



Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras

Monografia para obtenção de grão de licenciatura em Geologia Marinha

Estudo da erosão costeira na ponte de acesso ao bairro de Ivagalane – Quelimane



Autora

Alcardina Sisínio da Silva



Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeira

Monografia para obtenção de grão de licenciatura em Geologia Marinha

Estudo da erosão costeira na ponte de acesso ao bairro de Ivagalane – Quelimane

Autora:

Alcardina Sisínio da Silva

Supervisor

Noca Bernardo Furaca da Silva (*Msc*)

Quelimane, Julho de 2019

Dedicatória

Dedico este trabalho primeiro a Deus, em seguida aos meus queridos pais, por estarem sempre ao meu lado durante a minha formação.

Muito obrigada

Agradecimento

Em primeiro lugar quero agradecer à Deus por me conceder a vida, e pela força para conquistar todos os meus objetivos, pois sem ela não ultrapassaria as dificuldades e não alcançaria este objetivo.

Agradecer aos meus pais, principalmente a minha querida mãe por amor incondicional, Aos meus irmãos pelo papel de pai que fizeram e fazem desde a minha existência nesse Mundo, sem o vosso investimento na minha formação eu não alcançaria este objetivo, agradeço pelo perfil de pilar e de herói que vocês têm na minha formação. Aos meus irmãos, cunhadas, sobrinhos e tias agradeço pelo apoio e pelo amor.

O meu profundo agradecimento vai ao meu supervisor MSc. Noca Bernardo pelo apoio moral, científico e pela paciência que teve durante todas as etapas da elaboração deste trabalho.

Aos docentes da ESCMC muito obrigada.

O meu maior agradecimento ao meu namorado Eusébio A. Calisto pela força e por estar sempre do meu lado. As minhas amigas, Adelia, Fátima, Suraya, Marlene e Nelson Cabazar pela vossa ajuda

Por último agradeço a todos os colegas de turma de geologia 2015, que durante estes quatro anos dividimos momentos de alegria e tristezas. Enfim quero dizer meu muito obrigada a todos.

Declaração de Honra

Declaro que esta monografia nunca foi apresentada para obtenção de qualquer grau e que ela constitui o resultado do meu labor individual. Esta monografia é apresentada em cumprimento parcial dos requisitos de obtenção do grau de Licenciatura em Geologia Marinha, da Universidade Eduardo Mondlane

Quelimane, julho de 2019

(Alcardina Sisinio da Silva)

Resumo

No meio ambiente há um contínuo aumento da busca e valorização de espaço na zona costeira, desta feita cresce também a preocupação sobre os processos erosivos característicos desta região. O maior problema nas zonas costeiras é que a urbanização é feita de forma desordenada e insustentável, agravando os problemas decorrentes do estudo da erosão costeira.

De modo a perceber os problemas decorrentes nesta região o trabalho focalizou se no estudo da erosão, determinar o avanço da erosão costeira a partir do ano 2009 à 2018 e estudar as reais causas deste processo. Foi realizada durante o trabalho uma caracterização física da área por via de imagens de satélite Google Earth, tendo observado dinâmica da erosão num período de 9 anos, 2009 a 2018. Foi efectuada entrevistas a comunidade local, uma campanha oceanográfica num período de 24 horas, tendo desta forma os dados da corrente de maré, marés, concentração de sedimentos suspensos, tipo de sedimentos e trajetórias das correntes na enchente e vazante da maré viva.

Os resultados revelam que para a margem de Sangariveira a maior distância erodida foi no período 2011 – 2014 (4.8m) numa altura que a margem oposta não sofreu erosão, e a margem de Ivagalane sofreu a maior erosão no período 2017 – 2018 (3.9m) ao passo que a margem oposta erodiu 1m. Também se nota neste resultado que a erosão nas duas margens não estão directamente relacionados.

Palavra-Chave: Sedimentos, Erosão, Correntes de maré.

Abstract

In the environment there is a continuous increase of the search and valorization of space in the coastal zone, this also grows the concern about the erosive processes characteristic of this region. The major problem in coastal areas is that urbanization is a disorderly and unsustainable way, aggravating the problems arising from the study of coastal erosion. In order to perceive the problems arising in this region, determine the advance of coastal erosion from 2009 to 2018, and study the real causes of this process.

A physical characterization of the area from satellite image of google earth was carried out during the work, observing the dynamics of erosion of 9 years, from 2009 to 2018. Interviews were carried out with the local community, a 24 hour oceanographic campaign thus, tidal current, tide, suspended sediment concentration, sediment types and trajectories of currents in the flood and ebb tide ebb.

This results show that for the margin of Sangariveira the greatest distance eroded was in the period 2011-2014 (4.8m) at a time when the margin was not eroded, the Ivagalane margin suffered the greatest erosion in the period 2017-2018 (3.9m) while the opposite margin eroded 1m. It is also noted in this result that erosion on the two banks is not directly related.

Key-word: Sediments, Erosion, Tide Current

Abreverturas

ϕ	Percentil
%	Percentagem
°C	Graus Celsius
Al	Alumínio
CaCO₃	Carbonato de Cálcio
Cm	Centímetro
Fe	Ferro
H₂O	Água
HCl	Ácido Clorídrico
Km	Quilómetro
MICOA	Ministério para a Coordenação da Acção Ambiental
Mm	Milímetro
Mn	Manganês
S	Segundo
UAF	Unidade da Atenuação da Formanzina
UEM	Universidade Eduardo Mondlane
UNT	Unidade Nefelométrica da Turbidez
UTF	Unidade da Turbidez Formanzina

Lista de figuras

Figura 1: Perfil longitudinal dos sedimentos depositados ao longo de um estuário.	8
Figura 2: Elementos constituintes de gabião tipo caixa. Fonte: (Barros, 2008).	12
Figura 3: Elementos constituintes de gabião tipo saco Fonte: (Barros,)	12
Figura 4: Ilustração da área em estudo. Fonte: (Google Earth, 2018)	13
Figura 5: Mapa que ilustra a evolução da erosão em Ivagalane	16
Figura 6: Comparação da erosão das margens de Sangariveira e Ivagalane	17
Figura 7: Comparação da erosão das margens de Sangariveira e Ivagalane	17
Figura 8: Tipo de Sedimentos em Ivagalane.	18
Figura 9: Curva granulométrica dos pontos 1, 2 e 3 do Sangariveira	19
Figura 10: Curva granulométrica dos pontos 4, 5 e 6 do lado Ivagalane	19
Figura 11: Variação das correntes do norte e este em função da maré	21
Figura 12: Variação de concentração de sedimentos em função da turbidez durante as fases maré	21
Figura 13: Variação da altura e energia das ondas em função da maré	22

Lista de Tabelas

Tabela 1: Diferenças da densidade dos minerais nos sedimentos.....	10
Tabela 2: Materiais para o uso na recolha de dados.....	13
Tabela 3: Localizado das coordenadas da amostragem, RCM e TWR.....	14

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Problematização	2
1.2. Justificativa	2
2. Objectivos.....	3
2.1. Geral	3
2.2. Específicos	3
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	4
3.1. Erosão	4
3.2. Tipos de erosão	4
3.3. A erosão costeira	5
3.4. Causas que contribuem a erosão	5
3.5. Erosão	9
Grão das partículas	9
Densidade das partículas.....	10
3.6. Métodos de protecção.....	10
4. METODOLOGIA.....	12
4.1. Caracterização da área de estudo	12
4.2. Materiais	13
4.3. Método.....	14
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
5.1. Evolução da erosão no estuário Ivagalane	16
5.2. Características dos sedimentos no estuário Ivagalane.....	18
5.3. Variação da corrente com a maré.....	20
6. DISCUSÃO.....	22
7. CONCLUSÃO.....	25
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27
9. ANEXO.....	29

1. INTRODUÇÃO

A erosão acelerada do solo constitui um sério problema global de degradação de terras e um dos maiores riscos ambientais da actualidade. A erosão, o assoreamento e as enchentes são problemas relacionados ao planeamento numa perspectiva de gestão integrada do espaço e têm sido alvo de preocupação crescente.

Segundo Guerra (2004) o estágio inicial da erosão acontece com a desagregação das partículas do solo em função da pluviosidade. O ritmo com que as chuvas são distribuídas durante o ano, a quantidade e a intensidade dos eventos são fundamentais para o desenvolvimento do processo erosivo.

As zonas costeiras cumprem importantes funções ecológicas, sociais e económicas. As mais importantes dessas funções são a protecção de pessoas e bens contra as tempestades e a intrusão salina, a absorção de nutrientes e poluentes provenientes da drenagem terrestre e introduzidos no mar pelos rios e a alimentação de peixes, crustáceos e aves. Substituir estas funções, naturalmente satisfeitas, iria custar muito mais do que as futuras gerações podem despende. As actividades económicas impõem pressões sobre as áreas naturais (Miranda & Santiago, 2018).

Em Moçambique o problema de erosão regista-se nas zonas costeiras sendo a província de Zambézia uma das mais vulneráveis. O canal de travessia que separa os bairros de Sangariveira e Ivagalane é um dos locais onde este cenário se verifica. Informações dos usuários da travessia referem que esta erosão já vem se registando desde os anos 1999 e apontam a maré como a responsável para o agravamento do problema.

Estudos de género em Moçambique já vem sendo desenvolvido por Langa (2007), Mango-ma (2017) na praia Nova na Beira. Na Zambézia destacam-se estudos desenvolvidos por Lahade (2018) no distrito de Pebane, WWF (2016) no distrito de Chinde e Miguel (2015) no distrito de Macuse. No distrito de Quelimane estudos de erosão foram desenvolvidos por Banze (2018) na região de Mugogoda, Sitoi (2017) na região de Morropue, Mavie (2018) no bairro Icidua, Inês (2017) no bairro de Chuabo Dembe, Machuve (2018) no canal de Chipaca. A maioria destes estudos efetuados nos estuários ou canais estuarinos apontam como a corrente de maré sendo a principal causa da erosão.

O presente estudo pretende fazer o estudo baseando-se no sensoriamento remoto e observação do campo. Os resultados deste trabalho irão contribuir para a tomada de medidas na protecção contra a erosão desta região e estabilidade da ponte que liga os bairros de Sangariveira ao bairro de Ivagalane.

1.1. Problematização

A ponte de acesso ao Bairro Ivagalane, se constata pela remoção das partículas dando ameaças aos moradores. De acordo com o Gabinete de Planeamento Políticas (GPP, 2013) a erosão do solo é um processo de destacamento e transporte de materiais do solo, por agentes designados por erosivos. É um processo sequencial que envolve o destacamento das partículas do solo e o transporte das partículas destacadas. A erosão, ao remover as partículas de solo, para além de reduzir a sua espessura, diminui também os níveis de matéria orgânica do solo e contribui para a desagregação da sua estrutura, o que diminui a profundidade de enraizamento e diminui a quantidade de nutrientes disponíveis para as plantas, criando, assim, um ambiente menos favorável para o seu crescimento.

Para além disso sub ponto de vista social a base da estrutura da ponte que liga os bairros de Sangariveira e Ivagalane está ficando exposto devido ao processo de remoção dos sedimentos. O risco que se corre é o facto de criar a desestabilidade da estrutura que pode vir a comprometer o acesso de transição das famílias a cidade de Quelimane, caso esta desabe.

Em função destas constatações, o problema que se levanta é o seguinte:

Qual é a principal causa da remoção de sedimentos na ponte de acesso ao bairro Ivagalane?

1.2. Justificativa

O Contexto que leva a escolha do tema baseia-se nas dificuldades dos moradores do Bairro Ivagalane, visto que o tema apresenta um grande valor e interesse pois constitui um contributo na análise da situação vital da vida quotidiana, porque o actual momento histórico é caracterizado por problemas da degradação dos sedimentos.

Sabe-se que a erosão é um processo natural que sempre existiu e ajudou ao longo da história a moderar a costa, embora as evidências demonstrem que a actual escala esta longe de ser natural. Na construção de espigões, pode ajudar a situação da erosão que ocorre na ponte que dá acesso ao

Bairro Ivagalane, para além disso este estudo irá ajudar na gestão dos processos costeiros naquela região, distinguir possíveis medidas de protecção da erosão na área identificada a fim de evitar danos futuros.

2. Objectivos

2.1. Geral

- Estudar a erosão costeira na ponte de acesso ao Bairro de Ivagalane – Quelimane.

2.2. Específicos

- Determinar o avanço da erosão costeira a partir do ano 2009 à 2018;
- Identificar a principal causa da erosão costeira na ponte de acesso ao bairro de Ivagalane – Quelimane.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. Erosão

Para se entender o processo que actualmente ocorre na área em estudo, primeiramente deve-se ter a noção do que seja erosão, e com essa compreensão, pretende-se aprofundar na pesquisa, e, para facilitar o estudo, foram seleccionadas definições de alguns autores para o termo erosão.

Para (Guerra, 2007:87), a erosão é um processo com dupla dimensão. Em outras palavras, esse autor associa a erosão ao fenómeno da sedimentação.

A erosão é a destruição das saliências ou reentrâncias do relevo, tendendo a um nivelamento ou colmatagem, no caso de litorais, enseadas, baías e depressões. A uma fase de erosão (gliptogénese) corresponde de modo simultâneo, uma fase de sedimentação (litogénese).

3.2. Tipos de erosão

Segundo Guerra (2005), apresentam uma variedade de tipos de erosão. Tendo em vista a necessidade de se aprofundar o entendimento sobre esse fenómeno, mostra-se oportuno conhecer os diferentes tipos de erosão já catalogados.

- A erosão acelerada é realizada na superfície terrestre pela intervenção humana e seres vivos, em geral, ocasionando um desequilíbrio ambiental. É o aceleração da erosão nas camadas superficiais do solo, motivado por desmatamento, cortes de barrancos em estradas etc.
- A erosão atmosférica é usada no sentido amplo de erosão provocada por agentes geológicos exógenos, como: vento (eólia), água das chuvas (pluvial), águas correntes (fluvial).
- A erosão das margens é aquela que ocorre nas margens dos rios. Esse tipo de erosão aumenta à medida que aumenta a quantidade de água e a velocidade da água, no canal fluvial. A erosão em um rio ocorre com maior intensidade na margem côncava, onde a velocidade é maior.
- A erosão geológica é realizada normalmente pelos diversos agentes erosivos sem que haja a intervenção do homem, acelerando o trabalho de destruição e construção feito por estes agentes. Quando se verifica a intervenção do homem, acarretando desequilíbrios que favorecem o trabalho da erosão, temos então a chamada erosão acelerada.

- A erosão marinha ocorre pelo trabalho de destruição e construção feito pelas vagas forçadas ou de translação, ao longo dos litorais. Antigamente se pensava que a acção erosiva das correntes marinhas fosse a mais importante. Nas baías e enseadas há uma tendência geral para a colmatagem.

A destruição nas partes altas e acúmulo nas partes deprimidas da camada superficial edificada caracteriza a erosão do solo.

3.3. A erosão costeira

No âmbito do planeamento e ordenamento, a erosão costeira pode-se definir por um movimento, não desejado, da linha da costa em direcção à terra. Esta característica (de ser um processo indesejado) advém do facto de quando se está perante uma intensa ocupação humana, gerando um resultado grave; quando tal não acontece, ou seja, não existem aglomerados urbanos e/ou populacionais, assim como património construído ou natural, não se considera grave o seu resultado.

Dias *et al.* (1994), por outro lado, este processo erosivo não se manifesta somente a nível nacional, mas a uma escala global, estimando-se que cerca de 70% das praias arenosas mundiais apresentem um recuo da linha de costa (Zhang *et al.*, 2004).

Este fenómeno tem por origem todo um conjunto de múltiplos factores que funcionam em simultâneo, quando de origem natural, ou que podem constituir-se como resultado das acções do Homem. Apesar das opiniões entre autores dispersarem-se quanto às suas causas, existem efectivamente alguns pontos comuns. A erosão costeira como um dos principais agentes de pressão no ambiente marinho e costeiro. Este documento menciona, como causas desta, factores naturais como a dinâmica costeira, balanço de sedimento, variações do nível do mar, dispersão de sedimentos e outras causas relacionadas com as intervenções humanas, nas zonas costeiras e/ou áreas próximas.

3.4. Causas que contribuem a erosão

A onda

As ondas geradas pelo vento são umas das principais fontes de energia que governam as mudanças da praia. Quando uma onda quebra, dependendo da inclinação da praia, alguma energia pode voltar

para o mar (quanto menor for o ângulo de inclinação da praia, menor é a energia reflectida) mas boa parte é dissipada. Parte desta é usada para fracturar rochas e minerais transformando-os em partículas menores, mas a maior parte da energia deve ser usada para movimentar sedimentos e aumentar a altura e, conseqüentemente, a energia potencial da forma da praia (Brown, 1999).

Os processos que causam mudanças morfológicas na costa são os de transporte de sedimentos. Estas mudanças irão continuar indefinidamente até que eventualmente a entrada de energia seja dissipada sem qualquer transporte de sedimento (Pethick, 1986). Portanto, mudanças na morfologia ocorrem sempre que ocorre uma mudança na entrada de energia e a função da zona costeira é de, justamente, dissipar esta energia.

O movimento das ondas

De acordo com Press (2006), a dinâmica das ondas e seu comportamento, enfatizando que “ao quebrarem, as ondas golpeiam a costa, erodindo e transportando areia, meteorizando e fragmentando as rochas sólidas, e destruindo estruturas construídas próximas à linha de costa”.

A transformação da ondulação para ondas de arrebentação inicia-se onde a profundidade do leito é menor que a metade do comprimento da ondulação. Nesse ponto, o pequeno movimento orbital das partículas de água próximas ao fundo torna-se restrito porque, agora, a água não pode se mover verticalmente. Bem próximo ao fundo, a água pode mover-se apenas horizontalmente, para frente e para trás.

Acima disso, ela pode desenvolver um pequeno movimento vertical, que, combinado com o horizontal, fornece uma órbita com forma mais próxima a uma elipse achatada do que uma órbita circular. As órbitas tornam-se mais circulares à medida que se afastam do fundo.

À medida que uma onda rola em direção à costa, ela torna-se tão inclinada que a água não suporta mais a si mesma, e, então, a onda colapsa na zona de surfe. Os leitos com leve inclinação promovem a quebra da onda mais longe da costa, e os leitos com grande inclinação fazem a onda quebrar próximo da costa.

A influência das marés

Atração gravitacional de dois corpos decresce à medida que eles se distanciam. Assim, a força que

produz as marés varia em diferentes partes da Terra, dependendo se elas estão mais próximas ou mais afastadas da Lua. No lado da Terra mais próximo da Lua, a água, por estar mais perto do satélite natural, experimenta uma atracção gravitacional maior que a atracção média de toda a parte sólida do planeta. Isso produz uma intumescência na água, vista como uma maré.

Segundo (Press, 2006:436), prelecciona:

A subida e a descida do mar duas vezes ao dia, chamadas de marés, são conhecidas dos marinheiros e dos moradores litorâneos há milhares de anos. Muitos observadores notaram a relação entre a posição e as fases da Lua, as alturas das marés e as horas do dia em que a água alcança o nível de maré mais alto. No entanto, foi somente a partir do século XVII, quando Isaac Newton formulou a lei da gravidade, que começamos a entender que as marés resultam do empuxo gravitacional da Lua e do Sol nas águas dos oceanos.

Muitas pessoas que vivem ao longo da costa precisam saber quando as marés vão ocorrer, de modo que os governos publicam tabelas mostrando a previsão de suas alturas e hora em que ocorrerão. Essas tabelas combinam a experiência local com o conhecimento de movimentos astronómicos da Terra e da Lua com relação ao Sol.

Para Hayes (1975), a depender da zonação latitudinal, a altura de maré pode variar de poucos centímetros a vários metros ao longo da costa, classificando-as em: Micromaré (< 2 metros); Meso maré (2 e 4 metros); Macro maré (4 e 6 metros) e Hípermaré (> 6 metros).

As marés podem combinar-se com ondas para causar forte erosão da costa e destruição de propriedades. As tempestades intensas que passam próximo à costa durante a maré de sizígia podem produzir marés de ressaca, ou seja, ondas de maré alta que podem cobrir toda a praia e chocar-se contra as falésias marinhas.

Não se deve confundir as marés de ressaca com os *tsunamis*, que, de forma incorrecta, são comumente chamados de “ondas de marés”. Os *tsunamis* são grandes ondas oceânicas causadas por eventos no fundo do mar, como terremotos, deslizamento de terra e explosão de vulcões oceânicos.

Precipitação durante um ano

Para Bertoni Neto (1999), a chuva é um dos factores climáticos de maior importância na erosão dos solos. A capacidade da chuva em provocar erosão é dita erosividade, que é função da intensidade, duração e frequência da chuva. A intensidade é o factor pluviométrico mais importante na erosão. Quanto maior a intensidade, maior as perdas por erosão. Chuvas torrenciais ou pancadas de chuva intensas, como trombas de água, durante o período chuvoso, constituem a forma mais agressiva de impacto da água no solo. Durante estes eventos a aceleração da erosão é máxima.

O relevo é um factor natural que determina a velocidade dos processos erosivos. Maiores velocidades de erosão podem ocorrer em relevos acidentados, como morros, se comparados a relevos suaves, como colinas aplainadas, pois a declividade aumenta a velocidade de escoamento das águas, e consequentemente a sua capacidade erosiva. A declividade tem maior importância quanto maior for o trecho percorrido da encosta. Por isso, a influência da topografia na erosão é analisada pela ponderação de dois factores: declividade e comprimento da encosta.

Sedimentos

Os sedimentos são detritos rochosos resultantes da erosão ou precipitação química, depositados em formas de camadas de partículas soltas proporcionada pela diminuição da energia do fluido que os transporta, água, gelo ou vento (Leli *et al.*, 2010).

Os sedimentos são classificados de acordo com o tamanho do grão, sendo alguns uniformes em tamanho de partículas, alguns misturados, com origem biológica e outra geológica (Sankaran *et al.*, 2014).

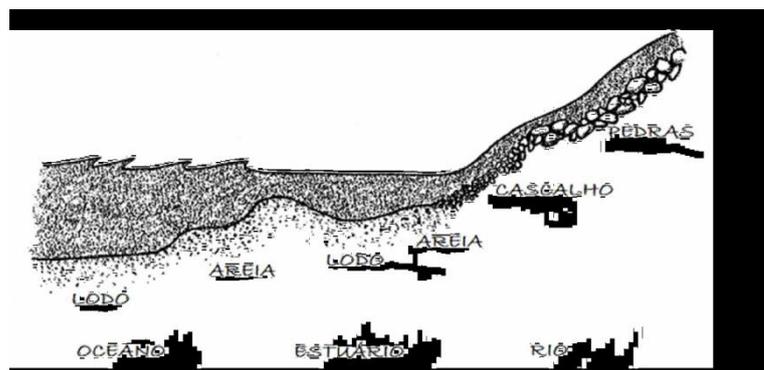


Figura1: Perfil longitudinal dos sedimentos depositados ao longo de um estuário. Fonte: (CARTER, 1984)

Erosão

Este fenómeno é provocado pela remoção de materiais do leito e das margens. A erosão pode resultar da acção hidráulica, isto é, da pressão que a água em movimento exerce sobre o leito e as margens. A erosão pode também resultar do desgaste mecânico provocado pelos materiais arrastados pela corrente, que chocam com o leito e as margens (Graf, 2001).

Transporte

Após a sua remoção do leito e das margens, os detritos são transportados. Se forem partículas finas a muito finas são transportadas em solução ou suspensão (Graf, 2001). Se as partículas são mais grosseiras, então são transportadas sobre o leito por saltação, rolamento ou por arrastamento.

Sedimentação

Consiste na acumulação dos detritos no leito e nas margens de um rio. O processo de sedimentação começa a partir do momento em que a velocidade do fluxo não é suficiente para arrastar ou transportar o sedimento (Graaf, 2001).

Por meio de processos hidrológicos e eólicos a areia é transportada por rolamento e saltação para a linha de costa, enquanto o silte e a argila são transportados em suspensão, depositando-se em águas profundas (Pettijohn, 1957)

Grão das partículas

As partículas sedimentares aparecem em todos os tamanhos. Por conveniência de comunicação para a descrição de sedimentos usam-se termos como cascalho (de vários grãos), areias (de vários grãos), silte e argila.

A análise granulométrica consiste na determinação do tamanho de partículas, bem como a frequência em que ocorrem em determinada classe ou tamanho, sendo possível deduzir informações

sobre a proveniência, transporte e ambientes deposicionais (Dias, 2004).

Densidade das partículas

A densidade de partículas refere-se apenas à fração sólida de uma amostra de terra, sem considerar a porosidade. (Assis e Lanças, 2005), nas partículas, seus valores variam, em média, entre os limites de 2,3 e 2,9 g.cm⁻³. Como valor médio, para efeito de cálculos pode-se considerar a densidade de partículas como sendo de 2,65 g.cm⁻³.

É importante que se calcule a densidade das partículas, porque é possível saber os tipos que são propícios para sedimentação de partículas em água, compactação e um critério auxiliar na identificação de minerais. Regra geral, partículas que maiores que > 2600 Kg.m⁻³ sedimentam com muita facilidade, e menores que <2500 Kg.m⁻³ não (Kiehl, 1979).

Tabela 1: Diferenças da densidade dos minerais nos sedimentos

Minerais em partículas	Densidades [Kg.m ⁻³]	Sedimentação
Feldspatos	2500-2600	Pouca
Mica	2700-3000	Muita
Quartzo	2500-2800	Normal
Minerais de argila	2200-2600	Muito Pouca
Feldspatos e Quartzo	26500	Normal a Pouca

3.5. Métodos de protecção

As estruturas marítimas têm vários propósitos, sendo muitas vezes aplicadas como medida de defesa contra a erosão e a inundação da costa. Estas estruturas, ao impedirem a livre acção das ondas do mar e condicionarem a circulação de sedimentos, protegem praias, costas, bacias e portos e proporcionam a estabilização dos canais de navegação (SOUSA, 2011).

Fundamentalmente, as obras de defesa costeira são três tipos: obras transversais (como os esporões), obras longitudinais aderentes (como os paredões), e obras destacadas (como alguns quebra mares).

Todas elas, regra geral, têm consequências para o troço litoral em que são implantadas. Efectivamente, basta o fato de se tratar de estruturas estáticas, rígidas, inseridas num meio que é profundamente dinâmico, pode causar perturbações profundas nesse meio. Acresce, ainda mais, mesmo que tais estruturas tenham como objectivo, tornar estáticas (ou o menos dinâmico possível) partes importantes da zona costeira (DIAS & FERREIRA, 1994).

A implantação de obras de protecção costeira depende do tipo, do tamanho e da localização das Necessidades do método utilizado; dos efeitos sobre as praias adjacentes e do impacto económico resultante da obra costeira. Busca-se eleger o tipo de protecção a ser definido, como muro de protecção, espigão e alimentação artificial procurando suprir as necessidades de acordo com a disponibilidade económica local. Aliado a essa base, é necessária a realização de estudos ambientais, como o monitoramento dos diferentes parâmetros envolvidos no fenómeno, como a dinâmica das ondas, ventos, dos níveis de água, as alterações na movimentação e no abastecimento dos sedimentos, correntes de marés, como condicionantes para um adequado manejo costeiro (PERNAMBUCO, 2012).

Os Gabiões

Segundo (Barros, 2008), são elementos modulares, com formas variadas, confeccionados a partir de telas metálicas em malha hexagonal de dupla torção que, preenchidos com pedras de granulometria adequados e costurados juntos, formam estruturas destinadas à solução de problemas geotécnicos, hidráulicos e de controlo da erosão. A montagem e o enchimento destes elementos podem ser realizados manualmente ou com equipamentos mecânicos comuns.

Gabiões tipo caixa

O gabião tipo caixa é uma estrutura metálica, em forma de paralelepípedo, produzida a partir de um único pano de malha hexagonal de dupla torção, que forma a base, a tampa e as paredes frontal e traseira. A este pano base são unidos, durante a fabricação, painéis que formarão as duas paredes

das extremidades e os diafragmas.

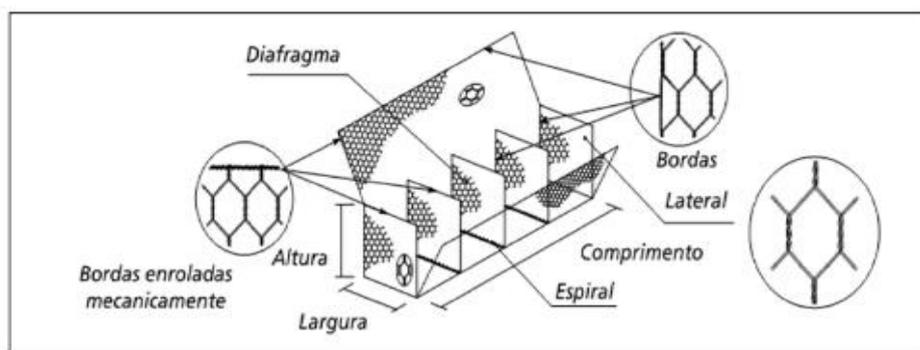


Figura 2: Elementos constituintes de gabião tipo caixa. **Fonte:** (Barros, 2008).

Gabiões tipo saco

Os gabiões tipo saco são estruturas metálicas, com forma de cilindro, constituídos por um único pano de malha hexagonal de dupla torção que, em suas bordas livres, apresenta um arame especial que passa alternadamente pelas malhas para permitir a montagem da peça no canteiro.

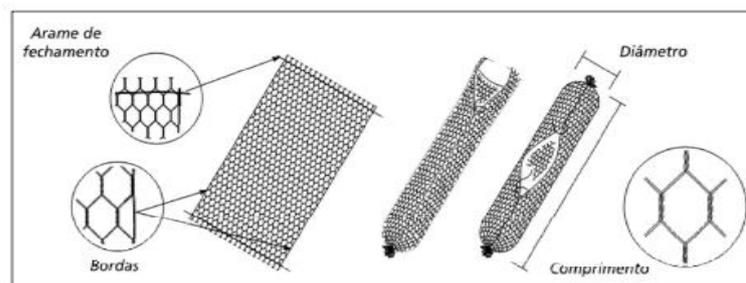


Figura3: Elementos constituintes de gabião tipo saco. **Fonte:** (Barros,

4. METODOLOGIA

4.1. Caracterização da área de estudo

O presente estudo foi realizado na ponte que dá acesso ao Bairro Ivagalane localizado na Latitude $17^{\circ}52'12.11''S$ e Longitude $36^{\circ}56'10.96''E$, entre os bairros de Sangariveira e Ivagalane da Cidade de Quelimane, Província da Zambézia (figura 4).

A ponte cruza o canal de Chipaca que é um braço do estuário Bons Sinais. A região é caracterizada por ecossistema de mangal com predominância de solos argilosos e uma estrada estreita com aterro

de areia e saibro. A maré que se faz sentir é semidiurna com a diferença de alturas de 4mna fase da maré viva.

As maiorias das pessoas que atravessam a ponte são residentes do bairro Ivagalane seguido dos residentes de Sangariveira. Nestes bairros a maioria dos residentes desenvolvem atividade de pesca seguida da Agricultura.

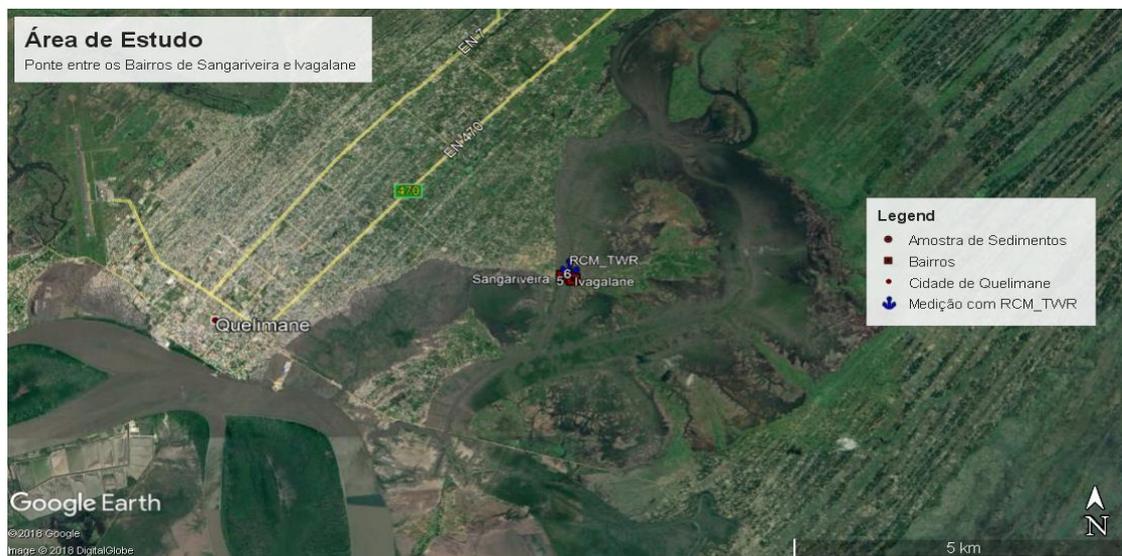


Figura 4: Ilustração da área em estudo. Fonte: (Google Earth, 2018)

Por fazer parte da Cidade de Quelimane, a região partilha o mesmo clima caracterizado para o Distrito de Quelimane, considerado como um Clima Tropical. Há muito mais pluviosidade no verão que no inverno. A classificação do clima é Aw. 25.3 °C é a temperatura média. Tem uma pluviosidade média anual de 1346 mm. O mês mais seco é Setembro com 16 mm. O mês de Janeiro é o mês com maior precipitação, apresentando uma média de 251 mm. O mês mais quente do ano é Janeiro com uma temperatura média de 28.1 °C. 21.0 °C é a temperatura média de Julho. É a temperatura média mais baixa de todo o ano (Köppen e Geiger, 2003)

4.2. Materiais

Tabela 2 Materiais para o uso na recolha de dados

Equipamentos	Marca	Série	Precisão
--------------	-------	-------	----------

Correntómetro	RCM Seguard AANDERAA	1385	$10^{-6} - 10^{-15}$
Marégrafo	TWR-2050	27982	10^{-13}
GPS	Astro	220	0.01^{-2}
Máquina fotográfica	Samsung		
Corda, Bóia, Pá, Sacos plásticos	-	-	-

Tabela 3 Localizado das coordenadas da amostragem, RCM e TWR

Amostragem	Latitude	Longitude
I1	17°52'11.70"S	36°56'10.08"E
I2	17°52'11.57"S	36°56'10.17"E
I3	17°52'11.43"S	36°56'10.26"E
I4	17°52'11.84"S	36°56'12.02"E
I5	17°52'12.06"S	36°56'11.97"E
I6	17°52'12.21"S	36°56'11.93"E
RCM e TWR	17°52'12.11"S	36°56'10.96"E

4.3. Método

Colheita e processamento dos dados

A colheita dos dados foi antecedida por um inquérito que envolveu aos residentes do bairro Sangariveira, Ivagalane e os usuários da ponte para idades maiores que 14 anos. O inquérito abrangiu cerca de 60 pessoas e o principal foco foi de colher a sensibilidade dos usuários sobre as causas da erosão na ponte.

Após o inquérito seguiu-se a colheita das amostras de sedimento e medição da altura de maré, intensidade e direcção da corrente, para além da análise feita no Google Earth sobre o progresso da erosão.

Para os sedimentos, foram colhidas amostras de solo em 6 pontos dos quais 3 na margem de Sangariveira e 3 na margem de Ivagalane (ver tabela 2). As amostras foram submetidas ao laboratório para análise granulométrica através da pipetagem na qual foram antecedidas por secagem durante 24 horas a temperatura de 60°C e depois seleccionadas 400g usado para a clivagem a fim de obter o tipo de sedimentos presentes na área de nos quais o resultado é apresentado em forma de gráficos.

Um Marégrafo TWR foi ancorado a 10m da ponte na profundidade de 4m a fim de medir a altura de maré. O maregrafo foi configurado para medição em intervalos de 10m com frequência de 1Hz. Os dados foram extraídos através do programa Ruskin no qual permitiu o processamento na planilha de Excel para a produção do gráfico de linha.

Foi também ancorado o Correntómetro RCM no mesmo local ancorado o TWR usando o método Euleriano para medição velocidade da corrente superficial. O maregrafo foi colocado a 1m da superfície da ponte. Para além da velocidade o instrumento também determinava a direcção da corrente e o nível de turbidez da água. Os dados deste instrumento foram extraídos com o programa Seaguard Studio que permitiu a extracção dos dados para a planilha do Excel e posterior processamento.

Imagens de Satélite extraídas no Google Earth dos anos 2009 e 2018 foram analisadas e sobrepostas para quantificar a distância erodida neste período. Com o dado da distância erodida foi calculada a velocidade da erosão no período 2009 a 2018, através da equação 1.

$$V = \frac{D}{A} \quad \text{Eq.1}$$

Onde: D é a distância erodida e A representa os anos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

- Determinação do avanço da erosão costeira a partir do ano 2009 à 2018;

5.1. Evolução da erosão no estuário Ivagalane

Na figura 5 as imagens revelam a evolução da erosão dos solos na ponte de acesso ao bairro Ivagalane, pode-se observar na linha de 2009 que está separada da linha de 2018, confirmando o processo erosivo no período em referência.



Figura 5: Mapa que ilustra a evolução da erosão em Ivagalane

O gráfico da figura 6 apresenta a comparação da distância erodida nas margens de Sangariveira e Ivagalane durante o período de 2009 a 2018. Em ambas regiões verificou-se o aumento da erosão das margens sendo que Sangariveira mostrou um aumento de erosão gradual crescente e Ivagalane apresentou erosão lenta que tornou-se mais acentuado a partir do ano 2014.

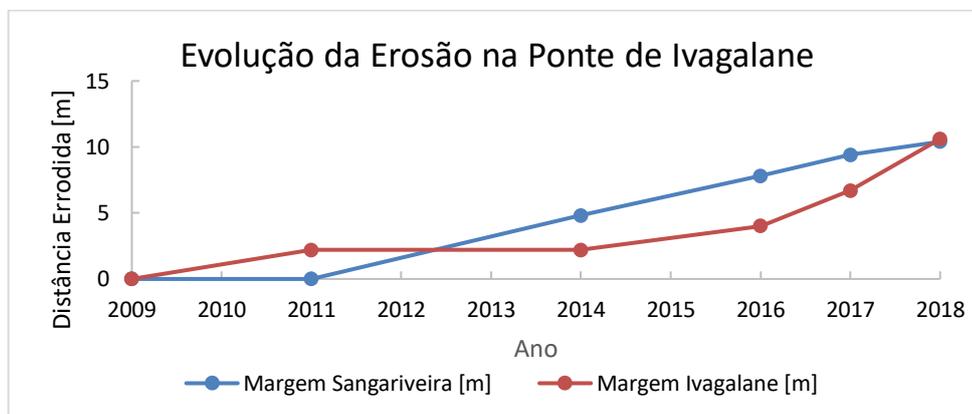


Figura 6: Comparação da erosão das margens de Sangariveira e Ivagalane

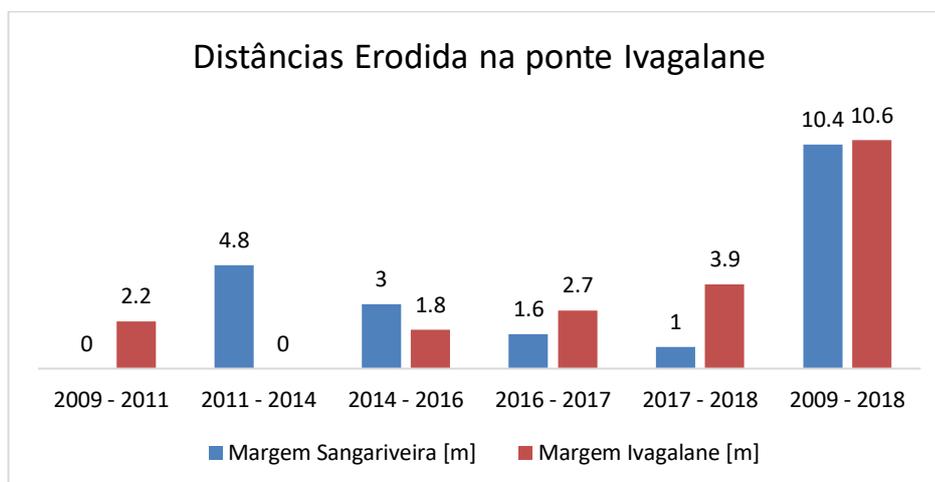


Figura 7: Comparação da erosão das margens de Sangariveira e Ivagalane

A figura 7 já destaca a distância erodida para cada intervalo de anos definido no trabalho. Nota-se que para a margem de Sangariveira a maior distancia erodida foi no período 2011 – 2014

(4.8m) numa altura que a margem oposta não sofreu erosão, e a margem de Ivagalane sofreu a maior erosão no período 2017 – 2018 (3.9m) ao passo que a margem oposta erodir 1m. Também se nota neste resultado que a erosão nas duas margens não está directamente relacionada.

5.2. Características dos sedimentos no estuário Ivagalane

O estuário Ivagalane é maioritariamente constituído por sedimentos do tipo muito fino em todos os pontos amostrados conforme ilustra o gráfico abaixo. O silte e a argila mostram-se ser mais abundantes ao longo do estuário que explica, o local ser de menor frequência de fortes energias da maré.

- Identificação da principal causa da erosão costeira na ponte de acesso ao bairro de Ivagalane – Quelimane.

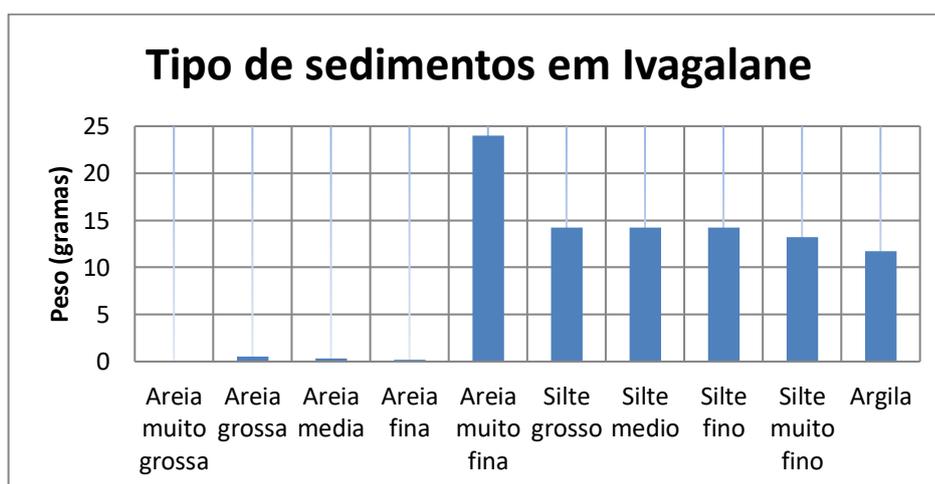


Figura 8: Tipo de Sedimentos em Ivagalane.

De alguma forma, os sedimentos finos presentes na área de estudo é resultado de processos que regulam a recepção da chuva e a resistência do solo para desagregação e transporte das partículas (Miranda & Santiago, 2018).

CURVA GRANULOMÉTRICA

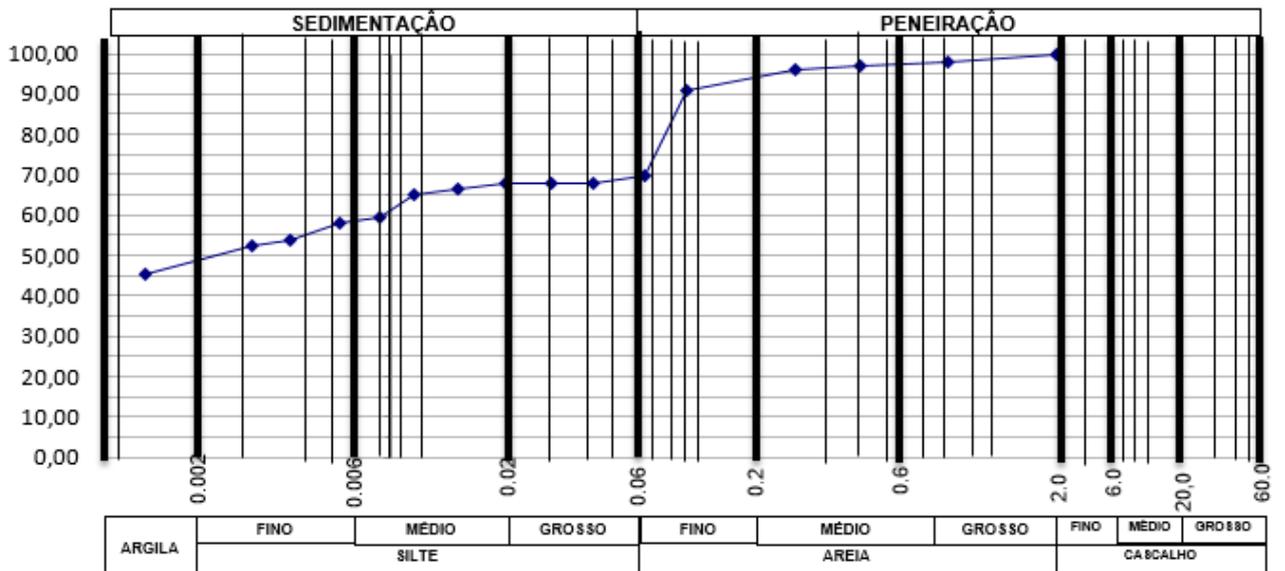


Figura 9: Curva granulométrica dos pontos 1, 2 e 3 do Sangariveira

CURVA GRANULOMÉTRICA

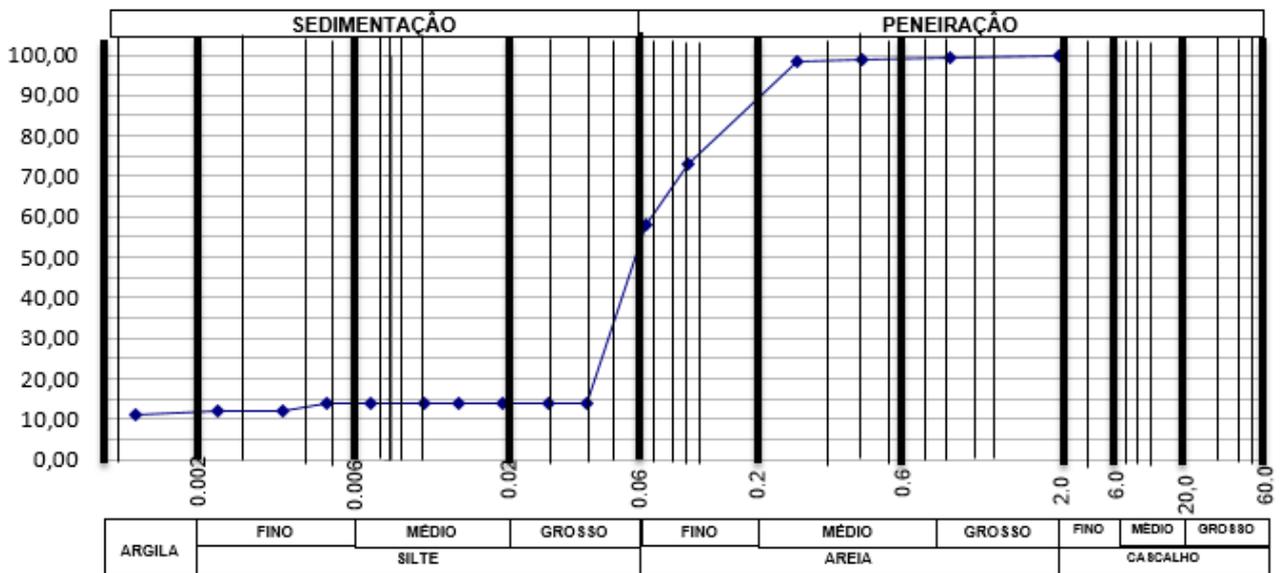


Figura 10: Curva granulométrica dos pontos 4, 5 e 6 do lado Ivalane

Conforme mostram as figuras 9 e 10, o estuário apresenta um ambiente que favorece a sedimentação de sedimentos finos. Os sedimentos finos são característicos da zona centro de Moçambique (Hoguane, 2007), pois são formados devido a descarga dos rios do delta do Zambeze. (Marove, 2015) comprova essa característica ao afirmar que encontram-se na praia de Zalala sedimentos muito fina e fina, prova irrefutável da presença desse tipo de sedimentos no estuário Ivagalane.

5.3. Variação da corrente com a maré

O gráfico da figura 11 ilustra a variação da componente Norte e Este da corrente de maré em função do nível de maré a ao longo do tempo. No gráfico nota-se que dentre as duas componentes a componente Este apresenta maior valor (90cm/s) comparativamente a componente Norte que apresenta valor máximo de 19cm/s.

Analisando nas duas fases de maré (enchente e vazante), nota-se que a maior velocidade é notória na fase de enchente de maré e de acordo com o sinal da intensidade da corrente (negativo), esta fluía de Este – Oeste.

Tendo em conta os resultados da figura 9 e 10 do tipo de sedimento mais frequente, relacionando com o diagrama de Huldjstrom nota-se que com a velocidade de 60cm/s já é possível erodir sedimentos de areia média. Tendo em conta aos resultados da velocidade de corrente esta região é influenciada por correntes que atingem 89cm/s.

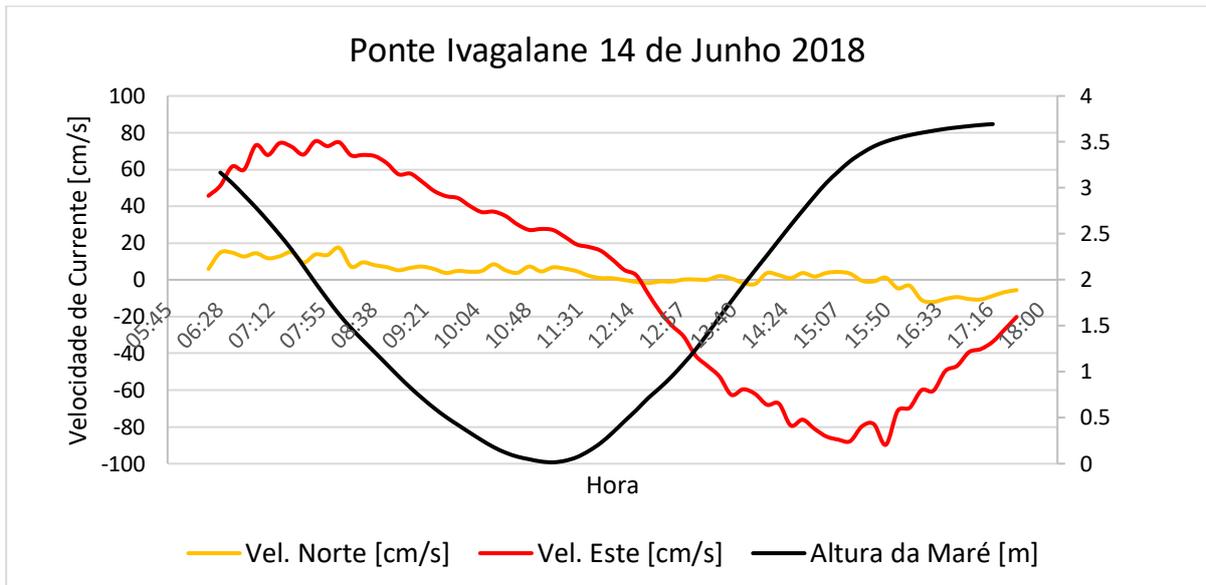


Figura 11: Variação das correntes do norte e este em função da maré

Analisando o valor da turbidez (figura 12) durante a variação da maré, nota-se que ela foi maior no mesmo período em que a intensidade de corrente atingiu o seu máximo (210.5 FTU) na fase de enchente de maré.

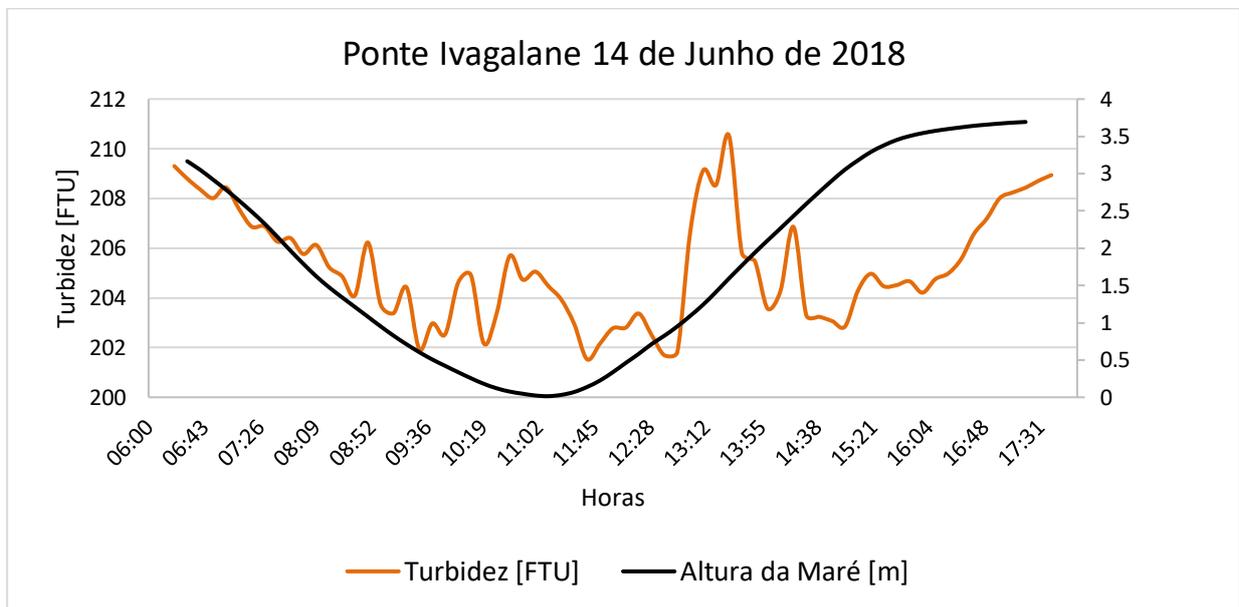


Figura 12: Variação de concentração de sedimentos em função da turbidez durante as fases maré

A figura 13 ilustra a variação da altura das ondas assim com a energia que ela dispõe. No gráfico nota-se que apenas na fase da vazante de maré se verificou ondas que não ultrapassam os 5cm de altura, consequentemente demonstrando um valor insignificante da energia que esta dispões (0.4 Joul/m). Para alem deste período o valor da altura de onda foi inferior a 2cm.

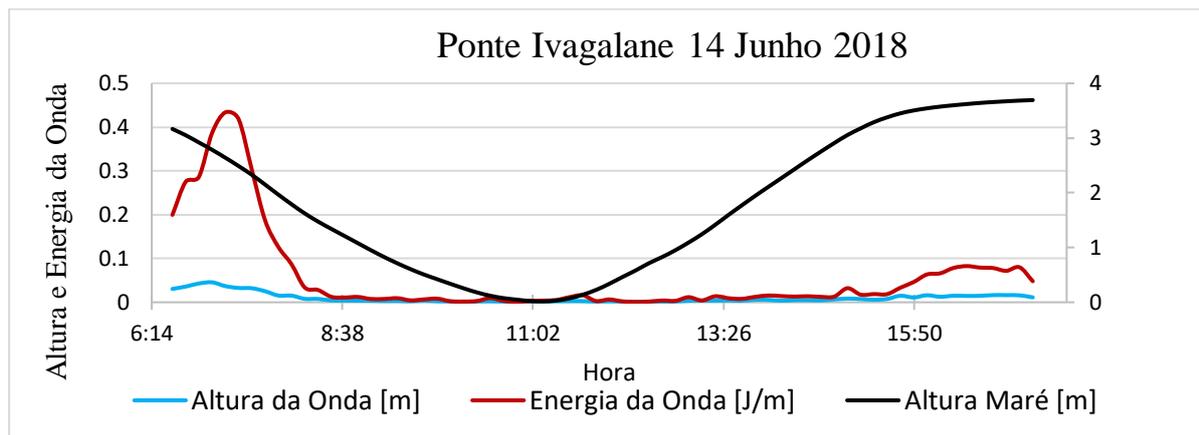


Figura 13: Variação da altura e energia das ondas em função da maré

Esta energia é insignificante para contribuir no processo de erosão do local em estudo dado que as suas margens são compostas basicamente dos sedimentos muito finos, solos arenosos e lodosos, quanto maior for a energia da onda, maior será a ocorrência da erosão.

6. DISCUSÃO

De acordo com o resultado do progresso da erosão, nota-se que ela está a avançar a uma velocidade de ...m/ano. O que significa que se não for efectuada nenhuma intervenção na ponte, até 2020 a estrutura da ponte poderá sofrer um desabamento. O maior avanço de erosão registado no período 2011 – 2014 na margem de Sangariveira e 2017 – 2018 na margem de Ivagalane pode estar relacionado com a não consolidação dos sedimentos que haviam sido compactados para a estabilização da estrutura da base da ponte. Não só o facto de pessoas circunvizinhos estarem a

pillar as pedras usadas para a estabilização da ponte pode constituir a causa do desgaste acelerado.

De acordo com a comunidade consideram a influência de maré na aceleração da erosão. Com base nos resultados da velocidade e direcção da corrente, nota-se que durante a enchente, cria-se um pequeno giro de água com velocidade que atinge 90cm/s. Note que de acordo com a orientação do canal atravessado (figura 1) pela ponte, o canal obedece a direcção Norte-Sul ou Sul-Norte e era de esperar que a maior intensidade da corrente fosse a componente Norte, facto contrário no resultado apresentado na figura 11.

Pelo facto de se considerar que maior velocidade não pode ser perpendicular ao canal mas sim paralelo, pode-se concluir que a velocidade da corrente que foi registada a 10m da ponte não constitui a velocidade do fluxo paralelo ao canal mas sim a que é resultante do pequeno giro que é criado antes de se atingir a ponte.

Tendo em conta a intensidade da corrente (90cm/s) a descrever um movimento circular (anti-ciclónico), é de esperar que os sedimentos com tamanho igual ou superior a 0.01mm sejam erodidos (Graf, 2001).

Analisando a corrente nas duas fases de maré nota-se que é maior na fase de enchente. Era de esperar que a maior intensidade da corrente fosse registada na fase da vazante de maré (Open University, 2007). Esta contrariedade pode estar associado ao facto da corrente que foi registada na fase da enchente de maré ser do giro criado antes de cada partícula de água atingir ao RCM. O que não foi aprofundado neste trabalho é a identificação dos factores que contribuíram para a existência deste giro. A prior surge a possibilidade da topografia do local aliado aos depósitos de materiais que ficaram depositados no fundo do canal.

O resultado da turbidez da água já confirma o facto dos sedimentos serem removidos na fase em que a velocidade da corrente é maior que 50cm/s (ver figura 12). Os maiores valores de turbidez são

indicadores da carga de sedimento ou matéria orgânica suspensa na coluna de água (Gimo, 2015).

Um dos factores considerado como agente que poderia influenciar a aceleração da erosão é a energia da onda derivada da altura onda. De acordo com os resultados da altura e energia da onda, nota-se que o valor de 0.4Joul/m e 5cm de altura da onda são insignificantes para maximizar a corrosão de silte na velocidade 10,6m/s (Mangoma, 2007).

Não foi analisado o factor precipitação porque de acordo com os usuários da ponte, esta erosão acontece em todos os meses (incluindo os meses da época seca)

7. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos neste trabalho e dada a discussão desenvolvida, conclui-se que:

- A erosão na região está se propagando a uma velocidade de 10,4m/ano na margem de sangariveira ao passo que na margem de Ivagalane se propaga a 10,6m/ano.
- A margem de Ivagalane é que apresenta o maior risco de ser atingido pela erosão em menos tempo;
- Durante o período de estudo (2009 - 2018) a distância mais erodida foi de 4,8m (2011 - 2014) e 3,9m (2017 - 2018) para as margens de Sangariveira e Ivagalane, respectivamente.
- O tamanho de sedimento mais presente nas duas bases da estrutura da ponte é argila seguido de silte.
- A maior velocidade da corrente registada na região em estudo foi de 90cm/s durante a enchente de maré fluindo na direcção transversal do canal (Este- Oeste):
- Registou-se a maior carga de sedimentos suspensos na fase quando a velocidade da corrente da enchente atingiu 50cm/s:
- O maior valor a altura da onda registado foi de 5cm e o da energia da onda foi de 0,4Joul/m;
- A velocidade da corrente de maré é o principal agente da intensificação da erosão nas duas margens e:
- Se não for tomada alguma intervenção no local a estrutura da base da ponte poderá colapçar antes de 2020.
- O melhor sistema para a redução desta erosão seria a identificação do factor que condiciona para a existência de um giro antes da partícula de água atingir a zona da ponte. Para esta identificação poderá ser efectuado um levantamento batimétrico e medição das correntes usando o método Lagrangeano no local.

Recomendações

Dadas as constatações feitas neste trabalho, recomenda-se:

- Que os próximos pesquisadores façam um novo estudo incluindo o resultado batimétrico e a

inclusão da medição da corrente pelo método lagrangeano e a monitoria da precipitação.

- Que o governo local crie condições para intervir na reabilitação da base de sustento antes que a estrutura da base da ponte esteja fragilizada com risco de desabar;
- Qua a comunidade circunvizinha não faça a pilhagem do material que garante a estabilidade da ponte.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barros, P. (2008). *Obras de contenção*. Argentina.
- Bertoni, J., & Neto, L. (1999). *Conservação do Solo*. São Paulo.
- Blott, S. J. e Pye, K. (1983). *GRADISTAT: A grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments*. Earth Surf. Process. Landforms v.26, p.1237 – 1248.
- Brown, E. et al. (1999). *Waves, tides, and shallow water processes*. Editora: The Open University.
- CARTER, R. S. (1984). *The estuary as a filter for fine-grained suspended sediment*. New York: Kennedy V.S.
- Dias, J. A. (2004). *A Análise Sedimentar e o Conhecimento dos Sistemas Marinhos*. Ed. Preliminar. Algarve.
- Dias, J., Ferreira, Ó., Pereira, A. (1994). *Estudo Sintético de Diagnóstico da Geomorfologia e da Dinâmica Sedimentar dos Troços Costeiros entre Espinho e Nazaré*. Estudos de Ambiente e Informática.
- GPP (2013). *A erosão do solo*. PRRN – Programa para a Rede Rural Nacional. Gabinete de Planeamento Políticas e Administração Geral. Ministério da Agricultura e do Mar.
- Guerra, A. J. T. e Cunha, S. B. da. (2007). *Geomorfologia – uma actualização de bases e conceitos*. 7ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. P.87.
- Guerra, A. J. T. 2005. *Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- Hayes, M. (1975). *Morphology of Sand Accumulation in Estuaries*. New York: Estuarine Research.
- Hoefel, F.G. e Elgar, S. (2003). *Wave-induced sediment transport and sandbar migration*. Science, 299: 1885-1887.
- Kiehl, E. J. (1979). *Manual de edafologia*. São Paulo: Agronómica Ceres.

Krumbein, W.C. (1934). *Manual of Sedimentary Petrography*. New York, Appleton-Century-Crofts Inc., 549p.

Langa, J. V. Q. (2007). *Problema na zona costeira de Moçambique com ênfase para a costa de Maputo*. Revista de Gestão Costeira Integrada 7 (1):33-44. pp-34

Leli, I. T., Stevaux, J. C., & Nóbrega, M. T (2010). *Produção e Transporte da Carga Suspensa Fluvial: Teoria e Método para Rios de Médio Porte*. Universidade Estadual de Maringá, Maringá. Pp. 43–58.

Pethick, J. (1986). *An Introduction to Coastal Geomorphology*. Lecturer in Physical Geography, University of Hull. Edward Arnold.

Pettijohn, F.J. (1957). *Sedimentary rocks*. New York: Harper, 718p.

Press, F. [et al.]. (2006). *Para entender a terra*. Tradução Rualdo Menegat. [et al.] – 4ª ed. Porto Alegre: Bookman. Artmed editor. Pp.434-436.

Sankaran, G., Jothivel, S., Govindasamy, V., & Nateesan, M (2014). Geochemical and Texture Characterization of Minerals in Thondi Coastal Sediments Along the Southeast Coastal of India. *Journal of Oceanography and Marine Science*. 5 (5): 37-44.

Zhang, K., Douglas, B., Leatherman, S. (2004). *Global Warming and Coastal Erosion*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.

9. ANEXO

Inquérito para obtenção de informação relativa a erosão na Ponte de Acesso a Ivagalane

Número do Inquerido?

Idade do inquerido?

A quantos anos passam nessa ponte?

Qual é a fonte de renda do entrevistado?

O que aconteceu para começar a erodir na ponte?

Quando começou a erodir na ponte?

O que pode estar a provocar mais esta erosão nos últimos tempos?

O que já se perdeu na zona erodida?

Quais as implicações desta erosão região?

Já houve alguma intervenção para combater esta erosão?

Quem entrevistou?

Tem informação se o governo/município está a procurar solução para resolver este problema?

A comunidade local já tentou combater esta erosão?

Na sua opinião qual é a melhor estratégia para combater esta erosão?

