

Problemas de Erosão Costeira na Cidade de Maputo, Moçambique.

Jónio V. Q. Langa¹; Fernando Veloso-Gomes²; Paulo Avilez-Valente³.

¹Mestre em Engenharia do Ambiente, Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Porto, Engenheiro Civil, Universidade Eduardo Mondlane, Moçambique.

e-mail: { jvql@yahoo.com.br }.

²Professor Catedrático, Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Porto, Portugal

e-mail: { vgomes@fe.up.pt }.

³Professor Auxiliar, Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Porto, Portugal

e-mail: { pvalente@fe.up.pt }.

Resumo: Neste trabalho apresenta-se uma caracterização da costa e uma análise das situações de erosão verificadas na zona costeira da Cidade de Maputo, Moçambique. Referem-se causas dessa erosão, e de eventuais soluções alternativas para a mitigação desse fenómeno. Através de modelos numéricos de propagação e deformação das ondas, estudou-se a geração e propagação da agitação, e a sua interacção com a linha de costa envolvente. São analisadas várias soluções alternativas de defesa da zona costeira em relação aos efeitos da erosão, tendo em consideração as condições hidromorfológicas locais, a sua eficiência e outros aspectos relevantes. Realça-se a necessidade de medidas de ordenamento e de planos de monitorização.

Abstract: This paper presents a coastal characterization and erosion problems in the coastal zone of the City of Maputo, Mozambique. Causes of the erosion phenomena and alternative mitigation measures are discussed. Through numerical models of wind waves propagation and deformation the local wave regime and its interaction with the coast was evaluated. Some alternative coastal defense solutions were considered, taking into account the local morphological conditions, their efficiency and other relevant aspects. The need for management measures and a monitoring program were stressed.

Palavras-Chave: erosão costeira, ordenamento, dunas, praias, ondas

1- APRESENTAÇÃO

Moçambique é banhado na costa Este pelo Oceano Indico e tem a terceira linha de costa mais extensa do Continente Africano com cerca de 2 600 km. A semelhança da maior parte da costa moçambicana, a Zona Costeira da Cidade de Maputo, com uma extensão de aproximadamente 20 km, do Distrito de Matutuine (Baía de Maputo) ao Distrito de Marracuena (Praia da Macaneta), a Sul e Norte respectivamente, vem sofrendo desde há alguns anos elevados índices de erosão. Na linha costeira verificam-se recuos significativos com implicações nas faixas marginais: perdas de areias, destruição de dunas e vegetação, aumento dos riscos de galgamento dos arruamentos marginais, danos nas obras de defesa existentes e aumento dos riscos de algumas construções virem a ser afectadas. Por outro lado, esta zona, pela sua grande apetência balnear e paisagística, está submetida a uma crescente ocupação humana, traduzida por novas edificações, arruamentos e parques de estacionamento, que a tornam particularmente vulnerável à acção dos fenómenos de agitação costeira.

No presente estudo é feita a abordagem da problemática de Erosão Costeira especificando a situação da Zona Costeira da Cidade de Maputo, no troço compreendido entre o Clube Naval (km, 0) e a estrada que dá acesso ao Bairro dos Pescadores, junto ao Restaurante Costa do Sol (km, 10.5). Analisa-se o clima de agitação actuante e a sua interacção com as fronteiras sólidas envolventes, as causas da erosão e os impactes associados. Propõem-se soluções alternativas de intervenção para a defesa da área em estudo.

A presente comunicação constitui uma síntese da dissertação para obtenção do grau de mestre em

Engenharia do Ambiente pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

2- CARACTERIZAÇÃO GERAL

2.1- Enquadramento físico da área em estudo

A área em estudo (Figura 1) está compreendida entre o Clube Naval e o início da estrada para o Bairro dos Pescadores, com o seguinte enquadramento:

- Sul: Litoral da Ponta Maona à Ponta das 3 Marias;
- Este: Ilha Xefina Grande e Ilha da Inhaca;
- Nordeste: Ilha Xefina Grande e Ponta da Macaneta;
- Sudeste: Península da Santa Maria e Ilha da Inhaca;
- Sudoeste: Litoral da Catembe.

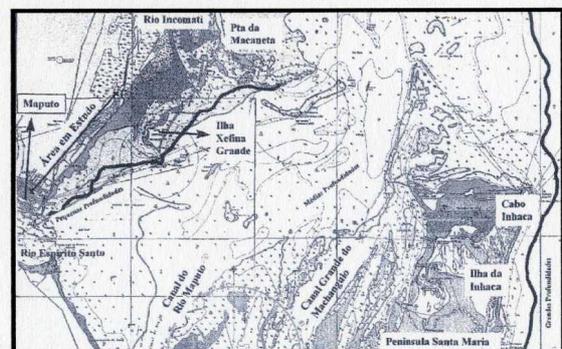


Figura 1: Enquadramento fisiográfico da área em estudo.

2.2- Batimetria, marés e ventos

A batimetria da Baía de Maputo é caracterizada por uma variação gradual de profundidades ao longo da

área de propagação das ondas, com um “fetch” médio de 35 km no interior da baía.

As marés são semi-diurnas com amplitudes variáveis entre 0.86 e 3.50 m.

À Baía de Maputo, onde está igualmente localizado o Estuário de Maputo, afluem os rios Maputo, Matola, Tembe e Umbelúzi na margem sul, e o rio Incomáté na margem norte. As correntes de enchente e de vazante de marés na entrada da Baía de Maputo a Norte atingem velocidades máximas na ordem dos 1.0 m/s. O fluxo de marés na foz dos rios a sul atinge velocidades máximas entre 0.5 e 1.5 m/s.

Os dados dos ventos foram baseados nos registos efectuados pelos Serviços de Meteorologia de Lourenço Marques (1910 a 1951) e pelo INAM (1988 a 1990). As velocidades médias mensais variam entre 3.5 a 5.5 m/s, com maior frequência nas direcções Nordeste, Este, Sul, Sudoeste e Noroeste. A brisa de terra, com o período de pico em Junho (cerca de 2.4 % do vento anual), sopra no período da manhã. A brisa do mar sopra no período da tarde, com direcções predominantes entre Nordeste e Este. Os ventos com intensidade superior a 34 km/h são relativamente frequentes. As intensidades superiores a 44 km/h são menos frequentes e as superiores a 56 e 68 km/h são raras.

2.3- Ondas e vagas

A circulação marítima na área em estudo, é influenciada pelo sistema de ilhas, pontas e penínsulas localizadas ao longo da área de propagação das ondas. O clima de agitação da área em estudo é influenciado basicamente pela ocorrência de ondas geradas ao largo e localmente, dentro da Baía de Maputo (vagas).

O estudo tem por base um total de 21 609 observações e registos de ondas efectuadas pela “UK Meteorological Office” entre 1949 e 1997 (alturas de onda, períodos e direcções de ocorrência).

Com base nesses dados foram determinadas as direcções e as respectivas frequências de propagação das ondas na Baía de Maputo, apresentadas na tabela 1. A propagação das ondas foi simulada através dos modelos de cálculo SWAN e REF/DIF 1.

Tabela 1: Características de ondas significativas na propagação para a área em estudo.

Rumo θ (graus)	Características da ondas e vento Hs (m), T (s), Vv (m/s)		
S= 90	Vv= 4.5		
SE= 135	Vv= 4.5		
E= 180	Hs= 1.5	T= 5	
		T= 9	
		T= 7	
NE= 225	Hs= 2.5	T= 11	
		Hs= 1.5	T= 5
			T= 9
Hs= 2.5	T= 7		
	T= 11		

Foram usadas três malhas para a modelação numérica da propagação. As malhas 1 e 2 são utilizadas pelo programa SWAN para a modelação da propagação ao largo e próximo da linha de costa. A malha REF/DIF 1

é utilizada para o estudo do fenómeno de difracção que ocorre próximo da Ilha Xefina Grande. Os dados de entrada usados na malha 2 e REF/DIF 1 são obtidos dos resultados da malha 1. As características locais da onda utilizadas para modelação pelo programa REF/DIF 1 são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2: Condições de fronteira utilizadas pelo modelo REF/DIF 1.

Rumo ao largo	θ (graus)	Hs (m)	Tp (s)
S= 90	101.93	0.36	5.27
SE= 135	135.60	0.32	2.45
E= 180	186.66	0.71	5.27
	185.86	1.09	7.03
	184.55	0.68	9.37
	185.38	1.07	11.35
NE= 225	158.85	0.42	5.27
	143.59	0.79	5.27
	145.82	0.50	5.27
	139.32	0.71	5.27

Do total de ondas registadas, cerca de 8.9 % propagase para a área em estudo com origem entre as direcções Este (180°) e Nordeste (225°). A área em estudo é protegida a Norte e a Nordeste pela Ilha Xefina Grande e pela Ponta da Macaneta. Nas direcções entre Sul e Este, a entrada das ondas é impedida pela Península de Santa Maria e pela Ilha de Inhaca.

As características das vagas são função do clima de ventos gerados dentro da Baía de Maputo, do fetch (comprimento do plano de água onde actuam os ventos) e da respectiva batimetria local. As vagas na Baía de Maputo são formadas entre as direcções Este e Sul, propagando-se em toda a extensão da costa.

2.4- Situação local

A faixa litoral em estudo compreende o troço costeiro entre o Clube Naval (perfil - 2 650) e o início da estrada para o Bairro dos Pescadores (perfil + 7 800). Os perfis estão medidos em metros, a partir do terceiro esporão Sul-Norte.

Troço I - II (- 2 650 a - 2 400): Zona do Clube Naval

Com aproximadamente 250 m, é protegido por uma obra longitudinal aderente, em estacas prancha metálicas ancoradas a vigas de betão executada em 1999. As estacas prancha avançaram para o mar relativamente ao muro de betão anterior ao projecto, modificando as características locais de interacção dos fenómenos de agitação (maior reflexão de ondas).

Troço II - III (- 2 400 a - 1 100): Zona da Praia da Polana (Velhos Colonos)

Com aproximadamente 1 300 m, é defendido por uma obra longitudinal aderente recente (paramento de betão reforçado com enrocamento de 5 kN), ao longo da sua extensão.

Troço III - IV (- 1 100 a + 650): Zona do Parque de Campismo

Com aproximadamente 1 750 m, é protegido por uma obra longitudinal aderente (paramento de betão)

associada a três esporões da década de 40, com cerca de 150 m cada. A largura da praia que se estende ao longo do troço na direcção norte varia com as oscilações de maré.

Na baixa mar, os esporões ficam emersos. Na preia-mar, com os esporões submersos, o espraiamento das ondas tende a atingir o muro de protecção marginal, numa zona onde a variação dos níveis de maré e a agitação costeira ditam a dinâmica sedimentar.

A influência dos esporões na formação da praia através do processo de erosão/acrecção de areias é actualmente pouco diferenciado e pouco significativo.

Troço IV - V (+ 650 a + 5 900): Zona entre o Parque de Campismo e o Restaurante Costa do Sol

Com aproximadamente 5 250 m, é protegido por obras longitudinais aderentes e por um sistema de dunas com 1 a 4 m de altura máxima, encontrando-se algumas delas cobertas com vegetação e com árvores de grande porte dispostas ao longo do seu alinhamento.

A linha costeira apresenta-se arqueada em consequência do recuo diferenciado da costa, ditado pelos processos de erosão ao longo da sua extensão. Em alguns alinhamentos, as dunas encontram-se em avançado estado de erosão, com o contínuo desenraizamento das árvores de grande porte que outrora as protegiam, destruição da vegetação e consequente diminuição da sua altura. Nas dunas há indícios significativos de erosão por acção humana (pisoteio e acessos).

Troço V - VI (+ 5 900 a + 7 800): Zona entre o Restaurante Costa do Sol e o início da estrada para o Bairro dos Pescadores.

Com aproximadamente 1 900 m a partir da Ponte da Costa do Sol, é protegido por uma obra aderente, disposta ao longo da estrada que dá acesso ao Bairro dos Pescadores. Próximo da Ponte à Norte do Restaurante Costa do Sol, desenvolve-se uma restinga com direcção sul-norte, actualmente com cerca de 600 m de comprimento e 2 m de altura.

Troço VI - VII (> + 7 800): Zona a norte do início da estrada para o Bairro dos Pescadores

A norte da Ponte situada nas proximidades do Restaurante Costa do Sol, no início da estrada para o Bairro dos Pescadores, existe uma zona extensa de mangal, submersa na preia-mar e emersa na baixa-mar, formando um pequeno sistema lagunar de leito lodoso, numa área com vegetação (porte arbóreo). Esta zona é protegida por um talude de betão construído recentemente. Para além do seu valor ecológico, o mangal contribui para a estabilização sedimentar e pode minimizar o progresso da erosão.

2.5- Canal de Navegação

Com interferência nas condições hidrodinâmicas da área em estudo, a sul do Clube Naval localiza-se o Estuário de Maputo que faz a confluência dos rios Maputo, Matola, Tembe, Umbelúzi e Incomáti. A área é atravessada pelo canal de navegação do Porto de Maputo, com direcção nordeste-sudoeste, cujas operações de manutenção removem um volume de dragados na ordem dos 1 200 000 m³/ano.

3- ESTUDOS DA AGITAÇÃO LOCAL

Foram usados os modelos numéricos SWAN (para modelação dos fenómenos de agitação ao largo, na zona de grandes profundidades relativas) e REF/DIF 1 (para modelação dos fenómenos de agitação próximo da linha costeira, na zona de pequenas profundidades), apoiados na base de dados criada pelos programas TECPLOT e MATLAB, usados na definição da batimetria e das condições de fronteira, a partir dos valores obtidos das cartas hidrográficas da Baía de Maputo.

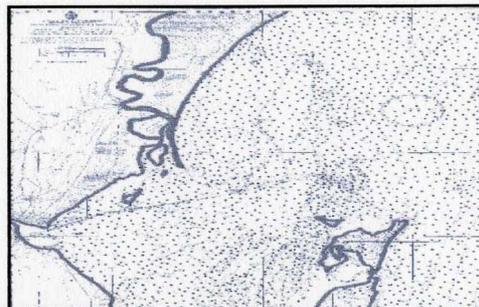


Figura 2: Carta Hidrográfica da Baía de Maputo

3.1- Modelação com o programa SWAN

O modelo considera no algoritmo de cálculo os fenómenos de empolamento, refacção, reflexão e rebentação das ondas mas não a difracção.

...Os resultados da modelação são apresentados em função do rumo de propagação, período e altura significativa da onda.

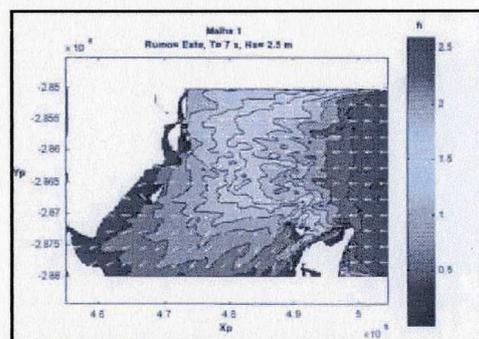


Figura 5: Aplicação do modelo Swan.

...A ondulação no interior da Baía de Maputo tem origem predominantemente nas direcções Sul, Sudeste, Este e Nordeste. As vagas têm origem entre as direcções Este e Sul. A área em estudo é atingida a Nordeste maioritariamente pelas vagas de Sul, e a Sul pelas vagas formadas entre as direcções Sul (90°) e Este (180°). As ondas atingem a área em estudo com alturas que variam entre 0.2 e 0.5 m.

3.2- Modelação com o programa REF/DIF 1

O modelo considera os fenómenos de empolamento, refacção, difracção e rebentação de ondas monocromáticas em zonas costeiras de batimetria irregular, onde o efeito de difracção se revela importante. Não considera os efeitos de reflexão.

...Os resultados da modelação são apresentados em função do rumo de propagação, período e altura significativa da onda.

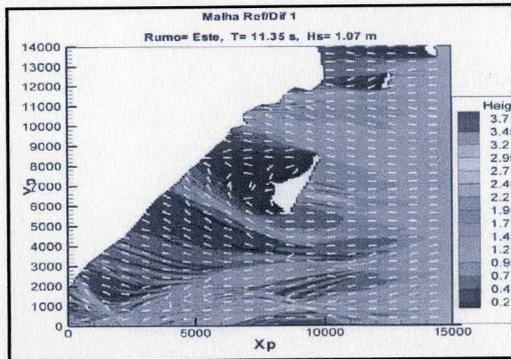


Figura 6: Aplicação do modelo Ref/Dif 1.

...A aplicação do programa REF/DIF 1 é feita para o estudo das características da onda resultantes dos efeitos de difracção induzidos pela presença da Ilha Xefina Grande, na zona a Nordeste da área em estudo. A propagação das ondas é feita predominantemente a partir das direcções Sul, Sudeste, Este e Nordeste. O efeito da difracção é considerável para ondas geradas a partir das direcções Este e Nordeste. Nas ondas geradas a partir das direcções Sul e Sudeste (vagas) os efeitos de difracção são insignificantes e não são representativos dos fenómenos de agitação e deformação das ondas na propagação para a área em estudo. As ondas atingem a área em estudo com alturas que variam entre 0.1 e 3 m.

4- CAUSAS DA EROSÃO

...As causas da erosão são avaliadas com base na leitura e interpretação dos fluxos gerados pelas correntes de agitação actuantes com influência na dinâmica sedimentar da área em estudo. A estes dados é associado o balanço sedimentar estimado através dos volumes de transporte de areias ao longo dos últimos anos, verificados pelo recuo de alguns troços da linha costeira, pela instabilidade dos troços protegidos por obras longitudinais aderentes (paramentos de betão), pela contínua diminuição da altura das dunas com o consequente desenraizamento das árvores existentes ao longo das formações dunares e pela avaliação da influência do canal de navegação que dá acesso ao Porto de Maputo, na dinâmica sedimentar da área em estudo.

...Em grande parte da Costa de Maputo verificam-se fenómenos erosivos que se traduzem no recuo da "linha" costeira e no emagrecimento das praias. Os recuos são avaliados numa média de 1 m/ano, à excepção das zonas defendidas por obras longitudinais aderentes. A evolução da erosão verifica-se na direcção Sul-Norte.

...A ocorrência de erosão na área em estudo pode estar potencialmente relacionada com a construção e manutenção do canal de navegação que dá acesso ao Porto de Maputo. O canal, situado a cerca de 1 200 m a Sudeste (barlamar) do Clube Naval, no limite Sul do troço em estudo, forma uma zona de sedimentação que

interrompe parte significativa do material sedimentar que aflui à zona, transportado pelos rios Maputo, Tembe, Umbelúzi e Matola.

...Nas zonas dunares, para além da erosão causada pelas acções hidrodinâmicas, há indícios significativos de erosão por acção humana, consequente de uma massiva destruição das dunas e da vegetação nos acessos à praia habitualmente usados pelos banhistas, pelos pescadores e por veículos motorizados.

...Os alinhamentos marginais protegidos por obras longitudinais aderentes, embora actualmente vitais face ao tipo de ocupação existente, influenciam negativamente a acumulação de areias.

...O elevado nível de procura turística e a ocupação urbana a que a zona em estudo está a ser sujeita, estão em conflito com os recuos significativos que se têm registado.

...A alteração da morfologia costeira tem como principais consequências a médio e longo prazo:

- a redução significativa da largura das praias consequente da perda contínua de material sólido;
- a redução da zona de praias entre marés, com perdas de habitats;
- a diminuição da altura das dunas e a perda da sua vegetação;
- a redução da altura e volume de areias nas fundações dos troços protegidos por obras aderentes e o aumento dos riscos da sua destruição;
- a redução das áreas de praia com valores balneares, numa zona onde a procura é muito intensa;
- a alteração de valores paisagísticos.
- o aumento dos riscos de galgamento e degradação da Avenida da Marginal, dos riscos de algumas construções virem a ser afectadas.

5- INTERVENÇÕES DE DEFESA COSTEIRA

...As intervenções de defesa costeira visam proteger a área em estudo contra o continuado e progressivo processo de erosão verificado mas não podem ser isoladas de instrumentos de ordenamento com medidas preventivas e de preservação ambiental.

...Do conjunto de soluções técnicas de intervenção são passíveis de considerar, individualmente ou em complementaridade, os esporões, as obras longitudinais aderentes, a alimentação artificial de praias e a reabilitação de dunas.

5.1- Esporões e alimentação com areias

...Em 1992, a Mott MacDonald realizou um estudo a partir do qual recomendou a construção de um campo de seis esporões, entre os perfis + 1 691 e + 7 030 contados a partir do terceiro esporão dos três actualmente existentes, de Sul a Norte.

...O estudo da DHV (1999) propôs o aumento do campo de esporões de seis para dez, a partir do perfil + 1 691, contado da referência anterior (terceiro esporão Sul-Norte). Tal como no estudo da Mott MacDonald, a DHV propõe que o sistema de esporões seja complementado com uma alimentação artificial de

areias com 50 000 m³ entre esporões, equivalentes a um total de 450 000 m³.

A influência dos três esporões existentes na interrupção do material sólido mostra-se actualmente pouco significativa considerando o seu tempo de vida (mais de 50 anos). Este facto pode estar associado ao reduzido fluxo sedimentar a partir das zonas a barlamar, o que fortalece a hipótese da influência negativa do canal de navegação do Porto de Maputo na dinâmica sedimentar. Torna-se questionável a construção de um campo alargado de esporões numa zona onde a principal causa da erosão pode estar relacionada com a carência de transporte sólido a partir de barlamar. A justificação da sua execução só poderia ser encontrada como uma tentativa de reduzir o transporte sólido longitudinal e as erosões após uma alimentação artificial com areias.

5.2- Obras longitudinais aderentes e alimentação com areias

...Alguns dos troços ao longo da costa estão actualmente protegidos por este tipo de estruturas. Esta solução será de adoptar apenas nos troços edificados que se apresentem como mais críticos e vulneráveis às acções do mar, não incluindo portanto os troços ainda estabilizados, defendidos por sistemas dunares.

...No limite, atingir-se-ia uma extensão de construção de cerca de 4 700 m de obras aderentes com pelo menos 450 000 m³ de alimentação artificial de praias.

...Dado o estado de erosão da linha costeira, a construção de obras aderentes torna-se necessária nas zonas edificadas mais críticas (a não ser que as edificações e arruamentos sejam retirados).

5.3- Alimentação artificial de praias e reabilitação de dunas

...Este método poderia ser usado recorrendo a materiais dragados (no canal de navegação), a fontes off-shore ou ainda eventualmente através da "ripagem" de areias da pré-praia (em zonas menos sensíveis do ponto de vista biológico).

...Considerando o clima de agitação costeira local, tido como calmo comparado a outros com experiências satisfatórias neste tipo de solução e considerando o valor máximo de perda de areias apresentado no estudo da DHV (8.5 m³/m anuais). Fixando um horizonte de projecto mais longo ou mais curto, pode-se avaliar o volume total da intervenção.

...A análise simplificada desta solução, feita para diferentes cotas de enchimento, inclinações da praia e para extensões longitudinais de 6 e 8 km conduz a volumes de alimentação artificial que variam entre 300 000 m³ a 1 600 000 m³ respectivamente.

5.4- Reconstrução e requalificação de dunas

...No terreno, verifica-se que as zonas protegidas com dunas ainda oferecem relativa capacidade de resistência à erosão. As zonas dunares com indícios significativos de erosão são as desprotegidas de vegetação e as que

servem de acesso as praias, usados pelos banhistas e pescadores.

...A reconstrução, reabilitação e defesa das dunas deve ser tomada em conta em qualquer das hipóteses, acompanhada de medidas interventoras (vegetação, construção de acessos pedonais) que permitam a sua estabilização e preservação.

6- SÍNTESE DE CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

- O balanço sedimentar na baía de Maputo indica evolução da erosão na direcção S-N, perda sedimentar, recuo da linha costeira (1 m/ano), emagrecimento de praias e erosões acentuadas;
- A erosão pode estar fundamentalmente relacionada com a dragagem do canal do Porto de Maputo de onde são extraídos cerca de 1 200 000 m³ de areia por ano;
- Nas dunas, há indícios de erosão eólica, hidrodinâmica e por acção humana;
- A elevada procura turística e urbana da zona poderá agravar a erosão e gerar novas situações de risco;
- É necessário intervir, discutindo-se algumas soluções alternativas de defesa.
- A melhor solução de defesa deve considerar a dinâmica costeira local, a eficiência a curto, médio e longo prazo, os impactes introduzidos e o custo da intervenção e da manutenção;
- É necessário desenvolver e aplicar instrumentos de ordenamento do território que permitam uma maior e melhor integração e ocupação dessa zona litoral, rentabilizando as suas ofertas e garantindo a sua sustentabilidade;
- É necessário e urgente desenvolver um plano de monitorização que inclua a realização de levantamentos topo-hidrográficos, sedimentares e biológicos periódicos;
- É necessário aprofundar o estudo da influência do canal e das dragagens na dinâmica sedimentar;
- É necessária a requalificação e revegetação periódica das dunas bem como a construção de acessos pedonais nas praias.

BIBLIOGRAFIA

1. DHV Environment and Infrastructure, 1999: Rehabilitation Coastal Works Maputo - Morphological Study, V. 3, DHV, 3800 BB Amersfoort.
2. Langa, Jónio V. Q., 2000: Erosão Costeira na Cidade de Maputo. Causas. Impactos Ambiental e Monitoramento, *Tese de Licenciatura*., Universidade Eduardo Mondlane, Moçambique.
3. Langa, Jónio V. Q., 2003: Erosão Costeira na Cidade de Maputo. Causas. Considerações sobre Intervenções de Defesa. Dissertação de Mestrado., Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.