

# 1 – Introdução

## 1.1 - Contextualização do tema

O presente trabalho tem como tema o estudo de erosão e instabilidade de arribas rochosas nas áreas de Caota e do Sombreiro. As referidas zonas, fazem parte do litoral da província de Benguela em Angola e apresentam grande potencialidade enquanto focos de desenvolvimento económico ligado a atividades turísticas e balneares. Não obstante, dadas as características geológicas, climáticas e hidrodinâmicas da sua envolvente, estão sujeitas à ação continuada da erosão costeira e do conseqüente recuo de arribas, naquilo que constitui um fenómeno que ocorre de modo evidente nas margens oceânicas, afetando populações, infraestruturas e interesses económicos.

Com efeito é no litoral angolano que se localizam algumas cidades de maior importância e uma parte substancial da população nacional.

Atualmente as situações de erosão costeira ocorrem em muitas áreas situadas no litoral de Angola, constituindo situações particularmente importantes nas áreas urbanas situadas nessa faixa litoral.

Neste sentido, as autoridades administrativas das áreas costeiras devem promover e ter acesso aos estudos dos processos erosivos e da sua suscetibilidade, bem como ter conhecimento da sua possível evolução e intensidade. As alterações da linha costeira, bem como as suas possíveis conseqüências, devem ser definidas de modo a evitar os problemas relacionados com a erosão e promover as suas eventuais soluções.

Ao referirem-se os aspetos inerentes ao estudo de instabilidade e erosão de arribas rochosas nas áreas acima referenciadas, e para uma melhor compreensão deste trabalho, começou-se por definir os conceitos básicos inerentes ao tema, bem como a revisão da bibliografia que relaciona o fenómeno da erosão das arribas no perímetro em estudo:

**Arriba** ou falésia corresponde a uma escarpa de pendor elevado que se localiza à beira-mar, sendo que a sua origem está relacionada com a ação erosiva do mar (Guerra & Guerra, 2008). Os processos erosivos predominantes nas arribas estão relacionados com a atuação das ondas, devido à carga de partículas que transportam e dos efeitos da rebentação contínua sobre a costa, que originam a sua erosão. O termo falésia, mais utilizado em situações de quase verticalidade dos alcantilados rochosos e segundo Castro (2001), “*é um gaulismo que deriva da palavra francesa falaise*”.

O termo **costa** é utilizado para enquadrar as regiões de um continente ou de uma ilha que se encontram em contacto com o mar, baías ou golfos. De acordo com

Sunamura (1992), a **costa rochosa** apresenta-se na forma de arribas que são constituídas por material consolidado de resistência variável, pelo que arribas podem apresentar materiais geológicos desde os granitos ou basaltos até depósitos sedimentares que apresentam uma coerência mais reduzida.

Segundo Silva (2005), a **erosão** corresponde a um processo no que o material rochoso é desgastado, e os materiais que resultam da sua alteração podem ser removidos através da ação da água, do vento e/ou da força gravítica. A **erosão marinha** está relacionada com a ação das ondas e das marés, que provocam o desgaste da parte inferior das falésias. As águas do mar no decorrer dos seus processos erosivos têm uma ação química e mecânica. A morfologia das zonas costeiras é variável e é condicionada pela natureza dos elementos litológicos que a constituem.

**O Litoral** segundo Castro (2001) é representado pela faixa onde se estabelece o contacto entre a terra e o mar, *“e que é limitada interiormente pelo nível de praia e exteriormente pelo nível de baixa-mar. A zona litoral é afetada pelo movimento das marés, ou seja, é a zona que o mar descobre no seu movimento periódico de vaivém”*. Podem verificar-se grandes variações nas áreas litorais, de acordo com as características de relevo e de comportamento das marés numa dada região.

Segundo Ervedosa (1980), o litoral de Angola apresenta-se muito variável na sua configuração, podendo apresentar arribas, e em alternância costas baixas e arenosas. De acordo com Sabino (2007), as primeiras estão presentes, por exemplo, nas áreas de Porto Amboim, Lobito, Benguela e Baía Farta. No entanto também apresentam grande desenvolvimento mais para Sul, entre o Cuio, Lucira, Namibe e Tômbwa. No que toca à região de Benguela, esta informação é reforçada por Passassi (2011), autor que menciona que no litoral da Baía Farta, se verifica a presença de alguns terraços de costa rochosa que constituem arribas (praia da Caota, Baía Azul e Promontório do Sul do Cimo). Ainda Carvalho (1963) indica que as arribas da ponta do Sombreiro são constituídas por rochas cenozóicas com desenvolvimento tabular e suficientemente compactas para imporem um modelado com formas de erosão abruptas, incluindo extensos ravinamentos e uma longa linha de arribas.

A **Instabilidade** das arribas resulta do processo pelo qual, as rochas que constituem as arribas ou taludes se tornam inseguras, instáveis e móveis, devido à ação continuada dos agentes erosivos, causando a desagregação das mesmas e originando frequentemente movimentos gravíticos. Como vemos, a instabilidade das arribas está associada aos processos erosivos e não constitui um fenómeno alheio ao litoral angolano, como constatou Huvi (2010), o qual indicou que diversos setores do litoral de Angola, como a faixa costeira de Benguela, têm sido sujeitos a processos erosivos, estando estes relacionados com causas naturais e antrópicas.

Assim, arribas podem ser vistas como taludes que sofrem a ação da erosão maior ou menor no seu sopé, causando o aumento do declive do talude ou mesmo o surgimento de escavações que, conjugadas com outros fatores, contribuem para a Instabilidade das arribas costeiras, podendo ocorrer situações como os desmoronamentos e os deslizamentos. A coexistência de terraços/arribas e processos erosivos constituem perigo para qualquer costa marítima e conseqüentemente da área em estudo, assim justificando o presente trabalho de investigação.

Para a elaboração desta monografia, em que fazemos o estudo de instabilidade e erosão de arribas rochosas na área de Caota e Sombreiro, pretendem-se alcançar os seguintes objetivos:

## **1.2 - Objetivo geral:**

- Avaliar a suscetibilidade erosiva e analisar as causas que estão na origem da instabilidade e erosão de arribas rochosas nas áreas da Caota, Praia Cambolo e Sombreiro.

## **1.3 - Objetivos específicos:**

- Definir a suscetibilidade à erosão das arribas rochosas.
- Proceder à caracterização geológica da área em estudo.
- Definir os tipos de instabilidades presentes nas arribas.
- Apresentar as conseqüências da instabilidade e erosão das arribas desta região.
- Propor algumas medidas que contribuam para mitigar os efeitos nefastos dos processos erosivos e dos movimentos de instabilidade.

## **1.4 - Estrutura do trabalho**

O presente trabalho encontra-se dividido em sete capítulos. O primeiro capítulo, de introdução, apresenta a localização, uma pequena descrição dos processos erosivos e dos principais objetivos. No segundo capítulo, é efetuado o enquadramento geográfico, geomorfológico e geológico regional e local. O terceiro capítulo destaca algumas considerações gerais sobre a erosão e instabilidade de arribas. No quarto explica-se a metodologia utilizada na investigação. No quinto capítulo apresenta-se o estudo da erosão costeira e dos movimentos de instabilidade nas áreas da Caota, Praia Cambolo e Sombreiro. por fim, no sexto capítulo enumeram-se as conclusões do presente estudo.



## 2 - Caracterização geográfica e geológica da área em estudo

### 2.1 - Enquadramento geográfico

A áreas em estudo, designadamente a, a praia do Campolo e o Sombreiro, correspondem a espaços de importância turístico-lúdica da zona litoral de Benguela, uma das dezoito províncias da República de Angola. Este país fica situado na costa Ocidental de África, a Sul do equador, constituindo uma das nações emergentes do sudoeste africano, em que o desenvolvimento económico mais se tem feito sentir nos últimos anos. Neste sentido, Angola (Figura 2.1) encontra-se limitada a Norte pela República do Congo Brazzaville e pela República Congo Democrático e a Sul pela Namíbia, gerando sinergias que contribuem para o crescimento económico destes países, através de um incremento de trocas comerciais e de fluxos socioeconómicos crescentes. Do mesmo modo, ao possuir uma extensa faixa costeira atlântica, sendo aí banhada, a Sul pela corrente fria de Benguela, propiciam-se interfaces portuárias das quais o vetor Lobito-Benguela é um dos principais esteios, e abundam recursos piscatórios em águas particularmente ricas em espécies com interesse económico

Segundo Fituni (1985), o território angolano estende-se entre as latitudes de 04°21'26'' e 18°02'10''S e os meridianos de 011°38'40'' e 24°03'20''E de Gr., abrangendo uma superfície de 1.246.700 km<sup>2</sup>. A sua extensa fronteira marítima mede cerca de 1.560 km, sendo que a fronteira terrestre, atinge 4.690 km. A extensão Norte-Sul do país é de cerca de 1300 km, e de Oeste a Este, aproximadamente 1250 km (João & Silva, 2007).



acidentados, em que vales fluviais drenam extensos espaços montanhosos. A sub-região Centro define-se como uma extensão territorial disposta entre-os-rios Cubal e Coporolo, caracterizada por espaços de terraplano e relevos mais aplanados do que a anterior. Por fim, a sub-região Sul encontra-se localizada a Sul do rio Coporolo e apresenta um relevo com pequenos vales fluviais e terrenos secos (Techoexportstroy, 1990).

Grande parte da população da província de Benguela pertence à etnia Ovimbundu, mas os diferentes grupos como: Mum-Ndombe, Muhanha, Nganda, Lumbu e Quilengues foram, em geral, “umbundizadas” apenas no século XIX. Mais recentemente e como consequência da guerra civil angolana e do êxodo rural que esta desencadeou, muitos ovimbundus de outras regiões do interior, nomeadamente das províncias do Huambo e do Bié, migraram para as cidades de Benguela e Lobito, as quais, como todas as grandes cidades de Angola, cresceram enormemente nas três últimas décadas.

A cidade de Benguela é o principal dos dez Municípios que formam a província com o mesmo nome. Situa-se no extremo Oeste, junto à linha costeira, encontrando-se limitada a Sul pelo Município da Baía Farta, a Norte pelo da Catumbela e a Este pelo Município do Bocóio (Figura 2.2).

O Município de Benguela possui atualmente uma superfície de 2.100 km<sup>2</sup> e cerca de 513 mil habitantes, situando-se entre os paralelos 12°32' e 13°10' de latitude Sul e os meridianos de 013°16' e 013°58' de longitude Este. Administrativamente o Município está dividido em seis Comunas, vulgarmente chamadas por zonas, a saber; zonas A, B, C, D, E, e F. É precisamente na fronteira marítima Sul, entre o Município de Benguela e o Município da Baía Farta, à latitude de 12°36'04''S e longitude de 013°17'45''E, que encontramos as localidades da Caota, praia do Cambolo e Morro do Sombreiro, objeto do presente estudo. Portanto no âmbito da subdivisão administrativa do município de Benguela por comunas, o sector costeiro em estudo, pertence à zona: B localizada a Sul, junto a linha de costa. É exatamente o rio Mormolo que serve de fronteira entre a zona B e o Município da Baía Farta.

A Caota e Sombreiro distam acerca de 16 km da sede da Província. O seu acesso faz-se pela estrada que liga a cidade de Benguela ao Município da Baía Farta. Segue-se cerca de 3 km depois do desvio Benguela/Dombe Grande, curva-se para o lado direito em direção à costa marítima.



Figura 2.2 - Mapa da Província de Benguela, ilustrando os seus respetivos municípios, à escala de 1: 5 000 000, retirado de agência de notícias Angola press. (2014).

A Caota é uma localidade que se desenvolveu, sobretudo, graças à atividade pesqueira e a pequenos estaleiros de construção/reparação naval, (Figura 2.3). Com efeito, nos Municípios de Benguela e da Baía Farta, regista-se um fraco regime de precipitação atmosférica ao longo do ano, os solos são residuais e os cursos de água secos pelo que atividade agrícola está condenada a pouca produtividade. Este facto terá obrigado as populações a aglomerarem-se na costa, onde há abundância em peixe, impelindo-os a praticar a atividade pesqueira, instalando pescarias e salinas (Neto,

1960). Foi deste modo que se desenvolveu esta localidade, hoje com vários milhares de habitantes.



Figura 2.3 – Baía da Caota, em que se observa indícios da atividade pesqueira.

A Caota possui um estaleiro naval, três pescarias, uma escola do ensino primário com cerca de 1000 alunos, sendo que os alunos do 1º e 2º Ciclo se deslocam diariamente ao Município da Baía Farta para frequentarem as aulas. Nesta localidade, existem cinco denominações religiosas em que se destacam a Igreja Católica, Adventista e a I.E.C.A, para além de um posto médico.

O farol do Sombreiro foi construído em 1884 e, durante muito tempo, serviu de ponto de referência para a navegação marítima. Quanto ao Morro do Sombreiro, (Figura 2.4) é uma "roda" com cerca de 5 metros de espessura e 50 de diâmetro. Como se encontra apoiada numa base de argila, a erosão vai evidenciando, cada vez mais, o tal "sombreiro". Cerca de 1.000 metros antes do morro (o acesso faz-se pela estrada da Caota), onde estão hoje implantadas as antenas retransmissoras da TPA, acaba o estradão em terra batida, que está em ótimo estado. O restante trajeto faz-se a pé, sobe-se uma escadaria em cimento até à base da cúpula. Havia uma escada em ferro com

20 a 30 metros na parte final, que está destruída. É necessário fazer uma ligeira escalada - nada de alarmante - pelas pedras, até ao topo (o mais difícil é descer) (Cardoso, 2007).



Figura 2.4 – Panorâmica do Morro do Sombreiro.

## 2.2 - Elementos de clima

Sorre (1943) define clima como conjunto de características médias, em geral ao longo de trinta anos, dos vários elementos climáticos; nomeadamente da temperatura e da precipitação, numa dada região e estabelece as relações com os diferentes estados atmosféricos que justificam essas características médias. No mesmo sentido, Pereira (2002) também define clima, como sendo ambiência atmosférica constituída por uma serie de estados da atmosfera (ou tipos de tempos) sobre um determinado lugar, na sua sucessão habitual.

Neste subcapítulo descrevem-se os elementos que constituem o clima, de Angola no geral e da área em estudo, em particular. Vários fatores contribuem grandemente na determinação e caracterização do clima em Angola, dos quais salientamos: A situação geográfica de Angola, na zona intertropical e subtropical do hemisfério Sul, a proximidade do mar, a corrente fria de Benguela, a altitude, a latitude (de 6° a 18° E) a orografia, as bacias hidrográficas do Cunene, Zambeze, Cubango, Cwanza e Zaire. Fituni, (1985)

De modo geral constata-se em todo território, a existência de duas estações opostas:

- Estação das chuvas (conhecido por; período quente) vai de Outubro a final de Maio.

- Estação seca (período fresco), também designada de época do cacimbo, começa em Junho e prolongar-se até finais de Setembro (MINUA, 2006).

A faixa costeira da Província de Benguela é geralmente considerada como sendo de clima semidesértico, influenciado pela fraca pluviosidade, (Figura 2.5) sobretudo no litoral, com exceção as planícies aluviais e zonas envolventes das embocaduras dos rios Catumbela, Cavaco, Dungo, Coporolo e Equimina. Na realidade, se excetuarmos estes espaços em que a humidade e os solos férteis propiciam o desenvolvimento de terras de cultivo (nacas), bananais e palmeirais, toda a restante região apresenta cobertura vegetal rasteira e pouco densa pontualmente com algum estrato arbustivo, incluindo plantas espinhosas (Vieira, 1951).

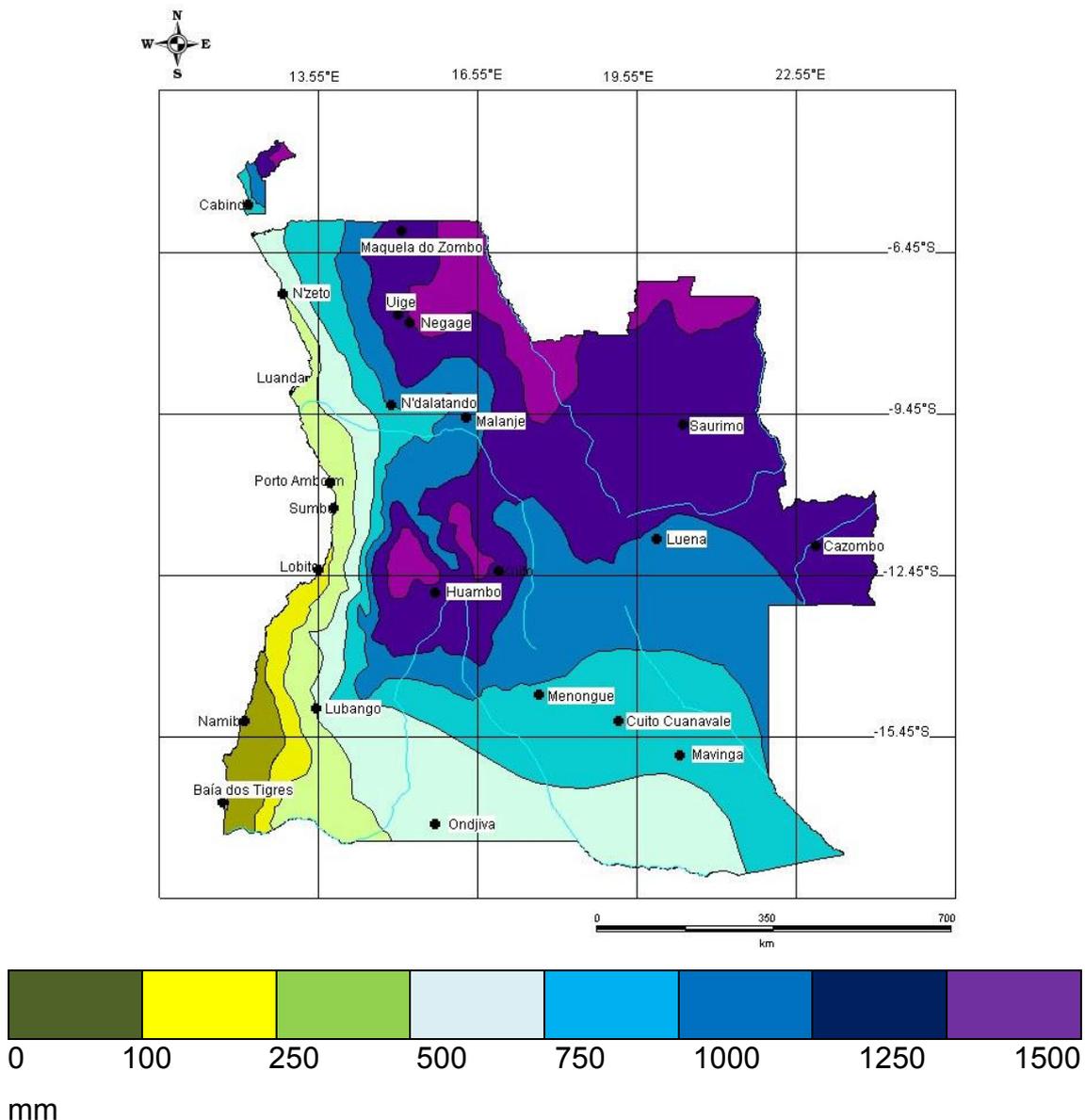


Figura 2.5 - Distribuição da Pluviosidade do território de Angola (Retirado de MINUA 2006)

O regime pluviométrico e a variação anual das temperaturas mínimas, máximas e médias diárias são duas características fundamentais que permitem caracterizar os climas em todas as regiões. De acordo com a classificação de Thornthwaite, citado por IICT (1981) a região litoral de Benguela, incluindo a zona de Sombreiro e a Caota, ficam próximo da região do Sudoeste de Angola, apresenta um clima árido, ao longo da faixa litoral a Sul de Benguela e megatérmico, a Norte desta cidade e em toda a extensão interior. Fazendo uma interpretação da classificação de Koppen, podemos inferir que o espaço de implantação da cidade de Benguela apresenta um clima seco e semidesértico, como consequência da fraca pluviosidade que se verifica nesta parte do litoral, influenciada pelo deserto do Namibe, cuja aridez é elevada. (Figura 2.6), este quadro ilustra a variação climática nos últimos dez anos. Consult (2007) sustenta que Benguela possui dois tipos de condições climáticas: (1) Quente e seco – sobretudo na faixa litoral, com uma considerável aridez e humidade relativa durante todo ano o ar mantém valores elevados; e (2) Mesotérmico – no interior, com o regime da pluviosidade moderadamente chuvoso. Nesta faixa a média da precipitação anual varia entre 100-250 mm (Minua, 2006).

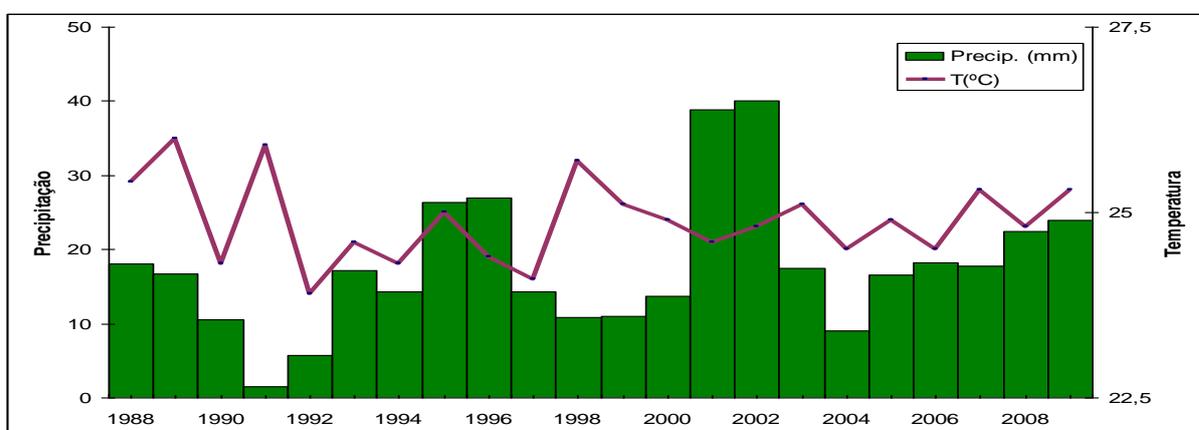


Figura 2.6 – Gráfico termo pluviométrico para Benguela obtidos dos dados meteorológicos do Aeroporto 17 de Setembro (2010).

A característica mais notável desta zona da orla desértica onde se localiza o Município de Benguela reside nos elevados valores da humidade relativa do ar (médias anuais excedendo os 70%).

Dada a classificação que se segue, (Figura 2.7) conclui-se que o clima da faixa litoral de Benguela é tropical desértico, com temperaturas anuais que oscilam entre 35°C de máxima e 10°C de mínima e, como é natural, com uma média a rondar os 25°C. Como fruto do comportamento da temperatura, do ar e humidade, a precipitação média anual

é de 268 mm e registam-se duas estações do ano, subdivididas da seguinte maneira: a época quente, com temperatura média a rondar os 27°C e a época mais fria ou cacimbo, com as temperaturas médias a rondarem os 21°C.

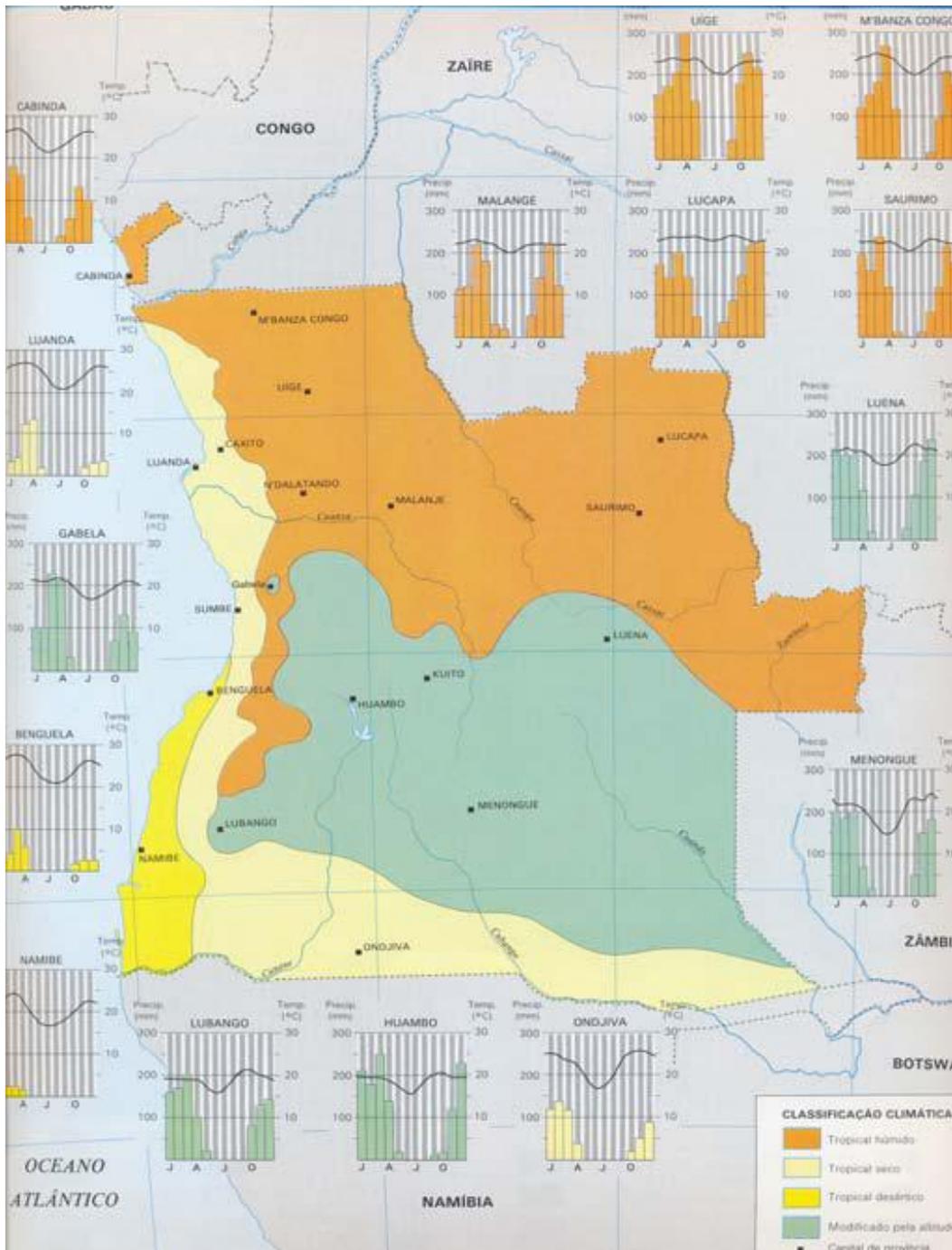


Figura: 2.7 - Classificação climática no território angolano (Adaptado de INIDE (2008))

## **2.3 - Enquadramento geológico e geomorfológico**

### **2.3.1 - Geomorfologia regional e local**

A Geomorfologia é uma área interdisciplinar entre os domínios da Geografia Física e das Ciências da Terra. As formas de relevo constituem o seu objeto de estudo e traduzem-se na rugosidade da superfície do planeta (Pereira, 2002). Por sua vez, a geomorfologia do litoral é resultado observável da dinâmica sedimentar, isto é, dos fluxos e trocas de sedimentos que ocorrem no seio de cada unidade morfosedimentar e através das suas fronteiras. Estas trocas e trânsitos sedimentares são, por sua vez, o resultado da atuação dos agentes ou ações dinâmicas intervenientes na zona costeira, dos quais os mais importantes são a agitação marítima, através da ondulação, sua direção, magnitude e período, as correntes de maré e de deriva litoral e o caudal fluvial sendo que o vento desempenha igualmente um papel importante nas faixas litorais arenosas (Cotton, 1952).

O território de Angola, devido à sua extensão e localização, bem como à influência dos rios que o atravessam e à grande diversidade climática e geológica que o caracterizam, apresenta uma envolvente geomorfológica bastante variada. Encontramos em Angola exemplos de planície costeira, zonas de transição, serras e cadeias de montanha, picos, planaltos, e grandes bacias hidrográficas, e até regiões desérticas (Fausto, 1971). Estas formas do relevo organizam-se em grandes unidades de paisagem, tradutoras da transição da orla litoral, de natureza essencialmente sedimentar, para as grandes áreas cratónicas com rochas antigas, que caracterizam o interior do país (Feio, 1960).

Neste contexto, a faixa litoral, que se estende ao longo de toda a costa de Angola, é caracterizada por planícies e terraços baixos, com cerca de 100 km de largura na foz do rio Zaire, e de 180 km de extensão na foz do rio Cuanza, tornando-se mais estreita à medida que se caminha para Sul e limitando-se a 20 km a sul de Benguela, para se voltar a alargar um pouco mais na orla marítima do deserto do Namibe.

Ao se considerar, em concreto, esta faixa litoral e de acordo com Technocexportstrov (1990), a geomorfologia da província de Benguela reflete a existência de um substrato geológico composto por unidades sedimentares que não oferecem a mesma resistência perante processos erosivos, originando frequentes relevos impostos por fenómenos de erosão diferencial, ao atuarem sobre estratos com litologias carbonatadas, siliciclásticas ou mistas, mais compactos ou mais friáveis, e em função da sua atitude sucessão, espessura e atitude estrutural. Deste modo, esta envolvente geomorfológica é caracterizada pelo desenvolvimento de um relevo

moderadamente acidentado, mas pleno de variações locais em que as costeiras, formando frequentes alinhamentos com quilómetros de extensão, são uma das formas morfológicas dominantes. O relevo da região também apresenta depressões aluvionares e litorais separadas por faixas com arribas as quais são afetadas pela erosão de grau moderado e, como tal, sujeitas a um contínuo processo de recuo.

Evidenciando a importância dos fenómenos de deriva e de acreção litoral de materiais arenosos no troço de litoral da província de Benguela, a restinga do Lobito desenvolveu-se como consequência dos sedimentos transportados pela corrente do rio Catumbela, formando um delta largo de configuração plana, em que também ocorrem depósitos de materiais finos (Carvalho, 1963). Um fenómeno análogo, desta feita em que a acreção arenosa afeta materiais em trânsito provenientes, pelo menos numa parte significativa, do rio Coporolo, observa-se a partir do Sul da Baía Farta.

Carvalho (1960), sustenta, também, que na região litoral de Benguela podem definir-se terraços postos em evidência quer por paleoarribas, seguidas por plataformas desenvolvidas sobre calcários do Cretácico, com ou sem cobertura arenosa e dispostas segundo vários patamares altimétricos. Feio, (1960) acrescenta que na região de Benguela entre o Lobito e a Catumbela e, mais para Sul, entre o Sombreiro, a Caota e a Baía Farta, coexistem inúmeros terraços com conglomerados de base de praia levantada constituída por grandes blocos de arenitos do Miocénico e deslocados e envolvidos por seixos rolados e por agregados de conchas. A génese destas formas e respetivos depósitos está relacionada com a evolução quaternária do litoral, esta por sua vez influenciada pelas importantes variações glacioeustáticas do nível dos oceanos que ocorreram durante este período, função dos grandes episódios de evolução climática.

A morfologia da área em estudo é moderadamente irregular e influenciada pela presença de corpos com geometria tabular e atitudes estruturais subhorizontais ou fracamente inclinadas, embora com uma combinação de elevações onde os desníveis morfológicos não ultrapassam os 125 metros de altura. A linha de costa, ora recortada por arribas verticais, ora por enseadas com praias arenosas, proporciona panorama paisagístico singular que lhe confere uma beleza geoturística que pode ser explorada de diversas formas, por exemplo; turismo de geo-sítio, turismo de aventura, turismo de praia e sol entre outros. Carvalho (1963) sustenta que a Este do farol do Lobito e a Sul da ponta do Sombreiro, próximo da estrada que liga Benguela à Baía Farta e ao Dombe Grande, situam-se terraços que variam dos 120-155 metros. Por sua vez Feio (1960) e Carvalho (1961) afirmam que a altitude dos patamares com terraços oscila entre 8-13m, 18-29m, 45-50m, 93-95m e 165-175m, comportando materiais de praia, fluviais ou de vertente. Neto (1956) confirma a existência de uma indústria paleolítica sobreposta por um depósito arenoso no topo de cotas da ordem dos 155m.

### 2.3.2 - Geologia regional

Do ponto de vista geológico, Angola é um país bastante interessante porque para além de nele se encontrarem das mais antigas rochas cratónicas que existem no mundo, o que evidencia uma longa história geológica, ao longo da qual se produziram múltiplos eventos geológicos, também congrega uma diversidade geológica e riquezas naturais que vão desde um grande número de ocorrências minerais, essencialmente metálicas, mas também rochas ornamentais, diamantes e petróleo. A existência deste último deve-se a particularidades da evolução geológica do ciclo atlântico, durante o qual, desde o Cretácico inferior, se desenvolveram bacias sedimentares ao longo da margem continental angolana. A geologia do litoral de Benguela, incluindo as regiões de Caota e Sombreiro, insere-se neste último contexto.

Evidenciando a grande extensão relativa que o cratão do sudoeste africano ocupa no interior do território, Fituni (1985) afirma que as rochas metamórficas e cristalinas pré-câmblicas constituem o fundamento geológico de Angola.” A este respeito, Dinis (1998) considera que o território angolano inclui três grandes unidades geológicas que se classificam sob ponto de vista cronológico e sob o tipo de rochas, para além de contribuírem significativamente para o modelado do relevo. Essas unidades são (Figura 2.8).

- Maciço antigo.
- Formações de coberturas.
- Orla sedimentar litoral.

O **maciço antigo** caracteriza-se por apresentar unidades com formações anticlinalizadas, compostas por sedimentos do sistema do Oendolongo, rochas eruptivas com estruturas subvulcânicas da unidade mesozóica, este ocupa uma grande área em Angola, IICT, (1981).

Associadas às rochas magmáticas e metamórficas, encontram-se o diamante, o ferro e o cobre. Os diamantes ocorrem nas seguintes Províncias: Lundas, Malange e Bié. Por sua vez, as principais jazidas de ferro ocorrem nas províncias de Malange, Úíge, estando este mineral associado a gnaisses quartzo-magnetíticos.

As **formações de cobertura** ocupam a maior área do país e encontram-se fundamentalmente em regiões do interior de Angola, nas quais as rochas do maciço antigo foram recobertas posteriormente por depósitos sedimentares.

Nestas rochas encontram-se evidências da ação erosiva, dos agentes externos que ao longo do tempo modificaram o relevo de Angola nestas formações predominam rochas sedimentares, que se, encontram, em grande parte do território. A idade destas

unidades é variável, mas situa-se, sobretudo, dentro do Neogénico e Quaternário (Figura 2.9).

A **orla sedimentar litoral** ocupa uma posição costeira em Angola, sendo bastante posterior à génese de grande parte do maciço antigo e ligando-se, sobretudo, à evolução tectonosedimentar da margem continental durante as principais etapas de abertura e extensão do oceano Atlântico Sul, frente ao território angolano.

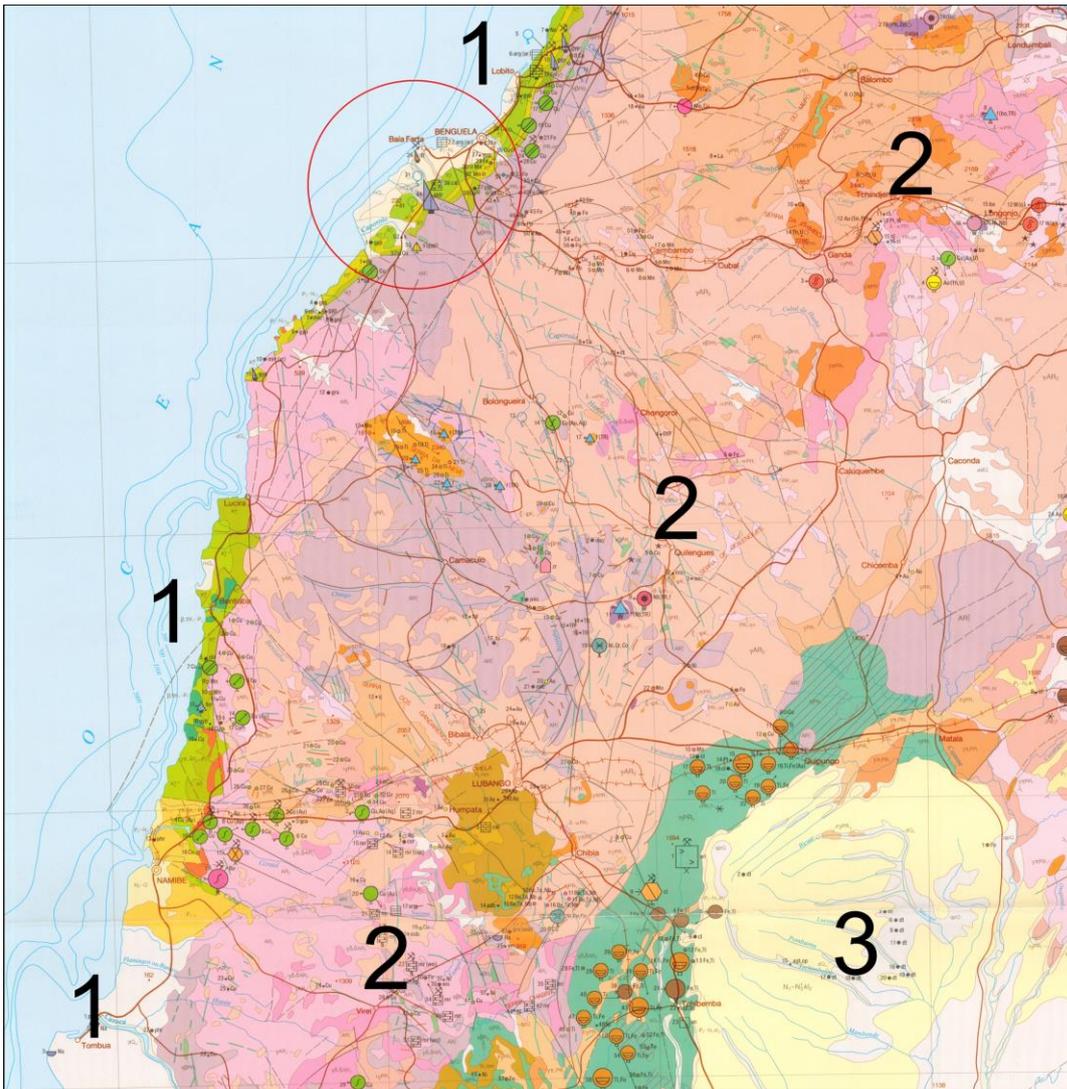


Figura 2.8 – Excerto da Carta dos Recursos Minerais da República de Angola à escala 1:1.000.000 (Araújo & Perevalov, 1998), no qual se podem observar as grandes unidades geológicas constituintes do território. O círculo vermelho representa a localização das áreas estudada e sua região envolvente. 1 - Orla sedimentar litoral; 2 - Maciço antigo; 3 - Formações de cobertura.

UNIDADES GEOCRONOLÓGICAS				BACIA do BAIXO CONGO / CABINDA					BACIA do KWANZA					BACIA do NAMIBE			
ERA	SISTEMA PERÍODO	SÉRIE ÉPOCA	ANDAR IDADE	Formação estratigráfica	Lito-grafia	R. Mãe	R. Res	Descrição Litológica	Formação estratigráfica	Lito-grafia	R. Mãe	R. Res	Descrição Litológica	Formação estratigráfica	Lito-grafia	Descrição Litológica	
QUATERNÁRIO	PLUSTOCÉNICO a RECENTE							Areias, Argilas e Depósitos aluvionares	KWANZA				Areias de superfície				
CENOZÓICO	PALEOGÉNICO	NEOGÉNICO	MIO-PLIOCÉNICO	MALEMO				Argilas e Grés fráveis	CACUACO LUANDA				Calcários gresosos, argilas gipsíferas, grés argilosos e calcários coníferos				
			PALEO-OLIGOCÉNICO	LÁNDANA				Conglomerado de base	QUIFANGONDO				Argilas silteosas, Calcários gresosos e coníferos com finas intercalações de Dolomitos				
		MESOZÓICO	CRETÁCICO	MÉDIO A SUPERIOR	SENONIANO				Sequências greso-argilosas, Siltos e Calcários margosos	GRATADÃO				Argilas e Calcários			
				TURONIANO	IABE					Argilas e Siltos	RIO DANDE				Argilas	?	CAPALLA
MESOZÓICO	CRETÁCICO	INFERIOR	ALBIANO	VERMELHA				Grés e Argilas avermelhadas com Calcários dolomíticos na base	CABO LEDO				Argilas silteosas com intercalações de Calcários				
			ALBIANO	PINDA				Calcários oolíticos e Dolomitos	QUISSONDE				Meças e Calcários argilosos				
			INIUÇA					Anidrites	CATUMBELA				Calcários bioclásticos				
			APCIANO	LOEME (SAL)				Anidrites, Halite com veios de sal potássico e finas intercalações argilosas	TUENZA				Dolomitos e Anidrites				
			APCIANO						BINGA				Calcários oolíticos e Dolomitos				
			APCIANO						QUIANGA				Anidrites e Dolomitos				
			APCIANO						"MASSIVE SALT"				Halite e Anidrite na base				
			APCIANO						CUVO SUP				Xistos arg., Grés e Dolomitos cinz.				
			APCIANO						CUVO INF				Grés finos argilosos avermelhados				
			APCIANO						COMPLEXO VULCÂNICO				Vulcanitos, Dolomitos e Basaltos				
MESOZÓICO	CRETÁCICO	INFERIOR	BARREMIANO/NEOCOMIANO	BUCOMAZI				Grés, Xisto arg. e Congl. base									
			TOCA					Calcários bioclásticos									
			VOVO					Xistos argil. verdes e cinz. topo e base e interc. gresosas passando a grés e argilas orgânicas castanho-avermelhadas									
MESOZÓICO	CRETÁCICO	INFERIOR	ERVA				Grés e Siltos argilosos										
			LUCULA				Grés arcóicos e Conglomerados de base										
			NACANGA				Mármoreos fracturados e alterados										
MESOZÓICO	PRÉ-NEOCOMIANO/JURÁSSICO (?)		SISTEMA MAYOMBE				Xistos metamórficos, Gnaisses Granitos e Quartzitos	SOCO ANTIGO				Gnaisses e Quartzitos				Rochas metamórficas Indiferenciadas	

Figura 2.9 – Quadro Estratigráfico sintético das Bacias Meso-Cenozóicas de Angola e suas etapas de enchimento (segundo Pinho & Carvalho (2010)).

Dinis (1998) considera 12 grandes unidades geológicas – litológicas no território angolano, nas quais se enquadram formações marinhas de idade meso-cenozóica, integrantes da orla sedimentar litoral, acima mencionada. Esta orla compreende as unidades constituintes do *onshore* das bacias sedimentares do Namibe, Benguela, Cuanza, Zaire e Cabinda. Entretanto, com base nas características do registo sedimentar e nas relações geométricas com unidades do soco, Pippo (1995) e Pinho & Carvalho (2010) consideram que a faixa sedimentar angolana divide-se apenas em três bacias sedimentares, respetivamente: Bacia do Baixo Congo, Bacia do Cuanza e a Bacia do Namibe (Figura 2.10). Nesta aceção, a denominada Bacia de Benguela apenas representa o setor mais meridional da grande Bacia do Cuanza (ou Kuanza), importante

pela espessura e complexidade do seu enchimento e pelas suas reservas petrolíferas (Figura 2.10).

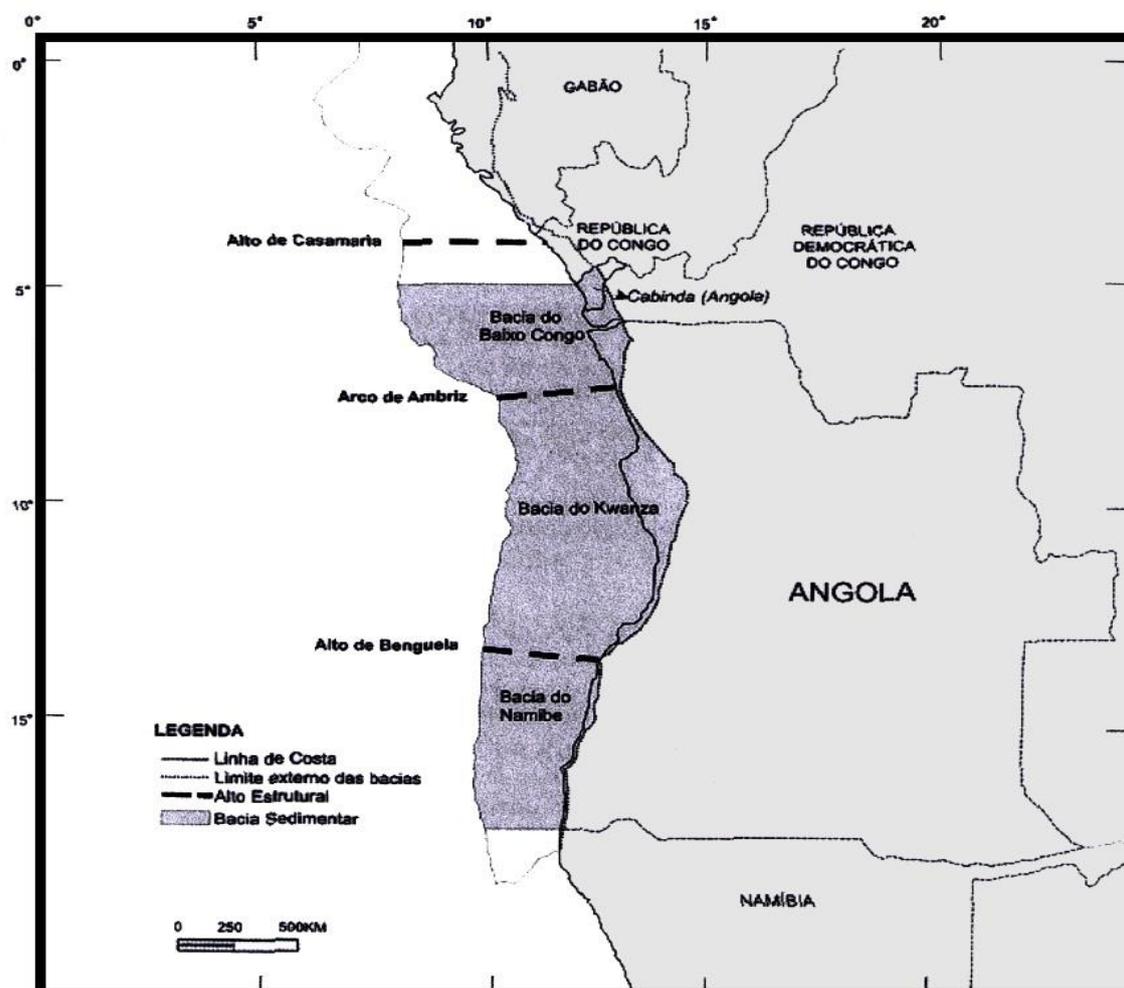


Figura 2.10 – Mapa das bacias sedimentares da margem continental atlântica de Angola (Pinho & Carvalho 2010).

O enchimento sedimentar mesozóico e a compartimentação estrutural que esta e as restantes bacias da margem continental de Angola exibem no presente, resultam da sua evolução tectónico-sedimentar durante o Cretácico inferior, contemporânea dos primeiros estádios de abertura do Atlântico Sul (Quesne *et al.*, 2009). Essa história geológica teve início com uma extensa fase de *pré-rift* (Neocomiano), a que se seguiu uma outrade *sin-rift*, em que a distensão atingiu larga escala (Barremiano e Aptiano). Seguiu-se, por fim, um longo intervalo temporal de *post-rift* e detumescência térmica a larga escala, com transgressões marinhas que inundaram os setores mais internos da margem continental e permitiram a introdução de faunas de amonites com importância biostratigráfica (Tavares, 2005; Tavares *et al.*, 2007; Quesne *et al.*, 2009; Guiraud *et al.*, 2000, 2010). A sucessão sedimentar e a compartimentação da Bacia de Benguela

espelham, muito particularmente, esta evolução geodinâmica que decorreu entre o Neocomiano, Aptiano e Albiano (Figura 2.11).

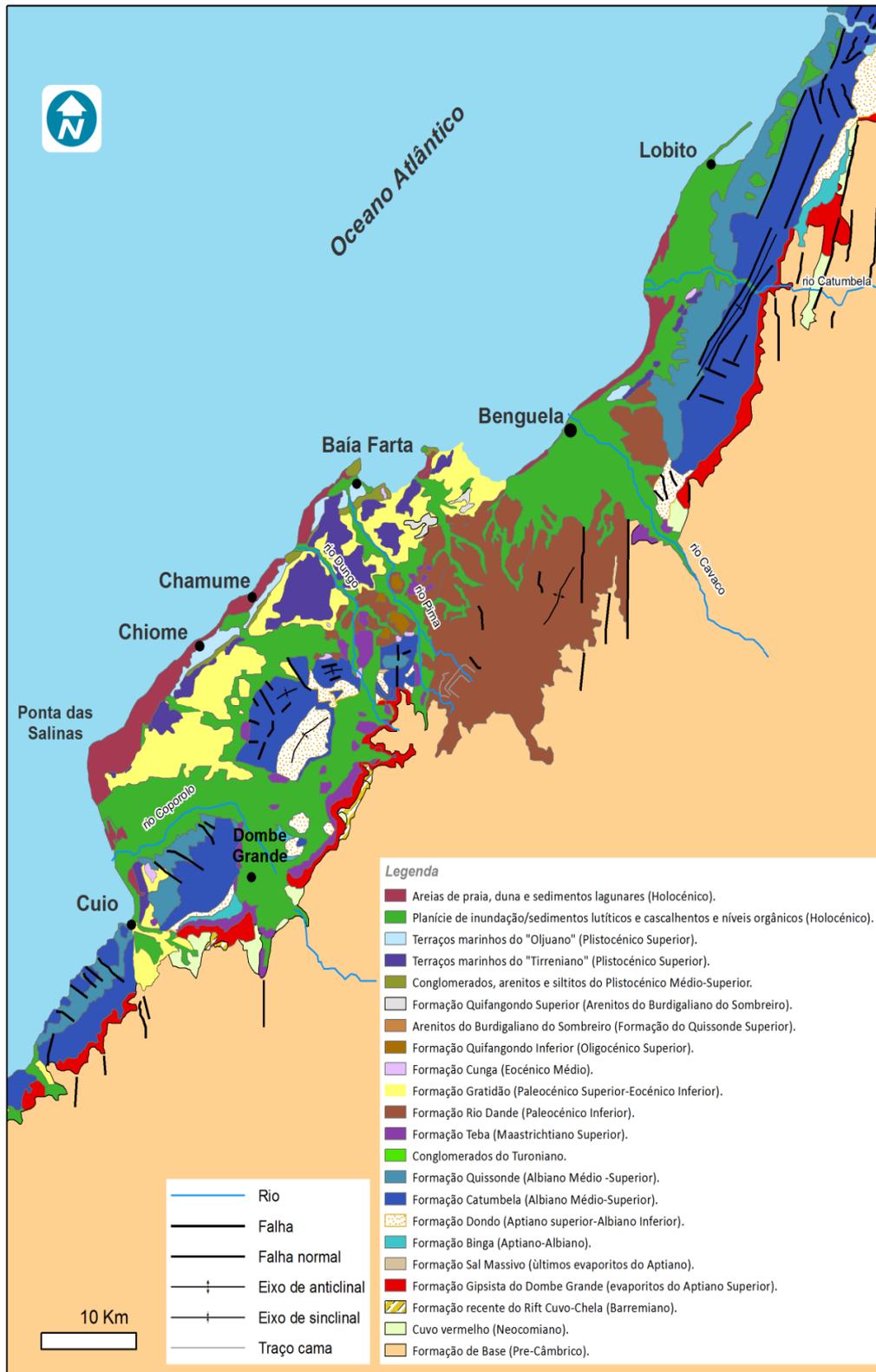


Figura 2.11 - Esboço geológico da Bacia de Benguela e respetivas unidades constituintes (Adapt. de Buta-Neto *et al.*, 2006).

### 2.3.3 - Geologia local

A região de Benguela, nomeadamente no seu interior, compreende um substrato geológico composto por diversas unidades do maciço antigo, constituídas essencialmente por rochas intrusivas e metamórficas com composição litológica bastante variada, abundando granitos, gnaisses, micaxistos, filádios, e quartzitos, dispostos em corpos espessos, maciços, atravessados a espaços por rochas filonianas, sobretudo diques de doleritos e pegmatíticos. (Technoexportstroy, 1990). De entre as rochas mais antigas da Província de Benguela, dominam as magmáticas do Pré-câmbrico, representadas por granito, pórfiros e gabros, sendo que a Oeste da área com estas unidades aflora uma outra faixa com largura de 20-30 km, em que se observam sobretudo rochas metamórficas, granitos gnaissicos, ortognaisses migmatíticos e micaxistos, parcialmente cartografada e descrita por Galvão & Silva (1972).

Como já foi referido no subcapítulo anterior, respeitante à generalidade da Bacia de Benguela, as faixas do maciço antigo correspondem à bordadura da margem continental e, em simultâneo, ao contacto com as unidades sedimentares cretácicas e cenozóicas, tão bem representadas entre o Lobito, Catumbela, Benguela e Baía Farta (Neto, 1961). Deste modo, os sectores da Caota e Sombreiro presentemente estudados, por estarem situados na orla litoral atual, são espaços onde a geologia é constituída por unidades neogénicas e quaternárias, bastante fossilíferas (Antunes, 1965; Dinis, 1998; Neiva, 2010) pertencentes ao *onshore* da Bacia de Benguela. Em consequência, são argilas, calcários, margas, arenitos e conglomerados, resultantes de deposição, sobretudo, em paleoambientes costeiros.

A estrutura geológica destes locais é formada por sucessões de estratos tabulares, sub-horizontais, particularmente expostos nos escarpamentos associados ao recuo das arribas litorais. Nalguns locais, estas escarpas são cortadas por linhas de água sazonais, formando verdadeiros canhões delimitados vertentes abruptos, como se pode observar no Dungo, na Baía Farta, Canguengo e em Tchitandalucúa. Noutros, a erosão pluvial terá formado vales largos limitados por escarpas, como nos exemplos da Baía Azul ou da Caota, Sombreiro e Santo António onde a erosão torna possível visionar a estratigrafia em corte, (Figura 2.12).

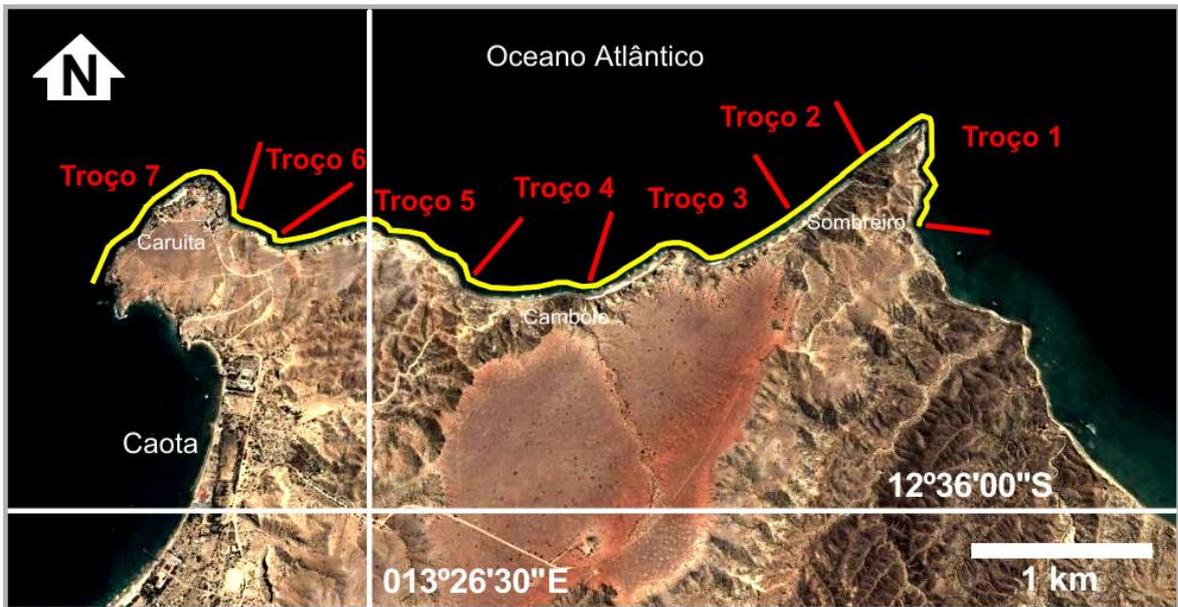


Figura 2.12 – Área em estudo. Imagem de satélite da área em estudo (adaptados de Google Earth, 09.2014).

Segundo Neto (1957) o esboço geológico da área em estudo envolve quatro formações, (Figura 2.13)

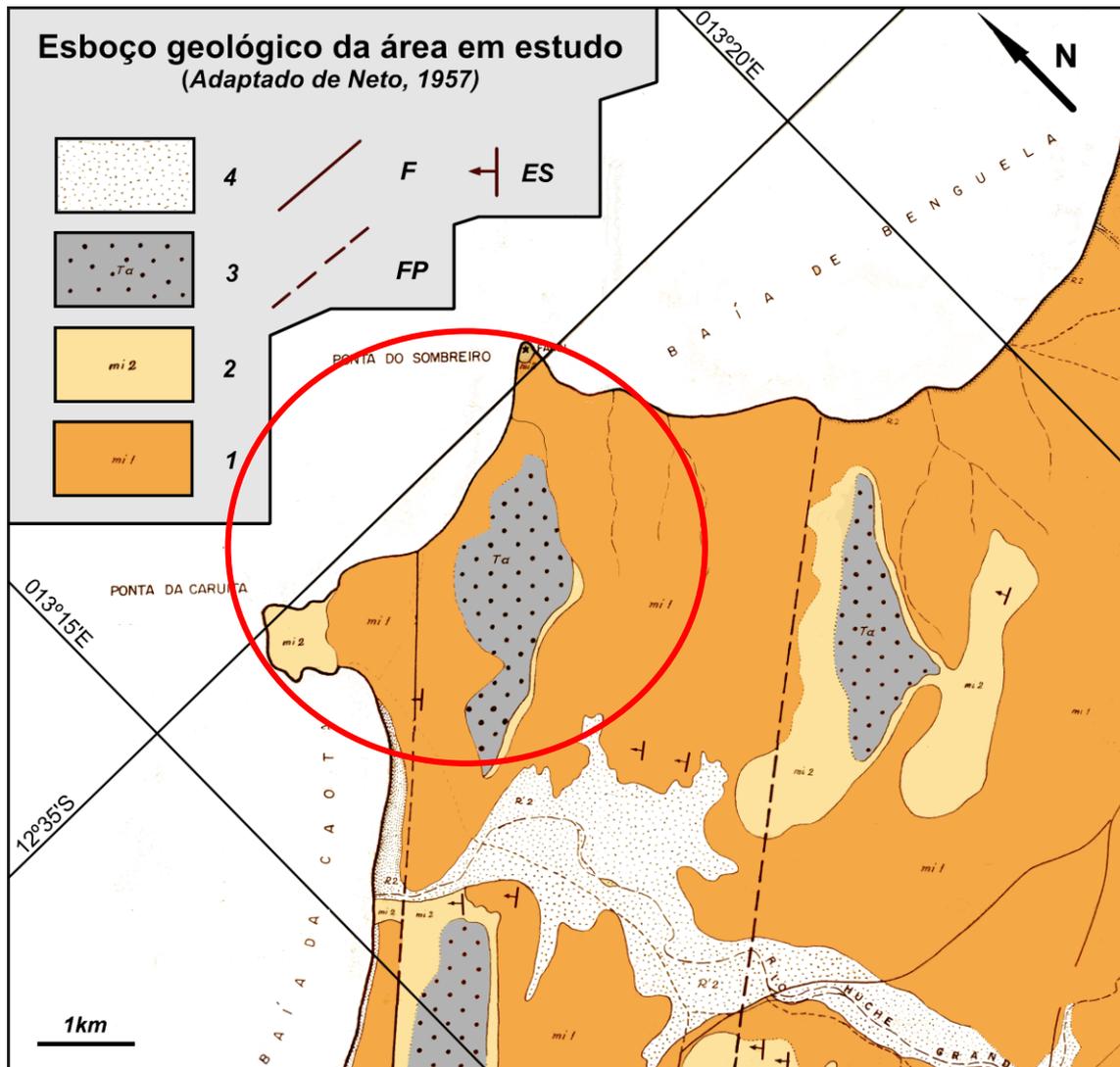


Figura: 2.13 - Esboço geológico da área em estudo. 1- Formação de Quifandongo; membro inferior com fácies de margas acastanhadas com moluscos marinhos e dentes de peixes (Aquitano a Burdigaliano, Miocénico Inferior); 2 - Formação de Quifandongo; membro superior com fácies de grés calcário, silicificados, com dentes de peixes (Tortoniano a Messiniano, Miocénico Superior); 3 - Depósitos de praia levantada, detríticos, com cota de base superior a 40 m (Plistocénico); 4 - Depósitos aluvionares, coluviões e de areias de praia (Holocénico); F - Falha geológica; FP - Falha provável; Es - Direção e pendor da estratificação (Adaptado de Neto, 1957; Idades segundo Guiraud *et al.*, 2010; Revisão de campo e macrofósseis por P. M. Callapez, P. Diniz; J. Sessa - projeto 2011-2013, *in Saque*, 2012)

A unidade de base que aflora na área em estudo é a Formação Quifandongo (Guiraud *et al.*, 2010) de idade miocénica, a qual é composta por dois membros tendencialmente regressivos, evidenciando uma continentalização progressiva da fácies. O membro inferior compreende margas acastanhadas com fósseis marinhos, por vezes abundantes, entre os quais dentes de peixes e cetáceos (Aquitano e Burdigaliano, Miocénico Inferior; Antunes, 1964). O membro superior integra níveis grés calcários,

silicificados, com dentes de peixes do Miocénico Superior) e níveis fortemente bioturbados.

Sobre os estratos desta Formação ocorrem, a espaços, níveis de depósitos de praia levantada (Plistocénico), areno-cascalhentos e com cota de base superior a 40 m. Estes estão ligados a superfícies de plataformas de abrasão, formando extensões aplanadas com pavimentos arenoconglomeráticos que atuam como superfícies de resistência contra os fenómenos erosivos responsáveis pelos inúmeros ravinamentos profundos existentes na área. Um excelente exemplo de uma destas unidades plistocénicas que atuam como superfícies de resistência à erosão, observa-se no próprio local do Sombreiro.

Os estratos sedimentares observados na área em estudo consistem, maioritariamente, em litologias de arenito de grão fino a grosseiro, seguindo-se o siltito e o calcário gresoso. Também ocorrem níveis concrecionados e com silicificações intercalados nos restantes, por vezes espessos e contendo no seu interior ossos fossilizados de cetáceos.

Em muitos dos estratos miocénicos abunda também o gesso fibroso, de origem secundária, ligadas a uma evolução geoquímica em meio de clima quente e árido. Os estratos miocénicos encontram-se, com frequência, encimados por calcaretos com grande concentração de marcas de raízes e ligados a uma evolução pedogénica plistocénica, em condições áridas e secas, possivelmente semelhantes às que prevaleceram na precipitação do gesso, (Figura 2.14).



Figura 2.14 – Pormenor da estratigrafia das camadas, de uma arriba localizada no troço nº01 em que se podem observar níveis com vénulas de gesso sobressaído.

# 3 - Considerações sobre erosão costeira e instabilidades de arribas

## 3.1 - Erosão costeira

No momento atual verifica-se um incremento significativo do crescimento populacional em áreas costeiras de muitas regiões do globo, não só relativo a novas zonas urbanas e de atividades económicas e industriais, mas também relacionadas com o turismo e o lazer. Bird (2000) mencionou que mais de 70% das pessoas do mundo, vivem em zonas afetadas pelo fenómeno da erosão costeira. Este coloca em risco vidas humanas, propriedades e construções, o que tem obrigado à descoberta e ao desenvolvimento de novos procedimentos e técnicas, de modo a evitar e/ou mitigar a erosão costeira.

Os principais impactes relacionados com a erosão costeira são de acordo a CE (2006): a perda de áreas de valor económico, social ou ecológico; destruição de sistemas de defesa costeira naturais, o que leva a possível invasão pelo mar de zonas adjacentes à linha costeira; degradação de obras de defesa costeira, o que pode provocar situações de erosão e inundações.

Neste contexto, é de salientar que é no litoral angolano que se localiza uma parte considerável das indústrias do país, bem como uma maior facilidade de transportes (melhores vias rodoviárias, acesso a portos de escoamento de produtos e de entrada de matérias primas), bem como a existência dos centros económicos de maior importância.

O litoral é a zona de contacto entre a terra e o mar, sendo que, em sentido restrito, designa a faixa compreendida entre a maré baixa e a maré alta. A sua largura é bastante variável, dependendo não só da amplitude das marés, mas também da inclinação do terreno.

A erosão costeira corresponde a um processo natural e global, que afeta a maior parte das zonas litorais do mundo e que ocorre, basicamente, quando a quantidade de sedimentos removidos pelos agentes ou ações dinâmicas na zona costeira supera o volume de sedimentos depositados. Deste modo a linha de costa recua em direção ao interior dos continentes (Meyer & Charlier, 1998). Um terreno que atualmente está afastado da zona litoral pode, no futuro, ser uma zona praia.

A erosão costeira é influenciada por fatores diversos, como os de origem natural (ondulação, ação das marés, escoamento superficial); e os de origem antrópica

(remoção de areia, destruição de vegetação, construções de zonas urbanas, portuárias, industriais e turísticas, bem como obras de proteção ou contenção da erosão costeira).

A erosão pode ocorrer nas costas arenosas, rochosas e em estuários ou lagunas. Nas embocaduras de estuários e lagunas, verificam-se muitas vezes situações de assoreamento. Estes ambientes constituem zonas complexas em termos geomorfológicos, formadas por canais e bancos de areia, nas quais o transporte dos sedimentos é condicionado pela ação das ondas e das correntes de maré (Fortunato, 2006). A erosão verifica-se nas costas arenosas, quando as praias são sujeitas à ação erosiva das ondas e estas provocam a remoção progressiva do material arenoso, podendo ultrapassar a berma da praia, galgar a sua face superior e o próprio cordão dunar frontal. Nas praias arenosas os fenómenos de erosão aparecem relacionados com fatores tais como: a granulometria dos sedimentos, a morfologia da praia e o seu perfil transversal, a batimetria da faixa infralitoral fronteira à face da praia, as características da onda e das correntes de deriva litoral, e a elevação do nível do mar.

Os processos erosivos ligados à abrasão marinha atuam continuamente nas costas rochosas, sendo que a sua intensidade depende de vários fatores, começando pela configuração do próprio troço de arriba considerado, nomeadamente se este se encontra mais exposto (ex: promontório) ou mais protegido (ex: baía, enseada) face à energia do meio aquático. A erosão também se processa em função dos ciclos de maré, da intensidade, direção e período da ondulação e de fenómenos climáticos, As condições meteorológicas podem, igualmente, provocar a subida do nível do mar em dias ou horas, sendo que esta mudança pode originar situações de erosão costeira. A longo termo também são relevantes as consequências da subida do nível médio do mar, em consequência do aquecimento climático global e de fenómenos de degelo a eles associado.

As arribas são vertentes costeiras de declives acentuados, que resultam do desgaste provocado pela agitação marinha e por agentes de meteorização e biológicos. As características morfológicas mais distintas das costas rochosas são as arribas litorais e as plataformas de abrasão (Gabriel et al., 2010). O tipo de ondas que podem ocorrer na base das arribas pode ser distinguido em ondas estacionárias, ondas em rebentação e ondas que já sofreram rebentação (Sunamura, 1992).

A morfologia e o pendor da arriba estão relacionados com a sua constituição litológica, estruturas geológicas presentes e com a ação dos agentes externos (Teixeira, 2009).

Também é relevante salientar que nas arribas rochosas não existe recuperação relativamente aos processos erosivos, ao contrário do que ocorrer nas áreas arenosas do litoral, dado que as suas formas iniciais resultam igualmente de processos erosivos.

### **3.1.1 - Processos físicos**

A erosão costeira é determinada por agentes ou ações dinâmicas que intervêm na costa. De entre estes agentes os mais importantes são: a agitação marinha, as correntes e maré, o vento, as correntes litorais e o caudal fluvial (Fortunato et al., 2008). O mar exerce uma erosão, um transporte e uma deposição, atendendo a que os sedimentos móveis constituem volumes consideráveis de materiais em trânsito que acabam por ir alimentar praias e baixios arenosos, ou mesmo por se espalhar através de áreas mais distais da plataforma continental, perdendo-se, ainda que em parte, através de fluxos de turbidez no talude continental e em canhões submarinos.

A maior parte das costas rochosas evoluíram através dos processos marinhos que são potenciados pela ação da meteorização aérea (Coque, 1998). As ondas constituem agentes erosivos principais devido às forças hidráulicas a elas associadas, bem como pela ação da compressão do ar no interior de fraturas. Com o mar agitado, os materiais rochosos podem ser submetidos em determinados locais a pressões muito elevadas, de muitas toneladas por centímetro quadrado. Os fenómenos de abrasão são igualmente importantes. A dissolução química desempenha também um papel determinante nos processos erosivos das costas calcárias.

O transporte do material arenoso, mas também de outras classes granulométricas mais grosseiras ou mais finas, é efetuado pelas ondas e pelas correntes, quer por arrastamento ou saltação, quer em suspensão. Quando as ondas não incidem perpendicularmente à linha de costa produz-se uma corrente paralela à costa, de grande efeito, sendo que uma fração considerável do material arenoso presente nas praias está relacionada com esse tipo de corrente. Por sua vez, as marés originam correntes de fluxo e refluxo, que provocam a movimentação dos sedimentos num sentido e noutro, modificando com rapidez a configuração de muitas zonas litorais.

A deposição verifica-se quando a agitação das águas se reduz, e constitui um processo seletivo, dado que os detritos de dimensões mais elevadas são os primeiros a depositarem-se. Em alguns casos verificam-se reações químicas, as quais permitem uma precipitação rápida de substâncias em solução.

Outros fatores existem que provocam modificações nas zonas litorais, destacando-se os agentes atmosféricos, designadamente a precipitação, de forma

difusa e concentrada, e o vento. O tipo de vegetação e a sua retirada também influenciam as situações de erosão costeira. Movimentos de instabilidade podem ocorrer nas zonas costeiras, nos quais a força de gravidade, os agentes atmosféricos, os materiais litológicos e as estruturas geológicas desempenham um papel fundamental, sendo ainda de referir as ações sísmicas (Andrade, 2008). Em alguns troços de litoral, os recifes de coral contribuem para enfraquecer o ataque do mar, reduzindo ou anulando a energia das ondas. Não obstante, essa situação não se verifica no presente, no litoral angolano, sendo mais própria da costa este-africana.

Por fim, as características morfológicas como o perfil da arriba e as dimensões das plataformas de abrasão correspondem ao balanço entre a resistência mecânica do material rochoso e o desgaste provocado pela ação marinha (Duperret, 2005).

### **3.1.2 - Causas da erosão costeira**

Os fatores principais que causam o desequilíbrio entre o material depositado e o erodido correspondem a tempestades, elevação do nível relativo do mar, diminuição do volume de sedimentos disponível e correntes paralelas à costa. As causas da erosão podem ser naturais ou antrópicas. Bird (2000) e Davis (2004) consideraram que os processos erosivos ocorrem devido à conjugação de diversos fatores, sendo os mais importantes: as tempestades, as ondas associadas, as correntes fortes, o vento, a gravidade, o material que constitui as arribas, as variações do nível do mar e as ações de origem humana. Podem-se ainda acrescentar a falta de fonte de sedimentos, os ventos e o caudal fluvial, em zonas próximas da embocadura de estuários ou deltas.

Segundo Aires (2014) as principais causas do recuo da linha costeira estão relacionadas com a diminuição do transporte aluvionar, devido: à construção de barragens que provocam a retenção dos sedimentos, à retirada de inertes e à execução de dragagens nos rios, zonas costeiras e estuários, às alterações climáticas que provocam modificações do regime dos ventos, à ondulação e às correntes de deriva litoral e de maré, bem como devido à subida do nível médio do mar.

As causas naturais estão relacionadas com a dinâmica costeira (influência das correntes e das marés), morfologia das praias, natureza dos sedimentos, presenças de irregularidades na linha de costa (como a existência de promontórios, alterações na orientação da costa), situações de tempestade, inversões na deriva litoral devido a situações meteorológicas e ações tectónicas, designadamente as relacionadas com a subsidência de zonas costeiras (Souza, 2005).

As causas climáticas da erosão costeira estão relacionadas com a elevação ou subida do nível do mar e com o recuo da linha costeira e os seus efeitos secundários (Santos, 2002; Miranda, 2006). A subida do nível do mar processa-se atualmente e está

relacionada com o aquecimento global e o conseqüente incremento do volume de água líquida existente nos oceanos. Para além desta tendência transgressiva deve também considerar-se a ocorrência de situações relacionadas com marés vivas e acontecimentos meteorológicos. As modificações climáticas originadas pela ação humana representam uma das principais causas, dado que o aquecimento global que se verificou desde a Revolução Industrial tem gerado uma expansão térmica do oceano e a fusão de massas de gelo. Para além disso, à escala local, também são significativos os efeitos da construção nas zonas costeiras e da destruição dos cordões dunares.

De acordo com Souza (2009) as causas antrópicas estão ligadas à urbanização da orla costeira, à destruição do cordão dunar, à construção de estruturas rígidas ou flexíveis, à remoção de areias de praias e fluviais, a dragagens e à diminuição ou retenção de sedimentos. As atividades antrópicas que estão relacionadas com a erosão costeira, são de acordo com Dias et al. (1994), a degradação das estruturas naturais e a edificação de obras pesadas de engenharia junto à costa. A urbanização das margens de rios e no litoral, bem como a construção de barragens tem contribuído para a modificação das fontes aluvionares e do comportamento natural hidro-sedimentar das praias (Oliveira, 2003), originando e incrementando os problemas de erosão.

Algumas das principais conseqüências da erosão costeira são a retirada da areia das praias e o seu possível desaparecimento, a perturbação ou destruição do cordão dunar, o recuo das arribas, a salinização dos aquíferos costeiros, a perda do território e de propriedade, e os danos em edifícios e infraestruturas.

No caso das arribas para além da abrasão mecânica, devem destacar-se agentes erosivos com a meteorização e a ação do sal.

Se a arriba é atingida pelas vagas, constitui uma arriba viva, mas, se uma faixa de sedimento ou material desprendido se interpõe de modo a arriba ficar fora do alcance do mar, esta é designada como uma arriba morta (ANPC, 2010). Do embate contínuo das vagas nas rochas, resulta um processo de abrasão, que provoca o desgaste da base da arriba.

Nas plataformas de abrasão e no decorrer da maré baixa, fica a descoberto a parte superior, mas na maré alta essa plataforma fica na totalidade submersa. Por outro lado, os sedimentos arrastados pelo mar vão depositar-se mais adiante, originando uma plataforma de acumulação que prolonga a anterior até profundidades mais elevadas.

Para a evolução das arribas rochosas Sunamura (1992) definiu dois fatores de maior importância: a energia da ondulação e a natureza do material rochoso. Nas arribas compostas por rochas sedimentares verifica-se, muitas vezes, uma diferença de resistência aos processos erosivos que se traduz na ocorrência de movimentos de instabilidade como os desabamentos, dado que algumas litologias apresentam uma

maior propensão para o desgaste/desagregação, enquanto outras podem ter uma maior resistência e apresentar-se em consola com a evolução dos processos de erosão marinha e de meteorização.

Na maior parte das litologias e dos vários contextos climáticos, constata-se que o incremento de pendor provocado pela erosão basal favorece o surgimento e o desenvolvimento de situações de instabilidade que podem ser potenciadas pela descompressão, atitude, espaçamento e resistência ao deslocamento das superfícies das descontinuidades e pela ação da água superficial e infiltrada (Neves, 2004).

Carter (1999) sustenta que os métodos utilizados pelo homem para travar a erosão costeira, na maior parte das vezes não têm sido bem sucedidos. Por sua vez, Charlie & Meyer (1998) afirmam que travar a erosão costeira é uma tarefa impossível, dado que se trata de um fenómeno natural de evolução, podendo apenas atrasar-se o processo ou proceder-se à sua mitigação.

### **3.1.3 - Medidas de prevenção e métodos de proteção costeira**

Vários têm sido os métodos utilizados para prevenir os efeitos nefastos da erosão costeira, bem como da instabilidade das arribas. A sua aplicação depende do parecer resultante dos estudos de impacto ambiental e das condições financeiras disponibilizadas. Segundo Valle (2014), para se resolver os problemas associados aos processos erosivos de uma costa arenosa as opções são o aumento das quantidades de sedimentos que se dirigem para a faixa costeira, ou proceder à diminuição da capacidade de transporte através da agitação marítima.

As principais medidas utilizadas para a prevenção da erosão costeira são:

**Os métodos tradicionais de proteção costeira:** são usados em situações de emergência, com objetivo de proteger instituições comerciais, edifícios administrativas, moradias e infraestruturas de carácter definitivo de uma eminente situação de erosão ou inundação.

As **defesas longitudinais**, são estruturas longitudinais desenvolvidas ao longo da praia, constituem estruturas relacionadas com a fixação da linha costeira, evitando o seu recuo de forma direta, não atuando sobre a retenção do material arenoso ou com o possível transporte por parte da agitação marítima, apresentam-se muitas vezes sob a forma de enrocamentos (Figura 3.1), estes recebem de forma direta a energia das ondas e possibilitam a fixação da linha de costa (Coelho, 2014), são muitas vezes utilizados em situações de emergência. Algumas formas das defesas longitudinais são designadas como muros, estes são utilizados para proteger a retaguarda da praia ou como revestimentos que possibilitam a dissipação das ondas no declive (Andrade, 2009). As defesas longitudinais podem apresentar desvantagens, pois o défice sedimentar pode

continuar a ocorrer, levando à redução progressiva das dimensões da faixa arenosa das praias onde são instaladas.



Figura 3.1 – Representação de enrocamento.

**Os esporões** correspondem a estruturas que apresentam uma orientação, na maior parte das vezes, perpendicular à linha de costa, e são geralmente constituídos por material rochoso (Figura 3.2), podendo também utilizar-se betão. Têm sido opção, quando existem desequilíbrios consideráveis no balanço aluvionar, ou seja sempre que o material que sai numa dada área é superior ao que entra. O princípio de ação dos esporões consiste em inviabilizar o movimento da areia ao longo da praia. Este método reduz a capacidade do transporte e equilibra o balanço aluvionar (Fortunato, 2008). Os esporões são utilizados para impedir a erosão costeira, e têm uma maior eficácia nos locais onde o transporte longitudinal é predominante, não evitando o transporte transversal à área da praia (Abecasis, 2014). Correspondem a um tipo de proteção que atua, por vezes, de forma combinada com a alimentação artificial.



Figura 3.2 - Representação de esporões (Andrade, 2009).

Existem ainda outros métodos para prevenção dos problemas costeiros como os **molhes**, estes são obras de proteção na sua grande maioria associadas a zonas portuárias, têm de modo geral, uma orientação perpendicular à costa, e são utilizadas para prevenir o movimento das grandes ondas na costa, estabilizando a linha de costa, e também permitem que a entrada na zona portuária seja mais segura e possibilitam a fixação de canais de navegação.

**O quebra-mar destacado** é uma estrutura longitudinal paralela geralmente colocada ao longo da costa, que serve para diminuir a energia causada pela dissipação das ondas, reduzindo deste modo os efeitos erosivos. São utilizados em áreas onde a energia da ondulação marítima e a amplitude das marés são reduzidas. Os quebramares destacados apresentam um modo de atuação sobre o transporte longitudinal e transversal. Possibilitam a ocorrência de condições de deposição de material arenoso entre a linha de costa e a estrutura. Provocam a alteração do transporte de material de orientação longitudinal e transversal, possibilitando a interrupção dos processos erosivos. O correto dimensionamento dos quebramares destacados tem atenção as análises hidráulicas e numéricas, bem como a caracterização estrutural (Pinto, 2014). A utilização dos quebramares destacados apresenta a desvantagem, comparativamente aos esporões, de serem de mais difícil correção após o final da obra realizada (Abecasis, 2014). É de assinalar que os quebramares representam um avanço relativamente a uma linha de costa, que anteriormente devido a processos erosivos se encontrava em recuo.

**A alimentação artificial**, consiste em abastecer com areia um local em perigo de erosão, esta areia é retirada de outro local que possui reservas maiores, sem criar problemas ambientais. É um método de recurso que visa proteger as zonas de

importância turística e/ou económica, bem como as zonas povoadas. O êxito deste método dependerá de fatores ligados ao clima de agitação marinha, morfologia da costa, configuração do perfil e disponibilidade de reservas de areia. A alimentação artificial aplica-se para situações de alargamento da extensão de praias ou em zonas em que o balanço aluvionar apresenta valores negativos pouco expressivos. Constitui uma solução que necessita de uma manutenção de forma contínua, em os depósitos de material arenoso devem ser efetuados a uma taxa média deposição idêntica ao défice aluvionar.

Uma possibilidade de aplicação mais recente é a utilização de **obras (semi)submersas** que correspondem a estruturas ou plataformas submersas, em que se empregam tubos de material geotêxtil. São constituídas por sobreposição de camadas que são formadas por tubos de material geotêxtil que envolvem volumes de material arenosos, designados como geocontentores, e que apresentam comprimentos entre 40 e 80 m e 3 a 5 m de diâmetro (Carmo, 2014). Estes geocontentores poderão ser prefabricados e colocados no local pretendido e ainda devidamente preenchidos com uma mistura de água e areia, constituindo deste modo um recife artificial, tendo a vantagem de apresentarem um impacto visual reduzido e o conseqüente aumento da praia nas proximidades do recife artificial.

**Retirada estratégica**, consiste em desocupar a faixa costeira que possivelmente virá a ser perturbada nas próximas décadas, transferindo os moradores da zona afetada, para outros locais seguros. Do ponto de vista ambiental, esta é a solução mais correta pois possibilita a evolução natural da linha de costa (Andrade, 1998). Esta solução tem implicações muito importantes nas atividades económicas, bem como no património histórico e cultural, bem como custos elevados que estão relacionados com as possíveis indemnizações (Coelho, 2014), a decisão relativa à retirada estratégica é bastante complexa pois além de estar relacionada com questões económicas, também tem implicações sociais relacionadas com a realocação de pessoas e equipamentos, bem como a aceitação de perda de território.

Uma outra possibilidade é a utilização de **vegetação** nas dunas, de modo a impedir os processos erosivos, sendo de referir a fixação e arborização de dunas móveis (Pinho, 2014).

A **proteção das dunas** existentes pode ser efetuada através da criação de reservas dunares, que constituem áreas protegidas onde se impede a degradação das dunas, e se promove a sua recuperação (Andrade, 2009), a transposição das áreas do cordão dunar deve ser restrita à circulação pedonal e pode ser efetuada por estruturas sobrelevadas (ANPC, 2010) que são designadas por passadiços (Figura 3.3). O cordão

dunar pode ser igualmente protegido, através da legislação, com a interdição da sua ocupação por infraestruturas e edifícios.



Figura 3.3 – Representação de passadiço.

### 3.1.4 – Estabilização de arribas e métodos de prevenção

As arribas e as zonas envolventes devem protegidas dado que constituem uma barreira contra o possível galgamento oceânico, fazem parte integrante da dinâmica costeira, e permitem a diversidade da flora e fauna, devendo contribuir para a segurança dos cidadãos e património (ANPC, 2010).

Para evitar situações de erosão e instabilidade das arribas, devem definir-se faixas de proteção que também possibilitem a existência da diversidade dos sistemas costeiros.

Para o aumento a estabilidade das arribas existe um conjunto de soluções técnicas que têm implicações diferenciadas em termos de impacte ambiental.

**A vegetação**, é um método usado para prevenir as ocorrências de instabilidades nas arribas, designadamente as constituídas por materiais mais brandos ou maciços terrosos, dado que as raízes das plantas, em particular as profundas, impedem ou reduzem os movimentos de material terroso ou dos solos. A vegetação diminui a velocidade de circulação da água, o permite a acumulação de sedimentos finos. É de salientar que nos maciços rochosos, as raízes podem crescer no interior de descontinuidades e provocar o aumento da sua abertura, bem como o incremento de forças que possibilitam a ocorrência de instabilidades.

**Colocação de sedimentos na base das arribas**, à semelhança do que foi indicado no subcapítulo 3.1.3, esta técnica consiste na colocação de material arenoso ou mesmo mais grosseiro, nas proximidades das arribas, de modo a contrariar o défice sedimentar existente. O transporte do material pode ser efetuado por veículos pesados ou dragas, procedendo-se ao espalhamento do material. Corresponde a uma técnica em que os impactes ambientais, em particular os paisagísticos são diminutos, permitindo minimizar a erosão no sopé da arriba.

**Modificação da geometria da arriba**, consiste na redefinição da altura e/ou do pendor das arribas, pode ser efetuada através da remoção de blocos instáveis ou de zonas da arriba que possuem uma maior probabilidade de se movimentarem. Com a modificação da geometria provoca-se a diminuição das forças que tendem a instabilizar as arribas e aumenta-se a resistência ao corte. A modificação da geometria implica o conhecimento da litologia, das estruturas geológicas e da percolação da água nas arribas (Moura, 2006).

**Drenagem**, a presença da água, designadamente a sua percolação superficial e subterrânea, bem como as pressões que podem gerar são importantes para a definição da estabilidade das arribas. Deve proceder-se à recolha e à evacuação da água, de modo a evitar a sua infiltração nos terrenos, ou ainda proceder a um rebaixamento do nível freático. Na drenagem podemos diferenciar a drenagem superficial e a profunda, na primeira destacam-se as valetas de betão que possibilitam a interceção da água superficial, de modo a evitar a sua infiltração. Para a drenagem profunda existem vários processos/métodos, nas arribas é possível a utilização de drenos sub-horizontais, estes permitem reduzir as pressões da água, e correspondem a uma série de tubos metálicos ou plásticos de diâmetro reduzido (até 15 cm) e de inclinação, para o exterior das arribas, de aproximadamente de 5º e que são introduzidos nas arribas através de uma furação prévia (Carreto, 1989). Os drenos sub-horizontais correspondem a um método de drenagem que possibilita o escoamento da água, de modo a evitar a degradação dos materiais constituintes das arribas.

**A Rede metálica** é uma técnica que pretende impedir a queda de blocos instáveis. A rede metálica deve ser fixada no topo da arriba. As redes metálicas correspondem a um método de contenção de instalação simples e pouco dispendioso, no entanto o impacte paisagístico é relativamente elevado, apesar de ser localizado.

**Betão projetado**, a proteção de uma arriba pode ser realizada pela projeção de betão a elevada pressão, a gunitagem simples é efetuada em arribas constituídas por maciços rochosos com um menor grau de alteração mas que se apresentem fraturados

(Gonzalez, 2006). É um método que permite um aumento da resistência, da impermeabilidade e da durabilidade, sendo relativamente económico e rápido, pelo que é comum a sua utilização nas arribas (Costa, 2012). De modo a evitar o impacte paisagístico, o betão projetado pode ser pigmentado e apresentar uma cor semelhante à da arriba.

**Pregagens e Ancoragens**, as pregagens consistem num sistema pontual de sustentação, em que se mobiliza o atrito pelo contacto contínuo de um elemento estrutural (varão de aço) com as paredes de um furo previamente aberto (Rodrigues et al., 2009). As pregagens são de execução rápida e são adaptáveis à configuração da face das arribas. As ancoragens correspondem a elementos estruturais (varões ou cabos de aço) que possibilitam a transmissão de uma força de tração ao terreno, permitindo o incremento da sua resistência ao corte (Coelho, 1996). É um método mais dispendioso do que as pregagens. São necessárias inspeções periódicas de modo a monitorizar o estado das ancoragens.

**Cordões de enrocamento**, consistem na colocação de um enrocamento na parte inferior da arriba, pretendendo-se deste modo reduzir a ação da erosão provocada pela agitação marítima, por vezes são colocados de forma associada a muros de contenção. Correspondem a um método muito utilizado e de custos variáveis, de acordo com as volumetrias utilizadas e a facilidade de acessos, mas de modo geral pouco dispendioso. O impacte paisagístico pode ser considerável, designadamente se não ocorrerem na área da sua aplicação movimentos de instabilidade, como os desmoronamentos, basculamentos e/ou deslizamentos, que permitam a acumulação de depósitos de material rochoso na base das arribas. Devem efetuar-se inspeções com alguma periodicidade.

**Muros de contenção**, são utilizados para a contenção dos materiais constituintes das arribas de modo a evitar situações de instabilidade. São elementos que dependem do seu próprio peso para garantirem a estabilidade. Os muros de betão podem também ser ancorados, de modo a evitar situações que envolvam o seu próprio basculamento.

Segundo Costa, (2012) as medidas de prevenção das situações de erosão e instabilidade de arribas podem ser apresentadas resumidamente em quatro partes:

- Sinalizar os locais e áreas de maior suscetibilidade aos processos erosivos e de instabilidade, informando e responsabilizando os utentes das possíveis ocorrências.

- Delimitar fisicamente as zonas de perigo, quer no topo que na parte inferior da arriba.
- Proibir o acesso a sectores da praia ou da arriba, designadamente acessos, áreas de estacionamento, passeios pedonais e vias de comunicação (Figura 3.4).
- Retirada de blocos instáveis e mudanças de geometria das arribas que apresentam problemas de instabilidade.



Figura 3.4 - Placa de sinalização que alerta para a queda de blocos e a existência de arribas instáveis.

### 3.2- Instabilidade de vertentes e taludes

Um talude corresponde a uma superfície que se apresenta inclinada e que limita um maciço rochoso ou terroso (Dyminski, 2010). Geralmente é constituído por diferentes elementos como a crista ou topo, face e pé do talude. Os taludes podem ser definidos como naturais (vertentes), de escavação e de aterro.

As arribas são taludes naturais que sofrem erosão com maior intensidade no seu sopé, provocando o aumento do declive, favorecendo deste modo os movimentos de instabilidade. A evolução geomorfológica natural e/ou a ação da atividade humana pode originar situações de instabilidade dos taludes/vertentes.

Autores como Dana em 1862 e Penck em 1894 realizaram os primeiros estudos no sentido de classificar a instabilidade de taludes e vertentes, o último autor definiu “os

movimentos de massa” que aparecem associados à ação da gravidade e os “transporte de massas” relacionados com agentes de transporte, designadamente a água. Varnes (1978, 1984) estabeleceu a classificação dos movimentos de talude que ainda hoje é aceite e utilizada pela comunidade científica internacional. A classificação de Varnes (1978, 1984) está relacionada com o material constituinte dos taludes e os mecanismos de rotura e é à semelhança da classificação de Dikau et al. (1996) constituída por seis subdivisões de movimentos; desmoronamentos, basculamentos, deslizamentos, expansão lateral, fluxos e movimentos complexos (Quadro 3.1), a representação de alguns movimentos de instabilidade são apresentados na Figura 3.5.

De um modo geral, os tipos de Instabilidade de vertente que ocorrem com maior frequência nas arribas costeiras são os desabamentos (Queda de blocos), deslizamentos e fluxos, registando-se algumas vezes situações de basculamentos.

Quadro 3.1 - Classificação elaborada por Varnes (1978, 1984) in Rodrigues (2003)

Tipo de movimento			Tipo de material		
			Substrato rochoso	Solos	
				Dominante grosseira	Dominante fina
Desabamentos			rochoso	de detritos	de terra
Balançamentos			rochoso	de detritos	de terra
Deslizamentos	Rot.	Poucas unidade.	rotacional rochoso	rotacional em detritos	rotacional em terra
	Trans.	Muitas unidade.	translacional em bloco rochoso	translacional em bloco rochoso	translacional em bloco de terra
			translacional rochoso	translacional de detritos	translacional de terra
Expansões laterais			rochosa	em detritos	em terra
Escoadas			de rocha	de detritos	de terra
				"creep"	
Complexos			Combinações de dois ou mais tipos de movimentos principais		

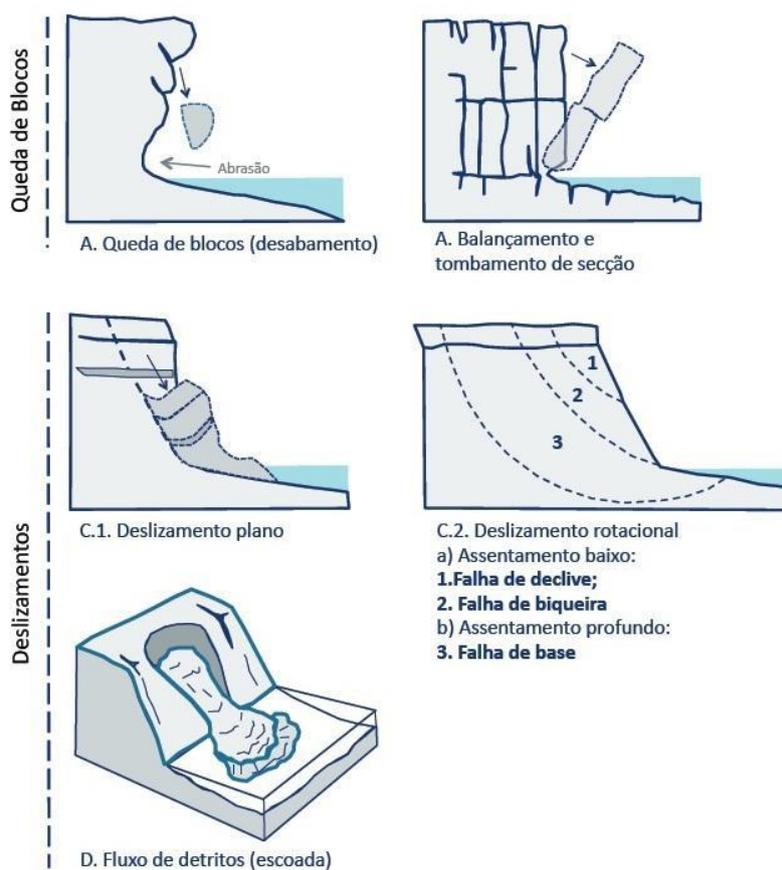


Figura 3.5 - Tipos de movimentos de instabilidade, retirado de Soares (2013).

### 3.2.1- Causas de movimentos de instabilidades

Os movimentos de instabilidade constituem deslocamentos de material rochoso e/ou solo que se movimenta de forma descendente numa vertente ou talude. Estes movimentos podem variar de acordo com a morfologia local. Para as arribas, as ocorrências mais relevantes para o seu desenvolvimento correspondem aos movimentos de instabilidade (Marques, 1997).

As causas dos movimentos de instabilidade podem ser agrupadas em causas externas e internas. As causas externas estão associadas ao incremento das solicitações sobre o material constituinte dos taludes, verificando-se a modificação do estado de tensão existente. As principais causas externas são a alteração da topografia, os processos erosivos, as sobrecargas, as vibrações e as variações da percolação da água (Neves, 2004).

As causas internas mais importantes são as características litológicas, as estruturas geológicas, o incremento da pressão de água e as ações de origem tectónica (Andrade, 2008).

Vallejo et al. (2002) assumiu a existência de fatores condicionantes e desencadeantes, os primeiros correspondem à morfologia, características geológicas e estruturais, estado de tensão, resistência dos materiais; retirada de vegetação e meteorização. Os fatores desencadeantes considerados são a precipitação e circulação de água, alteração das características hidrológicas e hidrogeológicas, presença de sobrecargas, alterações morfológicas e do pendor dos taludes/vertentes, processos erosivos e escavações.

Ayala-Cacerdo et al. (1987) afirmou que as instabilidades estão associadas a processos considerados ativos e condicionantes. Os primeiros referem-se a aspetos como; a sismicidade, vulcanismo, ação dos agentes biológicos, atividade antrópica e à ação da água (precipitação, águas subterrâneas, águas superficiais, gelo ou neve). Os processos condicionantes estão relacionados com a estrutura geológica, litologia, hidrogeologia, grau de alteração e morfologia da área. Os processos ativos podem ser considerados naturais, antrópicos ou mistos, enquanto os processos condicionantes são considerados naturais.

A presença da água é o fator mais importante para o desencadear dos movimentos de instabilidade, e está relacionado com o aumento do nível freático, incremento da pressão e com a diminuição da resistência dos terrenos (Bastos, 1999). Os fatores morfológicos, onde se inclui o declive, influenciam grandemente a ocorrência dos movimentos de vertente (Teixeira, 2005). O pendor apresenta uma maior importância quando a vegetação se encontra ausente em taludes de maciços terrosos ou constituídos por solos.

As estruturas geológicas desempenham um papel fundamental na estabilidade de vertentes/taludes e correspondem, entre outros, às diaclases, aos planos de falhamento, xistosidade, à estratificação e às superfícies de contacto entre formações geológicas distintas.

A ação antrópica influencia os processos erosivos e pode desencadear situações instabilidade através da destruição de vegetação e da construção de obras de engenharia quando efetuadas sem atender às condições ambientais e de segurança.

### **3.2.2- Desmoronamentos**

Os desmoronamentos correspondem a situações de instabilidade que se caracterizam por uma parte importante do movimento ser efetuado em queda livre (Sunamura, 1992), estes movimentos pode ser subdividido em desmoronamento de material rochoso (compreendem a queda de blocos), o desmoronamento de detritos e desmoronamento de solos. Correspondem a movimentos muito rápidos (>3m/min) a extremamente rápidos (>5m/s). Carson & Kirby (1972) definiram uma classificação dos

desmoronamentos tendo em atenção a forma de rotura e as volumetrias registadas, estas são muito variáveis desde blocos rochosos individuais de poucos cm<sup>3</sup> até milhares de metros cúbicos. Hunt (1984) estabeleceu uma classificação de acordo com os mecanismos de rotura, considerando o volume do material instabilizado e a forma como se processa o movimento.

O material que resulta de desmoronamentos localiza-se, de modo geral, em zonas situadas na parte inferior do talude, apresentando dimensões variadas e muitas vezes fragmentam-se no decorrer dos movimentos de queda (Bell, 1993). O possível ressalto do impacto do material instabilizado nos desmoronamentos está dependente das características do material, da capacidade de retenção energética das vertentes/taludes e do ângulo existente entre o percurso da material e a face das vertentes/taludes (Pacheco, 2012). Os desmoronamentos nas arribas estão relacionados com o recuo progressivo da linha de costa.

Os desmoronamentos estão associados aos processos de meteorização e erosão dos materiais constituintes dos taludes (Andrade, 2008), outros aspetos que condicionam a ocorrência dos desmoronamentos são as características geométricas e litológicas, da presença de vegetação, da existência de superfícies de descontinuidade (fracturação, estratificação, xistosidade) e de dobramentos. De acordo com Dramis (1994), as quedas de material são agravadas devido aos pendores elevados dos taludes/vertentes, pela dimensão dos blocos (rochas de grande volume desprendido em montanhas) e pela força da gravidade. A queda de blocos rochosos é muito comum nas formações que apresentam estratificação horizontal ou sub-horizontal e em que se verifica a erosão dos materiais subjacentes. Podem ocorrer desmoronamentos de solos em vertentes/taludes que apresentam fraturas de tração, estas por sua vez estão relacionadas com a libertação de tensões por parte de fendas de dissecação (Narciso, 2009).

### **3.2.3 - Basculamentos**

Os basculamentos também são designados por balançamentos ou tombamentos (Toppling), e são caracterizados por uma rotação do material instabilizado para o exterior do talude (Figura 3.6), o movimento é feito em torno de um eixo ou ponto localizado inferiormente ao centro da gravidade do material afetado pela instabilidade (Ortigão & Sayão, 1999). Os movimentos de toppling evidenciam velocidades variáveis, podendo ser extremamente lentas a extremamente rápidos, neste último caso no decorrer da rotura. A movimentação nos basculamentos é condicionada pelas características geométricas do material movimentado e da superfície de rotura, bem como pela atitude e persistência das superfícies das descontinuidades.

As principais causas dos basculamentos são a força da gravidade, o desenvolvimento das fissuras, a descompressão do talude, o pendor elevado das superfícies de descontinuidade que apresentam um sentido de inclinação para o interior do talude, a ação de forças laterais, e dos fluidos presentes em fraturas e diáclases. Hutchinson (1988) definiu os diferentes basculamentos existentes em simples e múltiplos. Por sua vez, Goodman e Bray (1976), identificaram vários tipos deste movimento como flexural, em bloco, misto e secundário. As volumetrias envolvidas nos movimentos de Toppling apresentam uma grande variação desde 1 m<sup>3</sup> até aproximadamente 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup> (Andrade, 2008).

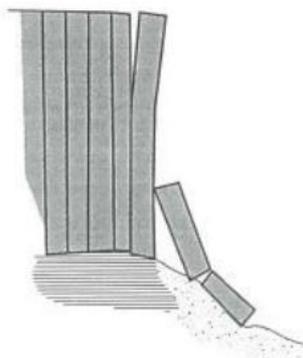


Figura 3.6 – Representação de basculamento (retirado de Penacho, 2012)

### 3.2.4- Deslizamentos

Os deslizamentos (Landslides) correspondem a movimentos de material rochoso ou de solos que se verificam ao longo de planos de rotura ou de zonas de espessura reduzida e sujeitas a deformações intensas (Highland & Bodrowsky, 2008). A superfície de rotura determina a mobilidade e movimento de um determinado volume do material resultante da instabilidade. Os deslizamentos podem ocorrer em solos e em maciços rochosos. Os deslizamentos apresentam uma velocidade desde moderada (velocidade >1,3 m/mês) a muito rápida (velocidades >3 m/min).

Os deslizamentos, podem ser translacionais ou rotacionais. Nos translacionais verifica-se que a massa instabilizada desloca-se ao longo de uma superfície relativamente plana (rotura planar) ou de uma reta de interseção (rotura em cunha). Nos deslizamentos translacionais os movimentos podem deslocar-se para além do limite inferior da superfície de rotura, e em alguns casos atingir uma extensão considerável. Os principais fatores que influenciam os deslizamentos translacionais correspondem à coesão e o ângulo de atrito dos planos de descontinuidades; a influência da água; a

ação de forças externas e a existência de fendas de tração; a orientação dos taludes e das famílias das discontinuidades. Os deslizamentos planares são comuns nos maciços rochosos carbonatados, nas quais as superfícies de estratificação se apresentem bem definidas (Hunt, 2007), enquanto as roturas em cunha estão muitas vezes presentes em maciços rochosos xistosos.

Os deslizamentos são rotacionais (Figura 3.7), quando os seus planos de rotura apresentam uma forma curva com a concavidade virada para cima (Sunamura, 1992) e o material instabilizado tende a apresentar uma maior espessura do que os deslizamentos translacionais. Podem ocorrer em materiais homogêneos, são frequentes em solos e aterros, ou ainda em maciços rochosos muito alterados e/ou fraturados. Hutchinson (1998) dividiu os movimentos rotacionais em múltiplos, sucessivos ou singulares. Podem ocorrer movimentos sucessivos de deslizamentos rotacionais em argilas que se apresentam fissuradas (Matos, 2008).

Os deslizamentos rotacionais podem atingir áreas desde alguns metros quadrados até vários hectares (Dikau *et al.*, 1996). O material instabilizado neste tipo de movimentos apresenta-se, de modo geral instável. As causas determinantes para a ocorrência dos deslizamentos rotacionais estão associadas à ação da água, aos processos erosivos, às vibrações provocada por sismos e ao estado de alteração.

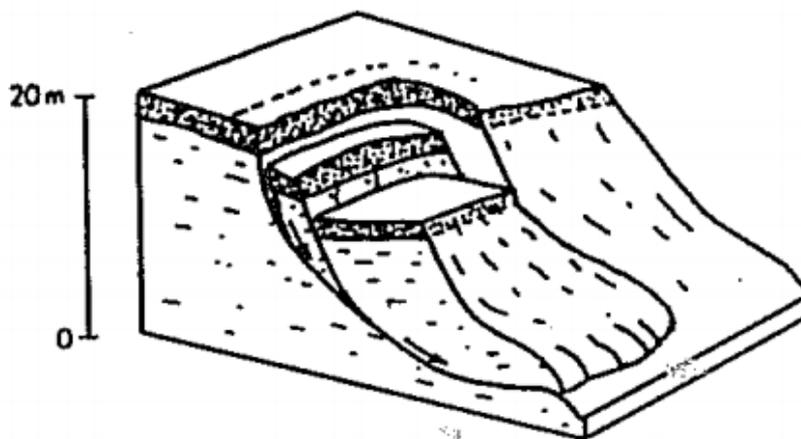


Figura 3.7 - Rotura circular (retirado de Turner & Schuster, 1996).

### 3.2.5 - Fluxos

Os fluxos ou escoadas (Flows) constituem um movimento que se apresenta contínuo e no qual as superfícies de tensão tangencial são de curta duração e de modo geral mal preservadas (Zézeze, 2005). O conjunto da massa instabilizada tem um comportamento semelhante a um fluido viscoso (WP/WLI, 1993). Os materiais instabilizados podem acumular-se ao longo das vertentes e aumentarem o seu volume até alcançarem o sopé das vertentes. Os fluxos podem dividir-se de acordo com o tipo de material presente: fluxos de detritos, fluxos de solos e fluxos de rochas (Dikau et al., 1996). Existe uma transição gradual dos deslizamentos para os fluxos que está relacionada com a quantidade de água existente, mobilidade e progressão dos movimentos (Highland & Bodrowsky, 2008). Os materiais presentes nos fluxos de solos têm, na sua maioria, uma dimensão menor do que os constituintes nos fluxos de detritos (Hyndam & Hyndam, 2006). As velocidades dos fluxos são muito variáveis desde muito lentas a extremamente rápidas.

A ação da água é fundamental, no desencadear dos movimentos de fluxo, provocando a diminuição da resistência dos materiais e a posterior movimentação.

Os fluxos de detritos apresentam fragmentos de material rochoso e blocos envolvidos numa matriz arenosa, em que o material argiloso é relativamente reduzido.

Os fluxos de detritos podem causar prejuízos muito elevados em termos económicos e provocar um grande número de vítimas mortais, em particular nas áreas montanhosas. As velocidades são, de modo geral, rápidas a extremamente rápidas. Os fluxos de detritos estão associados a precipitações intensas e são comuns em vertentes de inclinação acentuadas, em que se procedeu à retirada da vegetação, ocorrendo igualmente em zonas vulcânicas constituídas por material pouco compacto, sendo nesse caso designados por Lahares.

Os fluxos de solos são divididos em lamacentos, arenosos húmidos ou secos. Os fluxos de terra e lama estão relacionados com precipitações elevadas, inclinações de vertentes/taludes consideráveis e com a supressão e inexistência de vegetação. Bloom (1970) confirma que os fluxos podem ocorrer em algumas zonas costeiras constituídas por matérias argiloso pouco resistente, verificando-se a presença de fluxos de lamas, contribuindo deste modo para o recuo de arribas compostas por argilas e margas (Sunamura, 1992).

Os fluxos constituídos por material arenoso, ou siltoso húmido, podem ocorrer no sopé dos taludes, e estão relacionados com variações da pressão neutra sob o efeito das marés ou da ondulação (Varnes, 1978).

## 4 - Metodologia de análise

Estabeleceu-se uma metodologia composta por várias fases de modo a realizar o presente estudo sobre os processos erosivos e situações de instabilidade das arribas rochosas na área de Caota, praia do Cambolo e Morro do Sombreiro.

**1ª Fase – Objeto de estudo e recolha bibliográfica:** A realização deste trabalho teve início com a definição do objeto de estudo, pelo que se procedeu a uma pesquisa de campo de modo a identificar as situações de ocorrência de erosão e situações de instabilidade, tendo-se delimitado a área de investigação na zona do Morro do Sombreiro e Caota. Neste levantamento de campo preliminar, para além da observação e registo das ocorrências de erosão e de instabilidade, procedeu-se à obtenção de imagens fotográficas das arribas costeiras da área de estudo. De seguida procedeu-se à recolha da bibliografia de livros, revistas e artigos científicos relacionados com os aspetos inerentes ao tema em questão, destacando-se os materiais em formato digital. Usou-se também, a bibliografia da biblioteca da Administração Municipal de Benguela, bem como a dos arquivos da Administração da zona - B e da Universidade Katyavala Bwila – Benguela para a obtenção de regulamentos e de legislação relacionada com o ordenamento do território e ambiente. Procedeu-se à obtenção de elementos de representação cartográfica da área de Benguela, e em particular da área de estudo, como cartas topográficas e geológicas; obtiveram-se igualmente fotografias, imagens digitalizadas e de satélite, neste último caso da Google Earth. Os vários elementos obtidos foram depois compilados e organizados, de modo a possibilitarem a descrição dos aspetos geográficos e geológicos da área estudada, bem como a permitirem efetuar uma caracterização das principais condicionantes das situações da erosão costeira e dos processos de instabilidade.

**2ª Fase – Elaboração das fichas de trabalho:** Para a realização de um levantamento de campo, que permitisse a observação organizada e a quantificação dos processos erosivos e de instabilidade, elaboraram-se fichas de caracterização da área em estudo. A primeira designada por Ficha Técnica A, serviu para proceder ao levantamento das situações relacionadas a erosão costeira das arribas das zonas do Morro do Sombreiro, praia do Cambolo e Caota (Quadro 4.1).

Quadro 4.1 – Ficha Técnica A relativa à determinação da suscetibilidade à erosão costeira.

<b>Ficha técnica A</b>			
Parâmetros relacionados com a suscetibilidade à erosão costeira na área de Morro do Sombreiro, praia do Cambolo e Caota.			
<b>Nº da Ficha</b>	<b>Localização</b>	<b>Data:</b>	
	<b>PARÂMETROS</b>	<b>Peso</b>	
<b>1</b>	<b>Litologia</b>	<b>1</b>	Calcários e arenitos carbonatados
		<b>2</b>	Conglomerados e arenitos
		<b>3</b>	Margas e arenitos
		<b>4</b>	Margas, argilas e siltitos
<b>2</b>	<b>Espaçamento das diáclases (F)</b>	<b>1</b>	Diáclases afastadas a muito afastadas (F>60 cm)
		<b>2</b>	Diáclases medianamente afastadas a afastadas (20 cm < F < 200 cm)
		<b>3</b>	Diáclases medianamente afastadas a próximas (6 cm < F<60 cm)
		<b>4</b>	Diáclases próximas a muito próximas (F < 20 cm)
		<b>5</b>	Diáclases muito próximas (F < 6 cm)
<b>3</b>	<b>Espessura das camadas (L)</b>	<b>1</b>	Camadas espessas a muito espessas (L > 60 cm)
		<b>2</b>	Camadas de espessura mediana (20 cm < L < 60 cm)
		<b>3</b>	Camadas delgadas a muito delgadas (L < 20 cm)
<b>4</b>	<b>Atitude das camadas</b>	<b>1</b>	Inclinação contrária ao talude
		<b>2</b>	Camadas sub-horizontais
		<b>3</b>	Inclinação sub-paralela ao talude
		<b>4</b>	Inclinação no mesmo sentido que o talude
<b>5</b>	<b>Proteção do sopé</b>	<b>1</b>	Existência de plataforma de abrasão recente
		<b>2</b>	Existência de proteção com blocos caídos
		<b>3</b>	Sem proteção
<b>6</b>	<b>Altura de arribas</b>	<b>1</b>	Altura > 25m
		<b>2</b>	Altura entre 20 a 25 m
		<b>3</b>	Altura entre 15 e 20 m
		<b>4</b>	Altura entre 10 e 15 m
		<b>5</b>	Altura < 10 m
<b>7</b>	<b>Intensidade das ações marinhas</b>	<b>1</b>	Enseadas abrigadas e litoral este
		<b>2</b>	Litoral Norte
		<b>3</b>	Litoral norte próximo da Ponta do Sombreiro e litoral de orientação nordeste-sudoeste
		<b>4</b>	Pontas do Sombreiro e da Caota

Os vários parâmetros da Ficha Técnica A foram estabelecidos a partir de uma adaptação dos estudos de Marques & Romariz (1989) que foram aplicados às arribas costeiras da península de Peniche. A ficha técnica A é constituída por sete parâmetros relativos à erosão costeira das arribas, os quais correspondem à litologia, ao espaçamento das diáclases, à espessura da estratificação, à atitude das camadas, à proteção do sopé, à altura das arribas e à intensidade das ações marinhas. Cada um dos parâmetros está associado a valores ponderais que no caso da litologia e do espaçamento das diáclases devem ser multiplicados por 3, dado revelarem uma maior importância nos processos erosivos das arribas costeiras. Os valores ponderais do parâmetro relativo ao espaçamento das diáclases são multiplicados por dois, enquanto os dos restantes parâmetros não necessitam de ser multiplicados.

A partir dos valores ponderais dos vários parâmetros da Ficha Técnica A e do seu somatório é possível classificar a suscetibilidade à erosão costeira dos vários locais estudados.

Elaborou-se também uma segunda ficha designada por Ficha Técnica B (Quadro 4.2), relacionada com a definição das situações de instabilidade de acordo com as classificações de Varnes (1978) e Cruden & Varnes (1996), e que é constituída por 17 parâmetros que compreendem as características das arribas costeiras como a localização, a altura, a litologia existente, a cobertura vegetal, os tipos de instabilização, as suas volumetrias, possíveis trabalhos de estabilização, estado de atividade, principais consequências e causas externas e internas dos movimentos de instabilidade.

Quadro 4.2 – Ficha Técnica B relativa às situações de instabilidade.

Ficha de observação		Nº Estação
1-Designação do talude/ vertente		
2 - Localização:		
3- Extensão (em metros) talude/vertente		
4 - Altura (em metros) do talude/vertente:		
5 - Inclinação do talude/vertente:		
6 - Litologia:		
7- Tipo de Vegetação		Classificação
Sem vegetação		
Vegetação rasteira		
Existência de árvores de médio e pequeno porte e vegetação moderada		
Existência de árvores de grande e médio porte e vegetação moderada a densa		

8 - Esboço da Litologia, estratificação e de planos de falhas (Cortes transversais interpretativos e/ou frente interpretativa do talude/vertente).

9 - Classificação de Instabilidade			
Tipos de Instabilidade baseado na Classificação de Varnes (1978) e Cruden & Varnes (1996)	Rocha	Detritos	Solos
Desmoronamentos (Queda de blocos)			
Basculamento ("Toppling")			
Deslizamentos Rotacionais Deslizamentos Planares Deslizamentos em Cunha			
Fluxos			
Creep			
Movimentos Complexos			

10 - Trabalhos de estabilização: Existência de trabalhos de estabilização ou de proteção do talude/vertente.

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		
Movimento	Velocidade	Classificação
Muito rápido	> 3 m/min	
Rápido	1,8 m/h a 3 m/min	
Moderado	13 m/mês a 1,8 m/h	
Lento	1,6 m/ano a 13 m/mês	
Muito lento	< 1,6 m / ano	

13 - Estados da Atividade da Instabilidade (Adaptado de Unesco WP/WLI (1993))	
Atividade da Instabilidade	Classificação
Instabilidade Ativa	
Instabilidade Suspensa (Ativa nos últimos 12 meses mas não ativa no momento)	
Instabilidade Inativa com indícios (Sem atividade nos últimos 12 meses mas com indícios de atividade)	
Instabilidade Inativa (Sem atividade nos últimos 12 meses e sem indícios de atividade)	

14 - Dimensão da Instabilidade.

15- Consequências da instabilidade	
Consequências da Instabilidade (vai afetar ou afeta)	Classificação
Habitacões (casas de pessoas)	
Vias de comunicação (estradas)	
Edifícios (comerciais, escritórios, administrativos, exército, polícia)	
Fábricas	
Escolas e Hospitais	
Agricultura e Pastorícia	
Floresta, Savana ou Desocupado	
Zona de Praia	

16- Causas externas da instabilidade	
Causas Externas de Instabilidade	Classificação
Aumento de inclinação do talude/vertente	
Aumento de altura do talude/vertente (escavação no pé ou aterro na crista)	
Aumento do peso do talude/vertente (aplicação de sobrecargas)	
Infiltração de água	
Vibrações	
Erosão superficial	
Abrasão marinha	

17- Causas Internas da Instabilidade	
Causas Internas da Instabilidade	Classificação
Litologia	
Estrutura geológica (Estratificação, falhas, diáclases, xistosidades, filões, dobras)	
Aumento da pressão da água	
Diminuição de resistência dos terrenos	
Aumento de tensões tectónicas	

**3º Fase - Levantamento de campo:** Nesta fase procedeu-se ao estudo da área de investigação, partindo do Morro do Sombreiro, praia do Cambolo até a ponta da Caota. Para tal, fez-se recurso a meios terrestres e marítimos, percorreu-se detalhadamente o local, e procedeu-se à definição dos vários parâmetros das Fichas Técnicas A e B, cumprindo-se de forma rigorosa todos os procedimentos que são estabelecidos nas referidas fichas. No levantamento de campo utilizou-se um aparelho de Global Positioning System (GPS) que permitiu estabelecer as coordenadas geográficas das 37 estações seleccionadas ao longo da faixa costeira. Recorreu-se igualmente a uma bússola de geólogo para a determinar a atitude das arribas e das estruturas geológicas, e a uma máquina fotográfica digital para ilustrar a natureza dos perfis das arribas, os processos erosivos e de instabilidade. Utilizou-se uma fita métrica com uma precisão de 1 mm, para medir o espaçamento das diáclases, e a espessura dos estratos, bem como a dimensão dos blocos relacionados com as instabilidades. As diferentes observações geológicas foram devidamente registadas num caderno de campo. Para além da determinação dos aspetos dos diferentes parâmetros, procedeu-se à caracterização dos movimentos de instabilidade, bem como à definição de intensidade das ações marinhas ocorrentes na área costeira que é objeto de estudo.

**4ª Fase – Tratamento de dados:** Com base na informação fornecida pelas Fichas Técnicas A e B, procedeu-se à análise, interpretação e síntese de todos os dados recolhidos e sua apresentação em gráficos, quadros e figuras. Usando as classificações

de Varnes (1978) e de Dikau et al. (1996), definiram-se os principais tipos de movimentos de instabilidade que ocorrem nas estações bem como a sua velocidade, estado de atividade e as principais causas. Através da análise dos resultados relativos à Ficha de Trabalho A estabeleceram-se as diferentes suscetibilidades relativamente à erosão das arribas.

**5ª Fase - Contribuição para o ordenamento do território:** No final mencionaram-se medidas relativas à estabilização das arribas e definiram-se os modelos de prevenção e atuação relativamente às ocorrências de erosão costeira, tendo em atenção o desenvolvimento e planeamento correto das zonas litorais do Morro do Sombreiro, praia do Cambolo e ponta da Caota.

# 5 - Estudo da erosão costeira e da instabilidade de arribas

## 5.1 – Descrição de arribas costeiras entre a Praia da Caota e Sombreiro.

Este capítulo é dedicado à análise e descrição dos dados recolhidos através das fichas de suscetibilidade de erosão costeira e da situação de instabilidade das arribas localizadas entre a região da Caota e Sombreiro. Para facilitar a descrição e compreensão dos dados obtidos no trabalho de campo, a análise dos resultados é acompanhada por ilustrações fotográficas e gráficas.

Tendo em conta o elevado número de estações efectuadas, de modo a permitir a clareza, rigor e compreensão dos dados recolhidos, agruparam-se as estações em troços, de forma sequencial, tendo em consideração os aspectos mais significativos, como os tipos litológicos dos materiais, as suas características estruturais e a presença de ocorrências erosivas. Assim dividiu-se a área de estudo que compreende 37 estações, em sete troços (Figura 2.12): o 1º Troço compreende desde a 1ª à 5ª estação; o 2º troço, está composto pela 6ª e 7ª estações, o 3º troço apresenta desde a 8ª à 15ª estação, o 4º troço inclui desde a 16ª à 18ª estação, o 5º troço, vai desde a 19ª à 26ª estação, o 6º troço alberga da 27ª à 30ª estação e o 7º troço, inicia-se na 31ª e termina na 37ª estação.

### 5.1.1 – Estudo do 1º troço

Este troço encontra-se situado entre as coordenadas geográficas: 12º 35,174' Sul, 13º 18,027' Este e 12º 34,954' Sul, 13º 17,983' Este, numa extensão de 611 metros, da primeira à quarta estação, as arribas apresentam um pendor para E e NE, enquanto as arribas da quarta a quinta estação possuem um pendor para NW. A altura das arribas oscila entre 16 a 85 metros, os valores mais elevados são relativos às arribas localizadas nas proximidades da Ponta do Sombreiro.

A litologia deste troço apresenta três estações cujas arribas são constituídas por margas e arenitos, enquanto as restantes duas são compostas por margas, arenitos e siltitos. As margas são de cor amarela a acinzentada e os arenitos de coloração esbranquiçada a amarelada e por vezes acastanhada. Sublinhamos também a existência de troncos de árvores e raízes fossilizadas de coloração esverdeada, junto à terceira estação (Figura 5.1). Verifica-se a existência de vénulas de gesso, geralmente de coloração branca, podendo em muitos casos apresentarem tonalidades acinzentada

ou amareladas, devido à presença de impurezas. As vénulas possuem uma disposição sigmóidal ou quadriculada e encontram-se em margas e arenitos, e com uma espessura variável e compreendida entre 2-7cm. Os processos de erosão marinha apresentam-se de forma evidente. Salienta-se a existência de uma linha de água na parte sul do 1º Troço, com capacidade de transportar sedimentos para a zona de praia existente.

O tipo de instabilidade que se verifica com maior predominância é o desmoronamento, seguida por alguns casos de fluxos de material fino que se acaba por acumular na forma de cones de dejeção.

Em alguns casos, os blocos caídos alcançam uma distância de 15 metros em relação à base da arriba, tal como se pode observar na Figura 5.2. Em 60% da extensão do troço 1 os blocos tombados não protegem o sopé da arriba, o volume dos blocos instabilizados varia entre  $4,15 \times 7,26 \times 2,8 \text{ m}^3$  ( $\approx 54,23 \text{ m}^3$ ) e  $0,92 \times 1,7 \times 0,81 \text{ m}^3$  ( $\approx 1,26 \text{ m}^3$ ), correspondendo a um valor médio de  $9,2 \text{ m}^3$ , a velocidade dos movimentos de instabilidade é considerada desde muito rápida a rápida e o estado das instabilidade é considerado suspenso ou seja, a instabilidade foi ativa nos últimos 12 meses, mas não no momento do estudo. As principais causas das instabilidades estão relacionadas com a infiltração e pressão da água, abrasão marinha, erosão superficial, bem como com os tipos litológicos, a presença de diaclases e a estratificação das camadas.



Figura 5.1 – Aspeto de troncos e raízes fossilizadas em blocos.



Figura 5.2 – Panorâmica da base da arriba e da praia situada em frente ao Morro do Sombreiro, em que se pode observar a presença de blocos instabilizados de grandes dimensões.

### 5.1.2 – Estudo do 2º troço

O 2º Troço localiza-se entre as coordenadas geográficas: 12º 35,015' Sul, 13º 17,878' Este e 12º 35,108' Sul, 13º 17,783' Este, apresenta uma extensão de cerca de 155 metros. Na Figura 5.3 é possível observar a altura considerável do Morro do Sombreiro, as arribas têm um pendor para NW, e uma altura variável entre 72 e 125 m, esta última altura corresponde ao pico do Morro do Sombreiro.

O tipo de litologia predominante nas arribas deste troço é composto por conglomerados amarelados e arenitos esbranquiçados. A espessura das camadas foi definida como mediana, entre 20 e 60 cm.

Salienta-se a existência de vegetação rasteira, em particular na base da arriba. Os blocos caídos são de grandes dimensões, sobretudo na estação que corresponde ao Morro do Sombreiro, registando-se valores que oscilam de  $3,5 \times 5,1 \times 2,5 \text{ m}^3$  ( $\approx 44,62 \text{ m}^3$ ) a  $0,79 \times 1,0 \times 0,65 \text{ m}^3$  ( $\approx 0,51 \text{ m}^3$ ), e cujo valor médio é de  $3,81 \text{ m}^3$ . Os movimentos nas arribas apresentam velocidades entre a muito rápida a rápida, os blocos de arenitos caídos são de coloração acastanhada e protegem o sopé da arriba, o que leva que a erosão marinha não seja acentuada. As situações de instabilidade afetam uma área considerável da praia que é essencialmente frequentada por pescadores. O estado das

instabilidades neste trecho é considerado como sendo de atividade suspensa. Entre as causas externas de instabilidade destacam-se a infiltração de água, a abrasão marinha e a erosão superficial, enquanto as causas internas são, essencialmente, a litologia e as estruturas geológica.



Figura 5.3 - Panorâmica do Morro do Sombreiro, em que se pode observar os blocos de arenitos instabilizados.

### 5.1.3 – Estudo do 3º trecho

O 3º Troço está entre as coordenadas geográficas: 12º 35,191' Sul, 13º 17,702' Este e 12º 35,246' Sul, 13º 17,366' Este, numa extensão de cerca de 667 metros, as arribas possuem uma altura superior a 25 m e um pendor, de modo geral, para N e NW.

O tipo de litologia predominante nas arribas deste trecho é composto quase exclusivamente por margas e arenitos, as primeiras apresentam cores cinzentas a amareladas, enquanto os arenitos possuem tonalidades esbranquiçadas a amareladas. Existem também troncos de árvores fossilizados de coloração acastanhada em blocos de margas e arenitos (Figura 5.4). Os blocos caídos nesta zona são de dimensão mais reduzida quando comparados com os existentes nos dois primeiros trechos. A erosão é acentuada apenas nas estações 8 e 9, registando-se também outros processos erosivos devido à existência de uma linha de água temporária, a Oeste das estações 8 e 9. Os blocos de material instabilizado registam valores volumétricos com uma variação de  $1,0 \times 1,0 \times 0,23 \text{ m}^3 (\approx 0,23 \text{ m}^3)$  a  $0,13 \times 0,21 \times 0,52 \text{ m}^3 (\approx 0,01 \text{ m}^3)$ , e com um valor médio igual a  $0,03 \text{ m}^3$ . Os movimentos de vertentes observam velocidades semelhantes às

verificadas nos outros troços, e são definidas como muito rápidas a rápidas. O estado das instabilidades deste troço foi assumido como de atividade suspensa. As causas externas da instabilidade são o aumento da inclinação da arriba, a abrasão marinha, a infiltração de água e a erosão superficial, as causas internas são a litologia, a estrutura geológica, o aumento da pressão da água e a diminuição da resistência dos terrenos.



Figura 5.4 - Ilustração de troncos fossilizados localizados na base da arriba.

#### 5.1.4 – Estudo do 4º Troço

Este troço está localizado entre as coordenadas geográficas: 12º 35,374' Sul, 13º 17,027' Este e 12º 35,384' Sul, 013º 16,775' Este, tem um comprimento de 376 metros, a altura das arribas deste troço varia entre os 25-45 m, as faces das arribas apresentam-se inclinadas para N.

A litologia das arribas deste troço é composta por conglomerados e arenitos de cores amareladas e castanhas claras. A probabilidade de situações de erosão costeira é reduzida, porque os blocos e o material de depósito de vertente, encontram-se situados na base da arriba, além disso salienta-se a existência de vegetação de pequeno porte. O tipo de instabilidade predominante são os desmoronamentos. A dimensão dos blocos de arenitos caídos registam valores que estão entre 1,5x1,0x2,3 m<sup>3</sup> ( $\approx 3,45$  m<sup>3</sup>) e 0,68x0,11x0,85 m<sup>3</sup> ( $\approx 0,77$  m<sup>3</sup>), a que corresponde um valor médio de

1,57m<sup>3</sup> e os movimentos de vertentes registam velocidades consideradas muito rápidas a rápidas.

O estado das instabilidades é na sua grande maioria considerado como sendo suspenso ou seja, ativo nos últimos 12 meses mas não apresentando atividade evidente no momento. As causas externas da instabilidade são a infiltração de água e o aumento do peso no topo das arribas, enquanto as causas internas estão relacionadas com o aumento da pressão de água, a litologia e a estrutura geológica.

#### **5.1.5 – Estudo do 5º Troço**

O 5º troço encontra-se entre as coordenadas 12º 35,328' Sul, 13º 16,717' Este e 12º 35,227' Sul, 13º 16,182' Este, possui uma extensão de 713 metros, com o pendore das arribas com sentido de inclinação N a NE. A altura das arribas varia entre 23 a 51 m.

A litologia deste troço apresenta um predomínio de margas, siltes e argilas de tonalidades amarelas a cinzentas, verificando-se também a presença de arenitos esbranquiçados e por vezes também de cores amarelas. Regista-se a existência de níveis com vénulas de gesso esbranquiçados com tonalidades acinzentadas e de espessuras entre 2 a 7 cm. O troço apresenta vários tipos de movimentos de vertentes. Estando presentes os desmoronamentos, os deslizamentos e fluxos de solos secos, formando cones de dejeção conforme se pode observar na Figura 5.5. Por vezes ocorrem fluxos de detritos. Metade das estações que compõem o 5º troço, são constituídos por margas e argilas e registam erosão bastante acentuada, desagregando-se com facilidade sob a ação das ondas e dos agentes de meteorização.

A dimensão da instabilidade possui valores entre 1,1x0,92x1,0 m<sup>3</sup> ( $\approx$ 2,02 m<sup>3</sup>), e 0,28x0,41x0,33 m<sup>3</sup> ( $\approx$ 0,03 m<sup>3</sup>), o seu valor médio é igual a 0,34 m<sup>3</sup>, o tipo de instabilidade é considerado como ativo. A velocidade dos movimentos de instabilidade varia desde muito rápido a rápido. Os depósitos de vertente localizados na parte inferior da arriba não impedem de modo efetivo os processos erosivos, observando-se muitos indícios de erosão. As causas externas da instabilidade correspondem ao aumento da inclinação das arribas, à abrasão marinha, à infiltração da água e à erosão superficial. As causas internas estão ligadas aos aspectos litológicos, à estrutura geológica, ao aumento da pressão da água e à diminuição da resistência dos terrenos. É de sublinhar a existência de uma falha normal, de extensão de cerca de 7 m e que se localiza na 26ª estação (Figura 5.6).



Figura 5.5 - Fluxos de solos que se depositam na forma de cones de dejeção.



Figura 5.6 – Ilustração de uma falha normal, registada na 26ª estação.

### 5.1.6 – Estudo do 6º Troço

O sexto troço está compreendido entre as coordenadas 12° 35,198' Sul, 13° 16,163' Este e 12° 35,154' Sul, 13° 16,052' Este. É um troço que possui uma extensão de 249 m, as arribas têm um pendor NE, e uma altura que varia entre os 17-32 metros. A sua litologia corresponde a margas e arenitos, de coloração amarela a esbranquiçada. Sublinhando-se a existência de dobras de extensão de vários metros e falhas com uma continuidade superior a 15 metros (Figura 5.7), regista-se a presença de um estrato de calcarenito grosseiro com vários espécimes de ouriço do mar, de idade miocénica e designados como *Heliophora* (Figura 5.8), bem como um fragmento de concreção carbonatada e silicificada em que se observa, no seu interior, uma vértebra fóssil de baleia também de idade miocénica (Figura 5.9).

O tipo de movimento de vertente é predominantemente o desmoronamento, registando-se também fluxos e deslizamentos, a velocidade dos movimentos de instabilidade varia entre muito rápido, rápido e moderado. Este troço possui duas das quatro estações com erosão marinha acentuada e duas em que os blocos caídos protegem o sopé da arriba. A vegetação é rasteira. Os blocos estabilizados possuem a dimensão entre  $2,3 \times 3,0 \times 1,5 \text{ m}^3$  ( $\approx 10,35 \text{ m}^3$ ) e  $0,98 \times 0,17 \times 0,22 \text{ m}^3$  ( $\approx 0,03 \text{ m}^3$ ), com um valor médio de  $2,0 \text{ m}^3$ . O estado de atividade é definido como ativo, por vezes em algumas estações como suspenso. Nesta zona, as consequências das instabilidade afectam uma área frequentada por pescadores e banhistas. As causas externas residem no aumento da inclinação, incremento do peso do talude e infiltração de água. As causas internas estão ligadas à litologia, estrutura geológica, aumento da pressão da água e diminuição da resistência dos terrenos.



Figura 5.7 – Arriba ilustrando a existência de dobras associadas a planos de falhamentos.



Figura 5.8 – Aspecto de estrato de calcarenito grosseiro com espécimes do ouriço do mar miocénico *Heliophora*, aflorantes na base da arriba litoral próxima da Caotinha.



Figura 5.9 – Fragmento de concreção carbonatada e silicificada em que se observa, no seu interior, uma vertebra fóssil de baleia de idade miocénica.

#### 5.1.7 – Estudo do 7º Troço

O 7º troço situa-se na área da Caruita, e é limitado pelas coordenadas: 12º 35,120' Sul, 13º 16,026' Este; e 12º 35,301' Sul, 13º 15,715' Este. Tem uma extensão aproximadamente de 780 m. Este troço corresponde à Ponta da Caruita, que numa representação cartográfica em planta, corresponde de forma aproximada a um meio círculo com a concavidade virada para o interior do continente. As arribas são de altura reduzida quando comparados com os restantes troços, não alcançando mais de 10 metros de altura.

A litologia desta zona é completamente diferente dos outros troços, verificando-se a existência de rochas mais compactas e com uma maior resistência aos processos erosivos e correspondem a: calcários e arenitos compactos de coloração branca e acastanhada. Verifica-se a existência de árvores de pequeno e médio porte, que deste modo reduzem a possibilidade do incremento dos processos de erosão. Alguns calcários e arenitos carbonatados deste troço registam um desenvolvimento crescente do fenómeno da carsificação, que é originado pela infiltração da água e dissolução das rochas carbonatadas (Figura 5.10).

O tipo de instabilidade mais presente corresponde ao desmoronamento de rochas, e as dimensões dos blocos instabilizados possuem uma variação entre

5,2x4,9x3,8 m<sup>3</sup> (≈96,82 m<sup>3</sup>), 0,97x0,99x0,71 m<sup>3</sup> (≈0,68 m<sup>3</sup>), sendo o valor médio de 2,85 m<sup>3</sup>. Alguns destes blocos atingem a zona de praia. As instabilidades são consideradas ativas a suspensas. As principais consequências das instabilidades estão relacionadas com possíveis danos em edifícios e perturbação das atividades turísticas, comerciais e piscatórias. Consideram-se as causas de instabilidades externas como relacionadas com a infiltração de água, a abrasão marinha, o aumento do peso do talude/vertente, com o registo de construções de grande a médio porte, tais como residências, edifícios comerciais e de lazer nas imediações da costa (Figura 5.11). Caso o ritmo de construções de obras pesadas e de carácter definitivo ao longo da costa se manter, acreditamos que esta será a principal causa que irá acelerar os processos de instabilidade e de erosão das arribas neste troço. As causas internas de instabilidade estão associadas ao aumento da pressão da água, aspetos estruturais e litológicos.



Figura 5.10 – Panorâmica da litologia carbonatada da zona da Currita, 7º troço, ilustrando a presença da fraturação e de aspetos de dissolução.



Figura 5.11 – Presença de edifícios na parte superior das arribas constituídas por arenitos carbonatados.

## **5.2 – Avaliação da erosão costeira na área entre o Morro do Sombreiro e a região da Caota.**

Esta região é caracterizada por arribas afetadas pelos processos erosivos que são causados por fatores múltiplos e interligados que poderão provocar grandes alterações a médio ou a longo prazo. Na presente dissertação realizou-se a avaliação da suscetibilidade aos processos erosivos das arribas que foram divididas em 37 estações, no Município de Benguela, entre o Morro do Sombreiro, passando pela praia do Cambolo, e a ponta da Caruita, junto da Caota.

Para a classificação de fatores relacionados a definição da suscetibilidade à erosão marinha usou-se a Ficha Técnica – A, em que se atendeu aos aspetos litológicos e consequente resistência, ao espaçamento das diaclases, à espessura e atitude das camadas, proteção do sopé, altura das arribas e ações marinhas.

### **5.2.1 – Litologia**

Na Ficha A o fator da identificação da litologia está relacionado com as características da composição dos materiais geológicos que formam as arribas, bem

como a sua resistência. A área litoral em estudo, pertence à formação de Quifandongo que é composta por rochas sedimentares que foram classificadas em 4 termos:

1º Calcários e arenitos carbonatados, apresentando a resistência mais elevada.

2º Os conglomerados e arenitos, classificados como apresentando uma resistência média.

3º Os arenitos e margas, evidenciando uma resistência média a baixa.

4º As margas, argilas e siltitos que de modo geral têm uma resistência baixa (Figura 5.12).



Figura 5.12 – Representação de margas e argilas que ocorrem na base das arribas da estação 23, no 5º Troço.

O resultado do levantamento de campo efetuado na zona em questão, confirma que em sete estações ocorrem calcários e arenitos carbonatados, estas estações localizam-se região da ponta da Caruita, entre a 31ª e a 37ª estação. Esta é uma zona em que os materiais rochosos se apresentam mais resistentes, porém a construção desregrada de edifícios de grande porte e localizados muito próximos da linha da costa poderá contribuir para ocorrência de movimentos de instabilidade e problemas de erosão costeira no futuro. Estas sete estações correspondem a 18,9% das estações estudadas.

Os conglomerados e arenitos, pertencem ao termo – 2 e registaram-se em apenas 5 estações (6<sup>a</sup>, 7<sup>a</sup>, 16<sup>a</sup>, 17<sup>a</sup> e 18<sup>a</sup> estações), correspondendo a 13,5% das estações estudadas. As margas e arenitos que correspondem ao termo – 3, ocorrem com uma frequência superior às demais, verificando-se a sua presença em 17 estações (1<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup> a 4<sup>a</sup>, 8<sup>a</sup> a 11<sup>a</sup>, 13<sup>a</sup> a 15<sup>a</sup>, 19<sup>a</sup>, 21<sup>a</sup>, 24<sup>a</sup>, 27<sup>a</sup> a 30<sup>a</sup>). Sendo quatro delas localizadas no primeiro troço, seis no segundo troço e apenas uma no terceiro troço. As dezassete estações correspondem a 45,9% do conjunto estudado.

As margas, argilas e siltitos, são enquadradas no termo – 4, observaram-se em 8 estações (2<sup>a</sup>, 5<sup>a</sup>, 12<sup>a</sup>, 20<sup>a</sup>, 22<sup>a</sup>, 23<sup>a</sup>, 25<sup>a</sup> e na 26<sup>a</sup>), pelo que o seu valor percentual é igual a 21,6%, relativamente à totalidade das estações consideradas (Figura 5.13).

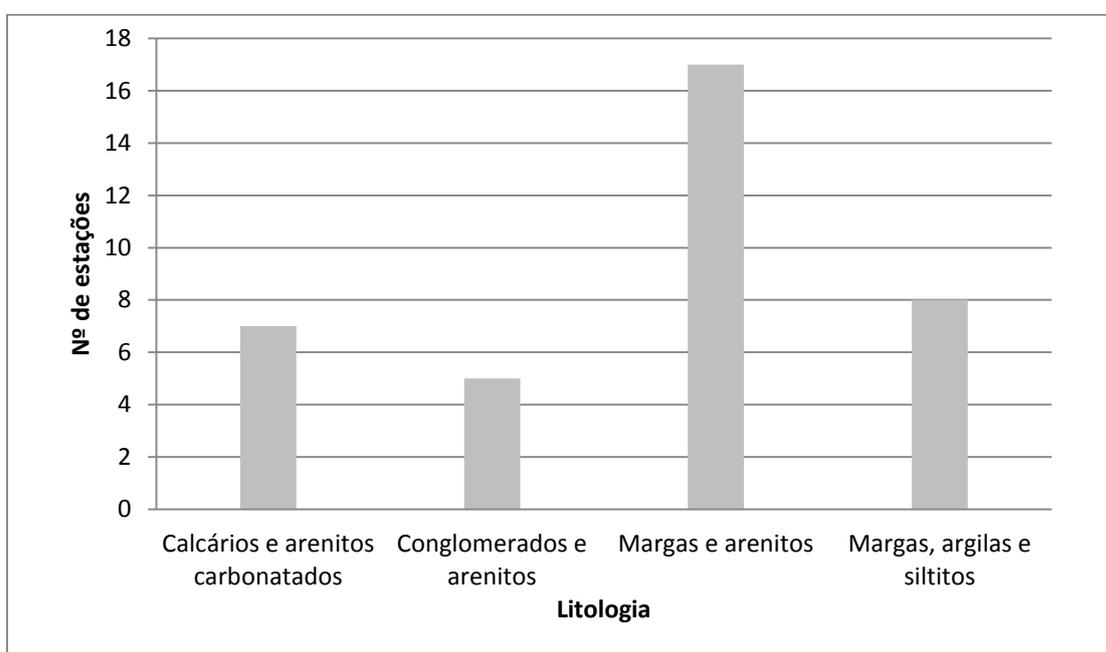


Figura 5.13 - Distribuição do fator Litologia no perímetro estudado.

### 5.2.2 – Espaçamento das discontinuidades

De modo geral, as arribas rochosas desta região apresenta diáclases que se enquadram no termo – 2, verificando-se os seguintes resultados: 26 estações com diáclases medianamente afastadas a afastadas (70,2%), 8 estações com diáclases medianamente afastadas a próximas (21,6%) e 2 estações com diáclases afastadas a muito afastadas (5,4%), e somente uma estação com diáclases próximas a muito próximas (2,7%) (Figura 5.14).

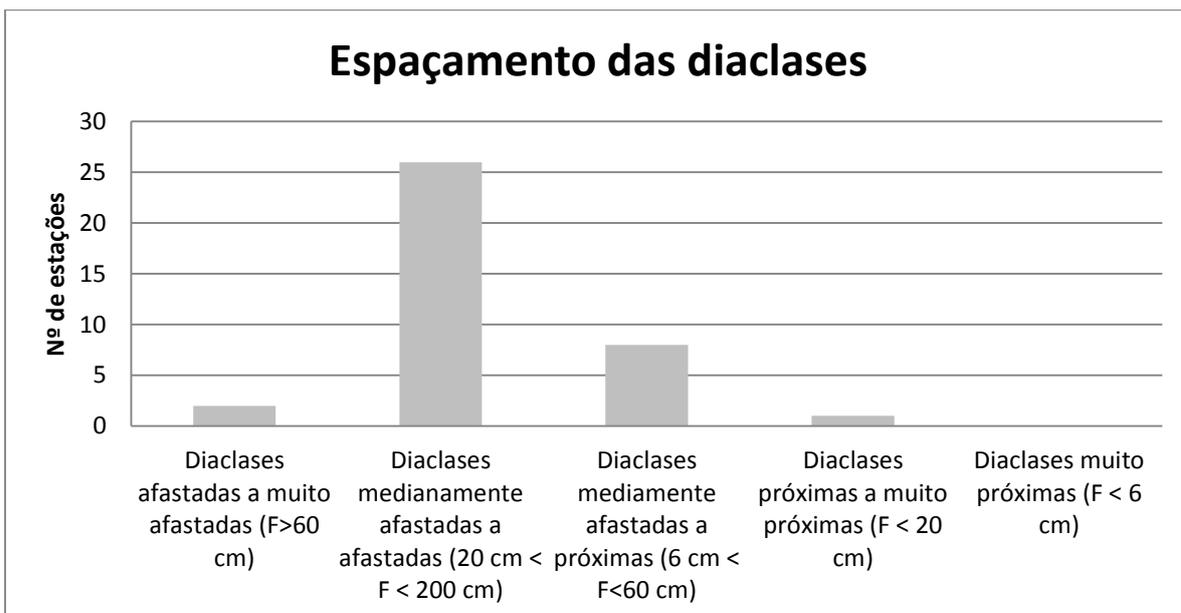


Figura 5.14 - Distribuição do fator espaçamento das descontinuidades nas estações estudadas.

### 5.2.3 - Espessura das camadas

No perímetro estudado e em relação à espessura das camadas, definiram-se apenas situações do 1º e 2º termos: 13 estações com camadas espessas a muito espessas (35,1%) e 24 estações com largura espessa a mediana (64,9%). O terceiro termo deste fator não foi encontrado (Figura 5.15).

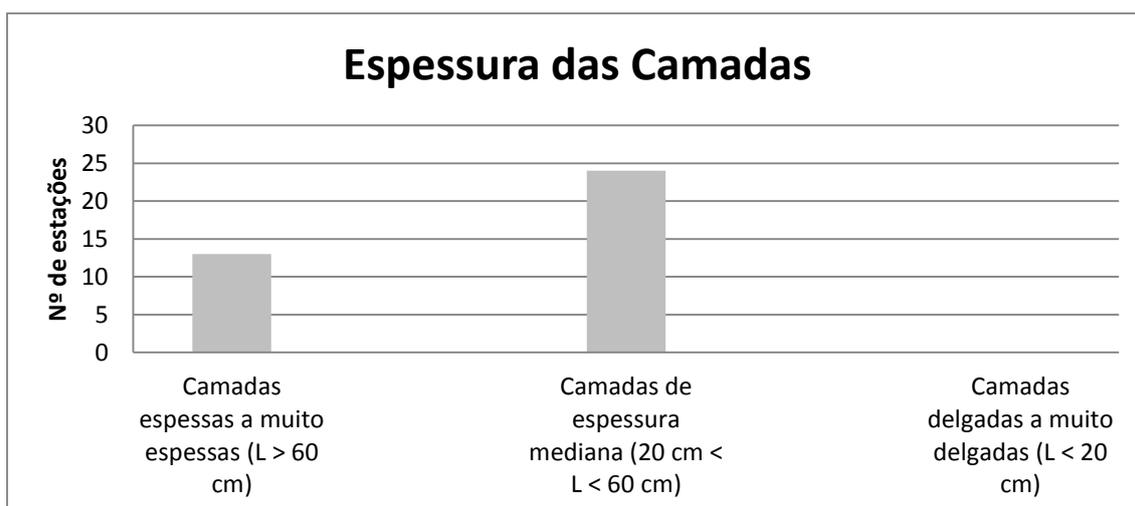


Figura 5. 15 - Distribuição da espessura das camadas nas estações estudadas.

#### 5.2.4 - Atitude das camadas

É de realçar o fato de na totalidade do perímetro não se registrar a existência de arribas com estratos de inclinação no mesmo sentido da face da arriba, o que facilitaria as situações de instabilidade. Registaram-se trinta estações com inclinação sub-horizontais (81%), quatro com inclinação sub-paralela (16,2%), e uma com inclinação contrária à do talude (2,7%) (Figura 5.16).

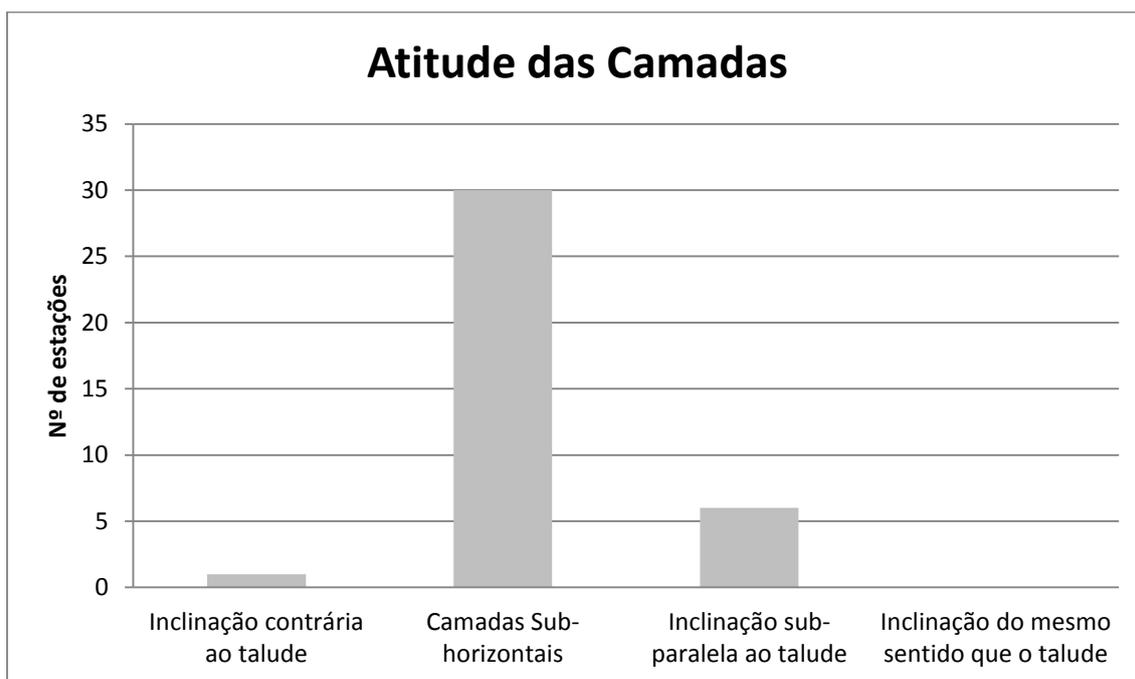


Figura 5.16 - Distribuição da orientação das camadas nas estações estudadas.

#### 5.2.5 – Proteção do sopé

Procedeu-se à análise e quantificação das arribas quanto à sua proteção na parte inferior, registrando-se que existem 21 estações em que as arribas têm proteção do sopé sob forma de blocos caídos (56,7%). Em 16 estações a proteção está ausente (43,2%) (Figura 5.17).



Figura 5.17 - Distribuição da proteção de sopé das arribas.

### 5. 2.6 – Altura das arribas

Sem dúvida que as arribas que compõem o perímetro estudado possuem altura elevada, com destaque para o Morro do Sombreiro que apresenta uma altura de mais de 120 metros. Na Figura 5.18, observou-se que 20 estações têm uma altura superior a 25 metros, representando 54%, 6 têm uma altura entre 20-25 metros (16,2%), 5 estações possuem uma altura inferior a 10 metros (13,5%), 4 estações apresentam alturas entre 15-20 m (10%), enquanto 2 estações têm alturas entre 10-15 metros (5,4%).

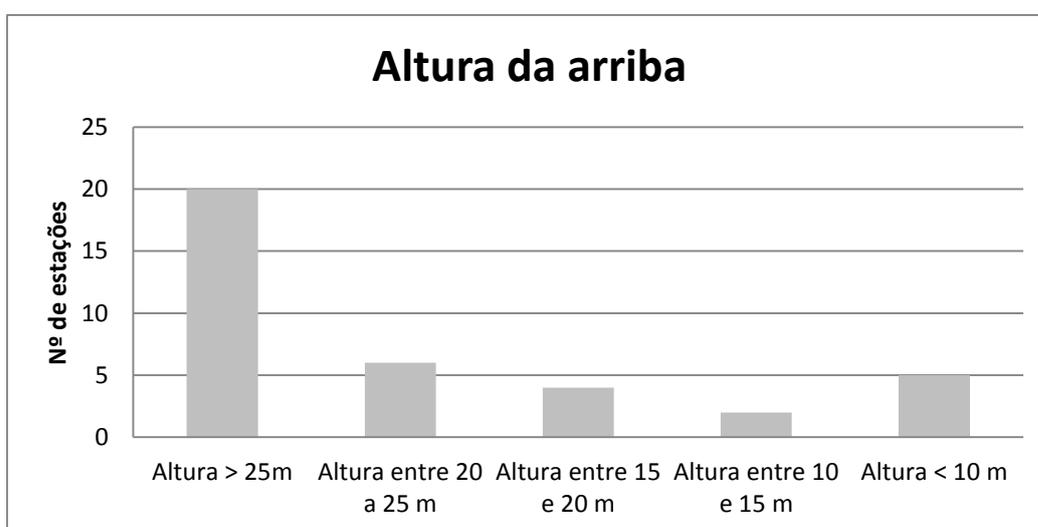


Figura 5.18 – Distribuição da altura das arribas.

### **5.2.7 – Hidrodinâmica costeira da área em estudo e intensidade das ações marinhas**

A amplitude da ondulação varia de acordo com a direção e a velocidade do vento. Sem vento não se registam os movimentos de ondulação (Neves, 2004). De acordo com CIP (2009) na região de Benguela verifica-se, em cerca de 89% das observações, uma velocidade do vento menor que 1m/s. As velocidades máximas não alcançam valores superiores a 3,0m/s.

Segundo Huvi (2010), o sol ardente provoca temperaturas elevadas na costa, originando que durante a parte diurna do dia, os ventos do atlântico para o continente soprem das 10 horas da manhã até ao ocaso. Entretanto, os ventos provenientes do continente são sentidos com uma maior frequência de noite, devido ao arrefecimento da costa. No litoral de Benguela, o mar apresenta um nível com valores que oscilam de 0,28 a 1,98 metros acima do zero hidrográfico (Huvi, 2010). As marés de amplitudes superiores a 1,25 metros estão relacionadas com as fases da lua cheia e lua nova. As marés de amplitude mais elevada que 1,5 metros são muito pouco comuns, representando apenas 0,5 % das observações e ocorrem ocasionalmente nos meses de Janeiro - Fevereiro e Agosto - Setembro. As marés com amplitudes inferiores a 0,5 metros, correspondem apenas a 5,6% das observações, mas podem observar-se ao longo de todo o ano, nas alturas correspondentes às fases de quarto crescente e quarto decrescente.

Na zona costeira de Benguela, não se verificam ondas de energia muito elevada, em quase todo ano a influência das ondas apenas é sentida com grande evidência no período entre Dezembro a Abril, meses em que ocorrem as calemas que podem causar processos erosivos na costa. A orientação da linha de costa da região, segue o sentido NE-SW (Carvalho, 1957), na área em estudo a orientação é de modo geral E-W, enquanto na parte leste é aproximadamente NW-SE a N-S. Geralmente a deriva litoral desloca-se no sentido Sudoeste para Nordeste, a orientação predominante da ondulação apresenta cristas N-S, por vezes NE-SW. Na zona do Sombreiro e Caota, tal como em grande parte do litoral de Benguela, as ondas não possuem uma energia considerável.

Verificou-se no presente estudo que as ações marinhas correspondentes às registadas no litoral norte, ocorreram em 16 estações, representando 43,2% da totalidade das estações estudadas. As ações marinhas enquadradas nas zonas do litoral norte próximo da ponta do sombreiro e no litoral de orientação nordeste e sudoeste verificaram-se em 14 estações, representando 37%. As ações relativas às pontas do Sombreiro e da Caota/Caruita, e que correspondem à maior intensidade da agitação marinha são verificadas em seis estações (16,2%). As zonas que correspondem às enseadas abrigadas e litoral Este verificaram-se apenas numa estação (2,7%), conforme se pode observar na Figura 5.19.

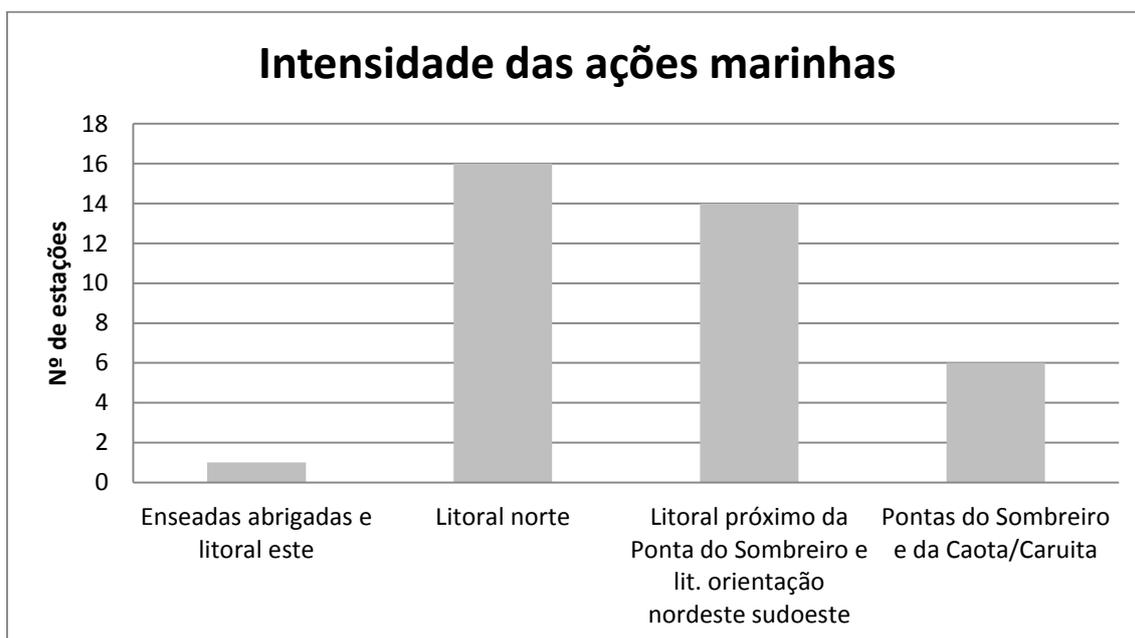


Figura 5.19 – Intensidade das ações marinhas.

### 5.2.8 - Suscetibilidade erosiva das arribas costeiras

Para o estudo da suscetibilidade da erosão costeira utilizaram-se 37 estações ao longo do litoral compreendido entre o Morro do Sombreiro e a Caota. No Quadro 5.1 estão representados os resultados da avaliação das situações de suscetibilidade da erosão das arribas na área considerada. Tendo em atenção, os intervalos dos valores das classificações de suscetibilidade obtidos por Marques & Romariz (1989) e também por Saque (2013), que trabalharam em áreas constituída quase exclusivamente por rochas sedimentares calcárias e margosas, definiram-se as classes de suscetibilidade apresentadas no Quadro 5.2.

Do conjunto das estações estudadas, constatou-se que em sete delas existe uma forte probabilidade de ocorrência de situações de erosão costeira (Quadro 5.2), correspondendo a 18,9% das estações consideradas. As estações com maior suscetibilidade à erosão costeira são as estações 2, 4, 8, 20, 23, 27 e 29. Existem 23 estações em que a suscetibilidade de erosão costeira é definida como média, o que equivale a 62,1% do conjunto das estações. Verificou-se que as situações de suscetibilidade à erosão definidas como baixas ou reduzidas são encontradas em 7 estações (18,9%).

A maior suscetibilidade à erosão está relacionada com a presença de margas, siltes e argilas, bem com menores espaçamentos das descontinuidades e ainda com uma maior agitação marítima.

Os resultados obtidos revestem-se como sendo de grande importância, contribuindo para melhorar o ordenamento do território desta região que pertence ao Município da Benguela, prevenindo as potenciais situações de erosão costeira e permitindo evitar eventuais perigos para a vida humana e atividades comerciais, turísticas e de subsistência.

Quadro 5.1 – Resultados da avaliação da suscetibilidade à erosão.

Estação/Nº	Coordenadas Geográficas	Suscetibilidade de erosão costeira
1	S 12° 35. 174'; E 13° 18.027'	26
2	S 12° 35. 042'; E 13° 18.089'	31
3	S 12° 34. 931'; E 13° 18.096'	25
4	S 12° 34. 581'; E 13° 18.096'	31
5	S 12° 34. 954'; E 13° 17.983'	30
6	S 12° 35. 015'; E 13° 17.878'	22
7	S 12° 35. 108'; E 13° 17.783'	24
8	S 12° 35. 191'; E 13° 17.702'	33
9	S 12° 35. 175'; E 13° 17.707'	30
10	S 12° 35. 286'; E 13° 17.494'	27
11	S 12° 35. 267'; E 13° 17.541'	26
12	S 12° 35. 248'; E 13° 17.281'	30
13	S 12° 35. 295'; E 13° 17.476'	28
14	S 12° 35. 302'; E 13° 17.274'	23
15	S 12° 35. 246'; E 13° 17.366	26
16	S 12° 35. 374'; E 13° 17.027'	21
17	S 12° 35. 391'; E 13° 16.921'	21
18	S 12° 35. 384'; E 13° 16.775'	21
19	S 12° 35. 328'; E 13° 16.717'	27
20	S 12° 35. 215'; E 13° 16.591'	34
21	S 12° 35. 196'; E 13° 16.506'	25
22	S 12° 35. 185'; E 13° 16.446'	30
23	S 12° 35. 232'; E 13° 16.275	31
24	S 12° 35. 223'; E 13° 16.315'	25
25	S 12° 35. 220'; E 13° 16.175'	29
26	S 12° 35. 227'; E 13° 16.182'	30
27	S 12° 35. 198'; E 13° 16.163'	31
28	S 12° 35. 182'; E 13° 16.124'	28
29	S 12° 35. 177'; E 13° 16.088'	31
30	S 12° 35. 154'; E 13° 16.052'	26
31	S 12° 35. 120'; E 13° 16.026'	24
32	S 12° 35. 077'; E 13° 16.030'	29
33	S 12° 35. 027'; E 13° 15.988'	25
34	S 12° 35. 020'; E 13° 15.159'	28
35	S 12° 35. 095'; E 13° 15.850'	27
36	S 12° 35. 157'; E 13° 15.817'	27
37	S 12° 35. 301; E 13° 15.715'	25

Quadro 5. 2 – Classes ou graus de suscetibilidade à erosão costeira.

Grau	Baixo	Médio	Elevado
Valores	<25	25-30	>30
Casos registados	7	23	7

### 5.3 – Fatores determinantes das instabilidades das arribas costeiras entre o Morro do Sombreiro e a área da Caota

Montgomery (1997) sublinha que são frequentes os movimentos de instabilidade em rochas margosas e carbonatadas, como os que se podem verificar na costa litoral de Benguela Estes movimentos dependem do pendor e do grau de estabilidade da vertente, bem como da sua composição litológica.

Para o estudo das situações de instabilidades de vertentes/taludes do perímetro em causa, usou-se uma segunda ficha de trabalho, identificada como Ficha – B, para as 37 estações consideradas e onde se localizam arribas com movimentos de instabilidade. A Ficha B compreende a localização, o comprimento, a altura, o tipo de vegetação e de instabilidade, a velocidade dos movimentos, o estado de atividade da instabilidade, as suas dimensões, as consequências da instabilidade, bem como as causas externas e internas que podem originar os movimentos. A apresentação dos resultados relativos aos dados encontrados foram efetuados por gráficos, facilitando deste modo a sua interpretação.

No perímetro estudado verificou-se que em 37 estações, em 17 situações o tipo de vegetação foi considerado como ausente (Figura 5.20), o que corresponde a 45,9% das arribas estudadas. A existência de vegetação rasteira, observou-se em 14 arribas, o que representa 37,8% das estações consideradas. A existência de árvores de médio e pequeno porte e a vegetação moderada verificou-se em seis situações, o que equivale em valores percentuais a 16,2%.

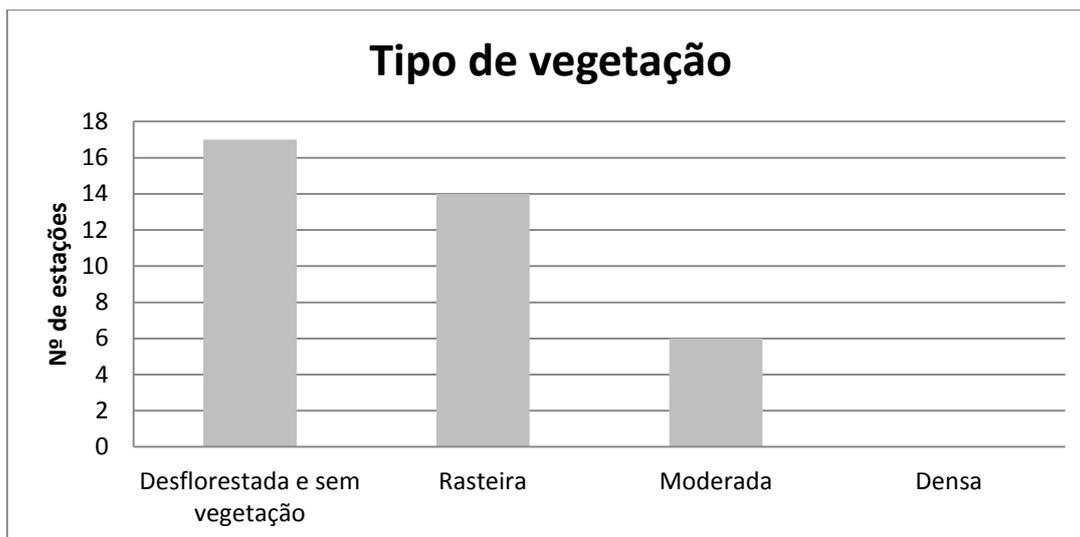


Figura 5. 20 – Tipo de vegetação existente nas arribas.

Os vários tipos de instabilidade foram identificados nas áreas das 37 estações: das quais em 34 ocorreram situações de desmoronamento, essencialmente queda de blocos, sendo este o movimento de vertente predominante (Figura 5.21), correspondendo a 70,8% dos casos estudados. Definiram-se duas ocorrências de deslizamentos, o que equivale a 5,1% das arribas estudadas, enquanto para os fluxos registaram-se doze situações (25% dos casos estudados) que variam entre os fluxos de detritos e os constituídos por material muito fino, os cones de dejeção localizados na base das arribas estão, muitas vezes, relacionados com este tipo de movimentos.

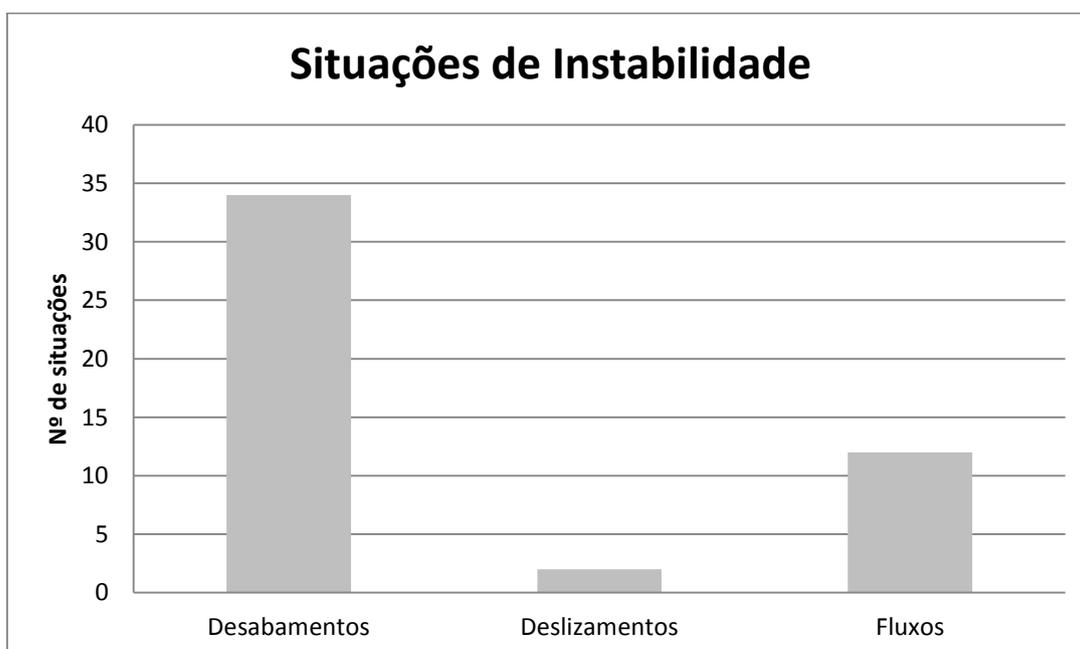


Figura 5.21 – Tipos de movimentos de instabilidade nas arribas.

A velocidade dos movimentos de vertente, varia de muito rápida a moderada (Figura 5.22), não se registando nenhuma situação de velocidade lenta nem muito lenta. Este facto deve-se ao elevado grau de inclinação e às alturas elevadas das arribas, bem como aos movimentos corresponderem na sua maioria a desmoronamentos. Assim encontramos vinte estações, em que a velocidade da instabilidade foi definida como muito rápida (54,1%), 12 situações em que a velocidade foi considerada como rápida (32,4%) e outras 5 com uma velocidade moderada (13,5%).

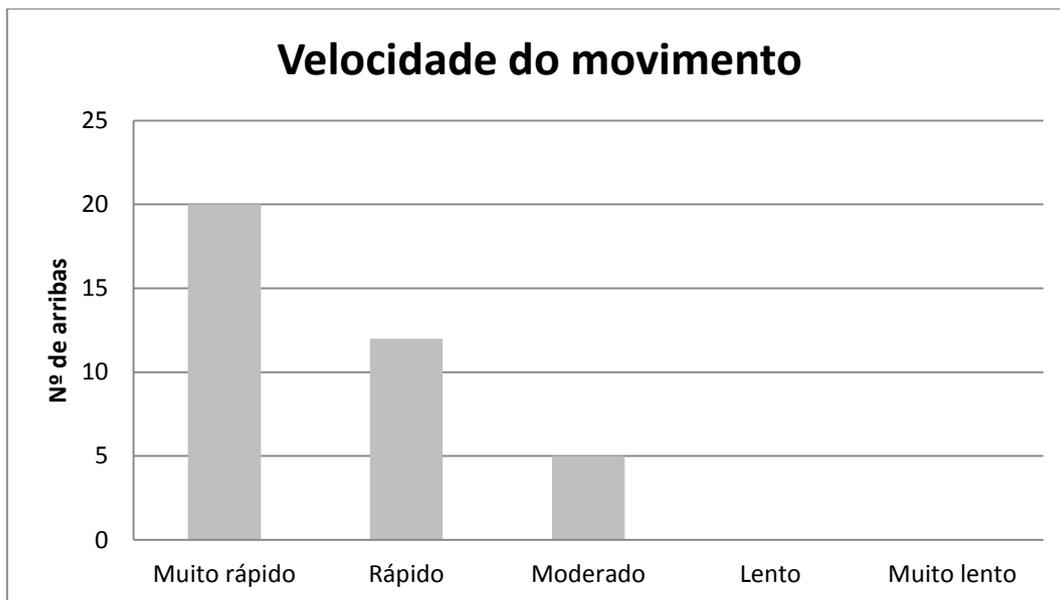


Figura 5.22 - Velocidade de movimentos de instabilidade nas arribas.

Os resultados do trabalho de campo atestam que ao longo da zona estudada existem 25 estações em que as situações de instabilidade são consideradas como ativas, correspondendo a cerca de 2/3 (67,5%) dos locais considerados. A atividade considerada como suspensa foi encontrada em 18 estações, o que corresponde a 48,6%, enquanto a instabilidade definida como inativa, mas com indícios, foi registada somente em 5 estações, o que equivale a 13,5%. Muitas das estações que se apresentam com instabilidade ativa correspondem a áreas com um elevado grau de suscetibilidade à erosão, o que permite um acréscimo de situações de instabilidade, o que acontece em arribas que se localizam maioritariamente no perímetro do quinto troço (Figura 5.23).

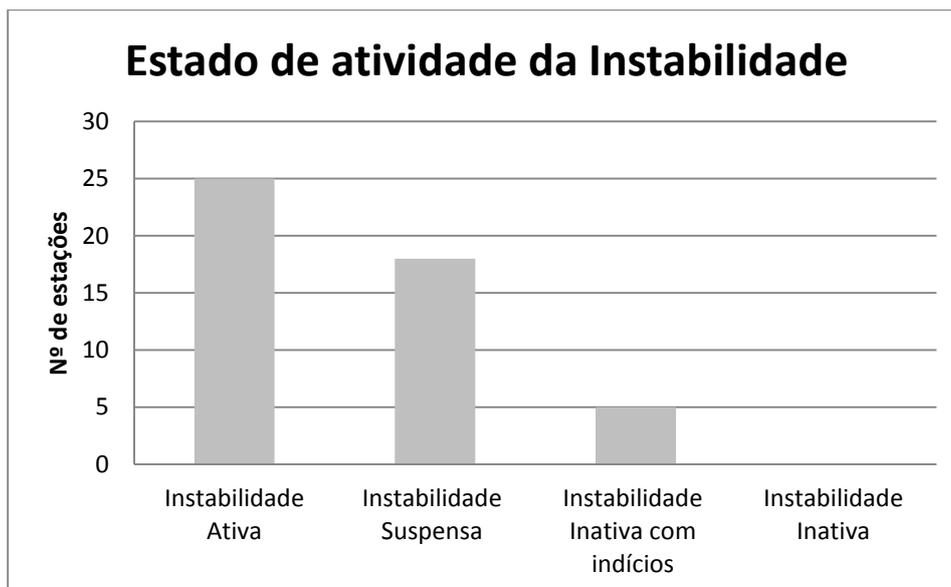


Figura 5.23 - Estados de atividade da instabilidade das arribas.

Para determinar o volume da dimensão dos blocos caídos na base das arribas, procedeu-se à medição de 15 a 35 amostras representativas de cada estação (Figura 5.24). Para cada troço determinou-se o valor médio dos volumes dos blocos instabilizados.

O gráfico da Figura 5.25, apresenta a dimensão média dos blocos por cada um dos troços. Os blocos apresentam volumes considerados superiores no 1º e 2º troço (Figura 5.26), em que os volumes médios são respetivamente  $9,2\text{m}^3$  e  $3,8\text{m}^3$ , as litologias que constituem estes blocos são essencialmente os arenitos, e por vezes os conglomerados. No 3º e no 5º troço, verifica-se a presença de blocos rochosos caídos de dimensões reduzidas, de  $0,3\text{ m}^3$  e de  $0,03\text{ m}^3$ , e que correspondem às litologias de margas e arenitos.



Figura 5.24 – Ilustração do método de medição do volume da instabilidade.

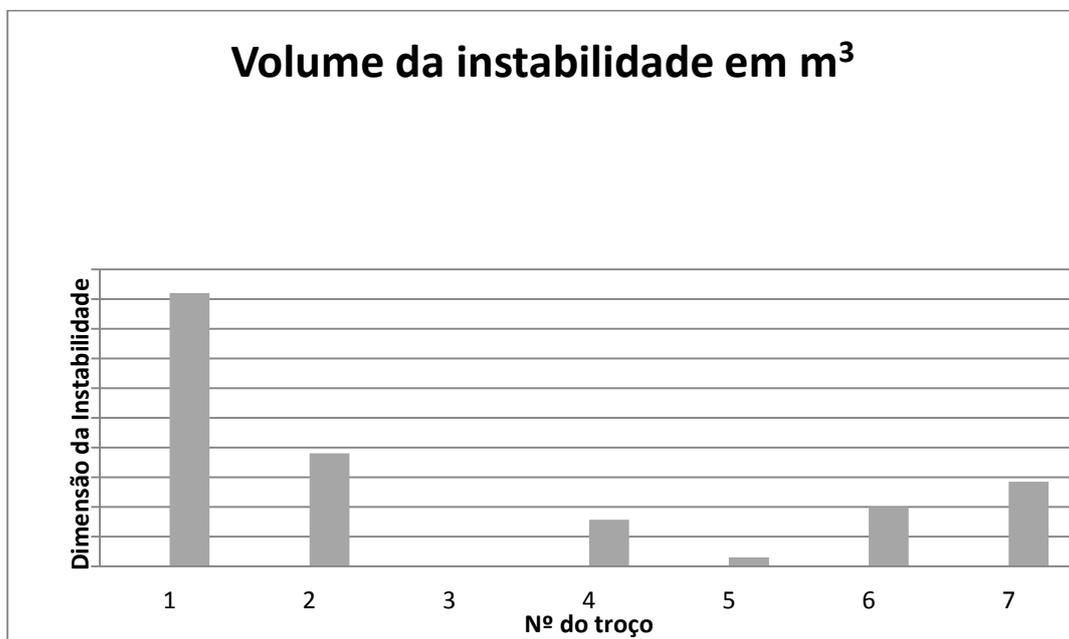


Figura 5.25 – Representação gráfica da dimensão dos blocos por troços.



Figura 5.26 – Representação do maior bloco de arenito do perímetro estudado, neste caso na Estação nº 2 (1º Troço).

Para Conte (1977) as causas externas da instabilidade estão ligadas à quantidade da água infiltrada no solo e no interior do maciço, bem como à sua distribuição no maciço rochoso, dependendo do grau de permeabilidade e da sua presença nas descontinuidades. As causas externas de instabilidade, na zona da Caota, Cambolo e Sombreiro estão relacionadas com a infiltração da água na totalidade das estações consideradas (100,0%), com a erosão superficial, em 23 estações (62,2%), com o aumento do peso da arriba em 14 locais de estudo (37,8%), com o aumento da inclinação da arriba, em 20 células (54,1%), e com a abrasão marinha em 30 estações (81,1%) (Figura 5.27).

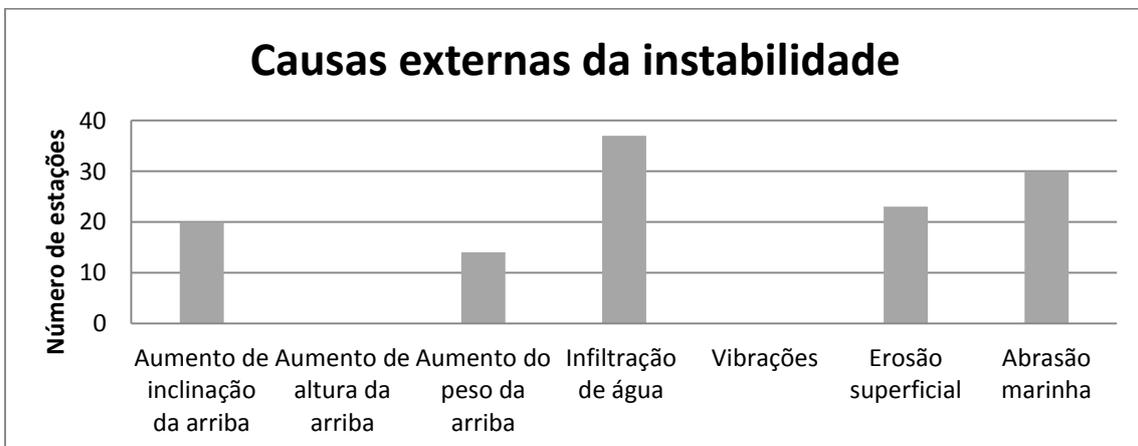


Figura 5.27 - Causas externas da instabilidade nas arribas.

De uma maneira geral, as causas internas da instabilidade dependem da direção e do pendor dos estratos, da sua orientação em relação à orientação e ao declive da vertente, das litologias existentes e das suas alternâncias, da fraturação e da natureza e da espessura dos solos (Montaomeru, 1997). Na zona em estudo, em relação às causas internas da instabilidade, destacam-se: a litologia e a estrutura geológica que condicionam a estabilidade das arribas na totalidade das células estudadas (100%), sendo também de destacar o incremento da pressão de água que se verificou em 35 das estações consideradas (94,6%) e a diminuição da resistência dos terrenos em 20 locais, o que equivale a um valor percentual de 54,1%. Não se registou nenhum caso de aumento das tensões tectónicas (Figura 5.28).

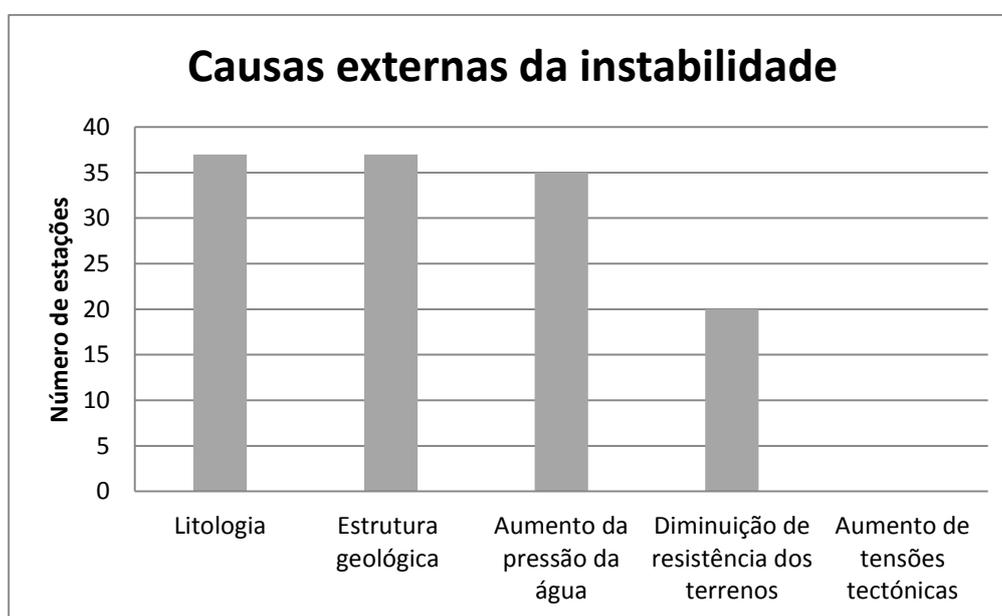


Figura 5.28 - Causas externas da instabilidade das arribas.

No perímetro em estudo, as principais preocupações em termos de instabilidade de arribas estão relacionadas com as consequências que as situações de instabilidade podem causar nos turistas e pescadores que frequentam as áreas na base das arribas. Outras consequências das instabilidades são o aumento dos depósitos localizados no sopé das arribas compostas por calcários e arenito, estreitamento da largura das praias, verificando-se que em alguns locais é praticamente impossível o acesso.

#### 5.4. - Medidas de prevenção

Nos países do terceiro mundo, as perdas de vidas humanas causadas por movimentos de massa, são em número muito considerável quando comparadas com as registadas nos países desenvolvidos, por causa da falta de planeamento ambiental e ordenamento do território, ausência de informações e carência de meios para resolver situações de emergência (Machado, 1993). Neste contexto, ao terminar este capítulo, é conveniente propor algumas medidas de prevenção, que poderão contribuir para mitigar os efeitos nefastos das situações de instabilidades das arribas no perímetro do Morro do Sombreiro, praia do Cambolo e ponta da Caruita, dado que esta são zonas que possuem paisagens de grande valor patrimonial do ponto de vista turístico, geológico e arqueológico, com áreas de lazer, zonas balneares, praias frequentadas por turistas e pescadores, moradias e edifícios diversos. Neste contexto formulam-se as seguintes medidas:

- Elaboração de um plano diretor.
- Realização de estudo de impacte ambiental na área considerada, para determinar a localização das futuras zonas de construção para fins de habitação, turismo, atividades piscatórias e comerciais, sobretudo na ponta da Caruita.
- Delimitar, sinalizar e informar; os moradores, os pescadores, os banhistas e turistas, das zonas de perigosidade média a elevada.
- Uma maior atenção deverá ser dada, pelas autoridades administrativas do Município de Benguela, na ponta da Caruita, onde nos últimos dez anos, cresceu de modo assustador o número de construções localizadas muito próximo da linha de costa (Figura 5.29), utilizando material pesado e de carácter definitivo (Figura 5.30). A zona apresenta uma litologia composta por calcários e arenitos, rochas relativamente resistentes mas sujeitas a processos de dissolução, no caso das rochas carbonatadas, e situações de erosão em alguns arenitos. A agitação marinha e a obstrução das linhas de drenagem natural (Figura 5.31), o aumento do peso sobre as encostas (Figura 5.32), poderão diminuir a resistência dos terrenos e causar problemas de erosão e instabilidade no futuro, colocando em risco a integridade biofísica do espaço e a proteção da população local deste troço.
- No ponto de vista de Ordenamento do Território, estas construções, violam o 1º, 2º, e 6º princípio do POOC (Plano de Ordenamento da Orla Costeira) aprovado pelo conselho de Ministros a 02 de Fevereiro de 2001, em Diário da República.

Neste caso, preconiza-se que face à legislação existente se impeça a construção de novas edificações no local e se promova a retirada de algumas já construídas, designadamente aquelas mais sujeitas aos processos erosivos e que possam contribuir de forma decisiva para os mesmos. Em alguns casos propõe-se a construção de enrocamentos ou mesmo de muros de suporte em alguns locais da Caruita, bem com nas zonas de suscetibilidade erosiva elevada, que foram definidas no presente trabalho, e que correspondem a locais situados próximo do Morro do Sombreiro e entre Caruita e a Praia do Cambolo.



Figura 5.29 – Conjunto de moradias e edifícios de lazer, situados sobre a linha de costa. Troço nº 07, ponta da Caruita/ Caotinha.



Figura 5.30 – Edifícios localizados na faixa litoral na Ponta da Caruita.



Figura 5.31 – Ilustração de construções efetuadas e sobrepondo-se à zona de drenagem natural. Ponta da Caruita.



Figura 5.32 – Panorâmica de ocupação/construção da ponta da Caruítá com obras de características definitivas, ao longo do litoral.

## 6 - Conclusões e recomendações

A caracterização da orla costeira deve incluir o estudo dos principais agentes responsáveis pela dinâmica litoral e as suas principais consequências.

No presente estudo procedeu-se ao estudo da suscetibilidade à erosão costeira de arribas rochosas tendo em atenção os aspetos geológicos, estruturais, geométricos e de dinâmica litoral.

Na presente dissertação realizou-se o estudo de instabilidade e erosão de arribas rochosas no perímetro do Morro do Sombreiro, praia do Cambolo e região da Caota, concretamente na ponta da Caruita. A área em estudo está localizada na orla marítima do Município de Benguela, numa extensão de 5 704 metros, repartida em trinta e sete (37) estações, subdivididas em sete (7) troços com características litológicas semelhantes ou próximas.

Utilizaram-se duas fichas de trabalho. A primeira designada como Ficha A é relativa à definição da suscetibilidade à erosão costeira e a segunda, denominada Ficha B, está relacionada com o estudo de situações de instabilidade e vertentes das arribas rochosas. De modo a facilitar o estudo, análise e interpretação dos dados obtidos no levantamento de campo, cumpriram-se rigorosamente os parâmetros, termos e fatores de peso contidos nas fichas, permitindo deste modo avaliar e classificar a erosão costeira e o estado de instabilidade das arribas, a primeira considerando uma escala de probabilidades que foi definida como baixa, média ou elevado. De acordo com a utilização dos procedimentos descritos, obtiveram-se os seguintes resultados:

A área em estudo faz parte do litoral de Benguela, e é constituída por rochas sedimentares afetadas pela erosão, que está relacionada com a resistência média e fraca, por vezes bem diferenciada, dos materiais rochosos que constituem a sua litologia, bem como pela ação dos agentes da geodinâmica externa e interna, podendo algumas das litologias desagregarem-se com muita facilidade. Verificou-se que sete estações são compostas por calcários e arenitos carbonatados, representando 18,9%, cinco estações apresentam conglomerados e arenitos, correspondendo a 13,5%, enquanto dezassete estações são constituídas principalmente por margas e arenitos, o que equivale 45,9%, em oito registou-se o predomínio de material margoso, argiloso e siltoso, correspondendo a 21,6%. Mais de 80% das estações estudadas apresentam arribas constituídas predominantemente por materiais rochosos que possuem uma resistência considerada como média, baixa e muito baixa, o que justifica a existência de processos erosivos e de situações de instabilidade das arribas.

O tipo de movimento de instabilidade predominante são os desmoronamentos, que ocorrem em 70,8% das estações estudadas, em doze delas verificou-se que o principal movimento de instabilidade foram os fluxos, o que equivale a cerca de 25% das situações de instabilidade, e em dois casos definiu-se o predomínio de ocorrência de deslizamentos, o que representa 5,1%, em valores percentuais.

A partir dos resultados do levantamento de campo considerou-se que 54% das arribas têm uma altura superior aos 25 metros. Contabilizou-se que em dezasseis estações, as arribas não possuem proteção do sopé, isto implica que 43,2% das arribas se encontram vulneráveis às ações marinhas. Registaram-se dezassete casos sem vegetação (45,9%) e catorze com o predomínio da vegetação rasteira (37,8%), é de sublinhar que a falta de vegetação potencia e acelera as situações de erosão e de instabilidade da maior parte das arribas estudadas.

A suscetibilidade à erosão costeira das arribas rochosas no perímetro do Morro do Sombreiro, praia do Cambolo e Ponta da Caruita, foi definida em sete estações como de suscetibilidade baixa, correspondendo a 18,9%, verificaram-se vinte e três casos de suscetibilidade moderada, o que equivale a 62,1% e sete situações de suscetibilidade elevada, representando igualmente 18,9%. Isto indica que 81% das situações registadas estão acima da suscetibilidade baixa à erosão costeira.

A dimensão média do volume das instabilidades dos blocos rochosos varia de 9,2 m<sup>3</sup> aos 0,03 m<sup>3</sup>, a velocidade dos movimentos de instabilidade oscila de muito rápida, em 54,1% das estações, a rápida, neste caso correspondendo a 32,4% das situações. As ações marinhas correspondentes às presentes no litoral Norte, são verificadas em 43,2% das estações, enquanto se registaram valores de 37%, para as ações marinhas de intensidade média a alta, e que correspondem às áreas localizadas no litoral próximo da ponta do Sombreiro e no litoral de orientação Nordeste-Sudoeste.

As principais causas externas da instabilidade são: infiltração da água, presente em todas estações, a abrasão marinha que se registou em 81%, a erosão superficial, em 62,2%, o aumento da inclinação da arriba, em 54,1% e o aumento do peso no topo da arriba em 37,8%. As causas internas da instabilidade estão relacionadas com a litologia e a estrutura geológica em 100% das estações, o incremento da pressão da água em 94,6% e a diminuição da resistência dos terrenos, em 54,1% das situações estudadas.

As consequências da erosão costeira das arribas e das situações de instabilidade na região em estudo são: a perda do património geológico e arqueológico,

dificuldades de acesso a alguns troços devido ao recuo da linha costeira e à queda de blocos constituídos por arenitos, e por vezes por calcários, no sopé das arribas e na área da praia. Estes materiais instabilizados podem constituir uma espécie de barreira ao longo do perímetro. A possível exposição às situações de instabilidade a que estão sujeitos os turistas, banhistas, pescadores e residentes da área estudada, está relacionada com a elevada probabilidade de ocorrência dos movimentos de instabilidade que se podem verificar a velocidades rápidas a muito rápidas. Outra situação problemática é o possível desabamento dos edifícios e moradias construídas nas encostas da ponta da Caruita, devido o aumento do peso no topo das arribas. É de assinalar que a construção na faixa litoral, designadamente na ponta da Caruita, e muitas vezes na área de praia, pode levar os edifícios a ficarem sujeitos à ação direta da agitação marinha, em particular no decorrer das “Calemas”.

Os resultados poderão servir de previsão da evolução das arribas localizadas entre o Morro do Sombreiro e a Caota.

Deverão prosseguir-se estudos no sentido de definir quais as principais causas e possíveis consequências da erosão costeira e definir-se políticas para evitar e controlar as situações de erosão costeira a médio e longo prazo.

O presente trabalho poderá constituir uma fase preparatória para a elaboração de uma carta de risco, do litoral de Benguela, que poderá ser complementado por um plano de cartografia ambiental da faixa costeira de Benguela.

Deverá efetuar-se uma monitorização da evolução da faixa litoral estudada nas suas condições naturais e também de acordo com os projetos de desenvolvimento para essa área, tendo em especial atenção as obras marítimas.

As principais medidas propostas para minimizar os efeitos nefastos do recuo da linha costeira e das instabilidades são: delimitar, sinalizar, e informar os moradores, pescadores, banhistas e turistas, das zonas com uma maior suscetibilidade à erosão costeira e de ocorrência de movimentos de instabilidades, de modo a evitar situações de consequências gravosas, responsabilizando desta forma os utentes destas zonas, informando das possíveis consequências resultantes da não observância das medidas de prevenção.

Propõe-se a elaboração interministerial (Ministérios do Ambiente, Território, Obras Públicas e Urbanismo) de um plano diretor, que resulte de um estudo de impacte ambiental, para regular a cedência de terrenos, bem como a localização, e natureza do material a ser utilizado em futuras construções na ponta da Caruita. Avaliar a segurança e as repercussões da execução das novas construções, bem como o

possível impacte ambiental das construções existentes neste local, de modo a contribuir para um melhor Ordenamento do Território.

## 7 - Referências Bibliográficas

- Abecasis, C. (2014) – *Obras de defesa Costeira em Portugal*, Ingenium, Engenharia portuguesa em revista. II Série, nº141.pp. 38-39
- Aires, C. M. A. (2014) – Monitorização do Litoral: *Quando o conhecimento é crucial para a decisão*, Ingenium, A engenharia portuguesa em revista, nº 141, pp32-34
- Andrade, P.S. (2008) – *Estudo das principais características das descontinuidades*; Departamento de Ciências da Terra, FCTUC, Coimbra. 41.p
- Andrade, C. (1998) – *Dinâmica, erosão e conservação das zonas de praia*. Expo´98, Lisboa. 88p.
- Andrade, P.S. (2010) – *Diapositivos da disciplina de Analise e Gestão de Riscos Naturais*. Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra.
- ANPC (2010) – *Movimento de vertentes*. PROCIV, Boletim Mensal da Autoridade Nacional de Protecção Civil (ANPC), 32, pp. 6-7
- Antunes, M. (1964) – O Neocretácico e o Cenozóico do litoral de Angola. Junta Investigação do Ultramar, vol. 2, pp. 122-254.
- Ayala-Cacerdo, F. ; Marques, M.; Gijon, M.F; A. (1987) – *Manual de Taludes*. Instituto Geológico y Mineiro de Espana. Serie Geotécnica. 455.p
- Bastos, M. J. N. (1999) – *A instabilidade estrutural na segurança de pedreiras a Céu aberto – Maciços terrosos*. Comunicação Técnica. Visaconsultores. [www.visaconsultores.co](http://www.visaconsultores.co), (acedido Dezembro de 2013).
- Bell, F.G. (1993) – *Engineering Geology*. Blackwell Science (Ed.), Oxford.
- Bird, E. C., (2000) - *Coastal geomorphology: an introduction*. Wiley, Chichester.322.p
- Bloom, A. (1070) – *Superfície da Terra*. Editora Edgard Blucher, São Paulo.
- Buta-Neto, A., Tavares, T.S. ; Quesne, D. ; Guiraud M. ; Meister, C. ; David, B. &
- Carmo, J. S. A. (2014) – *Obras Multifuncionais, um novo conceito de proteção costeira*, Ingenium, A engenharia portuguesa em revista, II Serie, nº 141. Pp 44-45
- Carson, M. A. , Kirkby. M. J (1972) – *Hillslop Form and Processes*. 2. Ed., Cambridge University Press, Malta.
- Carter, R. W. G. ; (1999) – *Coastal environments: na introduction to the physical, ecological and cultural systems of Coastlines*. 7ª ed. Academic Press, London, p. 617
- Castro, A. (2001) – *Dicionário de Ciências*, (Biologia e Geologia), Porto Editora, Porto, Portugal. 37-221pp.
- Carreto, A.P. (1989) – *Técnicas de estabilização de taludes*. Ingenium, Ordem dos Engenheiros, Junho.

- Carvalho, G.S (1957). *A fotografia aérea ao serviço da geologia e da morfologia*. Sep. das jornadas das estradas, Luanda. 11.p.
- Carvalho, G. S. (1961) – *Alguns problemas dos terraços quaternários do litoral de Angola*. Boletim dos Serviços de Geologia e Minas de Angola, Vol. II 5-16.pp
- Carvalho, G. S. (1963) - *Problemas de sedimentologia das praias do litoral de Angola* (Entre a foz do rio Coporolo e o Lobito). Garcia de Orta. Serv. Geol. Minas de Angola, Vol. X 13-297p)
- Carvalho, G.S. (1960) - *Alguns problemas dos Terraços quaternários do litoral de Angola*. Boletim dos Serviços de Geologia e Minas de Angola, 2: 5-16.
- CE (2006) – *Viver com erosão costeira na Europa, Sedimentos e espaço para a sustentabilidade, resultados dos estudos Eurovision*. Uniao Europeia, Serviço das Publicações oficiais das comunidades Europeias, Luxemburgo.
- CIP (2009) – *Controlo de estatística da estação meteorológico do centro de Investigação e Pesquisa de Benguela*, Lobito, 7-9 pp.
- Consult (2007) – *Monografia da Província de Benguela*. KAT 1ª Edição, Benguela. pp.50-86.
- Chalier, R. h., Meyer C. P.D., (1998) - *Coastal erosion response and management Springer*, Berlim.343.p
- Coelho, C. (2014) *As intervenções de defesa Costeira, na mitigação do problema da Erosão: Análise crítica*. Ingenium, A engenharia portuguesa em revista. II Serie nº141. Pp40-41.
- Coque, R. (1998) - *Géomorphologie*. In: *Armand Colin* (Edit), sixième edition, Paris, 503p.
- Costa, F.M.P., ( 2012) - *Instabilidade em arribas costeiras*, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Pp.53-69.
- 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., 673 P.
- Davis, R. A.Jr.; Filzgerald, D M.; (2004) - *Beaches and Coast*. *Blackswell*, Malden.419p
- Dias, J. M. A (1994) - *Estudos da Avaliação da Situação Ambiental e Propostas de Medidas de Salvaguarda para a Faixa Costeira Portuguesa (Geologia Costeira)*. Liga para Protecção da Natureza/ Ministério do Ambiente.
- Diário da República – Órgão oficial da Republica de Angola I serie nº 03/2004 do *Ordenamento do território e Urbanismo*. (25 de Junho de 2004).
- Dinis, A. C. (1973) – *Características nosológicas de Angola*, Nova Lisboa, 450p.

- Dinis, A. C. (1998) - *Angola, o meio Físico e potencialidades agrícolas*, 2ª Edição Revista, 59p.
- Dramis, F.; Sorisso- Valvo, M. (1994) – *Deep-Seated gravitational Slope deformations related landslides, and tectonics* Eng. Geology, 38, pp.231-243.
- Dikau, R.; Brunsden, D.; Schrott, L.; Ibsen, M.L. (1996) – *Landslide Recognition. Identification, Movement and Causes*. John Wiley ; Sons, Chichester, 274p.
- Duarte-Morais, M.L. (2006) - *Synthèse préliminaire des travaux menés sur le bassin de Benguela (Sud d'Angola): Implications sédimentologiques et structurales*. *África Geoscience Review*, 13 (3): 239-250.
- Duperret, A.; Taibi, S.; Mortimore, R.N.; Daigneault, M. (2005) - *Effect of ground water and sea weathering cycles on the strength of chalk rock from unstable coastal cliffs of NW France*. *Engineering Geology*, 78, 321-343.
- Dyminski, A. S. (2010) – *Noções de Estabilidade de Taludes e contenções. Estabilidade de Taludes*. Universidade Federal do Paraná.28.p
- Ervedosa, C. (1980) - *Arqueologia Angolana*, Ministério da Educação, Luanda, Republica Popular de Angola, 34p.
- Feio, M. (1960) - *As praias levantadas da região do Lobito e Baía Farta*. Garcia de Orta Revista da Junta de Investigação do Ultramar Vol. IIX, nº2, 356-369
- Fituni, L.L. (1985) – *Angola Natureza População e Economia*. Edições Progresso, Moscovo.5-41.pp
- Fortunato, A. B. (2006) – *Modelação numérica da dinâmica Sedimentar em embocaduras*. Programa de investigação e de pós-graduação na área científica de Hidráulica Marítima, LNEC.
- Fortunato, A.B.; Clímaco, M.; Oliveira, A.; Sancho, F.; Freire, P. (2008) – *Dinâmica Fisiográfica da Orla Costeira: Estudos de Reabilitação e Proteção*. Revista da Gestão costeira integrada, 8 (1): 45-63
- Galvão, C. F. ; Silva, Z. (1972) - *Notícia explicativa da Folha 227-228 Lobito da Carta Geológica de Angola, à escala 1:100000*. Direcção Provincial dos Serviços de Geologia e Minas, 40p.
- Goodman, R. E. ; Bray, J.W. (1976) – *Toppling of Rock Slopes*. *Proc. Rock Eng. For Foundations and Slopes, Boulder*. 2, pp-201.
- Guiraud, M. ; Quesne, D. ; Morais, M.L. ; Amaral J. ; Diakiese, M. ; Lang, J. (2000) – *Caractérisation de la tectonique salifère albienne à partir de donnée terrain (Secteur de Catumbela, domaine onshore de la marge sud-angolaise)*. *Africa Geoscience Review*, 8: 10-22.
- 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, 27: 1040-1068.*
- Highland, L.M.; Bobrowsky, P. (2008) – *The landslide handbook – A guide to understanding landslides*. Reston, Virginia, U.S. Geological Survey Circular pp.125, 129.
- Hunt, R.E. (2007) – *Geologic Hazards: A Field Guide for Geotechnical Engineers*. Taylor and Francis Group. Boca Raton, Florida, USA
- Huvi, J. B. (2010) - *Dinâmica sedimentar recente em três áreas seleccionadas do litoral de Benguela*. Contribuição para o Ordenamento do Território. Tese não publicada, Coimbra, pp.2-8.
- Hutchinson, J. N. (1988) –*General report. Morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology*. In Bonna R. D. C. (Ed.), *Landslides, Proceedings of the Fifth International Symposium on Landslides, Lausanne, 1988, vol 1, Balkema, Rotterdam, p. 3 –35.*
- IICT (1981) – *Carta geral dos solos de Angola: Distrito de Benguela*. Instituto de Investigação Científica Tropical, Memórias da junta de Investigação do Ultramar – 2ª Série, 65: 509.p.
- INED (2008) – *Angola Atlas Geográfico. Instituto Nacional de Investigação e Desenvolvimento da Educação, Macmillan Education, 128p.*
- João, A.; Silva, A. M. C (2007) - *Geologia*, Texto Editores, Lda Angola .185.p
- Matos, M. (2014) - *O litoral Português*, Ingenium II série nº 141, 24p.
- Marques, F.; (1997) - “*As arribas do Litoral de Algarve – Dinâmica, processos e mecanismos*”. Dissertação de doutoramento, Fac. Ciências da Univ. Lisboa. Pp.11-20
- Marques, F. ; Romariz, C. (1989) – *Susceptibilidade à erosão litoral da península de Peniche*. *Geolis*, 3:212-222.
- MINUA (2006) – *Relatório do Estado Geral do Ambiente em Angola*. pp.1-42.
- Montgomery, C. (2006) - *Environmental Geology*. 7th Edititon, McGraw-Hill. Publ., London, 540 p.
- Moura, D., Albardeiro, L., Viega-Pires, C., Tigano, E. (2006). *Morphological features and processes in the central Algarve rocky coast (South Portugal)*. *Geomorphology*, 81, 345-360.
- Neiva, J. M. C. (2010) - *Ciências geológicas: Ensino e sua Historia. Associação Portuguesa de geólogos (APG) – Braga III Volume, p.52*
- Neto, M. G. M (1958) – *Geologia da Região de Benguela – Cuio*. Relatório inédito dos Serviços de Geol. E Minas de Angola, p.56
- Neto, M.G.M. (1960) - *Géologie de la Région Benguela – Cuio*. 3ª Reunião do Comité Regional de Geologia da África Central e Ocidental (C.C.T.A.). Fevereiro de 1960, Kaduna, Nigéria

- Neto, M. G. M. (1961) - *As bacias sedimentares de Benguela e Moçâmedes*. Serviços de Geologia e Minas de Angola, pp.7 -93.
- Neves, L. F.; Pereira, A. J. S. C (2004) – *Radioactividade natural e Ordenamento do Território: O contributo das ciências da terra*. Associação Portuguesa de Geólogos, 104-113.pp
- Oliveira, S.B.F. (2006) – *Problemas e Soluções de Proteção Costeira, um caso de estudo internacional*. Núcleo de Estuários e Zonas Costeiras, Departamento de Hidráulica e Ambiente, Lisboa. 2-22.pp
- Ortigão, J. A. R.; Sayão, A. (1999) - *Estabilização, de taludes – Experiencia Brasileira em Maciços de solos Resistentes*. F.E.U.P, Porto.
- Passassi M. E (2011) *Caracterização Geo - ambiental e Perspectivas do Ordenamento da Faixa Litoral do Município da Baía Farta (Angola)*, 13p.
- Penacho, N.D.C (2012) – *Caracterização, Evolução e Análise de Suscetibilidade à Ocorrência de Instabilidades das Arribas do Arco Baleal - Bom Sucesso (Peniche-Óbidos)*. Dissertação de Mestrado em Geologia Aplicada. Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 122 p.
- Pereira, Ana Ramos, (2002) - *Geografia Física e Ambiente*, Universidade Aberta, Lisboa. pp.16-29.
- Pinho, A. C. ; Carvalho, F.F. (2010) - *Prospecção, pesquisa e produção de petróleo em Angola. O papel desempenhado pelas companhias petrolíferas*. In. J.M. Cotelo Neiva, A. Ribeiro, L. Mendes Victor, F. Noronha e M. Magalhães Ramalho (Eds.) *Ciências Geológicas – Ensino e Investigação e sua história*. Lisboa: Associação Portuguesa de Geólogos: 61-70.
- Pinho, F. T. (2014) – *O litoral português o que fazer?*, Ingenium, A engenharia portuguesa em revista, II Série, nº 141. Pp 20-22.
- Pippo, T.; Helder, A ; Fernandes, A (1995) – *Evolução geomorfológica da laguna do Cabo São Brás*. In Geologia de Angola, Dep. Geologia – Universidade Agostinho Neto, Luanda, 29p.
- Prego, G. J (2011) – *Estudo de Instabilidade de talude na estrada Lubango - Humpata, EN 280 (Angola)*, Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra. Tese não publicada. 3.p
- Quesne, D., Buta-Neto, A., Benard, D. ; Guiraud, G. (2009) - *Distribution of Albian clastic deposits in the Benguela basin (Angola): evidence of a Benguela paleocurrent? Bulletin de la Société Géologique de France*, 180 (2): 117-129.
- Rodrigues, M.L., Ramos, C., Teles, V. ; Dimuccio, L, (2007) – *Glossário Ilustrado de Termos Cársicos*, Lisboa, 167 p.
- Sabino, M. C. (2007) – *1º Ciclo do Ensino Secundário, 8ª Classe*. Ministério da

- Educação da República de Angola, Luanda. 143 p.
- Saque, P.E. (2013) – *Estudo da erosão costeira de arribas rochosas entre S. António e Caota (Benguela, Angola)*. Dissertação de Mestrado em Geociências, Ramo de Ambiente e Ordenamento (Universidade de Coimbra), 24 p.
- Santos, F. D.; Forbes, K. ;Moita, R. (2002) – *Climate change in Portugal. Scenarios, Impacts and Adaptation Measures* – SLAM Project Cradiva Lisbon, Portugal.
- Seabergh, W. C. (2002) – Weir jetties at Coastal Inlets: Part 1, Function Design Considerations, ERDC/CHL CHETN-IN-53, U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vieksburgs Ms  
<http://chl.wes.army.mil/library/publications/Cetn>.
- Silva, Amparo. Gramaxo, Fernanda. Santos, Maria e Mesquita, Almira. Terra, (2005) *Universo de Vida*. 1ªparte Porto editora, Porto Portugal. p.26
- Soares, R. A. P, (2013) - *Análise de risco de instabilidade de arribas em são Pedro de Moel*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Departamento de Geologia. Tese não publicada. p.44
- Souza, C.R. de G. , Souza Filho, ; P. W. M. ; Ester, SI. ; Vital, H, ; Dillenburg, S. R. ; Patchineelam, S.M., Addad, J. E. (2005) – *Praias Arenosas e Erosão Costeira*. In: Souza e tal. (eds). Quaternário do Brasil. Holos Editora, 130-152.pp
- Souza, C. R. de G. (2009) – Erosão nas praias do Estado de São Paulo: Causas, Consequências, Indicadores de Monitoramento de Risco. In: V.L.R Bononi; N. A. Santos Júnior (orgs.). Memórias do Conselho Científico da Secretaria do Meio Ambiente: Síntese de Um Ano de Conhecimento Científico Acumulado. Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo, São Paulo S. P Brasil. (ISBN 978-85-7523-025-1)
- Sorre, Max (1943) – *Les Fondaments Biologiques à la Géographie Humaine*, A. Colin, Paris. 13-14.pp
- Sunamura T., (1992) - *Geomorphology of Rocky Coasts*, John Wiley & Sons, Chichester, 139-302 p.
- Tavares, A. (1999) – *Condicionantes físicas ao planeamento; análise da susceptibilidade no espaço do conselho de Coimbra*. Tese de Doutoramento não publicada, Universidade de Coimbra, 346 p.
- Tavares, T. (2005) - *Ammonites et échinides de l'Albien du bassin de Benguela (Angola). Systématique, biostratigraphie, paléogéographie et paléo-environnement*. Tese não publicada, Université de Bourgogne, Dijon, France, 381 p
- Tavares, T., Meister, C., Duarte-Marais, M. L. ; David, B. (2007) - *Albian ammonites of*

*the Benguela Basin (Angola): a biostratigraphic framework. South African Journal of Geology*, 110: 137–156.

Technoexportstrov (1990), - *Esquema para o desenvolvimento socioeconómico da província de Benguela*. Comissão Provincial de Benguela, Gabinete do Plano, 208p.

Teixeira, M. (2005) – *Movimentos de vertente. Factores de ocorrência e metodologia de investigação*. Geo-novos, 19, pp. 95-106

Turner, K.T.; Schuster, R.L. (1996) - *Landslides: Investigation and Mitigation*. National Academy Press, 673 p.

Varnes, D.J. (1978) – *Slope Moviment. Types and Processes*. Schuster, R.L; Krizerk, R.J. (Eds), *Landslides, Analysis and Control*, Transportation, Reseach Board, Special Report 176, Washington D. C, pp.11 - 33.

Vale, S. A. (2014) – *Perda de território por ação do mar*. Ingenium, A engenharia Portuguesa em revista. II Série nº141. Pp 29-31.

Vallejo, L. I. G. ; Ferrer Gijón, M. ; Ortuño, L. ; Oteló, C. (2002) – *Ingeniría Geológica*. Prentice Hall, Madrid, 715 p.

Vieira, A. G. (1971) – *Serviços Meteorológico de Angola. Memórias*, 87: 1-21.

WP/WLI (1993) – *A suggested method for describing the activity of landslide*. Bulletin Of the International Association of Engineering Geology, 47, pp. 53-57.

WPWLI – UNESCO (1993) *Multilingual Landslide Glossary*. IGS, Canadian Geotechnical Society, Richmond.

Zêzere, J.L. (2005) – *Dinâmica de vertentes e riscos geomorfológicos*. Centro de Estudos Geomorfológicos. Relatório nº41. Lisboa, 129p.

## Site:

[http://www.cpires.com/benguela\\_sombreiro\\_Cardoso\\_2007.html](http://www.cpires.com/benguela_sombreiro_Cardoso_2007.html) (01.09.14)

[www.praia.log.fueg.br/erosao/erosao-costeira.htm](http://www.praia.log.fueg.br/erosao/erosao-costeira.htm) (05.09.14).

<http://penichese Seguro.blogspot.com/2008/08/queda-das-arribas.html> (06.09.14).

<http://10-1-modulosrecorrente.blogspot.pt/2009/03/zonas-costeiras-erosao-costeira.html>  
<http://101modulosrecorrente.blogspot.pt/2009/03/zonas-costeiras-erosao-costeira.html> (11.09.14).

[www.portalangop.co.ao/provincia/provincia/Benguela./sp](http://www.portalangop.co.ao/provincia/provincia/Benguela./sp). Setembro de 2014.