

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar agradeço a Deus, por me dar vida e saúde e estar sempre presente, aos meus pais Dionísio de Carvalho e Josefina de Carvalho, pela vida e perseverança na orientação permanentemente em seguir o caminho certo neste mundo.

Ao Professor Doutor Luís Vítor da Fonseca Pinto Duarte, meu orientador, pela prestimosa orientação, para que o mesmo fosse possível e por todo conhecimento científico, nas diversas áreas da Geologia.

Ao Professor Doutor Alexandre Manuel de Oliveira Soares Tavares, que com toda sua sapiência, não poupou esforço nos valiosos ensinamentos,

A ambos pelo encorajamento, dedicação, compreensão, disponibilidade e incentivo que me concederam no decorrer desta dissertação.

Igualmente aos professores do Departamento de Ciências da Terra, pelo carinho e atenção concedida durante este percurso.

A minha esposa Natividade e aos meus familiares, por me terem apoiado incondicionalmente, e aos meus queridos filhos Dércio e Josy por compreenderem as ausências constantes por esta nobre causa.

A Direcção Provincial da Educação, Ciência e Tecnologia de Benguela, Escola de Formação de Professores do Lobito pela compreensão e permissão nas deslocações deste propósito.

A Administração Municipal do Lobito, ao Porto do Lobito, a Capitania do Porto do Lobito, ao Comando Municipal dos Bombeiros do Lobito, a Direcção da Companhia de Cimento do Lobito pela recepção e aceitação do projecto de investigação na orla costeira do Lobito, facto demonstrado pelo incentivo de coragem.

Ao Instituto de Meteorologia e Geofísica de Benguela na facilidade de informação prestada.

À Biblioteca do Departamento de Ciências da Terra, nas pessoas da Dra. Cristina Brojo e D. Conceição, pela ajuda na pesquisa e pelas palavras de encorajamento.

Aos meus amigos que directa ou indirectamente me apoiaram financeira, moral ou cientificamente, manifestando-se interessados e preocupados pelo meu trabalho ao longo desta formação.

O meu muito obrigado.

## RESUMO

Apresenta-se neste trabalho uma caracterização das unidades geológicas e uma avaliação da susceptibilidade à instabilidade das arribas calcárias observadas ao longo da faixa costeira entre a praia da Jomba e a cidade do Lobito, província de Benguela, Angola.

Este estudo, baseado fundamentalmente em observações sistematizadas de campo, demonstra que as arribas são compostas maioritariamente por alternâncias marga-calcário da Formação de Quissonde (muito localmente, por calcários da Formação de Catumbela), do Albiano (Cretácico Inferior), e por depósitos superficiais conglomeráticos de natureza carbonatada mais recentes. A unidade cretácica é composta por calcários margosos, micríticos, bioclásticos, por vezes nodulares, margas, argilitos e siltitos mais ou menos carbonatados. Estes tipos litológicos alternam entre si, com diferentes padrões de estratificação, numa sucessão frequentemente fracturada e dobrada.

Em termos da susceptibilidade à instabilidade, como resultado dos diversos tipos litológicos e padrões de estratificação e de fracturação, reconhecem-se nas arribas vários tipos de movimentos de massa: quedas de blocos, deslizamentos rotacionais superficiais, deslizamentos translacionais planares, deslizamento translacional em cunha, tombamentos, erosão ravinante e materiais menos coesivos.

**Palavras – chave:** Alternâncias margo-calcário, arriba, faixa litoral, susceptibilidade, instabilidade, ordenamento do território.

## **ABSTRACT**

It is presented in this study a characterization of geological units and an assessment of the mass movements susceptibility of the limestone cliffs observed along the coastal area between the Jomba beach and the city of Lobito, Benguela, Angola.

This study, based primarily on systematic field observations shows that the cliffs are composed mainly by marl-limestone alternations from the Quissonde Formation (very locally, by the calcareous Catumbela Formation), dated from the Albian (Early Cretaceous), and by more recent carbonated conglomeratic deposits. The Cretaceous unit comprises marly, micritic and bioclastic limestones, sometimes nodular, marls, siltstones and claystones more or less carbonated. These rock types alternate with each other, with different patterns of stratification, a succession often fractured and folded.

In terms of susceptibility to instability as a result of the heterogeneity of rock types and patterns of stratification and fractures, several types of mass movements are recognized in cliffs: rock fall, rotational landslide, planar translational landslide, toppling, and some cliff erosion with gullies.

Key words: Coast area, cliffs, alternating marl-limestone mass movement susceptibility, instability, coastal management

## ÍNDICE GERAL

Agradecimentos.....	I
Resumo.....	II
Abstract.....	III
Índice.....	IV
Índice de Figuras.....	VI
Índice de Tabelas.....	IX
I. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
1. Definição de Conceitos e Fundamentos do Estudo.....	1
2. Objectivos do Trabalho.....	4
3. Esquema de Investigação.....	4
4. Descrição dos Conteúdos da Dissertação.....	6
II. ENQUADRAMENTO DA ÁREA DE ESTUDO, CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E GEOMORFOLÓGICA.....	7
1. Localização da Área.....	7
2. Clima.....	8
3. A Orla Meso-Cenozóica da Região de Benguela .....	11
3.1. A Bacia de Benguela .....	13
3.2. As Unidades do Cretácico .....	15
4. Enquadramento Geomorfológico .....	17
5. Dinâmica Litoral.....	20
III. METODOLOGIA .....	22
IV. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA DAS ARRIBAS COSTEIRAS ENTRE A PRAIA DA JOMBA E O LOBITO VELHO.....	32
1. Sector 1 – Praia da Jomba .....	34
2. Sector 2 - Extremo Sul da Praia da Jomba e o Farol do Lobito.....	39
3. Sector 3 – Extremo Sul do Farol do Lobito a Norte da Secil (Lobito Velho)..	41
V. CARACTERIZAÇÃO DOS FACTORES CONDICIONANTES DA INSTABILIDADE DAS ARRIBAS COSTEIRAS ENTRE A PRAIA DA JOMBA E O EXTREMO NORTE DA SECIL (LOBITO VELHO).....	44
1. Factores Morfológicos .....	44
1.1. Largura da Faixa Longitudinal .....	44
1.2. Altura da Arriba .....	45
1.3. Inclinação da Arriba.....	45
1.4. Protecção de Sopé .....	46
2. Factores Líticos .....	46
2.1. Volume dos Materiais Instabilizados.....	46
2.2. Heterogeneidade dos Materiais .....	47
2.3. Espessura dos Estratos .....	47
3. Factores Geomecânicos .....	47
3.1. Grau de Alteração .....	47
3.2. Espaçamento das Descontinuidades .....	48
3.3. Resposta à Percussão .....	49
4. Outros Factores .....	49
4.1. Cobertura Vegetal .....	49
4.2. Exposição à Abrasão Marinha.....	50
5. Avaliação da Susceptibilidade e da Tipologia dos Movimentos de Massa nas Arribas.....	50

5.1. Movimentos de Massa.....	50
5.2. Perfis-tipo da instabilidade das arribas.....	53
VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. I. 1 - Esquema conceptual da metodologia geral utilizada na concepção deste trabalho.....	5
Fig.II.1 – <b>A</b> : Localização do Município do Lobito no contexto da Província de Benguela e de Angola. <b>B</b> : Representação cartográfica da área de estudo (linha vermelha) (retirado do Google Earth).....	7
Fig.II.2 – Imagem ilustrativa da caracterização climática de Angola, situada na zona inter-tropical do hemisfério Sul. Círculo: zona de estudo (adaptado de <a href="http://www.hidrográfico.pt/Angola.pt">http://www.hidrográfico.pt/Angola.pt</a> ).....	8
Fig.II.3 – Gráfico de temperatura para Benguela baseado nos dados do IMGB (2012).....	9
Fig.II.4 – Gráfico pluviométrico para Benguela, baseado nos dados do IMGB (2012).....	10
Fig.II.5 – Gráfico de humidade relativa para Benguela baseado nos dados IMGB (2012).....	10
Fig.II.6 - Folhas 227-228 da Carta Geológica de Angola, à escala 1:100.000, ilustrando os três sectores caracterizados no texto (adaptado de Galvão & Portugal, 1971).....	11
Fig.II.7 – Definição das bacias sedimentares peri-atlânticas de Angola onde se insere a Bacia (por vezes apelidada de Sub-Bacia) de Benguela (retirado de Quesne <i>et al.</i> , 2009).....	12
Fig.II.8 - Quadro litostratigráfico das unidades cretácicas da Bacia do kwanza, nomenclatura usada igualmente na Bacia de Benguela ( <i>in</i> Quesne <i>et al.</i> ,2009).....	14
Fig.II.9 – Extracto da Carta Geomorfológica dos arredores do Lobito evidenciando alguns dos pormenores geomorfológicos mais significativos. Cor vermelha, área de estudo (retirado de Carvalho, 1961).....	19
Fig.II.10 – Amplitudes mensais da maré durante os anos de 2008 e 2009.....	21
Fig.III.1 - Localização dos 103 pontos de observação ao longo da zona estudada (base cartográfica retirada do Google Earth).....	23
Fig. III.2 – Exemplo de Ficha de observação de campo (Ficha 25).....	24
Fig.III.3 – Exemplo de Ficha de observação de campo (Ficha 84).....	26
Fig.III.4 – Caracterização dos movimentos em taludes e vertentes, de acordo com a trajectória da massa deslocada: 1 – desabamento, 2 – tombamento, 3 – deslizamento, 4 – expansão lateral, 5 – fluxo (UNESCO/WPGWL, 1993).....	30
Fig. III.5 – Aspecto ilustrativo das limitações de acesso aos afloramentos, <b>A</b> :área vedada, trabalhos de desminagem; <b>B e C</b> : trabalhos de engenharia (construção do cais mineiro), <b>D</b> : transporte em barco (Lancha).....	31
Fig.IV.1 - Extracto das Folhas 227/228-Lobito da Carta Geológica de Angola à escala 1/100000 ( <i>in</i> Galvão & Portugal, 1971), Ilustrando a parte correspondente à zona costeira estudada. Ver legenda na Fig. II.6.....	33
Fig.IV.2 - Observação do limite Norte da zona estudada (praia da Jomba) onde se observa o contacto por falha entre as formações de Catumbela e de Quissonde.....	33
Fig.IV.3- Perfil estratigráfico da Formação de Quissonde aflorante na praia da Jomba onde é possível discernir um conjunto diferenciado de 3 unidades (retirado de Segundo, 2011).....	34
Fig.IV.4 - Localização dos sectores 1,2 e 3 da área de estudo (base cartográfica retirada do Google Earth).....	35

Fig.IV.5 – Aspecto da variabilidade vertical e lateral da Formação de Quissonde, onde as alternâncias marga-calcário mostram uma componente margosa mais saliente.....	36
Fig.IV.6 - Ilustração do extremo Sul do segmento margoso da praia da Jomba, onde se observa uma unidade conglomerática de natureza calcária, correspondendo a um depósito de vertente que ravina a Formação de Quissonde.....	36
Fig.IV.7 – Ilustração da morfologia mais aplanada da zona costeira e da cobertura vegetal, resultante da sucessão mais margosa da Formação de Quissonde. Esta unidade é identificada em Segundo (2011) como MAPJ (ver Fig. IV.3).....	37
Fig. IV.8 – Aspecto estrutural (inclinação dos estratos) do contacto entre as duas unidades superiores da Formação de Quissonde aflorantes na praia da Jomba (unidades MCPJ e MAPJ de Segundo, 2011).....	38
Fig.IV.9 - Aspecto da sucessão estratigráfica da Formação de Quissonde ilustrando as suas típicas alternâncias marga-calcário e alguma nodularização. De notar ainda a presença de uma pequena falha normal, observada entre as estações J17 e J18 (entre as coordenadas 130 37'49,66E/120 16'28,01S e 130 37'48,02E/120 16'30,70S).....	38
Fig.IV.10 - Aspecto visual da fracturação das alternâncias marga-calcário no extremo sul da praia da Jomba.....	39
Fig.IV.11 – <b>A:</b> Aspecto da sucessão alternante decimétrica mais calcária, <b>B:</b> Unidade alternante mais margosa, mais susceptível à erosão.....	40
Fig.IV.12 – Sobreposição de vários conjuntos litológicos margo-calcários da Formação de Quissonde ( <b>A</b> e <b>C</b> ) evidenciando-se várias fracturas, algumas contemporâneas da deposição da formação. De notar a ocorrência de uma unidade conglomerática calcária ( <b>D</b> ) que se sobrepõe a todo o conjunto.....	40
Fig.IV.13 - Aspecto visível dos vales suspensos e da faixa longitudinal constituída basicamente por calhaus.....	41
Fig.IV.14 - <b>A:</b> Aspecto visível do vale suspenso acima do nível médio da água do mar.....	42
Fig. IV.15 – Aspecto visível da fracturação, declive e altura da arriba (escala dada pelas duas pessoas na parte inferior esquerda da imagem).....	42
Fig.IV.16 – Aspecto da estratificação das unidades líticas aflorantes neste segmento. <b>A:</b> unidade calcária em bancada métrica. <b>B:</b> unidade calcária em bancada métrica, com estratificação decimétrica. <b>C:</b> Alternância calco-margosa em bancada métrica, com estratificação decimétrica. <b>D:</b> depósitos de vertente.....	43
Fig.V.1- Classes de largura da faixa longitudinal.....	44
Fig.V.2 - Classes de altura da arriba.....	45
Fig.V.3 - Classes de inclinação da arriba.....	45
Fig.V.4 - Volume dos materiais instabilizados.....	46
Fig.V.5 - Classes de grau de alteração nos três sectores em estudo.....	48
Fig.V.6- Classes de espaçamento das discontinuidades.....	48
Fig.V.7 - Classes de resposta à percussão ao martelo no material dos sectores	49
Fig.V.8 – Classes de cobertura vegetal nas arribas.....	50
Fig.V.9 -Tipologia dos movimentos de massa nas arribas.....	51
Fig.V.10 – Ilustração dos diferentes tipos de instabilidade observados ao longo da faixa costeira estudada.....	52
Fig.V.11 - Perfil-tipo 1 – sector 1 (Extremo Norte da praia da Jomba).....	54
Fig.V.12 – Perfil-tipo 2 – Sector 1 (praia da Jomba). ....	55

Fig.V.13 – Perfil-tipo 3 - Sector 1 (praia da Jomba).....	56
Fig.V.14 – Perfil-tipo 4 - Sector 1 (praia da Jomba).....	57
Fig.V.15 – Perfil-tipo 5 - Sector 2 (Extremo Sul da praia da Jomba e o farol do Lobito).....	58
Fig.V.16 – Perfil-tipo 6 - Sector 2 (Extremo Sul da praia da Jomba e o farol do Lobito). ....	59
Fig.V.17 – Perfil-tipo 7 - Sector 2 (Extremo Sul da praia da Jomba e o farol do Lobito).....	60
Fig.V.18 – Perfil-tipo 8 - Sector 2 (Extremo Sul da praia da Jomba e o farol do Lobito).....	61
Fig.V.19 – Perfil-tipo 9 - Sector 2 (Extremo Sul da praia da Jomba e o farol do Lobito). ....	62
Fig.V.20 – Perfil-tipo 10 - Sector 2 (Extremo Sul da praia da Jomba e o farol do Lobito). ....	63
Fig.V.21 – Perfil-tipo 11 - Sector 3 (Entre o farol do Lobito e a Secil - Lobito Velho). ....	64
Fig.V.22 – Perfil-tipo 12 - Sector 3 (Entre o farol do Lobito e a Secil - Lobito Velho).....	65



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela II.1 - Variação das marés durante 2008-2009.....	21
Tabela III.1 - Grau de Alteração superficial dos materiais (segundo Rodrigues, 2007.....	28
Tabela III.2 - Espaçamento das descontinuidades (segundo Ferrer & Vallejo, 1999) .....	28
Tabela III.3 - Descrição de abertura de diaclases (adaptado de Ferrer & Vallejo, 1999)....	29
Tabela III.4 - Descrição da espessura dos estratos (IRSM, 1981) .....	29
Tabela III.5 - Descrição de blocometria dos materiais (IAEG, 1981) .....	29