Mencl	1969, 1976	Tipos de material geológico e de mecanismos
Nemock et al.	1972	Tipos de mecanismos e velocidade
Panet	1976	Tipos de materiais e dimensão
Coates	1977	Dimensão de material e tipo de mecanismos
Sassa	1985	Tipos de material e de mecanismos
Cruden & Varnes	1996	Tipos de mecanismos, material, velocidade e teor em água
Dikau et al.	1996	Tipos de mecanismos e de material

Zaruba & Mencl (1976) consideraram classes de acordo com material geológico e os mecanismos presentes, foram definidos movimentos de depósitos superficiais, de materiais rochosos de composição pelítica, rochas alteradas e tipos de movimentos que estão relacionadas com aspetos geológicos regionais. Sassa (1985) estabeleceu uma classificação geotécnica relacionada com a dimensão do material e a forma de rotura.

Varnes (1958, 1978, 1984) desenvolveu uma classificação baseada em dois aspetos principais: o tipo de material e o tipo de movimento. O tipo de material foi considerado como: rochas e solos (detritos e terra). Quanto ao tipo de movimento ou mecanismo envolvido na instabilidade, definiram-se seis tipos distintos: Quedas (*falls*), basculamentos (*toppling*), deslizamentos (*slide*), expansão lateral (*spread*), escoadas ou fluxo (*flow*) e movimentos complexos.

A classificação dos movimentos de instabilidade com maior reconhecimento a nível mundial é a proposta por Varnes (1978), sendo de destacar igualmente as classificações de Varnes & Cruden (1996), em que foram acrescentadas características como a atividade dos taludes, a velocidade e o teor em água, bem como a de Dikau et al. (1996) em que se considerou a classificação de Varnes (1978) e de WP/WLI (1993).

A velocidade de movimento foi considerada também na classificação de Cruden e Varnes (1996), (Quadro 2.2).

Quadro 2.2 - Classificação de velocidade de movimentos de instabilidade de acordo com Cruden & Varnes (1996).

Descrição da velocidade	Valores da Velocidade	Tipo de Movimento relacionado com a velocidade
Extremamente rápida	>5 m/s	Desmoronamento
Muito rápida	>3 m/min	
Rápida	>1,8 m/hora	Deslizamento
Moderada	>13 m/mês	
Lenta	>1,6 m/ano	Creep
Muito lenta	>1,6 mm/ano	
Extremamente lenta	<1,6 mm/ano	

A classificação de Hutchinson (1968) utiliza a designação de “movimentos de massa”, nos quais inclui os movimentos de vertente (Teixeira, 2012).

Na primeira classificação de Hutchinson não se utiliza o modo de deformação como parâmetro, todavia a classificação original apresenta termos como o “creep”, os escorregamentos (*landslides*) e os movimentos relacionados com o congelamento e degelo da superfície (*frozen ground phenomena*) (Mattos, 2009).

A segunda classificação de Hutchinson, publicada em 1988, é constituída por sete tipos de movimento: recuos, “*creep*”, roturas de taludes de montanhas, escorregamentos, movimentos de detritos sob a forma de fluxos, tombamentos, quedas e movimentos complexos (Mattos, 2009).

2.2 - Tipologia dos movimentos de instabilidades de taludes/vertentes

No presente trabalho utilizou-se a classificação e a designação dos movimentos de vertentes/taludes de acordo com as propostas de Varnes (1978) e também consideradas por outros autores como WP – WLI (1996) – grupo de trabalho da UNESCO, Cruden & Varnes (1996) e Dikau et al. (1996) e que se pode observar no Quadro 2.3.

Quadro 2.3 - Classificação dos movimentos de instabilidade de Taludes/Vertentes, adaptado de Dikau et al. (1996).

Tipos de Movimento	Tipo de Material		
	Substrato rochoso	Solos	
		Essencialmente grosseiros	Essencialmente finos
Desmoronamentos	Desmoronamento de rochas	Desmoronamento de detritos	Desmoronamento de solos
Basculamentos	Basculamento de rochas	Basculamento de detritos	Basculamento de solos
Deslizamentos rotacionais	Deslizamento rotacional de material rochoso	Deslizamento rotacional de detritos	Deslizamento rotacional de solos
Deslizamentos translacionais	Deslizamento translacional de rochas	Deslizamento translacional de detritos	Deslizamento translacional de solos e de material lamacento
Expansão lateral	Expansão lateral de material rochoso	Expansão lateral de detritos	Expansão lateral de solos
Fluência	Fluência de material rochoso	Fluência de detritos	
Complexo	Combinação de movimentos em material rochoso	Combinação de movimentos em material detrítico	Combinação de movimentos em material do tipo solo.

2.2.1 – Desmoronamentos

Os desmoronamentos, que englobam as quedas de blocos rochosos, correspondem a movimentos rápidos a extremamente rápidos de material rochoso e/ou solo, em que os materiais instabilizados se deslocam em sentido descendente ao longo de vertentes/taludes de pendor muito elevado (podendo ser verticais), e em que uma parte do movimento se processa em queda livre.

Os desmoronamentos podem corresponder à separação de blocos em formações rochosas, o que está relacionado com a presença de fraturas, verificando-se que a possível movimentação desses blocos é condicionada pelas forças de atrito ao longo do(s) plano(s) de fratura. Isto implica que para que ocorra movimentação, as forças promotoras da instabilidade devem vencer as forças de atrito, provocando a movimentação dos blocos e a sua consequente queda livre (Braathen et al., 2004).

Os desmoronamentos compreendem, na sua totalidade ou parcialmente, a sucessão de acontecimentos: rotura e destacamento - queda livre - ressalto - rolamento – imobilização (Lamas, 1998). Os materiais instabilizados, como os blocos rochosos, percorrem uma distância que é condicionada por vários fatores como a inclinação, a altura do talude, a forma e dimensão dos blocos, bem como a quantidade de energia absorvida pela cobertura vegetal no decorrer do impacto com o terreno (Lamas, 1998).

Rapp (1961) e Hutchinson (1988) procederam à diferenciação entre as quedas primárias e as secundárias, as primeiras correspondem à queda de blocos rochosos que se destacam da rocha mãe. As quedas secundárias envolvem materiais que já sofreram previamente movimentos de instabilidade, e compreendem os materiais que ficaram provisoriamente retidos na sequência de um movimento prévio a partir de uma cota superior.

Das principais causas que provocam os desmoronamentos podem destacar-se: os processos erosivos cuja ação torna salientes as formações de maior resistência, a atuação de forças de descompressão, a ação de raízes que com o seu crescimento pode deslocar o material constituinte dos taludes, a variação térmica ao longo do dia, a percolação e as pressões da água, bem como os efeitos de gelo-degelo (Andrade, 2012). Os desmoronamentos poderão também ser originados pela ação dos cursos de água e da ondulação que provocam a erosão da base de encostas ou arribas (Bloom, 1970) (Figs. 2.1 e 2.2). A ação antrópica é igualmente de destacar, em particular nas obras de engenharia como a construção de vias de comunicação ou de edifícios.



Figura 2.1 – Desmoronamentos na costa oeste de Portugal (Andrade, 2012).



Figura 2.2 - Queda de blocos na Baía das Pipas (Namibe) (Andrade, 2009).

2.2.2 – Basculamentos

Nos basculamentos verifica-se um movimento de rotação de material rochoso, de detritos ou de solo em redor de um eixo situado inferiormente ao centro de gravidade do material instabilizado. O tipo de movimento está relacionado com a presença de descontinuidades de pendor elevado e de sentido contrário ao do declive da face do talude/vertente (Fig. 2.3). O movimento apresenta valores de velocidade muito variáveis, desde extremamente lentos a extremamente rápidos. Os volumes dos materiais envolvidos nestes tipos de instabilidade podem ser muito significativos, verificando-se por vezes volumetrias de cerca de 1 km^3 .

De acordo com Goodman e Bray (1976) o basculamento de material rochoso pode ser classificado como flexural, em blocos, misto e secundário, estes últimos tipos estão associados a escavações, processos erosivos e exploração mineira (Andrade, 2008).

Algumas das causas principais dos basculamentos estão relacionados com ações de carga, descompressão do maciço, percolação de água e presença de vegetação. Este movimento pode ocorrer devido à eventual remoção de material de base de vertentes ou taludes de corte, o que pode originar situações de basculamento.



Figura 2.3 – Basculamento, retirado de AHI (2014).

2.2.3 - Deslizamentos

O termo deslizamento, em termos gerais, pode englobar todos os movimentos de instabilidade que ocorrem de forma natural ou provocada pelo homem, excetuando as situações de subsidência do solo (Favaretti, 2011). O grupo de trabalho WL/WLI (1993) definiu os deslizamentos ou escorregamentos como movimentos descendentes de uma massa de rocha, de detritos ou de solos e que se efetuam segundo superfícies de rotura ou zonas de deformação tangencial intensa e com uma espessura reduzida.

Os deslizamentos correspondem a movimentos nos quais a maior parte do material instabilizado movimenta-se como uma massa coerente ou quase coerente, e com uma deformação interna pouco expressiva, (Highland & Bobrowsky, 2008). Os deslizamentos podem ser do tipo rotacional (Figs. 2.4 e 2.5), neste caso, quando a superfície de rotura é curva e apresenta a concavidade voltada para cima, ou do tipo translacional (Figs. 2.6 e 2.7), neste último a movimentação processa-se ao longo de uma ou mais superfícies planas ou onduladas, por vezes verificam-se pequenos movimentos de rotação (Ayala-Carcedo & Posse, 2006). Os deslizamentos translacionais em maciços rochosos englobam os deslizamentos planares e em cunha.

Zêzere (2000) considerou que num deslizamento a massa deslocada no decorrer do movimento permanece em contacto com o material subjacente não afetado, apresentando graus de deformação muito variáveis, de acordo com o tipo de deslizamento.

Os deslizamentos rotacionais têm como causas a erosão causada pela precipitação, a abrasão marinha na base das arribas, a ação sísmica, o aumento da pressão da água, as escavações nas encostas efetuadas pela ação humana e o incremento de carga no topo ou na face dos taludes ou vertentes.

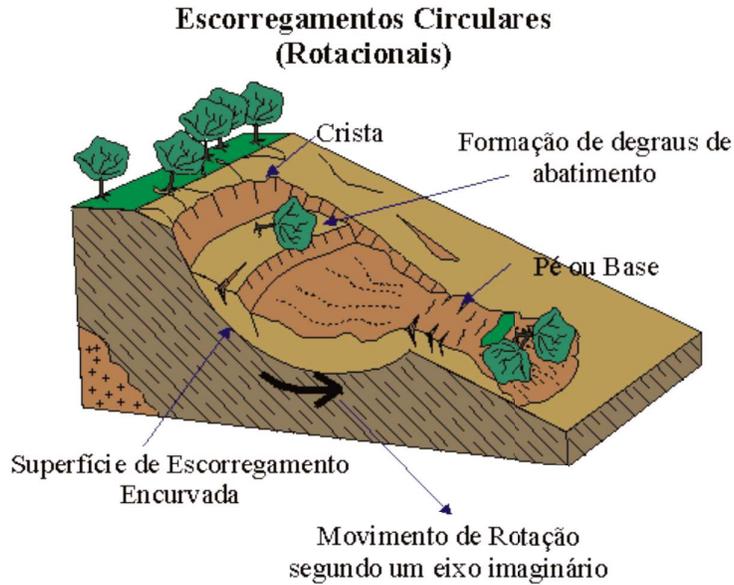


Figura 2.4 - Representação de um deslizamento rotacional adaptado de Infanti Jr. & Filho (1998).

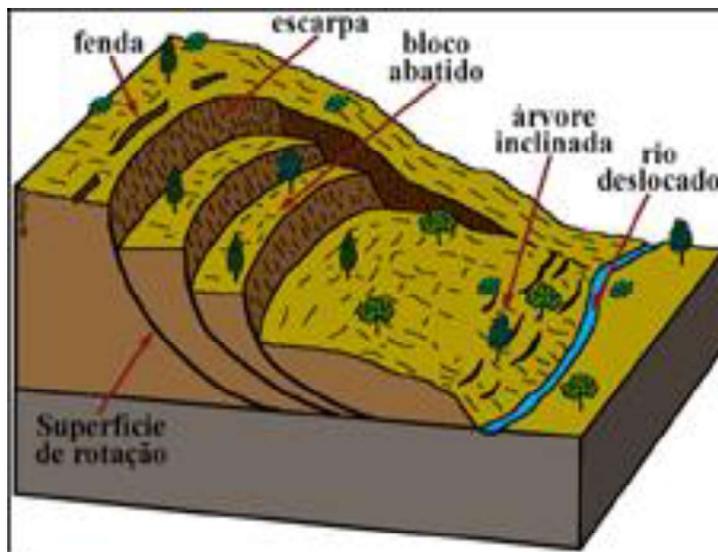


Figura 2.5 - Representação de um deslizamento rotacional adaptado de Dias (2006).

Os deslizamentos translacionais correspondem a movimentos de velocidade moderada a rápida de material rochoso, de detritos ou mesmo solos que estão relacionados com superfícies de descontinuidades como a estratificação, a xistosidade, as diáclases, os planos de falhamento, as superfícies de contacto entre diferentes graus de alteração.

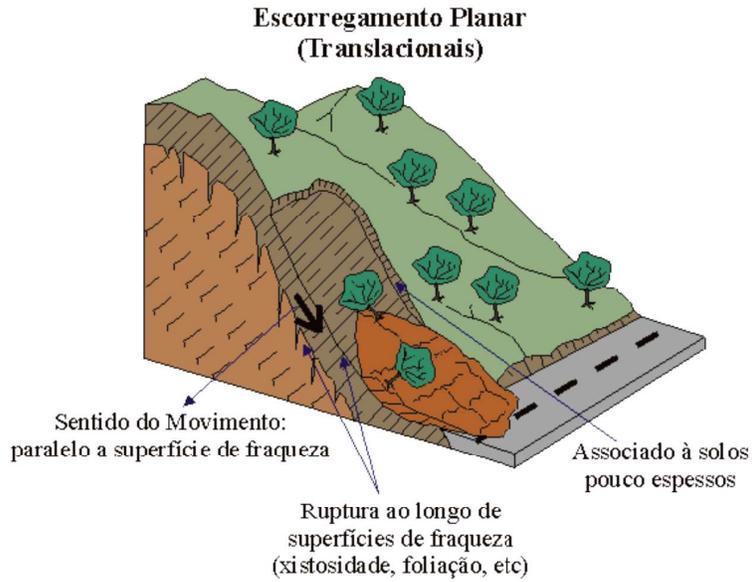


Figura 2.6 - Representação de um deslizamento translacional adaptado de Infanti Jr. & Filho (1998).

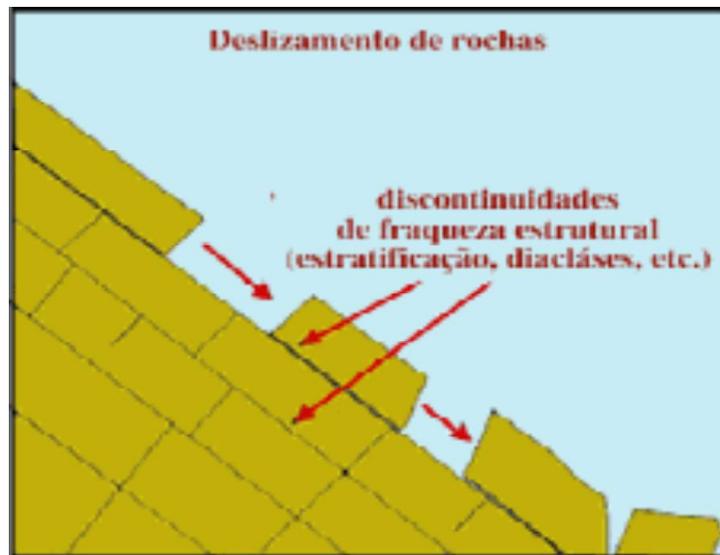


Figura 2.7 - Representação de um deslizamento translacional adaptado de Dias (2006)

Os deslizamentos translacionais ocorrem, muitas vezes, devido à ação humana nas vertentes, no decorrer da construção de vias de comunicação ou outras infraestruturas. De modo geral, os fatores principais que condicionam os deslizamentos translacionais são a litologia, a orientação das vertentes e taludes, as características das descontinuidades, a atividade sísmica e a ação da água, esta última é muito importante dado que incrementa o peso específico do solo e/ou materiais rochosos e provoca a diminuição da resistência ao corte (Rodrigues & Zêzere, 2003).

2.2.4 - Expansão lateral

A expansão lateral pode ser definida como a “extensão de massas coesivas de solo ou rocha, combinada com uma subsidência geral da massa fraturada do material coesivo em material subjacente mais brando. (...) Pode resultar da liquefação ou escoada do material brando subjacente” (WP/WLI, 1993).

Varnes (1978) distinguiu as expansões laterais: Um tipo ocorre no material rochoso e sem a formação de uma superfície de rotura identificável, enquanto o outro corresponde a expressões laterais em solos coesivos que são subjacentes a materiais que apresentam um fluxo plástico (Fig. 2.8).

Este processo ocorre quando não se verifica uma rotura evidente. O movimento apresenta velocidades muito diferenciadas conforme o tipo de material, sendo muito lento em rochas devido ao comportamento visco-plástico, podendo ser extremamente rápido em solos em que se verifica a ocorrência de colapso por liquefação (Zêzere, 2005), originando deste modo situações com consequências graves para infraestruturas e populações.

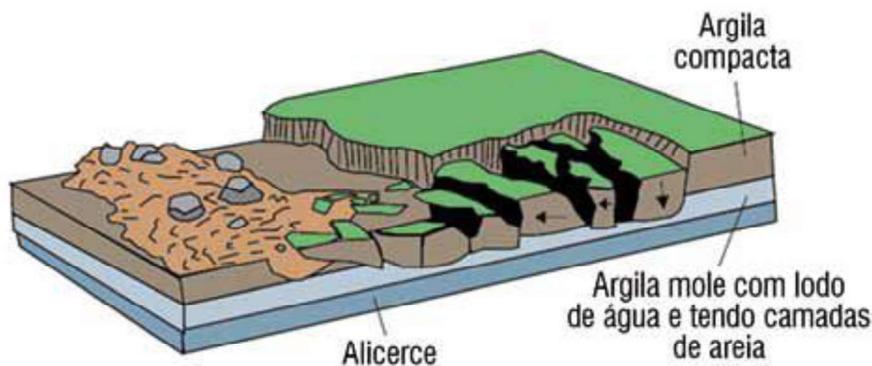


Figura 2.8) – Representação da expansão lateral onde se pode observar o material que pode sofrer liquefação, e que se situa inferiormente à camada superficial, retirado de Highland & Bobrowsky (2008).

2.2.5 - Fluxos

Um fluxo corresponde a um movimento contínuo no qual as superfícies de corte são de duração reduzida, e muitas vezes não são preservadas. É um tipo de movimentos que pode abranger grandes áreas, e é frequente ocorrer em solos, depósitos, material detrítico e rochas (Gerscovich D. M., 2009). As velocidades de um fluxo são correspondentes às de um fluido viscoso (WP/WLI, 1993), estas são mais elevadas à superfície e vão diminuindo em profundidade.

As causas dos movimentos de fluxos são diversas e vão desde a ação da gravidade, a variação de temperatura, a ação da água, a dinâmica fluvial, as escavações, a ação sísmica e o incremento de carga.

Os fluxos em rochas são movimentos lentos que ocorrem em massas rochosas de vertentes de zonas montanhosas e que se apresentam muito diaclasadas ou estratificadas (Zêzere, 2000)

Os fluxos de detritos correspondem a uma mistura de materiais heterogêneos finos (areia, silte e argila), e grosseiros (calhaus e blocos), verificando-se uma presença de água em quantidade variável, constituindo uma massa que se movimenta de modo descendente, impulsionada pela força da gravidade e pelo colapso súbito dos materiais (Zêzere, 1997).

Os movimentos de fluxos de detritos estão relacionados com os períodos de precipitações elevadas. Deste modo podem desenvolver-se termos de transição desde as cheias, constituídas quase exclusivamente por água da escorrência superficial, até fluxos de densidade elevada nos quais a matéria em suspensão é considerável (Dias, 2006). Normalmente são movimentos que se deslocam ao longo de canais já existentes e podem atingir distâncias consideráveis.

De acordo com Varnes (1978) os deslizamentos de detritos podem transformar-se em fluxos de detritos extremamente rápidos ou em avalanches de detritos à medida que o material deslocado perde coesão, aumenta o seu teor em água ou encontra declives mais íngremes.

2.2.6 – Movimentos Complexos

Os movimentos complexos correspondem a associação de vários tipos de movimentos de instabilidade em fases sequenciais (Andrade, 2008). Abrangem todas as situações das quais, durante a sua manifestação, se verifica uma modificação das características morfológicas, mecânicas ou causais.

A proposta da WP/WLI (1993a, 1993b), seguida por Dikau *et al.* (1996) e também por Cruden & Varnes (1996), aconselha o uso do termo “movimentos complexos” somente para as situações onde se pode distinguir mais de um tipo de movimento ao longo de um seguimento temporal (Zêzere, 2000).

Para os movimentos podemos considerar como causas importantes a inclinação dos terrenos e a ação da água, esta última pode provocar a saturação muitas vezes induzida por precipitações elevadas ou pela alteração dos níveis de águas subterrâneas. Os movimentos complexos também são originados por causas antrópicas como a retirada da vegetação nas encostas para a edificação de infraestruturas ou para a produção agrícola e industrial, pela produção de resíduos, despejos de água e esgotos, escavações e aterros.

2.3 - Fatores relacionados com os processos de instabilidades de taludes

A estabilidade de um talude é condicionada por fatores geométricos (altura e pendor), fatores geológicos (relacionados com a existência de planos e zonas de debilidade e de anisotropia no talude), fatores hidrogeológicos (percolação e influência da água) e fatores geotécnicos ou relacionados com o comportamento geomecânico dos terrenos (resistência e deformabilidade) (Vallejo et al., 2002). A conjugação dos vários fatores citados pode definir as condições de rotura que envolvem uma ou várias superfícies. A possibilidade de rotura e os mecanismos e modelos de instabilidade dos taludes são influenciados principalmente por fatores geológicos e geométricos.

Os fatores geológicos, hidrogeológicos e geotécnicos correspondem a fatores condicionantes, e são intrínsecos aos materiais naturais (Quadro 2.4) (Vallejo et al., 2002). Para além dos fatores condicionantes da estabilidade dos taludes (designados como passivos), os fatores desencadeantes ou ativos provocam a rotura dado que compreendem uma série de condições. Estes últimos correspondem a fatores externos atuantes sobre os solos ou sobre os maciços rochosos, alterando as suas características e propriedades, bem como as condições de equilíbrio existentes no talude (Quadro 2.4).

Nos fatores condicionantes destacam-se: os tipos e características litológicas, o grau da alteração, a presença de água, as características das estruturas geológicas e geométricas dos taludes, bem como a existência de vegetação.

Nos fatores desencadeantes destaca-se também a ação humana que, geralmente, concorre na destruição do coberto vegetal, na remoção de terrenos com fins de abertura de estradas, edificação de edifícios bem como no desenvolvimento da agricultura, embora não seja frequente na área de estudo, muita literatura considera como fatores desencadeantes a ocorrência de sismos e vibrações, tempestades nas zonas costeira, e variações de temperatura (contração e a dilatação dos materiais rochosos) (Júnior & Longo, 2010).

Quadro 2.4 - Fatores influentes nos movimentos de instabilidade de taludes, adaptado de Vallejo et al. (2002).

Fatores Condicionantes (são intrínsecos aos materiais ou maciços constituintes dos taludes)	Fatores desencadeantes (fatores externos que atuam sobre os materiais ou maciços constituintes dos taludes)
- Estratigrafia e litologia.	- Sobrecargas estáticas.
- Estrutura geológica.	- Cargas dinâmicas.
- Condições hidrogeológicas e comportamento hidrogeológico dos materiais.	- Variação nas condições hidrogeológicas.
- Propriedades físicas, de resistência e de deformação.	- Fatores climáticos.
- Tensões naturais e estado de tensão-deformação.	- Variações na geometria.
	- Diminuição dos valores dos parâmetros de resistência.

3- Caracterização da área em estudo

3.1 - Enquadramento geográfico

3.1.1 - Localização e delimitação da área em estudo

A antiga vila e entreposto colonial da Catumbela, ligada à presença histórica portuguesa na região de Benguela (*Mombaka*), desde o dealbar do século XVII e, sobretudo, à fixação estratégica junto às terras agrícolas férteis do delta do Rio Catumbela, no término de uma rota de ligação com o *hinterland*, é hoje uma cidade florescente, em que se faz sentir a proximidade do importante eixo de desenvolvimento socioeconómico de Lobito - Benguela, incluindo o denominado *corredor do Lobito*. Como consequência deste ímpeto de crescimento populacional e produtivo, acentuado pelo fomento e recuperação económica do país no seguimento do pós-guerra, a Catumbela é, também, um dos mais novos municípios de Angola, e o mais recente da província de Benguela. Nesse sentido, a sua envolvente foi elevada à categoria de município, ao abrigo da Lei nº 32/11 de 5 de Outubro de 2011, com efeitos a partir de 6 de Dezembro de 2011 (Figs. 3.1 e 3.2).

A localização privilegiada do Município da Catumbela na faixa litoral centro-oeste do território angolano, também contribuiu significativamente para este sucesso. Com efeito, o espaço municipal encontra-se posicionado entre os grandes centros demográficos das cidades de Lobito e de Benguela, ambos com muitas centenas de milhares de habitantes, desempenhando, de certa forma, um papel de urbe periférica do primeiro. A sua extensão territorial ascende a 814,71 km² e corresponde, no essencial, ao espaço ocupado pela anterior comuna da Catumbela, ao qual se acresceu o território correspondente à comuna do Biópio. Definido assim desta forma, o espaço municipal da Catumbela encontra-se limitado a Norte, com o Município do Lobito; a Sul com o Município de Benguela; a Este com o Município do Bocóio e, a Oeste, com o Oceano Atlântico (AMC, 2012).

Quanto à cidade da Catumbela, esta tem como coordenadas geográficas da sua área central 12° 25' 53" de latitude Sul e 013° 32' 49" de longitude Este.

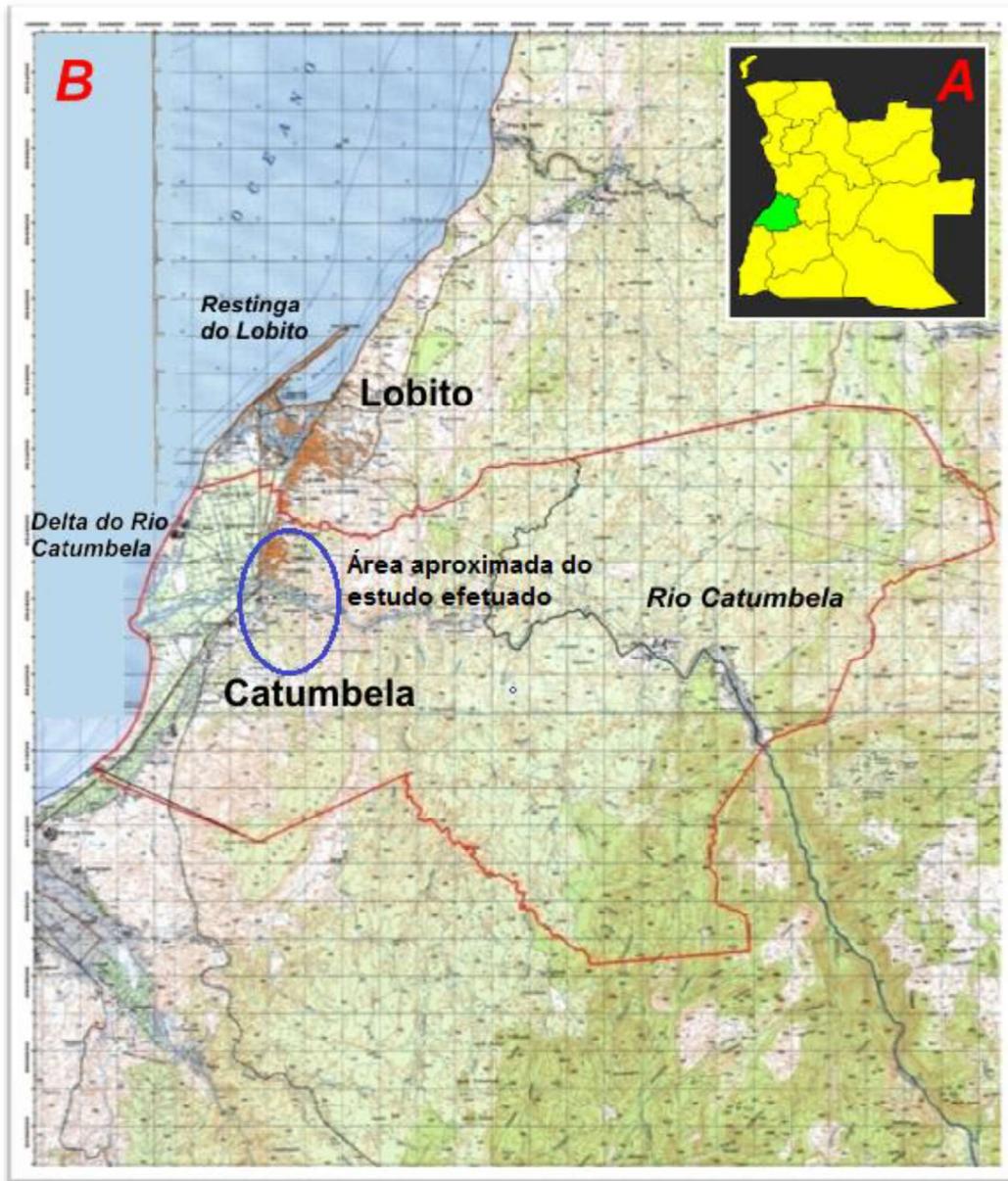


Figura 3.1 - A - Localização da província de Benguela no território de Angola, B - Localização do Município da Catumbela na Carta Topográfica de Angola à escala 1:100.000, folha 227/228 – Lobito. A linha vermelha representa os limites físicos do espaço municipal e a elipse azul os limites aproximados da cidade sede do Município.

A divisão político-administrativa da Catumbela é relativamente simples, por comparação com outros municípios da Província de Benguela. Ela está constituída por quatro comunas, 12 aldeias e 53 bairros, nos quais reside uma população estimada de 224375 habitantes (Quadro 3.1).

Quadro 3.1. - Divisão político-administrativa e populacional do Município da Catumbela (AMC, 2014).

Comuna	Área (Km ²)	Total da População	Distribuição da População (%)
Biópio	473.12	4038	1,79
Catumbela	80.31	134817	60,09
Gama	226.67	58489	26,07
Praia Bebé	34.61	27031	12,05
Total	814.71	224375	100

O núcleo urbano de maior extensão e densidade populacional do Município é a comuna da Catumbela (Fig. 3.2), a qual concentra uma população estimada em 134817 habitantes; no polo oposto encontra-se a Comuna do Biópio, cuja população recenseada atinge 4038 habitantes para uma área de 473,12 km² (Quadro 1.1), segundo dados da AMC (2012). Estes registos espelham a realidade das discrepâncias existentes entre o litoral, de fácil acesso e o interior, ainda marcadamente rural e bastante acidentado.



Figura 3.2 - Vila da Catumbela (sede da comuna) - Município da Catumbela.

3.1.2 - História

A Catumbela foi fundada oficialmente no ano 1836 (Bastos, 1912) a partir do decreto promulgado por D. Maria II, Rainha de Portugal.

O nome anterior era Nova Asseiceira, em homenagem à importante vitória das tropas de D. Pedro IV sobre as absolutistas, num dos últimos recontros do conflito, na localidade da Asseiceira, na região situada a norte de Lisboa.

O local primitivo de colonização situava-se na margem esquerda do Rio Catumbela (Bastos, 1912) e serviu de trampolim para a extensão do domínio Português no seio da área

litoral periférica de Benguela, um dos mais antigos locais de fixação de europeus no território angolano, desde 1617.

Já neste período, na margem direita do rio Catumbela, habitavam algumas comunidades de indígenas que se dedicavam principalmente a prática da agricultura de subsistência, cultivando o milho, o feijão, a cana sacarina, a abóbora e a batata-doce; criação de gado diversificado desde o gado bovino, caprino e suíno e pesca artesanal.

A população era constituída maioritariamente por Mundombes, pertencentes ao grupo etnolinguístico “Herero”. Segundo a tradição indígena, o aglomerado populacional dos habitantes da margem direita do rio Catumbela foi fundado por uma mulher, que também terá sido sua primeira soba. Esta população foi crescendo mas devido a um surto da epidemia de varíola, tuberculose e doença do sono veio a reduzi-la significativamente (Bastos, 1912).

Durante a primeira década após a sua fundação, a Catumbela foi o centro das trocas comerciais com as populações do interior de Angola, nomeadamente as do planalto central, que vinham em busca de produtos litorâneos (sal, peixe seco, etc.) obtidos a partir dos colonos europeus.

Devido às agressões sofridas pelos colonos europeus pelas populações locais e de outros provenientes do Seles, Quissanje e outros, em 1846, foi organizada uma expedição de pacificação dos “gentios” insubmissos, que culminou com a construção da fortaleza da Catumbela também conhecida por Reduto de S. Pedro (Fig. 3.3).



Figura 3.3 - O forte da Catumbela (Reduto de S. Pedro).

Esta fortificação erigida num local onde anteriormente pombeiros traficavam escravos, é hoje um monumento de importância histórica e, à sua entrada, ainda existe uma gravação comemorativa que diz:

“Foi feito á custa dos habitantes de Bengella, honra á digna Camara Municipal, os contínuos insultos feitos aos brancos pelos indígenas deste districto, originarão a construção deste reducto. As guarnições dos brigues Mondego, Tamega e corveta Relampago, comandados pelo chefe F. A. Glz. Cardozo, os submeterão por ordem do Governador geral o Exmo. Snr. Pedro Alexandrino da Cunha. F.X. Lopes Major do Ext^o. traçou e construiu 1^a pedra 5 Outubro 1846”¹

Depois da pacificação do território da Catumbela e de toda a região seguiu-se um crescimento da população e um período de desenvolvimento das atividades económicas surgindo as primeiras fazendas coloniais de S. Pedro, Lembeti e Maravilha do Cassequel, onde foram desenvolvidas cultivos do algodão, da cana sacarina utilizada na produção de aguardente. Data deste período o fabrico de telhas e de tijolos, sobretudo para consumo local (Bastos, 1912).

A fase da prosperidade da Catumbela vai acontecer na década de 1887 com o aumento da população urbana, incluindo os colonos portugueses, que corresponderá com a construção das primeiras infraestruturas públicas, incluindo estradas e pontes, telégrafo e telefone, saneamento básico, escolas e posto médico, igrejas, câmara e cemitério. A primeira ponte sobre o Rio Catumbela (1887) também data deste período (Fig. 3.4).

A transição para o século XX culminou com a implementação do Caminho de Ferro de Benguela, rapidamente tornado na principal rota de comunicação do eixo Lobito - Benguela e deste com o interior planáltico de Angola. Para passagem da via-férrea e após colapso da primeira estrutura, foi construída em 1905, pela firma “Bridge & Roof Coy Ltd” de Glasgow, a ponte “D. Luís Filipe” (Fig.3.4), em estrutura metálica erigida frente ao forte. Por fim, já em 1905, a Catumbela foi elevada à categoria de vila.



Figura 3.4 - Ponte Luís Filipe construída em 1906 – Catumbela.

3.1.3 - Caracterização socioeconómica

A etnia local dominante atualmente no Município da Catumbela é a Umbundu e as suas populações, para além do Português, falam o idioma Umbundu. As principais atividades económicas que desenvolve são, sobretudo, do setor primário, nomeadamente a agricultura, a pecuária e a pesca. Nas áreas urbanas e limítrofes as atividades ligadas ao comércio ocupam, também, uma fração significativa da população. A pesca marítima de natureza artesanal consiste na atividade principal das populações fixadas mais junto à costa, nomeadamente nos aglomerados da Comuna da Praia do Bebé, a qual abrange toda a faixa litoral da Catumbela.

Presentemente, o município da Catumbela é considerado como o principal parque industrial da Província de Benguela, ocupando a terceira posição a nível nacional.

Já no passado ainda recente, antes da expansão das infraestruturas do porto do Lobito, a Catumbela evidenciava-se pela sua importância agrícola e comercial, incluindo a produção de cana-de-açúcar e de óleo de palma, assim como o fornecimento de produtos alimentícios a Benguela (Roquinaldo, 2013).

No atual espaço do município existe um Pólo de desenvolvimento industrial onde laboram, para além de um número crescente de indústrias, as fábricas de cimento (Cimenfort) e de cerveja (Cuca), empreendimentos de dimensão nacional.

Também se situa no município o Aeroporto Internacional da Catumbela, inaugurado a 27 de Agosto de 2012, que também está associado ao Corredor do Lobito.

A nova ponte rodoviária sobre o rio Catumbela, denominada "4 de Abril", constitui um dos mais recentes cartões-de-visita municipais. A estrutura apresenta 438 metros de extensão e inclui um par de viadutos de acesso e a plataforma sobre o rio, com 170 metros. Conta com duas faixas de rodagem em cada sentido e passagens para peões.

O mar possui grandes potencialidades turísticas e é rico em pescado variado, incluindo o carapau, a corvina e a sardinha, entre outras espécies de importância económica.

O Rio Catumbela atinge caudais consideráveis durante a maior parte do ano, facto que facilita a prática de uma agricultura de regadio, o abastecimento de água ao Município da Catumbela e a outros espaços circundantes, para além de servir de fonte geradora da energia hídrica.

3.1. 4 - Climatologia

O Clima do Município da Catumbela é tropical e apresenta uma época mais fria que vai de 15 de Maio a 15 de Agosto, uma temperatura variável em média de 20° C e uma época quente que vai de Setembro a Maio, onde as temperaturas atingem os 32° C. Porém, estudos anteriores, especialmente os efetuados por Cruz (1940), demonstram que a Catumbela é uma localidade com um microclima local relativamente constante (variação média inferior a 10 graus).

O clima apresenta-se quente e seco na faixa litoral (apesar da aridez a humidade relativa do ar mantém valores elevados ao longo do ano) e do tipo mesotérmico na faixa interior subplanáltica, com regime hídrico do tipo moderadamente chuvoso. A temperatura máxima é de 35,0°, a média de 24,2 ° e a mínima de 10,4°, com humidade relativa de 79%, e precipitações atmosféricas médias muito reduzidas, oscilando entre os 50 a 250 mm (Cruz, 1940).

De acordo a classificação de Koppen (Feio, 1981) a Catumbela enquadra-se nos tipos:

- BSh – Clima das estepes quentes de baixa latitude e altitude – Clima semiárido quente, correspondendo à faixa costeira do município.

- Cwa – Clima temperado húmido com Inverno seco e Verão quente – Clima subtropical húmido, que abrange o interior do município.

3.2 - Geomorfologia

As unidades morfoestruturais de natureza essencialmente sedimentar, ligadas à evolução meso-cenozóica da margem continental do território angolano, no quadro dos episódios de *rifting* e distensão do oceano Atlântico Sul são subdivididas tradicionalmente em cinco sectores (Fig. 3.5), os quais se resumem a três bacias costeiras, designadas por Bacia do Congo (situada entre o rio Zaire e a Ponta da Musserra), a bacia do Kwanza (entre a Ponta

da Musserra e o paralelo 12° 00') e, por fim, a Bacia do Namibe (entre o paralelo 13° 45'S e para além da fronteira sul do país) (Torquato, 1978) e (Pinho & Carvalho, 2010).

No enquadramento que se segue, a descrição da geomorfologia e das unidades estratigráficas do território Angolano foi efetuada a partir da Notícia Explicativa da Carta Geológica à escala 1:1.000.000 (Araújo & Guimarães, 1992). Ao nível da litostratigrafia, a caracterização considerou as diferentes épocas (Arcaico, Proterozóico e Fanerozóico) e períodos registados na área em estudo e sua envolvente. Para as rochas magmáticas, ultrametamórficas e metassomáticas consideraram-se, por sua vez, complexos datados do Arcaico Inferior e Superior, Proterozóico Inferior e Superior, Cretácico, Cretácico e Paleogénico indiferenciados e de idade não definida.



Figura 3.5 – Principais bacias sedimentares da margem atlântica (Araújo, et al., 1998; Victorino, 2012).

Quanto à tectónica, definiram-se os seguintes grandes elementos tectónico-estruturais: estruturas do Proterozóico Inferior, estruturas da cobertura da plataforma, zonas de ativação tectono-magmática da plataforma e perturbações tectónicas (DR, 2013).

Em função das características específicas do relevo, bastante diversificado no seu conjunto, o território de Angola pode ser subdividido em duas partes, designadas

respetivamente de Ocidental e Oriental. Destas, na parte leste é mais característico o relevo de acumulação, enquanto na parte oeste predomina o relevo de denudação, resultante, sobretudo, de intensos fenómenos de erosão quaternária (DR, 2013).

Segundo Honrado et al. (2010) estes dois grandes domínios de paisagem do relevo angolano, subdividem-se, por sua vez, nas seguintes zonas (Fig. 3.6; a numeração que se segue respeita à legenda desta figura):

I Parte Ocidental: 1 - Planalto Central; 2 - Cadeia de montanhas marginais de Angola; 3 - Planície do Maiombe com relevo pouco acidentado; 4 - Zona em cordilheira do Zenza - Loge; 5 - Planície ondulada do Kwanza - Longe; 6 - Planície fortemente dissecada do Cuango; 7 - Depressão de Cassanje; 8 - Depressão litoral.

II Parte Oriental: 9 - "plateau" da Lunda; 10 - Planície leste; 11 - Planície proluvionar do Cunene; 12 - Depressão de Cameia - Lumbate; 13 - Elevação do Alto Zambeze (Outras convenções: 14 - os mais importantes degraus formados por efeitos de tectónica e denudação; 15 - limite entre as partes oriental e ocidental).

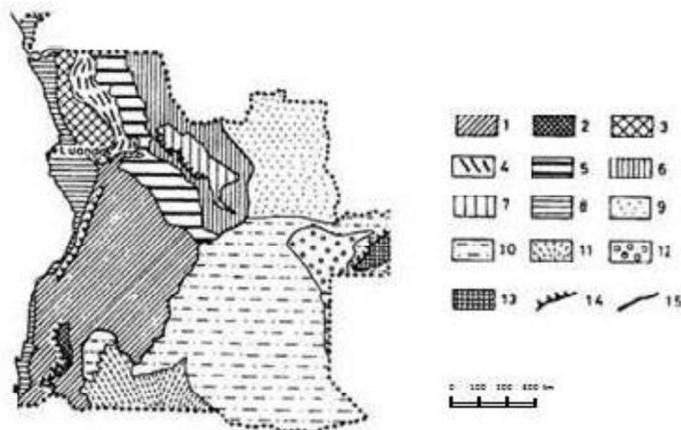


Figura 3.6 - Esboço das unidades geomorfológicas do território de Angola, adaptado de Honrado *et al.* (2010).

Pressupondo uma génese subordinada a esta dinâmica e em função da sua proximidade ao litoral, é possível distinguir, no espaço do município da Catumbela, três grandes unidades geomorfológicas de âmbito regional, designadas respetivamente por: (1) faixa litoral, (2) zona de transição e (3) cadeia marginal de montanhas.

A faixa litoral desenvolve-se num substrato rochas sedimentares detríticas, mistas e carbonatadas, inseridas no *onshore* meso-cenozóico da Bacia Meso-Cenozóica de Benguela. Compreende, também, uma vasta área aplanada, de planície aluvial e litoral, relacionada com o desenvolvimento do delta do Rio Catumbela. Esta unidade é constituída por materiais geológicos sedimentares, sobretudo de origem marinha, recobertos nas praias por areias

marinhas e, junto às margens dos rios e baixas, por materiais aluvionares. É de todas a que apresenta relevo menos acidentado, abrangendo cotas mais baixas. Compreende uma diversidade de formas relacionadas com a evolução estrutural da margem atlântica e com a erosão diferencial em unidades calco-margosas e detríticas, para além do encaixe plistocénico das redes de drenagem, a abrasão marinha em diferentes patamares altimétricos e a acreção holocénica. Estas incluem, por exemplo, costeiras, dambas, escarpamentos de falha, plataformas de abrasão e paleoarribas (Carvalho, 1963).

A Zona de transição, situada a Este da anterior, representa a primeira unidade de soco pré-Mesozóico da Bacia de Benguela. É constituída por uma faixa grosseiramente paralela à anterior, com uma largura que oscila entre 15 a 20 km. Está formada numa superfície em depressão (“baixa dos gnaisses”) e é constituída por rochas do complexo metamórfico em que predominam gnaisses, migmatitos, micaxistos e rochas vulcânicas afins ao dolerito (Galvão & Silva, 1972).

A cadeia marginal de montanhas, situada mais para o interior, estabelece a transição para as regiões planálticas do interior centro de Angola. É constituída, sobretudo, por rochas eruptivas. Caracteriza-se por um rejuvenescimento do relevo, sendo nesta zona que se encontram as altitudes mais elevadas de toda a região. O tipo de rochas dominantes é o granito de grão médio (Galvão & Silva, 1972).

A descrição da geomorfologia, geologia e a tectónica da Catumbela constam da Notícia Explicativa da Carta Geológica nº 227-228 Lobito, à escala 1:100.000 (Galvão & Silva, 1972).

Estudos feitos na região em análise revelaram que nela afloram fundamentalmente calcários margosos, calcários dolomíticos e oolítico-oncolíticos, formando sucessões de estratos fracamente basculados para Oeste, mas atravessados por uma rede de fraturas de cujo rejogo resultaram deformações locais, incluindo dobramentos (Pereira, 2001). Na base encontra-se um complexo evaporítico, constituído essencialmente por gesso. Na parte sul encontram-se, também, sedimentos argilo-arenosos relacionados com a deposição sedimentar holocénica do rio Catumbela, numa extensa planície deltaica. Deste modo, as características geomorfológicas da região resultam do forte contraste de resistência entre as formações calcárias que constituem o maciço calcário e os depósitos sedimentares de planície aluvial, deltaica e costeira.

No maciço calcário, as vertentes tendem a apresentar uma cornija calcária resistente na sua parte superior, fortemente inclinada, e na sua parte média e inferior um talude côncavo com declive variável (em regra 10 e 20%). Entre estas destacam-se as "dambas", em que as vertentes tendem a ser escarpadas e, mais ou menos, verticalizadas. Nestes contextos os depósitos de vertente, calcilíticos, heterogéneos e relativamente consolidados, por vezes com

alguns vestígios de organização estratiforme no seu seio, são particularmente comuns. A sua espessura é bastante variável, podendo atingir mais de uma dezena de metros, por várias dezenas de altura, sendo constituídos sobretudo por detritos calcários de origem termoclástica, englobados numa matriz argilosa (Pereira, 2001).

As formas atuais de acumulações mais modernas são as que têm mais interesse para a compreensão da evolução geomorfológica recente. Segundo Carvalho (1963) essa evolução pode-se resumir da seguinte forma:

1 – Durante a transgressão flandriana, no decurso do Holocénico, ter-se-ia constituído o delta do rio Catumbela, sobre o qual, já numa fase regressiva, este curso de água teria deslocado o seu leito de uma posição situada mais a Norte e orientada para a atual restinga do Lobito, até ocupar a sua localização presente (Fig. 3.7).

2 – Durante a fase regressiva que sucedeu ao máximo da transgressão, ter-se-iam acumulado os depósitos arenosos da faixa situada atrás das praias arenosas atuais. Esta corresponderia a uma fase regressiva no final do Flandriano.

3 – Atualmente, o comportamento regressivo deste sector do litoral destrói aqueles depósitos, pelo menos localmente (Galvão & Silva, 1972).



Fig. 3.7 - Panorâmica aérea do curso inferior e do delta do Rio Catumbela, durante um episódio de cheia (Imagem composta a partir do Google Earth, (2014).

O revelo na área litoral da Catumbela caracteriza-se pela presença de zonas de cota bastante baixa, de planície litoral ou aluvial sujeita a episódios de cheia, que estão associadas a processos costeiros ou aluvionares, existindo zonas de relevo mais acentuados, como já atrás se referiu, recortadas por redes de vales profundos e de flancos verticalizados (dambas) como por exemplo nos bairros da Tata, Cambambe, Chiúle, etc. Nessa região segundo Feio (1960), formaram-se baixas costeiras em que os terrenos são aplanados e apresentam cotas de apenas alguns metros acima do nível do mar e cujos processos de sedimentação são de idade pliocénica superior e holocénica. Para o interior existem, também, dois patamares de terraços marinhos que correspondem a antigas plataformas de deposição e de abrasão. Por sua vez, a planície aluvial do rio Catumbela, cujas cotas são de cerca de 3 a 6 metros, é formada por depósitos areno-argilosos como areias de tom avermelhado com concreções calcárias, areias claras, areias calcárias e sedimentos aluvionares (Feio, 1960).

3.3 – Geologia

3.3.1 – Geologia Regional

A geologia da Província de Benguela compreende uma sucessão de unidades de idade pré-câmbrica a cenozoica (Figs. 3.8 e 3.9), das quais as de natureza sedimentar se centram na região costeira do litoral atlântico, inserindo-se no contexto da Bacia Sedimentar Costeira de Benguela, de idade cretácica a quaternária. Este último é precisamente o contexto de enquadramento da área de estudo, situada no Município da Catumbela, em que predominam as rochas carbonatadas marinhas e sedimentos de cobertura.

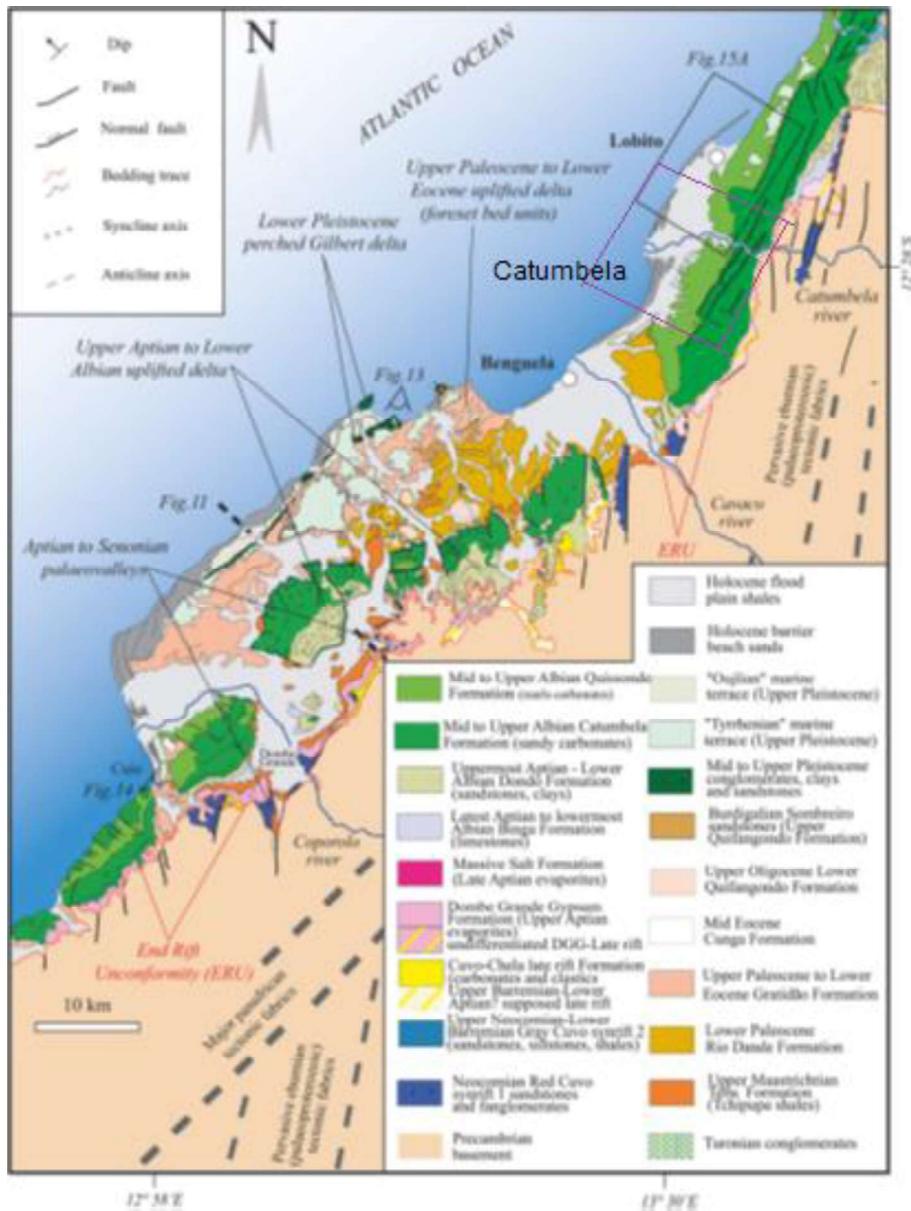


Figura 3.8 - Carta geológica da bacia de Benguela adaptado de Guiraud et al. 2010.

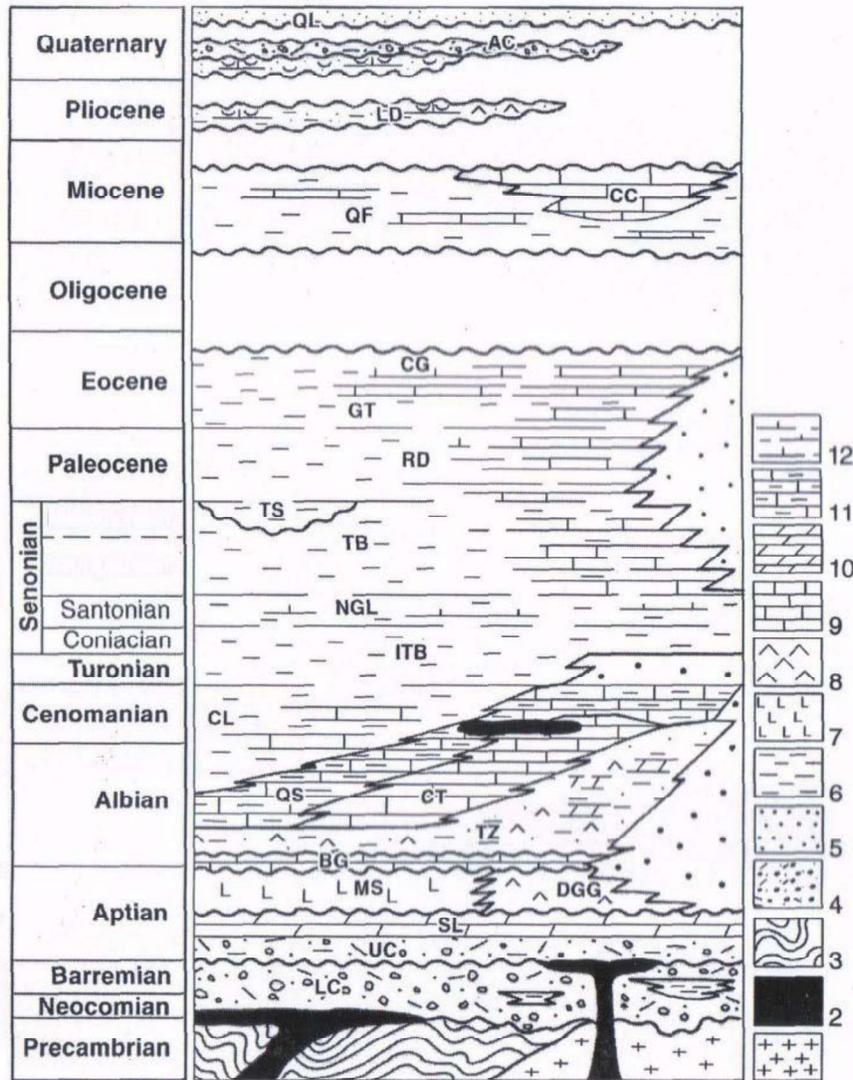


Figura 3.9 - Síntese da estratigrafia da Bacia do Kwanza, incluindo no seu setor sul a Bacia de Benguela, (GeoLuanda 2000) *apud* (Victorino, 2012).

Legenda: 1 - Rochas intrusivas, granitos; 2 - Rochas extrusivas, basalto; 3 - Rochas metamórficas; 4 - Conglomerados; 5 - Areias; 6 - Xistos argilosos; 7 - Evaporitos; 8 - Gesso; 9 - Carbonatos; 10 - Carbonatos e dolomites; 11 - Calcilutitos; 12 - Margas.

AC – Formação Areia Cinzentas; **BG** – Formação Binga; **CC** – Formação Cacucaco; **CL** – Formação Cabo Ledo; **CG** – Formação Cunha; **CT** – Formação Catumbela; **DGG** – Formação Dombe Grande; **ITB** – Formação Itombe; **GT** – Formação Gratidão; **LC** – Formação Covo inferior; **LD** – Formação Luanda; **MS** – Formação sal massiço; **NGL** – Formação N'Golome; **QF** – Formação Quifangondo; **QL** – Formação Quelo; **QS** – Formação Quissonde; **RD** – Formação Rio Dande; **SL** – Formação Chela; **TB** – Formação Teba; **TS** Tchipupa Shales; **TZ** – Formação Tuezia; **UC** – Formação Covo superior.

Considerando as Folhas 227/228 da Carta geológica de Angola (escala 1:100.000) (Fig. 3.10) em que está representada a região do Lobito verifica-se a existência de três zonas geológicas distintas, com orientação sensivelmente segundo NNE-OSO, as quais têm uma relação evidente com os domínios morfológicos acima descritos:

A primeira é constituída por uma faixa que se estende de Norte a Sul da mancha cartografada, junto à costa, formada por rochas sedimentares cujas idades abrangem o intervalo Neocomiano a recente (Fig. 3.9).

Uma segunda zona é designada por "Complexo Metamórfico" e ocupa uma área abatida estruturalmente, condicionada por falhas NNE-OSO e situada entre as rochas granitoides da faixa oriental da carta e a bordadura sedimentar meso-cenozoica. Os principais litótipos presentes são gnaisses, granitos-gnaissicos e micaxistos, tendo sido considerados de idade mais antiga dentro da geologia regional, recuando ao Pré-Câmbrico. A mancha cartografada correspondente ao Complexo Metamórfico encontra-se também cortada por diversos diques de rochas intrusivas, diabásicas, com extensão variável e direção predominante de NE-SO. Outros corpos intrusivos presentes nalguns locais possuem uma composição que varia entre o gabro e o diorito. A idade destes corpos ainda carece de estudos radiométricos, mas parece certa a sua relação com o *rifting* e início da estruturação da margem atlântica, sobretudo a partir do Neocomiano.

Por fim, a terceira zona cartografada é dominada por extensos afloramentos de rochas granitoides, correspondentes às manchas cartografadas da faixa oriental da carta. As idades destes corpos estarão compreendidas entre a base do Aptiano e a idade das rochas do Complexo Metamórfico (Galvão & Silva, 1972).

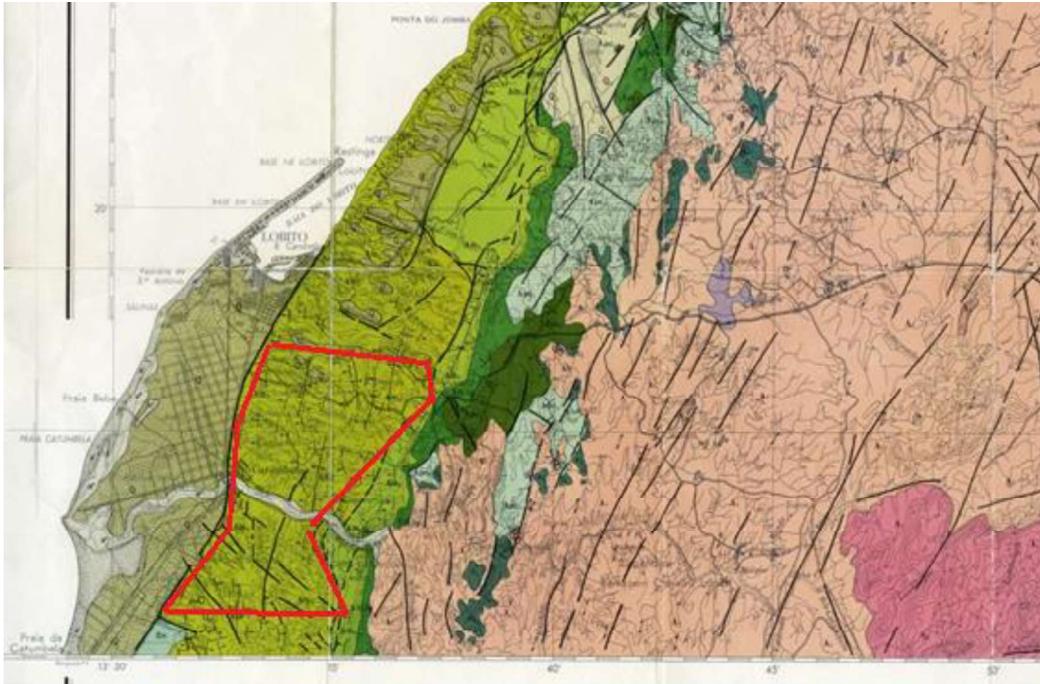


Figura 3.10 - Localização da área de estudo a partir da Carta Geológica de Angola a folha 227/228 – Lobito, dentro da unidade Albiano superior (Alb 3).

3.3.2. – Geologia local

A Geologia dos domínios mais orientais do Município da Catumbela compreende um soco que engloba unidades bastante heterogéneas de rochas magmáticas e metamórficas, correspondentes às duas zonas acima descritas (Fig. 3.9). Sobre elas e à medida que se caminha em direção ao litoral, assenta discordantemente a espessa cobertura sedimentar, essencialmente carbonatada, da Bacia de Benguela, com destaque para as formações da Catumbela e de Quissonde (Tavares, 2005), cujos estratos de calcário, calcário margoso e marga afloram extensamente nas vertentes do vale fluvial do Rio Catumbela e constituem o substrato geológico da sede do município e das colinas fronteiras à planície deltaica.

Existem também diversos depósitos de terraços marinhos e fluviais, dado que a Catumbela se enquadra dentro da faixa sedimentar de Lobito e Benguela, em que se podem definir pelo menos dois níveis altimétricos evidenciados por arribas fósseis e plataformas desenvolvidas sobre calcários do Cretácico, com ou sem cobertura arenosa, para além de depósitos dispostos ao longo da estrada Lobito-Benguela (Carvalho, 1957). Não obstante, a cobertura sedimentar mais espessa, sobretudo de natureza arenosa e areno-cascalhenta, encontra-se na própria planície deltaica fronteira à sede de município. A composição litológica dos materiais que a constituem deve-se, como é lógico, na natureza geológica das áreas situadas mais a montante, dentro da bacia de drenagem do Rio Catumbela.

Também importantes do ponto de vista geológico e económico, as principais ocorrências possíveis na região consistem em (Governo Provincial de Benguela, s/d):

- * Minerais Industriais:
 - Areias, Argilas, Gesso, Malaquite e Cobre;
- * Rochas Ornamentais:
 - Granitos, Calcários.
- * Rochas de Revestimentos:
 - Arenitos, Gnaisses, Quartzitos.
- * Rocha Industrial:
 - Granitos e Calcários.

3.3.2.1 – Unidades geológicas locais

Da análise feita na Carta geológica a folhas 227/228 - Lobito (escala 1:100.000) (Galvão & Silva, 1972), ocorre a existência de várias unidades:

a) Depósitos do Holocénico e do Plistocénico

Correspondem a depósitos de cobertura de idades pliocénica e holocénica, constituídos por materiais sedimentares, quase sempre não consolidados, depositados ou em trânsito. Na mancha cartografada estão presentes as unidades designadas por **a'**, **a''**, **Q**, **Q₁** e **Q₂** e que designam, respetivamente, areias de praia, aluviões, depósitos diversos (tufos, calcários, areias, cascalheiras e sedimentos argilosos), depósitos de terraços (terraços altos – cota > 40 metros) e sedimentos argiloarenosos de planície costeira. Em particular, há que diferenciar:

Areias de praia (a'), presentes na atual faixa litoral e desenvolvidas em frente de plataformas arenosas, cujos depósitos representam a antepraia (“backshore”) e aos quais Carvalho (1961) atribuiu uma idade flandriana.

Aluviões modernos (a'') que, em geral, são constituídos por areias finas, um pouco argilosas, contendo matéria orgânica, e recobertas por cascalheiras superficiais de materiais em trânsito, sobretudo durante os períodos de cheia.

Sedimentos da planície deltaica do Rio Catumbela (Q), repartidos pela extensa faixa costeira situada entre Lobito e Benguela, e formando uma plataforma cotas que oscilam os 3 a 6 m, constituída por dois tipos dominantes de sedimentos: vasas escuras e areias mais ou menos lodosas; areias de praia de idade mais recente que as anteriores.

Depósitos de terraço (Q₁) ligados à evolução quaternária da faixa litoral e ao desenvolvimento de praias levantadas, sobre as quais Feio (1960), em estudo de pormenor realizado na região do Lobito, assinalou a presença dos seguintes patamares altimétricos com níveis pliocénicos:

Plataforma dos 175 metros – Calabriano

Plataforma dos 93 metros – Siciliano I

Níveis dos 46 - 50 metros – Siciliano II

Nível dos 28 metros – Tirreniano I

Níveis dos 13 metros – Tirreniano II

Estes depósitos podem ser vistos em vários locais como no bairro do Acongo, Nangolo e Morro do Galo e podem corresponder à plataforma dos 175 metros com a idade calabriana (Feio, 1960).

b) Depósitos de idade plistocénica

Deverão ser desta idade os depósitos consolidados de grés grosseiros, feldspáticos contendo, por vezes, calhaus rolados e fósseis de moluscos bivalves arcídeos (*Senilia senilis* Linné, 1758), que se encontram em pequenos retalhos sobre a superfície cretácica, em cotas que variam entre 100 a 135 metros (Galvão & Silva, 1972).

Estes depósitos estendem-se mais para o Sul, na região entre Negrão e Luongo e ainda próximo de Gama e Vimbambi. Pelas suas características, estes retalhos deverão estar ligados aos “Grés do Sombreiro” (Benguela), unidade discordante sobre a Formação Quifangondo, de idade miocénica (Galvão & Silva, 1972).

c) Formações do Cretácico

De acordo com a nomenclatura seguida na notícia explicativa da carta geológica do Lobito, que temos vindo a seguir, as unidades estratigráficas representativas deste período, no espaço do Município da Catumbela, são designadas de:

c.1 - Albiano

c.1.1 – Albiano superior (Alb₃)

Constitui a base do Cenomaniano. Atravessa toda a faixa litoral a Este dos sedimentos de planície costeira (Q). É formada por calcário impuros, margosos, por vezes nodulares, argilas calcárias e lutitos (Galvão & Silva, 1972). Na área de estudo apresenta-se gresosa com características conglomeráticas, especialmente na região do Luongo, encontrando-se amonites dos géneros *Pervinquieria*, *Mortoniceras* e *Elobiceras*, indicadoras desta idade.

c.1.2 – Albiano médio – Albiano inferior (Alb₂)

É considerada desta unidade a mancha que se estende do Norte a Sul da Carta, de maneira irregularmente paralela à costa e que está limitada a ocidente pelas formações calcário-margosas do Albiano superior/Cenomaniano e a leste pelas formações gresosas, laguno-continentais, do Albiano inferior e formações do Aptiano inferior (Fig. 3.10) (Galvão &

Silva, 1972). Equivale à Formação Quissonde *sensu* Tavares (2005) e autores posteriores, a unidade representa os setores mais externos da rampa carbonatada registados no *onshore*. Consiste em sequências bastante homogêneas, rítmicas, constituídas por calcários brancos ou acinzentados, compactos, subcristalinos, maciços ou estratificados em camadas espessas, oolíticos ou pisolíticos, incluindo grãos de quartzo hialino. Estes calcários podem ser observados na região do Luongo e da Pedreira. Os estudos feitos revelaram que são calcários, em termos de composição, notavelmente uniformes, e a percentagem de fração carbonatada é geralmente muito elevada chegando a atingir aos 97% (Galvão & Silva, 1972).

c.1.3 – Albiano inferior (formação laguno-continental) - (Alb₁ Ig)

Esta unidade equivalente Equivale às Formações Catumbela e Tuenza *sensu* Tavares (2005) e autores posteriores, representativas de setores paleogeográficos mais internos da Bacia de Benguela, contacta a ocidente com as formações calcárias do Albiano médio e a oriente por formações do Aptiano inferior, Aptiano superior e Complexo de base (Fig. 3.10) (Galvão & Silva, 1972).

Na área de estudo atravessa a região do morro da Catumbela, nas proximidades da atual bairro da Pedreira e avança para as regiões do Gama. É constituída por calcários em bancadas espessas, massivas, calcários gresosos e diferentes tipos de litologias siliciclásticas tradutoras do afluxo de sedimentos para o interior da rampa carbonatada.

c.2 – Aptiano

c.2.1 – Aptiano superior – (Apc₂)

É constituída por calcários margosos com fósseis de *Pholadomya pleuromyaeformis* Choffat e *Natica feioi* Choffat, assim como calcários sublitográficos, lagunares, calcários com algas, calcários dolomíticos com margas gipsíferas, grés feldspático e calcários em plaquetas (Galvão & Silva, 1972). Equivalem à Formação Bingo *sensu* Tavares (2005) e autores posteriores, indicadora de uma evolução transgressiva gradual no seio do *onshore* da Bacia de Benguela.

Encontra-se limitada a oeste pelos calcários do Albiano médio e Aptiano superior, bem como por formações de grés laguno-continentais do Albiano inferior. A Este, esta unidade contacta com formações rochosas do “Complexo Metamórfico” (A₁) e rochas calcárias do Aptiano superior, inferior a médio (Fig. 3.10).

c.2. 2 – Aptiano Médio – inferior – (Apc₁)

Esta unidade equivalente à Formação Sal Massivo *sensu* Tavares (2005) e autores posteriores é limitada a ocidente por calcários do Albiano médio e Aptiano superior e por

formações gresosas laguno-continentais do Albiano inferior e a oriente por rochas do Complexo Metamórfico e também por formações calcárias do Apciano superior. Tem espessura bastante variável e consiste, sobretudo, em rochas evaporíticas ricas em gesso, cuja génese está relacionada com deposição em meio lagunar e subsequente atividade diapírica.

c.2.3 – Pré-Aptiano ou Aptiano inferior – (ci)

Esta unidade continental encontra-se sempre em contacto com o Complexo Metamórfico ou relativamente perto deste contacto. É visível nas regiões do Biópio, da Central da Cassequel e nas regiões do Gama.

É constituída por níveis greso-conglomeráticos espessos, contendo abundantes clastos de rochas do soco. Representam a unidade mais antiga do Cretácico (Galvão & Silva, 1972) e equivale à Formação Cuvo *sensu* Tavares (2005) e autores posteriores.

3.4 – Solos

Os solos apresentam minerais que resultam da meteorização sobre um material de origem (rocha) por desintegração mecânica ou decomposição química e cuja transformação acontece num determinado relevo, clima ao longo do tempo (Caputo, 1988). Entre os principais tipos de solos, destacam-se:

a) *Solos Residuais* – são os que permanecem no local da rocha de origem, observando-se uma transição gradual do solo até a rocha.

b) *Solos Sedimentares* – são os que sofrem a ação de agentes transportadores, podendo ser aluvionares (transportados pela água), eólicos (pelo vento), coluvionares (pela ação da gravidade) e glaciares (pelas geleiras).

c) *Solos de Formação Orgânica* – são os de origem essencialmente orgânica, seja de natureza vegetal (plantas, raízes), seja animal (conchas).

Os solos característicos da Catumbela, são essencialmente sedimentares: maioritariamente solos aluvionares, calcários, barros e solos fersialíticos tropicais (luvisolos, nitissolos) e mostram indicadores de fertilidade variável e com certas reservas de minerais na orla litoral (Santos & Zacarias, 2010). No interior da região abundam os solos de boas características físicas e químicas, são os chamados solos áridicos tropicais, os solos aluviais (fluvisolos), solos calsialíticos (maioritariamente luvisolos), e também os calcissolos.

A planície aluvial do Rio Catumbela, é irrigada por pequenos desvios deste rio, e apresenta-se como uma zona agrícola com boas condições naturais (Feio, 1960). Parte destes terrenos encontram-se, hoje, convertidos em reservas fundiárias para indústria e agricultura. Neste perímetro foram definidas e caracterizadas 18 séries de solos não salgados

e 9 solos salgados. Entre eles destacam-se os aluviosolos da Catumbela de textura fina e média a grosseira; coluvisolos dos poros calcários de textura fina; arenossolos do litoral com e sem influência calcária.

4 - Descrição da Metodologia Adotada

A metodologia que foi adotada neste trabalho revelou-se útil na identificação e definição das diferentes características dos taludes, bem como das situações de instabilidade que ocorrem nos taludes estudados e que se localizam no município da Catumbela. Verificou-se que os fatores que estão associados aos movimentos de instabilidade estão relacionados com as características geotécnicas dos terrenos, com as condições da sua ocupação e com o tipo e a qualidade de construção.

De acordo com a metodologia utilizada para os taludes estudados e tendo em atenção os diferentes parâmetros da ficha de trabalho adotada, caracterizaram-se as componentes geométricas dos taludes, os tipos litológicos, as discontinuidades, a vegetação existente, os tipos de instabilidades ocorrentes e os seus valores de velocidade, o grau da atividade das instabilidades e a sua volumetria, as consequências e as causas internas e externas.

O presente estudo, baseou-se numa metodologia que englobou cinco fases distintas (Fig. 4.1). A primeira fase consistiu na recolha e interpretação de literatura relevante para o desenvolvimento do trabalho, onde se procurou informação sobre aspetos geográficos, históricos e económicos da Província de Benguela e da área de estudo, procurando-se igualmente sistematizar as várias contribuições de autores na área dos movimentos de instabilidade; ainda na primeira fase procedeu-se à coleta de informações na Administração Municipal da Catumbela, na Direção Provincial do Instituto de Geodesia e Cartografia de Angola (IGCA), onde se obteve o mapa cartográfico da região, solicitaram-se informações na Direção Provincial de Geologia e Minas, relativamente às cartas geológicas da região (sem sucesso), e na Direção Provincial de Ordenamento do território, Urbanismo, Habitação e Ambiente (DPOTUHA), através da qual se obtiveram as cartas de uso dos solos.

Numa segunda fase procedeu-se à escolha dos locais de estudo na área da Catumbela, estabeleceu-se uma ficha de trabalho relativa às instabilidades (Quadro 4.1) e aos seus parâmetros mais importantes como os aspetos geométricos dos taludes, os tipos litológicos presentes, a vegetação existente, os aspetos estruturais, as tipologias de instabilidade, a existência de trabalhos relativos à estabilização dos taludes, a velocidade dos movimentos de instabilidade, a caracterização dos estados de atividade, as dimensões da instabilidade, as consequências e as causas externas e internas das instabilidades, efetuou-se ainda um diagnóstico prévio das condições de instabilidade atuais e pretéritas. Para a identificação de áreas de instabilidade utilizou-se, entre outros, as cartas topográficas e geológicas de escala 1: 100 000. Procedeu-se à utilização da Classificação Rockfall Hazard Rating System (RHRS), e analisaram-se os parâmetros desta classificação, recorreu-se à

técnica de amostragem linear para a caracterização de aspetos geológico-geomecânicos, como o espaçamento e a abertura das descontinuidades, o material de preenchimento e a rugosidade das superfícies de descontinuidade. Em alguns taludes utilizou-se o martelo de Schmidt para a determinação da dureza dos materiais litológicos presentes.

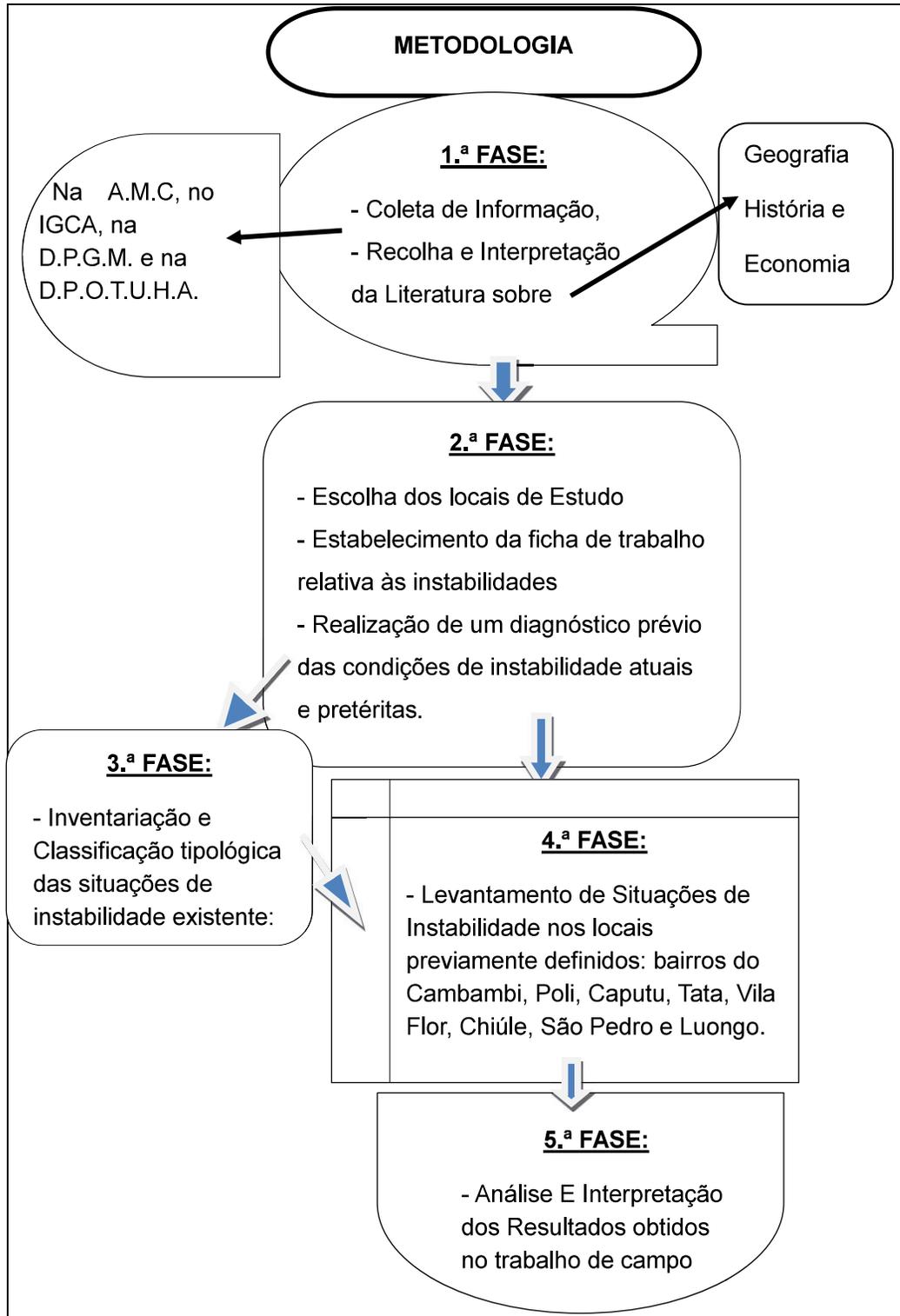


Figura 4.1 - Fluxograma da Metodologia adotada.

Quadro 4.1 - Parâmetros presentes na ficha de trabalho relativa às situações de instabilidade.

1 - Designação do talude/vertente:	Data:
2 - Localização:	
3 - Extensão (em metros) do talude/vertente:	
4 - Altura (em metros) do talude/vertente:	
5 - Inclinação do talude/vertente:	
6 - Tipos litológicos:	
7 - Vegetação presente:	
8 - Esboço da litologia e das estruturas geológicas (Cortes transversais interpretativos e/ou frente interpretativa do talude/vertente):	
9 - Tipos de instabilidade:	
10 - Trabalhos de estabilização: Indicação da presença de trabalhos de estabilização ou de proteção do talude/vertente, se existentes deve indicar quais os realizados.	
11 - Esboço da instabilidade (deve efetuar um desenho interpretativo com escala da instabilidade e da sua posição no talude/vertente):	
12 - Velocidade dos movimentos de vertentes / taludes (deve preencher se existirem movimentos).	
13 - Estados da atividade da instabilidade (Adaptado de Unesco WP/WLI (1993)):	
14 - Dimensões da instabilidade	
15 - Consequências da instabilidade	
16 - Causas externas da instabilidade	
17 - Causas internas da instabilidade	

Na terceira fase do estudo realizou-se o inventário e classificação tipológica das situações de instabilidade existentes na região e a análise das suas relações com a litologia, a morfologia, a estrutura geológica e as características geotécnicas das formações afetadas. Na terceira fase seguiram-se as recomendações e sugestões fornecidas pelos orientadores científicos, com especial ênfase na definição dos vários tipos de instabilidade, nos seus mecanismos, causas e consequências, tendo-se procedido igualmente a um estudo das características geológicas dos locais de estudo.

Na quarta fase efetuou-se o levantamento pormenorizado de situações de instabilidade nos locais previamente definidos nas fases anteriores, estes situam-se nos bairros do Cambambi, Poli, Caputu, Tata, Vila Flor, Chiúle, São Pedro e Luongo. Nos taludes localizados ao longo de vias de comunicação rodoviária, recorreu-se à utilização da classificação Rockfall Hazard Rating System (RHRS) e à definição dos seus vários parâmetros.

Na quinta fase procedeu-se à análise e interpretação dos resultados obtidos no trabalho de campo, designadamente dos principais parâmetros que foram considerados na ficha de trabalho, destacando-se a dimensão dos taludes, a litologia e a vegetação presentes nos taludes, as tipologias de instabilidade e as causas internas e externas dessas instabilidades, bem como as suas principais consequências nos locais de estudo. A investigação possibilitou identificar as principais semelhanças e diferenças das ocorrências de instabilidade nos taludes estudados. A utilização da classificação RHRS permitiu definir a possibilidade de se verificarem movimentos de instabilidade em taludes de vias de comunicação rodoviária. No final efetuaram-se algumas considerações sobre as principais

consequências das situações de instabilidade, e elaboraram-se recomendações e ações relativas à mitigação e prevenção das ocorrências de instabilidade, de modo a permitir uma melhor gestão e ordenamento do território e possibilitando um melhor bem-estar das populações.

4.1 – Descrição da Classificação Rockfall Hazard Rating System (RHRS)

Este método contribuiu, neste trabalho, para a avaliação do risco relacionado com as situações de instabilidade de taludes situados ao longo de vias de comunicação. Registaram-se situações de queda de blocos nos taludes estudados que podem provocar danos ou mesmo vítimas nos utentes das vias de comunicação. A classificação Rockfall Hazard Rating System (RHRS), segundo Pierson et al. (1990) corresponde a um método de abordagem da análise do risco de taludes de escavação/rodoviários onde se registam quedas de blocos rochosos.

O método constitui uma primeira abordagem de análise do risco relativamente às situações de instabilidade, em particular à queda de blocos rochosos. A classificação permite definir a prioridade das intervenções a efetuar ou a necessidade de efetuar estudos mais aprofundados relativamente às situações de instabilidade.

Este sistema tem vindo a ser utilizado por vários Departamentos de Transportes nos EUA, e em alguns países com adaptações - Russel et al. (2008), e também noutros países como na Itália (Buddeta & Panico, 2002); Li et al., (2009); na Espanha com Luciano (2008) e em Portugal por Gomes (2009), na caracterização de instabilidade em taludes de vias ferroviárias do centro de Portugal, e por Pires et al. (2012) no estudo de taludes da EN353 em Idanha-a-Nova.

Na classificação RHRS utilizam-se parâmetros relacionados com a quantidade de tráfego, velocidade do trânsito, visibilidade do condutor, dimensões da estrada, eficácia da valeta e características geológicas como se pode confirmar no Quadro 4.2.

Quadro 4.2 - Parâmetros considerados no Rockfall Hazard Rating System (Adaptado de Hoek, 2007).

CATEGORIA		Critérios de Classificação e Pontuação				
		3 Pontos	9 Pontos	27 Pontos	81 Pontos	
ALTURA DO TALUDE		7,62m	15,24m	22,86m	30,48m	
EFICÁCIA DA VALA		Boa capacidade de retenção	Retenção Moderada	Retenção Limitada	Sem Retenção	
RISCO MÉDIO PARA VEÍCULOS		25% do tempo	50% do tempo	75% do tempo	100% do tempo	
DISTÂNCIA DE VISIBILIDADE DE DECISÃO		Distância de visão adequada (100%)	Distância de visão moderada (80%)	Distância de visão limitada (60%)	Distância de visão muito limitada (40%)	
LARGURA DA PLATAFORMA DA VIA		13,41m	10,97m	8,53m	6,10m	
NATUREZA GEOLÓGICA	CASO 1	CONDIÇÃO ESTRUTURAL	Diáclases descontinuas, orientação favorável	Diáclases descontinuas, orientação aleatória.	Diáclases descontinuas, Orientação desfavorável	Diáclases contínuas, orientação desfavorável
		ÁTRITO DA ROCHA	Rugoso, irregular	Ondulado	Liso	Preenchimento argiloso ou polido
	CASO 2	CONDIÇÃO ESTRUTURAL	Algumas características de erosão distinta	Características de erosão ocasionais	Muitas características de erosão	Enormes características de erosão
		DIFERENÇA EM TAXAS DE EROSÃO	Pequena diferença	Diferença moderada	Diferença elevada	Diferença extrema
TAMANHO DO BLOCO		0,31m	0,61m	0,91m	1,22m	
QUANTIDADE DE QUEDA DE BLOCOS POR EVENTO		2,29m ³	4,59m ³	6,88m ³	9,18m ³	
PRESENÇA DE ÁGUA NO TALUDE		Precipitação baixa a moderada; sem períodos de congelamento sem presença de água no talude	Precipitação moderada ou curtos períodos de congelamento ou presença intermitente de água no talude	Precipitação elevada ou períodos longos de congelamento ou presença contínua de água no talude	Precipitação elevada e longos períodos de gelo, ou presença contínua de água no talude e longos períodos de congelamento.	
HISTÓRICO DA QUEDA DE BLOCOS		Poucas quedas	Quedas ocasionais	Quedas frequentes	Quedas frequentes	

A cada um dos parâmetros atribuiu-se um valor ponderal que varia de 3 a 81 pontos (Quadro 4.2). Para cada caso de estudo deve proceder-se ao somatório de todos os valores dos parâmetros. Quanto mais baixa for a pontuação, mais reduzido é o risco relacionado com situações de instabilidade. Quando o somatório dos valores ponderais for inferior a 300, considera-se o risco como baixo e devem ser tomadas medidas de estabilização num prazo temporal médio, enquanto para valores do somatório superiores a 500 considera-se que o risco é elevado e devem ser adotadas medidas de modo urgente.

4.1.1 - Altura do talude

Este parâmetro corresponde ao valor da medição, efetuada na vertical, da altura do talude. Corresponde a um parâmetro importante na análise do risco da queda de blocos, dado que está relacionada com a energia potencial com que os materiais instabilizados atingem os veículos ou transeuntes nas vias de comunicação, pelo que quanto maior for a altura, mais elevada será a pontuação deste parâmetro.

4.1.2 – Eficácia da valeta

O parâmetro corresponde à capacidade de retenção da valeta em relação ao material rochoso instabilizado, de modo a evitar que este alcance a via de comunicação. Para a definição dos valores deste parâmetro deve atender-se às seguintes características:

- Altura e pendor do talude.
- Dimensões da valeta.
- Dimensões dos blocos rochosos.
- Presença de irregularidades na parte superficial do talude.

4.1.3 - Risco médio para veículos (AVR)

O risco médio para veículos corresponde a um parâmetro em que se determina a percentagem do risco para um determinado veículo que se encontra numa via de comunicação, em que podem ocorrer quedas de blocos rochosos, corresponde deste modo a um parâmetro determinado a partir da intensidade do tráfego médio horário (TMH), do comprimento do troço e do limite da velocidade na via de comunicação considerada, conforme se pode verificar na equação (4.1). Deste modo mais reduzida for a velocidade e mais elevado o tráfego rodoviário, maior será a probabilidade de um veículo ser atingido pela queda de blocos rochosos.

$$AVR = \frac{TMH \times \text{Comprimento do Troço (Km)}}{\text{Velocidade limite (km/h)}} \times 100 \quad (4.1)$$

4.1.4 – Distância de visibilidade de decisão (DVD)

É um parâmetro relacionado com a distância que se reserva a um condutor de modo a proceder a uma manobra ou tomar uma decisão instantânea em relação à presença de material rochoso instabilizado na via de comunicação, evitando deste modo a ocorrência de um acidente.

O parâmetro da distância de visibilidade de decisão (DVD) corresponde à relação (equação 4.2), em termos percentuais, entre a distância de visibilidade local (DVL) e a distância de visibilidade de decisão (DD), esta última está relacionada com a velocidade a que circulam os veículos, do atrito entre os pneus e a superfície da estrada, bem como com a inclinação da via de comunicação.

$$DVD = \frac{DVD_{real}}{DVD_{proj}} \times 100 \quad (4.2)$$

4.1.5 - Largura da via incluindo bermas pavimentadas

Este parâmetro corresponde ao espaço de manobra que um determinado condutor pode ter numa via de comunicação de modo a evitar a colisão com blocos instabilizados.

A sua determinação é efetuada perpendicularmente à diretriz da via de comunicação, incluindo as bermas pavimentadas.

Deste modo se a via de comunicação for larga, o risco relacionado com blocos provenientes do talude vai ser mais reduzido; enquanto para vias mais estreitas, o risco é mais elevado e conseqüentemente os valores ponderais são mais elevados.

4.1.6 - Características geológicas

As características geológicas constituem um parâmetro da classificação RHRS determinado de modo diferente dos anteriores, dado que considera dois casos distintos, podendo efetuar-se a opção por um deles (Quadro 4.2):

- O Caso 1 é considerado para taludes nos quais as discontinuidades como as diaclases, falhas, planos de estratificação, constituem as características estruturais predominantes e que condicionam as possíveis roturas.

- O Caso 2 está relacionado com taludes em que as situações de instabilidade, como a queda dos blocos rochosos, estão associadas a processos erosivos ou a inclinação excessiva.

4.1.7 - Tamanho dos blocos ou quantidade de blocos resultantes da rotura por evento.

O parâmetro compreende duas possibilidades, atender à volumetria de blocos individuais ou considerar que vários blocos se podem instabilizar num dado evento. A escolha deve ter em conta o tipo de instabilidade que tem a maior probabilidade de se verificar. Para a definição deste parâmetro devem ser utilizados registos de manutenção ou analisar as situações existentes. Quanto mais elevado for o volume do material rochoso instabilizado maior o risco associado a essas instabilizações.

4.1.8 - Clima e presença de água

A água constitui um elemento instabilizador dos maciços rochosos, devendo destacar-se a percolação da água, o incremento de pressões provocado pela presença da água e as ações relacionadas com o gelo-degelo.

Para a definição do valor ponderal do parâmetro, deve considerar-se a quantidade de precipitação anual no local. Se as precipitações anuais são inferior a 508 mm, o local do talude enquadra-se nas zonas de precipitação reduzida. Se as precipitações anuais são superiores a 1270 mm, então o talude localiza-se numa zona de precipitação elevada. É igualmente importante, também para este parâmetro, definir o historial da queda de blocos, caso exista, nos períodos de precipitação mais intensa.

4.1.9 - Historial da queda de blocos

Neste parâmetro devem ser analisados os registos históricos das volumetrias das quedas de material rochoso ao longo dos anos, de modo a efetuarem-se previsões de possíveis instabilidades e das respetivas consequências.

Deve determinar-se a frequência, as dimensões das quedas de blocos rochosos bem como a intensidade com que têm atingido pessoas ou bens. O registo destas informações

permite realizar ações de estabilização de taludes já que estas podem provocar consequências nefastas na vida dos utentes das vias de comunicação e nos seus bens, estas informações têm também um valor acrescentado para uma análise estatística das consequências das situações de instabilidade.

Na descrição do método considera-se os requisitos originais da classificação RHRS, esta representa uma metodologia simples e pouco dispendiosa, o trabalho de campo não exige equipamentos próprios de corte ou de carga, sendo de referir que os parâmetros podem ser definidos a partir de determinações no local de estudo.

4.2 – Determinação da dureza através do martelo de Schmidt

O martelo Schmidt (Fig. 4.2) é um instrumento portátil, relativamente económico e que pode ser utilizado para determinar a dureza da superfície de um maciço rochoso. O teste pode ser executado rapidamente e de forma eficaz, tanto em laboratório, como “in situ”. O martelo apresenta uma haste metálica numa das extremidades, essa haste é pressionada contra a superfície a testar permitindo através do ressalto de uma mola, localizada no interior do martelo de Schmidt, determinar a dureza de Schmidt (R) cujos valores variam entre 0 a 100. A superfície a ensaiar deverá ser preferencialmente pouco alterada, podendo ser limpa previamente à execução dos ensaios.



Figura 4.2 - Martelo de Schmidt, retirado de Mohamad et al.(2011)

O Martelo de Schmidt foi desenvolvido em 1948 para ensaios não-destrutivos de determinação da dureza de betão, e mais tarde foi utilizado em materiais rochosos (Katz et

al., 2000). Para a determinação das propriedades dos materiais rochosos podem ser utilizados os modelos do tipo L e N.

O tipo L tem uma energia de impacto de 0.735 N.m, sendo utilizado em materiais de dureza menos elevada ou unidades estruturais com uma espessura inferior a 100 mm, é o mais utilizado nos estudos de maciços rochosos e foi empregue no presente estudo.

O martelo de Schmidt do tipo N tem uma energia de impacto de 2,207 N.m e é utilizado, de modo geral no estudo de betões, o material a ensaiar deverá ter espessura mínima de 1000 mm e apresentar-se bem fixo (Fleury et al., 2012).

A determinação da resistência a compressão uniaxial do material rochoso pode ser realizada através da utilização do esclerómetro portátil ou martelo de Schmidt (Figura 4.1). Estudos de Hucka (1965), Deere & Miller (1966) e Dearman (1974) indicaram que os valores de R, em combinação com os valores do peso específico, permitem uma boa previsão de resistência à compressão uniaxial do material rochoso.

5 - Caracterização das situações de instabilidade

5.1 - Descrição das situações de instabilidade

A configuração geográfica da Catumbela é caracterizada por um relevo muito irregular, existindo zonas de declive acentuado recortadas por redes de drenagem e que apresentam encostas com problemas de instabilidade sobre as quais foram erguidas casas em situações precárias em termos de estabilidade. Verificou-se uma ocupação anárquica do território por parte dos habitantes do município de Catumbela, sob olhar impotente da administração local do Estado. O incremento da população e a respetiva construção desorganizada de habitações está diretamente relacionada com o passado recente do país – a guerra civil terminou apenas em 2002.

No presente trabalho pretende-se inventariar as situações de instabilidade de vertentes neste novo município da Catumbela, com apenas 3 anos de existência, no sentido de se estudar o comportamento das ocorrências de movimentos de vertentes, designadamente as suas dimensões, bem como as suas causas e consequências.

Procedeu-se ao estudo de 11 taludes localizados na área da cidade da Catumbela (Fig. 5.1) designados desde Talude 1 (T.1) a Talude 11 (T.11) (Fig. 5.1) e que correspondem na sua grande maioria a taludes de escavação.

A totalidade dos taludes apresenta situações de instabilidade ativa; a vegetação é geralmente inexistente, observando-se em alguns taludes a presença de vegetação rasteira, em dois taludes registou-se a ocorrência de vegetação moderada, caracterizada pela presença de árvores de pequeno porte.

Os principais tipos de instabilização identificados foram os desmoronamentos, verificando-se também fluxos e deslizamentos. A velocidade dos movimentos foi classificada, de modo geral, como muito rápida a rápida.

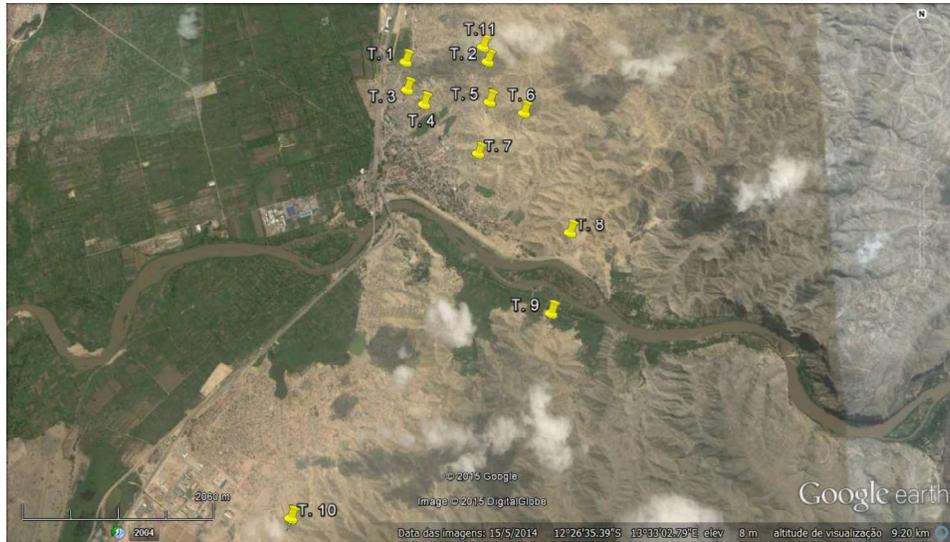


Figura 5.1 - Imagem da localização dos taludes estudados recorrendo a imagem do Google earth (T. 1 - Talude 1; T.2 - Talude 2; T. 3 - Talude 3; T. 4 - Talude 4; T. 5 - Talude 5; T. 6 - Talude 6; T. 7 - Talude 7; T. 8 - Talude 8; T. 9 - Talude 9; T. 10 - Talude 10; T. 11 - Talude 11).

Na quase totalidade dos taludes estudados não se verificou a presença de trabalhos de estabilização. Nos talude 1 e 11 podem observar-se muros de suporte de pequena dimensão. No talude 10 verifica-se a existência de situações de instabilidade relacionadas com a construção de habitações que foram edificadas sem observação dos requisitos técnicos necessários. A implementação das habitações na área urbana da Catumbela promove, muitas vezes, a alteração da geometria das vertentes ou taludes, podendo aumentar a inclinação dos mesmos, e/ou o incremento das sobrecargas no topo dos taludes e deste modo provocar situações de instabilidade.

Entre as principais causas externas das instabilidades destacam-se: a erosão superficial, a infiltração de água, a aplicação de sobrecargas, o aumento da inclinação do talude bem como a presença de animais que circulam na parte superior dos taludes. Quanto às causas internas de acordo com o estudo efetuado salientam-se: a litologia, a estrutura geológica, o aumento da pressão da água e a diminuição da resistência dos terrenos.

Talude 1

As coordenadas geográficas do Talude 1 são 12°25,31' Sul e 13°32,543' Este, este talude localiza-se no Bairro do Cambambi, ao longo da via de comunicação entre a Catumbela e o Lobito, possui uma altura de cerca de 14 m e um comprimento de 125 metros. A face do talude tem uma direção de N25°E e um pendor de 80°NW - subvertical. A estratificação das camadas presentes no talude 1 tem como coordenadas geológicas:

N25°E; 10° - 15° W.

No talude está presente uma falha cuja orientação é: Norte – Sul e pendor de 20°E, tem uma extensão de 3 m, abertura de cerca de 10 cm e material de preenchimento essencialmente argiloso. Existem três famílias principais de diáclases, uma família sub-vertical cuja direção é N20°E, uma família sub-horizontal paralela à estratificação e ainda outra de direção N70°W e pendor sub-vertical.

O Talude 1 é constituído por calcários, margas com gesso, por vezes com óxidos de ferro, terraços de praia-mar (na parte superior do talude) e material de aterro. Os calcários apresentam grão fino e uma tonalidade geralmente acinzentada a amarelada. As margas têm grão muito fino e cor cinzenta a acastanhada. Na crista do talude localizam-se terraços, bem como material de cobertura e aterro, de espessura variável desde 0,5 a 2 m, estes materiais podem evidenciar sinais de erosão. A dureza de Schmidt possui valores médios de 26,8 e de 10,8, respetivamente, para os calcários e para as margas.

A espessura dos estratos de calcários, está compreendida, de modo geral, entre 0,14 e 0,50 m, enquanto a espessura das camadas margosas varia entre 0,05 e 0,60 m. (Fig. 5.2).

Os tipos de instabilidade mais comuns são: a queda de blocos, registando-se alguns fluxos e mais raramente deslizamentos planares. As velocidades dos movimentos de instabilidade que ocorrem no talude foram definidas como muito rápidas a rápidas. Os blocos rochosos possuem formas aproximadamente paralelepípedicas e dimensões de 0,05 - 1,0 m x 0,08 - 0,6 m x 0,1-0,5 m.

Como o Talude 1 é adjacente a uma via de comunicação, as instabilizações têm como consequências afetar os utilizadores da rodovia Catumbela – Lobito (área da Calumba), os transeuntes e também algumas habitações (Fig. 5.2).



Figura 5.2- Talude 1 (Bairro do Cambambi), onde se pode observar estratificação de calcários e margas, as situações de quedas de blocos e as consequências desta instabilidade.

Talude 2

O Talude 2 apresenta as coordenadas geográficas 12°25,325' Sul e 013°33,071' Este, e situa-se no Bairro do Poli, tem uma altura de aproximadamente 9,8 m e um comprimento de 34 m. O talude apresenta uma direção de N25°E e um pendor de 75°-80°NW. A litologia do talude compreende rochas calcárias de grão fino, de cores cinzentas, esbranquiçadas a amareladas, e também margas de grão fino e de coloração amarelada a acastanhada (Fig. 5.3). No topo do talude verifica-se a presença de habitações que são erguidas sobre depósitos de cobertura, estes últimos com uma espessura inferior a 0,5 m.

A estratificação possui um pendor entre 15° e 25° W, a espessura das camadas de calcário varia entre 0,2 a 0,6 m e a das margas entre 0,1 a 0,5 m.

A vegetação presente no talude foi classificada como inexistente a moderada. As situações de instabilidade observadas foram as quedas de blocos e os fluxos de solos, estes últimos relacionados com os depósitos de cobertura. A velocidade das situações de instabilidade foi considerada muito rápida a moderada. A dimensão máxima dos movimentos de fluxo é de aproximadamente 20 m³. As dimensões médias dos blocos rochosos são 10 cm x 25 cm x 15 cm.

Os movimentos de instabilidade afetam os utentes da via de comunicação que liga o bairro do Poli ao bairro do Alto Niva, bem como as habitações localizadas nas imediações e na parte superior do talude. As causas externas da instabilidade estão relacionadas com o incremento do peso no talude, em particular no seu topo, e também com a infiltração da água e a erosão superficial. Como causas internas principais podem referir-se o aumento da pressão da água e a diminuição de resistência do terreno.

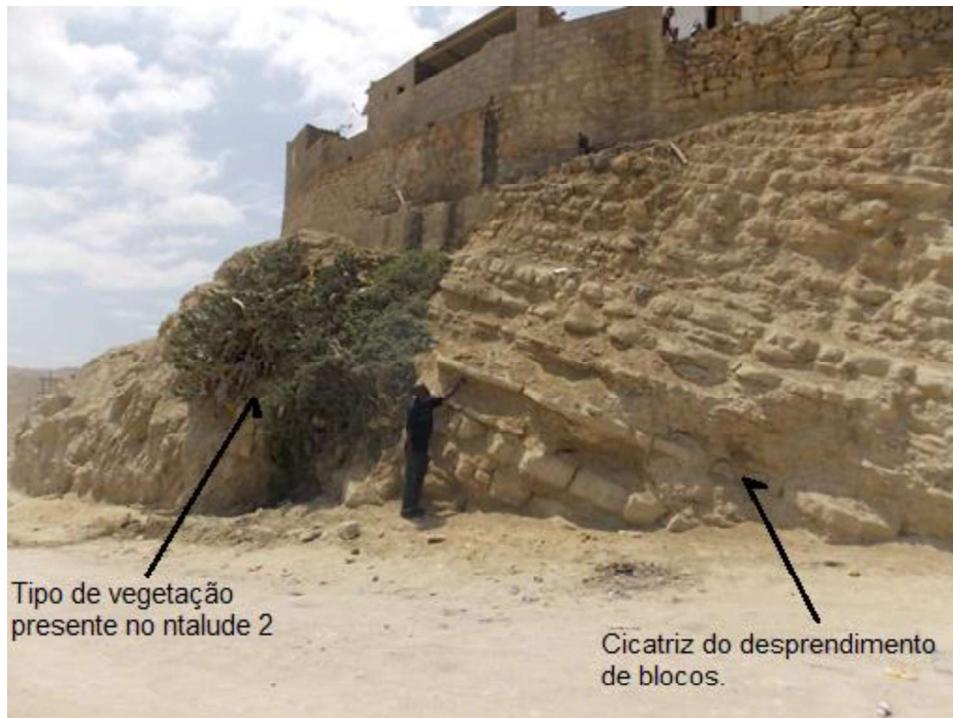


Figura 5.3 - Talude 2 (Bairro do Poli), onde se pode observar a litologia presente no talude, a vegetação e alguns blocos instabilizados. Verifica-se ainda a presença de uma cicatriz relacionada com o desprendimento de blocos.

Talude 3

O Talude 3 tem como coordenadas geográficas: latitude de 12° 25,50' Sul e longitude de 13°32,554' Este. Localiza-se no bairro do Caputu, possui um comprimento de cerca de 12 m e uma altura aproximada de 7,4 m, tem uma direção de N50°W e um pendur de 80°SW a sub-vertical.

As litologias dominantes são os calcários de grão fino com tonalidade amarelada a acastanhada e as margas de grão fino de cor amarela escura a acastanhada. Verifica-se a presença de filões de gesso a preencherem as discontinuidades presentes nas margas e com uma espessura que varia de 5 mm a 2 cm.

A estratificação apresenta um pendur de cerca de 20°W, as espessuras variam de 2 cm a 50 cm para as camadas dos calcários e entre 1cm a 40 cm das camadas das

margas. Os tipos de instabilidade mais frequentes são os fluxos de solos e detritos e as quedas de blocos (Fig.5.4). As dimensões médias das instabilidades de fluxo são de modo aproximado: 40 cm de largura, 100 cm de comprimento e 25 cm de espessura. Os blocos caídos na base do Talude 3 têm uma dimensão que varia de 0,30 m x 0,50 m x 0,15 m (0,018 m³) a 0,70 m x 0,90 m x 0,30 m (0,189 m³).

Os movimentos de instabilidade afetam diretamente habitações existentes nas imediações em particular as habitações erguidas por cima do talude (Fig. 5.4). É de registar que já se verificaram alguns danos nas residências, designadamente em períodos de maior precipitação, não existindo presentemente quaisquer trabalhos de estabilização.



Figura 5.4 - Talude 3 (Bairro do Caputo), onde se observa o tipo de vegetação presente, os movimentos de fluxos, a percolação da água, bem como a dimensão das quedas de blocos.

Talude 4

O Talude 4 possui as coordenadas geográficas: 12°25,593' Sul e 13°32,662' Este, e está situado no Bairro do Caputo Baixo, tem uma altura de 11,30 m e um comprimento de 36 m. Apresenta uma direção de N60°E e um pendor sub-vertical.

A litologia presente no talude está constituída por calcários e margas com filões de gesso, por vezes oxidados. Os calcários têm grão fino e tonalidade predominantemente acinzentada a amarelada. As margas possuem grão muito fino e cor acinzentada a acastanhada. As camadas das margas apresentam filões de gesso,

de cor esbranquiçada e de espessura 0,1 a 2 cm a preencherem descontinuidades.

A espessura dos estratos de calcários é, de modo geral, de 0,2 a 0,5 m, enquanto a espessura das margas está compreendida, na sua maioria, entre 0,1 a 0,3 m. A orientação dos estratos é sub-horizontal.

No topo do talude verifica-se a presença de material de cobertura, de espessura máxima igual a 50 cm, sobre o qual residências foram edificadas.

Os movimentos de instabilidade mais comuns são a queda de blocos e de detritos e fluxos de detritos e de solos. A situação de instabilidade predominante corresponde à queda de blocos. A velocidade dos movimentos que se verificaram no talude é considerada, de modo geral, como muito rápida. A dimensão dos blocos rochosos instabilizados está compreendida entre 0,01-1,0 m x 0,01-0,6 m x 0,01-0,5 m. Os elementos relacionados com as quedas de detritos têm dimensões médias de 10 mm x 7 mm x 10 mm.

A dureza de Schmidt que foi encontrada para os calcários foi de 30,84, enquanto para as margas obteve-se 14,05.

As principais consequências da instabilização foram danos em habitações e também provocaram feridos. Esta instabilidade tem como causas internas a própria litologia, a diminuição de resistência dos terrenos, a estrutura geológica – diaclasamento e estratificação, por vezes planos de falhamento, e como causas externas o aumento do peso do talude, a erosão superficial (como se pode comprovar pela configuração do talude na Fig. 5.5) e a presença da água.



Figura 5.5 - Talude 4 (Bairro do Caputo baixo), onde se observa a alternância dos estratos de calcários e de margas, bem como se pode visualizar a erosão superficial.

Talude 5

O Talude 5 localiza-se no Bairro da Tata – Cal e tem como coordenadas geográficas 12°25,582' Sul e 13°33,081' Este. O talude 5 apresenta cerca de 30 m de comprimento e tem 11 m de altura, verificando-se a presença de depósitos de vertente na sua base com uma altura de cerca de 5 m. O Talude 5 possui as coordenadas geológicas: N40°W; 85°SW a sub-vertical. É um talude sem presença de vegetação, cuja litologia é composta por calcários com tonalidades amareladas, por vezes acastanhadas o que indicia a presença de óxidos de ferro, podendo observar-se igualmente cores avermelhadas a castanhas escuras (Fig. 5.6). Verifica-se a alternância de camadas de margas com calcários. As margas são geralmente de cor esbranquiçada a cinzenta. As espessuras estão compreendidas entre 2 cm a 70 cm para os calcários e entre 1 cm a 30 cm para as margas. A estratificação possui um pendor de aproximadamente 15°W.

Os tipos de instabilidade mais frequentes são as ocorrências de quedas de blocos rochosos, e em menor extensão quedas de detritos e fluxos.

A dimensão média dos movimentos de fluxo é de 10 cm de largura, 18 cm de comprimento e 5 cm de espessura. Os detritos presentes nos fluxos têm dimensões

médias de 14 mm x 12 mm x 8 mm. Os blocos rochosos instáveis/instabilizados chegam a atingir dimensões entre 1m de comprimento, 0,6 m de altura e espessura de 0,5 m.

A instabilidade no talude foi definida como ativa e pode provocar danos em habitações, bem como causar vítimas humanas que circulem ou habitem nas proximidades do talude. De acordo com informação dos moradores locais, têm-se verificado várias vezes acidentes relacionados com quedas de blocos e/ou detritos sobre crianças, tendo estas ocorrências provocado vários feridos. Apesar das várias situações registadas, não existem trabalhos de estabilização e/ou medidas de prevenção.

As causas principais da instabilidade estão relacionadas com as características litológicas e a fracturação, em particular o diaclasamento, a ação da água e presença frequente de animais, de modo particular os cabritos e cabras, que circulam na parte superior e na própria face do talude.



Figura 5.6 -Talude 5 (Bairro da Tata - Cal), visualização da estratificação e presença de óxidos de ferro.

Talude 6

O Talude 6 situa-se no Bairro da Tata – Curva e apresenta as coordenadas geográficas 12°25,658' Sul e 13°33,299' Este, tem 30 m de comprimento e aproximadamente 18 m de altura. A orientação do Talude 6 é N30°E; 80°SE a sub-vertical.

Quanto à litologia, constatou-se a presença de calcários e margas que

apresentam óxidos de ferro. Aos calcários presentes no talude apresentam geralmente cor castanha a amarela e grão fino e as margas coloração que vai de cinza a esbranquiçada e também de grão fino. Podem observar-se depósitos de vertente e mesmo de resíduos na base do talude, por vezes, com uma espessura máxima de 7,0 m. Neste talude os estratos de calcário apresentam espessuras compreendidas entre 0,2 a 0,6 m, enquanto as intercalações margosas possuem espessuras mais reduzidas cujos valores são de 0,1 a 0,3 m. A estratificação tem uma inclinação de 20°W.

Apresenta uma instabilidade ativa e os seus tipos vão de quedas de blocos a fluxos de detritos (Fig. 5.7), regista-se a presença de escavações no pé do talude pondo em grande risco as residências erguidas ao redor. Na parte inferior do talude as dimensões da instabilidade chegam a atingir valores superiores a 10m³. A velocidade dos movimentos foi considerada muito rápida a rápida. O aumento da altura do talude, a infiltração da água e a erosão superficial correspondem às causas externas da instabilidade e as internas têm a ver com a própria litologia e a estrutura geológica, bem como o incremento da pressão da água.



Figura 5.7 - Talude 6 (Bairro da Tata - Curva), onde se pode observar movimentos de instabilidade.

Talude 7

O talude 7 está localizado no bairro da Vila Flor – Cametido, e tem as coordenadas geográficas: 12°25,916' Sul e 13°33,006' Este. Apresenta as seguintes coordenadas geológicas: Direção N70°E; 80°S. O Talude tem uma extensão de 21,40 m

de comprimento e uma altura de 10 m.

A litologia presente no talude é constituída por calcários, margas. Os calcários têm grão fino e tonalidade predominantemente acinzentada. As margas possuem grão muito fino e cor acinzentada. As espessuras das camadas de calcários variam de 0,2 a 0,7 m e as camadas de margas têm uma possança entre os 0,2 a 0,6 m. Verifica-se a presença de um conjunto de planos de falhamento, como se observa na figura 5.8, cuja abertura tem uma variação aproximada entre 1 a 5 cm, a sua direção é aproximadamente perpendicular à estratificação e apresenta uma extensão de cerca de 7 a 8 m.

Os tipos mais frequentes de instabilidade são a queda de blocos (detritos e rochas) e fluxos de solos (Figura 5.8). A velocidade dos movimentos que se verificam no talude é considerada como rápida. Os blocos rochosos relacionados com as situações de instabilidade apresentam dimensões variáveis de 1 cm x 2 cm x 7 cm a 1,0 m x 0,5 m x 0,4 m (Fig.5.8).

As consequências da instabilização são danos nas habitações e uma capela católica que se situa nas proximidades do pé do talude. Esta instabilidade tem como causas internas a própria litologia, a estrutura geológicas como as diáclases e os planos de falhamento, a diminuição de resistência dos terrenos e como causas externas aponta-se o aumento do peso na crista do talude, a infiltração de água e a erosão superficial.

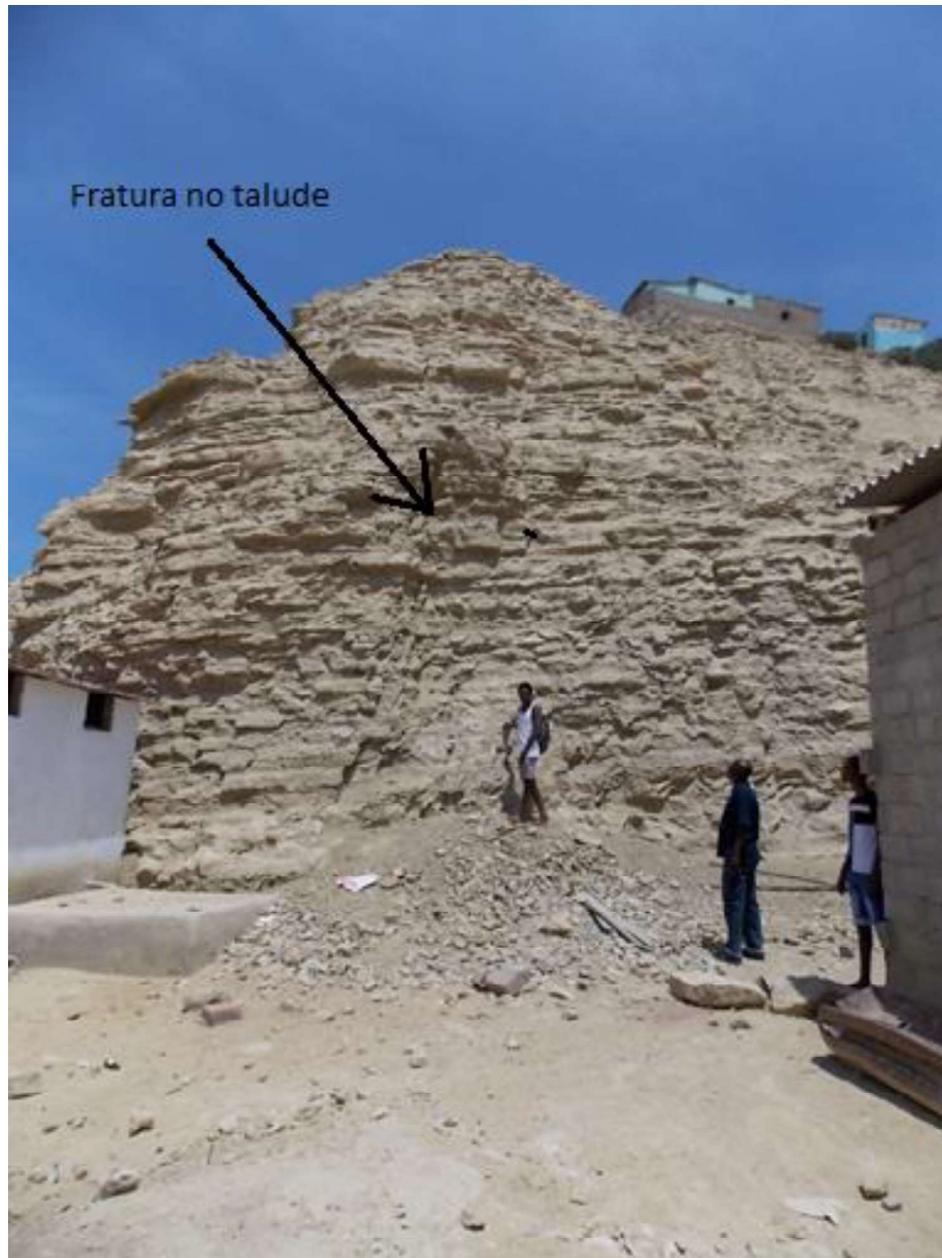


Figura 5.8 - Talude 7 (Bairro da Vila Flor - Cametido), onde se observam as consequências da instabilidade que podem atingir os edifícios habitacionais localizados próximo do talude.

Talude 8

O Talude 8 está situado no Bairro do Chiúle, e com as coordenadas geográficas: 12° 26,419' Sul e 13° 33,575' Este, possui 29 m de comprimento e altura de 25 m. Tem como direção N80°E; e um pendor 80°S a sub-vertical. Os depósitos na base têm um pendor de 35°S.

A litologia presente no talude está constituída por calcários, margas com gesso com minerais de calcite. Os calcários têm grão fino e tonalidade acinzentada. As margas

possuem grão muito fino e cor acinzentada a acastanhada (Fig. 5.9).

A espessura dos calcários varia entre 2 a 50 cm e das margas, mais finas, varia entre 5 cm a 30 cm. A estrutura geológica apresenta-se fortemente desgastada pela presença de diáclases com um espaçamento reduzido e uma forte erosão superficial.

Os tipos mais frequentes de instabilidade são a queda de blocos, fluxos de detritos e solos e deslizamentos planares. A velocidade dos movimentos que se verificam no talude é considerada de muito rápida a rápida. A dimensão das situações de instabilidade relacionadas com os blocos rochosos e detritos caídos chegam a atingir mais de 30 m³.

A dureza de Schmidt que foi determinada nos calcários é de 24,0. Os movimentos de instabilidade têm como causas a litologia, a diminuição de resistência dos terrenos, a estrutura geológica – falhas, e como causas externas aponta-se a infiltração da água e as vibrações. As situações de instabilidade podem provocar danos nas habitações e atingir as vias de comunicação.



Figura 5.9 - Talude 8 (Bairro do Chiúle), onde se destaca a ação antrópica na alteração da geometria dos taludes.

Talude 9

O Talude 9 encontra-se localizado no Bairro do São Pedro a 12° 26,911' Sul e 13° 32,447' Este, possui uma altura de 7 - 8 m e comprimento de 21 m. Tem uma direção N30°W; e pendor 40° SW – sub-vertical.

A litologia presente no talude é composta por calcários – bastante compactos, com grão fino, margas com filões de gesso, por vezes oxidado. As margas possuem grão muito fino e cor acinzentada a acastanhada, observando-se cristalizações de calcite e gesso. A espessura dos estratos de calcários é, de modo geral, 0,2 a 0,5 m, enquanto a espessura das margas está compreendida, na sua maioria, entre 0,1 a 0,3 m. A estratificação tem uma inclinação de 20°W. A dureza de Schmidt verificada para os calcários é de 28,6.

Nota-se a presença de material de cobertura no topo e nas partes laterais do talude, cuja espessura máxima é de cerca de 0,6 m. Observa-se ainda a existência de depósitos de vertente, na base do talude, que podem alcançar uma espessura de 1 m.

É um talude em que se destaca a ausência de vegetação. Os tipos mais frequentes de instabilidade são a queda de blocos, fluxos de detritos e solos e deslizamentos planares. Não se constatou a presença de trabalhos de estabilização. A velocidade dos movimentos que se verificam no talude foi definida como rápida a muito rápida. A dimensão máxima das situações de instabilidade relacionadas com os blocos rochosos caídos é em termos médios de 54 cm x 40 cm x 12 cm.

As consequências da instabilização são danos nas habitações (Fig. 5.10), numa escola e num posto de saúde. Esta instabilidade tem como causas internas a própria litologia, diminuição de resistência dos terrenos, aumento da pressão de água, a estrutura geológica (estratificação, falhas), e como causas externas aponta-se o aumento da inclinação, aumento do peso, a infiltração de água, a erosão superficial e a diminuição da resistência dos terrenos.



Figura 5.10 - Talude 9 (Bairro do S. Pedro) onde se verifica as quedas de blocos.

Talude 10

As coordenadas geográficas do Talude 10 são: 12° 28,092' Sul e 13°31,882' Este, está localizado no Bairro do Luongo e possui uma direção N40°W e um pendor de 40°SW. Possui um comprimento de cerca de 120 m e altura aproximada de 15 m.

A litologia existente no talude pertence ao Albiano superior e apresenta uma quantidade significativa de fósseis de amonites, evidenciando cristalização de calcite e minerais de gesso. A estratificação presente no talude é sub-horizontal.

É um talude em que a vegetação é inexistente a rara. Verifica-se, também, a existência de depósitos de vertente na base do talude, e também depósitos de cobertura com uma espessura máxima de cerca de 1 m. Os tipos mais frequentes de instabilidade são a queda de blocos, os fluxos de detritos e solos e os deslizamentos planares. Não se observaram trabalhos de estabilização. A velocidade dos movimentos que se verificam no talude foi considerada como muito rápida a rápida. As situações de instabilidade relacionadas com os blocos rochosos apresentam dimensões em termos médios de 70 cm x 80 cm x 25 cm.

Para os calcários determinou-se um valor da dureza de Schmidt igual a 19,9. A espessura das camadas de calcários, que têm tonalidades brancas a acinzentadas é, de modo geral, de 0,2 a 0,6 m. As camadas das margas têm uma cor cinzenta e uma possança de 0,1 a 0,4 m.

As consequências da instabilidade mais gravosas neste talude poderão acontecer num futuro próximo devido às construções que estão a decorrer no pé do talude (Fig. 5.11), podendo as situações de instabilidade atingir os edifícios que se encontram presentemente em fase de construção.

A instabilidade apresenta como causas internas a própria litologia, a estrutura geológica e a ação da água, e como causas externas considerou-se o aumento da altura do talude, a erosão superficial, a aplicação de sobrecarga na parte superior do talude e a infiltração da água.



Figura 5.11 - Talude 10 (Bairro do Luongo) Este talude evidencia a ação humana na alteração da geometria inicial dos taludes.

Talude 11

As coordenadas geográficas do Talude 11 são: 12° 25,233' Sul e 13° 33,041' Este, e situa-se no Bairro do Alto Niva. O talude possui uma direção N80°W e um pendor de 70°S. A altura do talude está compreendida entre 6,0 a 7,5 m e a sua extensão corresponde aproximadamente a 100 m.

A litologia presente no talude está constituída por calcários – bastante compactos, com grão fino e coloração amarelada a castanha, margas com gesso com oxidação. As margas possuem grão muito fino e cor acinzentada a acastanhada. Os estratos têm um pendor de 20°W. Os estratos de calcários apresentam espessuras que variam de 3 a 60 cm, e as margas de 1 a 45 cm.

É um talude, de modo geral, sem presença de vegetação, porém pode observar-se a presença de catos (Fig. 5.12), na sua parte lateral superior.

Os tipos de instabilidade mais comuns corresponde à queda de blocos. Observa-se alguns trabalhos de estabilização como a construção de um muro na parte leste do talude. A velocidade dos movimentos que se verificam no talude é considerada como muito rápida. O volume do conjunto das situações de instabilidade relacionadas com os blocos rochosos caídos num evento de instabilidade é de aproximadamente 5m³.

As consequências da instabilização são danos nas habitações, em edifícios comerciais e perturbação no trânsito da via de comunicação que liga o Bairro do Poli ao do Alto Niva. Esta instabilidade tem como causas internas a própria litologia, o aumento da pressão de água, a estrutura geológica (diaclasamento e estratificação), e como causas externas apontam-se as escavações no talude, o incremento de cargas no topo do talude, as vibrações e a infiltração de água (Fig.5.12).



Figura 5.12 - Presença de habitações na parte superior do Talude 11 e queda de blocos.

5.2 - Estudo comparativo das situações de instabilidade

Do estudo efetuado das situações de instabilidade constatou-se que a área urbana da Catumbela apresenta-se como uma região onde há a possibilidade de ocorrerem numerosas situações de instabilidade de taludes/vertentes, uma vez que as características detetadas nos taludes estudados apresentam, no geral, uma estrutura geológica com várias famílias de diáclases que podem apresentar um espaçamento reduzido. O relevo, na área estudada, é algo acidentado e a maioria dos taludes

encontra-se sem vegetação, sendo esta por vezes rasteira a moderada, o que promove os processos erosivos. Para além das características naturais, adiciona-se a ação antrópica que frequentemente elege as vertentes para abertura de vias de comunicação, construção de habitacionais e de outros edifícios de engenharia que contribuem deste modo para a ocorrência de movimentos de instabilidade.

De acordo com os resultados da utilização da ficha de trabalho podem estabelecer-se várias comparações.

5.2.1 – Dimensões dos talude estudados

Em relação às dimensões dos taludes, verificou-se que 3 talude apresentam comprimentos superiores a 100 m, neste caso os taludes T 1, T10 e T11, respetivamente com 125 m, 120 m e 100 m. Os restantes 8 taludes têm comprimentos inferiores a 40 m. Para a altura, é de destacar a presença de um talude, com um valor acima de 20 m (Talude 8), sete taludes com altura compreendida entre 10 m e 20 m, e ainda três com uma altura abaixo dos 10 m. (Fig. 5.13).

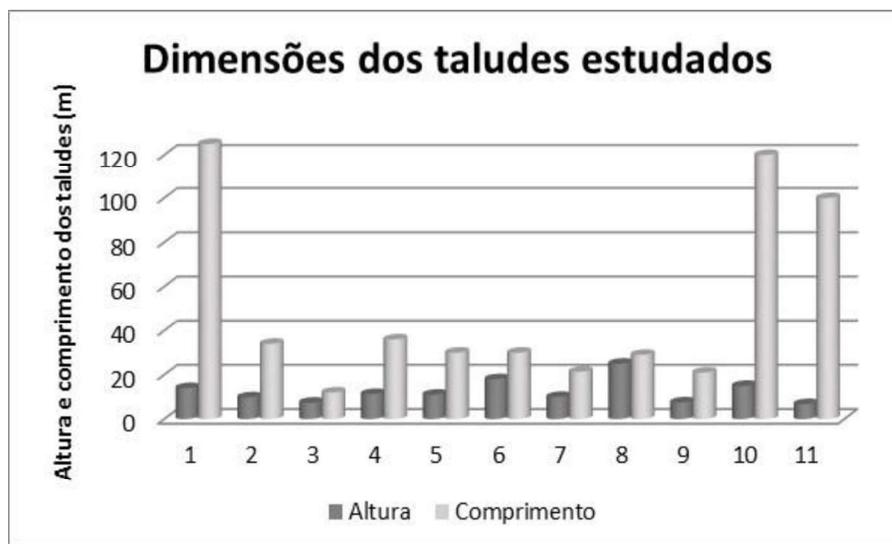


Fig. 5.13 - Dimensões dos taludes.

5.2.2 - Litologia

Na área estudada predominam os calcários e margas pertencentes à Formação Quissonde, que tem origem num ambiente de plataforma externa e é constituída por intercalações de calcárias, calcários margosos e margas apresentando fragmentos de conchas na base, lagemas e fragmentos de concha na parte intermédia e ainda lagemas na parte do topo. A formação é rica em macrofaunas (amonites, equinoides, gasterópodes) (Buta-Neto, et al., 2006), que se enquadra no Albiano (Alb.3), que se enquadra no Albiano (Alb.3). Na grande maioria dos taludes estudados verifica-se a

ocorrência de depósitos de vertentes e de depósitos de cobertura. No Talude 1 é possível observar terraços marinhos do plistocénico localizados na parte superior do talude. Constatou-se a presença de numerosos fósseis de amonites nos calcários margosos no talude 10.

5.2.3 - Vegetação

Nos onze taludes estudados verificou-se que em oito deles não se registou a presença de cobertura vegetal, o que corresponde a 72,7%, três taludes (Taludes 2, 3 e 6) apresentam a vegetação rasteira a moderada (27,3%), conforme se pode verificar na Fig. 5.14.



Fig. 5.14 - Distribuição da vegetação nos taludes estudados.

5.2.4 – Tipo de instabilidade

Em praticamente todos os taludes estudados ocorrem as mesmas tipologias de instabilidade, destacando-se dentro destas as quedas de blocos. Assim na totalidade dos onze taludes (100%), observou-se a ocorrência de queda de blocos rochosos. Em nove dos taludes (81,8%) verificaram-se fluxos de solos e detritos. Os Taludes 1, 8, 9 e 10 que corresponde a (36,4%) dos taludes estudados, apresentaram também instabilidade por deslizamentos planares (Fig.5.15). No talude 5 observaram-se movimentos complexos.

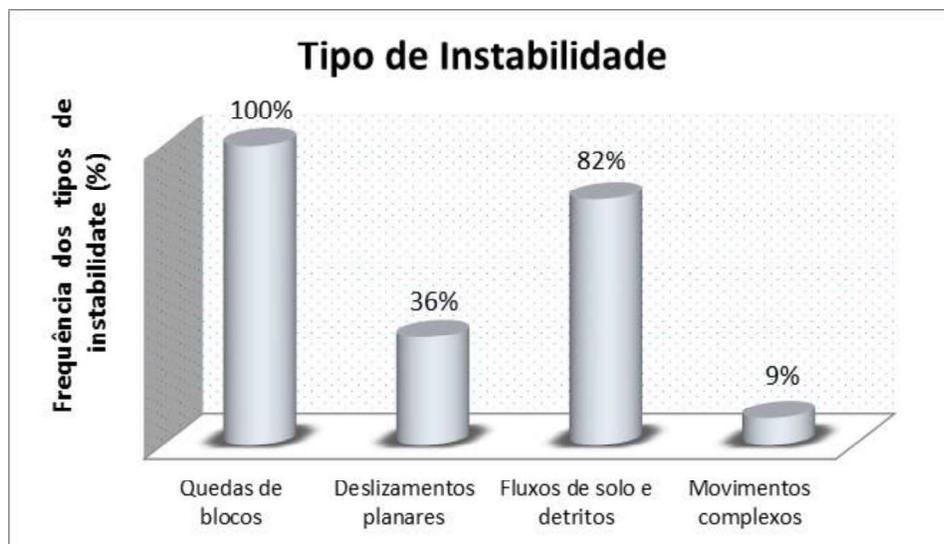


Figura 5.15) - Frequência da instabilidade observada nos taludes (%).

5.2.5 – Estado da atividade, consequências e causas das instabilidades

Para a totalidade dos taludes, a instabilidade foi considerada como ativa, e manifestou-se por quedas de blocos, deslizamentos, fluxos e também por movimentos complexos.

As situações de instabilidade observadas afetaram ou podem provocar danos essencialmente em habitações. Os taludes rodoviários como os Taludes 1, 2 e 11 evidenciaram situações de instabilidade que atingem as vias de comunicação, afetando igualmente as habitações que se localizam na parte superior dos taludes, como se pode observar nas Fig. 5.2. Nos talude 3 e 5 houve o registo de algumas vítimas feridas designadamente crianças (Fig. 5.16).

Os movimentos de instabilidade têm várias causas internas e externas, assim para as primeiras a litologia e as estruturas geológicas influenciam de modo determinante as ocorrências de instabilidade nos onze locais estudados. Em oito (72,7%) e sete (63,6%) taludes consideraram-se igualmente como causas internas respetivamente, o aumento da pressão de água e a diminuição da resistência dos terrenos (Fig. 5. 17), note-se que em todos os taludes a litologia predominante consiste na intercalação de calcários e margas.

A infiltração da água corresponde a uma causa externa de instabilidade presente em todos os taludes, para sete deles definiu-se o incremento de sobrecargas nos taludes e a erosão superficial como causas externas das instabilidades, enquanto noutros quatro taludes considerou-se o aumento da inclinação do talude; noutros três as causas

externas foram as vibrações, o aumento da altura do talude e ainda a presença/atividade de animais domésticos (Fig. 5.18).

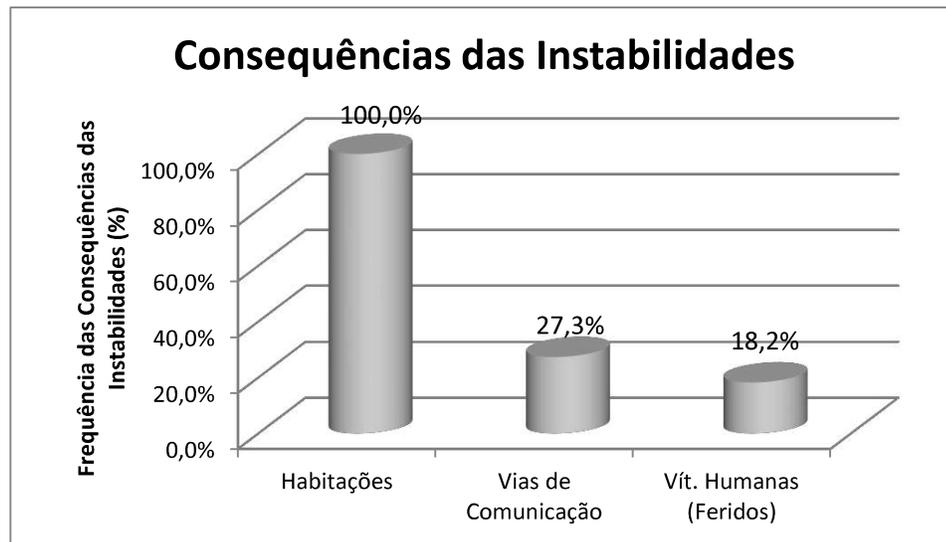


Figura 5.16 - Consequências das situações de instabilidade observadas nos taludes estudados.

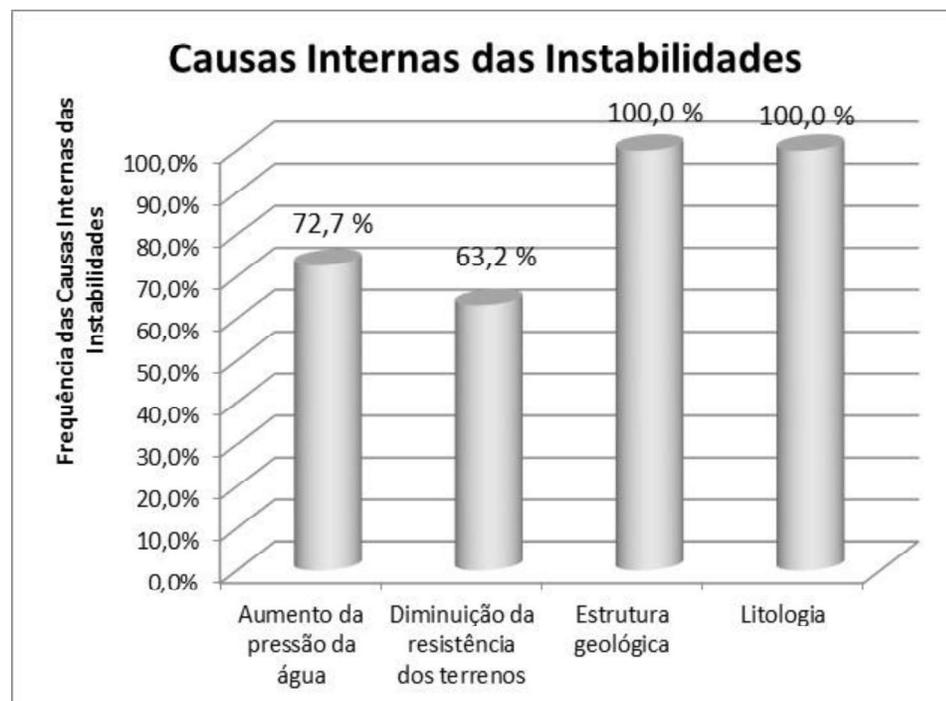


Figura 5.17 - Causas internas das situações de instabilidade nos locais de estudo.



Figura 5.18 - Causas externas das situações de instabilidade detetadas nos taludes.

5.3. Aplicação da Classificação Rockfall Hazard Rating System

Nas vias de comunicação é possível surgirem problemas associados à queda de blocos rochosos, estes movimentos de instabilidade podem afetar os utentes e os veículos, podendo deste modo causar danos e provocarem vítimas.

A classificação Rockfall Hazard Rating System (RHRS) foi aplicada em três taludes rochosos de escavação, os Taludes 1, 2 e 11. Utilizaram-se os vários parâmetros constituintes da classificação RHRS, para cada um deles definiram-se valores ponderados de acordo com os resultados do trabalho efetuado *in situ*. A classificação ponderada pontual varia entre 3 a 81 pontos (Quadro 4. 2). É de referir que para a atribuição da pontuação para os parâmetros do método RHRS, os valores do sistema imperial da classificação original de Pierson et al. (1991) foram convertidos para as unidades do Sistema Internacional (sistema métrico).

5.3.1 - Altura do talude

Definiu-se a altura dos taludes estudados, considerando-se que cada um deles é constituído por um único troço.

A altura do Talude 1 é de cerca de 14 m incluindo espessuras dos terraços marinhos do plistocénico e dos depósitos de cobertura que se localizam na sua parte superior, de acordo com o valor da altura foi atribuído um valor ponderado de 9 pontos. Para os taludes 2 e 11 que apresentam, respetivamente, alturas de 9,8 m e 6 a 7,5 m, foram definidos valores ponderais de 3 pontos.

5.3.2 - Capacidade de retenção da vala

Devido à não existência de valas de retenção nos vários taludes considerou-se que não existe capacidade de retenção das várias situações de instabilidade, pelo que o valor ponderal para este parâmetro é igual a 81 pontos.

5.3.3 - Risco médio para veículos

Os três taludes têm uma localização diversa, o Talude 1 localiza-se na designada “via rápida – Catumbela/Lobito” que faz a ligação entre Cambambi - Catumbela e o bairro da Calumba - Lobito, passando pelo bairro de Santa Cruz – Lobito, numa zona de trânsito intenso. No Talude 1 é provável a queda de blocos rochosos, principalmente nos períodos de maior precipitação, o que é verificado por um número considerável de blocos na via de comunicação ou nos seus limites. No tempo seco, não são frequentes as quedas de blocos, mas não se descarta a possibilidade de serem atingidas viaturas e pessoas que circulam ao longo da via rápida – Catumbela/Lobito.

De acordo com as medições efetuadas *in situ* circulam na via de comunicação, em

termos médios, 80 veículos por hora.

O limite de velocidade considerado foi de 30 km/h. O Talude 1 tem uma extensão de 125 m, pelo que o risco médio para os veículos (AVR) que circulam na via rápida Catumbela – Lobito é igual a 33,3%. Em função do exposto atribuiu-se o valor ponderal de 8 pontos.

Os Taludes 2 e 11 localizam-se em áreas de tráfego rodoviário mais reduzido, registando-se, em média, um tráfego de 20 veículos por hora. O talude 2 apresenta uma extensão de 34 m e o limite de velocidade é de 30km/h. O valor do AVR é de 2,3%, obtendo-se um valor ponderal de 3 pontos.

Para o T11, com um comprimento de 100 m e com uma velocidade limite de 25 km/h, permitiu a obtenção do AVR igual a 8%, pelo que o valor ponderal foi definido como de 3 pontos.

5.3.4. Distância de visibilidade de decisão

Os condutores circulam nas vias de comunicação nas proximidades dos Taludes 1, 2 e 11 com velocidades, geralmente, superiores a 30km/h, podendo não ser possível em algumas situações evitar os materiais instabilizados provenientes dos taludes, uma vez que a largura das estradas é reduzida, apresentando-se as vias localizadas nos Taludes 2 e 11, respetivamente, com apenas 6 e 5 m, e verificando-se também um tráfego intenso, em particular no Talude 1.

Definiu-se a distância de visibilidade de decisão para os três taludes, através da equação 4.4 e obteve-se para os Talude 1, Talude 2 e Talude 11, respetivamente os resultados de 84,6%, 27,7% e 30,8%, pelo que o valor ponderal para o talude 1 é igual a 9 pontos; enquanto para os restantes taludes temos os valores ponderais de 81 pontos.

5.3.5. Largura da plataforma da via de comunicação

Nos Taludes 1, 2 e 11 a largura da plataforma da rodovia é respetivamente igual a 12,53 m, 6 m e 5 m, sendo de destacar que as bermas não são pavimentadas. A classificação ponderal foi de 5 pontos para o Talude 1, enquanto para os Taludes 2 e 11 adotou-se o valor ponderal de 81 pontos.

5.3.6. Caracterização Geológica

Tendo em conta o levantamento geológico efetuado considerou-se o Caso 2, este está relacionado com a condição estrutural e diferenciação em taxa de erosão do material constituinte dos taludes.

O Talude 1 apresenta uma condição estrutural de erosão muito elevada, principalmente devido à presença das camadas margosas, pelo que se considerou a

classificação de 54 pontos; para os Taludes 2 e 11, em termos de condição estrutural, observou-se a presença de uma erosão superficial elevada, o que permitiu definir o valor ponderal de 27 pontos para cada um dos taludes. Quanto à diferenciação da taxa de erosão, constatou-se que os materiais constituintes dos taludes apresentam diferenças elevadas a extremas, pelo que se definiu a classificação de 54 pontos para a totalidade dos taludes considerados.

5.3.7. Dimensão dos blocos

Os blocos instabilizados no Talude 1, e que podem alcançar a via de comunicação, apresentam uma dimensão que os permite considerar com o valor ponderal de 27 pontos.

A volumetria média dos materiais rochosos caídos nos Taludes 2 e 11 têm dimensões mais reduzidas do que a ocorrente no Talude 1, o que possibilitou definir um peso de 3 pontos para o Talude 2 e de 9 para o talude 11, dado que neste último se constatou, num evento de instabilidade, uma volumetria de blocos caídos de cerca de 5 m³.

5.3.8. Condições climáticas e presença de água nos taludes

As condições de precipitação foram consideradas como moderadas, se bem que os valores de precipitação anuais sejam de aproximadamente 270 mm (Costa, 2013), as ocorrências de precipitação são de grande intensidade, e deste modo originam a maior parte das situações de instabilidade que se verificam nos taludes considerados. Tendo em atenção as características de precipitação os valores ponderais foram definidos, para os diferentes taludes, como iguais a 9 pontos.

5.3.9. Registo histórico da queda de bloco

Para os diferentes taludes estudados considerou-se uma frequência de queda de blocos que foi definida como de quedas ocasionais. Apesar de não existirem registos relativos às volumetrias das situações de instabilidade nos últimos anos, são comuns as quedas de blocos rochosos nos períodos de maior precipitação. O valor ponderal atribuído para o parâmetro do registo histórico da queda dos blocos foi assumido como de 9 pontos.

5.3.10. Valores da classificação Rockfall Hazard Rating System

No sentido de resumir a pontuação efetuada através da classificação RHRS, para os taludes 1, 2 e 11 apresentam-se os resultados no Quadro 5.1.

Quadro 5.1 – Resultados da pontuação dos parâmetros considerados na classificação RHRS.

Parâmetros			Pontuação		
			Talude 1	Talude 2	Talude 11
Altura do Talude			9	3	3
Eficácia da Vala			81	81	81
Risco médio para veículos			8	3	3
Distância de visibilidade de decisão			9	81	81
Largura da Plataforma da via			5	81	81
Natureza Geológica	Caso 1	Condição estrutural			
		Atrito da rocha			
	Caso 2	Condição Estrutural	54	27	27
		Diferenciação em taxa de erosão	54	54	54
Tamanho do bloco			27	3	9
Quantidade de queda de blocos por eventos					
Presença de água no Talude			9	9	9
Histórico da queda de blocos			9	9	9
TOTAL GERAL			265	351	357

A classificação RHRS não indica os métodos de estabilização que devem ser utilizados tendo em atenção os valores do somatório dos valores ponderais dos seus parâmetros. De acordo com Pierson et al. (1990) e Hoek (2007), os taludes com valores de classificação RHRS inferiores a 300 não se apresentam como prioritários em termos de estabilização, enquanto os taludes com valores de classificação RHRS superior a 500 devem sujeitos a ações de estabilização de modo urgente.

Dos resultados encontrados verificou-se que os Taludes 2 e 11, com valores de classificação RHRS, respetivamente de 351 e 357, necessitam de intervenções de estabilização a curto prazo, enquanto para o Talude 1, cujo valor da classificação RHRS é igual a 263, essas mesmas intervenções podem ser efetuadas a médio prazo.

5.4 – Recomendações

Do estudo efetuado sobre a instabilidade presentes nos taludes e tendo em conta a sua localização, torna-se necessário recomendar algumas medidas que devem ser urgentes;

1. Proceder à realização de um estudo geotécnico detalhado dos taludes que apresentam uma maior suscetibilidade de movimentos de instabilidade e em que estes últimos podem provocar prejuízos e vítimas;

2. Sensibilizar as populações sobre os riscos a que se encontram expostas;

3. Tendo em conta o que foi exposto neste trabalho e considerando os resultados da avaliação da classificação RHRS e atendendo, igualmente, às causas das instabilidades de taludes na área de estudo, deve-se adotar a construção de muros de gabiões, nas zonas dos taludes mais fraturadas e alteradas e de depósitos de cobertura instáveis, ou proceder à instalação de redes de proteção, principalmente nos taludes localizados ao longo das vias de

comunicação (Talude 1, Talude 2 e Talude 11), com vista a proteger os utentes e os veículos das rodovias e também os transeuntes. Para as situações, pouco frequentes, de blocos rochosos instáveis de grandes dimensões pode recorrer-se a utilização de pregagens.

4. Uma outra medida possível é a diminuição do pendor dos taludes rochosos e dos depósitos de cobertura, podendo para estes materiais optar-se pela sua retirada, evitando deste modo situações de movimentos de fluxos e de queda de material.

5. Com a aprovação das cartas de condicionantes, são necessárias medidas coercivas de proibição, de modo a impedir que as populações se instalem em determinadas zonas, e criar também um corpo forte de fiscalizadores que apelem constantemente as populações para o cumprimento da legislação nacional em vigor.

6. Publicitar o plano diretor municipal para que todos estejam conscientes e o conheçam, tendo em vista o seu pleno cumprimento e a sua própria defesa.

6 - CONCLUSÕES

O trabalho que se realizou na presente dissertação compreendeu a inventariação e caracterização das situações de instabilidades que ocorrem na região do Município da Catumbela, nomeadamente em zonas sensíveis e de elevada densidade populacional, como são os casos dos bairros do Cambambi, Poli, Caputu, Tata, Vila Flor, Chiúle, São Pedro e Luongo. Muitos dos edifícios destes bairros estão situados em vertentes obstruindo deste modo linhas de água, e também se localizam na parte superior dos taludes provocando o incremento de carga.

A área de estudo possui um clima definido como árido ou semidesértico. O relevo apresenta-se sob a forma de escarpas e de morros que se encontram geralmente separados por depressões, por vezes, de pendor elevado. Os solos dominantes nos locais dos taludes são de espessura geralmente reduzida e podem, algumas vezes, apresentar características argilosas.

Os onze taludes estudados (T1 a T11) são constituídos por rochas sedimentares carbonatadas do Cretácico Inferior a Médio da Bacia de Benguela (Figs. 3.8 e 3.9) que se enquadram na unidade Alb₃, e cujas litofácies são similares às da Formação Quissonde. Os materiais litológicos ocorrentes nos taludes são essencialmente calcários, calcários margosos e margas. Por vezes estão presentes depósitos de terraço pertencentes ao Plistocénico que são visíveis na margem direita do rio Catumbela, próximo do bairro do Cambambi, Alto Niva e nos bairros do Morro do Galo.

Neste estudo efetuou-se o levantamento das situações de instabilidade nos bairros do Cambambi, Poli, Caputu, Tata, Vila Flor, Chiúle, São Pedro, Luongo e Alto Niva, procedeu-se à definição de uma ficha de trabalho de modo a realizar o estudo das situações de instabilidade existente. Consideraram-se vários parâmetros como as características geométricas dos taludes, a litologia, a morfologia, a estrutura geológica e das formações geológicas presentes nos taludes. Procedeu-se à definição da dureza dos materiais litológicos existentes em alguns dos taludes. Efetuou-se ainda a análise e interpretação dos resultados obtidos, tendo em atenção os parâmetros presentes nas fichas de trabalho.

Utilizou-se o sistema classificativo Rockfall Hazard Rating System (RHRS), para determinar as potenciais situações de risco associado às situações de instabilidade em três taludes rodoviários e definiram-se as prioridades das ações de prevenção e de mitigação.

A grande maioria dos taludes (72,7%) não apresenta cobertura vegetal, verificando-se a sua presença somente em três taludes (27,3%).

A instabilidade foi definida como ativa, destacando-se as quedas de blocos rochosos que ocorrem em todos os taludes estudados. Registou-se também a presença de fluxos de detritos e solos em cerca de 82% dos taludes, enquanto os deslizamentos planares verificaram-se em 4 deles.

As principais consequências das instabilidades são danos nas habitações localizadas nas proximidades dos taludes, e também perturbações nas vias de comunicação. É de assinalar que as situações de instabilidade originaram, nos últimos 3 anos, quatro feridos.

Os valores da determinação da dureza de Schmidt apresentaram valores compreendidos entre 19,9 e 30,84, para os calcários, e entre 10,8 e 14,05 para as margas, sendo de mencionar que em alguns estratos margosos não foi possível realizar as determinações de dureza de Schmidt, dado se terem registados valores inferiores a 10.

Nas causas internas das situações de instabilidade destacam-se de modo muito significativo a litologia (intercalação de camadas calcárias e margosas) e a estrutura geológica (diaclasamento, estratificação e por vezes planos de falhamento). Nas causas externas são relevantes a ação da água, o incremento de sobrecarga originada por construções na parte superior dos taludes e a erosão superficial.

Os resultados da aplicação da classificação RHRS revelaram para os Taludes 1, 2 e 11, respetivamente, valores totais de 263, 351 e 357, o que permitiu definir intervenções de características mais prioritárias nos Taludes 2 e 11, verificando-se uma menor urgência nos trabalhos de estabilização e de prevenção para o Talude 1.

A investigação permitiu efetuar uma análise integrada das informações obtidas, podendo assim identificarem-se as principais semelhanças e diferenças das instabilidades presentes nos taludes estudados.

O trabalho possibilitou a aquisição de conhecimentos que podem ser parte integrante de uma análise mais aprofundada das situações de instabilidade ocorrentes nos taludes e vertentes do município da Catumbela, constituindo um contributo valioso no estudo dos processos ambientais e também no ordenamento e planeamento do território.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHI (2014). Affordable Housing Institute. <http://affordablehousinginstitute.org/blogs/us/>. Acedido em 15 de Janeiro de 2015.
- AMC (2012). Perfil do Município - 2012 - 2013. Administração Municipal da Catumbela.
- AMC (2014). Relatório do 4.º trimestre - 2013. Catumbela.
- Andrade, P.G.S. (2008). Classificação de movimentos em taludes naturais e de escavação. Coimbra: Departamento de Ciências da Terra – FCTUC, 39p.
- Andrade, P.G.S (2008). Estudo das principais características das descontinuidades. Coimbra: Departamento de Ciências da Terra – FCTUC, 43p.
- Andrade, P.G.S. (2009). Movimentos de Massa: Diapositivos da disciplina de Análise e Gestão de Riscos Naturais. Coimbra: DCT FCT Universidade de Coimbra.
- Andrade, P.G.S. (2012). Movimentos de Massa: Diapositivos de apoio às aulas de Análise e gestão de Riscoa naturais. Coimbra: Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra.
- Araújo, A.G.; Guimarães, F. (1992). Geologia de Angola: Notícia explicativa da carta geológica à escala 1: 1.000.000. Serviço geológico de Angola. Publisher. Luanda: Serviço Geológico de Angola. 135p.
- Araújo, A.G.; Prevalov, O.V.; Guimarães, F. R.; Kondratiev, A. I.; Tselikov, A. F.; Khodiev, V. L. (1998). Carta dos recursos minerais à escala 1:1000 000. República de Angola: IGEO.
- Ayala-Carcedo, F.J.; Andreu, F.J.P. (2006). Manual de Ingeniería de Taludes. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España. 456p.
- Buddeta, P.; Panico, M. (2002.). Il metodo “Rockfall Hazard Rating System” modificato per la valutazione del rischio da caduta massi. Geologia tecnica & ambientale. Journal of Technical & Environmental Geology, 2, pp. 3-13.
- Bastos, A. (1912). Monografia da Catumbela. Lisboa: Sociedade de Geografia de Lisboa. 100p.
- Bastos, M.J. (1999). A estabilidade estrutural na segurança de pedreiras a céu aberto - maciços terrosos. VISA - Comunicações Técnicas, pp. 1 - 4.
- Bloom, A.L. (1970). Superfície da Terra. São Paulo, Editora Edgard Blücher Ltda., 184p.
- Braathen, A.; Blikra, L. H.; Berg, S. S.; Karlsen, F. (2004.). Rock-slope failures in Norway; type, geometry, deformation mechanisms and stability. Norwegian Journal of Geology, 84, pp. 67-88.
- Buta-Neto, A.; Tavares, T. D.; Quesne, D.; Guiraud, M.; Meister, C.; David, B.(2006). Synthèse préliminaire des travaux menés sur le bassin de benguela (Sud Angola): implications sédimentologiques, paléontologiques et structurales. África Geoscience Review , 13, pp. 239 - 250.
- Carreto, A.P. (1989). Técnica de estabilização de taludes. Ingenium - Revista da Ordem dos Engenheiros, Junho, pp. 63 - 73.

- Carvalho, G.S. (1957). Alguns Problemas dos Terraços Quaternários do Litoral de Angola. INQUA (Associação Internacional para o Estudo do Quaternário), Barcelona, 11p.
- Carvalho, G.S. (1961). Alguns problemas dos terraços quaternários do litoral de Angola. Boletim de Minas, Angola, 2, pp. 5-15.
- Carvalho, G.S. (1963). Problemas da sedimentologia das praias do litoral de Angola. Garcia de Orta : revista da Junta das Missões Geográficas e de Investigações do Ultramar. Lisboa. Vol. 11, 2, pp. 291-313.
- Carvalho, P.A. (1991). Taludes de Rodovia: Orientação para diagnóstico e soluções de seus problemas. São Paulo: IPT, 338p.
- Coates, D.R. (1977). Landslide. Reviews in Engineering Geology. The Geological Society of America, vol. III, 278 p.
- Coelho, A.G. (1979). Análise cartográfica de taludes para o planeamento urbano. GEOTECNIA - Revista da Sociedade Portuguesa de Geotecnia, 26, pp. 75 - 89.
- Cruden, D.M. (1991). A simple definition of a landslide. Bulletin of the International Association of Engineering Geology, 43, pp. 27-29.
- Cruden, D.M. (2011). The Working Classification of Landslides: material matters. 2011 Pan-Am CGS - Geotechnical Conference. Canada: University of Alberta, Edmonton, Alberta, Canada, pp. 1 – 7.
- Cruden, D.M.; Varnes, D.J. (1996). Landslides. Investigation and Mitigation. Special Report 247. Ed. Keith Tuner e Robert Schuster. Transportation Research Board. National Research Council. National Academy Press, Washington D.C., 247p.
- Cruden, D.; VanDine, D. F. (2013). Classification, Description, Causes and indirect effects - Canadian Technical Guidelines and Best Practices related to Landslides: a national initiative for loss reduction. Geological Survey of Canada, Open File 7359, 22 p.
- Cruz, J.R. (1940). O Clima de Angola. Elemento de climatologia. Lisboa, 96p.
- Dearman, W.R. (1974). Weathering classification in the characterization of rock for engineering purposes in British practice. Bulletin of international Association of Engineering Geologists. Vol. 9, pp. 33-42.
- Deere, D.U.; R. P. Miller (1966). Engineering classification and index properties of rock. Tech. Report Air Force Weapons Lab., New Mexico, pp. 65-116.
- Departamento de Estradas e Rodagens do Estado de São Paulo (D.E.R.E.S.P). (1991). Manual de Geotecnia: Taludes de Rodovia; Orientações para Diagnósticos e Soluções de seus Problemas. São Paulo: Instituto de Pesquisa Tecnológica: Publicações IPT 1843, 206p.
- D.R. (2013). Plano Nacional Estratégico para Água 2013 - 2017. *Diário da república, 1 série, n.º 22 - Decreto Presidencial n.º9/13*, pp. 250-284.
- Dikau, R.; Brunsden, D.; Schrott, L.; Ibsen, M. (1996) – Landslide Recognition. John Wiley & Sons, Chichester, 251p.

- Diniz, A.C. (2006). Características Mesológicas de Angola: Descrição e Correlação dos Aspectos Fisiográficos, dos solos e da vegetação das Zonas Agrícolas Angolanas. Lisboa: IPAD. 56p.
- Diniz, A. C. (1998). Angola, o meio Físico e potencialidades agrícola, 2ª Edição Revista, 59p.
- Dyminski, A.S. (2010). Notas de Aula da Disciplina: Estabilidade de Taludes. In A. S. Dyminski, Noções de Estabilidade de Taludes e Contensões, UFPR, Brasil, 28 p.
- Favaretti, M. (2011). Environmental Geotechnics - Landslides Classification. Padova: Universita di Padova.
- Feio, M. (1960). As praias levantadas da região do Lobito e da Baía Farta. In G. de Orta, Angola Pleistocene, Vol. 8, pp. 357 - 370.
- Feio, M. (1981). O relevo do Sudoeste de Angola. Estudo de Geomorfologia. *Memórias da Junta de Investigação Científica do Ultramar*, 32p.
- Fernandes, N.F.; Guimarães, R. F.; Gomes, R. A.; Vieira, B. C.; Montgomery, D. R.; Greenberg, H. (2001). Condicionantes Geomorfológicos dos Deslizamentos nas Encostas: Avaliação de Metodologias e Aplicação de Modelo de Previsão de Áreas Susceptíveis. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 2, pp. 51 - 71.
- Flageollet, J.C.; Weber, D. (1996). Fall. In R. Dikau, D. Brunsten, L. Schrott e M. L. Ibsen (eds.), *Landslide recognition - Identification, movement and courses*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd., pp. 13 – 28.
- Fleury, S.V.; Olkowski, G. F.; Kurokawa, E. (2012). Proposta de metodologia para diferenciação de rochas duras e brandas em auditorias com o uso do Esclerômetro Silver Schmidt. Encontro Técnico nacional de Auditoria de Obras Públicas - ENAOP - Palmas/TO, pp. 1 - 12.
- Galvão, C.F.; Silva, Z. (1972). Carta Geológica, folha n.º 227-228 Lobito, escala 1: 100 000. Luanda.
- Gerscovich, D. M. (2009). Estabilidade de taludes. Rio de Janeiro: Faculdade de Engenharia (FEUERJ) - Departamento de Estradas e Fundações.
- Giresse, P.; Hoang, C. T.; Kouyoumontzakis, G. (1987). Analysis of vertical movements deduced from a Geochronological Study of Pleistocene deposits Southern Coast of Angola. (P. i. Britain, Ed.) *Journal of African Earth Sciences*, 2, pp. 177 - 187.
- Goodman, R.E.; Bray, J.W. (1976) – Toppling of rock slopes. Speciality Conference on Rock Engineering for Foundation and Slopes, Boulder, Colorado. ASCE, vol. 2, pp. 201 – 234.
- Governo Provincial de Benguela. (GOB)(s/d). FIMA - Feira Internacional de Minas de Angola. Benguela tem Minerais . Benguela, Benguela, Angola.
- Guerra, A.J.; Jorge, M. D. (2012). Geomorfologia do Cotidiano. A Degradação dos solos. *GeoNorte*, 4 (Especial), pp.116 - 135.
- Guerreiro, H.J. (2000). Exploração Subterrânea de Mármore - Aspectos Geotécnicos; Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado em Georrecursos - Área de geotecnia). Universidade Técnica de Lisboa, Portugal, 133p.

- Guiraud, M.; Buta-Neto, A.; Quesne, D. (2010). Segmentation and differential post-rift uplift at the Angola margin as recorded by the transform-rifted Benguela and oblique to-orthogonal-rifted Kwanza basins. *Marine and Petroleum Geology*, vol.27, pp. 1040–1068.
- Hansen, A. (1984). *Landslide Hazard Analysis*. D. Brunson and D. B. Prior (eds.). Slope Instability. New York: John Wiley & Sons. pp. 523-602.
- Hart, D. J.; Wang, H. F. (1995). Laboratory measurements of a complete set of poroelastic moduli for Berea sandstone and Indiana limestone. *J. Geophys. Res.* 100, pp. 17741 – 17751.
- Highland, L. M.; Bobrowsky, P. (2008). *O Manual de Deslizamentos - Um Guia para a compreensão de Deslizamentos*. (P. R. Rogério; J. J. Aumond, Trad.) Brasil: Mary Kidd, 156p.
- Hoek, E. (2007) – *Practical rock engineering*. <http://www.rocscience.com/hoek>. Acedido em 15 de Janeiro de 2015.
- Honrado, J.; Martins, F.; Calejo, M. J.; Dos Santos, H. K.; David, J. M. (2010). Plano Nacional Director de Irrigação de Angola: Uma síntese dos estudos. *A Engenharia dos Aproveitamentos Hidroagrícola: actualidade e desafios futuros - Jornadas Técnicas APRH*, Luanda, 17 p.
- Hucka, V. (1965). A Rapid Method of Determining the Strength of Rocks in Situ. *Int. J. Rock Mech. Mining Sci.*, 2, pp. 127-134.
- Hungr, O.; Evans, S. G.; Bovis, M. J.; Hutchinson, J. N. (2001). A Review of the Classification of Landslides of the Flow Type. *Environmental & Engineering Geoscience*, VII, pp. 221 - 238.
- Hutchinson, J.N. (1988) – General report: morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology. *Proc. 6th International Symposium on Landslides*. Ed. C. Bonnard. Balkema, Rotterdam, vol. 1, pp. 3 – 26.
- Infanti Jr., N.; Filho, N. F. (1998) *Processos de Dinâmica Superficial*. In: *Geologia de Engenharia*. Santos, A, M dos; Oliveira, S. N A. de B. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, pp.131-152.
- Júnior, A.P.; Longo, O. C. (2010). Análise dos movimentos de massa em áreas urbanas: o caso do Bairro dom Giocondo. *Energia, Inovação, Tecnologia e Complexidade para a Gestão Sustentável*. Niterói, RJ, Brasil: V Congresso de Excelência em gestão, pp. 1 – 19.
- Kamussel, C. (2009). <http://www.benguela.net/benguela/catumbela.asp>: <http://kamussel.forums-free.com/provincia-de-benguela-geografia-e-historia> de 2431p. Acedido em 05 de Setembro de 2014.
- Katz, O.; Reches, Z.; Roegiers, J.-C. (2000). Evaluation of mechanical rock properties using a Schmidt Hammer. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 37, pp. 723 - 728.
- Lamas, P.C. (1998). *Os taludes da margem sul do Tejo - Evolução geomorfológica e mecanismo de rotura*. Lisboa: Dissertação de Doutoramento em Geotecnia, na especialidade de Geologia de Engenharia, pela FCT/UNL, 379p.
- Lawrence, A.; Pierson, C. E.; Robert Van Vickie, R. P. (1993). *Rockfall Hazard Rating System*. Washington DC: Federal Highway Administration. 113p.

- Li, Z.; Huang, H.; Xue, Y.; Yin, J. (2009). Risk assessment of rockfall hazard on highways. *Georisk: Assessment and Management of Risk for Engineered System and Geohazards*, 3, pp. 147 - 154.
- Lopes, E.S.S. (2006). Modelagem espacial dinâmica em Sistema de Informação Geográfica – uma aplicação ao estudo de movimentos de massa em uma região da Serra do Mar paulista. Tese de Doutorado em Geociências e Meio Ambiente. Instituto de Geociências e Ciências Exatas da UNESP (IGCE/UNESP), Rio Claro, 314p.
- Luciano, P. (2008). Quantitative Risk Assessment of Rockfall Hazard in the Amalfi Coastal Road. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya, 90p.
- Marangon, M. (2006). Unidade 03 - Geotecnia de contenções, parte 1. In M. Marangon, Tópicos em Geotecnia e Obras de Terra, pp. 109 - 123.
- Martins, A.A. (2007). Contributo da geomorfologia para a elaboração dos planos directores municipais (PDMs) : aplicação no concelho de Barcelos. Acedido em 15 de Maio de 2014, de <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/7262>: <http://hdl.handle.net/1822/7262>
- Martins, J.B. (2002). Fundações. Universidade do Minho, Braga.
- Martins, R.J.; Moreira, P.N.; Carlos, S.P.; Neto, E.P.; Alzira, M.P.; Teixeira, J. (2009). A Técnica de Amostragem Linear Aplicada a Estudos de Compartimentação de maciços rochosos nom Norte de Portugal. Portugal, 10p.
- Mattos, K.C. (2009). Processos de instabilização em taludes rodoviários em solos residuais arenosos: Estudo na rodovia Castello Branco (SP. 208), Km 305 a 313 (Dissertação de Mestrado). São Carlos, 111p.
- Mendes, P.E. (2012). Análise da Série Temporal da Componente 2 do Projecto Auditoria de Água do Lado Angolano da Bacia Hidrográfica do Rio Cubango/Okavango. Luanda, 61p.
- Meneses, B.M. (2010). Deslizamentos, uma catástrofe natural. Relatório apresentado à Faculdade de Ciências Sociais e Humanas da Universidade Nova de Lisboa, 16p.
- MINUA. (2006). Relatório do estado geral do ambiente em Angola. Programa de Investimento Ambiental, Ministério do Urbanismo e Ambiente. Luanda, 325p.
- Mohamad, E.T.; Gofar, N.; Amin, M. M.; Isa, M. F. (2011). Field Assessment of Rock Strength by Impact Load Test. *Malaysian Journal of Civil Engineering*, 23 (1), pp. 105 - 110.
- Mouta, F.; O' Donnell, H. (1933). Carte Géologique de l' Angola, Esc. 1/2.000.00. Notice Exolcative - Ministério das Colónias . Lisboa.
- Nogueira, N.A. (2010). Análise de estabilidade de taludes artificiais. Lisboa, 144p.
- Novotný, J. (2013). Varnes Landslide Classification (1978). Addis Ababa: Addis Ababa University, Ethiopia, 21p.
- Oliveira, R. (1979). Taludes naturais e de escavação. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa.
- Ortis, J.M. (s/d). Movimento del Terreno. In F. J. Ayala- Carcedo, Manual de Ingenieria Geologica. España: ITGE, 626p.

- Pereira, M. (2001). A Projecção Estereográfica na Geologia Estrutural - Problemas e Resoluções. Angola Minas, 12 (II Trim.), pp. 22-25.
- Pierson, L.A., Davis, S. A.; Van Vickle, R. (1990). Rockfall Hazard Rating System – Implementation Manual, Federal Highway Administration (FHWA), Report FHWA-OR-EG-90-01, FHWA, U.S. Dep. of Transp, 11p.
- Pinho, A.C.; Carvalho, F. F. (2010). Prospecção, pesquisa e produção de petróleo em Angola. O papel desempenhado pelas companhias petrolíferas. In: J.M. Cotelos Neiva, A. Ribeiro, L. Mendes Victor, F. Noronha e M. Magalhães Ramalho (Eds.) *Ciências Geológicas – Ensino e Investigação e sua história*. Associação Portuguesa de Geólogos, Lisboa, pp. 61-70.
- Pires, R.; Gardete, D.; Luzia, R. (2012) - Aplicação do Sistema de avaliação de risco “Rockfall Hazard Rating System” nos taludes da via EN353 em Idanha-a-Nova. 13º Congresso Nacional de Geotecnia, Lisboa, 17-20 de Abril. Sociedade Portuguesa de Geotecnia, pp.1-16.
- Ramos, T.M. (2009). Ensaio geomecânico em rochas metassedimentares do maciço da Mina das Aveliras (Mosteiro de Tibães): comparação, potencialidades e limitações (Dissertação de mestrado). Porto, Portugal: ISEP - Instituto Superior de Engenharia do Porto, 219p.
- Rapp, A. (1961). Recent development of mountain slopes in Karkevagge and surroundings, northern Scandinavia: *Geografiska Annaler*, v. 42, pp. 71-200.
- Rodrigues, M.; Zêzere, J.L. (2003). Os deslizamentos da Fonte Nova (Alcobaça). Caracterização geomorfológica e riscos associados. III Seminário recursos geológicos, ambiente e ordenamento do território, pp. 1 - 8.
- Romariz, C. (1970). Rochas sedimentares carbonatadas - Considerações gerais e importância económica. *Naturália*, 131p.
- Roquinaldo, F. (2013). Biografia como história social - o clã ferreira Gomes e os mundos da escravização no Atlântico Sul. *Varia História*, 29, pp. 679 - 695.
- Russel, C.; Santi, P.; Higgins, J. (2008). Modification and Statistical Analysis of the Colorado Rockfall Hazard Rating System. Association of Environmental and Engineering Geologists 50th Annual Meeting Program with Abstracts, Los Angeles, CA, p.119.
- Santos Pereira C.M.; Chaminé, H. L.; Vieira, A. R.; Teixeira, J.; Gomes, A.; Fonseca, P. E. (2005). Geologia estrutural e geotecnia do maciço granítico do Alto da Cabeça Santa (NW de Portugal): implicações para a gestão do georrecurso da para a gestão do georrecurso da. (E. d. castro, Ed.) *Revista de Xeologia galega e do Hercínio Peninsular*, 30, pp. 39 - 56.
- Santos, G.; Zacarias, I. (2010). Pesquisa sobre diferendos e conflitos de terras e as formas da sua resolução. Luanda, 136p.
- Saraiva, A.L.; Andrade, P. G. S. (2003). Evolução temporal de taludes naturais e de escavação. A Geologia de Engenharia e os Recursos Geológicos. Imprensa da Universidade de Coimbra (Eds) Martim Portugal Ferreira (Coord), vol 1, pp. 355-365.
- Sassa, K. (1985). The mechanism of debris flows. In: Proceedings of XI International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, San Francisco, 3, pp. 1173 - 1176.

- Serralheiro, R. P.; Monteiro, F. G.; Sousa, P. L. (s/d). O Regadio em Angola na perspectiva do desenvolvimento rural. pp. 55-73.
- Sharpe, C.F. (1938). Landslides and related phenomena. New York: Columbia University, 171p.
- Sieira, A.C. (2009). Geossintéticos e Pneus: alternativa de estabilização de taludes. ENGEVISTA , 11, pp. 50-59.
- Silva, J.L. (2011). Ocupação das encostas de morro e deslizamentos no Córrego do Euclides, Recife – PE. Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Geográficas, UFPE. Julho.
- Small, R.J.; Clark, M. J. (1982). Slope and Weathering. Cambridge: Cambridge University Press, 112p.
- Tavares, T. (2005). Ammonites et échinides de l’Albien du basin de Benguela (Angola). Systématique, biostratigraphie, paléogéographie et paléoenvironnement. Tese não publicada. Dijon, France: Université de Bourgogne.
- Tavares, T.; Meister, C.; Duarte-Morais; M. L.; David, B. (2007). Albian ammonites of the Benguela Basin (Angola): a biostratigraphic framework. South African Journal of Geology, vol. 110, pp. 137 - 156.
- Teixeira, A.D. (2012). Avaliação da Sustentabilidade à ocorrência de deslizamentos superficiais. Utilização de modelos matemáticos de base física na Bacia do Tibo, Arco de Valdevez (Dissertação de mestrado). Universidade do Porto, 118p.
- Teixeira, M. (2005). Movimentos de Vertentes - factores de ocorrência e metodologia de inventariação. Associação portuguesa de Geólogos, Geonovas, 19, pp. 95 -106.
- Tominanga, L.K. (2009). Escorregamentos. In L. K. Tominanga, J. Santoro;R. Amaral, Desastres Naturais: Conhecer para Prevenir. 1.ª Edição ed., São Paulo, 197p.
- Torquato, J.R. (1978). Geotectonic outline of Angola. II centenário da Academia de Ciências de Lisboa, Lisboa Sep. Estudos de Geologia e Paleontologia e de Micologia, pp.123-149.
- Vallejo, L. I.; Ferrer, M.; Ortuño, L.; Oteo, C. (2002). Ingeniería Geológica. Madrid, España: Prentice Hall.
- Varnes, D.J. (1958) – Landslides Types and Processes. Special Report 29: Landslides and Engineering Practice. Ed. E.B. Eckel. HRB, National Research Council, Washington D.C., pp. 20 – 47.
- Varnes, D.J. (1978) – Slope movement types and processes. Special Report 176. Landslides: Analysis and Control. Ed. R.L. Schuster, R.J. Krizek. TRB, National Research Council, Washington D.C., pp. 11 – 33.
- Varnes, D.J. (1984) – Landslide hazard zonation: a review of principles and practice. UNESCO, Paris, 63p.
- Vedovello, R.; Macedo, E. S. (2007). Deslizamentos de Encostas. In R. F. Santos, Vulnerabilidade Ambiental: Desastres Naturais ou Fenómenos Induzidos? Brasília, 192p.
- Victorino, A.D. (2012). Geokwanza: Desenvolvimento de um WebSIG para a Geologia Sedimentar da Bacia Sedimentar do Kwanza (Trabalho de Projecto). Lisboa, 55p.
- W.P.W.L.I - UNESCO. (1993). Multilingual Landslide Glossary. International geotechnical Society, Canadian Geotechnical Society. Richmond: Bi Tech Publishers Ltd.
- Zaruba, Q.; Mencl, V. (1976). Engineering Geology. Elsevier, Amsterdam, 504p.

Estudo das Situações de Instabilidade de Taludes na área da Catumbela – Benguela, Angola

Zêzere, J.L. (1997). Movimentos de vertente e Perigosidade Geomorfológica na Região a Norte de Lisboa. Lisboa: Dissertação de doutoramento em geografia Física apresentada à Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa, 575p.

Zêzere, J.L. (2000). A Classificação dos Movimentos de Vertente: Tipologia. Actividade e Morfologia. Lisboa: Centro de Estudos Geográficos, 35p.

Zêzere, J.L. (2005). Dinâmica de vertentes e riscos geomorfológicos. Lisboa: Centro de estudos geográficos, 129p.