



**FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA**

**MESTRADO EM GESTÃO DO RISCO DE DESASTRES E ADAPTAÇÃO ÀS
MUDANÇAS CLIMÁTICAS**

Dissertação de Mestrado

**ESTUDO DA EROSÃO FLUVIAL NAS REGIÕES DE MACHILUA, 1º DE
MAIO E NAMITANGE, DISTRITO DE INHASSUNGE, PROVÍNCIA DA
ZAMBÉZIA**

Mundeira Tomé Mundeira

Maputo, Dezembro de 2025



**FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA**

**MESTRADO EM GESTÃO DO RISCO DE DESASTRES E ADAPTAÇÃO ÀS
MUDANÇAS CLIMÁTICAS**

Dissertação de Mestrado

**ESTUDO DA EROSÃO FLUVIAL NAS REGIÕES DE MACHILUA, 1º DE
MAIO E NAMITANGE, DISTRITO DE INHASSUNGE, PROVÍNCIA DA
ZAMBÉZIA**

Autor: Mundeira Tomé Mundeira

Maputo, Dezembro de 2025



FACULDADE DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE FÍSICA

Mestrado em Gestão do Risco de Desastres e Adaptação às Mudanças Climáticas

Dissertação de Mestrado

ESTUDO DA EROSÃO FLUVIAL NAS REGIÕES DE MACHILUA, 1º DE MAIO E NAMITANGE, DISTRITO DE INHASSUNGE, PROVÍNCIA DA ZAMBÉZIA

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Gestão do Risco de Desastres e Adaptação às Mudanças Climáticas como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Gestão do Risco de Desastres e Adaptação às Mudanças Climáticas

Autor: Mundeira Tomé Mundeira

JÚRI:

Presidente: Professor Doutor Alberto Francisco Mavume

Arguente: Doutor Chaibo José Armando

Supervisor: Professor Doutor Genito Amós Maúre

Maputo, Dezembro de 2025

Dedicatória

“Dedico este trabalho em memória dos meus pais Tomé Mundeira Uachave e Carolina Victorino Gemusse, quem eu gostaria que estivessem vivos para completar o meu percurso como filho. Sempre ensinaram-me a ser forte e a encontrar soluções perante todos os problemas”. Que Deus os tenham.

Maputo, Dezembro de 2025

(Mundeira Tomé Mundeira)

Declaração de Honra

Declaro que esta dissertação nunca foi apresentada para a obtenção de qualquer grau ou num outro âmbito e que ele constitui o resultado do meu labor individual. Esta dissertação é apresentada em cumprimento parcial dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Gestão do Risco de Desastres e Adaptação às Mudanças Climáticas (GRD & AMC), da Universidade Eduardo Mondlane.

Maputo, Dezembro de 2025

(Mundeira Tomé Mundeira)

Agradecimentos

Em primeiro lugar, desejo expressar a minha mais profunda gratidão ao meu supervisor, Prof. Doutor Genito Amós Maúre, pela orientação esclarecedora, pela paciência e pela constante disponibilidade ao longo da elaboração deste trabalho. O apoio contínuo e os ensinamentos transmitidos foram fundamentais para o meu crescimento académico e pessoal.

Agradeço de forma especial ao projecto *Marine and Coastal Operations for Southern Africa and Indian Ocean* (MARCOSIO) pelo financiamento concedido, que tornou possível a realização dos meus estudos de Mestrado.

À minha família, expresso um sincero agradecimento pelo compromisso, dedicação e pelos valores que sempre me inculcaram. O seu apoio, alicerçado num espírito educador, permitiu-me prosseguir a minha jornada académica, ensinando-me a honestidade, o respeito pelo próximo e a importância da gratidão em todas as circunstâncias.

A Deus, agradeço pelo dom da vida e pela oportunidade de alcançar mais uma etapa significativa na minha trajetória.

Aos meus irmãos, Antónia Tomé Mundeira, Tomás Tomé Mundeira, Nela Tomé Mundeira, Santos Tomé Mundeira, Adilson Tomé Mundeira, Admira Tomé Mundeira, Esperança Tomé Mundeira, Nelson Tomé Mundeira, Tonito Tomé Mundeira, Victório Reis, Fátima Reis e Abiba., sou grato pelo carinho, apoio e companheirismo incondicional.

À minha amiga Ednércia Lote Chemane, deixo o meu sincero agradecimento pelo acompanhamento atento e encorajador durante a realização deste trabalho.

Apresento os meus mais sinceros agradecimentos à Direcção da Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras (ESCMC) pela autorização concedida para a utilização dos equipamentos necessários à recolha de dados, bem como pelo acesso ao laboratório de solos, elementos fundamentais para o desenvolvimento da presente investigação. Endereço, de forma especial, o meu reconhecimento ao Prof. Doutor Anildo Naftal Nataniel e Mestre Noca Bernardo Furaca, pelo apoio e colaboração prestados ao longo deste processo.

Ao Instituto Superior de Humanidades, Ciências e Tecnologias (ISHCT), expresso os meus sinceros agradecimentos pela disponibilidade e pelo apoio técnico prestado, bem como pelo acesso ao laboratório

de Engenharia Civil para a realização da análise granulométrica, etapa crucial para a componente prática desta investigação.

Ao Instituto Nacional de Meteorologia (INAM), delegação provincial da Zambézia, através do Departamento de Observação e Rede (DOR), expresso a minha sincera gratidão pela disponibilização dos dados meteorológicos utilizados nesta investigação, os quais foram fundamentais para a análise dos fenómenos abordados.

Agradeço igualmente aos estudantes da ESCMC, Lavio Felismino e Bernique Salomão, pelo apoio prestado durante a realização das análises laboratoriais.

A todos os meus professores, que com dedicação e paciência me incutiram o espírito investigativo e, de forma generosa, alargaram os meus horizontes do saber, deixo o meu profundo reconhecimento.

Aos amigos que me acompanharam no trabalho de campo, demonstrando constante disponibilidade e espírito de solidariedade, endereço os meus sinceros agradecimentos. De forma especial, reconheço a amizade e a colaboração valiosa de Onel Manuel Supião, Casito Evaristo, Jamito Domingos, Pinho Marcelo Pinho, Crimildo Mutapa, Bene Eusébio e do tio Daniel Braquinho, cujo apoio foi fundamental durante esta etapa da investigação.

Aos secretários dos bairros de Machilua (Leonel Emílio), 1º de Maio (Samussidine) e Namitange (Martinho Malimudji), agradeço pela confiança depositada e pela permissão para a realização do trabalho nas suas respectivas comunidades.

Às autoridades do governo distrital de Inhassunge e ao Comité Distrital de Gestão do Risco de Desastres, expresso igualmente o meu reconhecimento pelo acompanhamento prestado e pela autorização para desenvolver a pesquisa nas áreas designadas.

Aos docentes da Faculdade de Ciências Naturais e Exactas (FCNE) da Universidade Save (UniSave), sou grato pelo apoio constante durante a minha formação. Agradeço também ao Prof. Doutor Carlos Alejandro Alfonso e Prof. Doutor Valente Cuambe, da Faculdade de Ciências (FC), Departamento de Física (DF), da Universidade Eduardo Mondlane (UEM), pelo voto de confiança e apoio na elaboração da carta de recomendação.

Aos colegas do curso de Mestrado em Gestão do Risco de Desastres e Adaptação às Mudanças Climáticas (GRD & AMC) da UEM, agradeço pela amizade, espírito de colaboração e partilha de experiências ao longo deste percurso.

Índice

Dedicatória.....	i
Declaração de Honra.....	ii
Agradecimentos	iii
Resumo.....	vi
Abstract	vii
Lista de Abreviaturas e Acrónimos	viii
Glossário	x
Capítulo I. Introdução	1
1.1. Contextualização do Estudo.....	1
1.2. Justificativa, Motivação e Contribuição do Estudo	3
1.3. Problematização	5
1.4. Objectivos	7
1.4.1. Geral	7
1.4.2. Específicos.....	7
1.5. Perguntas de Pesquisa	7
1.6. Delimitação de investigação	8
1.7. Estrutura de Trabalho	8
Capítulo II. Enquadramento Teórico	9
2.1. Erosão.....	9
2.1.1. Definição e alguns tipos de erosão	9
2.1.2. Tipos de erosão	9
2.2. Princípios e Processos de Transporte de Sedimentos.....	10
2.3. Factores que Controlam o Movimento de Sedimentos	10
2.4. Sedimentos Coesivos e não Coesivos	12

2.5.	Velocidade de Cisalhamento	13
2.6.	Taxa de Transporte de Sedimentos.....	13
2.7.	A deposição de sedimentos	14
2.7.1.	Deposição da carga suspensa	15
2.8.	Perfis de velocidade no mar	15
2.9.	Estuários.....	17
2.10.	Distribuição de Sedimentos nos Estuários	19
2.11.	Temperatura	19
	Capítulo III. Metodologia.....	21
3.1.	Área de Estudo.....	21
3.1.1.	Região de Machilua	22
3.1.2.	Região de 1º de Maio.....	23
3.1.3.	Região de Namitange.....	23
3.2.	Matérias e Método de Recolha de Dados	24
3.2.1.	Monitoramento da erosão por meio da utilização de pontos de controle (marcos).....	24
3.2.2.	Entrevista.....	25
3.2.3.	Coleta de Amostra de Sedimentos	26
3.2.4.	Medição da Velocidade da Corrente e Amplitude de Maré	26
3.2.5.	Precipitação.....	27
3.4.	Métodos de Análise de Dados.....	28
3.4.1.	Análise de Sedimentos: Etapas.....	28
3.4.2.	Análise de Sedimentos.....	29
3.5.	Cálculo da Percentagem Retida	30
3.6.	Cálculo da Percentagem Passante.....	31
3.7.	Método de Análise de Velocidade de Corrente e Amplitude de Maré	31
3.8.	Método de Análise de Precipitação.....	31

3.9.	Métodos de Análise das Mudanças Morfológicas.....	32
3.10.	Métodos de Análise de Entrevista.....	32
3.11.	Limitações.....	33
	Capítulo IV. Resultados e Discussões.....	33
4.1.	Resultados.....	33
4.1.1.	Resultados de Entrevista.....	33
4.1.2.	Resultados: As Imagens de Satélite Históricas.....	36
4.1.3.	Resultados do Controle da Erosão Fluvial.....	37
4.1.4.	Resultados da Análise de Granulometria de Sedimentos.....	39
4.1.4.1.	Região de Machilua.....	39
4.1.4.2.	Região de 1º de Maio.....	43
4.1.4.3.	Região de Namitange.....	45
4.1.5.	Resultados de Velocidade de Corrente e Amplitude de Maré.....	48
4.1.5.1.	Região de Machilua.....	48
4.1.5.2.	Região de 1º de Maio.....	53
4.1.5.3.	Região de Namitange.....	54
4.1.6.	Resultados da Precipitação Média Mensal (PMM).....	57
4.2.	Discussões de resultados.....	58
4.2.1.	Região de Machilua.....	58
4.2.2.	Região de 1º de Maio.....	60
4.2.3.	Região de Namitange.....	64
	Capítulo V. Conclusões e Recomendações.....	66
5.1.	Conclusões.....	66
5.2.	Recomendações.....	69
	Referências Bibliográficas.....	69
	Apêndice.....	73

Índice de Figuras

Figura 1. Exemplos de algumas áreas costeiras vulneráveis a erosão existentes em Inhassunge, nas regiões de Machilua, 1o de Maio e Namitange, que provavelmente se tornarão mais vulneráveis devido aos efeitos das mudanças climáticas.	3
Figura 2. Exemplo de erosão fluvial.	10
Figura 3. A classificação das partículas sedimentares de acordo com o tamanho (modificada da escala de Wentworth). Observa-se que esta é uma escala geométrica, em que cada divisão de tamanho é duas vezes maior ou menor que a anterior ou posterior, com exceção dos tamanhos extremos.	11
Figura 4. Ilustração esquemática da diferença entre (a) fluxo laminar e (b) fluxo turbulento, onde vorticidades complexas e multidirecionais são superpostas na direção geral do fluxo	12
Figura 5. (a) Diagrama mostrando a faixa de velocidades médias de corrente nas quais partículas de sedimentos de diferentes tamanhos são transportadas, seja em suspensão ou como carga de leito, e abaixo das quais são depositadas. A linha tracejada indica a transição entre o transporte de carga de leito e suspensão. (b) As curvas dos diagramas combinados.	13
Figura 6 . Um mapa esquemático de um estuário típico mostrando as divisões em estuário inferior, médio e superior. As fronteiras são zonas de transição que mudam de acordo com as estações, o clima e as marés.	18
Figura 7. Ilustra a zonagem que comumente se desenvolve em estuários em regiões temperadas.	19
Figura 8. Anomalia da temperatura média em Moçambique	19
Figura 9. Anomalia da temperatura máxima.	20
Figura 10. Anomalia da temperatura mínima.	20
Figura 11. O diagrama representa os ciclones que atingiram a costa Moçambicana entre 1984-2023.	21
Figura 12. Localização das cinco áreas de concessão para mineração de aerias pesadas.	22
Figura 13. Pontos de Controlo da região de Machilua.	23
Figura 14. Pontos de Controlo na zona de 1 de Maio.	23
Figura 15. Pontos de Controlo na região de Namitange.	24
Figura 16. Processo de colocação de marcos (a,b e c).	25
Figura 17. Coleta de amostra de sedimentos: a) medição da coluna; b, c) retirada da amostra;	26

Figura 18. Medição da corrente e amplitude de maré: a, b) instrução no estuário dos bons sinais em Quelimane; c, f) medição de amplitude a maré; e) medição de distância entre estacas; d) régua de maré	27
Figura 19. Mudança da morfologia do local. a) Medição da antiga barreira de proteção á linha de erosão actual;b) Medição do local onde havia troco de mangueira anteriormente á linha de erosão actual	28
Figura 20. Medição de massa da amostra	29
Figura 21. Granulometria. a) Peneiras de diâmetros diferentes. b) Processos de agitação mecânica.....	30
Figura 22. Análise de Granulometria de superficie no Ponto B-Machilua	40
Figura 23. Análise de Granulometria do fundo no Ponto B-Machilua	41
Figura 24. Análise de Granulometria do fundo no ponto M-Machilua.....	41
Figura 25. Análise de Granulometria de superficie no ponto M-Machilua	42
Figura 26. Análise de Granulometria de superficie no ponto J-Machilua	43
Figura 27. Análise de Granulometria do fundo no ponto J-Machilua.....	43
Figura 28. Análise de Granulometria do fundo no ponto O-1° de Maio	44
Figura 29. Análise de Granulometria de superficie no ponto O-1° de Maio.....	45
Figura 30. Análise de Granulometria do fundo no ponto R-Namitange	46
Figura 31. Análise de Granulometria de superficie no ponto R-Namitange.....	46
Figura 32. Análise de Granulometria do fundo no ponto Z-Namitange	47
Figura 33. Análise de Granulometria de superficie no ponto Z-Namitange	47
Figura 34. Velocidade média de corrente e amplitude de maré-ponto B- Machilua.....	50
Figura 35. Velocidade média de corrente e amplitude de maré-ponto J- Machilua.....	51
Figura 36. Velocidade média de corrente e amplitude de maré-ponto M- Machilua.....	52
Figura 37. Velocidade média de corrente e amplitude de maré-ponto O-1° de Maio	54
Figura 38. Velocidade média de corrente e amplitude de maré-ponto R-Namitange	55
Figura 39. Velocidade média de corrente e amplitude de maré-ponto Z-Namitange.....	57
Figura 40. Projecção de erosão acumulada na região de Machilua-Inhassunge	60
Figura 41. Projecção de erosão acumulada na região de 1° de Maio-Inhassunge.....	63
Figura 42. Projecção de erosão acumulada na região de Namitange-Inhassunge.....	65
Figura 43. Processo de secagem de sedimentos: a) medição do peso de sedimento; b) Amostras de Sedimentos; c e d) Forno de remoção de humidade; e) sedimento seco: f) sedimento húmido.	74
Figura 44. Algumas peneiras de diferentes diâmetros.a,b,c,d.....	75
Figura 45. Algumas medições de amostra após o processo de peneiração a,b,c,d ,e,f,g,h,i,j	76

Figura 46. Forno para produção de carvão vegeta_ 1º de Maio.....	76
Figura 47. Preparação de forno de carvão_ Machilua.	76
Figura 48. Área já desmatada para a produção de carvão.....	77
Figura 49. Preparação de forno para produção de carvão.....	77
Figura 50. Erosão Acumulada no marco A_ Machilua de Janeiro á Dezembro de 2024.....	77
Figura 51. Erosão Acumulada no marco B_ Machilua de Janeiro á Dezembro de 2024.....	77
Figura 52. Erosão Acumulada no marco C_ Machilua de Janeiro á Dezembro de 2024.....	78
Figura 53. Erosão Acumulada no marco D_ Machilua de Janeiro á Dezembro de 2024	78
Figura 54. Erosão Acumulada no marco E_ Machilua de Janeiro á Dezembro de 2024.....	78
Figura 55. Erosão Acumulada no marco F_ Machilua de Janeiro á Dezembro de 2024	79
Figura 56. Erosão Acumulada no marco G_ Machilua de Janeiro á Dezembro de 2024	79
Figura 57. Erosão Acumulada no marco H_ Machilua de Janeiro á Dezembro de 2024	79
Figura 58. Erosão Acumulada no marco I_ Machilua de Janeiro á Dezembro de 2024.....	80
Figura 59. Erosão Acumulada no marco J_ Machilua de Janeiro á Dezembro de 2024.....	80
Figura 60. Erosão Acumulada no marco K_ Machilua de Janeiro á Dezembro de 2024	80
Figura 61. Erosão Acumulada no marco L_ Machilua de Janeiro á Dezembro de 2024.....	81
Figura 62. Erosão Acumulada no marco M_ Machilua de Janeiro á Dezembro de 2024.....	81
Figura 63. Erosão Acumulada no marco N_ 1º de Maio de Janeiro á Dezembro de 2024.....	81
Figura 64. Erosão Acumulada no marco O_ 1º de Maio de Janeiro á Dezembro de 2024	82
Figura 65. Erosão Acumulada no marco P_ 1º de Maio de Janeiro á Dezembro de 2024.....	82
Figura 66. Erosão Acumulada no marco Q_ Namitange de Janeiro á Dezembro de 2024.....	83
Figura 67. Erosão Acumulada no marco R_ Namitange de Janeiro á Dezembro de 2024	83
Figura 68. Erosão Acumulada no marco S_ Namitange de Janeiro á Dezembro de 2024.....	83
Figura 69. Erosão Acumulada no marco T_ Namitange de Janeiro á Dezembro de 2024	83
Figura 70. Erosão Acumulada no marco U_ Namitange de Janeiro á Dezembro de 2024.....	84
Figura 71. Erosão Acumulada no marco V_ Namitange de Janeiro á Dezembro de 2024	84
Figura 72. Erosão Acumulada no marco W_ Namitange de Janeiro á Dezembro de 2024	84
Figura 73. Erosão Acumulada no marco X_ Namitange de Janeiro á Dezembro de 2024.....	85
Figura 74. Erosão Acumulada no marco Y_ Namitange de Janeiro á Dezembro de 2024	85
Figura 75. Erosão Acumulada no marco Z_ Namitange de Janeiro á Dezembro de 2024	85
Figura 76. Erosão Acumulada no marco AZ_ Namitange de Janeiro á Dezembro de 2024.....	86
Figura 77. Erosão Acumulada no marco BZ_ Namitange de Janeiro á Dezembro de 2024.....	86

Figura 78. Erosão Acumulada no marco S_Namitange de Janeiro á Dezembro de 2024.....	86
Figura 79. Precipitação média mensal de Janeiro	87
Figura 80. Precipitação média mensal de Fevereiro	87
Figura 81. Precipitação média mensal de Março	87
Figura 82. Precipitação média mensal de Abril	88
Figura 83. Precipitação média mensal de Maio	88
Figura 84. Precipitação média mensal de Junho	88
Figura 85. Precipitação média mensal de Julho	89
Figura 86. Precipitação média mensal de Agosto	89
Figura 87. Precipitação média mensal de Setembro	89
Figura 88. Precipitação média mensal de Outubro	90
Figura 89. Precipitação média mensal de Novembro	90
Figura 90. Precipitação média mensal de Dezembro.....	90
Figura 91. Nível de evolução de erosão na região de Machilua de 2002 á 2023 (a,b,c,d).	92
Figura 92. Evolução de erosão desde 2013 á 2023 a, b,c, d.	95
Figura 93. Situação de erosão de 2016 a 2023 a,b,c,d.	97
Figura 94. Zona de Machilua vs 1º de Maio	97
Figura 95. Situação da área antes do processo erosivo.....	98
Figura 96. Situação da área depois do processo erosivo.....	98
Figura 97. Situação de erosão de 2013 á 2023 na região do 1º de Maio	99
Figura 98. Situação de erosão de 2016 á 2023 na região do 1º de Maio	99
Figura 99. Situação de erosão de 2018 á 2023 na região do 1º de Maio	100
Figura 100. Linha de erosão de 2013 á 2023	100
Figura 101. Situação de erosão de 2013 á 2023 na região de Namitange.....	101
Figura 102. Danos significativos à infraestrutura	101
Figura 103. Perda da terra	102
Figura 104. Vegetação.....	102
Figura 105. Perda considerável de vegetação	103
Figura 106. Situação de erosão de 2016 á 2023 na região de Namitange.....	103
Figura 107. Situação de erosão de 2018 á 2023 na região de Namitange.....	104
Figura 108. Edifício do Laboratório de Engenharia Civil do ISCHT de Quelimane.....	104
Figura 109. Experiências possíveis.....	105

Figura 110. Laboratório de Solos da ESCMC_UEM.....	105
Figura 111. Impacto de erosão na região de Namitange	106
Figura 112. Impacto de erosão na região de Machilua	106
Figura 113. Impacto de erosão na região de 1º de Maio	107
Figura 114. Actividades do Homem na região de Machilua	107
Figura 115. Actividades do Homem na região de 1º de Maio.....	108
Figura 116. Actividades do Homem na região de 1º de Namitange	108
Figura 117. Produção de carvão na região de Machilua	109
Figura 118. Dados de maré. Ponto Z, Namitange	109
Figura 119. Dados de maré. Ponto O, 1º de Maio.....	110
Figura 120. Dados de maré. Ponto J, Machilua	111
Figura 121. Medição de amostra de sedimento, antes do processo de remoção de humidade	112
Figura 122. Processo de remoção da humidade.....	112
Figura 123. Confirmação de remoção de humidade.	113
Figura 124. Colocação de Marcos.....	113
Figura 125. Medição da corrente e amplitude de maré.....	114
Figura 126. Recolha de Sedimentos.....	114
Figura 127. Algumas actividades práticas na comunidade _ Machilua	115
Figura 128. Situação de erosão no local de estudo_ 1º de Maio	115
Figura 129. Morfologia_ Machilua.....	116
Figura 130. Meio de transporte usado no campo e alguns momentos devido as baixas temperaturas longo no início do dia.....	116
Figura 131. Participante A prestando à entrevista.....	123
Figura 132. O campo de cultivo em eminência.	123
Figura 133. Entrevistado D	123
Figura 134. Momento de entrevista com entrevistado B.	123
Figura 135. Entrevistada _K_ 1o de Maio	123
Figura 136. Entrevistado H_ 1o de Maio.....	123
Figura 137. Entrevistado C.	124
Figura 138. O entrevistado E, que se encontra no meio entre o pesquisador e secretário de bairro de Machilua.....	124
Figura 139. Entrevistado F_ Machilua.....	124

Figura 140. Entrevistado M_ Namitange.....	124
Figura 141. Entrevistada I_ 1o de Maio.....	124
Figura 142. Entrevistado J_ 1o de Maio.	124
Figura 143. Entrevistado L_ Namitange.....	124
Figura 144. Entrevistado G_ Machilua.....	124
Figura 145. Entrevistado_ N_ Namitange.....	124
Figura 146. Queda de árvores, devido a erosão fluvial.....	125
Figura 147. Zonas habitacionais iminentes.....	125
Figura 148. O neto de família Agostinho dando a entrevista a TV Miramar.....	126
Figura 149.: Produção de carvão vegetal.....	126
Figura 150: Abertura da crateira durante o ciclone Freddy.....	126
Figura 151. Surgimento de rio morto durante o ciclone Freddy.	126
Figura 152: A figura ilustra a lugar onde foi derramado o sangue dos missionários durante a guerra dos 16 anos.	127
Figura 153. Avenida dos Mártires de Inhassunge.	127
Figura 154. Intervenção feita pelos padres	127
Figura 155. Intervenção feita pelos padres após o ciclone Freddy.	127

Índice de Tabelas

Tabela 1. Síntese das percepções dos entrevistados sobre a erosão fluvial nas regiões de Machilua, 1º de Maio e Namitange, distrito de Inhassunge.....	33
Tabela 2. Síntese dos resultados obtidos a partir da análise das imagens de satélite.....	36
Tabela 3. Tabela: Evolução da Erosão por Marco e Região (Janeiro–Dezembro de 2024).....	38
Tabela 4. Precipitação Média Mensal (1993–2023).....	58

Índice de Anexos

Anexo 1. Credencial ao INAM	128
Anexo 2. Resposta do INAM.....	129
Anexo 3. Pedido ao ISHCT de Quelimane	130
Anexo 4. Pedido ao ESCMQ	131
Anexo 5. Pedido ao ESCMQ	132

Índice de Apêndice

Apêndice 1. Tabela 5. Coordenadas e cobertura de satélites na região de Machilua_ Inhassunge.....	73
Apêndice 2. Tabela 6. As coordenadas retiradas na região de 1 Maio_ Inhassunge.....	73
Apêndice 3. Tabela 7. Coordenadas e cobertura de satélites na região de Namitange_ Inhassunge	73
Apêndice 4. Análise de Amostra de Sedimentos e Algumas peneiras de diferentes diâmetros	74
Apêndice 5. Medições de peso de cada amostra depois de avaliação sedimentar	75
Apêndice 6. Relato do entrevistados - Machilua	76
Apêndice 7. Erosão Acumulada no marco A_ Machilua de Janeiro á Dezembro de 2024.....	77
Apêndice 8. Erosão Acumulada no marco B_ Machilua de Janeiro á Dezembro de 2024.....	77
Apêndice 9. Erosão Acumulada no marco C_ Machilua de Janeiro á Dezembro de 2024.....	78
Apêndice 10. Erosão Acumulada no marco D_ Machilua de Janeiro á Dezembro de 2024.	78
Apêndice 11. Erosão Acumulada no marco E_ Machilua de Janeiro á Dezembro de 2024.	78
Apêndice 12. Erosão Acumulada no marco F, G e H_ Machilua de Janeiro á Dezembro de 2024.	79
Apêndice 13. . Erosão Acumulada no marco I, J e K_ Machilua de Janeiro á Dezembro de 2024.	80
Apêndice 14. Erosão Acumulada no marco L e M_ Machilua de Janeiro á Dezembro de 2024.....	81
Apêndice 15. Erosão Acumulada no marco O_ 1º de Maio de Janeiro á Dezembro de 2024	82
Apêndice 16. Erosão Acumulada no marco P_ 1º de Maio de Janeiro á Dezembro de 2024.....	82
Apêndice 17. Erosão Acumulada no marco Q,R,S,T,U,V,W,X,Y,Z,AZ,BZ e CZ_ Namitange de Janeiro á Dezembro de 2024	82
Apêndice 18. Precipitação média mensal de Janeiro	87
Apêndice 19. Precipitação média mensal de Fevereiro	87
Apêndice 20. Precipitação média mensal de Março	87
Apêndice 21. Precipitação média mensal de Abril	88
Apêndice 22. Precipitação média mensal de Maio	88
Apêndice 23. Precipitação média mensal de Junho e Julho.....	88
Apêndice 24. Precipitação média mensal de Agosto e Setembro	89
Apêndice 25. Precipitação média mensal de Outubro, Novembro e Dezembro.....	90
Apêndice 26. Mudanças Morfológicas na reguão de Machilua em diferentes periodo do tempo	91
Apêndice 27. Mudanças Morfológicas na reguão de 1º de Maio em diferentes periodo do tempo.....	97
Apêndice 28. Mudanças Morfológicas na reguão de Namitange em diferentes periodo do tempo	100
Apêndice 29. Edifício do Laboratório de Engenharia Civil do ISCHT de Quelimane.....	104
Apêndice 30. Ensaio de Sedimentação ou Granulometria Fina.....	105

Apêndice 31. Laboratório de Solos da ESCMC_UEM.....	105
Apêndice 32. Impacto de erosão na região de Namitange	106
Apêndice 33. Impacto de erosão na região de Machilua	106
Apêndice 34. Impacto de erosão na região de 1º de Maio	107
Apêndice 35. Actividades do Homem na região de Machilua	107
Apêndice 36. Actividades do Homem na região de 1º de Maio.....	108
Apêndice 37. Actividades do Homem na região de 1º de Namitange	108
Apêndice 38. Produção de carvão na região de Machilua	109
Apêndice 39. Dados de maré. Ponto Z, Namitange	109
Apêndice 40. Dados de maré. Ponto O, 1º de Maio.....	110
Apêndice 41. Dados de maré. Ponto J, Machilua	111
Apêndice 42. Medição de amostra de sedimento, antes do processo de remoção de humidade	112
Apêndice 43. Processo de remoção da humidade	112
Apêndice 44. Confirmação de remoção de humidade.	113
Apêndice 45. Colocação de Marcos.....	113
Apêndice 46. Medição da corrente e amplitude de maré.....	114
Apêndice 47. Recolha de Sedimentos.....	114
Apêndice 48. Algumas actividades práticas na comunidade__ Machilua	115
Apêndice 49. Situação de erosão no local de estudo_1º de Maio	115
Apêndice 50. Morfologia_ Machilua	116
Apêndice 51. Meio de transporte usado no campo e alguns momento devido as baixas temperaturas longo no inicio do dia.....	116
Apêndice 52. Momentos de Entrevistas	123
Apêndice 53. Riscos nas regiões em estudo	125
Apêndice 54. Dados Relatados por TV Miramar sobre a situação de erosão e alguns caso verificados durante a recolha de dados	126

Resumo

A presente pesquisa teve como objectivo estudar a erosão fluvial nas regiões de Machilua, 1º de Maio e Namitange, localizadas no distrito de Inhassunge, província da Zambézia, no período compreendido entre 1993 a 2023. A investigação baseou-se numa abordagem mista, envolvendo entrevistas com moradores locais, análise de imagens de satélite, medições directas no terreno, recolha e análise de amostras de sedimentos, medição da velocidade das correntes e da amplitude das marés, assim como observações sobre a cobertura vegetal e a existência de infraestruturas costeiras. Os resultados revelam um processo acelerado de erosão, particularmente entre 2013 á 2023. Verificou-se um recuo significativo da linha de costa: em Machilua, até 29,3 m; em Namitange, superior a 30 m; e no bairro 1º de Maio, até 20 m. A monitoria realizada em 2024, com a instalação de 29 marcos a 9 m da linha de erosão, mostrou recuos de 7 á 9 m antes de dezembro. As análises de sedimentos indicaram a predominância de silte fino e grosso, materiais altamente susceptíveis à erosão devido à sua baixa coesão e fácil mobilidade. A velocidade das correntes fluviais, durante a vazante, ultrapassou 21 cm/s, associada à amplitude das marés que atingiu acima de 350 cm, intensificando o desgaste das margens. As projecções apontam que, sem intervenções, o recuo poderá ultrapassar 1.500 m nas próximas décadas. Recomenda-se o reflorestamento de mangal e casuarinas, bem como barreiras artificiais de contenção. Conclui-se que a erosão fluvial em Inhassunge constitui uma ameaça ambiental, social e económica de elevada magnitude.

Palavras-chave: *Erosão Fluvial, Sedimentos, Mudanças Climáticas.*

Abstract

The present research aimed to study fluvial erosion in the regions of Machilua, 1° de Maio, and Namitange, located in the district of Inhassunge, Zambézia Province, during the period from 1993 to 2023. The investigation was based on a mixed-method approach involving interviews with local residents, analysis of satellite images, direct field measurements, collection and analysis of sediment samples, measurement of current velocity and tidal amplitude, as well as observations of vegetation cover and the presence of coastal infrastructure. The results reveal an accelerated process of erosion, particularly between 2013 and 2023. A significant retreat of the coastline was observed: up to 29.3 m in Machilua, over 30 m in Namitange, and about 20 m in the 1° de Maio neighborhood. Monitoring carried out in 2024, with the installation of 29 markers placed 9 m from the erosion line, showed retreats of 7 to 9 m before December. Sediment analyses indicated a predominance of fine and coarse silt, materials highly susceptible to erosion due to their low cohesion and high mobility. The velocity of fluvial currents during ebb tide exceeded 21 cm/s, associated with tidal amplitudes above 350 cm, intensifying bank degradation. Projections indicate that, without intervention, the retreat may exceed 1,500 m in the coming decades. Reforestation with mangroves and casuarina trees, as well as artificial containment barriers, is recommended. It is concluded that fluvial erosion in Inhassunge represents a serious environmental, social, and economic threat of high magnitude.

Keywords: *Fluvial Erosion, Sediments, Climate Change.*

Lista de Abreviaturas e Acrónimos

AC	Alterações Climáticas
AMJ	Abril, Maio e Junho
AR5	Quinto Relatório
AR6	Sexto Relatório
CDR	Remoção de Dióxido de Carbono
CO₂	Dióxido de Carbono
DF	Departamento de Física
DNGH	Direcção Nacional de Gestão de Recursos Hídricos
DOR	Departamento de Observação e Rede
EGIZC	Estratégia de Gestão Integrada da Zona Costeira
ESCMC	Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras
Eq	Equação
FC	Faculdade de Ciências
FCNE	Faculdade de Ciências Naturais e Exactas
GEE	Gases de Efeito Estufa
GRD & AMC	Gestão do Risco de Desastres e Adaptação às Mudanças Climáticas
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
INAM	Instituto Nacional de Meteorologia
INE	Instituto Nacional de Estatística
INGC	Instituto Nacional de Gestão de Calamidades
INGD	Instituto Nacional de Gestão e Redução do Risco de Desastres
ISHCT	Instituto Superior de Humanidades, Ciências e Tecnologias
JFM	Janeiro, Fevereiro e Março
MARCOSIO	Marine and Coastal Operations for Southern Africa and Indian Ocean
MAE	Ministério da Administração Estatal
MC	Mudanças Climáticas
m	Metros
MTADR	Ministério da Terra, Ambiente e Desenvolvimento Rural
OND	Outubro, Novembro e Dezembro

PMM	Precipitação Média Mensal
Prof.Doutor.	Professor Doutor
RSLR	Subida do Nível do Mar
cm	Centímetros
cm/s	Centímetros por segundo
Δt	Variação de tempo
UEM	Universidade Eduardo Mondlane
UniSave	Universidade Save

Glossário

Carga de Fundo: Sedimentos mais pesados que se movem ao longo do leito do rio ou do fundo do mar por rolamento, deslizamento ou saltitação.

Carga em Suspensão: Sedimentos finos que são mantidos em suspensão pela turbulência do fluido.

Carga Dissolvida: Iões e partículas dissolvidas na água, resultado da dissolução química.

Cenários climáticos são representações sobre o clima futuro, descrevendo como se modificará o clima do planeta em decorrência de uma determinada alteração da composição da atmosfera, resultante das actividades humanas.

Clima representa as condições atmosféricas médias ou prevalentes (típicas) de uma região (ou lugar), durante um longo período de tempo (30 anos ou mais, de acordo com a Organização Mundial de Meteorologia).

Eventos Climáticos Extremos são todos aqueles fenómenos hidroclimatológico em grande proporção que afectam a sociedade.

Impactos das Mudanças Climáticas são as consequências das mudanças climáticas sobre os sistemas naturais e humanos.

Indicadores são factores ou variáveis quantitativos ou qualitativos que fornecem um meio válido e fiável para medir a realização, para reflectir as mudanças ligadas a uma intervenção, ou para ajudar a avaliar o desempenho.

Modelo é uma ferramenta que usa dependendo da pergunta que deseja responder.

Modelo Climático pode ser definido como uma representação matemática do sistema climático com base em princípios físicos, biológicos e químicos.

Mudanças Climáticas são as mudanças no estado do clima, que podem ser identificadas (p.ex. utilizando testes estatísticos) através das mudanças na média e/ou a variabilidade das suas propriedades, e que persistem por um longo período de tempo, tipicamente décadas ou mais.

Probabilidade é um evento ou acontecimento aleatório.

Risco é a probabilidade de consequências prejudiciais geradas como resultado da interação de perigos, comunidade e ambiente, medido em termos de consequências e probabilidades.

Risco Climático é o possível impacto negativo que um evento climático pode causar a um bem, sociedade ou ecossistema. O risco climático não é necessariamente causado apenas pelas mudanças climáticas, pode estar associado a outros aspectos como urbanização.

Risco de mudança climática é o risco (perdas potenciais ou esperadas) adicional para as pessoas e seus meios de subsistência e investimentos (p.ex. mortes, feridos, interrupção de meios de subsistência e actividades económicas, infra-estruturas), devido aos potenciais impactos das mudanças climáticas.

Seca é a redução da quantidade de chuva, num determinado período de tempo, para níveis considerados abaixo dos normais ou esperados.

Seixo é uma forma específica de rocha sedimentar, que é caracterizada por sua pequena dimensão, forma arredondada e suave, e pela sua origem como resultado de processos de erosão e transporte.

Sistema Climático é conjunto de componentes climáticos que são atmosfera, biosfera, litosfera, hidrosfera e criosfera em que o seu funcionamento é muito complexo.

Temperatura é grau médio de agitação das partículas.

Variabilidade Climáticas refere-se às flutuações do clima como um desvio da média meteorológica de longo-termo num determinado período de tempo (p.ex. um mês específico, estação do ano ou um ano particular).

Capítulo I. Introdução

1.1. Contextualização do Estudo

O contínuo crescimento das concentrações atmosféricas dos gases produtores do "efeito de estufa"(GEE) conduziu ao aquecimento global e as mudanças climáticas(MC). Os efeitos destas concentrações crescentes já se fazem notar, especialmente em termos de variáveis térmicas e, em particular, na temperatura global média do ar. O aumento das temperaturas de superfície levou a um aumento no nível da água do mar através da interacção de vários processos, tais como a expansão térmica dos oceanos e o degelo de glaciares (INGC, 2012).

De acordo com IPCC (2014), os sistemas costeiros são particularmente sensíveis a três factores principais relacionados com as alterações climáticas (AC): nível do mar, temperatura dos oceanos e acidez dos oceanos, sendo que os sistemas e as zonas baixas sofrerão cada vez mais impactos adversos, tais como submersão, inundações costeiras e erosão costeira devido à subida relativa do nível do mar.

Em comparação com caminhos sem superação, as sociedades e os ecossistemas seriam expostos a mudanças maiores e mais amplas nos factores de impacto climático, como calor extremo e precipitação extrema, com riscos crescentes para infraestrutura, assentamentos costeiros baixos e meios de subsistência associados (IPCC,2023).

O IPCC (2023), projecta no seu sexto relatório (AR6), que o nível do mar continuará a aumentar ao longo do século XXI e além e suas variações ocorrem de formas diferentes em algumas regiões e aumentando impactos socioeconómico diretos tais como, implicações significativas para comunidades costeiras, ecossistemas costeiros, infraestruturas e a económicas dependentes do litoral. Isso associa riscos como inundações costeiras mais frequentes e intensas, erosão costeira, intrusão salina e ameaça à segurança alimentar.

Os assentamentos humanos da África Austral, particularmente as pessoas que vivem em assentamentos informais, estão particularmente expostos a inundações (das chuvas e dos caudais dos rios), secas e ondas de calor. Outros riscos climáticos são a subida do nível do mar e as tempestades nas zonas costeiras, ciclones tropicais e trovoadas (ACDI, 2023).

Moçambique é um país localizado na costa oriental de África, numa região vulnerável a eventos extremos derivados das MC. As MC são uma realidade na vida da população moçambicana, colocando os

moçambicanos numa situação de vulnerabilidade dos efeitos dos principais eventos extremos (Conjo, Chichango, & Jesus, 2021).

Espera-se que as mudanças climáticas possam intensificar a ocorrência de eventos extremos assim aumentando significativamente a vulnerabilidade das zonas costeiras de Moçambique, devido ao aumento significativo do nível das águas do mar, temperaturas da superfície do mar mais elevadas, alterações nos padrões de precipitação e dos fluxos sedimentares de rios, condições oceânicas alteradas, bem como alterações nas trajetórias, na frequência e na intensidade das tempestades.

Na ausência de adaptação, as praias, dunas de areia e falésias actualmente em erosão continuarão a sofrer sob o aumento do nível do mar (IPCC, 2014).

Devido à sua localização geográfica, a zona costeira do distrito de Inhassunge tem passado por mudanças geomorfológicas em função dos processos hidrodinâmicos, que aliados às mudanças climáticas e antropicas podem causar problemas à comunidade.

O distrito de Inhassunge enfrenta desafios significativos devido a eventos extremos, como ciclones e cheias. Esses fenômenos têm provocado erosão costeira e fluvial, afectando especialmente áreas críticas ao longo da faixa costeira do distrito, com destaque para regiões de Machilua, 1º de Maio, Namitange, Olinda e Abreus.

Salientar que os processos erosivos actuam no princípio e transformação da dinâmica da terra e a sua ocorrência é vista como um processo natural. Actualmente este processo é acelerado por vários factores tais como antropológicos e outros.

Conhecer e entender as causas da erosão costeira é condição essencial para uma gestão adequada e atempada do litoral. Apesar da diversidade de situações no sistema costeiro, é consensual que o défice sedimentar e a assimétrica distribuição de sedimentos no litoral representam o principal desafio, principalmente em sistemas arenosos (Lima, Filipe, Martos, & Coelho, 2021).

Com o aumento da temperatura global e o consequente aumento do nível do mar, juntamente com a intensificação dos eventos extremos na zona centro de Moçambique, especificamente no distrito de Inhassunge, prevê-se que a situação da erosão costeira e fluvial se torne ainda mais alarmante. Isso representa um risco iminente para o distrito como um todo, à medida que a zona costeira corre o risco de expandir-se.

As áreas mais vulneráveis ao longo da costa situar-se-ão quase invariavelmente onde os problemas já se fazem sentir no presente (INGC,2012). Alguns exemplos dos actuais problemas no distrito de Inhassunge, nas regiões de Machilua, 1º de Maio e Namitange são ilustrados na Figura 1.



Figura 1. Exemplos de algumas áreas costeiras vulneráveis a erosão existentes em Inhassunge, nas regiões de Machilua, 1º de Maio e Namitange, que provavelmente se tornarão mais vulneráveis devido aos efeitos das mudanças climáticas.

Este estudo tem como objectivo estudar a erosão fluvial nas regiões de Machilua, 1º de Maio e Namitange, no distrito de Inhassunge, província da Zambézia. Focará em identificar as causas da erosão e avaliar seus impactos nas comunidades locais. O estudo também buscará propor medidas de adaptação para mitigar os efeitos da erosão e aumentar a resiliência das áreas afectadas, considerando as mudanças climáticas e as dinâmicas locais.

1.2. Justificativa, Motivação e Contribuição do Estudo

Há um conjunto crescente de evidências de que a Terra está a aquecer a um ritmo sem precedentes à medida que resultado de actividades antrópicas, como desmatamento, urbanização, crescimento populacional industrialização e liberação de gases de efeito estufa (GEE). O Painel Intergovernamental em Mudanças Climáticas (IPCC) prevê um aumento de 1,5–5,8° C na temperatura média global até 2100 como resultado de emissões de GEE (Muleia, et al., 2023).

De acordo com Holanda et al (2020), a zona costeira está relacionada à porção continental e oceânica, considerada como dinâmica e complexa, sofre alterações em diversas escalas temporais. As classificações morfodinâmicas das zonas costeiras são fundamentais para o monitoramento dos ciclos sedimentares, identificando processos temporais de estabilidade, acreção e erosão.

A erosão costeira representa um dos principais desafios enfrentados pela zona costeira em toda a África. De acordo com INGC (2017), e INGC (2012), apontam que Moçambique é reconhecido como um dos países em África que é mais vulnerável às MC ocupando o décimo (10º) ao risco de desastres. Perigos tais como secas e cheias, precipitação variável e ciclones tropicais têm afectado significativamente o

país, onde nos últimos 30 anos, pelo menos 14% da população foi afectada perigos mencionados e mais de metade dos eventos que resultaram em desastre (53%), ocorreram nas últimas duas décadas.

Em diversas áreas do país, a erosão costeira é especialmente severa, exigindo uma análise mais aprofundada para identificar os factores subjacentes e entender melhor o estágio actual do processo erosivo.

Somente com essa compreensão detalhada, pode-se desenvolver e implementar medidas de adaptação e mitigação mais eficazes, adaptadas às necessidades específicas de cada localidade e que preservem as terras e os recursos naturais para as futuras gerações.

O tema escolhido responde um dos pilares descrito no relatório de 2012 do Instituto Nacional de Gestão de Calamidades (INGC), tendo em consideração os cenários de subida do nível do mar para 0.5m, 1m ou 2m até 2010.

O relatório diz que embora o estudo esteja relacionado com tema 2 (protecção costeira) também está intimamente alinhado com os temas 3 e 4, que aborda as seguintes questões: *Onde se localizam as áreas mais vulneráveis ao longo da costa, ao nível local/micro?; Como é que estas áreas ficarão, com as mudanças climáticas, no futuro?; Que infra-estruturas e planos de investimento chave estão em risco nessas áreas?; Que medidas estruturais de protecção costeira são necessárias para compensar os potenciais efeitos das mudanças climáticas?; Que planos de gestão da linha costeira são os mais apropriados para estas áreas?.*

Essas medidas devem ser cuidadosamente planificada, levando em consideração não apenas os factores físicos e geográficos, mas também os aspectos socioeconômicos e ambientais das comunidades locais. O fenómeno da erosão, de carácter catastrófico, ameaça directamente a produtividade agrícola, a segurança alimentar e a estabilidade ambiental, evidenciando a necessidade de uma abordagem integrada de gestão e mitigação.

A motivação deste estudo decorre da constatação de que não existe, no distrito de Inhassunge, uma entidade ou órgão municipal responsável pela monitoria sistemática da erosão fluvial, o que contribui para o agravamento da situação.

Além disso, verifica-se uma acentuada vulnerabilidade das comunidades locais, que enfrentam o desaparecimento de zonas históricas do distrito, a destruição de casas e infraestruturas comunitárias, a deslocação forçada de famílias e a perda de extensas áreas de cultivo agrícola. Essas consequências refletem não apenas a força dos processos naturais, mas também a falta de gestão territorial e de políticas públicas específicas voltadas à protecção das margens e ao ordenamento ambiental.

A realização desta pesquisa é, portanto, justificada pela necessidade urgente de compreender a evolução da erosão fluvial nas regiões de Machilua, 1º de Maio e Namitange, no distrito de Inhassunge, província da Zambézia. O estudo busca identificar os factores que influenciam a dinâmica erosiva, analisando a relação entre as variações hidrológicas, os processos sedimentares e as ações humanas.

A contribuição deste estudo é múltipla. Do ponto de vista científico, fornece dados técnicos inéditos sobre a evolução espacial e temporal da erosão fluvial em uma área pouco estudada, servindo como base para futuras investigações e comparações. No campo social e ambiental, o estudo contribui para sensibilizar as autoridades locais e provinciais sobre a necessidade de políticas públicas voltadas à gestão sustentável das margens e à proteção das comunidades vulneráveis. Além disso, os resultados poderão apoiar na planificação territorial e a implementação de medidas de adaptação, promovendo a resiliência socioambiental e a preservação dos recursos naturais do distrito de Inhassunge.

1.3.Problematização

A erosão costeira tornou-se um dos problemas ambientais mais urgentes do século XXI, despertando um intenso interesse entre investigadores em todo o mundo. Sua rápida evolução e alcance sem precedentes estão alarmando, pois essa degradação pode anular extensas áreas de terra, resultando até mesmo na completa transformação do ambiente físico globalmente.

De acordo com Padilla, et al., (2013), actualmente a intensidade do fenómeno da erosão costeira tem aumentado a nível mundial, devido aos vários factores, tais como: actividade antropogénica também tem contribuído para modificar a zona costeira, desde as vias de comunicação, infra-estruturas energéticas e petrolíferas, hotéis, casas, restaurantes, etc. em sua zona continental (supralitoral), à construção de cais, quebra-mares, na zona marinha (infralitoral) alterando o transporte costeiro e a morfologia natural.

Estudos sobre as mudanças de posição da linha de costa têm se tornado essenciais para a gestão da orla marítima e da zona costeira, justificados principalmente pelos prejuízos causados pela erosão costeira, bem como pelos possíveis cenários de aumento do nível do mar às alterações climáticas nesse século e/ou aumento da frequência e magnitude das ressacas, conforme tem sido no AR6 de Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas.

Uma grande proporção do litoral do Reino Unido e da Irlanda está actualmente sofrendo erosão (17% no Reino Unido; 19,9% na Irlanda) e dos 3.700 km do litoral da Inglaterra e do País de Gales, 28% está sofrendo erosão superior a 10 cm por ano. Na Escócia, 78% da costa é considerada 'dura ou mista', e é improvável que eroda a taxas perceptíveis, 19% é 'mole/erodível', enquanto 3% tem defesas artificiais.

Desde a década de 1970, 77% da costa macia/erodível na Escócia permaneceu estável, 11% aumentou em direcção ao mar e 12% sofreu erosão em direcção à terra (Masselink, Russell, Rennie, Brooks, & Spencer, 2020).

Como resultado do aumento relativo do nível do mar, a redução do suprimento de sedimentos próximos à costa de Moçambicana e a vulnerabilidade as tempestades tropicais extremas, e a aumento da corrente marítima e interferência humana devem aumentar devido às MC. Espera-se que as taxas de erosão costeira aumentem no futuro e as costas actualmente estáveis a nível global, regional e nacional possam entrar em uma fase de erosão.

No entanto a erosão é, fortemente determinada por factores específicos do local e, normalmente, são estes que determinam a resposta, reconhecidamente.

A erosão sendo um fenómeno complexo que tem uma variedade de causas, é importante frisar que à elevação do nível do mar não pode ser vista como um dos factores mais importante, mais sim como um dos factores que pode aumentar a gravidade de erosão ao longo de período.

A zona costeira de Moçambique é particularmente vulnerável aos impactos esperados das MC. Os factores que contribuem para tal incluem: Vastas planícies costeiras de terras baixas tais como deltas costeiros, elevadas concentrações de população nas proximidades do mar, pobreza, baixa capacidade para defender infra-estruturas, susceptibilidade à actividade de ciclones, estruturas costeiras suaves de fácil erosão e defesas costeiras inadequadas e envelhecidas (INGC,2012).

De acordo com Masselink, Russell, Rennie, Brooks, & Spencer (2020), na ausência de uma compreensão clara dos processos de mudança costeira e, de uma ferramenta preditiva confiável, a posição padrão é assumir que a mudança costeira actual persistirá ao longo prazo; no entanto, é muito provável que trechos de costa actualmente submetidos à erosão sofram taxas de erosão aumentadas devido ao aumento do nível do mar.

Os distritos costeiros da província da Zambézia têm sido severamente impactados pelas MC, com a elevação do nível do mar e o aquecimento das águas, desencadeando processos de erosão costeira e intrusão salina que afectam profundamente diversas comunidades.

Nas regiões de Machilua, 1º de Maio e Namitange, situadas no distrito de Inhassunge, a situação não é diferente, com a erosão costeira representando uma ameaça constante. Adicionalmente, essas áreas

enfrentam uma carência alarmante de dados científicos detalhados e informações precisas sobre a taxa de erosão em diferentes localidades do distrito.

Dessa forma, torna-se imperativo conduzir uma pesquisa abrangente para investigar minuciosamente a dinâmica da erosão nessas regiões ao longo do período de 1993 a 2023. Tal estudo visa não apenas analisar a evolução desse fenômeno, mas também antecipar cenários futuros de curto, médio e longo prazo. Essa projecção é essencial para desenvolver um plano de adaptação eficaz e resiliente, capaz de lidar com os desafios iminentes das MC previstos para impactar as regiões estudadas até o final do século.

Além disso, é crucial considerar a importância socioeconômica dessas áreas afectadas pela erosão costeira. Muitas dessas comunidades dependem directamente dos recursos naturais costeiros para subsistência e economia local, o que amplifica os efeitos negativos das MC sobre sua segurança alimentar, meios de vida e bem-estar geral.

1.4.Objectivos

1.4.1. Geral

Estudar a erosão fluvial nas regiões de Machilua, 1º de Maio e Namitange, distrito de Inhassunge, província da Zambézia.

1.4.2. Específicos

- ✚ Avaliar o avanço da erosão fluvial nas regiões de Machilua, 1º de Maio e Namitange no período de 1993 á 2023;
- ✚ Estimar em larga escala os riscos associados aos processos fluviais nas regiões de Machilua , 1º de Maio e Namitange em curto prazo (Δt_1), médio prazo (Δt_2) e longo prazo (Δt_3);
- ✚ Propor as medidas de adaptação de erosão fluvial nas regiões de Machilua, 1º de Maio e Namitange face as mudanças climáticas.

1.5.Perguntas de Pesquisa

1. Qual foi o padrão de avanço da erosão fluvial nas regiões de Machilua, 1º de Maio e Namitange entre os anos de 1993 e 2023?
2. Como varia a magnitude e a distribuição espacial dos riscos associados à erosão fluvial nas regiões de Machilua, 1º de Maio e Namitange em curto (Δt_1), médio (Δt_2) e longo prazo (Δt_3)?
3. Quais são as melhores estratégias de adaptação para enfrentar a erosão fluvial nas regiões de Machilua e Namitange, considerando os efeitos das mudanças climáticas?

1.6.Delimitação de investigação

A investigação foi realizada entre Janeiro á Dezembro de 2024, na província da Zambézia, especificamente no distrito de Inhassunge, abrangendo as regiões de Machilua, 1º de Maio e Namitange. O foco principal dessa pesquisa foi o estudo da erosão fluvial, considerando os factores que contribuem para o seu desenvolvimento e impacto na região. Para essa análise, foram utilizados dados mensais de precipitação, obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia – Delegação de Quelimane, abrangendo o período de 1993 a 2023. Além disso, foram incorporadas imagens de satélite no mesmo intervalo temporal, com o objectivo de enriquecer a compreensão sobre os padrões de erosão ao longo dos anos.

1.7.Estrutura de Trabalho

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos. O Capítulo I apresenta a introdução, contendo a contextualização do estudo, a justificativa e a relevância da pesquisa, a problematização, os objetivos, as questões de pesquisa, a delimitação do estudo e a descrição da estrutura do trabalho. O Capítulo II é dedicado ao enquadramento teórico, onde se discute o estado da arte sobre a erosão fluvial e seus impactos, com ênfase nas teorias e abordagens mais relevantes para a compreensão do fenômeno. O Capítulo III descreve a metodologia de pesquisa adotada, detalhando os procedimentos realizados durante a execução do estudo, incluindo as técnicas de coleta de dados e a análise subsequente das informações obtidas. O Capítulo IV apresenta os resultados da pesquisa, seguidos pela análise detalhada dos dados coletados. O Capítulo V contém as conclusões do estudo, as recomendações práticas e as limitações encontradas ao longo da pesquisa.

Capítulo II. Enquadramento Teórico

2.1.Erosão

2.1.1. Definição e alguns tipos de erosão

Definição

Souza & Sobreira (2017), define os processos erosivos como um conjunto de factores físicos, químicos ou biológicos, naturais, responsáveis pelo modelado do relevo terrestre, na maioria, directamente ligados ao clima (chuvas, rios, água subterrânea, correntes marinhas, ondas, geleiras, ventos), sendo que estes podem ser acelerados artificialmente pelo homem, por desmatamentos, retaludamentos em obras lineares, construção de edificações, ou outras modificações no manto de intemperismo em geral.

Define-se erosão como sendo a desagregação e remoção do solo ou fragmentos e partículas de rochas, pela acção combinada da gravidade com a água, vento e gelo (Maria Silva, 1975, p. 2).

Segundo Leinz & Leonardos (1971), a erosão é o efeito combinado de todos os processos degradacionais terrestres, incluindo intemperismo, transporte, acção mecânica e química da água corrente, vento, gelo etc.

Neste caso, entende-se a erosão sendo como um processo natural resultante da acção da chuva, do vento, marés e ondas sobre as superfícies continentais. Este processo pode ser influenciado também pela inadequação das actividades humanas sobre o meio ambiente, como a supressão da cobertura vegetal para a introdução de práticas agrícolas e pecuárias, a exploração de bens minerais e implantação de núcleos urbanos, construção de fornos para a produção de carvão vegetal, exploração de lama para construção de casa e desflorestamento de mangais.

2.1.2. Tipos de erosão

De acordo com Souza & Sobreira (2017), distinguem-se em geral duas formas de abordagem para os processos erosivos: erosão natural ou geológica, que é a erosão que se desenvolve em condições de equilíbrio com a formação do solo (também conhecida como erosão laminar), e erosão acelerada, cuja intensidade é superior à da formação do solo, não permitindo a sua recuperação natural (também conhecida como erosão linear). Neste caso pode haver, além da evolução natural do terreno, grande influência humana (antrópica).

2.1.2.1.Erosão Costeira

A erosão da zona costeira, entendida como o desgaste ou destruição produzido na superfície de um corpo por fricção contínua, provoca impacto nas zonas costeiras urbanas e semiurbanas que constituem ambientes frágeis e dinâmicos devido à interação entre componentes naturais e socioeconómicos (Padilla, et al., 2013).

Ou A erosão costeira é o processo de desgaste do solo ao longo da linha do litoral, causado principalmente pelas ondas, marés e correntes do mar.

2.1.2.2.Erosão fluvial

Erosão fluvial é o processo de desgaste, transporte e deposição de sedimentos causado pela acção das águas dos rios, influenciado por factores naturais como o volume e a velocidade da corrente, o tipo de solo, o relevo e a cobertura vegetal, bem como por acções humanas, como o desmatamento, a agricultura intensiva e a ocupação desordenada das margens. (Veja a figura 2)



Figura 2. Exemplo de erosão fluvial. Disponível: https://fotos.web.sapo.io/i/Bb6189ce4/22152663_0d0bf.jpeg

Também a erosão é causada pelas águas dos rios transformando o seu curso de água em vales mais profundos que o seu entorno. Além disso, quando não há uma vegetação nas margens dos cursos de água, elas são erodidas pela força das águas, intensificando processos de assoreamento e alargamento do leito das bacias de drenagem. (Filho, 2000, p. 83).

2.2.Princípios e Processos de Transporte de Sedimentos

O transporte de sedimentos é um processo essencial na dinâmica fluvial, costeira e eólica, que envolve o deslocamento de partículas sólidas (areia, lama, cascalho, entre outros) de um local para outro. Este transporte ocorre por acção de diferentes forças naturais, como a água, o vento ou o gelo.

2.3.Factores que Controlam o Movimento de Sedimentos

Compreender a dinâmica dos processos erosivos e sedimentológicos é uma tarefa complexa por envolver necessariamente inúmeros factores de ordem física, meteorológica e antrópica (Souza & Sobreira, 2017).

É notório que as ondas suaves que quebram em uma praia de areia podem mover os grãos de areia para cima e para baixo na praia, mas geralmente não têm força suficiente para deslocar os seixos.

A dinâmica do transporte de sedimentos superficiais em uma área urbanizada difere significativamente

A figura 3 apresenta um sistema de classificação amplamente utilizado.

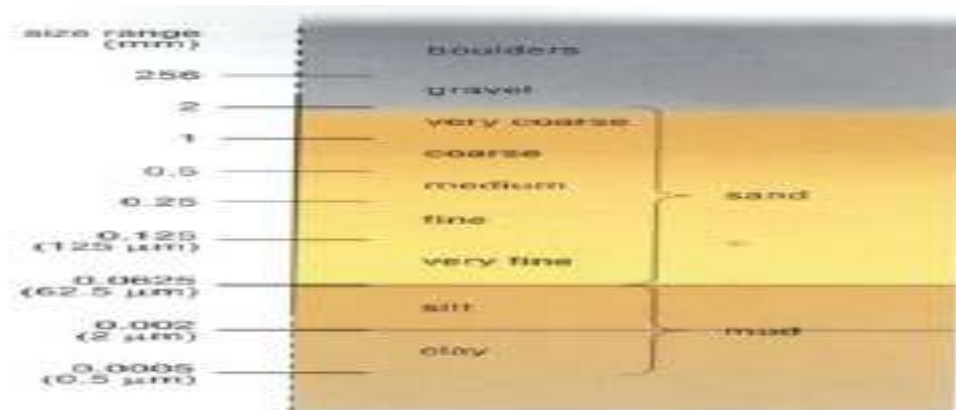


Figura 3. A classificação das partículas sedimentares de acordo com o tamanho (modificada da escala de Wentworth). Observa-se que esta é uma escala geométrica, em que cada divisão de tamanho é duas vezes maior ou menor que a anterior ou posterior, com exceção dos tamanhos extremos. (Team, 1989)

Pode-se determinar a carga de fundo usando a equação (Eq 1) empírica de Meyer- Peter Müller para prever a taxa de transporte de sedimentos na carga de fundo:

$$q_b = 8 \left(\frac{(\tau_b - \tau_c)}{\rho(s-1)gd} \right)^{\frac{3}{2}} \quad \text{Eq. 1}$$

Onde: q_b é a taxa de transporte de sedimentos por unidade de largura; τ_b é a tensão de cisalhamento do leito; τ_c é a tensão de cisalhamento crítica para o início do movimento; ρ é a densidade da água; s é a razão de densidade; g é a aceleração devido à gravidade; d é o diâmetro das partículas de sedimento.

Além do tamanho das partículas e da velocidade da corrente, outros factores que influenciam o transporte e o depósito de sedimentos incluem as densidades das partículas e da água, especialmente o contraste de densidade entre as partículas e a água. A viscosidade da água e se o fluxo é laminar ou turbulento também desempenham papéis significativos, como ilustrado na figura 4. Esses factores não apenas afectam a taxa de afundamento das partículas, mas também são cruciais ao considerar a deposição de sedimentos em diferentes ambientes aquáticos.

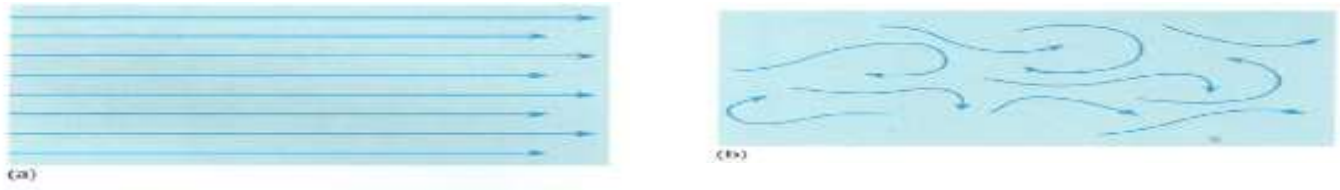


Figura 4. Ilustração esquemática da diferença entre (a) fluxo laminar e (b) fluxo turbulento, onde vorticidades complexas e multidirecionais são superpostas na direção geral do fluxo. Fonte: (Team, 1989).

Tensão de Cisalhamento do Leito é a capacidade de um rio de transportar sedimentos e fortemente influenciada pela tensão de cisalhamento do leito (τ_b) ou pode ser definida sendo como a força exercida pela água corrente sobre o leito e as margens do rio. Quando a tensão de cisalhamento supera a resistência do solo e das rochas (τ_c) ocorre a erosão fluvial e pode ser terminada pela Eq.2.

$$\tau_b = \rho g h S \quad \text{Eq. 2}$$

Onde: τ_b é a tensão de cisalhamento do leito; ρ é a densidade da água; S é a inclinação do leito; g é a aceleração devido à gravidade; h é a profundidade da água .

A equação de Shields (Eq.3) determina a tensão de cisalhamento crítica (τ_c) para o início do movimento das partículas de sedimentos:

$$\theta_c = \frac{\tau_c}{(\rho_s - \rho_f) g d} \quad \text{Eq.3}$$

Onde: θ_c é o parâmetro de Shields; τ_c é a tensão de cisalhamento crítica; ρ_s é a densidade das partículas de sedimentos; ρ_f é a densidade do fluido; g é a aceleração devido à gravidade; d é o diâmetro das partículas de sedimento.

2.4.Sedimentos Coesivos e não Coesivos

A relação entre o tamanho dos grãos e a tensão de cisalhamento crítica não é linear e directa. Alguns sedimentos possuem características coesas, o que exerce um impacto significativo na erosão dos sedimentos.

A coesão é principalmente resultado da presença de minerais argilosos nos sedimentos. As partículas de argila mineral são em forma de escamas e geralmente muito pequenas, com tamanho inferior a 2 micrômetros.

Nos sedimentos, elas tendem a formar agregados nos quais os flocos individuais são mantidos juntos por uma combinação de atração eletrostática e tensão superficial das películas de água que cercam os flocos. Essas forças são robustas e conferem às lamas sua característica glutinosa.

As argilas aumentam a coesão geral do leito, mesmo quando representam apenas uma pequena proporção do sedimento total; a coesão começa a se tornar significativa quando o sedimento contém mais de 5-10% de argila em peso. (ver figura 5a,b).

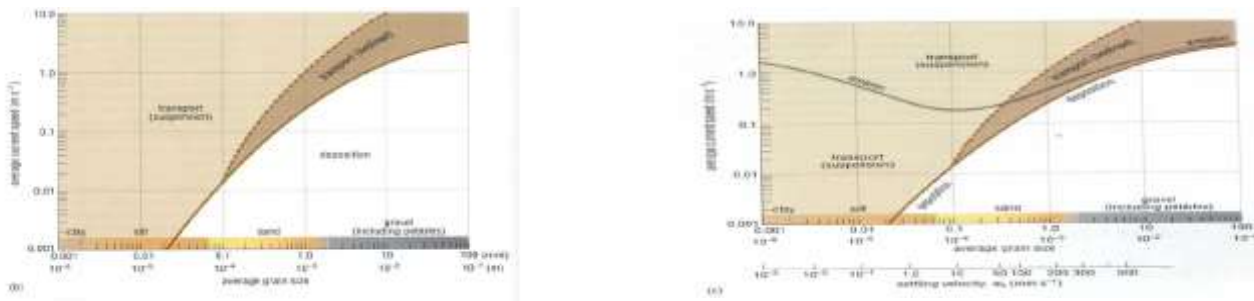


Figura 5. (a) Diagrama mostrando a faixa de velocidades médias de corrente nas quais partículas de sedimentos de diferentes tamanhos são transportadas, seja em suspensão ou como carga de leito, e abaixo das quais são depositadas. A linha tracejada indica a transição entre o transporte de carga de leito e suspensão. (b) As curvas dos diagramas combinados. Fonte: (Team, 1989).

2.5. Velocidade de Cisalhamento

Pode ser demonstrado teoricamente que o cisalhamento no leito marinho (Eq.4) é diretamente dependente da viscosidade da água e do gradiente médio de velocidade na água sobrejacente:

$$\tau_o = (\mu + \eta)x \frac{d\bar{u}}{dz} \quad \text{Eq.4}$$

Where τ_o é a tensão de cisalhamento no leito marinho como antes; μ (a letra grega "miu") é a viscosidade molecular; η (a letra grega "eta") é a viscosidade turbulenta; e $\frac{d\bar{u}}{dz}$ é o gradiente de velocidade média temporal diretamente acima do leito.

(Note que o símbolo A é às vezes usado para denotar viscosidade turbulenta. Note também que as unidades de viscosidade são N/m^2 , m/s e z está em m , então τ_o estará novamente em N/m^2 .

2.6. Taxa de Transporte de Sedimentos

O transporte de sedimentos pode ocorrer de várias maneiras, dependendo do ambiente e das forças em envolvidas. Em ambos os ambientes costeiros e fluviais, os principais modos de transporte incluem carga de fundo, carga em suspensão e carga dissolvida.

A taxa de transporte de sedimentos é a massa de sedimentos que passa por um ponto dado ou através de uma área unitária da coluna de água em unidade de tempo. Também é chamada de fluxo de sedimentos.

Para calcular a taxa total de sedimentos, é necessário considerar tanto o fluxo de carga de fundo quanto o fluxo de sedimentos em suspensão. Em geral, a quantidade de sedimentos em suspensão aumentará com a velocidade da corrente, à medida que grãos progressivamente mais grosseiros são permanentemente levantados para a suspensão.

Para a conservação da taxa de transporte de sedimentos, recorre-se a equação de transporte de sedimentos (Exner), que descreve a conservação de massa de sedimentos em movimento (Eq.5):

$$\frac{\partial z}{\partial t} + \frac{1}{1-\lambda_p} \nabla \cdot q_s = 0 \quad (\text{meios costeiros}) \quad \text{Eq. 5}$$

Onde: z é a elevação de superfície do leito; λ_p é a porosidade do leito de sedimentos; q_s é o vector fluxo de sedimentos.

E para a concentração de sedimentos aplica-se a equação (Eq.6) de advecção-difusão é usadas para modelar a concentração de sedimentos (C) em um fluido:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + v \cdot \nabla C = \nabla \cdot (D \cdot \nabla C) + S \quad \text{Eq. 6}$$

Onde: v é o vector velocidade do fluido; D é o coeficiente de difusão de sedimentos; S representa fontes ou sumidouros de sedimentos.

2.7. A deposição de sedimentos

Quando as condições de fluxo em um ambiente marinho raso mudam, muitas vezes é útil saber a taxa na qual os sedimentos provavelmente serão depositados se a velocidade da corrente diminuir e a taxa na qual serão erodidos se a velocidade aumentar.

A deposição da carga suspensa e da carga do fundo pode ser modelado pela uma Eq.7 é uma que descreve como partículas sólidas são depositadas em um corpo d'água, que é:

$$C(z) = C_s + (C_o - C_s) \cdot e^{-kz} \quad \text{Eq. 7}$$

Onde: $C(z)$ é a concentração da carga (exemplo, sedimentos) a uma profundidade z abaixo da superfície da água; C_s é a concentração da carga no fundo do corpo d'água (carga de fundo); C_o é a concentração inicial da carga suspensa; k é o coeficiente de deposição ou taxa de deposição

2.7.1. Deposição da carga suspensa

As partículas em suspensão começarão a se depositar em direção ao leito assim que as forças gravitacionais excederem as forças de flutuação, mas grãos maiores que cerca de 0,1 mm continuarão a se mover como parte da carga de fundo, talvez sendo intermitentemente levados de volta à suspensão por redemoinhos. Partículas menores que cerca de 0,1 mm não passam por uma etapa de transporte de carga de fundo e são depositadas diretamente da suspensão.

Além disso, à medida que uma corrente diminui, partículas suspensas de um determinado tamanho de grão não alcançam todas o leito ao mesmo tempo porque serão distribuídas em diferentes profundidades na coluna de água ; portanto, a taxa na qual o sedimento suspenso é depositado depende de mais do que apenas da diminuição da velocidade da corrente.

O tempo que as partículas levam para se depositar dependerá em grande parte de suas velocidades de deposição, e do grau de turbulência na coluna de água e enquanto as partículas estão se depositando, elas continuam a ser transportadas na direção do fluxo líquido. (Eq.8)

$$v_t = \frac{2(\rho_p - \rho_f)gr^2}{9\eta} \quad \text{Eq. 8}$$

Onde: v_t é a velocidade terminal da partícula; ρ_p é a densidade da partícula; ρ_f é a densidade do fluido; g é a aceleração devido à gravidade; r é o raio da partícula e η é a viscosidade do fluido.

A partir da equação 7, pode se determinar a força de arrasto de sedimento ou em uma esfera, usando a Eq. 9.

$$F_d = 6\pi\eta r v \quad \text{Eq. 9}$$

Onde: F_d é a força de arrasto; η é a viscosidade do fluido; r é o raio da partícula e v é a velocidade da partícula.

2.8. Perfis de velocidade no mar

Um perfil de velocidade no mar mostra como a velocidade de uma corrente oceânica muda desde a superfície até várias profundidades, ou seja, descreve a variação da velocidade da corrente com a profundidade. Este perfil é influenciado por fatores como vento, gradientes de temperatura e salinidade, marés, topografia do fundo do mar e a rotação da Terra (efeito Coriolis).

As correntes no mar variam continuamente em direção e velocidade, ou seja, as correntes de maré, em particular, mudam de direção com o tempo e aceleram a partir do que pode ser efectivamente uma velocidade zero na maré morta até uma velocidade máxima e depois desaceleram novamente.

O resultado é que o perfil de velocidade logarítmico não é reto (como é na figura 16) para qualquer direção de fluxo, mas curvo, e a tensão de cisalhamento no leito e os valores de u^* e Z_0 podem ser subestimados para correntes aceleradas e superestimados para correntes de desaceleração e desaceleração. Estes resultados podem ser modelados a partir das equações de lei logarítmica da velocidade e gradiente da velocidade.

A lei logarítmica da velocidade é frequentemente usada para descrever a variação da velocidade da corrente próxima à superfície do mar. Ela é baseada em teorias de camadas limites turbulentas e é expressa a partir da eq.10.

$$u(z) = \frac{u^*}{\kappa} \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad \text{Eq. 10}$$

Onde: $u(z)$ é a velocidade da corrente a uma profundidade z ; u^* é a velocidade de fricção, uma medida da intensidade da turbulência; κ é a constante de von Kármán, aproximadamente igual a 0,41; z_0 é a altura de rugosidade, que depende da rugosidade da superfície do fundo do mar ou da camada superficial.

Para regiões mais profundas, onde os gradientes de temperatura e salinidade (termo-halinidade) são importantes, a equação de Navier-Stokes, juntamente com a equação da continuidade e a equação de estado, pode ser usada para descrever os perfis de velocidade. No entanto, estas são bastante complexas e geralmente resolvidas numericamente. Uma abordagem simplificada para estudar o efeito da estratificação é usar o modelo de Ekman para a camada limite oceânica.

O modelo de Ekman descreve como a velocidade da corrente varia com a profundidade devido ao efeito Coriolis e à viscosidade do oceano. A solução clássica para a espiral de Ekman é Eq.11 e 12:

$$u(z) = U_g \left(1 - e^{-z/D_E} \cos\left(\frac{\pi}{4} + \frac{z}{D_E}\right)\right) \quad \text{Eq. 11}$$

$$v(z) = U_g \left(1 - e^{-z/D_E} \sin\left(\frac{\pi}{4} + \frac{z}{D_E}\right)\right) \quad \text{Eq. 22}$$

Onde: $u(z)$ e $v(z)$ são as componentes da velocidade nas direções x e y respectivamente; U_g é a velocidade geostrófica, que depende dos gradientes de pressão; D_E é a profundidade de Ekman, dada por

$$D_E = \sqrt{\nu/f}, \text{ onde } \nu \text{ é a viscosidade cinemática e } f \text{ é a frequência de Coriolis.}$$

As equações Eq.13 e Eq. 14 são associadas por equações hidrostáticas (equações de Navier-Stokes) e equação de continuidade, onde a sua solução clássica é :

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z} = 0 \quad (\text{equação de continuidade}) \quad \text{Eq.13}$$

Onde: u, w,v são as componentes da velocidade do fluido nas direções x,y e z respectivamente.

$$\rho \left(\frac{\partial v}{\partial t} + (v \cdot \nabla) \cdot v \right) = -\nabla p + \mu \nabla^2 v + f_{ext} \quad (\text{As equações de Navier-Stokes descrevem o movimento de fluidos viscoso}) \quad \text{Eq.14}$$

$$\rho \left(\frac{\partial v}{\partial t} + (v \cdot \nabla) \cdot v \right) = -\nabla p + \mu \nabla^2 v \quad (\text{As equações de Navier-Stokes descrevem o movimento de fluidos não viscosos}) \quad \text{Eq. 15}$$

Onde: ρ é a densidade do fluido; v é o vector velocidade do fluido; p é a pressão; μ é a viscosidade dinâmica;

2.9. Estuários

Os estuários são regiões onde os rios encontram enseadas do mar; a maioria dos estuários ainda mantém as principais características dos vales fluviais, muitas vezes tendo cursos sinuosos e numerosos afluentes. Seu limite superior é geralmente considerado como o ponto mais distante onde a subida e descida das marés podem ser detectadas.

Os estuários geralmente podem ser divididos em três seções: um estuário inferior (ou marinho), em livre conexão com o mar aberto; um estuário médio, onde ocorre a maior parte da mistura entre água do mar e água do rio; e um estuário superior (ou fluvial), dominado por influências de água doce, mas ainda assim sujeito a subida e descida diárias das marés, como o restante do estuário (figura 6).

Os estuários são características efêmeras em escalas de tempo geológico, com uma vida média de no máximo algumas dezenas de milhares de anos e geralmente muito menos. A maioria dos estuários é geologicamente muito jovem, pois se desenvolveram durante o mais recente aumento pós-glacial do nível do mar, que inundou as linhas costeiras e afogou as bocas dos vales fluviais.

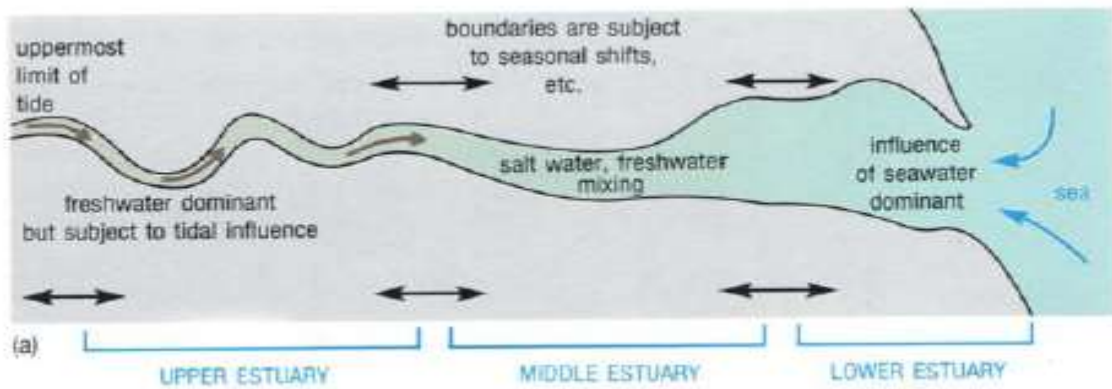


Figura 6 . Um mapa esquemático de um estuário típico mostrando as divisões em estuário inferior, médio e superior. As fronteiras são zonas de transição que mudam de acordo com as estações, o clima e as marés. Fonte: (Team, 1989).

Estuários ocorrem nas fozes dos rios que transportam quantidades relativamente pequenas de sedimentos e os descarregam em águas costeiras onde a acção das ondas e das correntes de maré é suficientemente forte para dispersar os sedimentos. É menos provável que um estuário se desenvolva onde o descarregamento de sedimentos é alto, e um delta pode crescer em direção ao mar a partir da foz do rio

Ao longo das linhas costeiras de baixa altitude, por outro lado, os estuários frequentemente se desenvolvem como extensas lagoas rasas entre os rios e o mar. Apesar dessa ampla gama de configurações possíveis, os processos que controlam o transporte e a deposição de sedimentos são muito semelhantes em todos os estuários. Os estuários têm uma significância global para os processos do talude continental e oceânicos devido à troca de água e sedimentos com mares costeiros.

Durante o transporte pelos estuários, a distribuição do tamanho dos grãos do sedimento é alterada pela deposição, erosão e transporte repetidos, e alguns sedimentos ficam permanentemente aprisionados. Os estuários funcionam como um tipo de filtro para a entrada de sedimentos nos oceanos, e reações químicas nas águas estuarinas podem alterar o caráter de algumas partículas minerais, especialmente argilas, o que pode influenciar o transporte de poluentes.

As concentrações de sedimentos em suspensão geralmente são altas, e os sedimentos muitas vezes são ricos em matéria orgânica, devido à alta produção biológica, tanto na coluna de água quanto nas areias e lamas do leito do estuário. Os estuários também são caracterizados por fortes gradientes de salinidade (e, portanto, de densidade da água), de concentração de sedimentos em suspensão e de propriedades químicas e biológicas. Há uma considerável interação entre processos físicos, químicos, biológicos e sedimentológicos.

2.10. Distribuição de Sedimentos nos Estuários

Os estuários consistem em um ou mais canais e planícies intertidais, que são alternadamente cobertos e descobertos pelo sobe e desce das marés. Há uma progressão no tamanho dos grãos, de sedimentos dominados por lama no nível da maré alta para sedimentos dominados por areia no nível da maré baixa. (Veja figura 7).

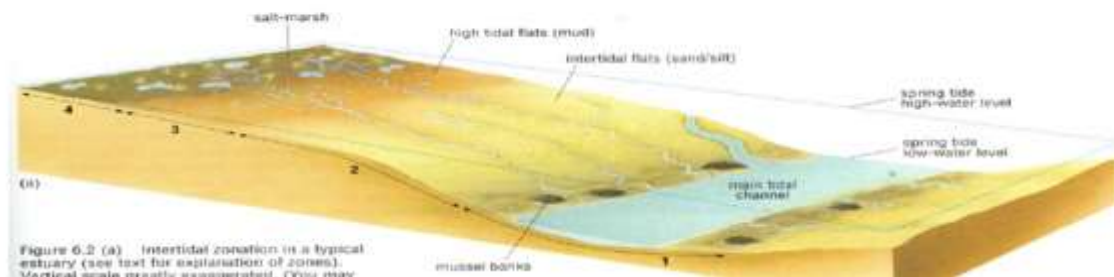


Figura 7. Ilustra a zonagem que comumente se desenvolve em estuários em regiões temperadas. Fonte: (Team, 1989).

2.11. Temperatura

A figura 8 mostra a variação da temperatura média anual de Moçambique, de 1950 a 2022. No ano de 2022, a temperatura média do país esteve 0.8°C acima do normal climatológico (1981-2010). Este valor é o quarto maior registrado após a ocorrência do El Niño de 2015, associado à maior anomalia de temperatura média do país dos últimos 70 anos (INAM, 2023).

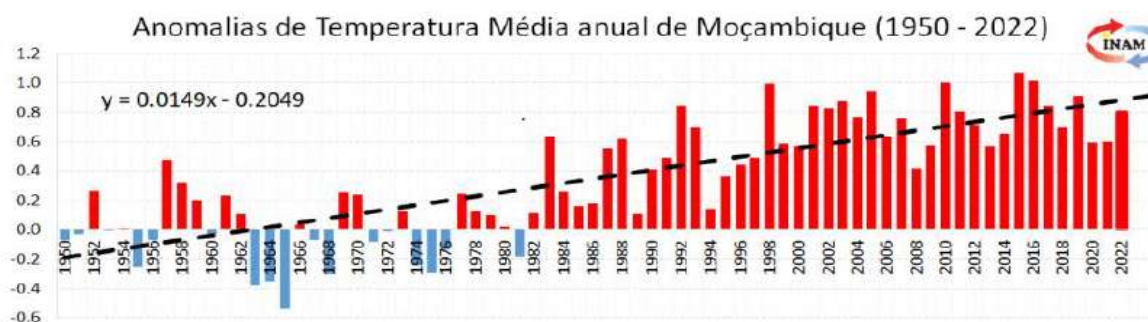


Figura 8. Anomalia da temperatura média em Moçambique. Fonte: (INAM, 2023)

Grande extensão da região Sul e partes da região Centro do país registou anomalias positivas de temperaturas máximas. Sendo de destacar o norte das províncias de Sofala e Manica e, o interior de Gaza que chegaram a atingir mais de 2°C acima do normal climatológico (figuras 9 e 10).

Quanto à temperatura mínima, anomalias positivas, de até 2°C, foram registadas ao longo da faixa costeira das províncias de Gaza e Inhambane incluindo sudeste e metade sul das mesmas províncias, respectivamente (figura 25).

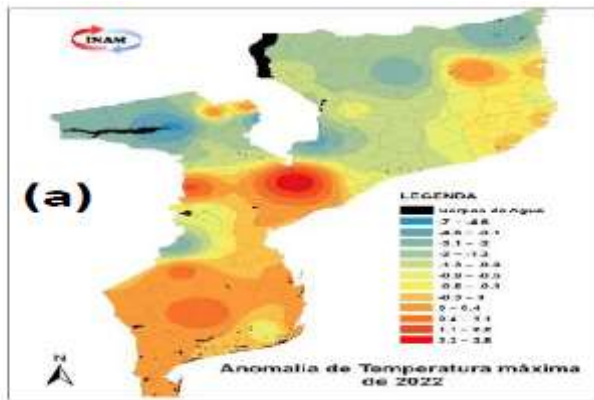


Figura 9. Anomalia da temperatura máxima. Fonte: (INAM, 2023)

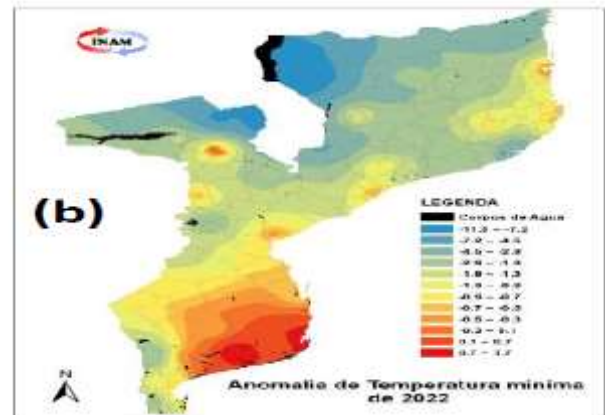


Figura 10. Anomalia da temperatura mínima. Fonte: (INAM, 2023)

As mudanças climáticas são uma realidade em Moçambique, colocando a vida dos moçambicanos numa situação de vulnerabilidade dos efeitos dos principais eventos extremos. Em Moçambique, as mudanças climáticas manifestam-se principalmente através de eventos climáticos extremos como seca, inundações, ciclones tropicais e cheias, cujos impactos afectam os sectores como agricultura, segurança alimentar, recursos hídricos, florestais, assentamento humano, infraestruturas, zonas costeiras, energia e saúde a nível nacional.

A sua vulnerabilidade de Moçambique é ainda mais intensificada devido a sua localização geográfica junto a zona de convergência inter-tropical e á jusante das bacias hidrográficas partilhadas. Só em 2023, o INAM aponta vários eventos extremos registados no país.

Segundo Mavume & Queface (2018), os principais desastres de origem natural que afectam Moçambique são de origem hidroclimatológicos .

De entre 1984 a Abril de 2023, cerca de 25 sistemas de tropicas atingiram directamente a costa de Moçambicana, conforme a figura 11.

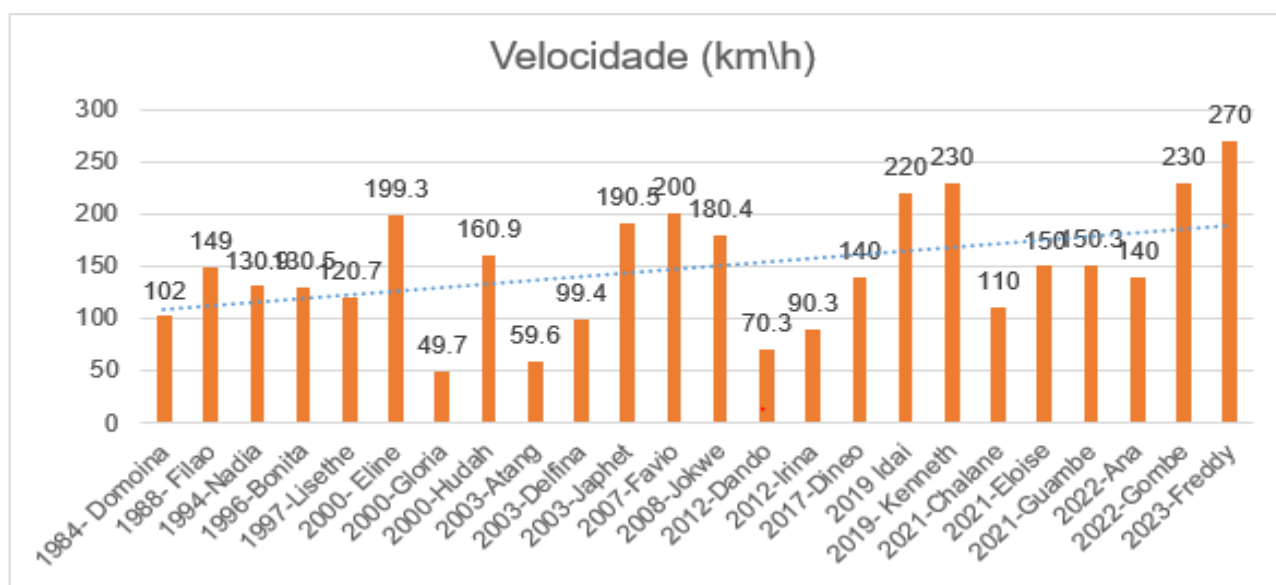


Figura 11. O diagrama representa os ciclones que atingiram a costa Moçambicana entre 1984-2023.

Capítulo III. Metodologia

3.1. Área de Estudo

O distrito de Inhassunge está localizado na zona sul da província da Zambézia, confinando a Norte com o distrito de Nicoadala que o separa da cidade de Quelimane através do rio Cuácua (rio dos bons sinais), a Sul com distrito de Chinde através do rio dos Abreus, a Este com Oceano Índico (canal de Moçambique), e a Oeste com os distrito de Mopeia e Nicoadala (MAE, 2005), com as coordenadas – 18,0331° (ou 18° 1' 59" S) de Latitude e 36,8236° (ou 36° 49' 25" E) de Longitude, como ilustra a figura 29.

De acordo com MAE (2005), e INE (2007), o distrito de Inhassunge tem uma superfície de 745km² e uma população recenseada em 2007 rondava de 92250 habitantes, com uma taxa de 66.5% de taxa de analfabetismo sendo 46.7% de Homens e 84,5% de mulheres.

O distrito é constituído por uma ilha e é atravessado por vários rios cujas águas possuem propriedades bastantes favoráveis para a criação de salinas (MAE, 2005).

Os ecossistemas costeiros de zonas húmidas, como pântanos salgados e mangais, são especialmente ameaçados em locais onde há escassez de sedimentos ou onde a margem terrestre é limitada.

O distrito de Inhassunge possui um considerável potencial econômico, não apenas devido à sua actividade pesqueira, mas também devido aos recursos minerais disponíveis, incluindo areias pesadas entre outros. (Veja figura 12).



Figura 12. Localização das cinco áreas de concessão para mineração de areias pesadas. Fonte: (IMPACTO, 2022).

O distrito possui sua vila principal em Mucupia, onde está localizada a sede do governo distrital. Mucupia é composta por várias regiões, incluindo áreas de estudo, Machilua, que faz parte da vila, a região de 1º de Maio, que se conecta a Machilua, e a região de Namintage, que liga com 1º de Maio. Curiosamente, durante uma visita de trabalho, a ex-primeira-dama da República de Moçambique, Maria da Luz Guebuza, escolheu a zona de Namitange para sua estadia. Essa escolha destaca a importância e o potencial da região.

3.1.1. Região de Machilua

Machilua é um bairro da localidade de Mucupia, que é a principal vila do distrito. Localizada a leste de Inhasunge, Machilua ocupa uma posição estratégica, fazendo fronteira com as localidades de Chirimane e Olinda, e é delimitada pela foz do Oceano Índico. Ao norte, conecta-se à cidade de Quelimane, enquanto a oeste se estende até o posto administrativo de Bingagira. Ao sul, faz fronteira com o posto administrativo de Gonhane.

Devido à sua importância estratégica, a região de Machilua se torna um ponto focal para actividades de desenvolvimento e preservação ambiental. Assim, é crucial realizar uma vigilância rigorosa e adotar uma gestão sustentável dessas áreas para assegurar a proteção dos recursos naturais e o bem-estar da comunidade local. (Veja a figura 13).



Figura 13. Pontos de Controlo da região de Machilua.

3.1.2. Região de 1° de Maio

A região de 1° de Maio está localizada a leste do distrito de Inhassunge e é delimitada pela foz do Oceano Índico, fazendo fronteira com a localidade de Olinda. Ao norte, limita-se com a cidade de Quelimane. A oeste, a região faz fronteira com o posto administrativo de Gonhane e o bairro de Mucambane, enquanto ao sul, faz fronteira com zona de Namitange. A Figura 14 ilustra a região de 1° de Maio.



Figura 14. Pontos de Controlo na zona de 1 de Maio.

3.1.3. Região de Namitange

A região de Namitange, faz parte da localidade de Mucupia, está posicionada a leste de Inhassunge e é especialmente sensível às mudanças climáticas. Delimitada pelo braço do Oceano Índico (Olinda) e pela ilha de Iluane, ao sul é confrontada pelo posto administrativo de Gonhane, enquanto a oeste é cercada pelo bairro de Mucambane e ao norte, sua fronteira se estende até a cidade de Quelimane.

Neste contexto de mudanças climáticas, a região de Namitange enfrenta desafios significativos, incluindo a ameaça crescente de erosão fluvial.

É importante destacar que, devido ao agravamento das mudanças climáticas, a região tem se tornado ainda mais vulnerável à erosão. Curiosamente, durante o período colonial, essa área era considerada uma zona turística, um contraste notável com os desafios ambientais que enfrenta hoje. A figura 15 ilustra a situação da erosão na região em estudo.



Figura 15. Pontos de Controlo na região de Namitange.

3.2. Materiais e Método de Recolha de Dados

Para a recolha de dados, foram utilizados diversos métodos, nomeadamente:

3.2.1. Monitoramento da erosão por meio da utilização de pontos de controle (marcos)

Este método envolve na colocação de marcos em locais estratégicos ao longo da área de estudo. Esses pontos de controle são posicionados de forma cuidadosa para possibilitar a medição contínua das alterações na superfície do solo. A técnica consiste em realizar comparações periódicas das condições do solo ao redor dos marcos para avaliar a magnitude e a velocidade da erosão.

Para este estudo, foram colocados 29 marcos ao longo de toda a área de pesquisa. Cada marco consistia em três pontos, espaçados a 3 metros entre si, e alinhados com a linha actual de erosão. Assim, cada marco cobria uma extensão total de 9 metros ao longo da linha de erosão. Esta distribuição dos marcos permitiu uma análise abrangente da erosão, facilitando a medição precisa das alterações na superfície do solo ao longo do tempo. Veja a figura 16.



a)

b)

c)

Figura 16. Processo de colocação de marcos (a,b e c).

Os marcos foram rotulados de A a CZ para facilitar a identificação durante a monitorização, como mostrado nas tabelas X, Y e Z. Além disso, foram registadas as coordenadas de cada marco para assegurar sua localização, caso algum seja removido. Esse registo foi realizado com o aplicativo GPS Essentials (figura 35), instalado em um telefone Android TECNO SPARK 10 Pro. O GPS Essentials forneceu a precisão das coordenadas (latitude e longitude) e o número de satélites que cobriam a área, permitindo a verificação detalhada da localização de cada marco, conforme descrito nos Apêndice 1 á 3.

As coordenadas obtidas foram inicialmente importadas para o ArcGIS para conversão e, posteriormente, exportadas para o Google Earth para a visualização dos pontos, conforme ilustrado nas figuras 13,14,e 15.

3.2.2. Entrevista

Foram entrevistados 13 moradores (Apêndice 52), da área de pesquisa, com idades variando entre 40 e 90 anos, para avaliar a evolução da erosão e os impactos das mudanças climáticas ao longo dos últimos 31 anos, de 1992 a 2023. Os entrevistados foram identificados com as letras de A a N, com duas (2) mulheres e onze (11) homens.

O questionário, elaborado pelo autor, foi projectado para explorar a percepção dos moradores sobre a erosão e suas causas, incluindo mudanças climáticas. As entrevistas foram conduzidas ao longo de três dias, cobrindo as diversas regiões do estudo, com cada sessão tendo uma duração mínima de 2 horas.

As informações foram gravadas com um telefone Android Tecno Spark 10 Pro e, posteriormente, analisadas para entender a evolução da erosão e os efeitos das mudanças climáticas, complementadas por imagens registradas durante as entrevistas.

3.2.3. Coleta de Amostra de Sedimentos

Para a coleta de dados, foram selecionados seis pontos distintos: B, M, O, R, J e Z. Em cada ponto, foram coletadas amostras tanto da superfície quanto do fundo dos sedimentos. A metodologia adotada consistiu na extração de amostras de uma coluna de sedimentos com profundidade de 3 cm, abrangendo desde a superfície em direção ao fundo e do fundo para cima. Essa abordagem fornece uma representação aproximada dos sedimentos da coluna de água. Os detalhes dessa metodologia estão ilustrados na figura 17 e apêndice 47.



Figura 17. Coleta de amostra de sedimentos: a) medição da coluna; b, c) retirada da amostra;

A escolha dos pontos de coleta foi baseada nas observações feitas durante o monitoramento da velocidade de erosão, realizado de Janeiro á Maio de 2024.

3.2.4. Medição da Velocidade da Corrente e Amplitude de Maré

De acordo com o diagrama de Hjulström, a velocidade da corrente necessária para movimentar sedimentos varia com o tamanho dos grãos: sedimentos finos, como argilas e siltes, podem ser erodidos e transportados por correntes mais lentas, enquanto grãos maiores, como areia e cascalho, necessitam de correntes mais rápidas para serem mobilizados. Quando a velocidade da corrente diminui, o fluxo perde a capacidade de manter os sedimentos suspensos e começa a depositá-los.

A amplitude da maré foi medida a cada 10 minutos usando uma régua de maré com altura de 2m, obtida na Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras da Universidade Eduardo Mondlane - Quelimane, enquanto a velocidade da corrente foi medida a cada 30 minutos. Para determinar a velocidade da corrente, foi utilizada a Eq.16

$$v_{média} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad [cm/s] \quad \text{Eq. 16}$$

Onde: $v_{média}$ é a velocidade média [cm/s], Δx é variação de deslocamento [cm] e Δt é variação do tempo [s].

A distância percorrida era fixa, com 3m entre duas estacas posicionadas no leito do rio. O tempo foi cronometrado utilizando o telefone Tecno Spark 10 Pro, controlando o tempo de movimento de objectos do rio ao atravessarem a estaca 1 e chegarem à estaca 2.

As medições foram realizadas em seis pontos de monitoramento no intervalo de 05:00h á 17:00h, registando o tempo gasto durante o movimento de objecto da estaca 1 á 2 e a amplitude da maré. Veja figura 18.

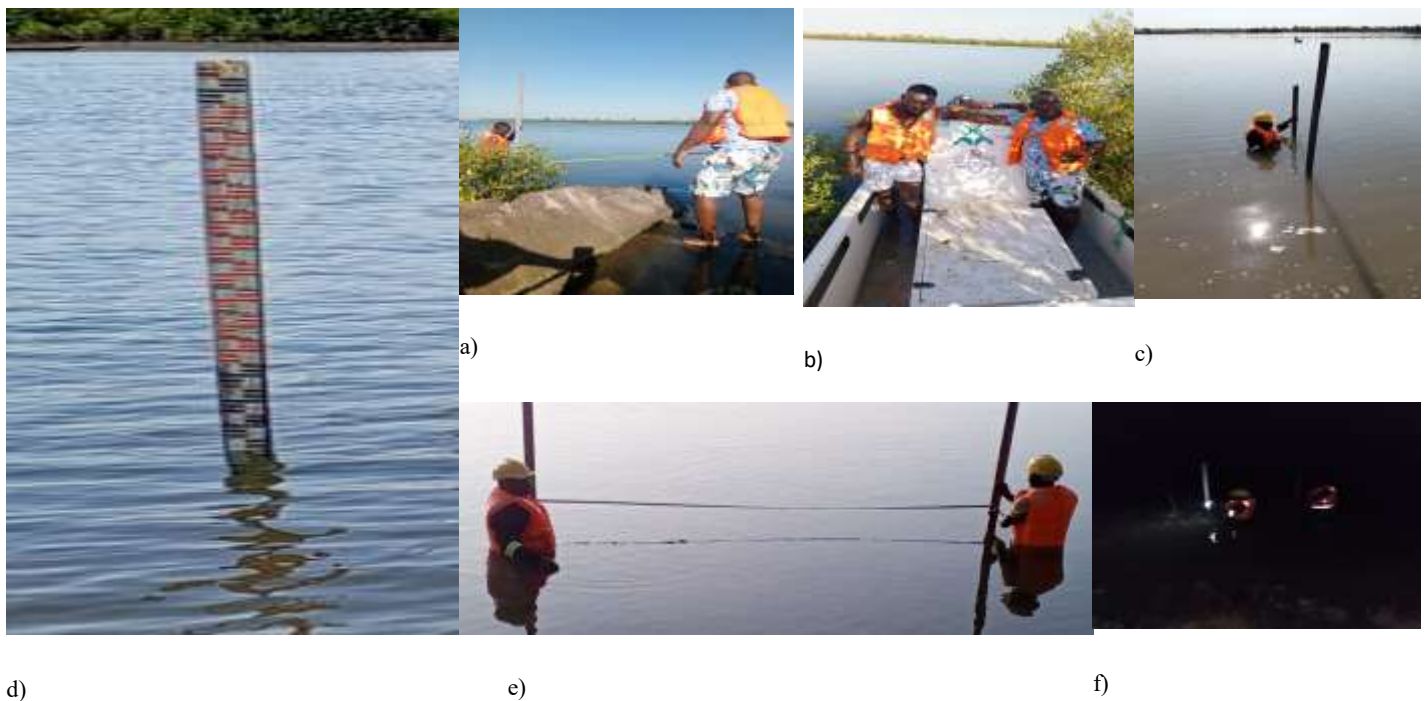


Figura 18. Medição da corrente e amplitude de maré: a, b) instrução no estuário dos bons sinais em Quelimane; c, f) medição de amplitude a maré; e) medição de distância entre estacas; d) régua de maré

3.2.5. Precipitação

As características das precipitações que mais interferem no processo de erosão do solo são a intensidade, a duração e a frequência da precipitação e a sua erosividade. Sendo o solo um recurso de renovação lenta e podendo ser rapidamente degradado pela acção da erosão, torna-se fundamental o conhecimento da forma como a precipitação atua no ambiente no qual esteja inserido (Santos, Griebeler, & Oliveira, 2010). Os dados de precipitação foram obtidos no Instituto Nacional de Meteorologia (INAM), especificamente na delegação provincial de Zambézia, através do Departamento de Observação e Rede (DOR). A

informação abrange a precipitação média mensal (mm) registada na estação de Quelimane desde 1992 até 2023.

3.3. Mudanças Morfológicas

A medição foi conduzida desde esses pontos de referência até a linha de erosão actual, com o objectivo de determinar a extensão da área que sofreu erosão durante o período analisado. Este método envolveu a marcação precisa dos pontos de referência e a medição das distâncias entre eles e a linha de erosão, permitindo calcular a faixa de terreno erodido. Veja a figura 19.



a)

Figura 19. Mudança da morfologia do local. a) Medição da antiga barreira de proteção á linha de erosão actual;b) Medição do local onde havia troco de mangueira anteriormente á linha de erosão actual

Além das medições realizadas no terreno, utilizou-se o Google Earth Pro para analisar a linha costeira desde 2002 até Setembro de 2023. Essa análise permitiu uma comparação visual das mudanças na linha costeira ao longo do tempo, complementando as medições directas com um panorama mais amplo da evolução da erosão.

Com base nas medições realizadas e nas imagens de satélite, foi possível quantificar a extensão da área afectada e entender a dinâmica da erosão em relação às estruturas e à vegetação presentes no local.

3.4. Métodos de Análise de Dados

3.4.1. Análise de Sedimentos: Etapas

Em 9 de Julho de 2024, foi realizada a coleta de amostras de sedimentos em seis pontos de monitoramento designados como B, M, O, R, J e Z. A coleta foi executada utilizando uma fita métrica para medir a distância vertical da superfície até o fundo e vice-versa, garantindo uma precisão na distância de 3 metros.

O processo de coleta envolveu também o uso de plásticos phet para a contenção dos sedimentos e uma catana para a extração dos mesmos. Após a remoção dos sedimentos, as amostras foram cuidadosamente transferidas para sacos de coleta apropriados para evitar contaminação ou perda de material. Cada amostra foi rotulada com o ponto de coleta correspondente e armazenada em condições que preservassem suas características originais até a análise subsequente.

3.4.2. Análise de Sedimentos

Após a coleta das amostras de sedimentos, estas foram submetidas a análises em dois laboratórios especializados localizados na cidade de Quelimane. As análises foram realizadas no Laboratório de Solos da Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras (ESCMC), da Universidade Eduardo Mondlane (UEM), e no Laboratório de Engenharia Civil do Instituto Superior de Humanidades, Ciências e Tecnologias (ISHCT), uma instituição independente.

No Laboratório de solos da ESCMC, foi realizada a medição do peso das amostras contendo umidade e a secagem. As amostras foram uniformizadas para um peso de 500 g, conforme ilustrado na figura 39a. Após essa padronização, as amostras foram submetidas ao processo de secagem a uma temperatura de 80°C, com duração de 6 horas para cada ciclo de secagem. O processo de secagem foi conduzido em três dias, de 19 á 21 de Julho de 2024, para garantir a completa remoção da umidade em todas as amostras. A secagem foi monitorada e concluída conforme detalhado Apêndice 4, assegurando a consistência e a precisão dos resultados obtidos.

Após o processo de secagem no laboratório de ESCMC, as amostras de sedimentos foram levadas ao laboratório de Engenharia Civil do ISHCT para análise granulométrica.

Inicialmente, foi realizada a medição do peso seco de cada amostra como ilustra a figura 20, uniformizando-se um peso de 400 g para cada uma. Esta padronização foi adotada para garantir a consistência e a precisão dos resultados.



Figura 20. Medição de massa da amostra

Para a análise granulométrica, foram utilizadas peneiras de diferentes tamanhos, com as seguintes especificações e séries: peneira de 3,15 mm (série 0356838), peneira de 2 mm (série 0367718), peneira de 1 mm (série 0366530), peneira de 0,5 mm (série 0375777), peneira de 0,25 mm (série 0338123), peneira de 0,125 mm (série 0357419), peneira de 0,075 mm (série 0357419) e peneira de 0,045 mm (série 0356609), além de um fundo conforme a Apêndice 5. As peneiras foram organizadas em ordem decrescente de diâmetro para facilitar a separação dos sedimentos em frações granulométricas distintas.

Cada amostra foi colocada na peneira de maior diâmetro (3,15 mm) e, em seguida, submetida a um agitador mecânico, conforme ilustrado na figura 21. A agitação foi mantida por 10 minutos, um período estabelecido com base em recomendações técnicas para assegurar uma peneiração eficiente e completa. Este tempo é crucial para garantir que os sedimentos sejam classificados de maneira adequada de acordo com seu tamanho.



a)



b)

Figura 21. Granulometria. a) Peneiras de diâmetros diferentes. b) Processos de agitação mecânica.

Após a agitação, foram realizadas as medições do peso dos sedimentos retidos em cada peneira e dos sedimentos que passaram para o fundo conforme apêndice 4 e 5.

3.5.Cálculo da Percentagem Retida

A amostra retida refere-se à quantidade de sedimento que permanece em uma peneira específica após o processo de peneiramento. Durante o peneiramento, uma amostra de sedimento é passada por uma série de peneiras com malhas de tamanhos diferentes. As partículas maiores do que o tamanho da malha da peneira são retidas nessa peneira, enquanto as partículas menores passam para peneiras inferiores ou para o fundo. A percentagem de sedimento retido pode ser calculada utilizando a seguinte Eq.17.

$$\% \text{ da Amostra retida} = \left(\frac{\text{Peso retido na peneira}}{\text{Peso total da amostra}} \right) \times 100\% \quad \text{Eq. 17}$$

3.6. Cálculo da Percentagem Passante

A amostra passante refere-se à quantidade de sedimento que passa através de uma peneira específica durante o processo de peneiramento. Durante o peneiramento, os sedimentos são distribuídos entre várias peneiras com malhas de tamanhos diferentes. As partículas menores que o tamanho da malha da peneira passam para a peneira inferior ou para o fundo, enquanto as partículas maiores ficam retidas na peneira. A percentagem de material passante pode ser calculada através da Eq.18.

$$\% \text{ da Amostra Passante} = \left(\frac{\text{Peso total da amostra} - \text{Peso retido na peneira}}{\text{Peso total da amostra}} \right) \times 100\% \quad \text{Eq. 18}$$

Com base na eq. 24 foram elaboradas curvas granulométricas do fundo e da superfície para cada um dos pontos de monitoria.

3.7. Método de Análise de Velocidade de Corrente e Amplitude de Maré

Os dados referentes à amplitude de maré e à velocidade da corrente foram processados utilizando o Microsoft Excel. Posteriormente, os resultados obtidos foram comparados com as velocidades indicadas pelo modelo Hjulström, proporcionando uma avaliação mais detalhada e fundamentada das características dinâmicas da área de estudo.

3.8. Método de Análise de Precipitação

Os dados de precipitação foram processados utilizando Python 3.13, aproveitando bibliotecas como “pandas” e “numpy” para a organização e análise das informações. A precipitação mensal foi analisada de forma contínua no período de 1993 á 2023. Estes dados foram devidamente agrupados por mês e ano, permitindo a detecção de padrões sazonais e variações climáticas ao longo das décadas.

Posteriormente, os dados foram integrados às análises geoespaciais, complementados com imagens de satélite do Sentinel-1, provenientes de intervalos temporais variáveis, dada a indisponibilidade de um registo histórico contínuo para a área de estudo. As imagens de radar fornecidas pelo Sentinel-1 foram utilizadas para identificar mudanças na superfície terrestre e avaliar o impacto das variações de precipitação na intensificação da erosão fluvial.

Além disso, a análise cruzada entre os dados de precipitação e os registos qualitativos de moradores locais permitiu compreender as ligações entre os padrões de chuva e os processos erosivos observados.

3.9. Métodos de Análise das Mudanças Morfológicas

A análise das alterações morfológicas baseou-se em medições directas realizadas no terreno, bem como na utilização de ferramentas digitais, como o Google Earth Pro, com o intuito de complementar e validar os resultados obtidos. Esta abordagem permitiu uma avaliação abrangente das transformações ocorridas ao longo dos últimos 22 anos. A delimitação deste intervalo temporal justifica-se pela escassez de dados disponíveis para a região entre 1993 á 2002, assim como pela ausência de registos em determinados períodos. Acresce que, nas localidades do 1.º de Maio e de Namitange, apenas foi possível aceder a imagens referentes ao período de 2013 á 2023, o que representa um intervalo mais reduzido em comparação com a área de Machilua.

A utilização do Google Earth Pro Imagens de alta resolução do Google Earth Pro foram feitas para complementar as medições em campo, permitindo uma análise visual das alterações na linha costeira entre 1992 á Setembro de 2023. Essas imagens possibilitaram identificar recuos da linha de erosão e determinar áreas de maior susceptibilidade ao fenómeno.

3.10. Métodos de Análise de Entrevista

A análise das entrevistas foi realizada com base em uma abordagem qualitativa estruturada, cujo objectivo principal era entender as percepções dos moradores sobre a erosão fluvial ao longo de 31 anos (1993-2023). O processo começou com o desenho do questionário, elaborado de forma detalhada para abranger tópicos como evolução da erosão, suas causas (incluindo mudanças climáticas) e os impactos observados no dia-a-dia. O formato das entrevistas foi projectado para facilitar a expressão dos participantes, com perguntas abertas que permitiram respostas profundas e descritivas. As gravações realizadas em campo garantiram que todas as nuances das respostas fossem capturadas para posterior análise.

Após a realização das entrevistas, os dados foram transcritos e agrupados em categorias temáticas para facilitar a análise. Os relatos foram examinados para estabelecer ligações entre as mudanças observadas na erosão e os factores sociais, ambientais e climáticos destacados pelos entrevistados. A inclusão de moradores de diversas faixas etárias e géneros forneceu uma perspectiva diversificada, enriquecendo a interpretação das tendências e impactos ao longo do período de estudo.

3.11. Limitações

As principais limitações do estudo incluem a impossibilidade de obter dados locais de precipitação devido à ausência de uma estação meteorológica na área, recorrendo-se aos dados da cidade de Quelimane por ser a mais próxima. As medições da velocidade das correntes e da amplitude das marés foram realizadas por métodos tradicionais, sem o uso de mareógrafos ou ancoramentos. Verificou-se ainda a falta de imagens de satélite entre 1993 á 2001 e em outros intervalos, bem como a ausência de estudos anteriores que servissem de base comparativa

Capítulo IV. Resultados e Discussões

4.1. Resultados

4.1.1. Resultados de Entrevista

As entrevistas realizadas nas regiões de Machilua, 1º de Maio e Namitange permitiram compreender a evolução, as causas e os impactos da erosão fluvial.

Os relatos (Apêndice 4.1.1.1), revelam a intensificação do fenômeno ao longo das últimas décadas, agravada por eventos climáticos extremos e ações humanas.

A tabela 1 apresenta a síntese das respostas, destacando os principais riscos ambientais, sociais e infraestruturais observados nas três regiões estudadas.

Tabela 1. Síntese das percepções dos entrevistados sobre a erosão fluvial nas regiões de Machilua, 1º de Maio e Namitange, distrito de Inhassunge.

Região	Entrevistados	Questões Principais	Síntese das Respostas	Riscos Identificados	Observações / Evidências
Machilua	A, B, C, D, E, F, G	Quando começou e como evoluiu a erosão?	O processo acelerou nos anos 2000 e agravou-se com as cheias e ciclones (Idai e Freddy). Áreas residenciais e agrícolas transformaram-se em leito fluvial..	<ul style="list-style-type: none"> - Desaparecimento de zonas habitacionais e campos agrícolas; - Destruição de infraestruturas e vias de acesso; - Formação de crateras e novos canais fluviais (“rios mortos”); - Intrusão salina e contaminação da água potável; - Deslocamento de famílias e perda de bens; - Risco de colapso da vila de Inhassunge a médio prazo; 	Estrada e campo de futebol desapareceram; avanço >30 m; casas destruídas por cheias; crateras abertas durante o ciclone Freddy.

				- Aumento da insegurança alimentar e perda de biodiversidade local.	
	A, B, C, D, E, F, G	Causas principais	Ciclones e chuvas intensas; corte de mangais; retirada de solo (matope); produção de carvão nas margens; marés altas e tipo de solo arenoso.	- Perda da vegetação de proteção (mangais); - Aceleração da erosão por ações humanas; - Aumento da vulnerabilidade costeira; - Redução da capacidade natural de retenção do solo.	Fornos de carvão e extração de lama nas margens; destruição de mangais.
	A, B, C, D, E, F, G	Intervenções observadas	Tentativas de plantio de eucaliptos e mangais; uso de sacos de lama e vasos de betão; cerimônias tradicionais e ações comunitárias.	-Intervenções sem sucesso duradouro; -Persistência do avanço erosivo; - Falta de estudos técnicos e continuidade das ações.	Árvores destruídas por marés; viveiros soterrados; ações dos padres e do governo local sem resultados visíveis.
1º de Maio	H, I, J, K	Quando começou e evoluiu a erosão?	A erosão intensificou-se nos últimos 10–15 anos, com perda de terras, campos agrícolas e cemitérios; avanço constante do rio sobre o continente.	- Desaparecimento de habitações e estradas; -Perda de cemitérios e áreas agrícolas; -Intrusão salina e perda de água doce; - Risco de deslocamento forçado de famílias; - Insegurança alimentar e perda de árvores frutíferas; - Enfraquecimento do tecido social (migração interna).	Avanço anual da linha de erosão; cemitérios e igrejas submersos; destruição de lojas e casas.
	H, I, J, K	Causas principais	Chuvas intensas, marés, ventos fortes, tipo de solo arenoso, corte de mangais.	-Fragilidade do solo e erosão acelerada durante chuvas fortes; -Falta de vegetação protetora; -Aumento da vulnerabilidade das infraestruturas escolares e religiosas.	Eventos extremos (ciclones Bonita, Idai e Freddy); solos instáveis e arenosos.

	H, I, J, K	Intervenções observadas	Acções locais de plantio e barreiras vegetais; ausência de intervenção governamental.	<ul style="list-style-type: none"> - Impacto reduzido e limitado a curto prazo; - Falta de apoio técnico e financiamento público; - Erosão avança de forma contínua. 	Barreiras comunitárias e replantio com resultados temporários; falta de planos distritais de mitigação.
Namitange	L, M, N	Quando começou e como evoluiu a erosão?	A erosão intensificou-se após 2013, agravada por ciclones e cheias; o curso de água expandiu-se, destruindo casas, lojas e cemitérios.	<ul style="list-style-type: none"> -Risco extremo de desaparecimento da localidade; -Inundações frequentes e destruição de infraestruturas; - Contaminação de poços e fontes de água; -Deslocamento populacional massivo; - Perda de solos férteis e campos agrícolas; - Ameaça à segurança alimentar e à saúde pública; - Risco de isolamento da vila e ruptura de vias de transporte. 	Avanço >30 m; cemitérios e lojas submersos; criação de valas drenantes que ampliaram o rio; casas engolidas pelo avanço das águas.
	L, M, N	Causas principais	Chuvas torrenciais, ciclones, marés altas, desmatamento e alterações climáticas; atividades humanas (fornos, abertura de valas, remoção de solo).	<ul style="list-style-type: none"> -Exposição acentuada da população; -Falta de cobertura vegetal e barreiras naturais; - Ampliação da intrusão salina e perda de solo produtivo. 	Efeitos combinados de maré e cheias; corte de vegetação de proteção; degradação acelerada das margens.
	L, M, N	Intervenções observadas	Tentativas comunitárias de contenção com mangais e barreiras de troncos; ausência de apoio institucional.	<ul style="list-style-type: none"> -Resultados limitados e temporários; -Falta de planeamento e continuidade; - Crescente desmotivação da população local. 	Iniciativas locais sem supervisão técnica; nenhuma intervenção governamental de grande escala.

4.1.2. Resultados: As Imagens de Satélite Históricas

A tabela 2 apresenta a síntese dos resultados obtidos a partir da análise das imagens de satélite e das observações de campo realizadas nas regiões de Machilua, 1º de Maio e Namitange, localizadas na localidade de Mucupia, distrito de Inhassunge.

Os dados permitem compreender a evolução temporal da erosão fluvial, bem como os impactos diretos nas infraestruturas, habitações e na vida das comunidades locais (Apêndice 4.1.2.1,27 e 28). A sistematização das informações visa facilitar a comparação entre as áreas estudadas e evidenciar o grau de vulnerabilidade ambiental e social de cada região.

Tabela 2. Síntese dos resultados obtidos a partir da análise das imagens de satélite

Região	Período de Observação	Nível de Eroditividade / Avanço da Erosão (m)	Erosão	Principais Impactos Observados	Observações Complementares
Machilua	2002 – 2023	82,8 m – 118 m (média de 97 m)	Fluvial	Destruição de habitações, perda de machambas, remoção de árvores e deslocação de famílias	Erosão não uniforme; imagens de satélite confirmam perdas progressivas; necessidade de reflorestamento e estabilização das margens.
	2013 – 2023	50 m – 93 m	Fluvial	Perda de casas, árvores e áreas agrícolas; destruição de infraestrutura comunitária e deslocação populacional	Erosão intensificada nos últimos 8 anos; avanço contínuo e irregular entre zonas; danos diretos em residências e terrenos agrícolas.
	2016 – 2023	25,9 m – 93,8 m	Fluvial	Destruição de casas, machambas e árvores; perda de animais domésticos; deslocação forçada de moradores	Erosão acelerada e sem controle; limitações na disponibilidade de imagens dificultaram a monitoria constante.
1º de Maio	2013 – 2023	6,82 m – 29,2 m	Fluvial	Erosão moderada, sem registro de deslocações; região parcialmente estável	Zona de menor vulnerabilidade; manutenção relativa da infraestrutura.
	2016 – 2023	10,4 m – 29,9 m	Fluvial	Pequenas perdas de terreno e de vegetação; início de riscos em residências próximas à margem	Indícios de aumento gradual da erosão em áreas antes estáveis.
	2018 – 2023	4,41 m – 19,9 m	Fluvial	Erosão localizada em curto período; risco potencial a habitações ribeirinhas	Aceleração perceptível do processo erosivo nos últimos cinco anos.

Namitange	2013 – 2023	16,6 m – 29,3 m	Fluvial	Destruição de estradas, casas, lojas e áreas de cultivo; perda de vegetação e cemitérios próximos às margens	Elevado impacto social e ambiental; danos estruturais severos; comprometimento da vida comunitária.
	2016 – 2023	13,2 m – 27,3 m	Fluvial	Danos em infraestruturas, habitações e terrenos agrícolas; deslocação parcial de famílias	Erosão mais rápida e intensa; perda de estabilidade do solo.
	2018 – 2023	12,2 m – 21,2 m	Fluvial	Destruição de casas, cemitérios e machambas; deslocamento crescente de moradores.	Processo erosivo fortemente agravado; necessidade urgente de intervenção local e medidas de adaptação.

4.1.3. Resultados do Controle da Erosão Fluvial

Os resultados apresentados neste estudo são fruto de uma monitorização detalhada da erosão fluvial, realizada ao longo de um período de um ano, entre Janeiro á Dezembro de 2024. O objectivo foi avaliar a dinâmica e a velocidade do fenómeno, com a colocação de 29 marcos de controlo em locais estratégicos das áreas mais afectadas. Estes marcos foram distribuídos conforme as características das regiões estudadas (Apêndice 7 á 17):

- a) Região de Machilua: Foram posicionados 13 pontos de controlo em zonas de elevada susceptibilidade à erosão, abrangendo áreas críticas que apresentam uma maior exposição ao fenómeno;
- b) Região do 1º de Maio: Foram estabelecidos 3 pontos de controlo em locais específicos que registam maior intensidade de erosão. O menor número de marcos nesta região está relacionado com a menor extensão da área e à presença de mangais em grande parte do território, que actuam como barreiras naturais contra a erosão;
- c) Região de Namitange: Foram posicionados 13 pontos de controlo em áreas vulneráveis, onde o avanço da erosão tem provocado impactos significativos sobre o solo, a vegetação e as estruturas próximas.

A monitorização consistiu em medições regulares realizadas a partir dos pontos de controlo até à linha de erosão actual, permitindo acompanhar a progressão do fenómeno e calcular com precisão a extensão e a velocidade da perda de terreno ao longo do período analisado. Este

procedimento permitiu identificar padrões específicos da erosão fluvial nas diferentes regiões, bem como a influência de factores locais. (Veja a tabela 3)

Tabela 3. Tabela: Evolução da Erosão por Marco e Região (Janeiro–Dezembro de 2024)

Região	Marco	JFM (Jan–Mar)	AMJ (Abr–Jun)	JAS (Jul–Set)	OND (Out–Dez)	Erosão Total (m)	Observações Principais
Machilua	A	Estável, início sem erosão	-0,3 m	-1,4 m	-2,3 m	-4,0	Aumento gradual com pico no último trimestre
	B	-0,6 m	Estável	-2,0 m	-3,4 m	-6,0	Padrão não linear; perdas severas em Dezembro
	C	Estável até Fev	-0,3 m	-2,8 m	-4,2 m	-7,0	Avanço acelerado a partir de Julho
	D	-1,1 m	-1,8 m	-5,5 m	-8,4 m	-8,4	Erosão intensa no final do ano
	E	-2,0 m	-4,0 m	-6,0 m	-7,4 m	-7,4	Aceleração contínua desde Maio
	F	-1,1 m	-1,2 m	-3,3 m	-6,0 m	-6,0	Comportamento progressivo e estável
	G	-0,4 m	-1,7 m	-4,9 m	-8,0 m	-8,0	Ponto mais afectado da região
	H	-1,0 m	-1,7 m	-5,5 m	-7,4 m	-7,4	Erosão constante e acelerada no 2º semestre
	I	-1,0 m	-1,5 m	-5,7 m	-8,0 m	-8,0	Impacto severo no 3º trimestre
	J	-1,1 m	-4,0 m	-6,9 m	-9,0 m	-9,0	Linha de erosão atingiu 0 m em Outubro
	K	-2,4 m	-4,0 m	-8,0 m	-9,0 m	-9,0	Um dos marcos mais vulneráveis
	L	-2,2 m	-4,0 m	-7,0 m	-9,0 m	-9,0	Atingiu limite de recuo em Outubro
	M	-2,8 m	-5,0 m	-9,0 m	-9,0 m	-9,0	Recuo total em Agosto
1º de Maio	N	-2,0 m	-2,8 m	-6,7 m	-8,4 m	-8,4	Erosão gradual com aceleração no final
	O	Estável até Fev	-1,0 m	-7,0 m	-9,0 m	-9,0	Colapso total em Outubro
	P	-1,1 m	-2,8 m	-5,0 m	-7,0 m	-7,0	Aceleração expressiva em Outubro
	Q	-1,0 m	-2,3 m	-4,0 m	-6,0 m	-6,0	Oscilações com erosão progressiva
	R	-1,0 m	-2,3 m	-3,5 m	-6,0 m	-6,0	Comportamento linear e moderado
	S	-0,4 m	-0,4 m	-3,6 m	-4,0 m	-4,0	Maior estabilidade da região
	T	-0,3 m	-0,4 m	-5,0 m	-9,0 m	-9,0	Resistência até Julho; colapso posterior

Namtange	U	-1,0 m	-3,0 m	-7,0 m	-9,0 m	-9,0	Erosão linear e acelerada
	V	-0,6 m	-2,5 m	-7,0 m	-9,0 m	-9,0	Atingiu limite em Setembro
	W	-0,8 m	-3,2 m	-8,0 m	-9,0 m	-9,0	Perdas abruptas entre Julho e Agosto
	X	-1,2 m	-3,4 m	-7,7 m	-9,0 m	-9,0	Alta vulnerabilidade no 3º trimestre
	Y	-1,0 m	-1,6 m	-6,0 m	-9,0 m	-9,0	Avanço rápido entre Julho e Outubro
	Z	-1,3 m	-1,6 m	-7,0 m	-9,0 m	-9,0	Recuo completo em Agosto
	AZ	-2,0 m	-2,0 m	-9,0 m	-9,0 m	-9,0	Intensificação abrupta entre Julho–Agosto
	BZ	-0,9 m	-1,0 m	-6,0 m	-9,0 m	-9,0	Padrão progressivo com colapso em Agosto
	CZ	-0,4 m	-2,2 m	-9,0 m	-9,0 m	-9,0	Ponto mais vulnerável da Namtange

4.1.4. Resultados da Análise de Granulometria de Sedimentos

Foi realizada uma análise granulométrica de sedimentos em áreas onde se observou maior velocidade de erosão durante o período de monitoria. As amostras foram coletadas na coluna d'água, no fundo e na superfície, para compreender melhor os processos erosivos no local de estudo.

Na região de Machilua, foram selecionados três pontos de monitoria devido à alta vulnerabilidade da área à erosão fluvial. Na região de 1º de Maio, apenas um ponto foi monitorado, considerando o número limitado de marcos presentes, além de a área contar com uma barreira natural significativa (mangal). Por fim, na região de Namtange, as amostras foram coletadas em dois pontos, refletindo o comportamento observado durante a monitoria, que indicou uma tendência semelhante na taxa de erosão ao longo da área.

4.1.4.1. Região de Machilua

No ponto B, as amostras foram coletadas na superfície e no fundo para analisar a distribuição granulométrica dos sedimentos. A peneira de maior retenção na superfície foi a de 0.075 mm, representando 49,75% dos sedimentos analisados. No fundo, a retenção de partículas na mesma peneira foi ainda maior, chegando a 59,5%. Esse resultado evidencia a predominância de silte na composição sedimentar deste ponto, tanto na superfície quanto no fundo.

Em relação às partículas maiores, acima de 2 mm, a análise mostrou retenção mínima ou nula. Na superfície, apenas 0,75% das partículas foram retidas na peneira de 2 mm, enquanto no fundo não houve registro de retenção neste tamanho. Esse padrão demonstra que os processos erosivos na região transportam predominantemente partículas menores e deixam partículas maiores ausentes.

A retenção nas peneiras intermediárias (0.125 mm e 0.25 mm) indica a presença de uma faixa moderada de sedimentos finos. Na superfície, a peneira de 0.125 mm retém 31,25% das partículas e a de 0.25 mm, 1,75%. Já no fundo, essas peneiras registaram retenção de 24,5% e 2,25%, respectivamente. Estes resultados apontam para uma pequena presença de areia fina em meio à predominância de silte.

As percentagens acumuladas de partículas passantes nas peneiras mostram que a superfície possui uma maior heterogeneidade de sedimentos. Enquanto 96% das partículas passam pelas peneiras de 1 mm na superfície, esse número é um pouco maior no fundo (97,5%). Isso sugere uma leve diferença no padrão de distribuição granulométrica entre as camadas.

Portanto, no ponto B, o silte é o sedimento mais predominante, evidenciado pelos altos valores de retenção em peneiras de menor tamanho. (Veja figura 22 e 23).

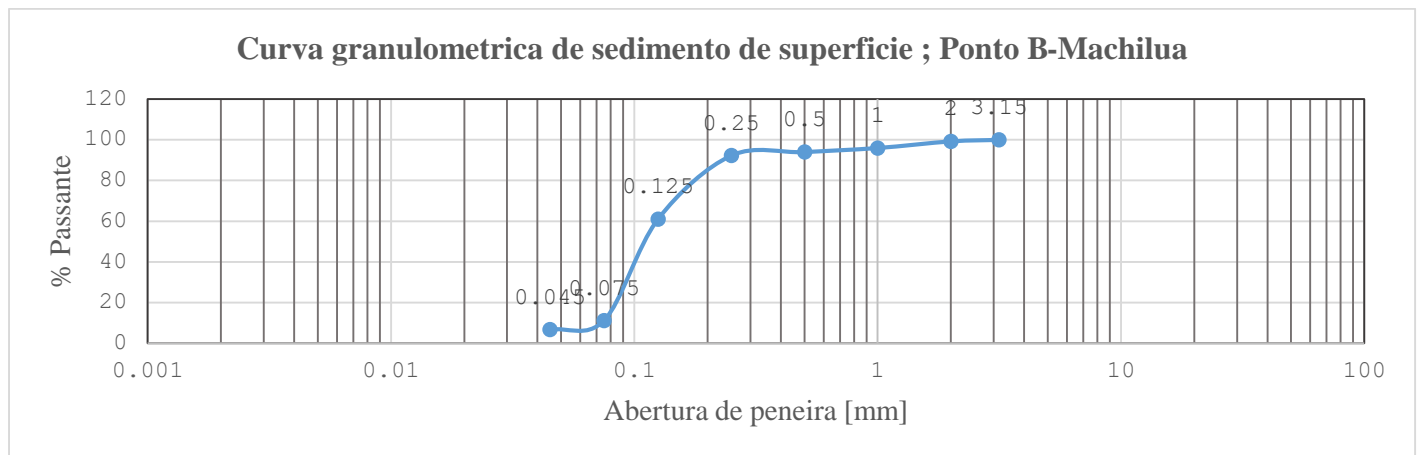


Figura 22. Análise de Granulometria de superfície no Ponto B-Machilua

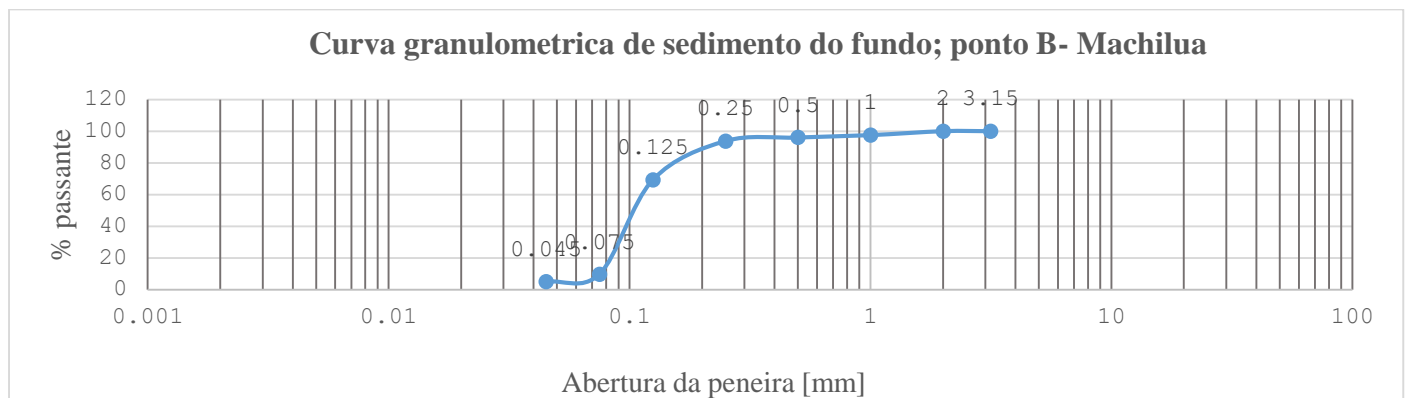


Figura 23. Análise de Granulometria do fundo no Ponto B-Machilua

O ponto M, (veja figuras 24 e 25), apresentou características granulométricas ligeiramente diferentes do ponto B, especialmente na superfície. A peneira de maior retenção na superfície foi a de 0.125 mm, com impressionantes 77,25% das partículas retidas. No fundo, o maior percentual retido foi registrado na peneira de 0.075 mm, com 67% dos sedimentos concentrados nessa faixa. Isso sugere que partículas de silte grosso predominam na superfície, enquanto silte mais fino é predominante no fundo.

As peneiras acima de 2 mm apresentaram retenção mínima ou nula. Na superfície, a retenção na peneira de 2 mm foi de 12,5%, um valor considerável em comparação com o fundo, que registou apenas 1% de retenção. Essa diferença indica que partículas ligeiramente maiores são encontradas com mais frequência na superfície neste ponto.

Nas peneiras intermediárias (0.125 mm e 0.25 mm), a retenção foi bastante concentrada na superfície. A peneira de 0.125 mm retém 77,25%, enquanto a de 0.25 mm retém apenas 1,25%. No fundo, a retenção é mais dispersa, com 12,5% na peneira de 0.125 mm e 2% na de 0.25 mm. Isso mostra uma maior heterogeneidade na composição granulométrica do fundo.

As partículas muito finas, retidas nas peneiras de 0.045 mm, registraram retenção baixa em ambas as camadas. Na superfície, apenas 1,25% das partículas foram retidas, enquanto no fundo a retenção foi de 2,5%. Este padrão indica que partículas menores, como argila, são menos predominantes neste ponto.

Com base nos dados granulométricos, o ponto M apresenta maior concentração de silte grosso na superfície e silte fino no fundo, indicando diferenças significativas nos processos erosivos e deposicionais entre as camadas.

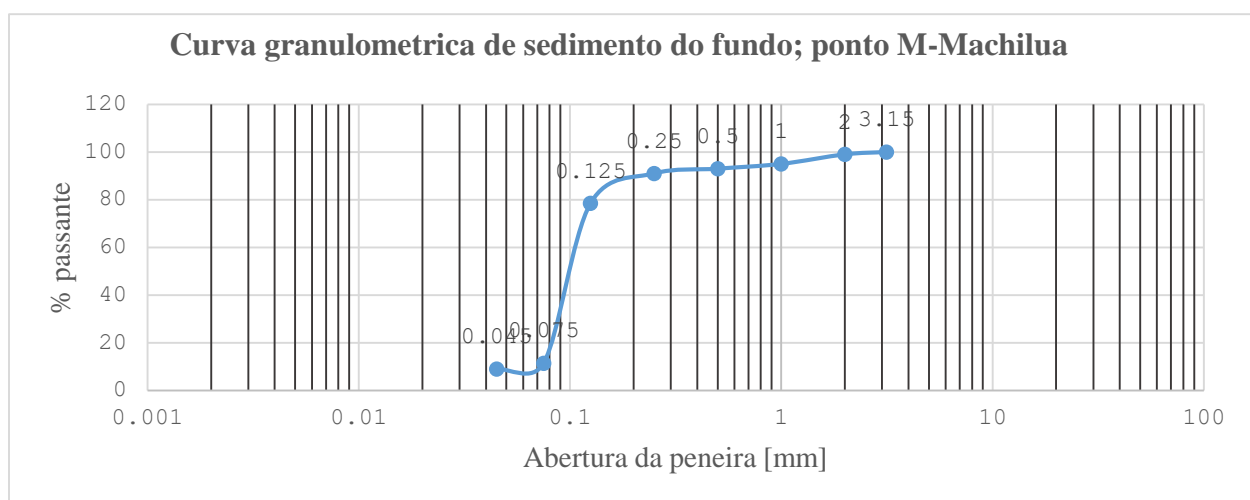


Figura 24. Análise de Granulometria do fundo no ponto M-Machilua

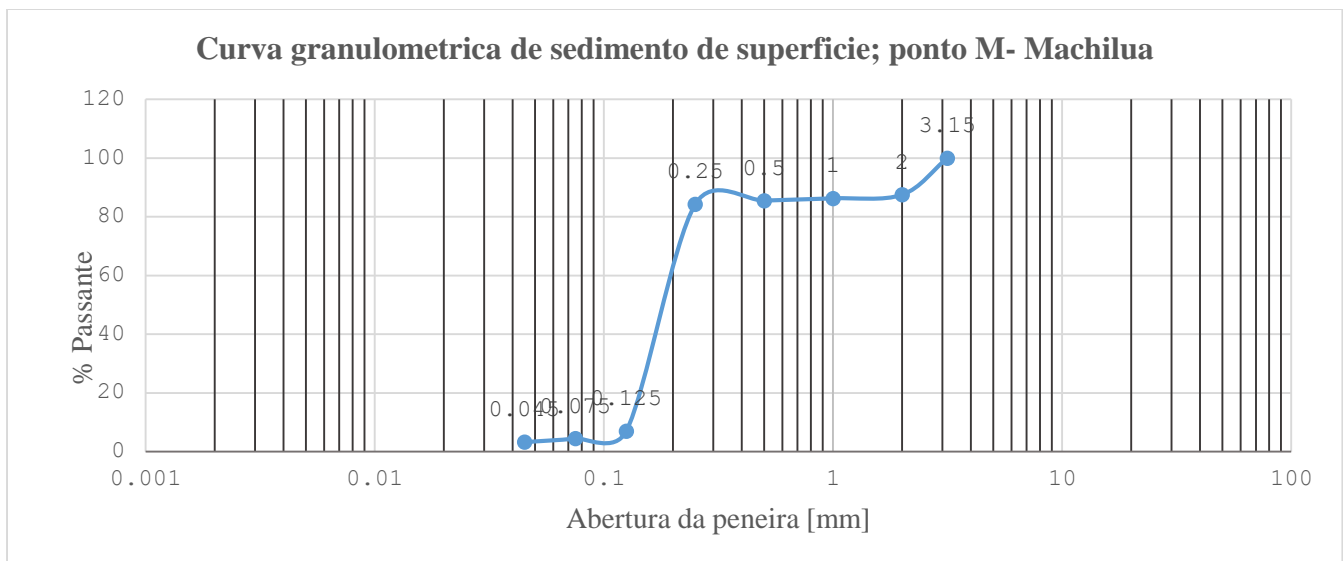


Figura 25. Análise de Granulometria de superfície no ponto M-Machilua

No ponto J, as amostras analisadas mostraram uma distribuição granulométrica distinta, especialmente nas partículas finas. A maior retenção tanto na superfície quanto no fundo ocorreu na peneira de 0.125 mm, com 77,5% e 85,5%, respectivamente. Este resultado aponta para uma predominância muito alta de silte grosso em ambas as camadas, sugerindo um ambiente sedimentar relativamente homogêneo.

Nas peneiras acima de 1 mm, não houve registro de retenção em nenhuma das camadas. Este padrão demonstra que sedimentos grosseiros estão completamente ausentes neste ponto, reforçando a ação erosiva que transporta e redistribui apenas partículas menores.

As peneiras intermediárias (0.25 mm) registraram baixa retenção em ambas as camadas. Na superfície, 1,5% das partículas foram retidas, enquanto no fundo a retenção foi a mesma (1,5%). Esses resultados mostram que sedimentos de areia média são raros neste ponto, sendo predominantemente substituídos por partículas mais finas.

Partículas muito finas, próximas ao tamanho de argila, retidas nas peneiras de 0.045 mm, apresentaram retenção baixa. Na superfície, 1,25% das partículas foram retidas, enquanto no fundo esse valor foi ainda menor, com apenas 1% de retenção. Este resultado indica que partículas extremamente finas são menos comuns no ponto J.

Com base nas análises, o ponto J apresenta um padrão uniforme com silte grosso como sedimento predominante em ambas as camadas. A ausência de partículas maiores e a baixa presença de argila reforçam a natureza homogênea do ambiente sedimentar. (Veja a figuras 26 e 27).

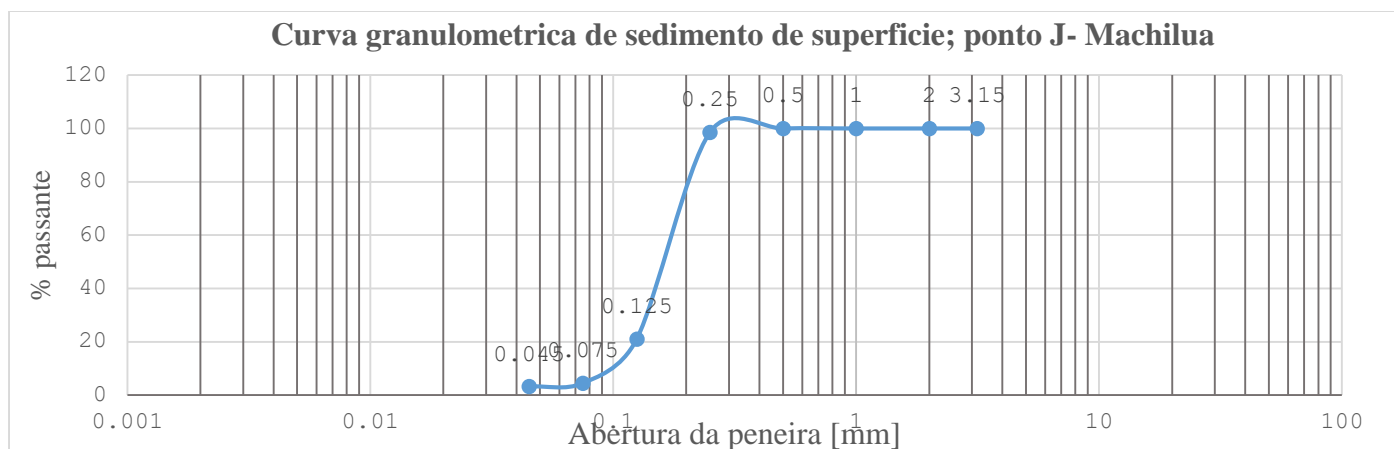


Figura 26. Análise de Granulometria de superfície no ponto J-Machilua

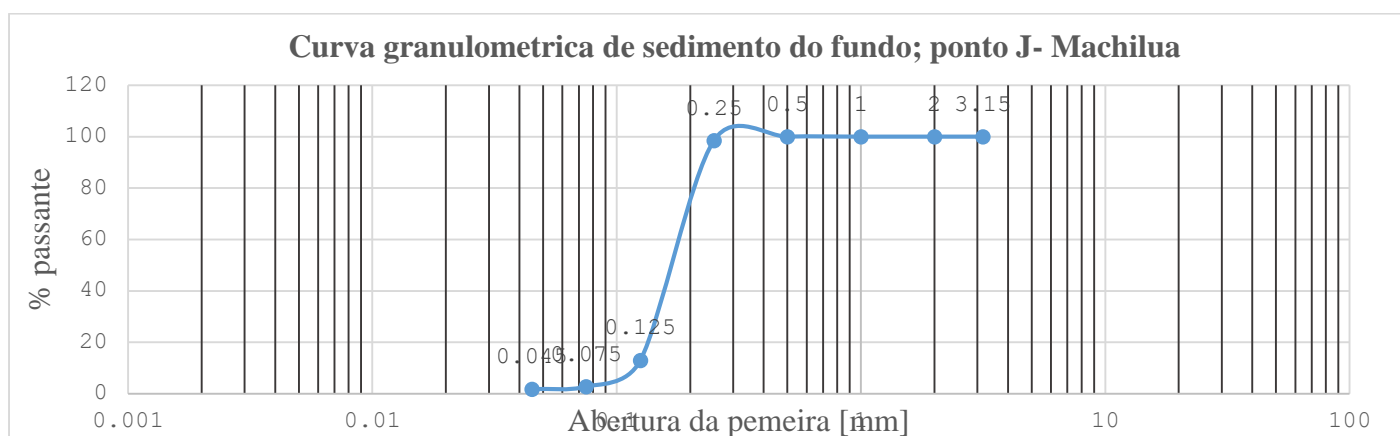


Figura 27. Análise de Granulometria do fundo no ponto J-Machilua

4.1.4.2.Região de 1º de Maio

No Ponto O, localizado na região de 1º de Maio, foram realizadas análises granulométricas para amostras coletadas na superfície e no fundo da coluna d'água. As peneiras acima de 2 mm não apresentaram retenção em nenhuma camada, sugerindo ausência de partículas grosseiras neste local. Isso indica que o ambiente é dominado por sedimentos finos, transportados principalmente pelos processos erosivos e deposicionais predominantes na região. (Veja as figuras 28 e 29).

A retenção nas peneiras intermediárias, como a de 0.25 mm, apresentou valores muito baixos. Na superfície, apenas 0,75% das partículas foram retidas, enquanto no fundo não houve retenção. A baixa quantidade de partículas nesta faixa sugere que a areia média é pouco presente no local, sendo substituída por partículas ainda menores. As porcentagens passantes para esta peneira também refletem a predominância de sedimentos finos, com 99,25% na superfície e 100% no fundo, confirmando que os processos erosivos não têm transportado partículas maiores.

As partículas retidas na peneira de 0.125 mm destacam-se como as mais predominantes neste ponto. Na superfície, 70,75% dos sedimentos foram retidos, enquanto no fundo este valor foi ligeiramente menor, com 65,5%. Este resultado indica que o silte grosso é o principal componente sedimentar tanto na superfície quanto no fundo, sendo distribuído de maneira relativamente uniforme. A percentagem passante caiu para 28,5% na superfície e 34,5% no fundo, refletindo uma concentração alta de partículas nesta faixa.

Já na peneira de 0.075 mm, os resultados mostraram retenção de partículas significativas tanto na superfície quanto no fundo. Na superfície, 24,5% dos sedimentos foram retidos, enquanto no fundo o valor foi de 31,25%. Isso aponta para a presença de silte fino, compondo uma fracção importante dos sedimentos no local. As porcentagens acumuladas mostram que a maioria das partículas passa por esta peneira, indicando uma leve diferença na distribuição entre as camadas.

Por fim, a retenção nas peneiras mais finas, como a de 0.045 mm, foi mínima. Apenas 1,5% das partículas na superfície e 2,25% no fundo foram retidas, mostrando que partículas próximas ao tamanho de argila são raras no ponto O. A análise dos dados granulométricos evidencia que o sedimento predominante é o silte grosso, seguido pelo silte fino, o que reforça a importância dos processos erosivos na redistribuição de partículas mais leves.

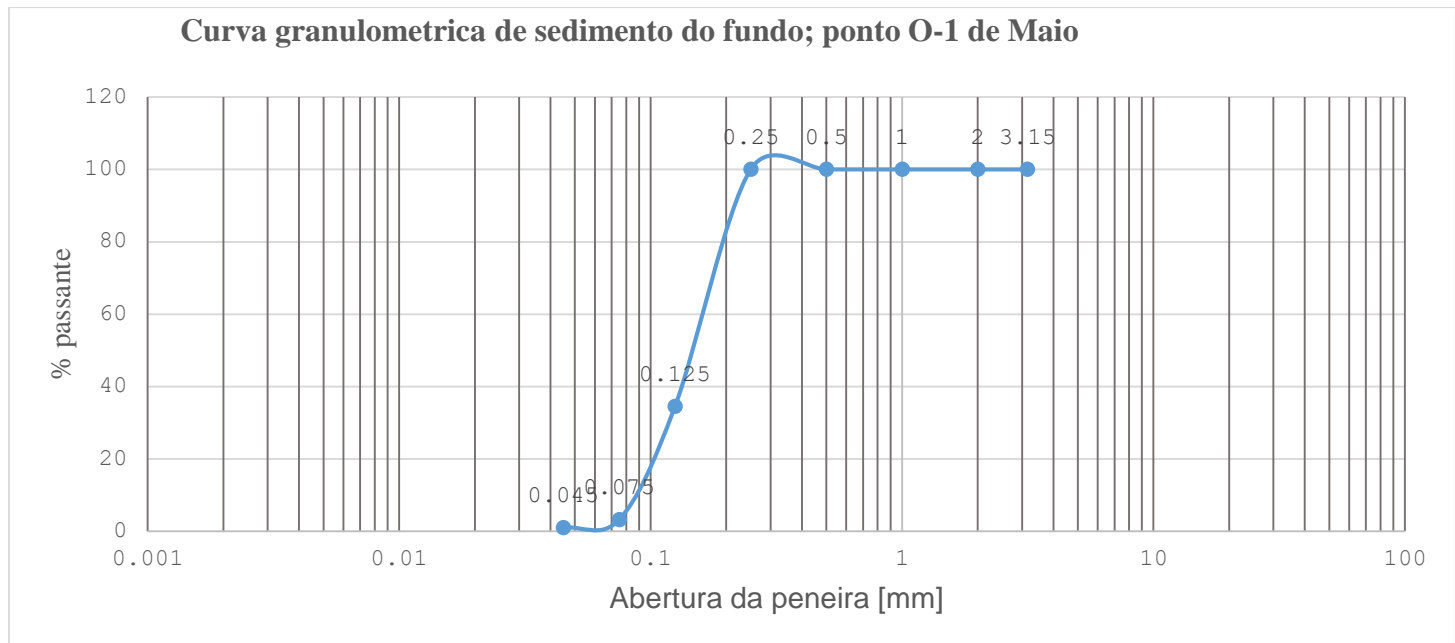


Figura 28. Análise de Granulometria do fundo no ponto O-1° de Maio

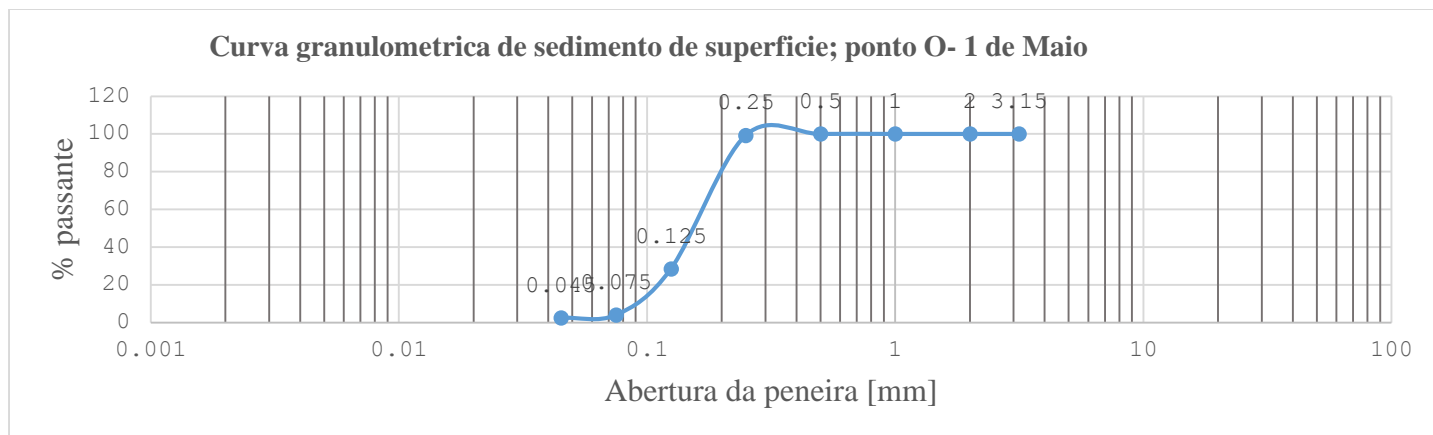


Figura 29. Análise de Granulometria de superfície no ponto O-1° de Maio

4.1.4.3.Região de Namitange

No ponto R, localizado na região de Namitange, foram realizadas análises granulométricas tanto na superfície quanto no fundo da coluna d'água. As peneiras maiores, acima de 3.15 mm, apresentaram retenção mínima, com 0% na superfície e apenas 2% no fundo para a peneira de 3.15 mm. Isso indica que partículas grossas estão ausentes na superfície e raramente presentes no fundo, sendo um reflexo das condições erosivas que favorecem o transporte de partículas finas.

As peneiras intermediárias, entre 0.25 mm e 0.5 mm, registraram retenções variadas. Na superfície, a peneira de 0.25 mm reteve 1.25% das partículas, enquanto no fundo este valor foi maior, atingindo 3.75%. Já na peneira de 0.5 mm, a retenção foi de 0% na superfície e 3.75% no fundo. Esses resultados sugerem uma leve acumulação de partículas maiores no fundo, enquanto a superfície permanece dominada por materiais menores.

A maior retenção ocorreu na peneira de 0.125 mm, com valores significativos tanto na superfície (62.5%) quanto no fundo (73.5%). Este padrão indica uma alta predominância de partículas de silte grosso, especialmente no fundo, onde estas partículas tendem a se acumular devido à menor energia das correntes. A percentagem passante caiu para 36.25% na superfície e apenas 9.25% no fundo, reforçando o acúmulo de silte grosso na camada inferior.

Na peneira de 0.075 mm, observou-se uma segunda maior retenção, com 29.25% na superfície e 2.5% no fundo. Isso demonstra a presença de silte fino, sendo mais abundante na superfície, enquanto no fundo a proporção é reduzida devido ao predomínio de silte grosso. A análise acumulada mostra que a maior parte das partículas nesta peneira ainda consegue passar, especialmente na superfície.

Por fim, as partículas mais finas retidas na peneira de 0.045 mm foram mínimas, com retenção de 2.25% na superfície e 1.75% no fundo. Esses dados sugerem que partículas menores, como argila, são raras neste ponto. No geral, o silte grosso é o sedimento mais predominante, seguido pelo silte fino, com maior concentração no fundo. (Veja figuras 30 e 31).

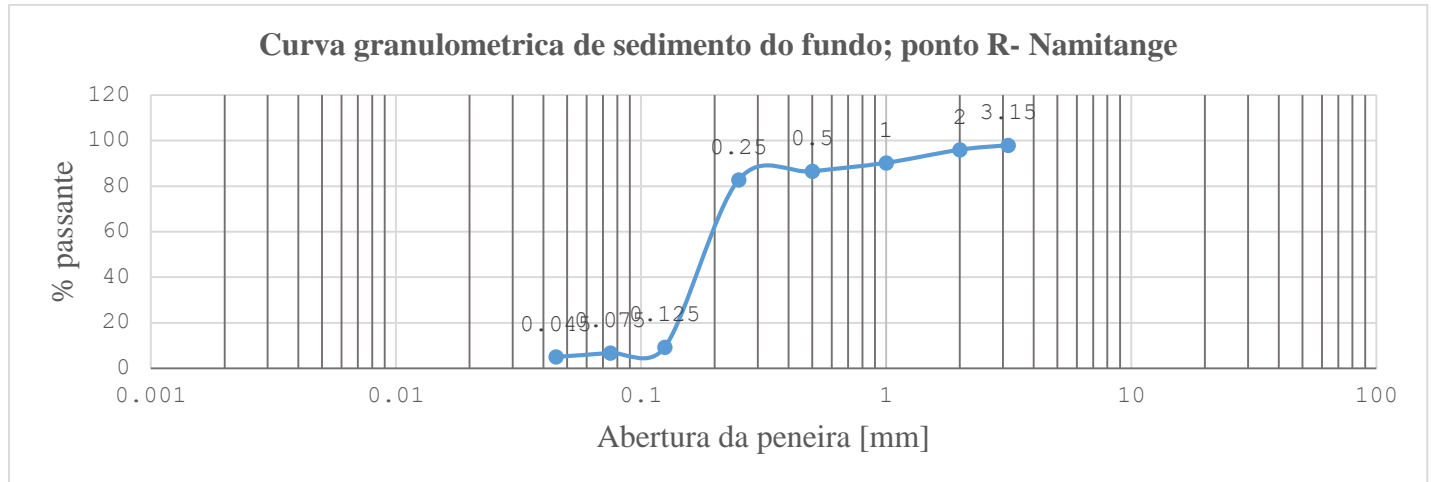


Figura 30. Análise de Granulometria do fundo no ponto R-Namitange

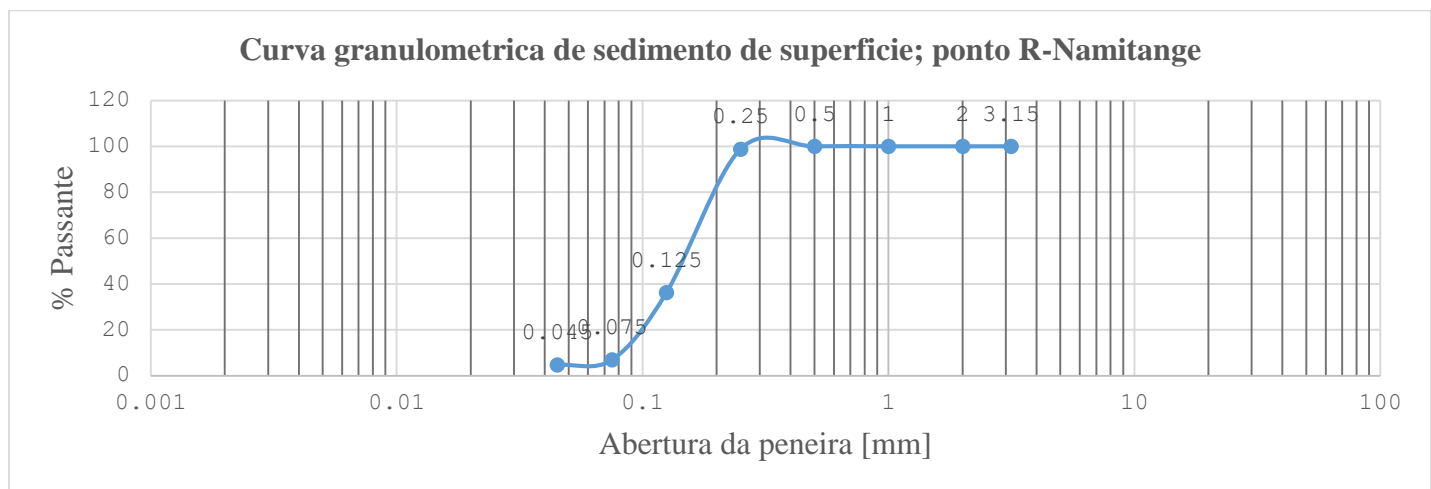


Figura 31. Análise de Granulometria de superfície no ponto R-Namitange

No ponto Z, também localizado na região de Namitange, os dados mostraram um padrão granulométrico distinto. Nas peneiras maiores, acima de 3.15 mm, não houve retenção de partículas, tanto na superfície quanto no fundo. Isso reflete a ausência completa de sedimentos grossos neste ponto, corroborando os processos erosivos que favorecem a distribuição de materiais mais finos.

Nas peneiras intermediárias, como a de 0.25 mm, a retenção foi baixa, com 0.75% na superfície e 1% no fundo. Esses valores indicam que sedimentos de areia média estão presentes em quantidades mínimas. As percentagens passantes refletem esse comportamento, com 99.25% na superfície e 99% no fundo, indicando que partículas maiores passam livremente através desta peneira.

A retenção mais expressiva foi registada na peneira de 0.125 mm, com 65% na superfície e 77% no fundo. Esses valores indicam que o silte grosso é o componente sedimentar predominante em ambas as camadas, sendo mais abundante no fundo. A percentagem passante caiu para 34.25% na superfície e apenas 22% no fundo, evidenciando a concentração significativa deste tipo de sedimento.

Na peneira de 0.075 mm, observou-se retenção de 29% na superfície e 20.25% no fundo. Este resultado demonstra uma presença considerável de silte fino em ambas as camadas, mas com maior proporção na superfície. As porcentagens acumuladas confirmam que partículas nesta faixa ainda conseguem passar em grande parte, especialmente no fundo.

Por último, as partículas mais finas retidas na peneira de 0.045 mm foram raras, com retenção de 2.5% na superfície e 1.5% no fundo. Este padrão indica que partículas muito pequenas, como argila, são mínimas neste ponto. Assim como no ponto R, o silte grosso é o sedimento predominante, seguido pelo silte fino, sendo distribuído de forma mais concentrada no fundo. (Veja as figuras 32 e 33).

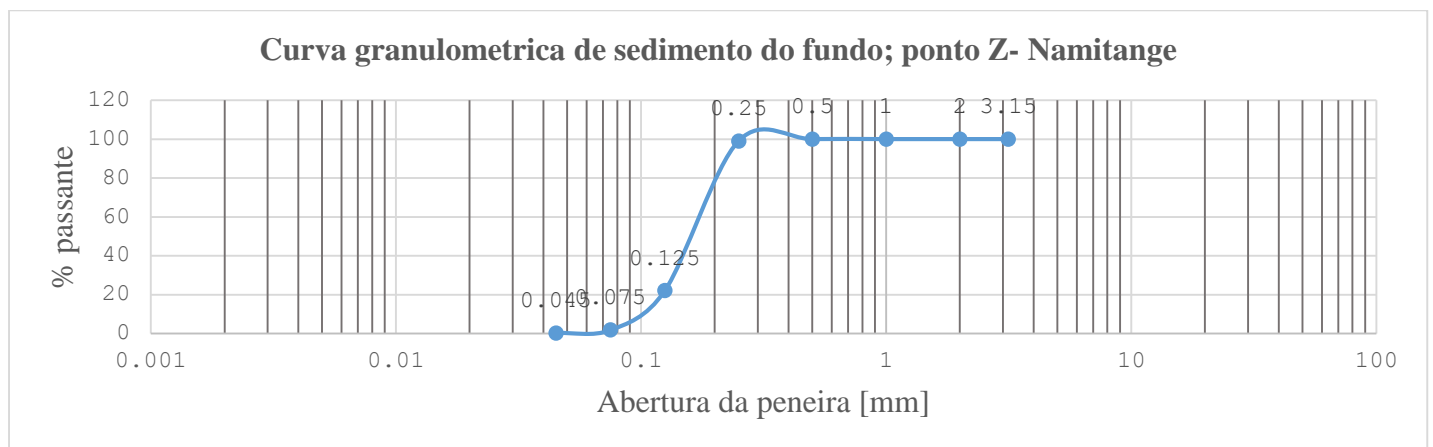


Figura 32. Análise de Granulometria do fundo no ponto Z-Namitange

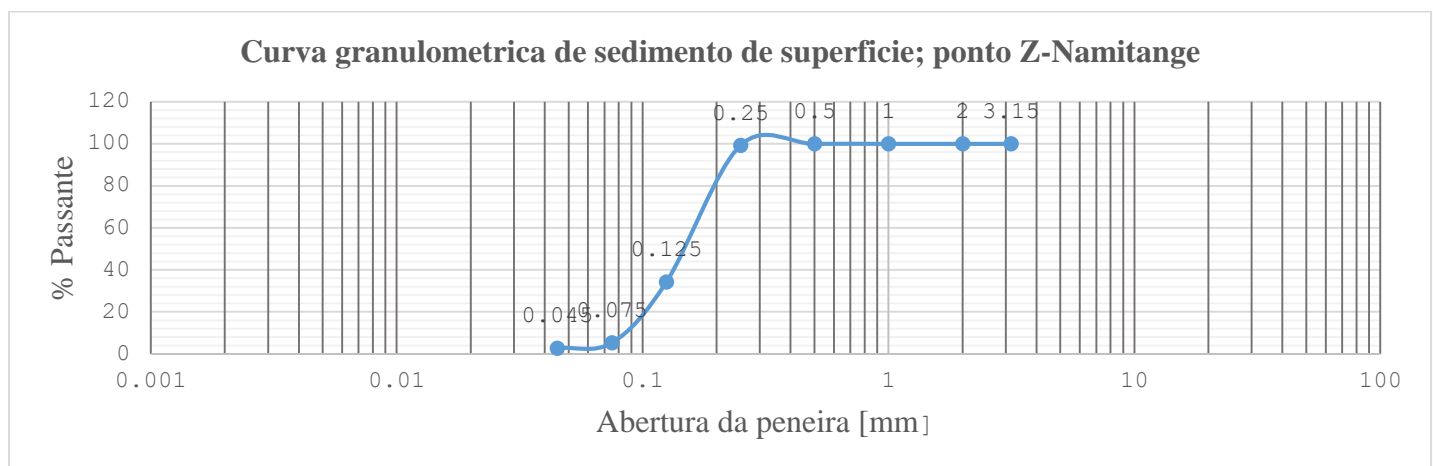


Figura 33. Análise de Granulometria de superfície no ponto Z-Namitange

4.1.5. Resultados de Velocidade de Corrente e Amplitude de Maré

Foram realizadas medições da velocidade de corrente e da amplitude de maré em seis pontos estratégicos distribuídos entre as três regiões de estudo. Na região de Machilua, foram escolhidos três pontos onde previamente foram coletadas amostras de sedimentos. Na região de 1º de Maio, foi selecionado um ponto para monitoria, também associado à coleta de sedimentos. Por fim, na região de Namitange, as medições foram realizadas em dois pontos, igualmente acompanhadas pela análise de sedimentos.

A escolha de realizar as medições nos mesmos locais onde as amostras de sedimentos foram coletadas tem como objectivo garantir maior precisão na análise dos processos erosivos. Essa abordagem permite estabelecer correlações diretas entre a composição granulométrica dos sedimentos e as variáveis hidrodinâmicas, como a velocidade da corrente e a amplitude de maré, factores-chave na dinâmica de transporte e deposição de partículas.

Além disso, o conhecimento prévio sobre o tipo de sedimento predominante em cada local contribui para uma análise mais detalhada e contextualizada dos resultados. Por exemplo, regiões dominadas por silte, como indicado nas análises granulométricas, tendem a ser mais suscetíveis à acção de correntes rápidas e à redistribuição de sedimentos finos, enquanto áreas com maior proporção de sedimentos grossos podem apresentar dinâmica diferenciada.

As medições obtidas também ajudam a compreender as interações entre factores naturais, como a amplitude de maré, e o impacto antropogénico nas regiões estudadas. Esse nível de detalhamento é crucial para identificar áreas de maior vulnerabilidade à erosão e para desenvolver estratégias de adaptação.

Dessa forma, a integração das medições hidrodinâmicas com as análises granulométricas permite uma caracterização abrangente das condições de cada local, reforçando a importância de uma abordagem integrada para o estudo da erosão fluvial nas regiões monitoradas.

4.1.5.1. Região de Machilua

No ponto B, localizado na região de Machilua, os dados revelaram uma dinâmica complexa e bem definida entre a velocidade da corrente e a amplitude de maré ao longo do dia. A fase inicial de vazante, que decorreu entre as 5h00 e as 9h30, mostrou uma redução gradual na altura da maré, com baixa mar registada às 09h20 (Veja a figura 34).

Durante este intervalo, a velocidade da corrente apresentou picos consideráveis, como os 7,89 cm/s registados às 05h00, indicando um fluxo vigoroso na saída de águas. Pouco depois, às 5h30, a altura da

maré desceu para 202 cm, acompanhada por uma velocidade média de 7,5 cm/s, mantendo a consistência dos fluxos mais intensos nesta fase inicial.

A partir das 06h00, houve um registo de redução na intensidade da velocidade da corrente para 4,83 cm/s, enquanto a altura da maré descia para 168 cm. Esse valor, mais baixo em comparação ao início da vazante, reflete uma breve desaceleração temporária no movimento das águas.

No entanto, às 06h30, um pico de 9,57 cm/s foi registado juntamente com a altura de maré de 134 cm, destacando este momento como um dos mais significativos no intervalo da vazante. Este fluxo mais acelerado demonstra uma maior energia no transporte de águas antes da descida contínua do nível da maré.

Entre as 07h00 e as 8h30, a velocidade da corrente começou a estabilizar, variando entre 7,08 cm/s às 07h00 e 7,26 cm/s às 08h30, enquanto a altura da maré diminuía gradualmente, atingindo 19 cm neste último momento. Estes dados mostram uma persistência de fluxos moderados, mesmo no final da fase de vazante. Além disso, entre as 09h00 e as 09h30, enquanto a altura da maré descia para o valor mínimo de 0 cm, as velocidades médias continuaram a oscilar em torno de 6 cm/s, garantindo movimento contínuo apesar do declínio nos níveis de água.

Na fase estagnada, entre as 09h30 e as 09h50, a altura da maré permaneceu fixa nos 0 cm, mas a velocidade da corrente continuou activa com um valor médio de 8,25 cm/s às 09h30. Este comportamento demonstra que, mesmo em períodos onde a amplitude não varia, há uma persistência de fluxo moderado. Posteriormente, a enchente teve início às 9h50, com a altura da maré a aumentar gradualmente para 6 cm às 10h00, acompanhada por uma velocidade de corrente média de 5,08 cm/s, menos intensa do que a fase de vazante.

A fase enchente, que se prolongou até às 16h50, revelou um aumento contínuo na altura da maré, culminando nos 353 cm ao fim do período. As velocidades médias das correntes durante a enchente foram mais suaves em comparação com a vazante, variando entre 5,08 cm/s às 10h00 e 7,08 cm/s às 14h30. Contudo, às 16h00, uma velocidade inesperada de 10,58 cm/s foi registada juntamente com uma altura de maré de 264 cm, destacando-se como um momento de maior energia durante esta fase. Este dado reflete uma intensificação súbita do fluxo, mesmo no final da enchente.

Por fim, as medições ao longo do dia no ponto B mostram uma amplitude significativa da maré, oscilando entre os valores mínimos de 0 cm e o pico de 353 cm. As velocidades mais elevadas de corrente foram

registadas durante a vazante, com destaque para os 9,57 cm/s às 06h30 e os 10,58 cm/s às 16h00 na transição entre enchente e estagnação.

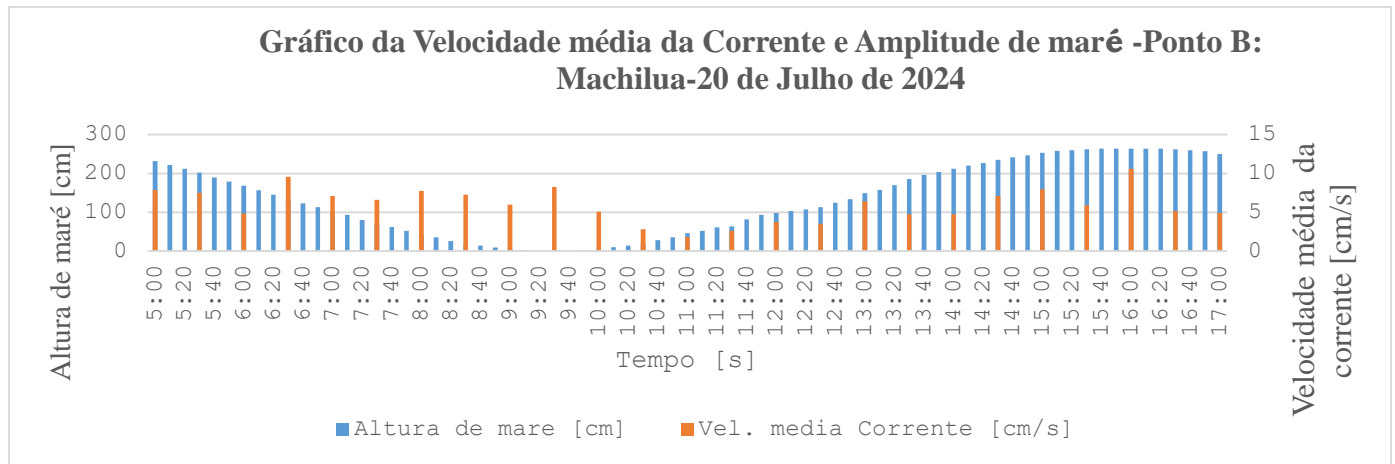


Figura 34. Velocidade média de corrente e amplitude de maré-ponto B- Machilua

Com base nos dados obtidos no ponto J (veja a figura 35), localizado na região de Machilua, foi possível observar dinâmicas distintas entre a altura da maré e a velocidade da corrente ao longo do dia. A fase inicial da vazante, que começou às 05h00 com uma altura de maré de 331 cm, revelou velocidades de corrente relativamente baixas, como os 2,56 cm/s registados no início.

Às 06h00, a altura da maré reduziu para 282 cm, enquanto a velocidade da corrente aumentou de forma significativa, atingindo 39,13 cm/s, indicando um fluxo mais intenso.

À medida que a vazante avançava, momentos de maior energia foram registados. Um exemplo foi às 06h30, quando a altura da maré chegou a 222 cm e a velocidade da corrente alcançou 27,27 cm/s, revelando um transporte vigoroso de partículas e sedimentos. No entanto, conforme o nível da maré continuava a baixar, houve uma desaceleração gradual nos fluxos.

Entre 07h00 e 09h00, a altura da maré caiu de 173 cm para 52 cm, enquanto as velocidades da corrente oscilaram entre valores moderados, como 22,5 cm/s e 12 cm/s, respectivamente.

A transição para a enchente começou por volta das 10h00, com a altura da maré subindo lentamente para 10 cm. Neste período, a velocidade da corrente reduziu significativamente, registando 2,56 cm/s, marcando um movimento mais suave. A fase de enchente trouxe um aumento contínuo na altura da maré, que alcançou 340 cm às 16h00. Durante este intervalo, as velocidades de corrente permaneceram predominantemente moderadas, variando entre 5 cm/s e 7 cm/s, com exceção de um pico inesperado às 16h00, quando a velocidade da corrente atingiu 96 cm/s, demonstrando uma intensificação repentina.

Na fase final do dia, a altura da maré estabilizou-se em 347 cm, indicando um período de estagnação que se prolongou até às 17h00. Mesmo com a amplitude fixa, a velocidade da corrente continuou activa, com valores médios de 6,97 cm/s, evidenciando um fluxo contínuo de água. Esses dados destacam a ampla amplitude da maré observada no ponto J, variando entre os mínimos de 0 cm na vazante e os máximos de 347 cm na enchente.

A análise mostra que a fase de vazante foi marcada pelos fluxos mais intensos, com destaque para os 39,13 cm/s registados às 06h00. Por outro lado, a enchente apresentou comportamento mais estável, com exceção do aumento abrupto na velocidade da corrente às 16h00. Esses resultados proporcionam uma compreensão aprofundada dos processos hidrodinâmicos na região, que são cruciais para os estudos de erosão e transporte de sedimentos.

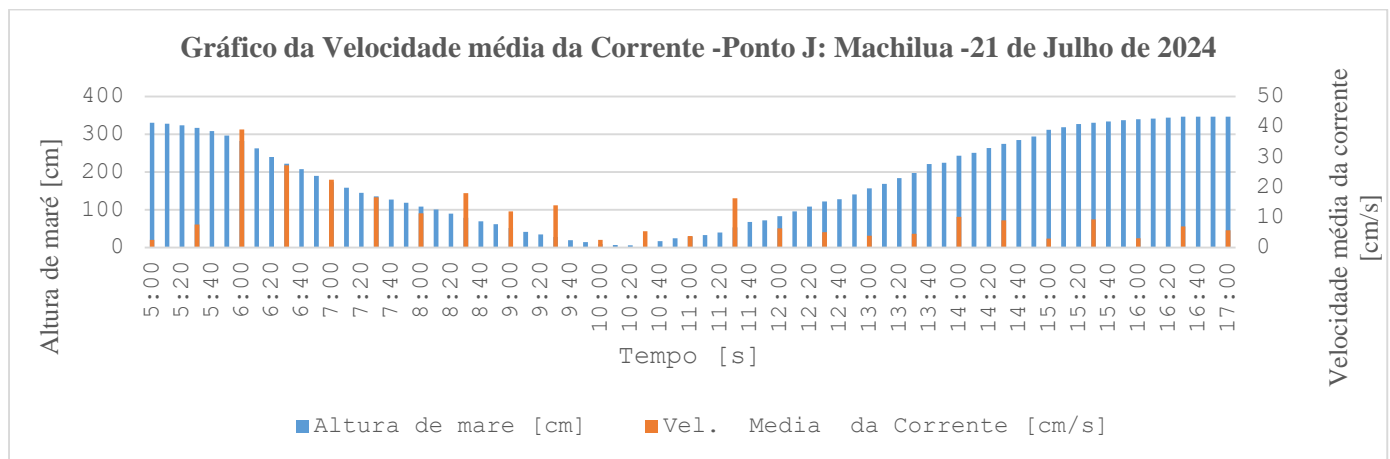


Figura 35. Velocidade média de corrente e amplitude de maré-ponto J- Machilua

Os dados registados no ponto M, na região de Machilua, revelam dinâmicas hidrodinâmicas que complementam as análises realizadas em outros pontos monitorizados. Este local apresenta padrões específicos na interação entre a altura da maré e a velocidade da corrente, sendo fundamental para compreender o transporte de sedimentos e os fluxos energéticos da água ao longo do dia. (Veja a figura 36).

A altura da maré começou em 339 cm às 05h00, demonstrando um aumento gradual durante a fase inicial da enchente. Entre as 05h00 e as 05h30, alcançou 341 cm, com velocidades da corrente moderadas, como os 2,87 cm/s às 05h00 e 3,85 cm/s às 05h30. Este crescimento inicial indica uma entrada controlada de águas na região, associada a fluxos constantes.

Por volta das 05h40, iniciou-se a fase de vazante, caracterizada por uma descida contínua na altura da maré para 336 cm às 06h00. Neste momento, registou-se um aumento considerável na velocidade da

corrente, atingindo 5,52 cm/s às 06h00. À medida que a maré reduzia para 316 cm às 06h30, a velocidade da corrente intensificou-se, atingindo um pico de 25 cm/s, destacando um período de maior energia.

Entre as 07h00 e as 09h30, a altura da maré continuou a descer, de 274 cm às 07h00 para 48 cm às 09h30, enquanto as velocidades da corrente variaram, com máximos de 29,03 cm/s às 07h00 e 15,25 cm/s às 09h30. Este intervalo evidenciou fluxos vigorosos, mesmo com a redução gradual do nível da maré, marcando uma fase de transporte activo de sedimentos.

Ao longo da fase de estagnação, entre as 10h00 e as 11h00, o nível da maré desceu para 0 cm. Durante este período, as velocidades da corrente reduziram-se drasticamente, chegando a 1,73 cm/s às 11h00, reflectindo uma desaceleração significativa dos fluxos aquáticos na região. Após esta calmaria, a fase de enchente teve início às 11h20, quando a altura da maré começou novamente a aumentar para 6 cm às 11h30.

A fase de enchente foi marcada por um aumento contínuo na altura da maré, culminando em 356 cm às 17h00. Durante este intervalo, as velocidades da corrente mantiveram-se predominantemente estáveis, com variações entre 3,91 cm/s às 12h00 e 6,92 cm/s às 14h00. No entanto, às 15h30, registou-se um pico de 7,63 cm/s, acompanhado por uma altura de maré de 307 cm, evidenciando um momento de maior movimento.

Em suma, os dados registados no ponto M revelam variações significativas na amplitude da maré, desde um mínimo de 0 cm durante a estagnação às 11h00 até um máximo de 356 cm na enchente às 17h00. As velocidades mais elevadas foram observadas durante a vazante, destacando-se os 29,03 cm/s às 7h00, enquanto a enchente apresentou fluxos mais moderados e consistentes.

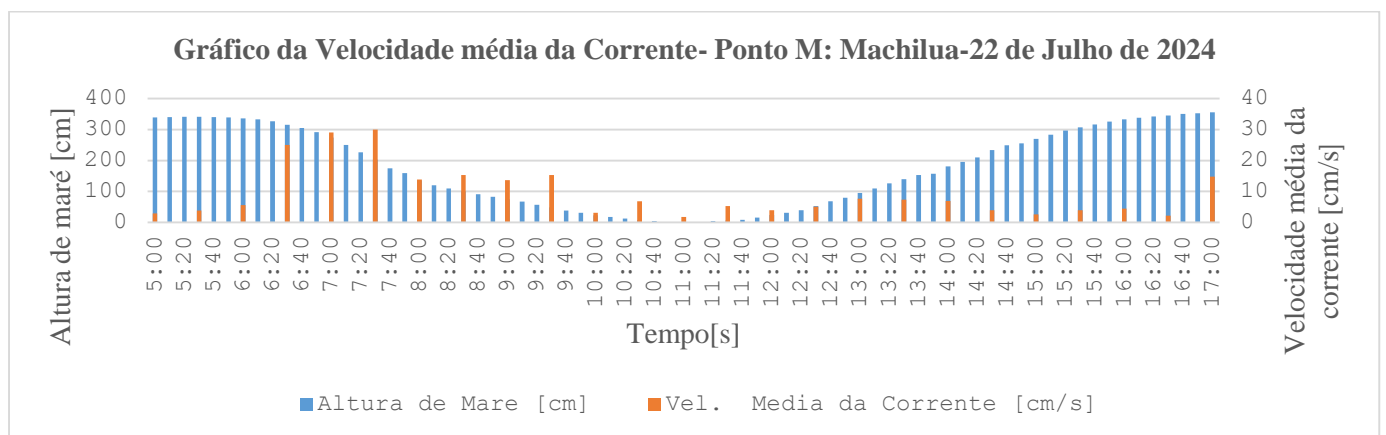


Figura 36. Velocidade média de corrente e amplitude de maré-ponto M- Machilua

4.1.5.2.Região de 1° de Maio

Os dados registados no ponto O, localizado na região de 1° de Maio, fornecem uma análise detalhada sobre a dinâmica hidrodinâmica ao longo do dia. Este local apresenta características particulares na relação entre altura da maré e velocidade da corrente, ajudando a compreender os padrões de transporte sedimentar e fluxo energético das águas nesta área.

A altura da maré começou em 347 cm às 05h00, durante a fase de enchente, subindo gradualmente até ao valor máximo de 360 cm às 06h10. Durante este período inicial, a velocidade da corrente permaneceu relativamente moderada, com valores como 17 cm/s às 05h00 e 14,75 cm/s às 06h00, reflectindo um transporte de águas constante e controlado.

Por volta das 06h20, iniciou-se a fase de vazante, marcada por uma descida contínua na altura da maré, que reduziu para 358 cm às 06h30 e continuou a diminuir até ao mínimo de 0 cm por volta das 11h50. As velocidades da corrente foram mais intensas durante este intervalo, com picos de energia observados, como os 30 cm/s registados às 06h30. Um ponto de destaque ocorreu às 09h40, quando a altura da maré estava a 70 cm, mas a velocidade média da corrente atingiu 21,95 cm/s.

Este comportamento revela um fluxo dinâmico e constante, capaz de promover o transporte de partículas sedimentares, mesmo com a redução significativa da altura da maré. Estes registos destacam a persistência dos fluxos activos durante a fase de vazante, apesar do gradual declínio do nível das águas.

A fase de estagnação ocorreu entre as 11h30 e as 12h00, momento em que a altura da maré estabilizou em valores próximos de 0 cm. Durante este período de calmaria, as velocidades da corrente foram reduzidas, com valores como 8,91 cm/s às 11h30. Contudo, logo após este intervalo, iniciou-se novamente a enchente por volta das 12h00, com um ligeiro aumento na altura da maré para 1 cm, acompanhado por uma velocidade média de 10,58 cm/s, indicando o início de uma nova entrada de águas.

A fase de enchente que se seguiu prolongou-se até às 17h00, momento em que a altura da maré atingiu o valor máximo de 350 cm. Durante este período, as velocidades da corrente mantiveram-se maioritariamente moderadas, com variações entre os 7 cm/s às 12h30 e os 16 cm/s às 17h00, garantindo um transporte constante e previsível de partículas. Picos de energia foram registados às 13h30, com uma velocidade de 4,73 cm/s, enquanto a altura da maré subia para 85 cm. Estes momentos reflectem uma interação dinâmica entre os fluxos de água e os sedimentos transportados.

Em conclusão, o ponto O revelou um intervalo significativo na amplitude da maré, desde o valor mínimo de 0 cm durante a estagnação às 11h50 até ao valor máximo de 360 cm durante a enchente às 6h10. As

velocidades mais elevadas da corrente foram observadas durante a vazante, com destaque para os 30 cm/s às 6h30 e os 21,95 cm/s às 9h40. A enchente, por sua vez, apresentou padrões mais estáveis e moderados. (Veja a figura 37).

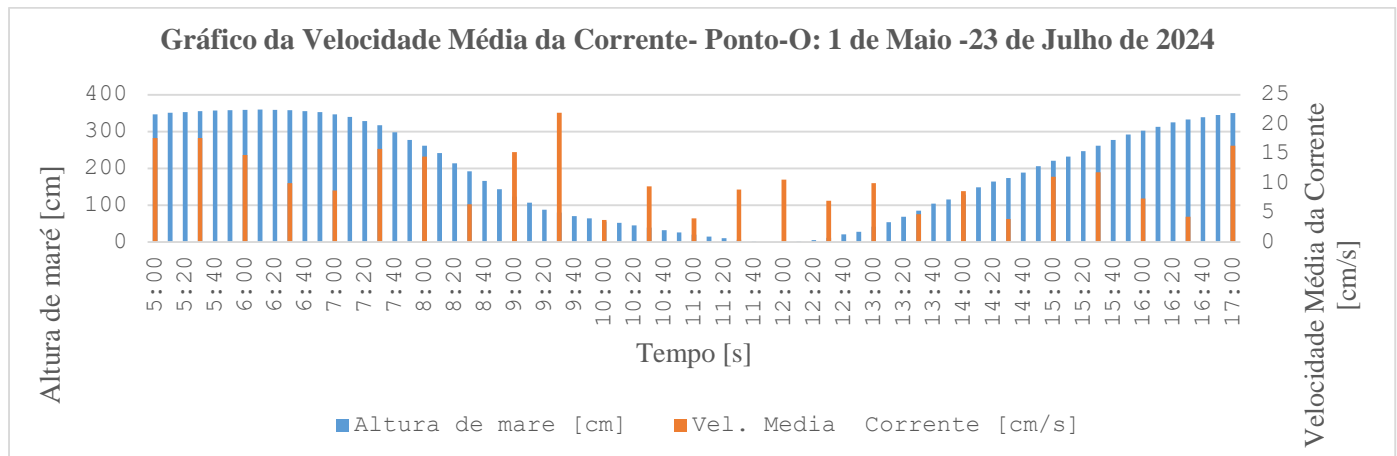


Figura 37. Velocidade média de corrente e amplitude de maré-ponto O-1° de Maio

4.1.5.3.Região de Namitange

Os registos realizados no ponto R, cujo os dados estão apresentados na figura 38, situado na região de Namitange, destacam-se pela riqueza de informações sobre as variações hidrodinâmicas diárias. Este ponto monitorizado revela dinâmicas únicas que contribuem para entender os mecanismos de transporte sedimentar e fluxo das correntes na região, sendo essencial para aprofundar a análise dos impactos naturais e antropogénicos na área.

A altura da maré iniciou-se em 338 cm às 05h00, durante a fase de enchente, aumentando gradualmente até ao valor máximo de 359 cm às 06h40. Durante este período, as velocidades da corrente apresentaram variações moderadas, como 13,43 cm/s às 05h00 e um aumento para 16,98 cm/s às 06h00, reflectindo um fluxo energético e consistente de entrada de águas. Este comportamento revela a importância da enchente na redistribuição das partículas e no preenchimento dos níveis aquáticos da região.

Por volta das 06h50, iniciou-se a fase de estagnação, com a altura da maré a permanecer estável em 359 cm até às 07h10. Neste período, a velocidade da corrente registou uma redução considerável, chegando a 9,09 cm/s às 07h00. Embora os fluxos tenham desacelerado, a energia residual continuou a sustentar um transporte moderado de sedimentos, mesmo durante a fase mais calma do dia.

A partir das 07h20, deu-se início à vazante, marcada por uma descida gradual na altura da maré, que passou de 357 cm às 07h20 para valores próximos de 0 cm por volta das 12h40. Durante este intervalo, as velocidades da corrente mostraram-se variadas, com picos como os 18,36 cm/s às 08h00 e os 19,14

cm/s às 10h00. Em particular, um momento de destaque foi observado às 9h30, quando a altura da maré desceu para 142 cm e a velocidade média da corrente subiu para 20,45 cm/s. Este comportamento evidencia a persistência de fluxos vigorosos e activos durante a fase de vazante, apesar da redução nos níveis de água.

A fase de estagnação voltou a ocorrer por volta das 12h40, com a altura da maré a chegar ao mínimo de 0 cm. Durante este intervalo, as velocidades da corrente reduziram-se significativamente, atingindo valores baixos, como os 7,56 cm/s às 12h30. Contudo, logo após este período de calmaria, a enchente iniciou-se novamente às 12h50, com um aumento gradual na altura da maré para 3 cm, acompanhada por uma recuperação no transporte de águas, registando 10,46 cm/s às 13h00.

A enchente prolongou-se até às 17h00, momento em que a altura da maré atingiu o valor máximo de 336 cm. Durante este período, as velocidades da corrente mantiveram-se predominantemente moderadas, variando entre os 10,97 cm/s às 16h00 e os 8,91 cm/s às 17h00. Picos de energia foram registados às 15h30, com uma velocidade média de 6,57 cm/s enquanto a altura da maré subia para 232 cm. Estes momentos destacam-se pela interação dinâmica entre os fluxos de água e os sedimentos transportados.

Como resultado, os dados do ponto R revelam uma amplitude significativa da maré, oscilando entre um mínimo de 0 cm na estagnação às 12h40 e um máximo de 359 cm durante a enchente às 6h40. As velocidades mais elevadas foram registadas na vazante, com destaque para os 20,45 cm/s às 9h30, enquanto a enchente apresentou padrões mais suaves e consistentes.

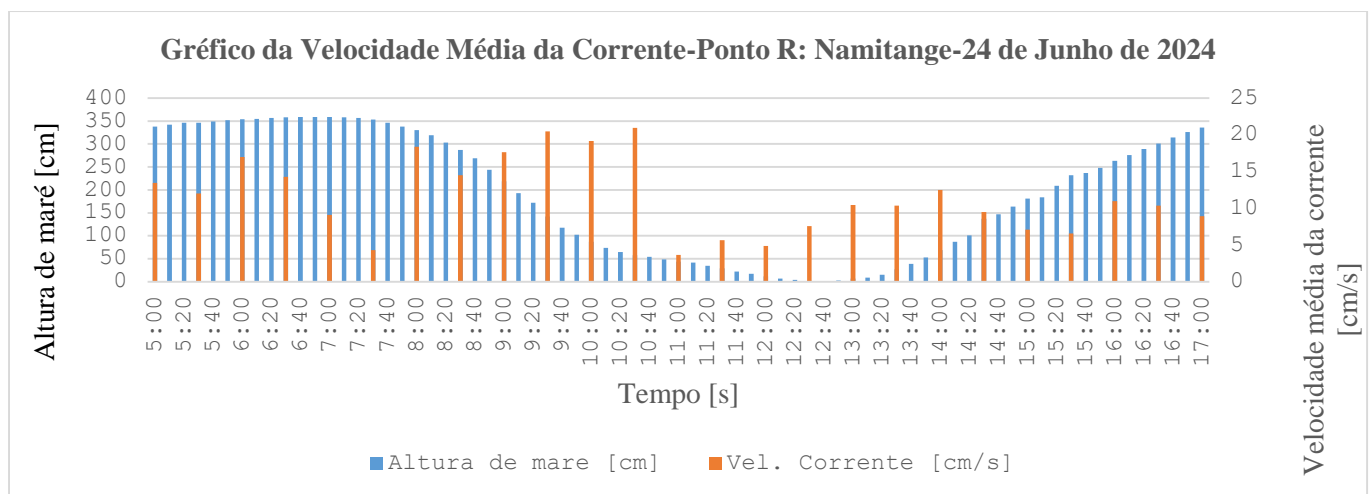


Figura 38. Velocidade média de corrente e amplitude de maré-ponto R-Namitange

Os registos realizados no ponto Z, cujo os dados estão apresentados na figura 39, localizado na região de Namitange, destacam-se por revelar variações diárias significativas entre a altura da maré e a velocidade

da corrente. Este ponto, monitorizado em detalhe, permite compreender a complexidade dos fluxos aquáticos e dos processos sedimentares, oferecendo uma análise rica sobre a dinâmica hidrodinâmica da área.

A altura da maré começou em 291 cm às 05h00, durante a fase de enchente, com um aumento progressivo que culminou em 359 cm às 07h10. Nesse intervalo, as velocidades da corrente demonstraram comportamentos variados, como os 5,84 cm/s registados às 05h00 e um pico de 11,53 cm/s às 05h30. Estes valores indicam fluxos constantes de entrada de água e energia, fundamentais para o transporte sedimentar. Durante este período, os registos mostram momentos de maior intensidade, como às 06h30, quando a altura da maré alcançou 352 cm, acompanhada por uma velocidade de 5,69 cm/s.

Entre as 07h20 e as 07h30, observou-se a fase de estagnação, com a altura da maré mantida em 359 cm. Nesse intervalo, as velocidades da corrente reduziram-se consideravelmente, apresentando uma média de 7,5 cm/s às 07h30, o que reflecte uma diminuição momentânea na energia dos fluxos, sem impedir o transporte moderado de partículas na região.

A partir das 07h40, deu-se início à fase de vazante, marcada por uma descida contínua na altura da maré, que passou de 358 cm às 07h40 para valores mínimos próximos de 0 cm por volta das 13h10. Durante esta fase, as velocidades da corrente tornaram-se mais dinâmicas, com registos como 9,89 cm/s às 08h00 e 25,71 cm/s às 10h00, destacando momentos de maior energia, capazes de mobilizar sedimentos. Um ponto significativo foi registado às 9h30, quando a altura da maré desceu para 230 cm, e a velocidade da corrente alcançou 60 cm/s, indicando uma intensa actividade de transporte durante o declínio do nível da maré.

A fase de estagnação ocorreu novamente por volta das 13h20, com a altura da maré a estabilizar-se em 0 cm. Durante este intervalo, as velocidades da corrente diminuíram consideravelmente, como os 6,04 cm/s registados às 13h30. Após este período de calma, iniciou-se a enchente às 13h40, com a altura da maré a subir gradualmente para 5 cm, acompanhada por uma recuperação nos fluxos aquáticos e uma velocidade média de 8,03 cm/s às 14h30.

A fase de enchente prolongou-se até às 17h00, momento em que a altura da maré alcançou 260 cm. Durante este intervalo, as velocidades da corrente mantiveram-se predominantemente moderadas, variando entre os 6,71 cm/s às 16h00 e os 15,79 cm/s às 17h00, garantindo um transporte contínuo de partículas. Momentos de maior energia foram registados às 15h30, com uma velocidade média de 6,16

cm/s, acompanhada por uma altura de maré de 138 cm. Estes valores sublinham a interacção dinâmica entre os fluxos de água e os sedimentos transportados.

Em suma, os dados do ponto Z revelam uma amplitude significativa na altura da maré, variando de um mínimo de 0 cm na estagnação às 13h20 a um máximo de 359 cm durante a enchente às 07h10. As velocidades mais elevadas foram registadas na vazante, com destaque para os 60 cm/s às 09h30, enquanto a enchente apresentou padrões mais estáveis e consistentes.

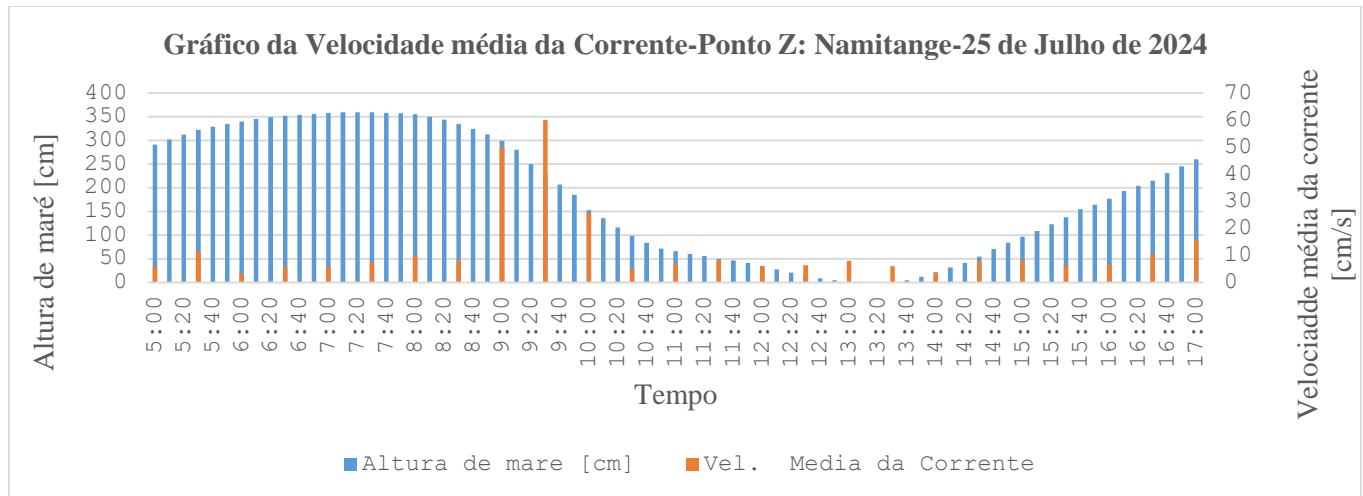


Figura 39. Velocidade média de corrente e amplitude de maré-ponto Z-Namitange

4.1.6. Resultados da Precipitação Média Mensal (PMM)

Os dados da precipitação média mensal (PMM) abrangem o período de 1993 a 2023, proporcionando uma análise de mais de três décadas das condições climáticas na área de estudo. Este intervalo de tempo extenso permite identificar tendências plurianuais, além de flutuações sazonais relevantes, oferecendo uma base sólida para compreender as variações climáticas na região de estudo. (Apêndice 18 á 25).

Durante este período, os registos tornam possível analisar padrões recorrentes que podem estar associados a fenómenos climáticos locais ou até globais. Por exemplo, períodos de chuva intensa ou secas prolongadas podem ser observados e relacionados com impactos no solo e na paisagem. Estes dados fornecem uma base sólida para explorar como a precipitação média mensal pode influenciar processos ambientais como a erosão, embora tal análise seja reservada para etapas posteriores.

A apresentação dos dados de PMM neste intervalo temporal visa criar um panorama claro e detalhado das condições climáticas da região, sem ainda estabelecer relações ou interpretações. Estes registos serão

fundamentais para compreender tanto as dinâmicas do clima local como o impacto das chuvas em estudos de erosão e transporte de sedimentos.

Tabela 4. Precipitação Média Mensal (1993–2023)

Trimestre	Mês	Valor Mínimo (mm / ano)	Valor Máximo (mm / ano)	Tendência Geral
JFM	Janeiro	85,9 (2010)	639,5 (2007)	Mês mais chuvoso; picos recorrentes entre 2000–2012
	Fevereiro	79,9 (2019)	479,6 (2014)	Chuvas irregulares com eventos extremos
	Março	14,5 (2014)	536,6 (2019–2022)	Alta variabilidade e chuvas tardias
AMJ	Abril	6,9 (2023)	365,6 (1999)	Período de transição com picos ocasionais
	Maio	0 (2023)	193,8 (1995)	Declínio gradual das chuvas
	Junho	0 (2023)	194,4 (2022)	Início da estação seca
JAS	Julho	1,4 (2019)	408,1 (1996)	Início da estiagem, anos pontuais de chuva
	Agosto	0,5 (2012)	106,5 (1998)	Mês mais seco do ano
	Setembro	0,2 (2023)	42,1 (2004)	Predomínio de seca
OND	Outubro	1,1 (2014)	120,5 (2013)	Transição para estação chuvosa
	Novembro	0 (2013)	195,2 (2007)	Chuvas crescentes e irregulares
	Dezembro	38,8 (2015)	346,1 (2017)	Chuvas regulares e intensas no final do ano

4.2. Discussões de resultados

4.2.1. Região de Machilua

A erosão fluvial em Machilua é amplamente influenciada pelas dinâmicas hidrodinâmicas das correntes fluviais, fortemente moduladas pelas amplitudes das marés, pelos fenómenos climatéricos extremos e actividades humanas. Dados registados no ponto B mostram amplitudes de até 353 cm, com velocidades máximas de corrente de 9,57 cm/s durante a vazante.

Embora estas velocidades sejam insuficientes para iniciar a erosão de partículas de silte, como evidenciado pelo diagrama de Hjulström, são eficazes para transportar sedimentos que já estão em suspensão. Por outro lado, no ponto J, velocidades de até 39,13 cm/s durante a vazante ultrapassam os limites para mobilização de silte fino e até mesmo de silte grosso, promovendo intensa redistribuição sedimentar e acelerando o recuo das margens.

As condições de precipitação na região são igualmente fundamentais para compreender as dinâmicas erosivas. Dados históricos entre 1992 á 2023 mostram que anos com precipitação elevada, como 2007, coincidem com um aumento acentuado do transporte sedimentar e avanço do rio. Eventos extremos,

como os ciclones Freddy e Idai, intensificaram ainda mais este processo, provocando alterações geomorfológicas significativas.

Estes fenómenos, relatados pelas comunidades, destruíram casas, machambas e infraestruturas, enquanto abriram novos canais fluviais e ampliaram crateras em zonas já vulneráveis. Estes impactos são confirmados por imagens de satélite que mostram avanços fluviais superiores a 93 m entre 2002 á 2023, transformando drasticamente a geografia local.

A granulometria dos sedimentos analisados oferece um entendimento mais detalhado sobre o comportamento erosivo na região. Nos pontos B e M, a predominância de silte fino e grosso reflete a interação entre as velocidades de corrente e as características locais das margens fluviais. No ponto M, por exemplo, as correntes moderadas favoreceram a deposição de silte fino no fundo e a permanência de silte grosso na superfície. Em contraste, no ponto J, as velocidades de corrente mais intensas homogenizaram a composição sedimentar, redistribuindo o material em toda a margem e expondo-a a uma maior vulnerabilidade.

As entrevistas realizadas com as comunidades locais destacaram os impactos directos da erosão fluvial nas populações. Relatos descrevem como antigas residências, machambas e infraestruturas foram engolidas pelo rio, forçando muitas famílias a deslocarem-se para áreas mais seguras. Além disso, as comunidades notaram um aumento na salinidade da água, consequência da intrusão salina, que comprometeu a qualidade da água potável e reduziu a fertilidade das terras agrícolas. Este impacto prolongado reflete a combinação dos factores climáticos, hidrológicos e humanos, que juntos amplificam a gravidade da erosão fluvial.

As práticas humanas também desempenham um papel central neste fenómeno. A extracção de lama para construção de casa e o desmatamento de mangais elimina barreiras naturais cruciais contra a força das correntes e a intensidade das marés. Este comportamento, amplamente relatado pelos entrevistados, criou um ciclo de vulnerabilidade em que as margens expostas são continuamente degradadas e erodidas. A remoção dos mangais, em particular, aumentou a frequência e a intensidade do recuo das margens, como evidenciado nos dados de monitoramento dos marcos ao longo de 2024.

Os relatos comunitários sobre o desaparecimento de localidades inteiras alinham-se com os dados obtidos de imagens de satélite e os padrões hidrodinâmicos registados. Comparações entre imagens de 2013 á 2023 mostram avanços fluviais severos, com a transformação de áreas habitacionais e agrícolas em leitos

fluviais. Estes padrões refletem a progressão contínua da erosão fluvial, exacerbada por fenómenos climatéricos extremos e alterações nas dinâmicas sedimentares e hidrológicas.

A combinação de velocidades de corrente elevadas e amplitudes de maré significativas contribui directamente para o recuo das margens em Machilua. No ponto J, onde as condições hidrodinâmicas são mais energéticas, registaram-se os maiores impactos na redistribuição de sedimentos e na transformação da margem. Estas condições não apenas facilitam o transporte sedimentar, mas também ampliam os impactos das cheias e inundações, criando novas cavidades no solo e expondo ainda mais as margens às forças erosivas.

As projecções das comunidades locais destacam o risco iminente de desaparecimento de região de Machilua. Essas projecções das comunidades locais para o desaparecimento da mesma região são alinhadas com as evidências empíricas e pela análise de longo prazo (figura 40).

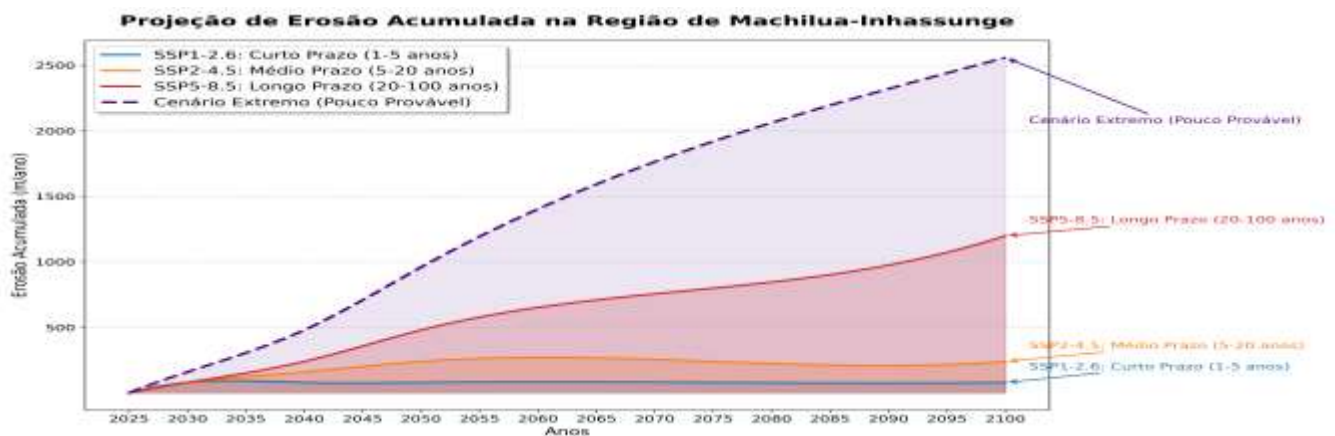


Figura 40. Projecção de erosão acumulada na região de Machilua-Inhassunge

A monitorização e as imagens de satélite confirmam que o ritmo de recuo das margens é consistente e acelerado, que mostra uma intensificação dos fenómenos erosivos, especialmente em períodos de maior vulnerabilidade climática. Este desaparecimento não apenas transforma a geografia física da região, mas também compromete o futuro económico e social das populações afectadas,

4.2.2. Região de 1º de Maio

A erosão fluvial na região de 1º de Maio revela um fenómeno dinâmico e multifactorial, influenciado pelos padrões de precipitação, pela granulometria dos sedimentos, pela amplitude da maré e velocidade das correntes e humanas. As observações detalhadas indicam que esta erosão se intensificou ao longo dos anos, tornando-se especialmente crítica nos períodos de maior pluviosidade e em áreas onde a cobertura vegetal foi drasticamente reduzida.

Os dados de precipitação média mensal entre 1992 á 2023 mostram uma variação significativa nos volumes de chuva ao longo dos anos, sugerindo uma relação directa com o avanço da erosão fluvial. A análise destes registos indica que os meses de Janeiro, Fevereiro e Março são os mais críticos em termos de pluviosidade, com valores que variam de períodos extremamente secos a anos de precipitação intensa.

Em Janeiro, por exemplo, registou-se um máximo de 639,5 mm em 2007, enquanto em anos como 2010, o valor caiu para apenas 85,9 mm. Esta irregularidade afecta a saturação do solo e a mobilização dos sedimentos, favorecendo a instabilidade das margens durante os períodos de precipitação elevada.

O impacto das chuvas na erosão fluvial é ainda mais evidente nos períodos de maior intensidade pluviométrica observados em Fevereiro e Março. Em Fevereiro, valores como 479,6 mm em 2014 e 387,7 mm em 2022 demonstram picos significativos, enquanto anos como 2019 registaram apenas 79,9 mm, revelando uma forte alternância entre períodos húmidos e secos. Março, por sua vez, apresentou uma variação crítica, com mínimos de apenas 14,5 mm em 2014 e máximos de 536,6 mm em 2019 e 2022. Estas flutuações de precipitação são acompanhadas por um aumento da erosão, como demonstrado pelos dados de recuo da linha costeira na região de 1º de Maio. A análise das imagens de satélite confirma que os anos de maior pluviosidade coincidem com fases de recuo mais acentuado da costa, evidenciando que a saturação do solo e o aumento do fluxo de águas fluviais aceleram a remoção dos sedimentos das margens.

Os dados granulométricos obtidos no ponto O da região de 1º de Maio confirmam a predominância de partículas finas, com silte grosso e fino a constituírem os principais componentes sedimentares. A ausência de retenção nas peneiras acima de 2 mm indica que não há partículas grosseiras nesta área, o que sugere um ambiente de elevada mobilidade dos sedimentos. A retenção nas peneiras intermediárias, como a de 0,25 mm, foi mínima, com apenas 0,75% das partículas retidas na superfície e nenhuma no fundo, evidenciando a baixa presença de areia média.

A dominância do silte grosso, com 70,75% de retenção na superfície e 65,5% no fundo, reforça a ideia de que o transporte sedimentar é fortemente influenciado pela velocidade da corrente e pelas variações na amplitude da maré. A implicação directa destes resultados é que sedimentos finos são mais facilmente deslocados pela accção hidrodinâmica, tornando a região vulnerável ao avanço da erosão.

A amplitude da maré na região estudada variou significativamente ao longo do dia, oscilando entre valores mínimos de 0 cm durante a estagnação e máximos de 360 cm durante a enchente. Durante a fase de vazante, a velocidade da corrente atingiu picos de energia elevados, como 30 cm/s às 6h30 e 21,95

cm/s às 9h40, promovendo o transporte activo de sedimentos. Estes valores coincidem com momentos de maior recuo da linha costeira, conforme observado nos registos da erosão. Na fase de enchente, as velocidades da corrente mantiveram-se em níveis mais moderados, variando entre 7 cm/s e 16 cm/s, permitindo a deposição de parte dos sedimentos transportados.

A relação entre a amplitude da maré e a velocidade da corrente demonstra que os períodos de vazante são críticos para a intensificação da erosão, pois favorecem a remoção de partículas da margem e o aprofundamento do rio. A implicação destes resultados é que qualquer estratégia de adaptação deve considerar a regulação dos fluxos de água e a redução da energia das correntes nos momentos de maior vulnerabilidade.

As medições da linha de erosão realizadas entre 2013 á 2023 indicam que a taxa de recuo tem acelerado nos anos mais recentes. Em dez anos, a erosão acumulada atingiu 29,9 m, enquanto no período de 2016 á 2023, foram registadas perdas de 29,2 m em sete anos, demonstrando uma intensificação do fenómeno. Esta tendência é ainda mais preocupante no intervalo de 2018 á 2023, onde se verificou uma perda de 19,9 metros em apenas cinco anos.

Os entrevistados relataram que, no passado, o rio era apenas um pequeno riacho, atravessável a pé e protegido por extensas áreas de mangais. Esta vegetação servia como barreira natural, reduzindo a intensidade dos ventos durante períodos de tempestade e prevenindo o avanço do rio sobre as áreas habitadas. No entanto, a degradação desses mangais, impulsionada pelo corte indiscriminado para produção de carvão e construção de habitações, eliminou essa proteção natural, tornando o solo mais vulnerável à erosão. O impacto dos ciclones Bonita, Idai e Freddy agravou ainda mais a situação, acelerando o recuo da linha costeira e forçando o deslocamento de famílias para áreas mais seguras.

As entrevistas também revelaram que a erosão tem avançado significativamente nos últimos anos, especialmente na região de 1º de Maio, nos quarteirões de Senhor Rosário, António Djalma e Daniel Braquinho, onde os moradores classificam a situação como caótica. A intrusão salina tornou-se um problema crítico, afectando o abastecimento de água doce, enquanto o desaparecimento de campos agrícolas compromete a segurança alimentar da comunidade. A destruição de infraestruturas, como escolas, cemitérios e estabelecimentos comerciais, expôs a fragilidade das áreas habitadas e intensificou a vulnerabilidade socioeconómica da população.

As projecções feitas pelos entrevistados refletem um futuro preocupante para a região caso não sejam implementadas medidas eficazes de contenção da erosão. No curto prazo, espera-se que diversas áreas

fiquem submersas, especialmente durante os períodos de chuvas intensas. A médio prazo, estima-se que infraestruturas essenciais, como escolas e residências, possam ser destruídas devido à progressão do recuo da linha costeira. A longo prazo, há o risco de a região se tornar completamente inabitável, obrigando os moradores a buscar reassentamento em locais mais seguros, como Mala.

As medições realizadas durante o acompanhamento da erosão em 2024, juntamente com as observações feitas a partir de imagens de satélite, sustentam essa projecção, conforme ilustrado na figura 41.

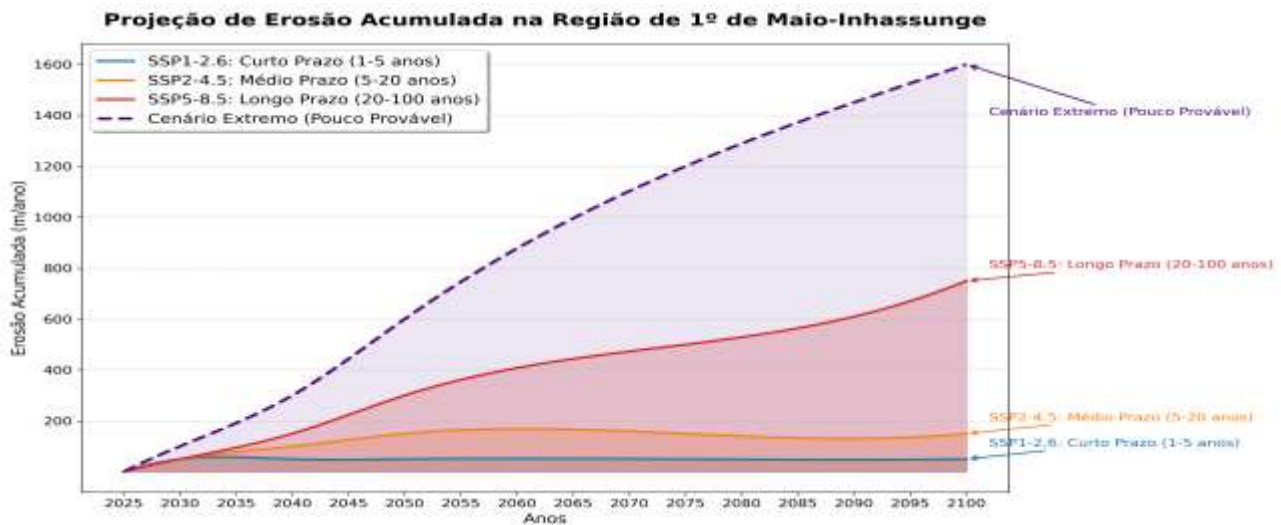


Figura 41. Projecção de erosão acumulada na região de 1º de Maio-Inhassunge

A correlação entre estas projecções e os dados físicos obtidos nas medições da linha de erosão confirma que os relatos dos entrevistados não são apenas percepções locais, mas refletem uma tendência real observada através das medições. A erosão acumulada registada entre 2013 á 2023 demonstra um avanço acelerado do fenómeno, com perdas de até 29,9 m em dez anos e um agravamento significativo nos períodos mais recentes. Os dados da amplitude da maré e da velocidade da corrente revelam que, nos períodos de vazante, a erosão é mais intensa, atingindo velocidades superiores a 21 cm/s, permitindo a remoção contínua dos sedimentos das margens e aprofundando a invasão do rio sobre terrenos habitados.

Diante desta análise, torna-se evidente a necessidade de estratégias de adaptação e contenção para mitigar os impactos da erosão fluvial na região de 1º de Maio. A reintrodução de mangais pode ser uma das soluções mais viáveis para restaurar a proteção natural do solo e minimizar a mobilidade dos sedimentos durante os períodos de maior precipitação. Além disso, a regulação da ocupação do solo e a implementação de barreiras físicas podem contribuir para reduzir o avanço da erosão, garantindo maior segurança para as comunidades locais.

4.2.3. Região de Namitange

A erosão fluvial na região de Namitange reflete um processo dinâmico em que factores climáticos, hidrodinâmicos e sedimentológicos interagem de maneira complexa, resultando na rápida degradação da linha costeira. A análise dos dados coletados ao longo dos diferentes intervalos de tempo, de 2013 a 2023, de 2016 a 2023 e de 2018 a 2023, confirma uma intensificação do fenómeno, sugerindo que a erosão tem acelerado, especialmente nos anos mais recentes. Este avanço é fortemente influenciado pela combinação de precipitação elevada, variações na velocidade da corrente e modificações na granulometria dos sedimentos transportados.

Os dados de precipitação ao longo das últimas três décadas mostram uma oscilação significativa nos volumes de chuva, afectando directamente a mobilização dos sedimentos e o recuo das margens. Janeiro, Fevereiro e Março apresentam os maiores índices de precipitação, com máximos de 639,5 mm em Janeiro de 2007 e 536,6 mm em Março de 2019. Durante esses meses, a saturação do solo aumenta, reduzindo sua coesão e facilitando o transporte sedimentar pelo fluxo fluvial. Os eventos climáticos extremos também agravam essa tendência, com períodos de precipitação concentrada contribuindo para uma erosão abrupta e descontrolada.

O Diagrama de Hjulström oferece uma compreensão clara do comportamento dos sedimentos na região. Os resultados granulométricos obtidos no Ponto R confirmam uma predominância de silte grosso e fino, que são altamente móveis e facilmente deslocados por velocidades de corrente relativamente baixas. As medições da corrente indicam que, durante os períodos de vazante, a velocidade da água atinge valores superiores a 21 cm/s, favorecendo a remoção contínua dos sedimentos das margens. Estes valores estão dentro da faixa que permite a erosão de partículas finas, segundo o Diagrama de Hjulström, evidenciando que o transporte sedimentar é particularmente ativo durante esses períodos.

A amplitude da maré exerce um papel crítico na intensificação da erosão. Durante a fase de enchente, a velocidade da corrente mantém-se moderada, variando entre 5,7 cm/s e 11,5 cm/s, permitindo a deposição de alguns sedimentos. No entanto, na fase de vazante, as velocidades se elevam consideravelmente, ultrapassando os 25 cm/s em determinados momentos, o que acentua o desgaste da linha costeira. A maré pode atingir alturas superiores a 350 cm, aumentando a pressão sobre as margens e facilitando a intrusão salina, que compromete a qualidade da água doce na região.

A comparação dos valores de erosão acumulada entre 2013 e 2023, 2016 e 2023 e 2018 e 2023 reforça que a taxa de recuo da linha costeira tem acelerado. Nos primeiros dez anos, foram registadas perdas de

até 29,3 m, enquanto no intervalo de sete anos as medições apontam valores de até 27,3 m. Em apenas cinco anos, a marca de 21,2 m já foi atingida em determinados pontos de monitoramento, demonstrando que, proporcionalmente, o avanço da erosão se intensificou nos últimos anos. Esse padrão confirma a influência crescente dos factores hidrodinâmicos e climáticos, sugerindo que a erosão poderá tornar-se ainda mais severa sem medidas de contenção.

Os impactos socioeconômicos evidenciados nos relatos dos entrevistados reforçam que a erosão fluvial tem alterado profundamente a estrutura territorial e a qualidade de vida da população local. A perda de residências, estabelecimentos comerciais, cemitérios e áreas de cultivo está a forçar deslocamentos populacionais, confirmando que a região de Namitange enfrenta uma ameaça de desaparecimento. A projecção feita pelos moradores indica que, a curto prazo, áreas críticas poderão ficar submersas. A médio prazo, as infraestruturas essenciais da região serão destruídas, comprometendo a viabilidade da permanência da comunidade. A longo prazo, espera-se que toda Namitange deixe de existir, forçando seus habitantes a buscar refúgio em áreas vizinhas.

As medições realizadas durante o acompanhamento da erosão em 2024, juntamente com as observações feitas a partir de imagens de satélite, sustentam essa projecção, conforme ilustrado na figura 42.

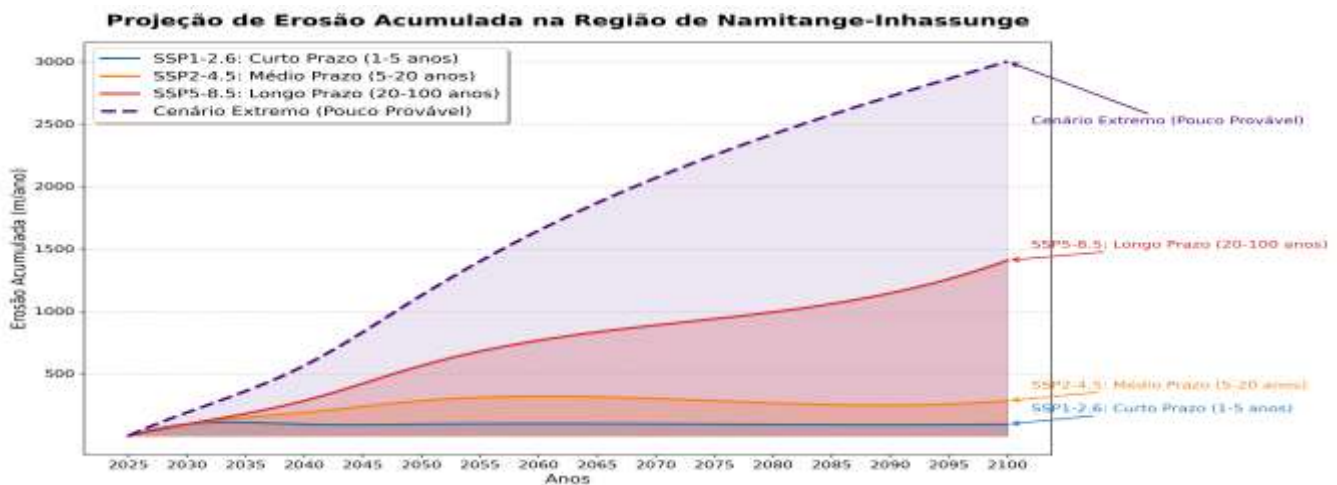


Figura 42. Projeção de erosão acumulada na região de Namitange-Inhassunge

As projecções para o futuro mostram um cenário alarmante. No intervalo de um a cinco anos, estima-se que a erosão poderá atingir aproximadamente 100 m, tornando diversas áreas vulneráveis à submersão e dificultando a permanência da população na região. No período entre cinco e vinte anos, espera-se que o recuo da linha costeira alcance entre 300 e 400 m, resultando na perda de infraestrutura crítica e no deslocamento de grupos populacionais. No intervalo de vinte a cem anos, os cálculos indicam que a erosão poderá avançar até 1500 m, comprometendo definitivamente a configuração territorial de

Namitange. Em cenários de eventos menos prováveis, mas possíveis em condições climáticas extremas, projecta-se um recuo de até 3000 m, levando à completa transformação da região e à inviabilidade da ocupação humana.

Diante-te dessa situação, a erosão fluvial na região de Namitange representa um desafio crescente que exige uma abordagem científica e multidisciplinar. Sem medidas eficazes, o fenómeno continuará a avançar, comprometendo a sustentabilidade ambiental e social da área. A conjugação entre conhecimento técnico, gestão territorial e participação comunitária poderá fornecer soluções adaptativas, permitindo a restauração da estabilidade da região e garantindo um futuro mais seguro para as populações afectadas.

Capítulo V. Conclusões e Recomendações

5.1. Conclusões

A erosão fluvial nas três regiões estudadas apresentou padrões distintos de avanço ao longo das últimas três décadas, sendo influenciada por factores hidrodinâmicos, climáticos e antropogénicos. As medições realizadas mostram que entre 2013 á 2023, na região de 1º de Maio e Namitange as taxas de recuo foram mais elevadas do que nas décadas anteriores, sugerindo uma aceleração do fenómeno devido a eventos climáticos extremos e alterações na estrutura do solo.

Em Machilua, a perda acumulada ao longo dos últimos dez anos atingiu até 29,3 m em alguns pontos de monitorização, enquanto na região de Namitange as perdas foram ainda mais expressivas, ultrapassando 30 m em determinados locais. Em 1º de Maio, a erosão progrediu de forma mais gradual, mas ainda significativa, com valores médios de recuo de até 20 m no mesmo período.

A análise da velocidade da corrente confirma que os períodos de vazante são críticos para a remoção de sedimentos, atingindo valores superiores a 21 cm/s, o que favorece o transporte activo de partículas finas. A amplitude da maré, que pode alcançar 350 cm, amplifica a acção das correntes sobre as margens, contribuindo para um maior recuo da linha costeira. O Diagrama de Hjulström reforça a vulnerabilidade dos sedimentos presentes na região, predominantemente compostos por silte grosso e fino, altamente móveis e facilmente erodidos por fluxos de água moderados. A degradação da vegetação costeira e a ausência de barreiras naturais aumentaram ainda mais a suscetibilidade das áreas afectadas, tornando a erosão um fenómeno irreversível sem intervenções estruturais.

Os riscos associados aos processos costeiros variam conforme a região estudada e o horizonte temporal analisado. Em 1º de Maio, as projecções indicam que nos próximos 1 á 5 anos (Δt_1), espera-se um recuo

da linha de erosão de aproximadamente 60 m, afectando áreas próximas às margens e comprometendo infraestruturas básicas. No intervalo de 5 á 20 anos (Δt_2), estima-se uma erosão de até 100 m, tornando necessária a realocação de residências e estabelecimentos comerciais. No horizonte de 20 á 100 anos (Δt_3), espera-se um recuo que pode atingir 600 m, tornando a ocupação da área inviável. Em evento menos prováveis, projecta-se um avanço de até 1600 m, levando ao desaparecimento completo da configuração territorial actual.

Em Machilua, os cálculos indicam que entre 1 á 5 anos, a erosão poderá avançar cerca de 80 metros, aumentando para uma faixa entre 100 á 300 m no período de 5 á 20 anos. A longo prazo, entre 20 á 100 anos, a erosão pode atingir aproximadamente 1500 m, transformando por completo a zona costeira. Em eventos menos prováveis, o recuo da linha costeira poderá alcançar até 2500 m, tornando a região inabitável.

Já em Namitange, onde os impactos da erosão já são amplamente observados nas imagens de satélite e nos relatos da população local, estima-se um recuo abaixo de 100 m nos próximos 1 á 5 anos. No período de 5 á 20 anos, a erosão poderá avançar entre 300 á 400 m, exigindo intervenções urgentes para evitar a perda de infraestrutura crítica. No horizonte de 20 a 100 anos, o recuo pode atingir cerca de 1500 m, tornando a região praticamente inabitável. Em eventos menos prováveis, projecta-se um recuo de até 3000 m, eliminando completamente a área habitada e forçando o reassentamento da população.

Além dos impactos geográficos, os riscos sociais são evidentes. As entrevistas revelaram que os moradores já enfrentam deslocamentos forçados devido à perda de casas e terrenos agrícolas. A intrusão salina compromete a disponibilidade de água potável, dificultando actividades agrícolas e o abastecimento da população. A vulnerabilidade socioeconómica das comunidades locais torna a erosão ainda mais grave, com riscos crescentes de insegurança alimentar e falta de acesso a serviços básicos.

Uma das principais estratégias de adaptação consiste no reflorestamento de mangais, que desempenham um papel crucial na estabilização costeira. Os mangais funcionam como barreiras naturais que reduzem a mobilidade dos sedimentos, minimizando a sua deslocação pela acção das correntes fluviais e marítimas.

A degradação destes ecossistemas tem sido identificada como um factor determinante na intensificação da erosão, facilitando o avanço das águas sobre áreas anteriormente protegidas. A recuperação desses mangais pode ser realizada através da plantação de espécies nativas, garantindo que as raízes promovam a consolidação do solo e reduzam a sua exposição ao transporte sedimentar. Os relatos dos moradores e

as imagens de satélite confirmam a relação entre a destruição da vegetação costeira e a maior vulnerabilidade das margens. O impacto da velocidade das correntes, que pode ultrapassar 25cm/s em períodos críticos, reforça a necessidade de restaurar a vegetação costeira como medida prioritária para estabilizar o solo e reduzir os impactos da erosão.

A segunda estratégia envolve a instalação de barreiras de proteção costeira, permitindo reduzir a força das correntes e dissipar a energia hidráulica antes que estas atinjam as margens vulneráveis. Os dados de velocidade da corrente demonstram que, durante os períodos de vazante, há uma intensa mobilidade sedimentar, promovendo um desgaste acelerado das margens. A amplitude da maré, que pode atingir valores superiores a 305 cm, amplifica esse impacto, promovendo a degradação contínua do território. A implementação de barreiras naturais, como troncos de coqueiro e blocos de pedra, pode actuar como uma contenção eficaz, impedindo que as correntes atinjam directamente as margens e promovendo a deposição dos sedimentos antes que sejam deslocados para zonas mais profundas. Em áreas onde a erosão é mais agressiva, muros de contenção podem ser uma alternativa viável, garantindo a proteção de infraestruturas essenciais e reduzindo o risco de colapso das margens. A integração destas barreiras com vegetação costeira pode reforçar a sua eficácia, criando um sistema de contenção mais duradouro e sustentável.

A terceira estratégia baseia-se na retenção e compactação dos sedimentos sem remoção, garantindo que os materiais depositados ao longo das margens sejam utilizados para reforçar a estabilidade do solo. Os sedimentos predominantes na região são finos e altamente móveis, o que facilita a sua deslocação pelas correntes.

A remoção desses materiais pode agravar a erosão, uma vez que o solo perderia a sua capacidade de retenção e tornar-se-ia ainda mais vulnerável ao desgaste contínuo. Em vez de promover a retirada dos sedimentos, devem ser aplicadas técnicas de retenção para aumentar a coesão entre as partículas e minimizar a sua dispersão.

A estabilização pode ser realizada através da introdução de vegetação de raízes profundas, garantindo que os sedimentos permaneçam compactos e integrados ao solo. Além disso, barreiras de retenção compostas por materiais naturais podem ser implementadas para impedir que os sedimentos sejam arrastados pelas correntes, garantindo maior resistência da linha costeira ao longo dos anos.

5.2. Recomendações

Para o Governo do distrito de Inhassunge e da província da Zambézia, recomenda-se a implementação de um programa de reflorestação de mangal nas zonas com solos argilosos, bem como o cultivo de casuarinas e eucaliptos nos solos arenosos, que actuem como barreiras naturais para a contenção da erosão, de modo a conciliar a necessidade de adaptação às condições erosivas com a realidade socioeconómica das comunidades locais.

Qualquer intervenção deve respeitar as práticas comunitárias e propor soluções alternativas que permitam a preservação dos recursos sem comprometer a subsistência das populações.

Para o Instituto Nacional de Gestão de Desastres (INGD) da província da Zambézia, recomenda-se a implementação de infraestruturas adaptadas à erosão fluvial que sejam compatíveis com as práticas locais e evitem a retirada desordenada de recursos essenciais para a estabilidade das margens. Um dos principais factores que agravam a erosão é a remoção de lama para a construção de habitações, processo que enfraquece a retenção sedimentar e expõe o solo a uma degradação acelerada.

Em vez de uma proibição abrupta desta prática, é essencial promover alternativas viáveis para o reforço do solo, permitindo que os sedimentos permaneçam nas margens sem comprometer as necessidades habitacionais da comunidade. A construção de infraestruturas de contenção deve ser adaptada ao território e incluir métodos que utilizem recursos locais de forma sustentável, evitando impactos que possam agravar a vulnerabilidade da região. Além disso, a realização de monitorizações periódicas permitirá avaliar a evolução da erosão e ajustar as estratégias conforme as mudanças climáticas e as condições ambientais da região.

Referências Bibliográficas

- ACDI. (2023). *Sexto Relatório de Avaliação do IPCC: Impactos, opções de adaptação e áreas de investimento para uma África Austral resiliente às mudanças climáticas*. Shutterstock .
- Alves, A. A. (2011). *Prevenção, preparação e mitigação do risco de desastres naturais: a experiência da Oikos em El Salvador*.
- ANPC. (2010). *Riscos Costeiros- Estratégias de prevenção, mitigação e protecção, no âmbito do planeamento de emergência e do ordenamento do território*. Portugal .

- Araújo, I. R., Gomes, É. R., Gonçalves, R. M., & Queiroz, H. A. (2019). Estimativa do Índice de Vulnerabilidade à Erosão Costeira (IVC) para o Litoral do Piauí, Brasil. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. doi:<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v20i1.1260>
- Brito, R. N., Asp, N. E., Beasley, C. R., & Santos, H. S. (2009). Características Sedimentares Fluviais Associadas ao Grau de Preservação da Mata Ciliar - Rio Urumajó, Nordeste Paraense. *Acta Amazonica, Vol.39(1)*. Retrieved Maio 19, 2024
- Conjo, M. P., Chichango, D. B., & Jesus, O. M. (2021). O papel da mídia na divulgação de informação sobre mudanças climáticas em Moçambique. *REASE*. doi:[doi.org/ 10.51891/rease.v7i11.3237](https://doi.org/10.51891/rease.v7i11.3237)
- Conjo, M. P., Chichango, D. B., & Jesus, O. M. (2021). O Papel Da Mídia Na Divulgação De Informação Sobre Mudanças Climáticas Em Moçambique. *Revista EASE, v.7(no 11)*. doi:[Doi: org/ 10.51891/rease.v7i11.3237](https://doi.org/10.51891/rease.v7i11.3237)
- Cowan, Y., Brien, E. O., & Rakotomalala, N. (2014). *Sistema de Alerta Prévio de Base Comunitária: Práticas Fundamentais para Implementadores de RRC*. Handrad.
- DNGH, D. N. (2017). *Plano Acção de Sector de Águas para Implementação dos objectivos de Desenvolvimento Sustentavel 2015-2030*. Maputo.
- Francisco, M. P. (2010). *Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas*. São Paulo: Dissertação . Retrieved Agosto 26, 2023
- Francisco, P. R., Santos, D., & Brito, T. P. (2022). Natural potential of erosion and tolerance limit of loss of soil in a hydrographic basin in the region of brejo paraibano. *Rev. GEAMA, V.8*. Obtido em 15 de Maio de 2023
- Hoguane, A. M. (2007). Perfil Diagnóstico da Zona Costeira de Moçambique. *Revista de Gestão Costeira Integrada, V.7(No 1)*. Obtido em 17 de Julho de 2023, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=388340121008>
- Holanda, T. F., Gonçalves, R. M., Lino, A. P., Pereira, P. d., & Sousa, P. H. (2020). Classificação das Variações Morfodinamica de Processos Costeiros, Praia do Paiva, Pe, Brasil. *Revista Brasileira de Geomorfologia, V.21(no 2)*. doi:doi.org/10.20502/www.ugb.org.br_rbg.v21i2.1769

- IMPACTO. (2022). *Licenciamento Ambiental do Projecto de Mineração de Areias Pesadas nas Águas Rasas dos Distritos de Inhassunge e Chinde, Província da Zambézia . Licença No 9532L: Relatório do Estudo de Pré - Viabilidade Ambiental e Definição de Âmbito*. Maputo. Retrieved Maio 19, 2023
- INAM. (2023). *Estado do clima de Moçambique em 2022*. Maputo.
- INE. (2007). *Censo Populacional*. Maputo. Retrieved Junho 18, 2023
- INGC. (2012). *Respondendo às Mudanças Climáticas em Moçambique: Protecção Costeira*. Maputo. Obtido em 27 de Abril de 2023
- INGC. (2017). *Quadro de Indicadores de Redução do Risco de Desastres*. Maputo.
- IPCC. (2014). Switzerland. Obtido em 14 de Abril de 2023, de <http://www.ipcc.ch>
- IPCC. (2021). *Synthesis Report of the IPCC Sixth Assessment Report (AR6)*.
- IPCC. (2023). *Sexto Relatório de Avaliação do IPCC (AR6)*.
- IPCC. (2024). *Climate Change*.
- Issaka, S., & Ashraf, M. A. (2017). Impact of soil erosion and degradation on water quality: a review. *Rev.Geology, Ecology, and Landscapes*. Retrieved Abril 24, 2024, from www.tandfonline.com/journals/tgel20
- Lima, M., F. A., Martos, M., & Coelho, C. (2021). Mitigation and adaptation strategies to coastal erosion and climate change effects. *Rev.Recursos Hidricos, Vol.42(No 1)*. doi:DOI 10.5894/rh42n1-cti7
- Lira, M. A., Neto, J. M., Loiola, J. V., Silva, E. M., & Alves, J. M. (2016). Caracterização do Regime de Ventos no Piauí para o Aproveitamento de Energia Eólica. *Revista Brasileira de Meteorologia, v. 32(12)*. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-778632120150712>
- MAE. (2005). *Perfil do Distrito de Inhassunge Província da Zambézia*. Maputo. Obtido em 18 de Abril de 2023
- Masselink, G., Russell, P., Rennie, A., Brooks, S., & Spencer, T. (2020). Impacts of climate change on coastal geomorphology and coastal erosion relevant to the coastal and marine environment around the UK. *Marine Climate Change: Science Review* . doi:0.14465/2020.arc08.cgm
- Miramar, T. (2018). *Erosão na Zambézia*. Inhassunge.

- MTADR. (2016). *Estratégia para a Gestão Integrada da Zona Costeira de Moçambique: 2016-2025*. Maputo. Retrieved Abril 17, 2024
- Muleia, R., Maure, G., José, A., Maholela, P., Adjei, I. A., Karim, M. R., . . . Kazembe, L. (2023). Assessing the Vulnerability and Adaptation Needs of Mozambique's Health Sector to Climate Change: A Comprehensive Study. *Preprints, V 1*. doi:doi:10.20944/preprints202306.0114.v1
- Padilla, A. G., Hoyos Cerna, M., Reyes Vila, E., Tuesta, L., Cruz Vásquez, Y. S., & Santillán Aredo, R. (2013). Impacto ambiental generado por erosión costera en la zona litoral de Buenos Aires Norte, distrito de Víctor Larco Herrera, La Libertad, Perú. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Biológicas Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo. Perú*. Obtido em 24 de Abril de 2024
- Restrepo, J. C., Otero, L., Herrera, E., & Osorio, A. F. (2018). Erosión Costera en el Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo. *Rev. ResearchGate*. Obtido em 24 de Abril de 2024, de <https://www.researchgate.net/publication/288930278>
- Santos, G. G., Griebeler, N. P., & Oliveira, L. F. (2010). Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, V.14*(no 2). Retrieved Julho 24, 2023
- Souza, L. A., & Sobreira, F. G. (2017). A avaliação da Geração de Sedimentos ao Longo da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Carmo. Potencial Natural de Erosão, feições Morfológicas e Cicatrizes de Movimentos de Massa. *Rev. Geociencias, 36*(2). Retrieved Maio 9, 2024
- Team, O. U. (1989). *Waves, tides, and shallow-water processes*. Oxford: Pergamon Press. Retrieved Julho 19, 2024
- Vilanculos, A. C. (2021). *Eventos Hidroclimatológicos Extremos: Métodos de Análise de Previsão*. (I. Escolas, Ed.) Maputo.

Apêndice

Apêndice 1. Tabela 5. Coordenadas e cobertura de satélites na região de Machilua_ Inhassunge.

#	Marcos	Latitude	Longitude	Accuracy	Number of Satellites
1	A	-18.038330	36.824167	1.40	30/26
2	B	-18.038487	36.824008	1.40	34/31
3	C	-18.035167	36.823390	1.40	33/29
4	D	-18.040437	36.823387	1.30	32/30
5	E	-18.041320	36.823528	1.30	35/33
6	F	-18.041762	36.823540	1.20	35/33
7	G	-18.041982	36.823263	1.30	32/30
8	H	-18.042127	36.823368	1.30	35/33
9	I	-18.042138	36.823442	1.40	31/31
10	J	-18.042832	36.823885	1.30	37/34
11	K	-18.043345	36.824253	1.30	35/32
12	L	-18.043637	36.824475	1.30	33/29
13	M	-18.044020	36.824793	1.20	33/28

Apêndice 2. Tabela 6. As coordenadas retiradas na região de 1 Maio_ Inhassunge

#	Marcos	Latitude	Longitude	Accuracy	Number of Satellites
14	N	-18.057217	36.815077	1.40	34/31
15	O	-18.057450	36.814452	1.30	32/30
16	P	-18.057843	36.813392	1.40	32/30

Apêndice 3. Tabela 7. Coordenadas e cobertura de satélites na região de Namitange_ Inhassunge

#	Marcos	Latitude	Longitude	Accuracy	Number of Satellites
17	Q	-18.059453	36.810047	1.30	31/29
18	R	-18.059783	36.819563	1.40	33/29
19	S	-18.060123	36.809178	1.30	31/28
20	T	-18.060853	36.808545	1.40	31/27
21	U	-18.062485	36.807743	1.60	30/28
22	V	-18.063392	36.807573	1.30	33/31
23	W	-18.063398	36.807533	1.30	30/29
24	X	-18.064058	36.753831	1.40	32/30
25	Y	-18.065465	36.807632	1.40	36/33
26	Z	-18.066768	36.807755	1.40	33/31
27	AZ	-18.067241	36.807845	1.40	37/31
28	BZ	-18.067732	36.707942	1.40	34/28
29	CZ	-18.068515	36.708072	1.50	32/28

Apêndice 4. Análise de Amostra de Sedimentos e Algumas peneiras de diferentes diâmetros



a)



b)



c)

d)



e)



f)

Figura 43. Processo de secagem de sedimentos: a) medição do peso de sedimento; b) Amostras de Sedimentos; c e d) Forno de remoção de humidade; e) sedimento seco; f) sedimento húmido.



a)



b)



c)



d)

Figura 44. Algumas peneiras de diferentes diâmetros.a,b,c,d.

Apêndice 5. Medições de peso de cada amostra depois de avaliação sedimentar



a)



b)



a)



b)



c)



f)



g)



h)



i)



j)

Figura 45. Algumas medições de amostra após o processo de peneiração a,b,c,d ,e,f,g,h,i,j

Apêndice 6. Relato do entrevistados - Machilua



Figura 46. Forno para produção de carvão vejeta_ 1º de Maio.



Figura47. Preparação de forno de carvão_ Machilua.



Figura 48. Área já desmatada para a produção de carvão.



Figura 49. Preparação de forno para produção de carvão.

Apêndice 7. Erosão Acumulada no marco A_Machilua de Janeiro á Dezembro de 2024.

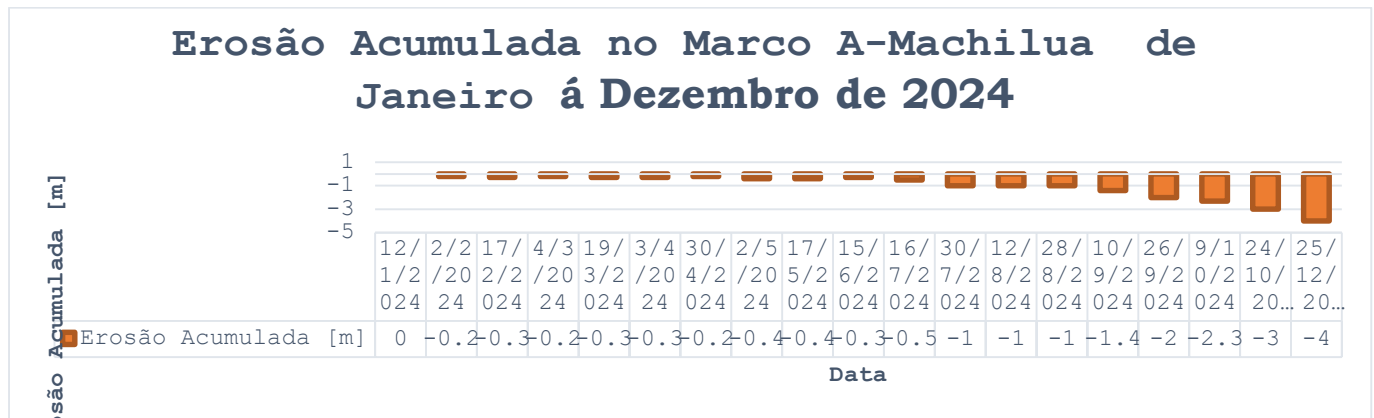


Figura 50. Erosão Acumulada no marco A_Machilua de Janeiro á Dezembro de 2024.

Apêndice 8. Erosão Acumulada no marco B_Machilua de Janeiro á Dezembro de 2024.

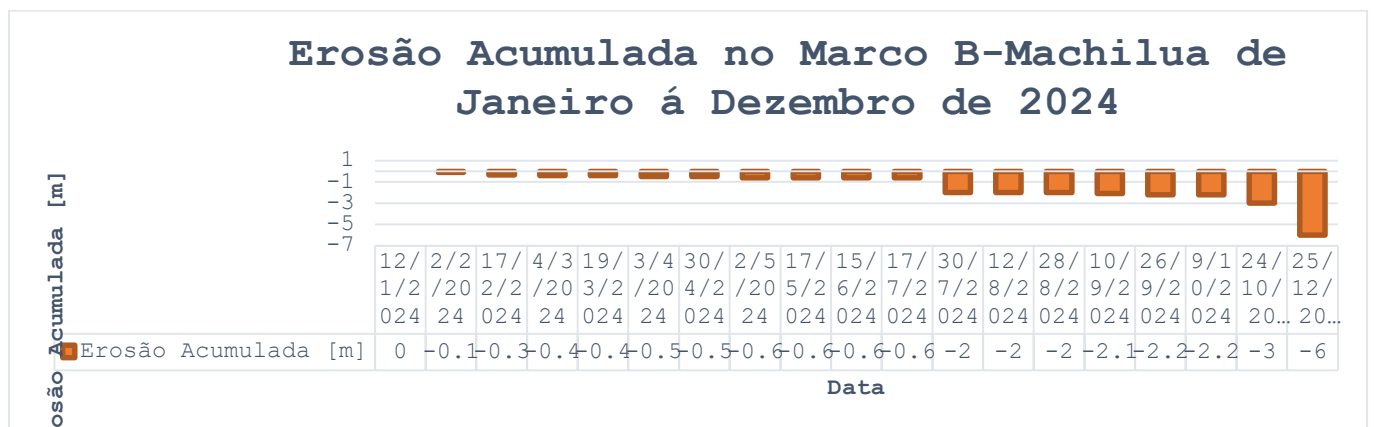


Figura 51. Erosão Acumulada no marco B_Machilua de Janeiro á Dezembro de 2024.

Apêndice 9. Erosão Acumulada no marco C_Machilua de Janeiro á Dezembro de 2024.

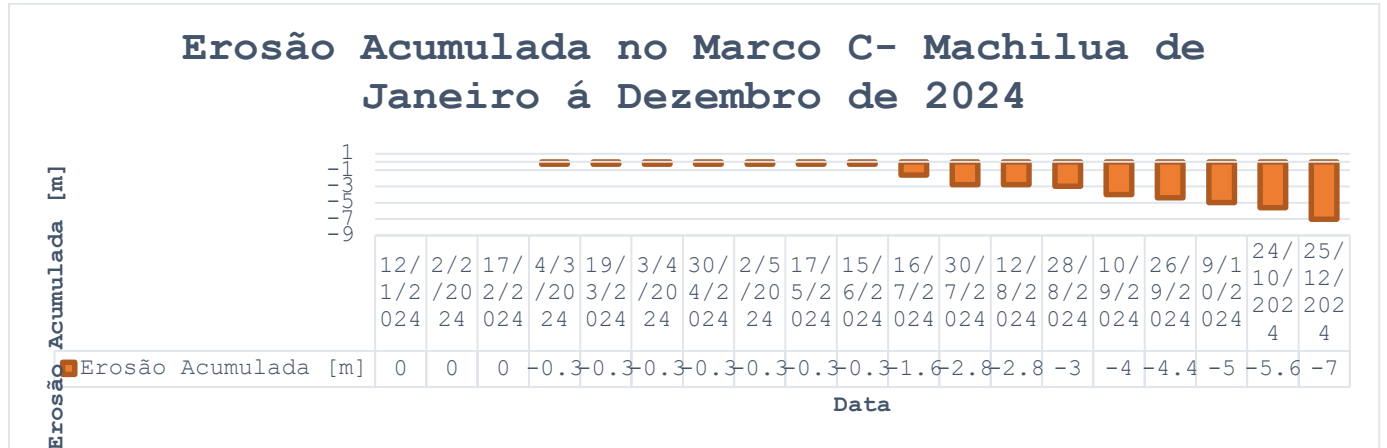


Figura 52. Erosão Acumulada no marco C_Machilua de Janeiro á Dezembro de 2024.

Apêndice 10. Erosão Acumulada no marco D_Machilua de Janeiro á Dezembro de 2024.

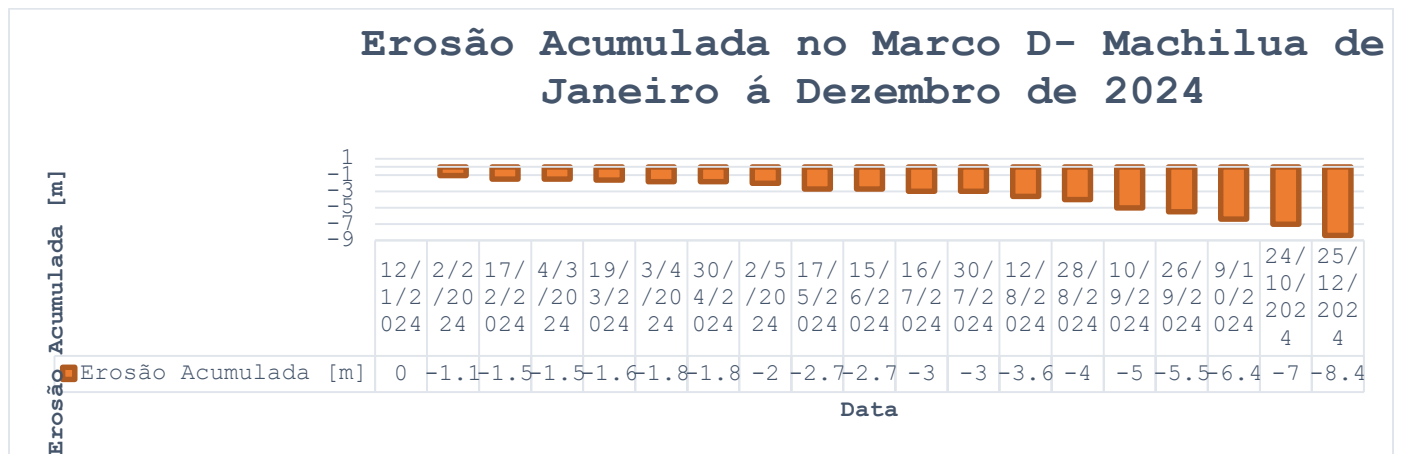


Figura 53. Erosão Acumulada no marco D_Machilua de Janeiro á Dezembro de 2024

Apêndice 11. Erosão Acumulada no marco E_Machilua de Janeiro á Dezembro de 2024.

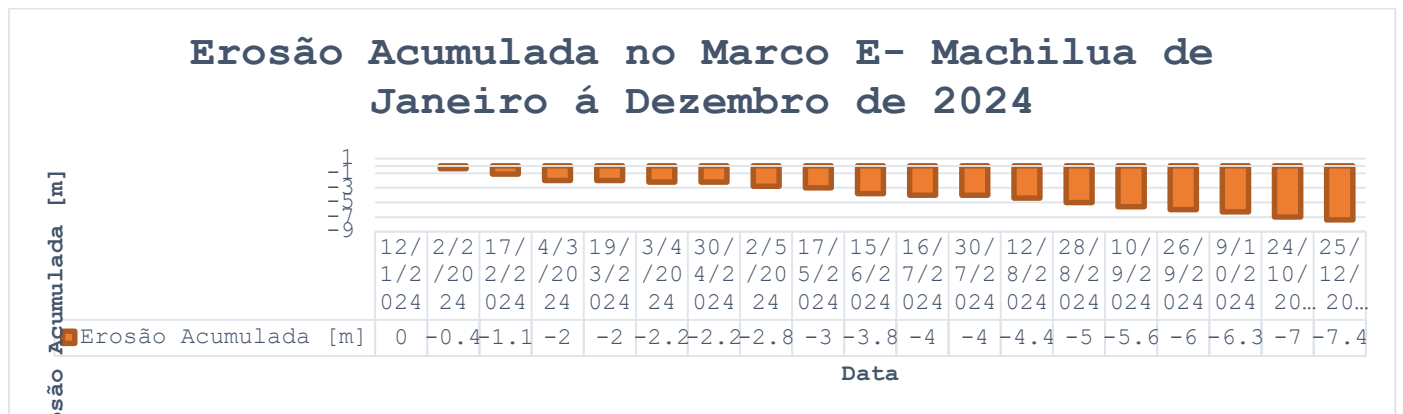


Figura 54. Erosão Acumulada no marco E_Machilua de Janeiro á Dezembro de 2024

Apêndice 12. Erosão Acumulada no marco F, G e H_Machilua de Janeiro á Dezembro de 2024.

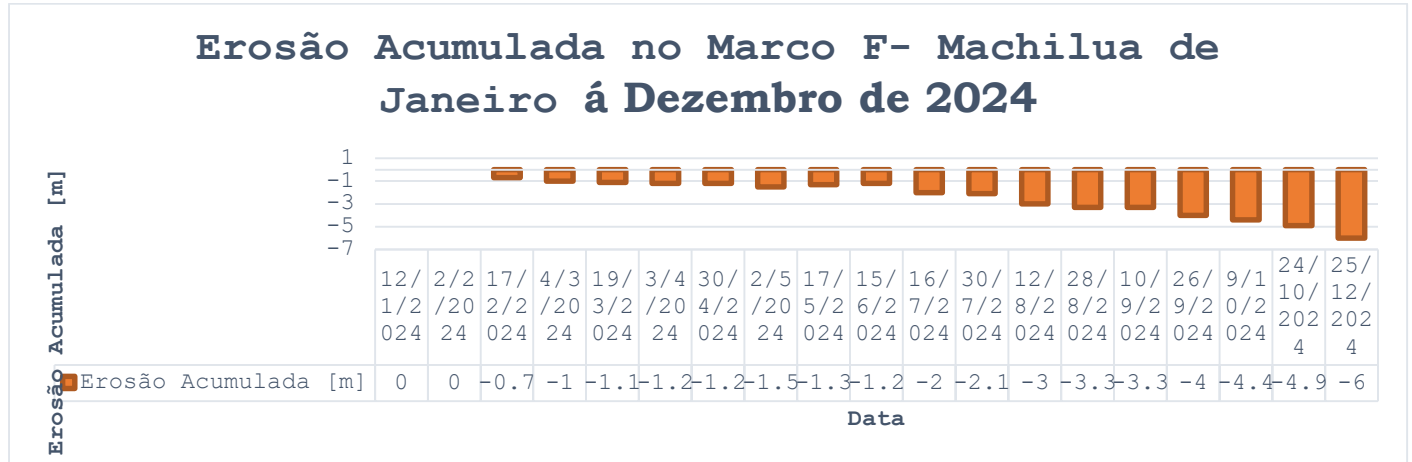


Figura 55. Erosão Acumulada no marco F_Machilua de Janeiro á Dezembro de 2024

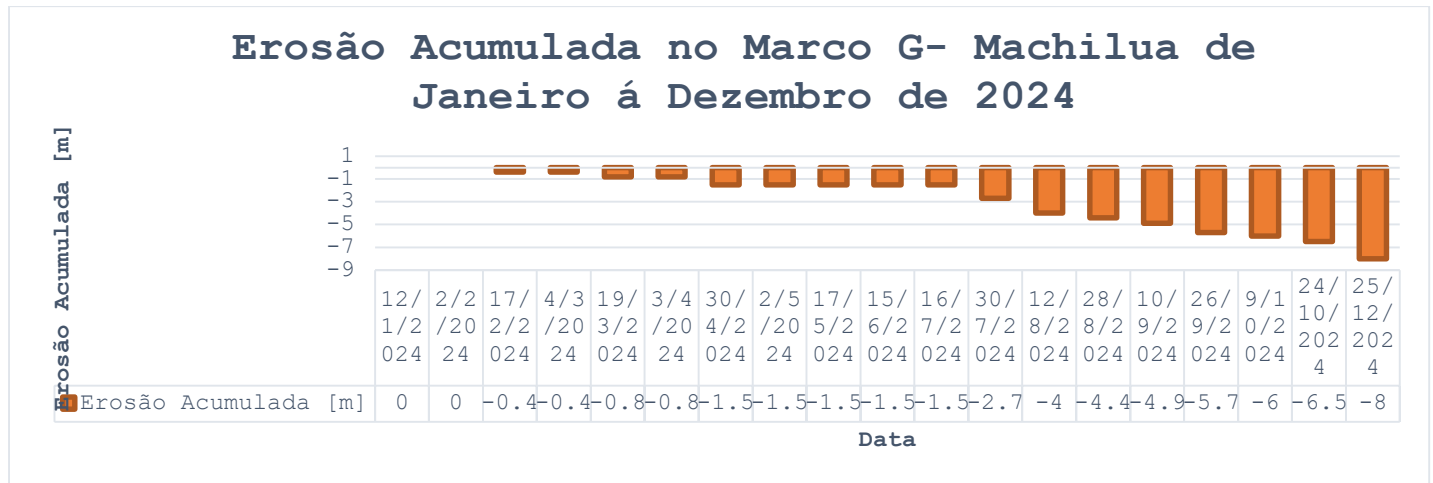


Figura 56. Erosão Acumulada no marco G_Machilua de Janeiro á Dezembro de 2024

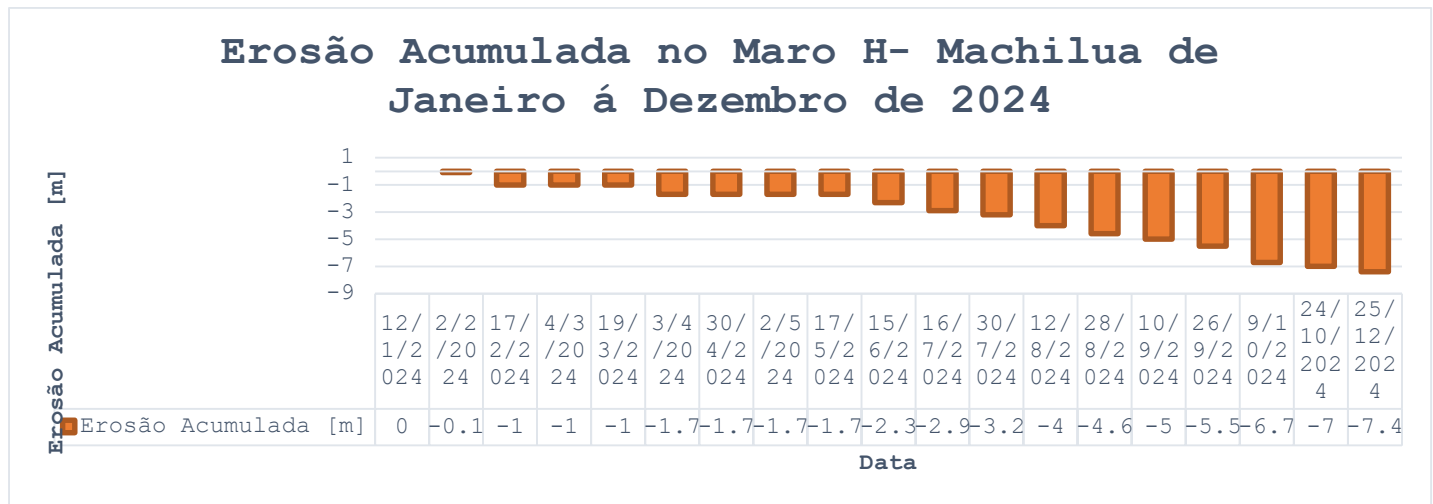


Figura 57. Erosão Acumulada no marco H_Machilua de Janeiro á Dezembro de 2024

Apêndice 13. . Erosão Acumulada no marco I, J e K_Machilua de Janeiro á Dezembro de 2024.

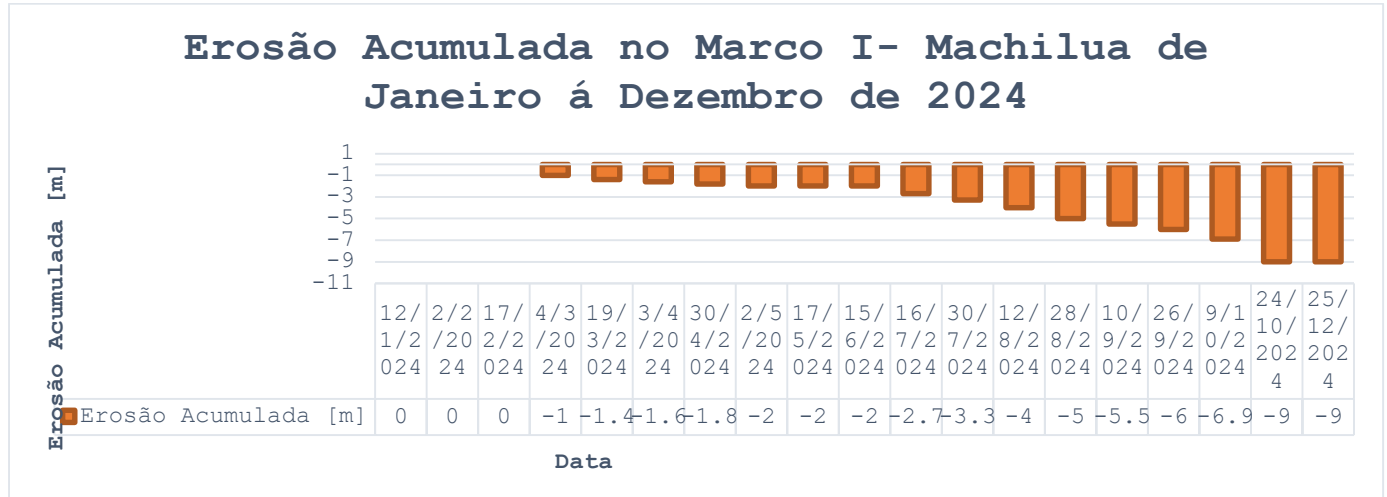


Figura 58. Erosão Acumulada no marco I_Machilua de Janeiro á Dezembro de 2024

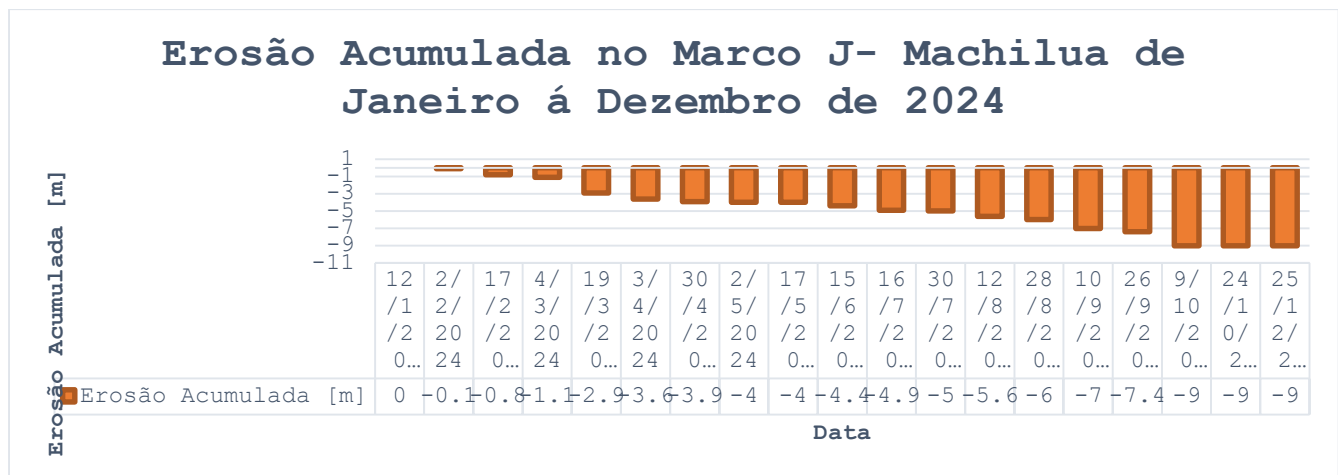


Figura 59. Erosão Acumulada no marco J_Machilua de Janeiro á Dezembro de 2024

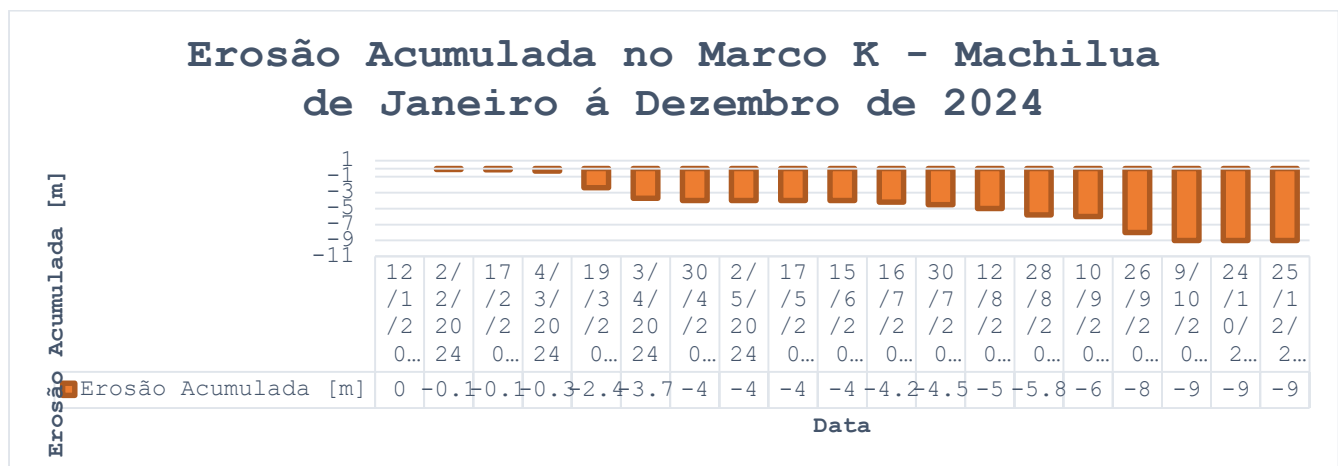


Figura 60. Erosão Acumulada no marco K_Machilua de Janeiro á Dezembro de 2024

Apêndice 14. Erosão Acumulada no marco L e M_Machilua de Janeiro á Dezembro de 2024.

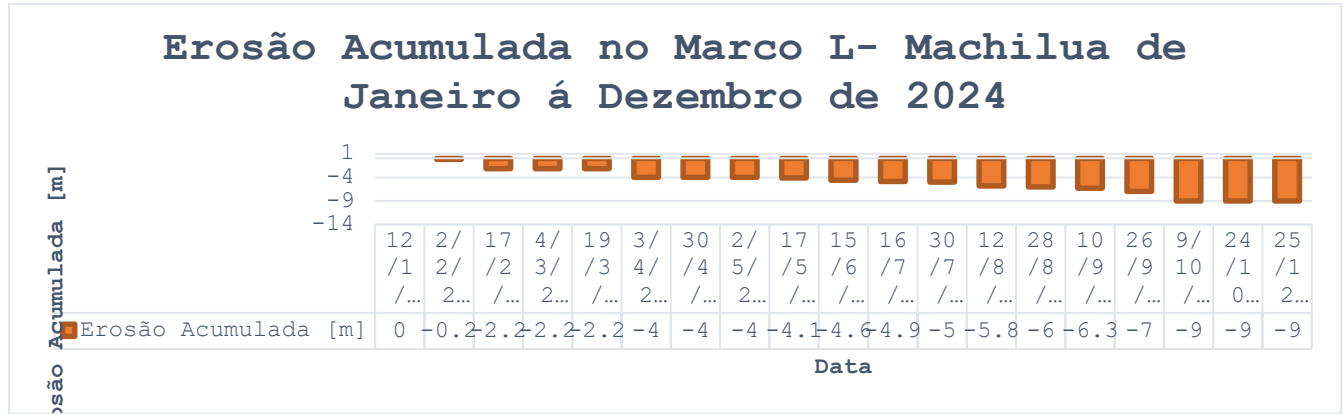


Figura 61. Erosão Acumulada no marco L_Machilua de Janeiro á Dezembro de 2024

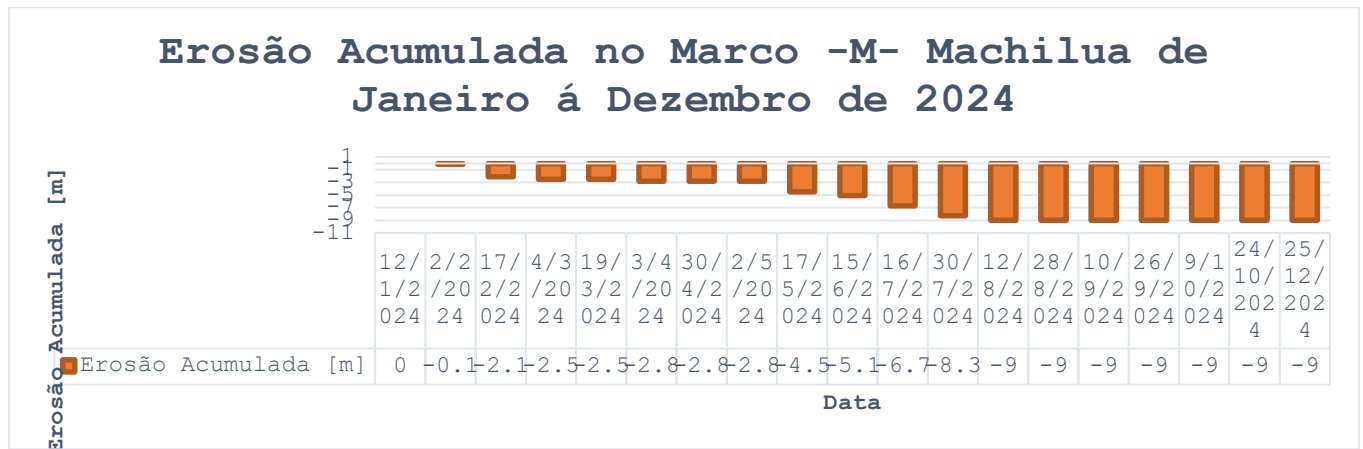


Figura 62. Erosão Acumulada no marco M_Machilua de Janeiro á Dezembro de 2024

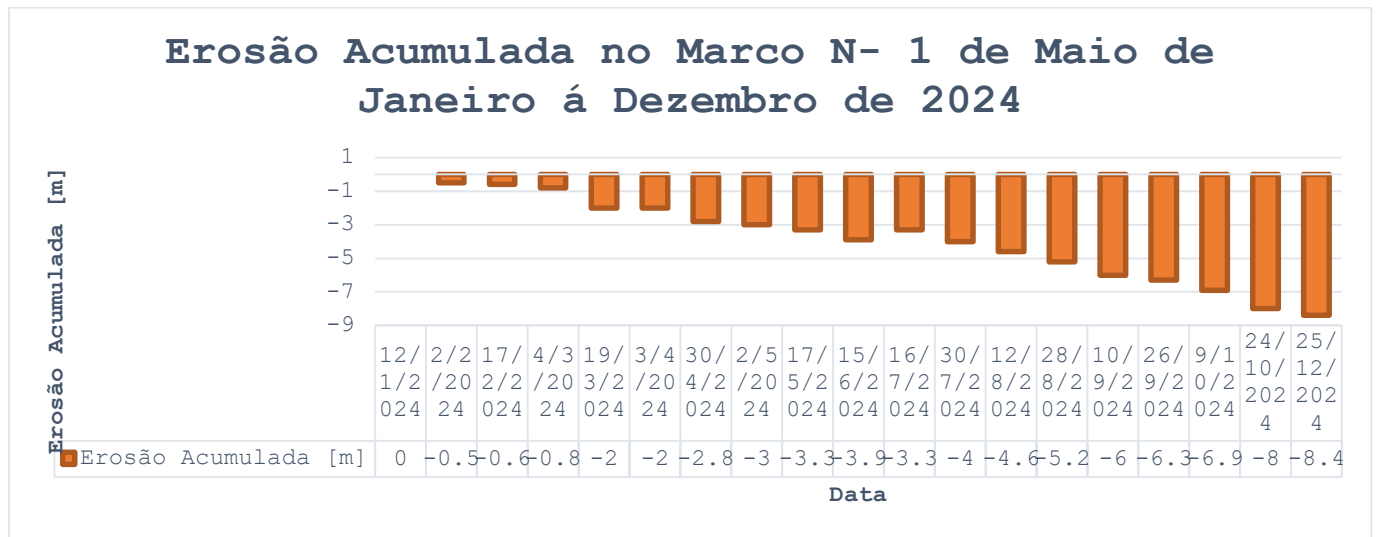


Figura 63. Erosão Acumulada no marco N_1º de Maio de Janeiro á Dezembro de 2024

Apêndice 15. Erosão Acumulada no marco O_1º de Maio de Janeiro á Dezembro de 2024

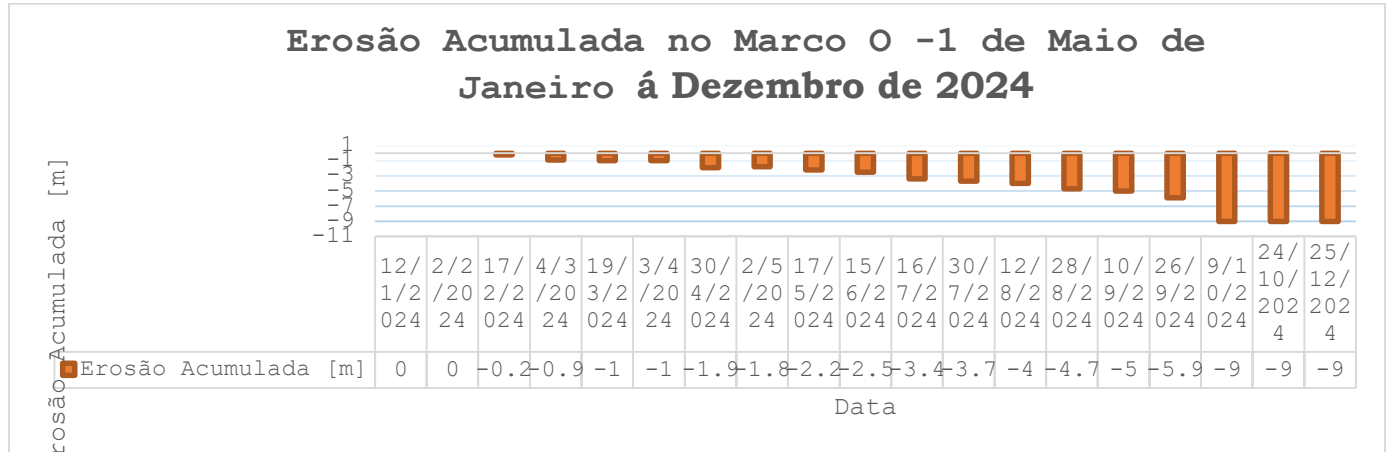


Figura 64. Erosão Acumulada no marco O_1º de Maio de Janeiro á Dezembro de 2024

Apêndice 16. Erosão Acumulada no marco P_1º de Maio de Janeiro á Dezembro de 2024

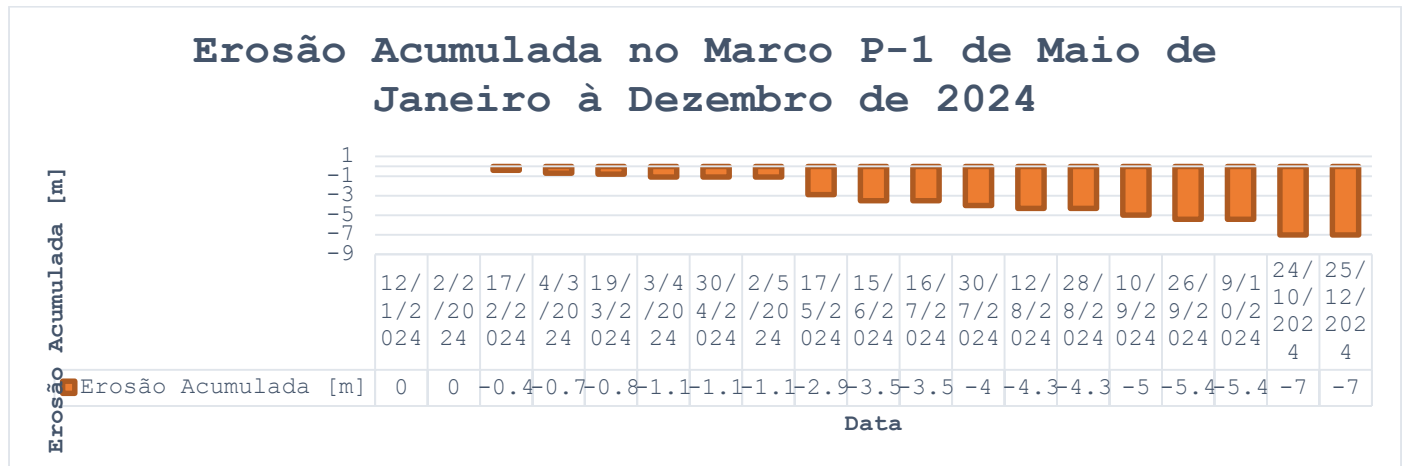


Figura 65. Erosão Acumulada no marco P_1º de Maio de Janeiro á Dezembro de 2024

Apêndice 17. Erosão Acumulada no marco Q,R,S,T,U,V,W,X,Y,Z,AZ,BZ e CZ_Namitange de Janeiro á Dezembro de 2024

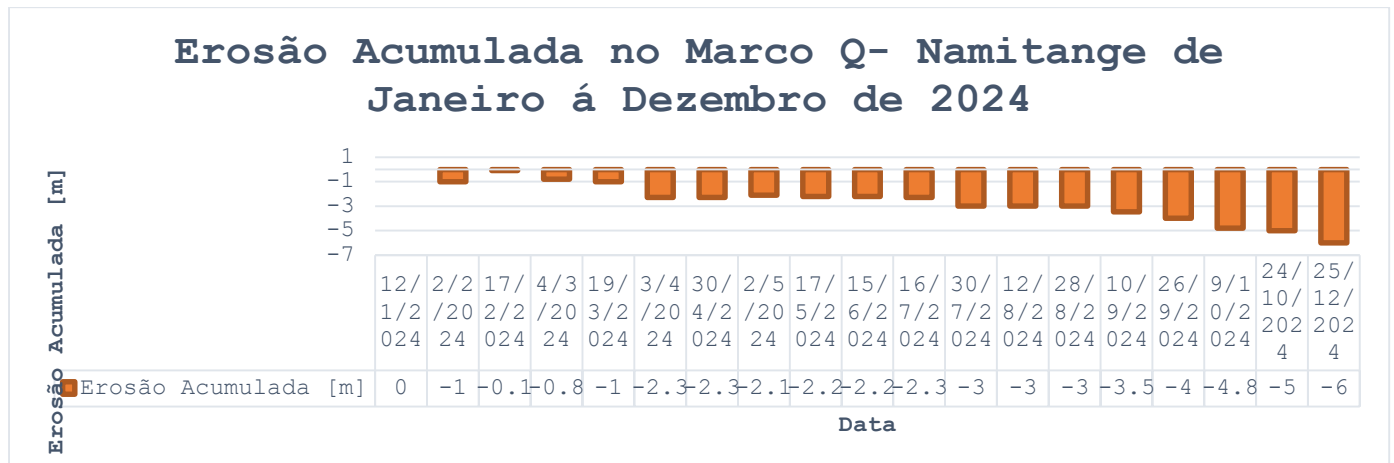


Figura 66. Erosão Acumulada no marco Q_Namitange de Janeiro á Dezembro de 2024

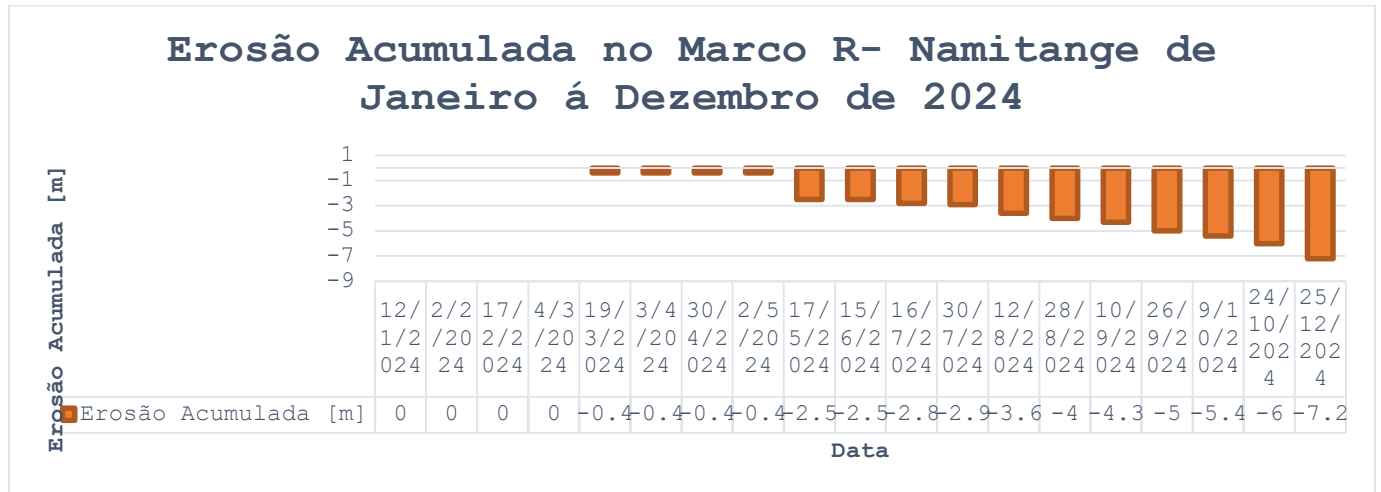


Figura 67. Erosão Acumulada no marco R_Namitange de Janeiro á Dezembro de 2024

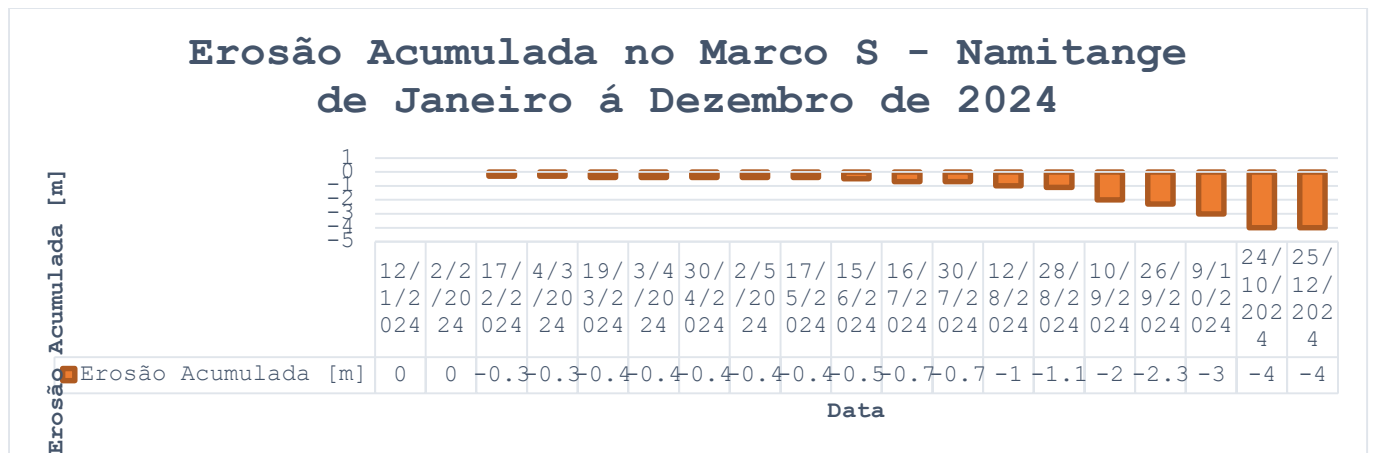


Figura 68. Erosão Acumulada no marco S_Namitange de Janeiro á Dezembro de 2024

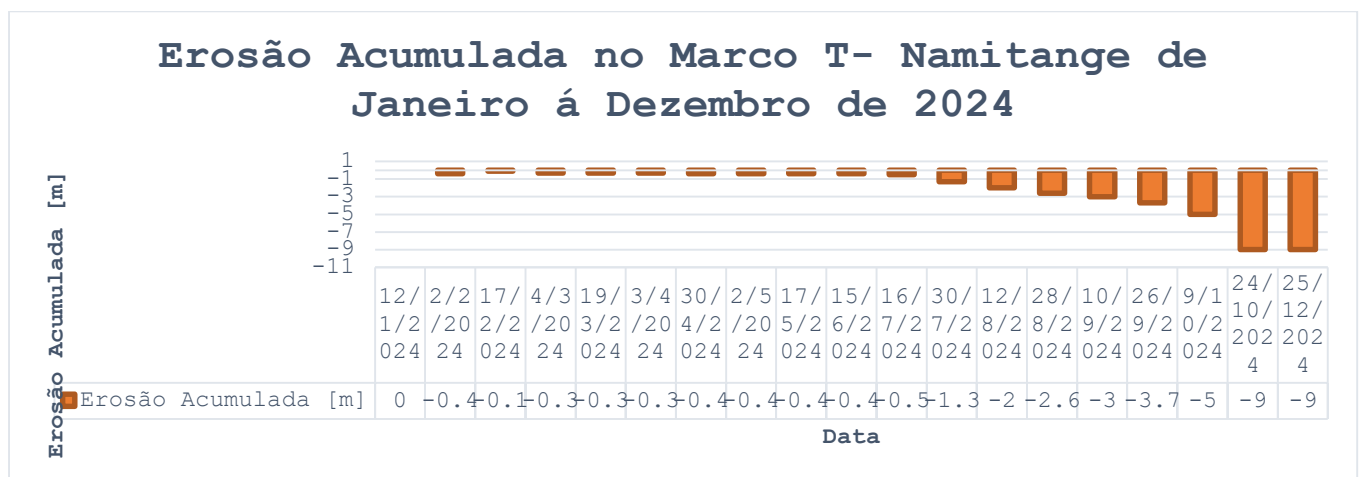


Figura 69. Erosão Acumulada no marco T_Namitange de Janeiro á Dezembro de 2024

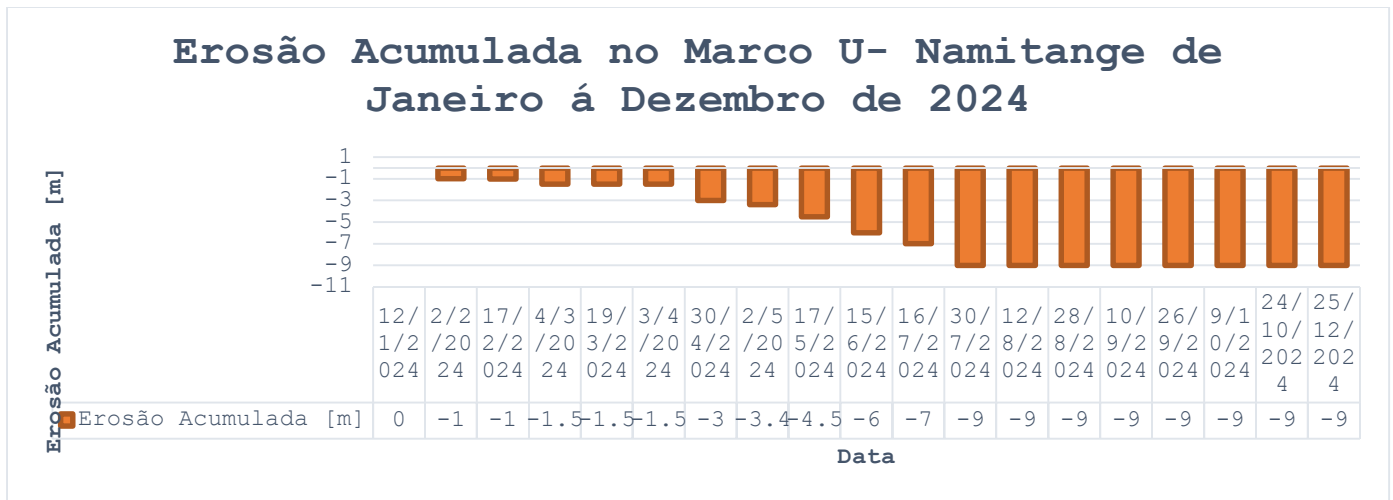


Figura 70. Erosão Acumulada no marco U_Namitange de Janeiro á Dezembro de 2024

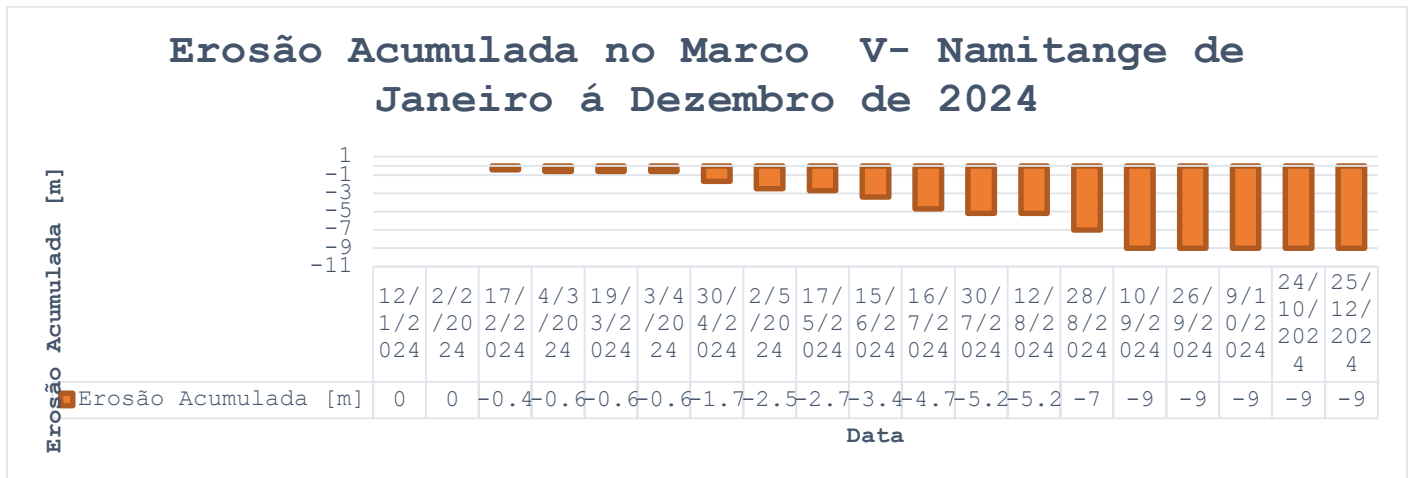


Figura 71. Erosão Acumulada no marco V_Namitange de Janeiro á Dezembro de 2024

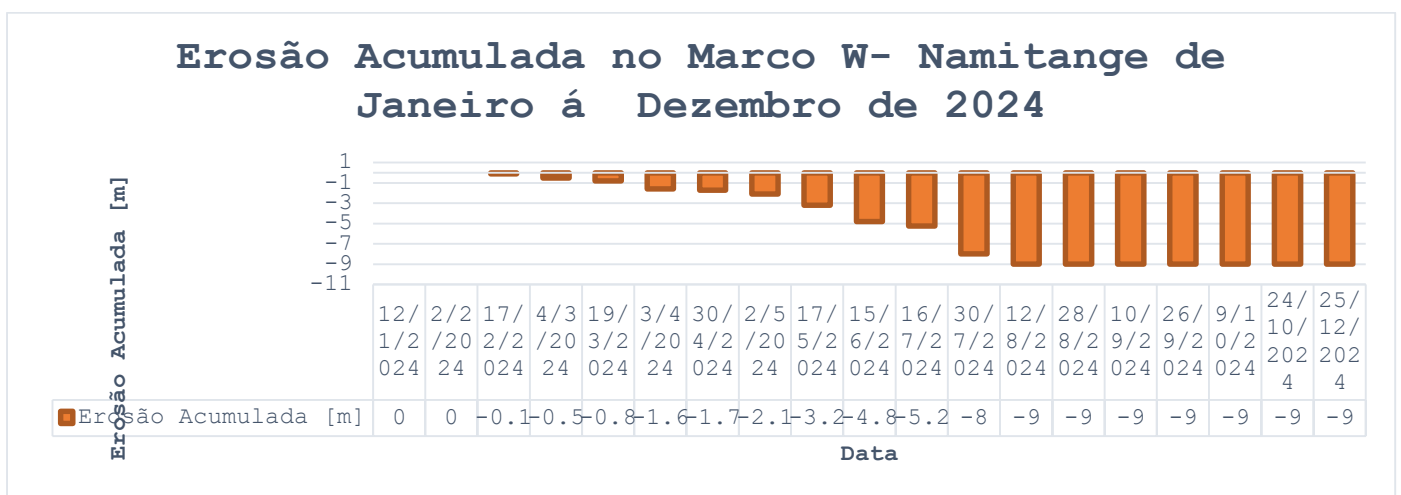


Figura 72. Erosão Acumulada no marco W_Namitange de Janeiro á Dezembro de 2024

Erosão Acumulada no Marco X- Namitange de Janeiro á Dezembro de 2024

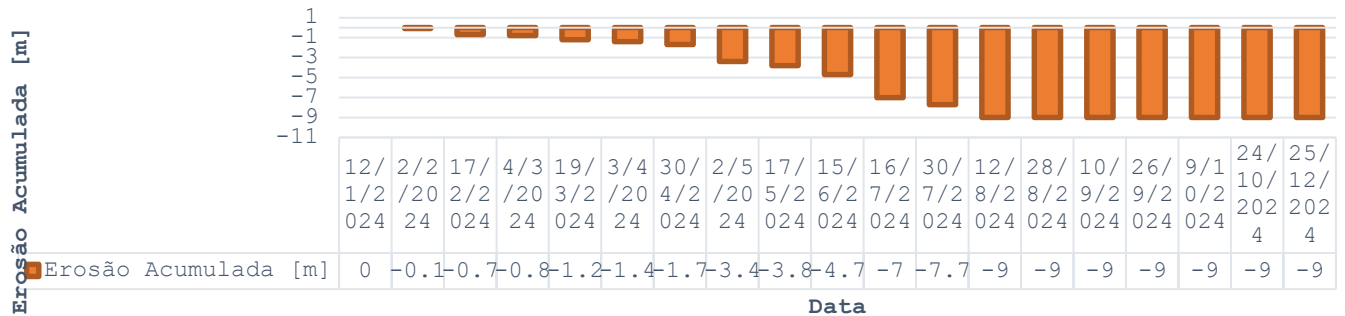


Figura 73. Erosão Acumulada no marco X_Namitange de Janeiro á Dezembro de 2024

Erosão Acumulada no Marco Y- Namitange de Janeiro á Dezembro de 2024

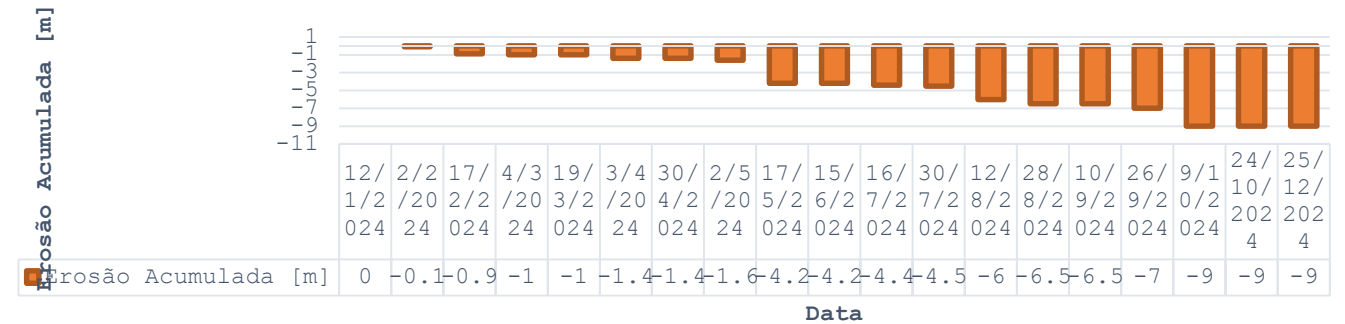


Figura 74. Erosão Acumulada no marco Y_Namitange de Janeiro á Dezembro de 2024

Erosão Acumulada no Marco Z- Namitange de Janeiro á Dezembro de 2024

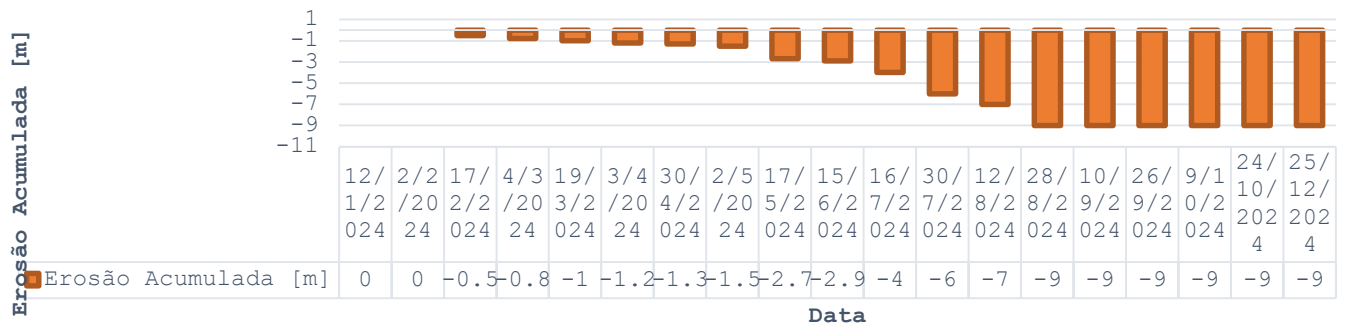


Figura 75. Erosão Acumulada no marco Z_Namitange de Janeiro á Dezembro de 2024

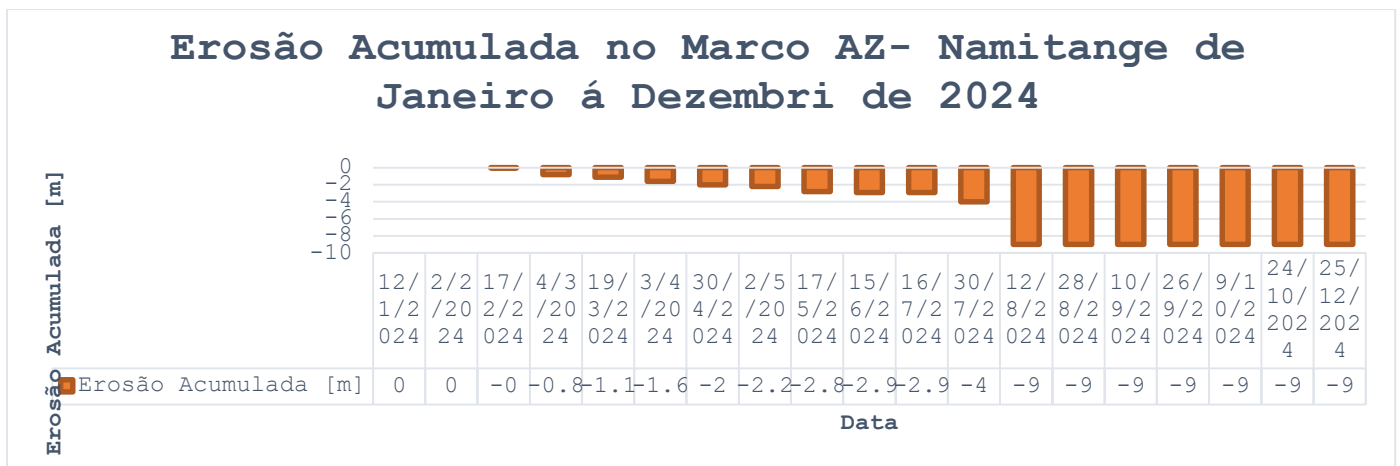


Figura 76. Erosão Acumulada no marco AZ_Namitange de Janeiro à Dezembro de 2024

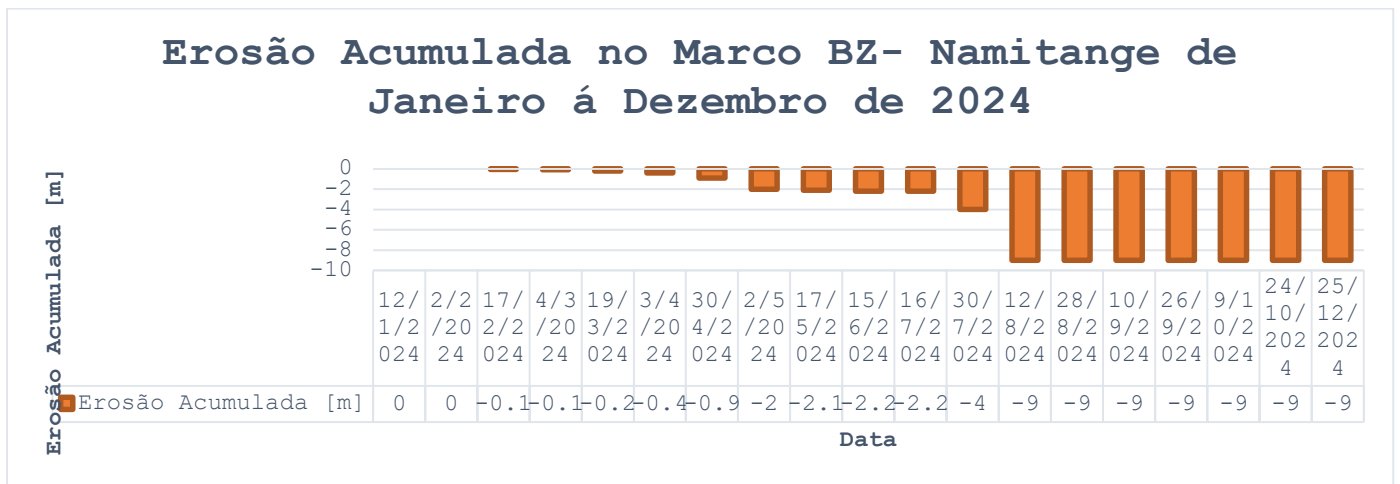


Figura 77. Erosão Acumulada no marco BZ_Namitange de Janeiro à Dezembro de 2024

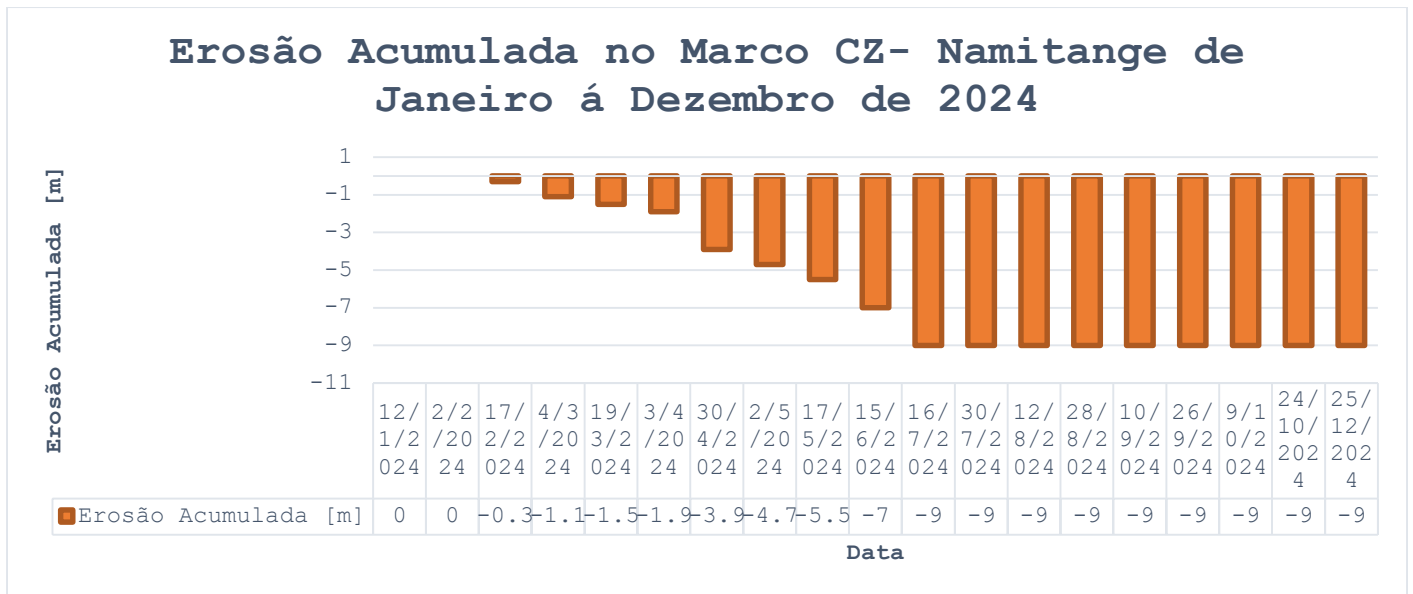


Figura 78. Erosão Acumulada no marco S_Namitange de Janeiro à Dezembro de 2024

Apêndice 18. Precipitação média mensal de Janeiro

A apresentação dos dados de PMM neste intervalo temporal visa criar um panorama claro e detalhado das condições climáticas da região, sem ainda estabelecer relações ou interpretações. Estes registos serão fundamentais para compreender tanto as dinâmicas do clima local como o impacto das chuvas em estudos de erosão e transporte de sedimentos.

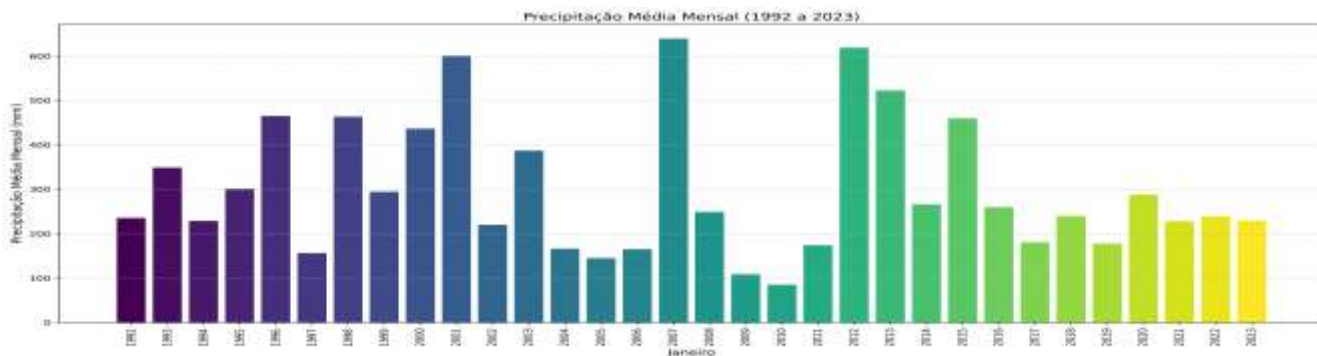


Figura 79. Precipitação média mensal de Janeiro

Apêndice 19. Precipitação média mensal de Fevereiro

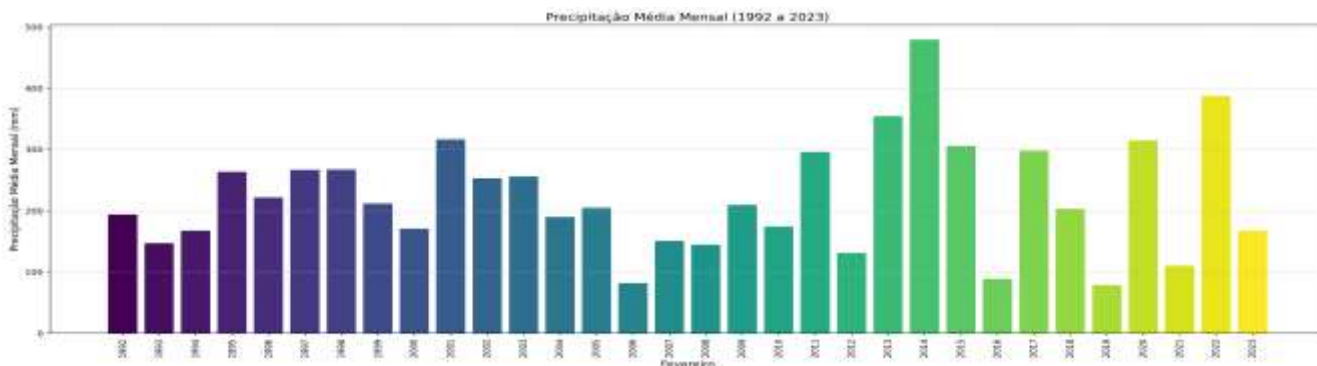


Figura 80. Precipitação média mensal de Fevereiro

Apêndice 20. Precipitação média mensal de Março

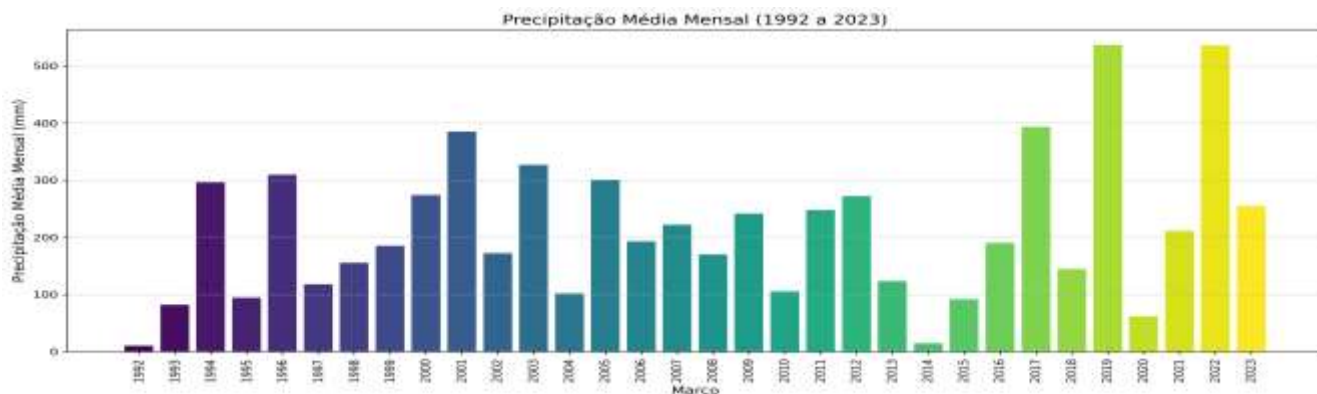


Figura 81. Precipitação média mensal de Março

Apêndice 21. Precipitação média mensal de Abril

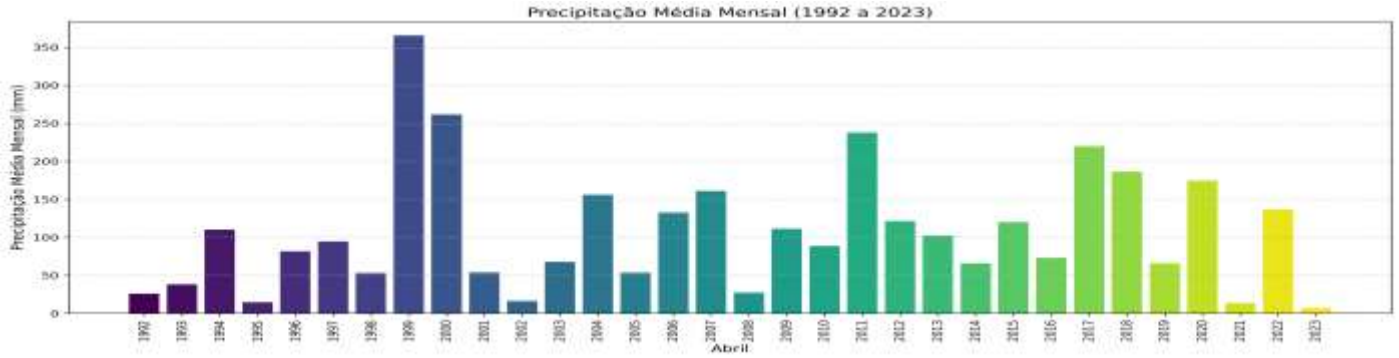


Figura 82. Precipitação média mensal de Abril

Apêndice 22. Precipitação média mensal de Maio

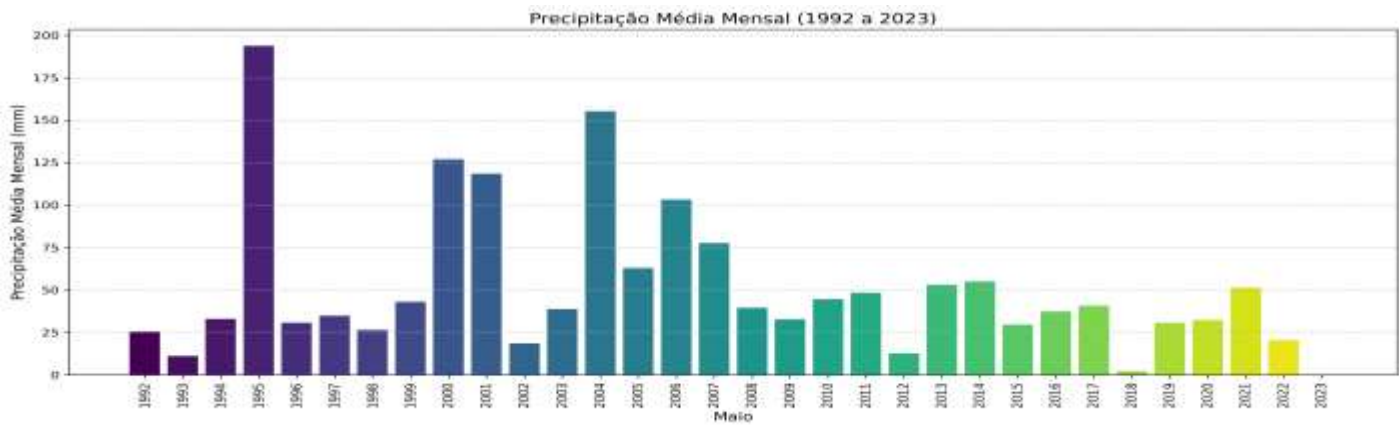


Figura 83. Precipitação média mensal de Maio

Apêndice 23. Precipitação média mensal de Junho e Julho

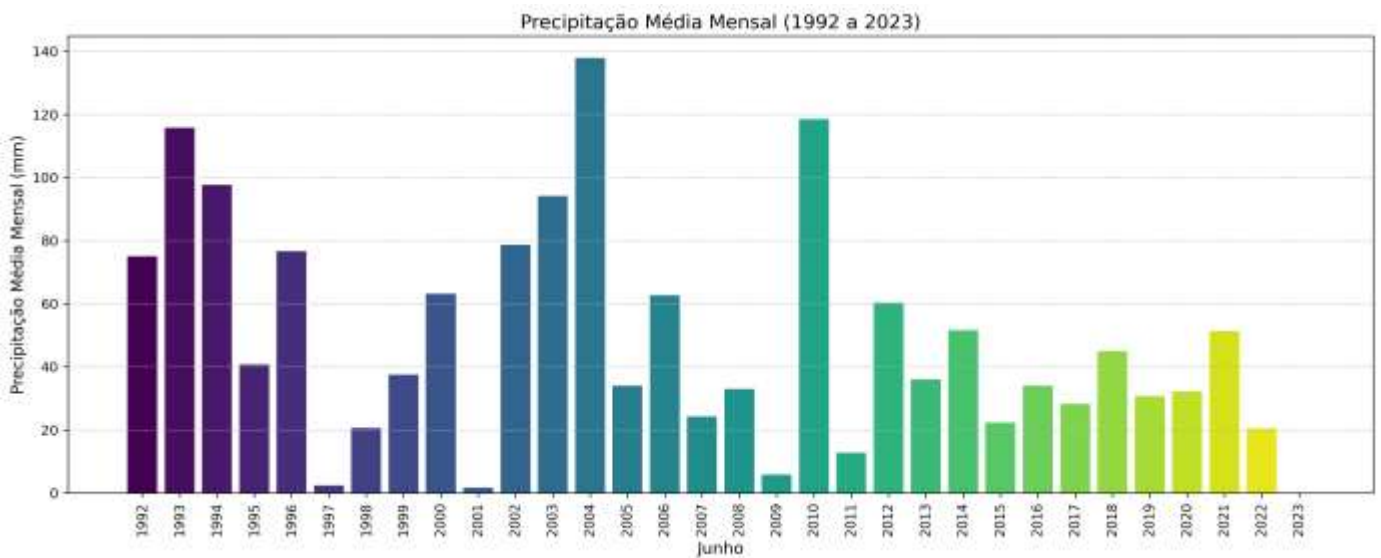


Figura 84. Precipitação média mensal de Junho

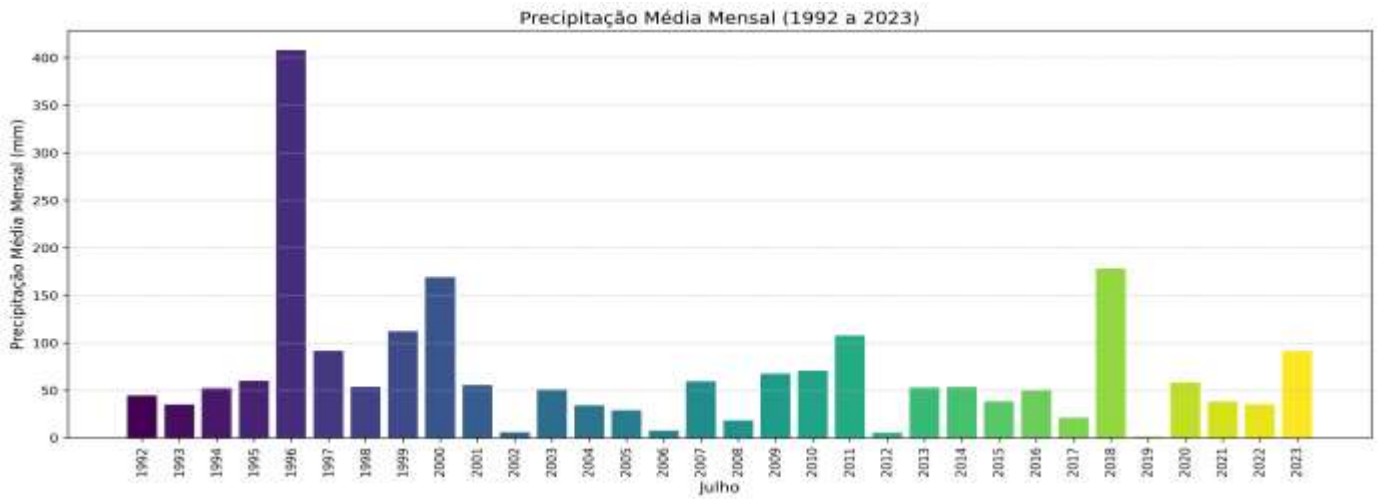


Figura 85. Precipitação média mensal de Julho

Apêndice 24. Precipitação média mensal de Agosto e Setembro

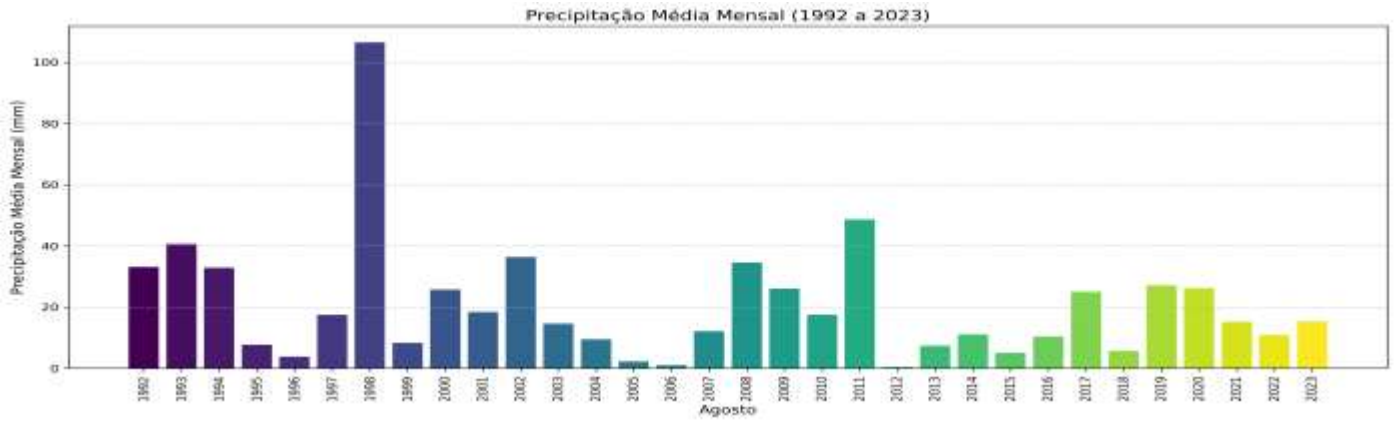


Figura 86. Precipitação média mensal de Agosto

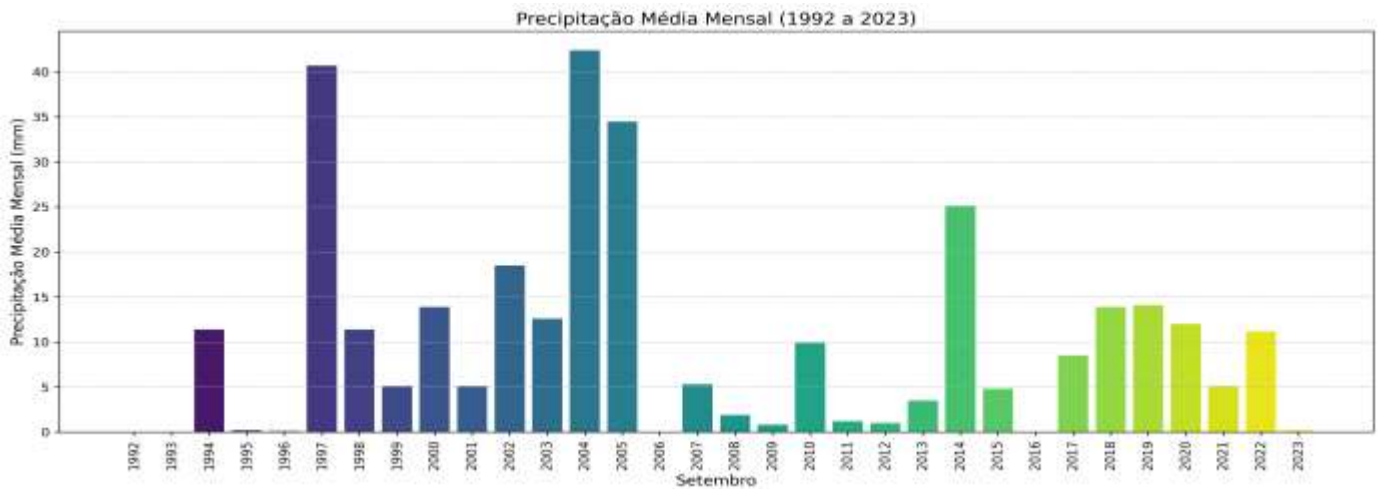


Figura 87. Precipitação média mensal de Setembro

Apêndice 25. Precipitação média mensal de Outubro, Novembro e Dezembro

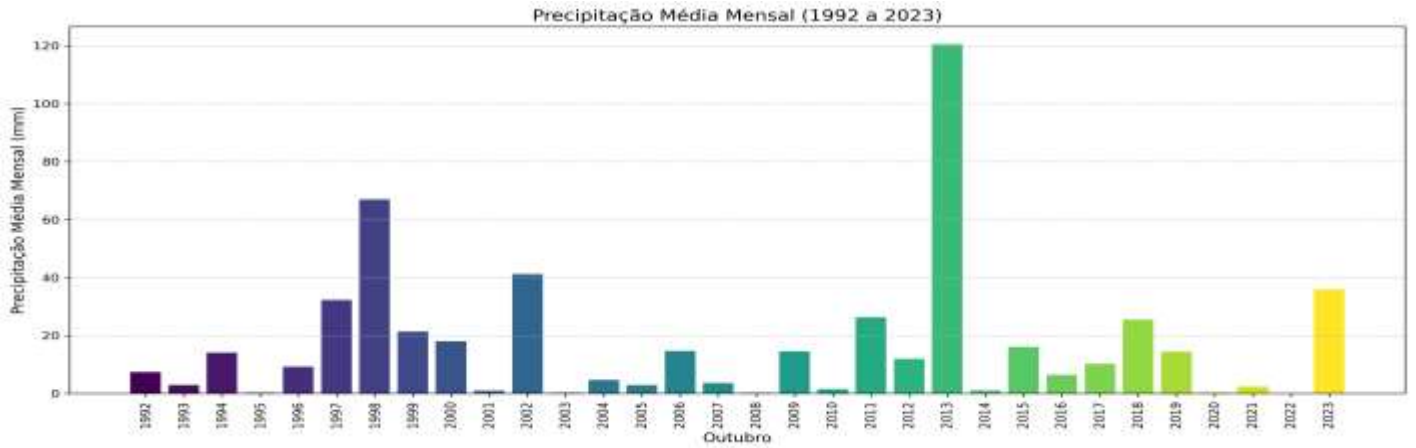


Figura 88. Precipitação média mensal de Outubro

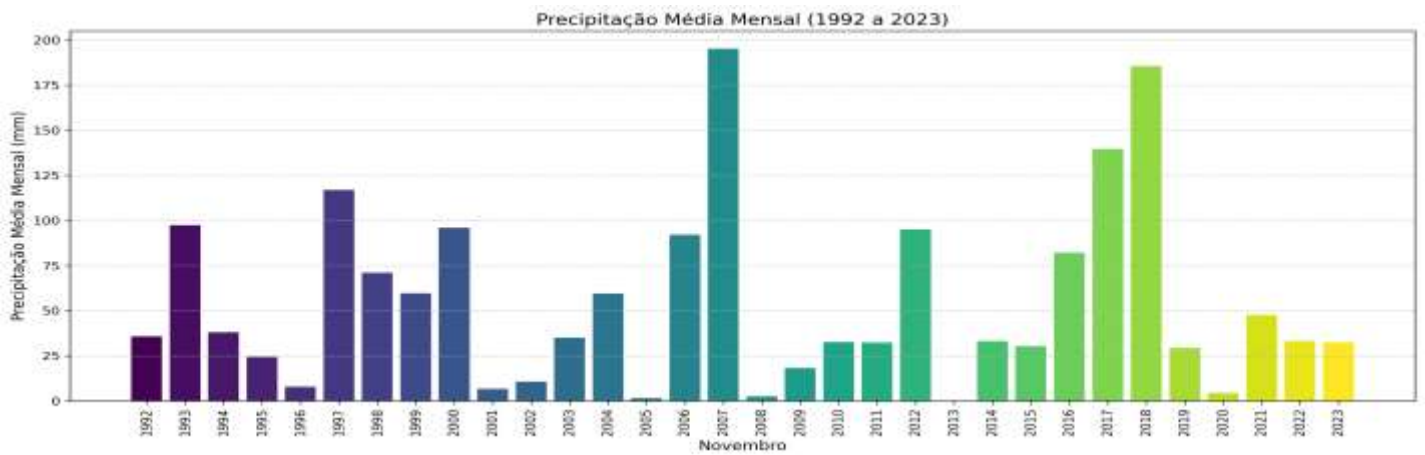


Figura 89. Precipitação média mensal de Novembro

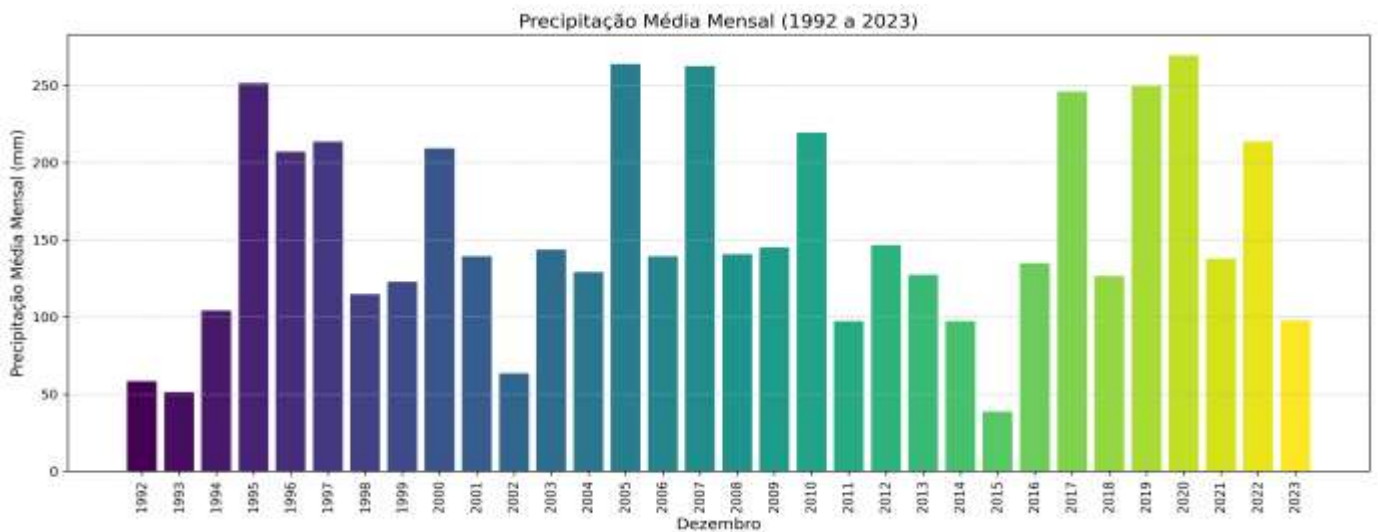


Figura 90. Precipitação média mensal de Dezembro

Apêndice 26. Mudanças Morfológicas na reguão de Machilua em diferentes periodo do tempo



a)



b)



c)



d)

Figura 91. Nível de evolução de erosão na região de Machilua de 2002 á 2023 (a,b,c,d).



a)



b)



c)



d)



e)

Figura 92. Evolução de erosão desde 2013 á 2023 a, b,c, d.



a)



b)



c)



d)

Figura 93. Situação de erosão de 2016 a 2023 a,b,c,d.

Apêndice 27. Mudanças Morfológicas na reguão de 1º de Maio em diferentes periodo do tempo



Figura 94. Zona de Machilua vs 1º de Maio

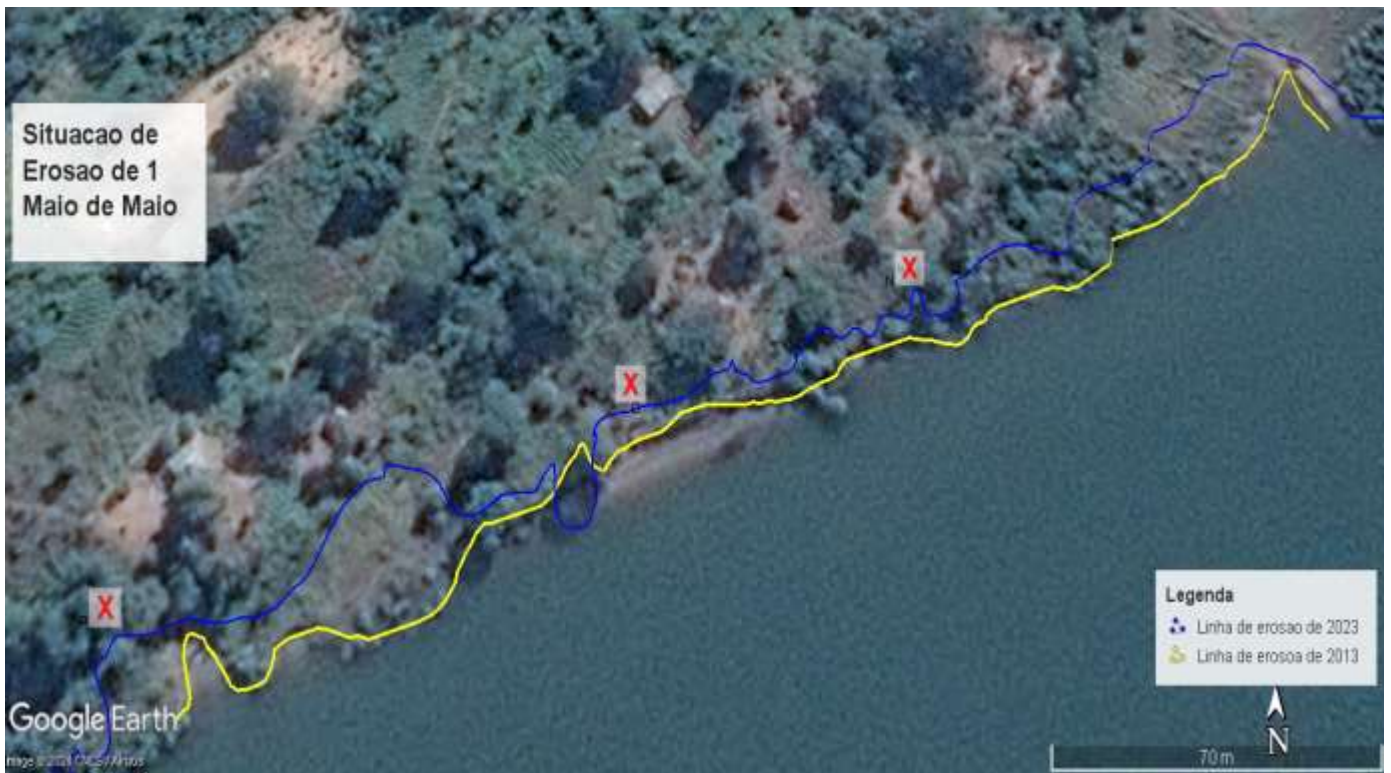


Figura 95. Situação da área antes do processo erosivo



Figura 96. Situação da área depois do processo erosivo



Figura 97. Situação de erosão de 2013 á 2023 na região do 1º de Maio



Figura 98. Situação de erosão de 2016 á 2023 na região do 1º de Maio



Figura 99. Situação de erosão de 2018 á 2023 na região do 1º de Maio

Apêndice 28. Mudanças Morfológicas na reguão de Namitange em diferentes periodo do tempo



Figura 100. Linha de erosão de 2013 á 2023



Figura 101. Situação de erosão de 2013 á 2023 na região de Namitange

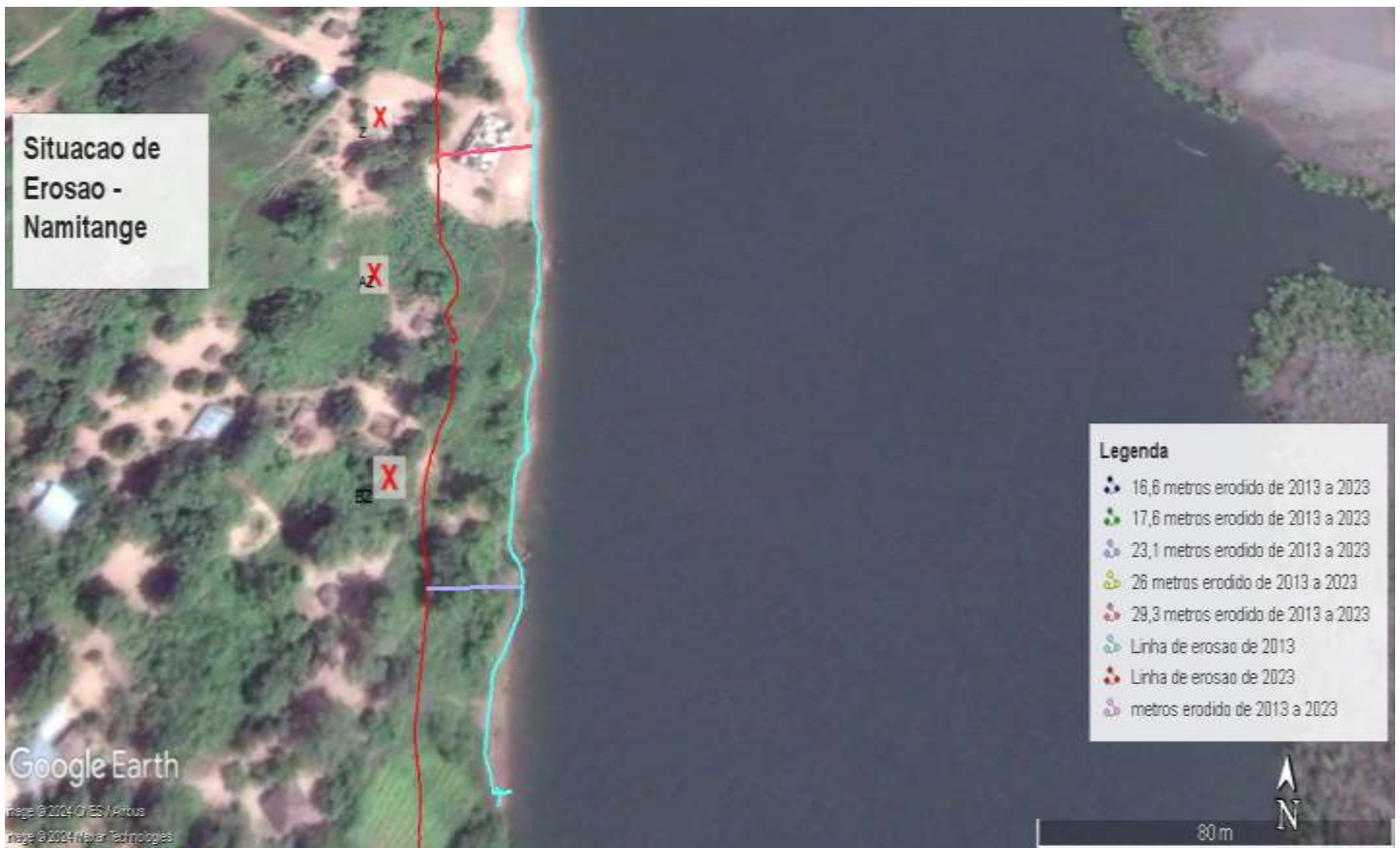


Figura 102. Danos significativos à infraestrutura



Figura 103. Perda da terra



Figura 104. Vegetação



Figura 105. Perda considerável de vegetação



Figura 106. Situação de erosão de 2016 á 2023 na região de Namitange



Figura 107. Situação de erosão de 2018 á 2023 na região de Namitange

Apêndice 29. Edifício do Laboratório de Engenharia Civil do ISCHT de Quelimane



Figura 108. Edifício do Laboratório de Engenharia Civil do ISCHT de Quelimane

Apêndice 30. Ensaio de Sedimentação ou Granulometria Fina



Figura 109. Experiências possíveis

Apêndice 31. Laboratório de Solos da ESCMC_UEM

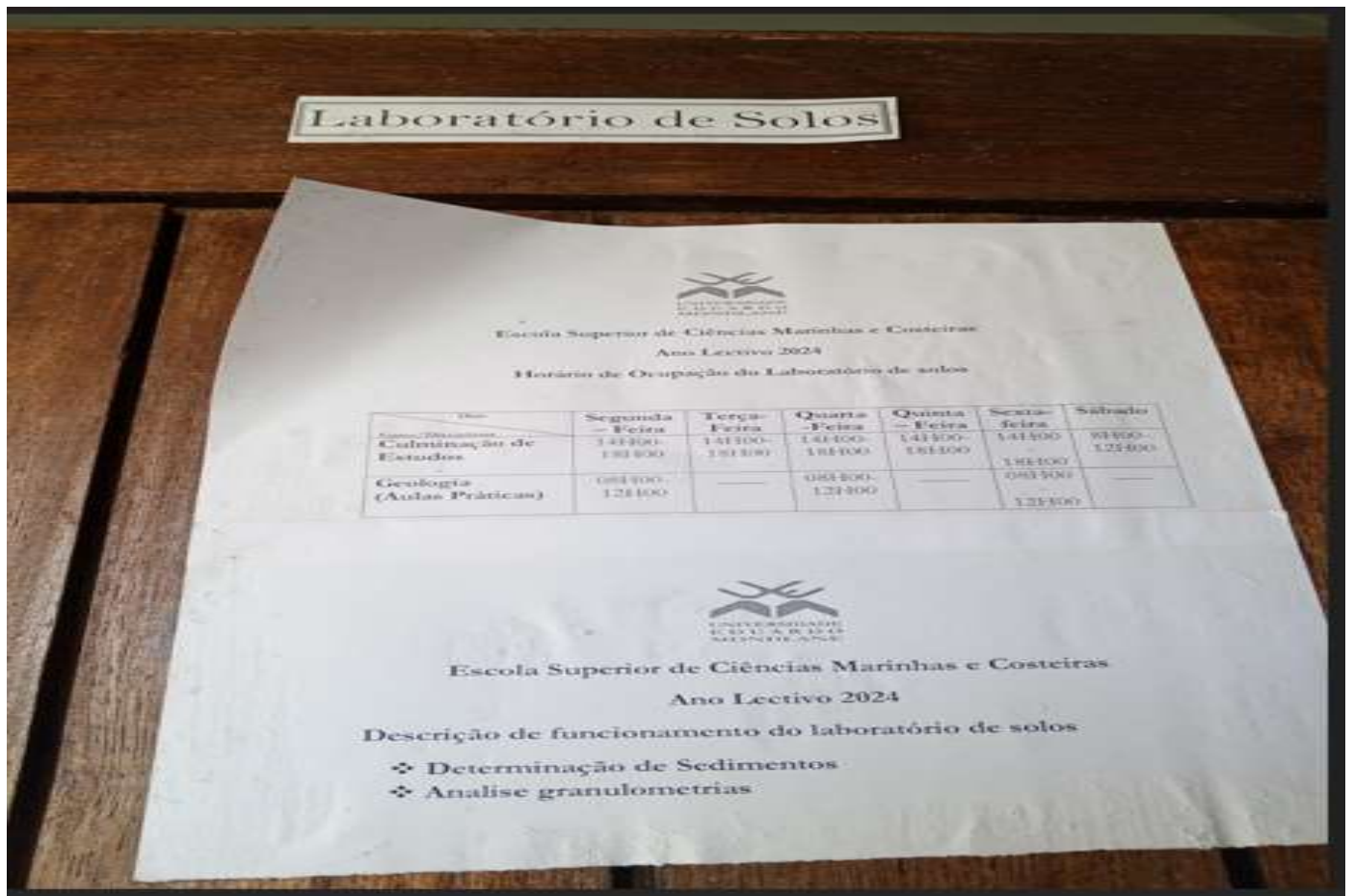


Figura 110. Laboratório de Solos da ESCMC_UEM

Apêndice 32. Impacto de erosão na região de Namitange



Figura 111. Impacto de erosão na região de Namitange

Apêndice 33. Impacto de erosão na região de Machilua



Figura 112. Impacto de erosão na região de Machilua

Apêndice 34. Impacto de erosão na região de 1º de Maio



Figura 113. Impacto de erosão na região de 1º de Maio

Apêndice 35. Actividades do Homem na região de Machilua



Figura 114. Actividades do Homem na região de Machilua

Apêndice 36. Atividades do Homem na região de 1° de Maio



Figura 115. Atividades do Homem na região de 1° de Maio

Apêndice 37. Atividades do Homem na região de 1° de Namitange



Figura 116. Atividades do Homem na região de 1° de Namitange

Apêndice 38. Produção de carvão na região de Machilua



Figura 117. Produção de carvão na região de Machilua

Apêndice 39. Dados de maré. Ponto Z, Namitange

Tabela de Coleta de Dados

Data: 25/07/2024		Local: Namitange (PZ)					
Hora	Maré			Fase de maré			
	Regua 1 (30min)	Regua 2 (30min)	Correntes				
			Período 1 (30min)	Período 2 (30min)	Período 3 (30min)		
05:00	104		1.28	39	2.7	Enchente	
05:10	115					Enchente	
05:20	125					Enchente	
05:30	135		3.4	2.4	2.0	Enchente	
05:40	145					Enchente	
05:50	155					Enchente	
06:00	165	101	1.3	2.37	1.37	Enchente	
06:10	175	106				Enchente	
06:20	185	112	5.0	1.4		Enchente	
06:30	195	117				Enchente	
06:40	205	122				Enchente	
06:50	215	127	5.4	5.2	3.7	Enchente	
07:00	220					Enchente	
07:10	225					Enchente	
07:20	230					Enchente	
07:30	235	130	4.8	3.4	3.8	Enchente	
07:40	240	138				Vazante	
07:50	245					Vazante	
08:00	250	145	3.4	3.0	2.7	Vazante	
08:10	255	151				Vazante	
08:20	260	155				Vazante	
08:30	265	160	2.0	3.7	5.0	Vazante	
08:40	270	165				Vazante	
08:50	275	170				Vazante	
09:00	280	175	5.0	5	5	Vazante	
09:10	285	180				Vazante	
09:20	290	185				Vazante	
09:30	295	190	4	6	5	Vazante	
09:40	300	195				Vazante	
09:50	305	200				Vazante	
10:00	310	205	8	12	15	Vazante	
10:10	315	210				Vazante	
10:20	320	215				Vazante	
10:30	325	220	10.2			Vazante	
10:40	330	225	8.5	5.7	1.3	1.11	Vazante
10:50	335	230				Vazante	
11:00	340	235	5.8	3.7	4.2	4.2	Vazante
11:10	345	240				Vazante	
11:20	350	245				Vazante	
11:30	355	250	4.3			Vazante	
11:40	360	255	3.6	3.5	3.5	3.9	Vazante
11:50	365	260				Vazante	
12:00	370	265				Vazante	
12:10	375	270	4.8	5.1	4.6		Vazante
12:20	380	275				Vazante	
12:30	385	280				Vazante	
12:40	390	285	4.4	5.9	3.8		Vazante
12:50	395	290				Vazante	
13:00	400	295				Vazante	
13:10	405	300	3.6	4.1	3.6		Vazante
13:20	410	305				Vazante	
13:30	415	310				Vazante	
13:40	420	315	1.9	4.2	3.8		Vazante
13:50	425	320				Vazante	
14:00	430	325				Vazante	
14:10	435	330	1.05	1.57	1.05		Vazante
14:20	440	335				Vazante	

Figura 118. Dados de maré. Ponto Z, Namitange

Apêndice 40. Dados de maré. Ponto O, 1º de Maio

Data: 23/07/2019		Local: 1º de Maio (P/O)				
Hora	Correntes					Fase de maré
	Regua 1 (10min)	Regua 2 (10min)	Período 1 (10min)	Período 2 (10min)	Período 3 (10min)	
05:00	115	78	18	18	15	Enchente
05:10	119					Enchente
05:20	121					Enchente
05:30	124		15	27	18	Enchente
05:40	125					Enchente
05:50	126					Enchente
06:00	127		16	22	23	Enchente
06:10	127					Enchente
06:20	127					Vazante
06:30	125		32	31	24	Vazante
06:40	124					Vazante
06:50	121					Vazante
07:00	115		32	30	32	Vazante
07:10	108					Vazante
07:20	97					Vazante
07:30	85		21	15	21	Vazante
07:40	66					Vazante
07:50	48					Vazante
08:00	30	115	22	19	28	Vazante
08:10	25					Vazante
08:20	67					Vazante
08:30	45	54	51	36		Vazante
08:40	104	49				Vazante
08:50	81					Vazante
09:00	66		19	21	19	Vazante
09:10	45					Vazante
09:20	30	128				Vazante
09:30	120	17	12	12		Vazante
09:40	110					Vazante
09:50	104					Vazante
10:00	96	1.43	57	1.20		Vazante
10:10	92					Vazante
10:20	85					Vazante
10:30	77	36	28	31		Vazante
10:40	72					Vazante
10:50	65					Vazante
11:00	60	1.55	57	1.8		Vazante
11:10	55					Vazante
11:20	50					Vazante
11:30	46	34	30	37		Vazante
11:40	43					Vazante
11:50	40					Vazante
12:00	41	26	26	33		Enchente
12:10	42					Enchente
12:20	45					Enchente
12:30	51	38	45	45		Enchente
12:40	61					Enchente
12:50	68					Enchente
13:00	82	30	30	30		Enchente
13:10	94					Enchente
13:20	109					Enchente
13:30	61	125	59	1.17	54	Enchente
13:40	80					Enchente
13:50	72					Enchente
14:00	105		30	42	32	Enchente
14:10	125					Enchente
14:20	140	62				Enchente

Figura 119. Dados de maré. Ponto O, 1º de Maio

Apêndice 41. Dados de maré. Ponto J, Machilua

Tabela de Cálculo de Maré

Data		Local		Mare		Hora (P.M.)	
21/07/2011		Machilua		Ponto J			
Hora	Alga 1 (cm)	Alga 2 (cm)	Período 1 (min)	Período 2 (min)	Período 3 (min)	Observações	
07:00	35						maré baixa
07:15	35						maré baixa
07:30	35						maré baixa
07:45	35						maré baixa
08:00	35						maré baixa
08:15	35						maré baixa
08:30	35						maré baixa
08:45	35						maré baixa
09:00	35						maré baixa
09:15	35						maré baixa
09:30	35						maré baixa
09:45	35						maré baixa
10:00	35						maré baixa
10:15	35						maré baixa
10:30	35						maré baixa
10:45	35						maré baixa
11:00	35						maré baixa
11:15	35						maré baixa
11:30	35						maré baixa
11:45	35						maré baixa
12:00	35						maré baixa
12:15	35						maré baixa
12:30	35						maré baixa
12:45	35						maré baixa
13:00	35						maré baixa
13:15	35						maré baixa
13:30	35						maré baixa
13:45	35						maré baixa
14:00	35						maré baixa
14:15	35						maré baixa
14:30	35						maré baixa
14:45	35						maré baixa
15:00	35						maré baixa
15:15	35						maré baixa
15:30	35						maré baixa
15:45	35						maré baixa
16:00	35						maré baixa
16:15	35						maré baixa
16:30	35						maré baixa
16:45	35						maré baixa
17:00	35						maré baixa
17:15	35						maré baixa
17:30	35						maré baixa
17:45	35						maré baixa
18:00	35						maré baixa
18:15	35						maré baixa
18:30	35						maré baixa
18:45	35						maré baixa
19:00	35						maré baixa
19:15	35						maré baixa
19:30	35						maré baixa
19:45	35						maré baixa
20:00	35						maré baixa
20:15	35						maré baixa
20:30	35						maré baixa
20:45	35						maré baixa
21:00	35						maré baixa
21:15	35						maré baixa
21:30	35						maré baixa
21:45	35						maré baixa
22:00	35						maré baixa
22:15	35						maré baixa
22:30	35						maré baixa
22:45	35						maré baixa
23:00	35						maré baixa
23:15	35						maré baixa
23:30	35						maré baixa
23:45	35						maré baixa
00:00	35						maré baixa

Mare Ponto J

Hora	Alga 1 (cm)	Alga 2 (cm)	Período 1 (min)	Período 2 (min)	Período 3 (min)	Observações
07:00	35					maré baixa
07:15	35					maré baixa
07:30	35					maré baixa
07:45	35					maré baixa
08:00	35					maré baixa
08:15	35					maré baixa
08:30	35					maré baixa
08:45	35					maré baixa
09:00	35					maré baixa
09:15	35					maré baixa
09:30	35					maré baixa
09:45	35					maré baixa
10:00	35					maré baixa
10:15	35					maré baixa
10:30	35					maré baixa
10:45	35					maré baixa
11:00	35					maré baixa
11:15	35					maré baixa
11:30	35					maré baixa
11:45	35					maré baixa
12:00	35					maré baixa
12:15	35					maré baixa
12:30	35					maré baixa
12:45	35					maré baixa
13:00	35					maré baixa
13:15	35					maré baixa
13:30	35					maré baixa
13:45	35					maré baixa
14:00	35					maré baixa
14:15	35					maré baixa
14:30	35					maré baixa
14:45	35					maré baixa
15:00	35					maré baixa
15:15	35					maré baixa
15:30	35					maré baixa
15:45	35					maré baixa
16:00	35					maré baixa
16:15	35					maré baixa
16:30	35					maré baixa
16:45	35					maré baixa
17:00	35					maré baixa
17:15	35					maré baixa
17:30	35					maré baixa
17:45	35					maré baixa
18:00	35					maré baixa
18:15	35					maré baixa
18:30	35					maré baixa
18:45	35					maré baixa
19:00	35					maré baixa
19:15	35					maré baixa
19:30	35					maré baixa
19:45	35					maré baixa
20:00	35					maré baixa
20:15	35					maré baixa
20:30	35					maré baixa
20:45	35					maré baixa
21:00	35					maré baixa
21:15	35					maré baixa
21:30	35					maré baixa
21:45	35					maré baixa
22:00	35					maré baixa
22:15	35					maré baixa
22:30	35					maré baixa
22:45	35					maré baixa
23:00	35					maré baixa
23:15	35					maré baixa
23:30	35					maré baixa
23:45	35					maré baixa
00:00	35					maré baixa

Figura 120. Dados de maré. Ponto J, Machilua

Apêndice 42. Medição de amostra de sedimento, antes do processo de remoção de humidade



Figura 121. Medição de amostra de sedimento, antes do processo de remoção de humidade

Apêndice 43. Processo de remoção da humidade



Figura 122. Processo de remoção da humidade

Apêndice 44. Confirmação de remoção de humidade.



Figura 123. Confirmação de remoção de humidade.

Apêndice 45. Colocação de Marcos



Figura 124. Colocação de Marcos

Apêndice 46. Medição da corrente e amplitude de maré

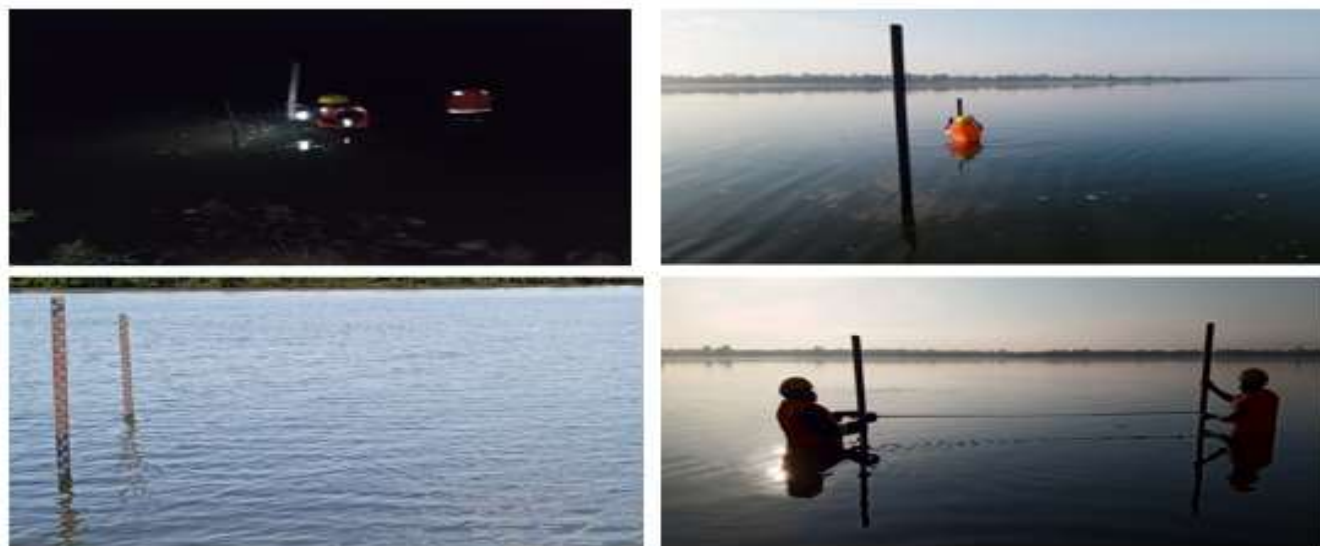


Figura 125. Medição da corrente e amplitude de maré

Apêndice 47. Recolha de Sedimentos



Figura 126. Recolha de Sedimentos

Apêndice 48. Algumas actividades práticas na comunidade__Machilua



Figura 127. Algumas actividades práticas na comunidade__Machilua

Apêndice 49. Situação de erosão no local de estudo_1º de Maio



Figura 128. Situação de erosão no local de estudo_1º de Maio

Apêndice 50. Morfologia_Machilua



Figura 129. Morfologia_Machilua

Apêndice 51. Meio de transporte usado no campo e alguns momento devido as baixas temperaturas longo no inicio do dia.



Figura 130. Meio de transporte usado no campo e alguns momento devido as baixas temperaturas longo no inicio do dia

Apêndice 52. Momentos de Entrevistas



Figura 131. Participante A prestando à entrevista



Figura 132. O campo de cultivo em eminência.



Figura 133. Entrevistado D



Figura 134. Momento de entrevista com entrevistado B.



Figura 135. Entrevistada _K_ 1o de Maio



Figura 136. Entrevistado H_ 1o de Maio.



Figura 137. Entrevistado C.



Figura 138. O entrevistado E, que se encontra no meio entre o pesquisador e secretário de bairro de Machilua.



Figura 139..Entrevistado F_ Machilua.



Figura 140.Entrevistado M_ Namitange



Figura 141. Entrevistada I_ 1o de Maio



Figura 142. Entrevistado J_ 1o de Maio.



Figura 143.Entrevistado L_ Namitange



Figura 144. Entrevistado G_ Machilua



Figura 145. Entrevistado_ N_ Namitange

Apêndice 53. Riscos nas regiões em estudo



Figura146. Queda de árvores, devido a erosão fluvial.



Figura 147. Zonas habitacionais iminentes.

Apêndice 54. Dados Relatados por TV Miramar sobre a situação de erosão e alguns caso verificados durante a recolha de dados



Figura 148. O neto de família Agostinho dando a entrevista a TV Miramar. Fonte: (Miramar, 2018).



Figura 149.: Produção de carvão vegetal. Fonte: (Miramar, 2018) <https://www.youtube.com/watch?v=0RuI3YuzSmc&t=113s>



Figura 150: Abertura da crateira durante o ciclone Freddy.



Figura 151. Surgimento de rio morto durante o ciclone Freddy.



Figura 152: A figura ilustra a lugar onde foi derramado o sangue dos missionários durante a guerra dos 16 anos.



Figura 153. Avenida dos Mártires de Inhassunge.



Figura 154. Intervenção feita pelos padres



Figura 155. Intervenção feita pelos padres após o ciclone Freddy.

Anexos

Anexo 1.Credencial ao INAM



Faculdade de Ciências

CREDECIAL

No âmbito da pesquisa de campo inserida no trabalho final do Curso de Mestrado em Gestão do Risco de Desastres e Adaptação às Mudanças Climáticas, com o tema intitulado: Estudo da Erosão Fluvial nas regiões de Machiloua, 1º de Maio e Namitanga, distrito de Inhassunge, província da Zambézia. Credencia-se o estudante Mundeira Tomé Mundeira, para junto do Instituto Nacional de Meteorologia, delegação da Cidade de Quelimane efectuar a recolha de dados informativos no que concerne a precipitação mensal de 1992 a 2023.

Antecipadamente agradecemos o vosso apoio e colaboração.



Prof. Doutor Dávid João Jamal
su (Professor Adjunto)
e-mail: ddauid.jamal@uefm.ac.mz
Maputo, 02 de Maio de 2024

CONT. 843959051 / 865970309



Av. Julius Nyerere, nº 3453, Campus Principal, C. Postal 253, Tel: (+258) 21 493377, Fax: (+258) 21 493378
Maputo - Moçambique

Digitalizada com CamScanner

Anexo 2. Resposta do INAM

INAM



Instituto Nacional de Meteorologia
Delegação Provincial da Zambézia
Telefone 24213292

Nota nº 111/DPMZ/SC/

Quelimane, aos 10 de Julho de 2024

A:

Madeira Tami Madeira

Quelimane

Assunto: Envio de Dados Meteorológico

Para os devidos efeitos, junto desta temos a honra de enviar a V. Excia o mapa de dados da precipitação total, da Estação de Quelimane

Em anexo:

- O mapa

O Delegado Provincial



Digitalizada com CamScanner

An. Julius Nyerere, nº 3453, Campus Principal, P.O. Box 2000, 1000
Maputo - Moçambique

Anexo 3. Pedido ao ISHCT de Quelimane



Faculdade de Ciências

Exmo Senhor
Director do Instituto Superior de
Humanidades, Ciências e Tecnologias
(ISHCT)- Quelimane

N/Ref. 225 / 622 / PC

Maputo, aos 04 de Junho de 2024

ASSUNTO: Necessidade de uso do equipamento, para elaboração do Trabalho de Culminação de Estudos-Mundreira Tomé Mundreira

No âmbito de elaboração do trabalho do fim de curso pelo estudante Mundreira Tomé Mundreira do curso de mestrado em Gestão do Risco de Desastres e Adaptação às Mudanças Climáticas, leccionado na Faculdade de Ciências da Universidade Eduardo Mondlane, solicitamos à V.Excia se digne facilitar o acesso ao instrumento de Gravimetria usado na Escola que V.Excia é digno Director, para realizar análise de sedimento.

Para o efeito, o estudante estará acompanhado pelo seu Co-supervisor, o Mestre Noca Bernardo Furaca Da Silva.

Antecipadamente agradecemos o vosso apoio e colaboração.

Cordiais saudações.

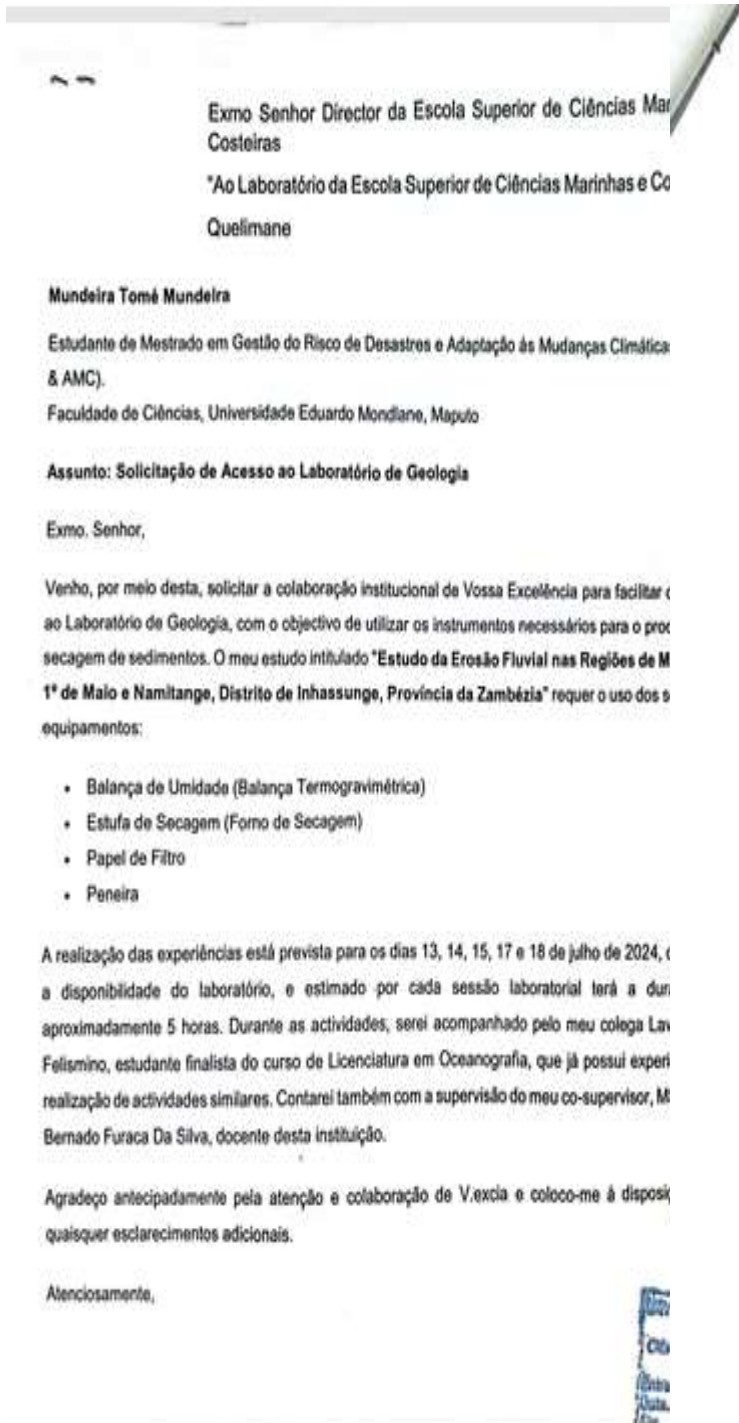


Cont. 843959251 / 865970309

Av. Julius Nyerere, n° 3453, Campus Principal, C. Postal 257, Tel.: (+258) 21 493377, Fax.: (+258) 21 493377,
Maputo - Moçambique

Digitalizada com CamScanner

Anexo 4. Pedido ao ESCMQ



Anexo 5. Pedido ao ESCMQ



Faculdade de Ciências

Esimo Serbot
Director da Escola Superior de Ciências
Marinhas e Costeiras
Queimane

N/Ref. 531 1.18.13/FC

Maputo, aos 02 de Maio de 2024

ASSUNTO: Necessidade de uso do equipamento marinho, para elaboração do Trabalho de Colimação de Esmo-Mundeira Tomé Mundeira

No âmbito de elaboração do trabalho do fim de curso pelo estudante Mundeira Tomé Mundeira do curso de mestrado em Gestão do Risco de Desastres e Adaptação às Mudanças Climáticas, leccionado na Faculdade de Ciências da Universidade Eduardo Mondlane, solicitamos os bons ofícios de V.ossa, nas relações de colaboração institucional, se digno facilitar o acesso aos instrumentos para a medição da corrente marítima e amplitude das ondas, usadas na Escola de que V.ossa é digno Director. O estudante está acompanhado pelo Mestre Noca Bernardo Furaca Da Silva, docente desta escola e co-supervisor do estudante Mundeira Tomé. Antecipadamente agradecemos o vosso apoio e colaboração.

Cordiais saudações.



CNP. 842959051/865970309

Av. Julius Nyerere, n.º 3453, Campus Principal, C. Postal 257, Tel.: (+258) 21 493377, Fax.: (+258) 21 493377, Maputo - Moçambique