



Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras

Monografia para Obtenção do Grau de Licenciatura em Geologia Marinha

Dinâmica Sedimentar das Dunas Costeiras da Praia de Guinjata-Inhambane



Autora:

Flórida Ambrósio Raimundo

Quelimane, Dezembro de 2024



Escola Superior de Ciências Murinhas e Costeiras

Monografia para Obtenção do Grau de Licenciatura em Geologia Marinha

**Dinâmica Sedimentar das Dunas Costeiras da Praia de Guinjata-
Inhambane**

Autora:

Flórida Ambrósio Raimundo

Flórida Ambrósio Raimundo

Supervisor:

Mestre César António Mubango Hoguane

César António Mubango Hoguane

Co-Supervisor:

Professor Hélder Arlindo Machaieie

H. Machaieie

Júri

Mestre Carlota Emilio Alves

Carlota Alves Emilio

Avaliador

Mestre Banito Bene Majestrado

Banito Bene Majestrado

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus pais **Ambrósio Raimundo** e **Ana da Glória**, e dizer sem eles este trabalho não seria possível, eles sempre ajudaram com o pouco que têm, tornando os meus dias especiais durante os 4 anos de carteira, meu muito obrigado por tudo e espero um dia retribuir a ajuda e a confianças que sempre depositaram em mim, mesmo eu não tendo forças suficientes eles sempre disseram filha tu és forte e capaz e vá atrás dos seus sonhos.

Agradecimentos

Primeiramente a Deus Todo-Poderoso, pela força durante os 4 anos de muita pressão.

Aos meus pais Ambrósio Raimundo e Ana da Gloria, pelo apoio incondicional e motivação que sempre tem transmitido ao longo de todo o meu percurso académico, e sem os quais nada seria possível, muito obrigado por tudo.

Aos meus irmãos, Denizia, Maulidio, Milton, António, Iganse, Luisa, Telvina, Simão, Leonel, Raimundo, Casmiro e Hermenegildo, pelo apoio incondicional, moral e meu muito obrigado.

Aos meus orientadores, o Mestre César António Mubango Hoguane e Professor Doutor Hélder Arlindo Machaieie por todo acompanhamento e conhecimentos transmitidos, assim como pela disponibilidade sempre demonstrada. Durante todo o processo estiveram sempre disponíveis para me ajudar, desde o desenvolvimento da parte prática deste estudo, incluindo a parte do tratamento de dados, demonstrando-se sempre prontos a esclarecer qualquer dúvida. Agradeço-lhes todas as sugestões, conselhos e o grande entusiasmo manifestado no desenvolvimento do tema. A todos os docentes um sincero obrigado pelo apoio e por terem ajudado nos meus estudos.

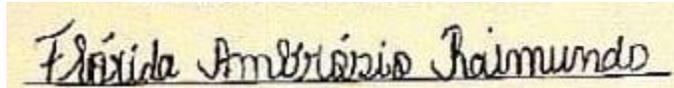
De forma especial aos meus melhores amigos Almiro, Pinto e Nilton por todo suporte e por serem a prova de que não é só sangue que nos torna amigos.

Aos meus tios, sobrinhos, primos e aos meus amigos de longa data, Ernesto, Analia, Ana, Chania, Enzo, Assir, Ambrosio, Anilda, Loide, Herminia, Gilda, Anastancia, Milena, Diocadia, Arcenio, Joel, Dionisio, Eugenio, Zarco, Dario, Pedro, pedro, Fredson, Agira, Belson, Epifan, Bete, Hortencia, Acinde, Nesio, Maria, Leonor, Lili, Matilde, Zinha, Marisol, Miriam, Aurio, pelo apoio moral e por terem tornado uma parte da minha vida especial, por me terem acompanhado durante esta etapa final da minha formação académica, e partilhado comigo todos os desafios e vitórias. Agradecer a todos os meus docentes por terem partilhado do conhecimento durante a minha formação. A todos, um sincero obrigado.

Declaração de honra

Eu, **Flórida Ambrósio Raimundo**, declaro por minha honra que esta monografia nunca foi apresentada a uma outra Universidade para obtenção de qualquer grau académico e que ela constitui o resultado do labor individual. Cada ideia trazida de outros trabalhos foi devidamente citada e referenciada. Esta monografia é apresentada na sequência do cumprimento dos requisitos para obtenção do grau de Licenciatura em Geologia Marinha, na Universidade Eduardo Mondlane.

Quelimane, Setembro 2025

A rectangular box containing a handwritten signature in black ink on a light yellow background. The signature reads "Flórida Ambrósio Raimundo" in a cursive script.

Flórida Ambrósio Raimundo

Resumo

A origem e a evolução dos depósitos eólicos no litoral dependem essencialmente de processos geológicos, oceanográficos e climáticos. A atuação destes factores, associados ao regime de ventos com velocidades superiores a 5 m/s soprando na zona entremarés, tem a capacidade de mobilizar os sedimentos da superfície e transportá-los para a pós-praia, dando origem às dunas. Este estudo, teve como objetivos: analisar o regime do vento entre 1994 a 2023, determinar a precipitação média mensal da cidade de Inhambane, estimar a taxa mensal de mobilidade de dunas costeiras na praia de Guinjata. O estudo realizado procurou identificar o regime do vento e a direção predominante do vento, conhecer a precipitação média anual, identificar a direção predominante do vento e estimar a taxa mensal de mobilidade de dunas costeiras. A análise foi realizada através da obtenção de dados meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia (INAM) delegação de Inhambane no período 1994 a 2023. Estes dados auxiliaram na determinação de médias mensais da velocidade de vento superior a 5 m/s e posterior estimação da mobilidade eólica que variou de 27,42 a 367,96%. A mobilidade dos sedimentos é fortemente influenciada pela acção dos ventos predominantes de direção Sul, os quais foram definidos através da distribuição de classe considerando a intensidade (velocidade) média e direção dos ventos, interpretados a partir regime dos ventos correspondentes ao fluxo eólico durante todo o ano. Dado que esta dinâmica é dependente dos parâmetros climáticos, analisou-se que, nos períodos em que as precipitações eram baixas, as taxas mensais de mobilidade eram elevadas.

Palavras-chave: Dunas costeiras, Mobilidade, Dinâmica sedimentar, Praia de Guinjata, Inhambane.

Abstract

The origin and evolution of aeolian deposits along the coast are primarily influenced by geological, oceanographic, and climatic processes. The interaction of these factors, combined with wind regimes with speeds exceeding 5 m/s blowing in the intertidal zone, has the capacity to mobilize surface sediments and transport them to the backshore, giving rise to dunes. This study aimed to: analyze the wind regime between 1994 and 2023, determine the average monthly precipitation in the city of Inhambane, and estimate the monthly mobility rate of embryonic dunes at Guinjata Beach. The research sought to identify the predominant wind direction, determine the annual average precipitation, and estimate the monthly mobility rate of embryonic dunes. The analysis was conducted using meteorological data obtained from the National Institute of Meteorology (INAM), Inhambane branch, covering the period from 1994 to 2023. These data assisted in determining the monthly averages of wind speeds exceeding 5 m/s and subsequently estimating aeolian mobility, which ranged from 27.42 to 367.96%. Sediment mobility is strongly influenced by the action of prevailing southerly winds, identified through class distribution, considering the average wind speed and direction, interpreted from the wind regime corresponding to aeolian flow throughout the year. Since this dynamic is dependent on climatic parameters, it was analysed that, during periods of low precipitation, the monthly mobility rates were higher.

Keywords: Embryonic dunes, Mobility, Sedimentary dynamics, Guinjata Beach, Inhambane.

Tabela de abreviaturas, acrónimos e siglas

INAM	Instituto Nacional de Meteorologia
M	Taxa de Mobilidade
W	Taxa de Velocidade de vento
P	Precipitação
ETP	Evapotranspiração
Km	Quilómetros
m/s	Metros por segundo
Mm	Milímetros
Kg/m/s	Quilogramas por metros por segundo
S	Sul
SE	Sudeste
SSW	Sul-sudoeste
N	Norte
NE	Nordeste
NNW	Nor-noroeste
NNE	Nor-nordeste
W	Oeste
WNW	Oeste-noroeste
ESE	Leste-sudeste
E	Este

Lista de figuras

Figura 1: Terminologia das zonas praias. Fonte: adaptado de (Masselink & Hughes, 2003)	6
Figure 2: Diferentes tipos de dunas: a) barcanas, b) domos, c) parabólicas, d) transversais, e) lineares, f) blowouts (Ferreira 2019).....	7
Figura 3: Estrutura de um sistema dunar litoral. Fonte: (Nunes, 2011).....	9
Figura 4: Morfologia das dunas frontais: estágio bem vegetado e estável (1, 2 e 3) e altamente erosivo (4 e 5). Fonte: (Hesp adaptado por Horácio, 2022)	10
Figura 5: Localização geográfica da área de estudo da praia de Guinjata e imagem da praia de Guinjata.	13
Figure 6: Médias mensais da velocidade dos ventos do período 1994 a 2023.	17
Figure 7: Distribuição da direção dos ventos do período 1994 a 2023 da praia de Guinjata.	18
Figure 8: Distribuição das classes de ventos referente ao período 1994 a 2023 na praia de Guinjata. ..	19
Figure 9: Precipitação média mensal da praia de Guinjata no período de 1994 a 2023.	20
Figure 10: Taxa mensal de mobilidade das dunas embrionárias na praia de Guinjata num período de 30 anos.	20

Lista de tabelas

Tabela 1: Coordenadas geográficas da área de estudo.....	13
-----------------------------------------------------------------	----

Índice

Dedicatória.....	i
Declaração de honra.....	iv
Resumo	v
Abstract.....	vi
Tabela de abreviaturas, acrónimos e siglas.....	vii
Lista de figuras.....	viii
Lista de tabelas.....	vii
1. Introdução.....	1
1.1. Problematização.....	2
1.2. Justificativa	2
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Geral.....	3
1.3.2. Específicos	3
2. Revisão Bibliográfica	4
2.1. Vento.....	4
2.2. Praia	4
2.2.1. Face de praia ou submaré.....	5
2.2.2. Zonas hidrodinâmicas	5
2.3. Dunas	6
2.3.1. Classificação Dunar.....	7
2.3.1.1. Duna embrionária	8
2.3.1.2. Duna primária	8
2.3.1.3. Duna secundária	8

2.3.1.4. Duna terciária	9
2.4. Morfologia de Duna.....	9
2.5. Fatores que influenciam a dinamica eolica das dunas	10
2.5.1. Ação do vento no transporte da areia.....	10
2.5.2. Papel da Vegetação.....	10
2.5.3. Influência dos fatores climáticos	10
2.5.4. Mudanças na morfologia de dunas	11
2.5.5. Mobilização e estabilização das dunas	11
3.1. Descrição da área do estudo.....	13
3.2. Materiais e métodos	14
3.3. Análise do regime do vento entre 1994 a 2023.....	14
3.4. Determinação da precipitação média mensal da cidade de Inhambane.....	14
3.4.1. Determinação da evapotranspiração Potencial.....	15
3.4.2. Determinação taxa de mobilidade de dunas embrionárias.....	16
4. Resultados e discussão.....	17
4.1. Resultados	17
4.1.1. Regime do vento no período de 1994 a 2023.....	17
4.1.2. Precipitação média anual da cidade de Inhambane.....	19
4.1.3. Mobilidade de dunas embrionárias na praia de Guinjata	20
4.2. Discussão	20
4.2.1. Regime dos ventos	20
4.2.2. Precipitação	21
4.2.3. Mobilidade das dunas.....	21
5. Conclusão	23
5.1. Recomendações.....	23

6. Referências Bibliográficas..... 24

1. Introdução

As evoluções de depósitos eólicos costeiros dependem de processos pelos quais o vento que sopra sobre a praia, pode transportar sedimentos da superfície e movê-los para o interior do continente, originando dunas (Castro *et al.*, 2017). Assim sendo as zonas costeiras são atualmente os espaços que sofrem a maior pressão de uso, o que as torna particularmente vulneráveis a erosão, ação antropogénica entre outros, uma vez que abrigam ambientes raros e frágeis (Portz *et al.*, 2016).

Estudos sobre a mobilidade e a estabilidade das dunas de areia em praias são amplamente discutidos na literatura internacional, com contribuições de autores como Tsoar (2005), Nordstrom (2000), entre outros, usaram metodologias baseadas em trabalhos de campo e laboratórios, levantamento topográfico, processamento de dados de satélites e meteorológicos. No entanto, existe uma lacuna significativa na pesquisa sobre a dinâmica sedimentar das dunas costeiras em Moçambique. Trabalhos notáveis nesse contexto incluem os de Horácio (2022) e Miguel & Castro (2018), que realizaram uma análise detalhada da dinâmica sedimentar das dunas. Ambos os estudos utilizaram metodologias baseadas em registros históricos na costa sul de Moçambique, em que Miguel & Castro (2018) determinaram o potencial de taxa de transporte de areia, o potencial de deriva e o índice de mobilidade eólica, calculado com a equação de Lancaster (1988). Tendo observado que os modelos matemáticos utilizados nos cálculos de dinâmica sedimentar eólica, que envolvem o potencial de deriva eólica, o índice de mobilidade eólica e o potencial de transporte de sedimento eólico médio, mostraram-se eficientes.

As dunas costeiras são formações de areia resultantes da deposição de sedimentos que são transportados pelo vento, ocorrendo sempre que há um obstáculo que interrompe o fluxo ou uma diminuição na velocidade do vento (Hesp, 1988). Para a formação de dunas costeiras, é fundamental haver uma fonte de sedimentos, geralmente praias de areia próximas, além de vento com a intensidade e direcionamento apropriados para a movimentação dos grãos de areia e o transporte eólico de sólidos. A duna embrionária é o estágio mais frágil do sistema dunar, uma vez que se encontra sob a influência constante do mar, estando sujeita ao efeito direto das ondas nas marés altas e à influência salina constante (Gonçalves, 2013).

Tsoar e Blumberg (2002) relatam que nas dunas do Ceará, as taxas médias de migração variam em função das dimensões das dunas, destacando uma correlação inversa entre a taxa de migração e o volume das dunas. Além disso, também observam uma relação inversamente proporcional entre a taxa de migração e a pluviosidade da região. Consideram dois fatores que podem aumentar ou até diminuir a mobilidade das dunas: o grau de windiness e a vegetação.

Portanto, este estudo tem como objetivo estudar a dinâmica sedimentar das dunas costeiras na Praia de Guinjata, em Inhambane, ressaltando a importância desta região costeira não apenas como um ecossistema único, mas também como um espaço que enfrenta os desafios da intervenção humana e das mudanças climáticas. As descobertas proporcionadas por esta pesquisa não apenas contribuirão para a literatura científica, mas também servirão como base para a implementação de estratégias de conservação e gestão sustentável, garantindo assim a preservação das dunas costeiras e dos ambientes costeiros de Moçambique para as gerações futuras.

1.1. Problematização

A ação do vento desagrega, arrasta, suspende e transporta partículas, além das que deslizam por gravidade nas rampas arenosas. A mobilidade das partículas nas bordas das depressões de deflação contribui para aumentar as áreas expostas, bem como para o recuo delas em direção ao topo da duna (Ramalho et al., 2013). A Praia de Guinjata tem enfrentado uma perda significativa de sua vegetação, um fator que pode estar relacionado a mudanças climáticas que afetam a estabilidade das dunas. O vento e a precipitação têm contribuído para a mobilidade das dunas costeiras, ocasionando erosão em alguns pontos da praia. Esse fenômeno pode se tornar uma ameaça para o ambiente praiado, e a mobilidade das dunas influencia consideravelmente a paisagem da Praia de Guinjata. No presente estudo, pretende-se responder a seguinte questão:

- *Como se comportou a dinâmica sedimentar das dunas costeiras da praia de Guinjata nos últimos 30 anos?*

1.2. Justificativa

As dunas costeiras desempenham uma função vital, servindo como berçários e barreiras contra as ondas de tempestade nas praias, além de contribuírem para a proteção contra a erosão nas zonas costeiras. O presente estudo, além de contribuir para a produção e desenvolvimento do conhecimento

científico na Província de Inhambane e no país sobre essa temática, visa aprofundar a compreensão da dinâmica morfológica e sedimentar da praia. Compreender a dinâmica sedimentar das dunas costeiras é crucial para a gestão sustentável das áreas costeiras. A conservação da vegetação nativa, a implementação de práticas eficazes de gestão costeira e o monitoramento contínuo são essenciais para preservar a integridade desses ecossistemas e garantir sua função como barreiras naturais contra a erosão costeira.

1.3. Objetivos

1.3.1. Geral

- Avaliar a dinâmica sedimentar das dunas costeiras da praia de Guinjata, cidade de Inhambane entre 1994 a 2023.

1.3.2. Específicos

- Analisar o regime do vento entre 1994 a 2023;
- Determinar a precipitação média mensal da cidade de Inhambane;
- Estimar a taxa mensal de mobilidade de dunas costeiras na praia de Guinjata.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. Vento

O vento é o movimento horizontal do ar, resultado da diferença de pressão atmosférica entre duas regiões. Essa diferença é causada por fatores térmicos e/ou mecânicos; as áreas com maior quantidade de energia radiante fazem o ar ascender, formando centros de baixa pressão, enquanto as regiões mais frias causam a estagnação do ar na superfície, gerando centros de alta pressão (Tomasine, 2011). Assim, o ar tende a se deslocar das áreas de alta pressão para as de baixa pressão, já que o espaço deixado pela massa de ar aquecida, que aumenta em altitude, é preenchido pela massa de ar proveniente de locais de alta pressão, resultando no deslocamento horizontal do ar até que se atinja o equilíbrio barométrico.

Esse deslocamento também é influenciado pelo movimento de rotação da Terra, que gera a força centrífuga conhecida como força de Coriolis, além de ser afetado pela topografia e pelo atrito do vento com a superfície terrestre. Associada ao movimento do vento, está energia e diversas forças, além de outras características que ele possui, o que torna fundamental a análise e interpretação do comportamento do vento (Tomasine, 2011).

2.2. Praia

A praia é uma área de areia, cascalho ou seixo formada pela ação das ondas, que se estende da zona de quebra até o ponto mais interno de sua influência, como falésias, dunas ou vegetação permanente. Sua largura e até mesmo a sua presença variam de acordo com a energia das ondas e o diâmetro dos grãos (Masselink & Hughes, 2003). As praias são ambientes altamente dinâmicos e sensíveis, compostas de material inconsolidado, como areia e cascalho, possuem múltiplas funções, como a de proteger os ecossistemas adjacentes e as atividades urbanas, sendo utilizadas ainda para recreação, turismo e habitat de variadas espécies animais e vegetais (Souza et al., 2005). Segundo Souza (2009) e Gralato (2016), a praia é dividida nos sub-ambientes abaixo descritos:

a) Zona de pós-praia

É a porção limite ou superior da praia, que se estende a partir da linha de maré alta até o contato com o campo de dunas, falésias, linha de vegetação permanente ou terraços marinhos. Essas zonas são

esporadicamente inundadas pelas marés de maiores amplitudes. É nesta zona da praia que se formam feições chamadas de berma.

b) Ante-praia superior

A ante-praia superior é caracterizada pela sua localização na faixa de entremarés, limitada pela altura mínima da maré baixa e pela altura máxima da maré alta. Nesta zona, encontram-se feições características, como cristas, calhas e barras, formadas pela acção das ondas e das marés. Essas formações podem ser intensificadas durante condições meteorológicas e costeiras.

c) Ante-praia inferior

É na sua maioria caracterizada pela presença de barras arenosas subáqueas originadas por marés que são aproximadamente paralelas às praias. Encontra-se nesta zona, feições características como (cristas, calhas e barras). É uma região de transição das ondas oceânicas, onde a diminuição da profundidade causa mudanças das ondas, aumentando a sua altura e alterando a direcção em relação a linha de costa.

2.2.1. Face de praia ou submaré

É a região correspondente à parte submersa, e nela está presente a zona de surf e a arrebentação. É a área onde ocorre um transporte constante de sedimentos devido à acção contínua das ondas e correntes. A interacção destas correntes junto à parte submersa da praia ocasiona um movimento em zigue-zague de sedimentos em um sentido preferencial ao longo da praia, ocasionando áreas de deposição efetiva e áreas de perda de sedimentos.

2.2.2. Zonas hidrodinâmicas

De acordo com Braga et al., (2007) as apresentam as seguintes zonas hidrodinâmicas:

- a) Zona de Arrebentação (*Breaking zone*) é a porção do perfil da praia onde ocorre a dissipação das ondas, compreendida entre o limite da quebra das ondas mais distante e a mais próxima da costa;

- b) Zona de Surfe (*Surf zone*) a caracterização desta zona é dependente do modo como ocorre a dissipação energética das ondas incidentes. Em praias de baixa declividade, as ondas quebram e formam vaga (*bores*);
- c) Zona de Espriamento (*Swash zone*) Caracteriza a região entre a máxima e a mínima excursão da vaga sobre a face da praia. Após esta zona, aparece a escarpa de praia e por vezes uma feição de deposição de sedimentos chamada de berma (Figura 1).

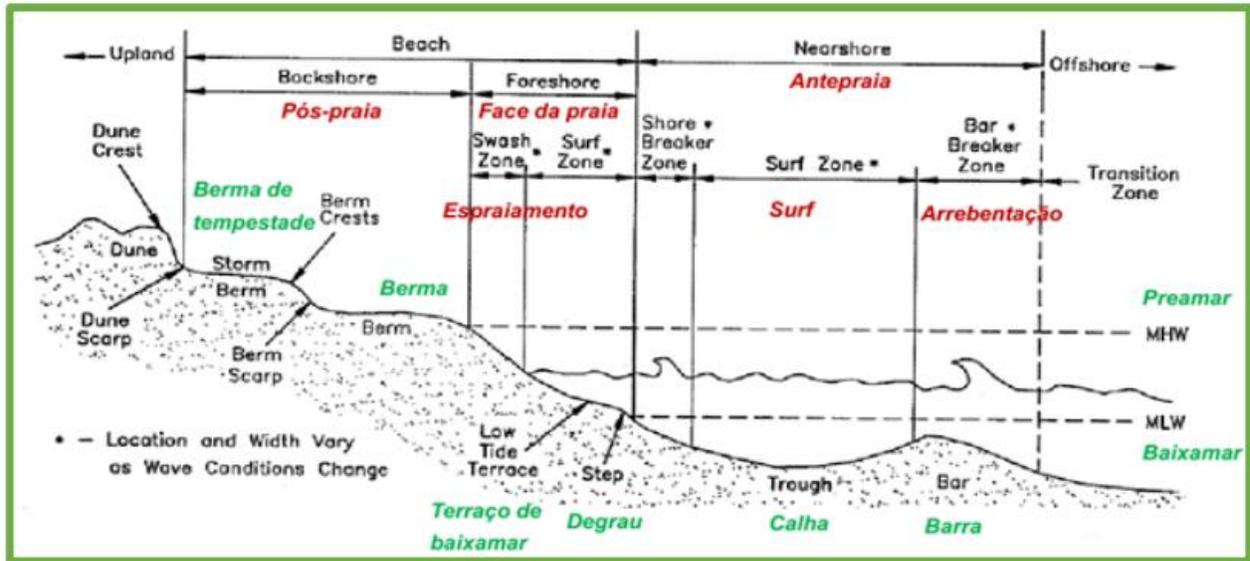


Figura 1: Terminologia das zonas praias. Fonte: adaptado de (Masselink & Hughes, 2003)

2.3. Dunas

A importância das dunas é reconhecida internacionalmente. As dunas desempenham um papel central na estabilização da linha de costa através da sua capacidade de armazenamento e de trocas de material sedimentar com a praia, do fornecimento dos nutrientes necessários para o crescimento de vegetação pioneira e permitindo que ocorra a estabilização da faixa costeira nesse local (Gonçalves, 2013).

As dunas são estruturas geológicas, formadas por acumulação de sedimentos de diferentes origens, podendo ser vegetadas ou não vegetadas, fixas ou móveis e de dimensão variável (Gonçalves, 2013). As condições necessárias para a sua formação são: (i) existência de estoque abundante de sedimentos com textura adequada; (ii) atuação de ventos soprando costa adentro e com velocidades suficientes para movimentar os grãos de areia, (iii) existência de superfície adequada para a mobilização e

deposição dos sedimentos; (iv) baixo teor de umidade, visto que areias mais úmidas necessitam de maior energia eólica para iniciar a movimentação dos grãos (Nunes, 2011).

2.3.1. Classificação Dunar

As dunas costeiras são formações de areia resultantes da deposição de sedimentos que são transportados pelo vento, ocorrendo sempre que há um obstáculo que interrompe o fluxo ou uma diminuição na velocidade do vento (Hesp, 1988). Para a formação de dunas costeiras, é fundamental haver uma fonte de sedimentos, geralmente praias de areia próximas, além de vento com a intensidade e direcionamento apropriados para a movimentação dos grãos de areia e o transporte eólico de sólidos. A classificação proposta por McKee (2004, em Sousa, 2010) considera a morfologia quanto os aspectos dinâmicos das dunas, dividindo-as em dois grupos principais: ativas e inativas.

- As dunas ativas representam sistemas onde o movimento da areia e as mudanças morfológicas são características constantes, diretamente influenciadas pela ação do vento. Este grupo abrange uma diversidade de formas, incluindo dunas barcanas, em domo, frontais, parabólicas, transversais, lineares e estruturas de deflação (blowouts).
- Por sua vez, as dunas inativas são depósitos eólicos que se encontram totalmente estabilizados pela vegetação, seja nativa ou introduzida, resultando na perda de sua mobilidade original. A evolução geomorfológica dessas dunas já não é influenciada diretamente pelo vento.

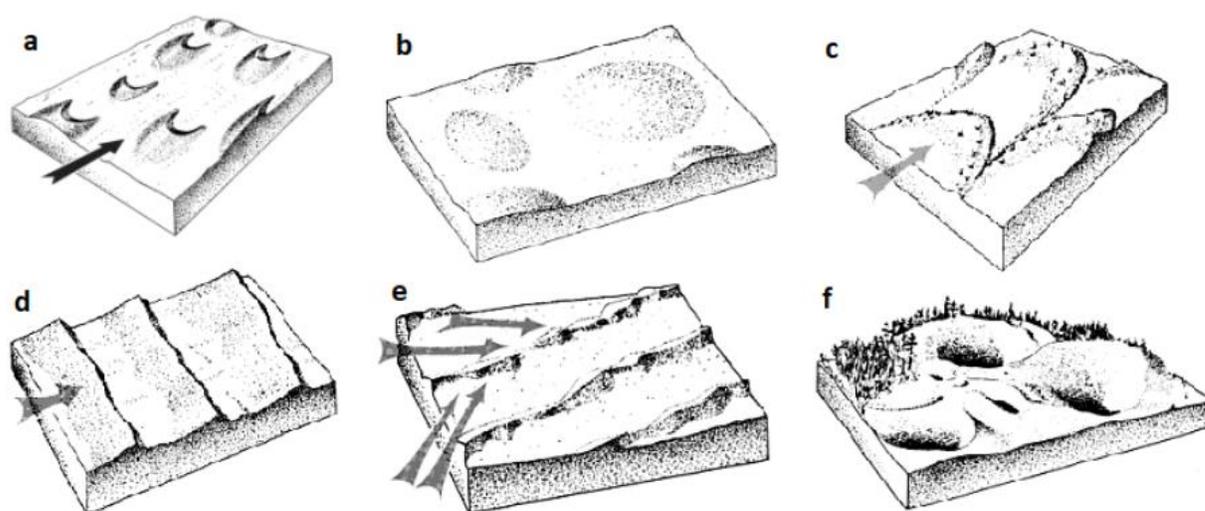


Figure 2: Diferentes tipos de dunas: a) barcanas, b) domos, c) parabólicas, d) transversais, e) lineares, f) blowouts (Ferreira 2019)

Ainda do ponto de vista morfológico, os ecossistemas, dunares subdividem-se em:

2.3.1.1. Duna embrionária

Constitui a geoforma que se observa frequentemente entre a praia e o cordão dunar frontal, correspondendo a um pequeno desnível relativamente à faixa da praia-mar. Este tipo de duna só ocorre em praias onde o fornecimento de areia é constante, ou seja, no caso de sistemas transgressivos, e constitui a primeira defesa activa da costa. A duna embrionária é o estágio mais frágil do sistema dunar, uma vez que se encontra sob a influência constante do mar, estando sujeita ao efeito directo das ondas nas marés altas e à influência salina constante (Gonçalves, 2013). Não é um local fácil de colonizar, o que se traduz no número reduzido de espécies vegetais que aí se fixam, os caules e folhas das plantas que colonizam esta zona interceptam os grãos de areia transportados pelo vento, dando origem a pequenos montículos que vão crescendo à medida que as plantas se desenvolvem, quando a densidade vegetal é elevada estes montículos acabam por se unir, dando origem à duna embrionária (Gonçalves, 2013).

2.3.1.2. Duna primária

É caracterizada pela presença de vegetação adaptada à proximidade do mar, à presença de ventos fortes e ao reduzido teor em matéria orgânica dos solos (Gonçalves, 2013). É considerada duna branca por apresentar bastantes espaços de areia não cobertos com vegetação. Neste estágio dunar observa-se a presença de espécies como o *Otanthus maritimus* (cordeirinho-das-dunas) e a *Euphorbia paralias* (morganheira-das-praias), mas a planta dominante é a *Ammophila arenaria* (estorno), elemento essencial para a fixação da areia e a estabilização da duna, sendo capaz de desenvolver-se em condições de acumulação de sedimentos e soterramento pois o seu desenvolvimento é estimulado pela deposição de sedimentos (Carter citado por Gonçalves, 2013).

2.3.1.3. Duna secundária

Situa-se na retaguarda da duna primária onde, num ambiente menos sujeito à influência salina e abrigado do vento, se desenvolvem comunidades vegetais bastante mais complexas, verificando se já a presença de espécies arbustivas de maior porte. A duna secundária, também denominada por duna cinzenta, diferencia-se da duna primária pela estabilidade das suas partículas arenosas, é constituída por uma sucessão de cristas e corredores interdunares, e nela se podem encontrar espécies como

Corema album (camarinha), *Helichrysum italicum* (perpétua-das areias) e *Armeria pungens* (cravo-das-areias) (Souza, 2009).

2.3.1.4. Duna terciária

Também denominada por duna castanha, apresenta claramente características ecológicas morfodinâmicas e pedológicas diferentes, tais como a ausência de movimentação das partículas arenosas, solos mais ricos e maior densidade e complexidade vertical das formações vegetais onde se observa a ocorrência de árvores, principalmente *Pinus pinaster* (pinheiro bravo) e *Pinus pinea* (pinheiro manso) (Souza 2009).



Figura 3: Estrutura de um sistema dunar litoral. Fonte: (Nunes, 2011)

2.4. Morfologia de Duna

As dunas são criadas pela interação entre o material granular (areia) e a força de cisalhamento exercida pelo ar na camada limite atmosférica. A morfologia das dunas reflecte: 1) as características do sedimento, principalmente o tamanho do grão e 2) as características do vento de superfície, tanto em termos da tensão tangencial à superfície quanto da variabilidade direcional do regime anual. Na maioria das dunas costeiras, a vegetação, os detritos e os obstáculos topográficos também são factores determinantes na formação das dunas. Conforme a duna cresce abaixo da camada limite atmosférica, ela começa a modificar o fluxo primário. Essas modificações desempenham um papel muito importante na determinação da morfologia das dunas (Souza 2009).

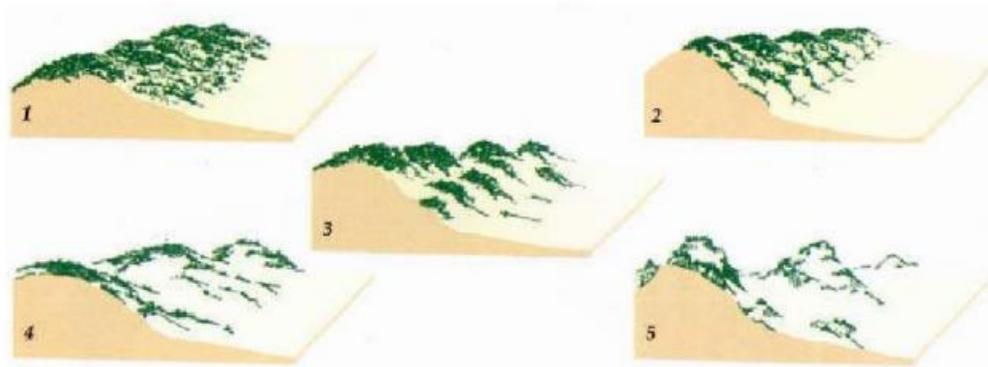


Figura 4: Morfologia das dunas frontais: estágio bem vegetado e estável (1, 2 e 3) e altamente erosivo (4 e 5). Fonte: (Hesp adaptado por Horácio, 2022)

2.5. Fatores que influenciam a dinâmica eólica das dunas

2.5.1. Ação do vento no transporte da areia

A atuação do vento tem um impacto morfogenético notável, não apenas moldando a configuração das dunas, mas também gerando condições que facilitam o assentamento ou a erosão da areia na morfologia dunar. Nas regiões costeiras, a ação do vento se manifesta no constante fornecimento de areia. No entanto, para que o transporte de areia aconteça de maneira eficaz, é essencial que algumas condições sejam satisfatórias, como o diâmetro dos grãos, a textura da superfície e a velocidade do vento, entre outros aspectos (Maureira, 2019).

2.5.2. Papel da Vegetação

A vegetação é um dos fatores que ajudam a estabilizar a morfologia das dunas. A influência da vegetação pode variar de acordo com seu tipo e densidade, afetando de maneira distinta a dinâmica das dunas. Essa interdependência é mais evidente nas dunas costeiras, devido aos diversos processos que regulam ou favorecem o avanço das dunas transgressivas. Devido às particularidades dessas dunas, apenas algumas espécies conseguem se adaptar e se estabelecer nesses ambientes (Maureira, 2019).

2.5.3. Influência dos fatores climáticos

A influência climática é moldada pelas condições meteorológicas específicas de cada região. Por exemplo, nas áreas equatoriais, o surgimento de campos de dunas é mais reduzido em comparação

com outras zonas, devido à precipitação constante e à elevada umidade, que dificultam o transporte de sedimentos. Além disso, os ventos que predominam nessas localidades são fracos e carecem da força necessária para mover a areia. Nesses lugares, durante os períodos secos, a adição de areia aos campos de dunas é restringida pela presença da vegetação (Maureira, 2019).

2.5.4. Mudanças na morfologia de dunas

As dunas costeiras são formações eólicas que reagem de maneira sensível a mudanças. Dessa forma, embora certos fatores governem sua formação, qualquer desequilíbrio nesses elementos pode resultar em alterações na morfologia das dunas (Bispo, 2008).

Giannini & Santos (1994) citados por Bispo (2008), afirmam que transformações na morfologia das dunas podem ocorrer em razão de oscilações no equilíbrio entre a taxa de suprimento de areia pelos ventos e a taxa de crescimento da vegetação. E ainda indicam que a diminuição da exploração do solo na costa de Israel favoreceu a transição de dunas transversais para dunas parabólicas.

Depósito de areia já existente pode modificar sua forma para apresentar características de “blowouts”, influenciado por diversos fatores, como a escassez de suprimento sedimentar, vegetação enfraquecida, forte intensidade dos ventos, erosão marítima e atividades humanas (Bispo, 2008).

2.5.5. Mobilização e estabilização das dunas

Tsoar e Blumberg (2002) relatam que nas dunas do Ceará, as taxas médias de migração variam em função das dimensões das dunas, destacando uma correlação inversa entre a taxa de migração e o volume das dunas. Além disso, também observam uma relação inversamente proporcional entre a taxa de migração e a pluviosidade da região. consideram dois fatores que podem aumentar ou diminuir a mobilidade das dunas:

- O **grau de “windiness”** (percentual anual de dias que experimentam ventos acima da velocidade limiar capaz de movimentar a areia). A maioria das dunas será mobilizada com o aumento do mesmo.
- A **vegetação**, Associada à precipitação e à evaporação. Lancaster (1988) desenvolveu um índice de mobilidade de areia expresso pela fórmula $M=W/(EPT)$, o qual se baseia na relação

entre o grau de “windiness” (W) e a precipitação efetiva anual (P/EPT), onde P é média de precipitação anual e EPT é o potencial de evapotranspiração calculado usando o método de Thornthwait (1957). Este autor calculou valores de M para a África do Sul tendo verificado que quando $M < 50$ as dunas são inativas, para valores de M entre 50 e 100 apenas as cristas das dunas são ativas. Quando M se situa entre 100 e 200 as dunas maiores são ativas, mas as interdunas e as dunas menores são vegetadas e para valores de $M > 200$ as dunas são completamente ativas. Analisando a relação de proporcionalidade desta fórmula compreende-se que o índice de mobilidade das dunas é diretamente proporcional ao “windiness”,

ou seja, quanto maior o percentual de ventos efetivos maior será a mobilidade das dunas. Por outro lado, este mesmo índice é inversamente proporcional em relação à precipitação.

Tsoar e Blumberg (2002) assinalam que a equação de Lancaster (1988) sugere que o aumento da chuva resulta em maior cobertura vegetal, levando à estabilização das dunas; por outro lado, a diminuição da precipitação reduziria a cobertura vegetal, aumentando assim a atividade de transporte de areia. No entanto, segundo esses autores, essa interpretação é válida apenas para vegetações em solos distintos das dunas. As areias das dunas têm alta permeabilidade, o que favorece altas taxas de infiltração, resultando em baixa umidade e baixa capacidade de campo. Isso significa que a água infiltra-se facilmente, e um maior fluxo de chuva não se torna duradouro nem disponível para as plantas. Portanto, a quantidade de chuva não é o fator decisivo para a estabilização das dunas de areia.

Tsoar (2005) observa que os índices convencionais de mobilidade das dunas de areia, relacionados ao vento, à precipitação e ao potencial de evaporação, não são eficazes em muitos campos de dunas ao redor do mundo. Tsoar e Blumberg (2002) mencionam as dunas do deserto de Negev, que, de acordo com a equação de Lancaster (1988), deveriam estar livres de vegetação, mas que na verdade estão completamente estabilizadas pela vegetação e por uma crosta microfítica, mesmo com uma média anual de precipitação de 100 mm.

3. Metodologia

3.1. Descrição da área do estudo

A praia de Guinjata figura 5 localiza-se na Província de Inhambane, no distrito de Jangamo a 25 km a sul da cidade de Inhambane nas coordenadas indicadas na tabela 1, caracterizada por águas cristalinas, recifes de corais, florestas verdes de mangais e apresenta um clima tropical húmido com duas estações chuvosa e seca (Surf-Forecast App, 2024).

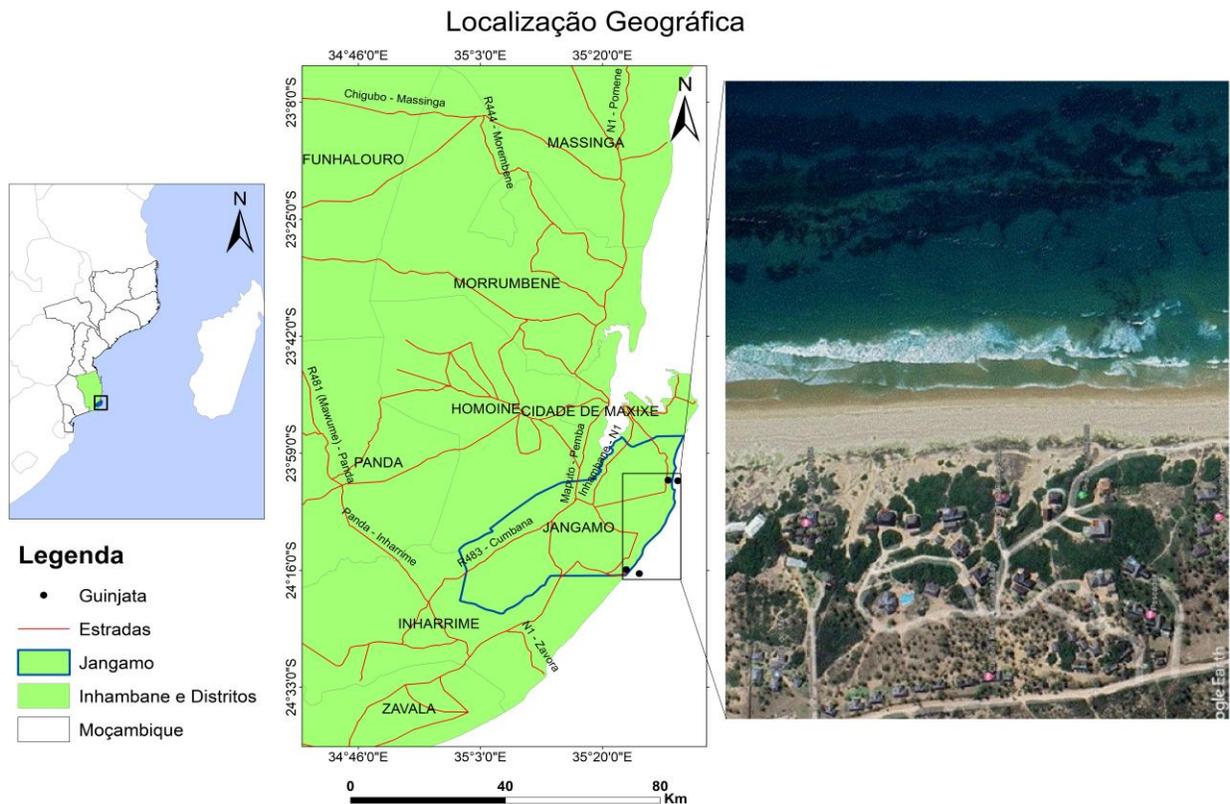


Figura 5: Localização geográfica da área de estudo da praia de Guinjata e imagem da praia de guinjata.

Tabela 1: Coordenadas geográficas da area de estudo.

Latitude	Longitude
24 ° 3' 0,260" S	35 ° 30' 30,943" E
24 ° 2' 54,524" S	35 ° 29' 10,630" E
24 ° 15' 54,705" S	35 ° 23' 20,696" E
24 ° 16' 29,129" S	35 ° 25' 9,692" E

3.2. Materiais e métodos

A metodologia utilizada neste trabalho baseou-se na análise de dados meteorológicos referentes à velocidade e direção dos ventos, evapotranspiração e precipitação, os quais foram disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INAM), delegação de Inhambane. Os dados foram organizados em médias mensais para o período de 1994 a 2023. Essa abordagem de agregação de dados em médias mensais oferece uma visão mais clara das variações climáticas ao longo do tempo, permitindo identificar padrões sazonais. Para a organização dos parâmetros, precipitação, velocidade, direção do vento, mobilidade e o cálculo das médias mensais, foi criada uma planilha no Microsoft Office Excel 2021. Para a evapotranspiração, foi empregado um modelo de cálculo proposto por Thornthwaite (1948), utilizando a planilha do Microsoft Excel fornecida pelo INAM, delegação de Inhambane.

3.3. Análise do regime do vento entre 1994 a 2023

Para a análise do regime do vento usou-se dado de velocidade e direção do Vento, num intervalo de 30 anos, fornecidos pelo Instituto Nacional de meteorologia (INAM) delegação de Inhambane. Os dados foram organizados em médias mensais e processados no pacote de Microsoft Excel 2021 no período de 1994 a 2023, onde obteve-se os gráficos de médias mensais da velocidade dos ventos, da distribuição da direção do vento e a distribuição das classes de velocidade do vento, onde a distribuição de classes de velocidade do vento foi feita para melhor compreensão dos ventos dominantes.

3.4. Determinação da precipitação média mensal da cidade de Inhambane

Para a determinação da precipitação usou-se dados de precipitação num período de 30 anos, fornecidos pelo INAM delegação de Inhambane. Os dados foram organizados em médias mensais e processados no pacote de Microsoft Excel 2021 num intervalo de 1994 a 2023, onde obteve-se o gráfico das médias mensais da precipitação.

3.4.1. Determinação da evapotranspiração Potencial

Para determinação da evapotranspiração potencial (*ETP*) foi usado o modelo de Thornthwaite (1948), descrito pela equação.

$$ETP = f \cdot 1,6 \left(\frac{10t}{I} \right)^a \quad \dots \text{Equação (1)}$$

Onde: *f* é um fator de ajuste e, depende da latitude do lugar e mês do ano; *t* é a temperatura média de cada mês, em (°C); *I* é o índice anual de calor e; *a* é uma função cúbica *I* e, pode ser obtido aplicando a equação.

$$a = 6,75 \times 10^{-7} I^3 - 7,71 \times 10^{-5} I^2 + 1,7912 \times 10^{-2} I + 0,49239 \quad \dots \text{Equação (2)}$$

O índice anual de calor (*I*), é calculado a partir:

$$I = \sum_1^{12} \left(\frac{t}{5} \right)^{1,514} \quad \dots \text{Equação (3)}$$

Os valores obtidos a partir da fórmula de Thornthwaite são válidos para meses de 30 dias, com 12 horas de luz solar por dia. Como número de horas de brilho por dia, muda com a latitude e, por outro, alguns meses apresentam uma extensão de 28 e 31 dias, torna-se necessário efetuar-se algumas correções. A correção é feita aplicando factor *f*, obtido usando a:

$$f = \frac{h}{12} \times \frac{n}{30} \quad \dots \text{Equação (4)}$$

onde: *n* é número de dias do mês em estudo; *h* é o número de horas de brilho solar na latitude considerada. Para os valores de *h*, considera-se os do décimo quinto dia (15°) de cada mês como representativos, (Thornthwaite,1948).

3.4.2. Determinação taxa de mobilidade de dunas embrionárias

Para a terminação da taxa de mobilidade de dunas embrionárias da praia de Guinjata usou-se o índice de mobilidade eólica (M) onde foi calculado usando a equação de Lancaster(%), (1988):

$$M = W \frac{EPT}{P}$$

Equação 5

Onde: W é a percentagem anual de vento superior a 5,0 m/s entre o período de 1994 a 2023; P é a média anual de precipitação pluviométrica entre 1994 a 2023; ETP é a média anual de evapotranspiração (1252.314 mm).

Segundo Tomazelli (1990), para esta análise, foram consideradas as classes de velocidade do vento acima de 5 m/s, pois essa é a velocidade mínima necessária para manter sedimentos de grão de areia fina em saltação. O valor de P foi obtido por meio das médias mensais, enquanto EPT é uma constante derivada dos cálculos fornecidos pela meteorologia

4. Resultados e discussão

4.1. Resultados

4.1.1. Regime do vento no período de 1994 a 2023

A figura 6 mostra as médias mensais da velocidade do vento num período de 1994 a 2023 onde, revela que a intensidade dos ventos varia de 12,03 a 16,85 km/h. Os valores próximos a 16 km/h foram registrados nos meses de setembro, outubro e novembro, variando a aproximadamente 16,35 a 16,85 km/h. A máxima velocidade de vento da série em estudo foi de 16,85 km/h, registrada no mês de setembro, enquanto a mínima foi de 12,03 km/h, observada no mês de maio.

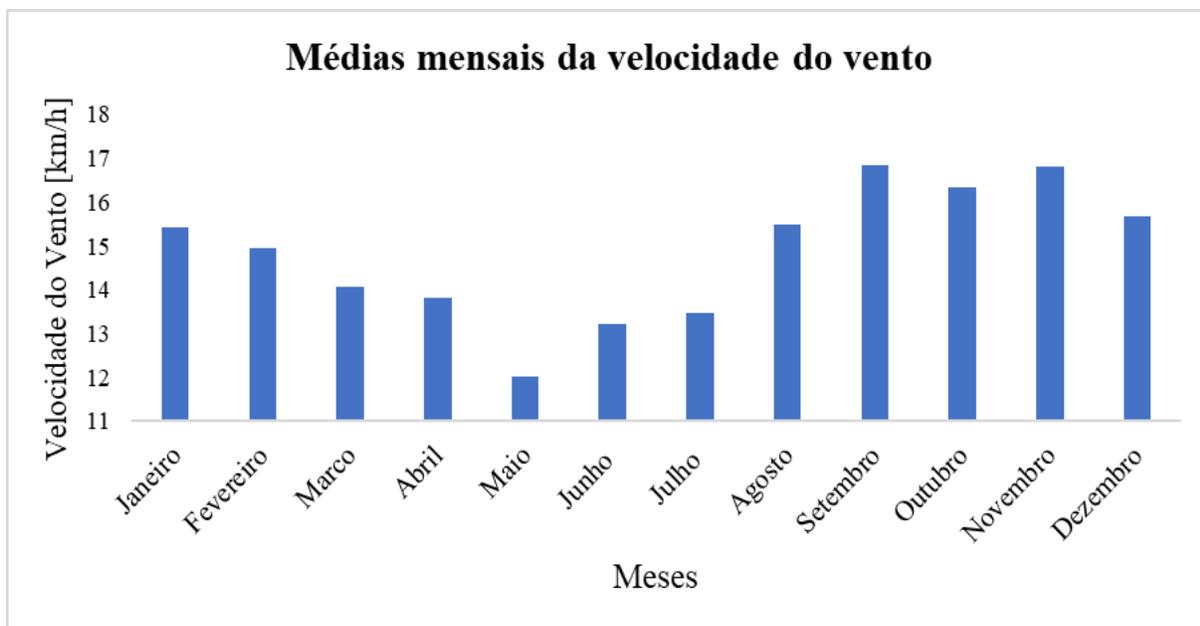


Figure 6: Médias mensais da velocidade dos ventos do período 1994 a 2023.

A figura 7 mostra a distribuição da direção dos ventos dos anos 1994 a 2023. Onde mostra maior percentagem os ventos do sul (S) com cerca de 33.4% e uma média percentagem os ventos de sudoeste (SE) com cerca de 27.8% na estação seca e noroeste (NE) com cerca de 27.5% em todo o ano. Apresenta menor percentagem os ventos de oeste (W) com cerca de 0.3% , este (E) com cerca de 4% e norte (N) com cerca de 7.1% em todo ano.

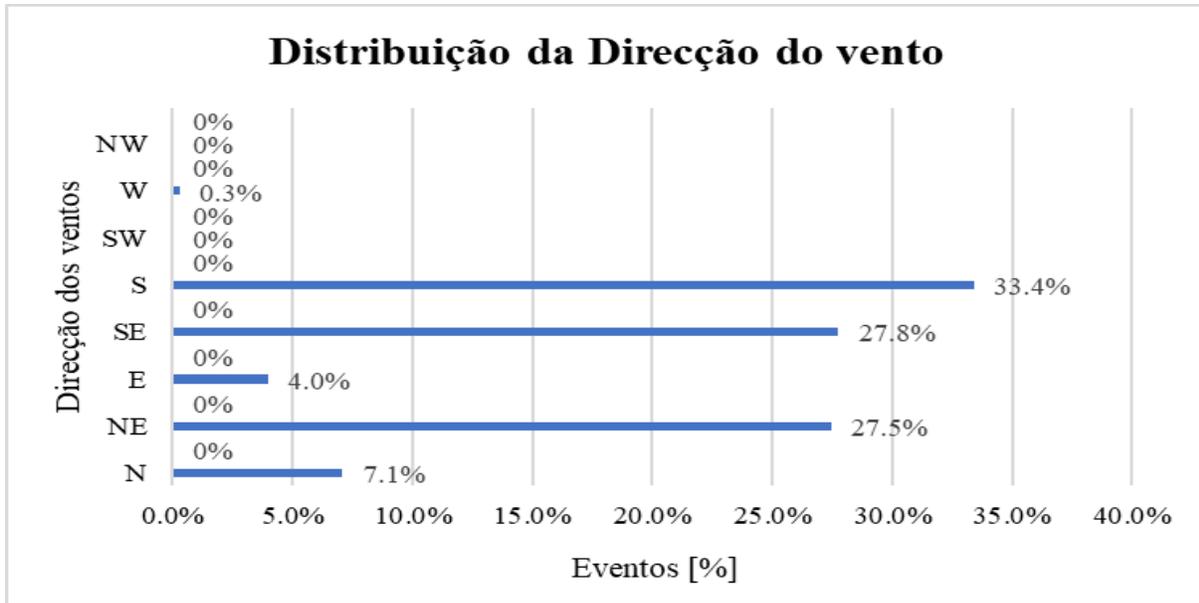


Figure 7: Distribuição da direção dos ventos do período 1994 a 2023 da praia de Guinjata.

A Figura 8 mostra a distribuição das classes de velocidade dos ventos dos anos 1994 a 2023. Onde temos três classe (a máxima, a media e mínima), onde a classe 60.6 % corresponde a direção Sul do vento cujo o intervalo da sua velocidade varia de 13,1 a 18,1 km/h e com uma velocidade média de 8,9km/h, a classe média 27.2% correspondem as direções de Nordeste, Sudoeste e Este cujo o intervalo da sua velocidade varia de 8.1 a 13.1 km/h e com velocidades médias de 16.2 km/h, 14.3km/h e 12.5km/h e a classe mínima 12.2% corresponde a direção Oste cujo o intervalo varia de 18.1 a 23,1 km/h e com uma velocidade média de 12.5km/h.

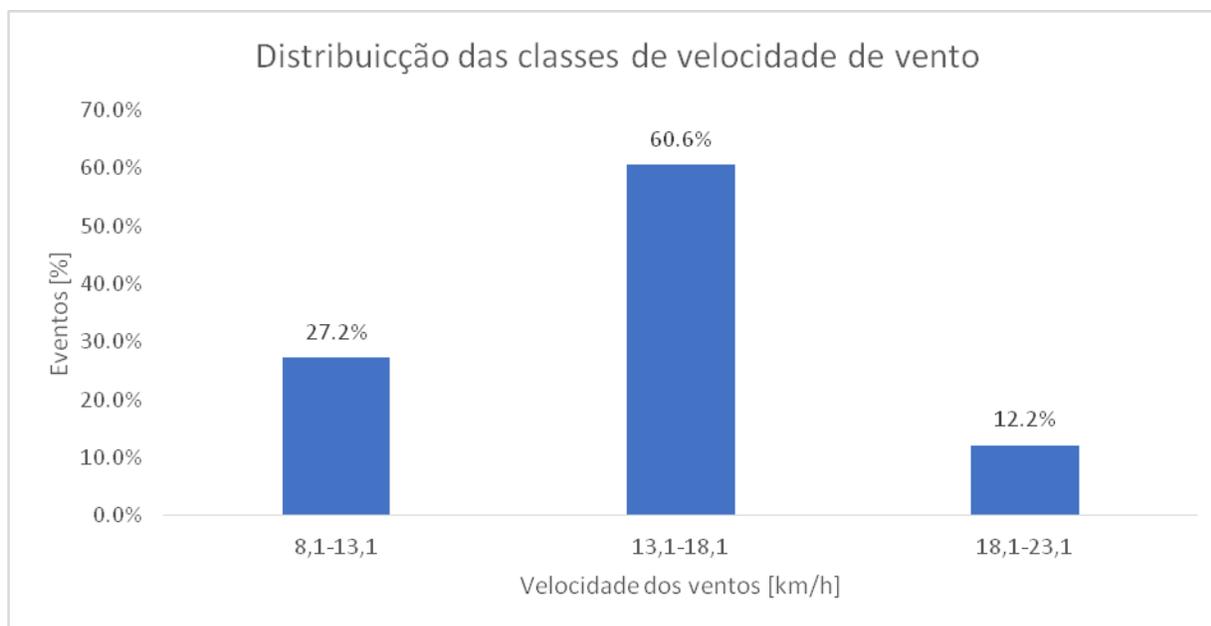


Figure 8: Distribuição das classes de ventos referente ao período 1994 a 2023 na praia de Guinjata.

4.1.2. Precipitação média anual da cidade de Inhambane

Os resultados obtidos das precipitações mostram um pico máximo de precipitação no mês de janeiro com uma média mensal de 182.6 mm e o mês que registou a baixa precipitação foi o mês de Agosto com a média mensal de 13.6 mm.

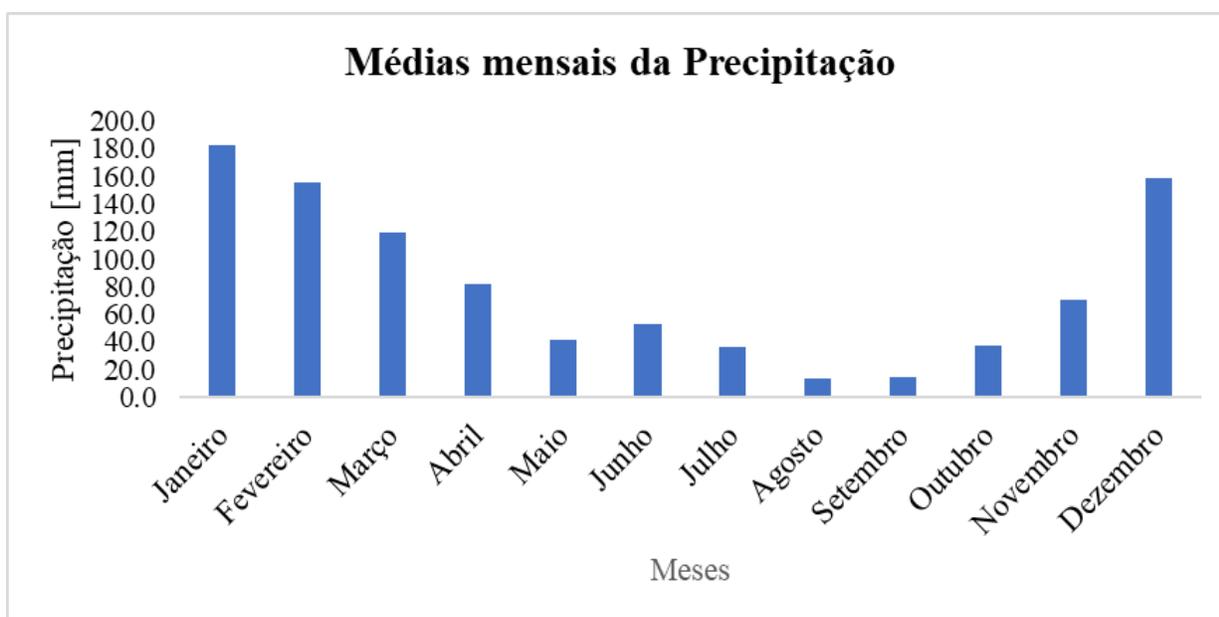


Figure 9: Precipitação média mensal da praia de Guinjata no período de 1994 a 2023.

4.1.3. Mobilidade de dunas costeiras na praia de Guinjata

Os resultados obtidos na (figura10) mostram as médias mensais da taxa de mobilidade de dunas costeiras num período de 1994 a 2023 onde mostram maiores taxa de mobilidade nos meses de Maio, Junho, Julho, Agosto, Setembro e Outubro, sendo Agosto o mês com maior taxa de mobilidade com cerca de 367,9%. Os meses de Novembro, Dezembro, Janeiro, Fevereiro e Abril apresentaram menores taxas de mobilidade, sendo Janeiro o mês com menor taxa de mobilidade com cerca de 27,4%.

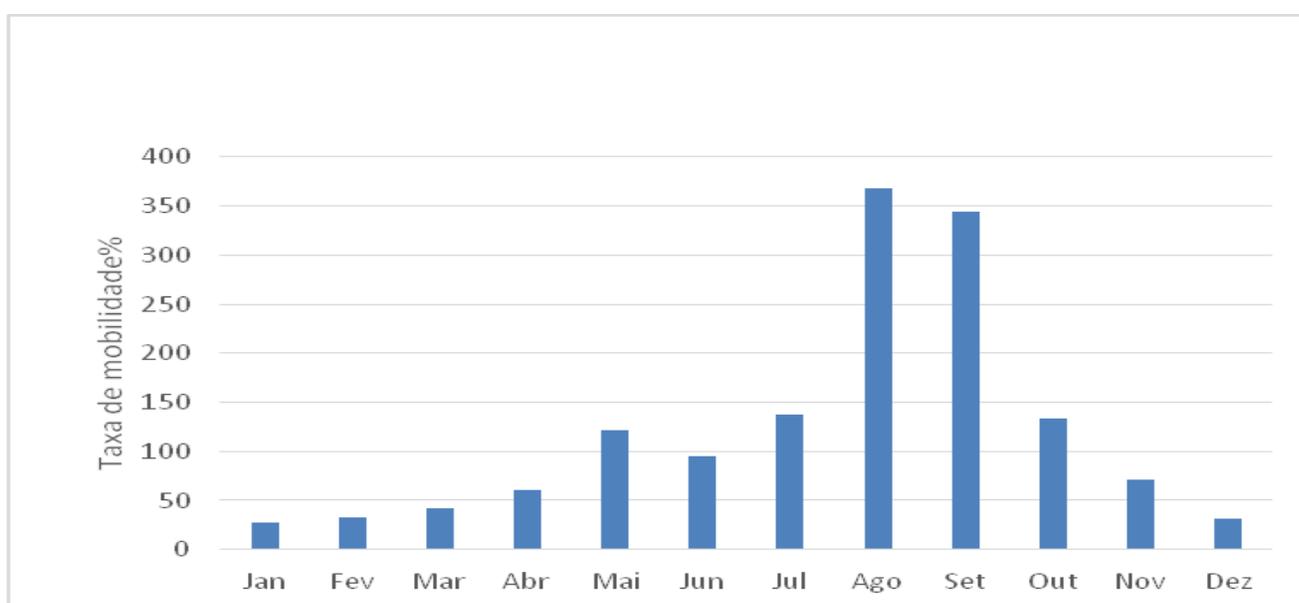


Figure 10: Taxa mensal de mobilidade das dunas costeiras na praia de Guinjata num período de 30 anos.

4.2. Discussão

4.2.1. Regime dos ventos

Conforme os resultados do regime de ventos (figuras 6,7 e 8) referentes ao período entre 1994 e 2023, indicam uma máxima velocidade média de 16,85 km/h no mês de Setembro, que segundo (Miguel & Castro 2018) essa velocidade sugere um potencial mensal favorável para o transporte de sedimentos eólicos soltos sobre a planície de deflação da praia e nas dunas desprovidas de cobertura vegetal. As máximas velocidades de ventos foram observadas no verão, que inicia de Setembro à Março. Este fato

esta em concordância com as observações de Bie (2017) que afirma que as velocidades máximas dos ventos ocorrem durante o verão, e esta associada a dinâmica das brisas marítimas (que ocorrem de dia) e terrestre (que ocorrem de noite). A velocidade mínima de 12,03 km/h no mês de maio é, no entanto, insuficiente, sendo necessária uma velocidade superior a 5 m/s (16.85km/h) para a mobilidade dos sedimentos, de acordo com Tomazelli essa é a velocidade mínima necessária para transportar sedimentos.

As direções de ventos predominantes na Praia de Guinjata, na cidade de Inhambane, são a Sul e Sudeste, uma vez que esses ventos ocorrem com mais frequência e apresentam uma magnitude maior, sendo os ventos responsáveis pelo transporte de sedimentos em comparação com os ventos de Oeste e norte, que ocorre com menor frequência e apresenta menor magnitude. Portanto, a direção de ventos mais dominantes e favoráveis para o transporte de sedimentos para a formação das dunas costeiras na Praia de Guinjata é a de direção e sul, devido à sua magnitude, que segundo *Castro et al., (2003)*. O regime de vento capaz de transportar sedimento da zona da praia para os sistemas eólicos é unimodal, o que significa apresentam elevada direccionalidade.

4.2.2. Precipitação

Os resultados obtidos da precipitação entre 1994 e 2023 (Figura 9) revelam que o pico máximo de precipitação ocorre no mês de janeiro, com uma média mensal de 182,6 mm esse valor deve ao facto de Janeiro ser um mês da época chuvosa. O mês com a menor precipitação é agosto, com uma média mensal de 13,6 mm esse valor deve se ao facto de agosto encontrar-se na época seca. Estes valores e tendência, porém, distinguem-se dos observados por Cunha (2004), que afirma que os valores médios de precipitação das últimas três décadas, ocorrem de fevereiro a agosto, com máximos em abril. Estas diferenças, estão associadas a factores locais e regionais que diferem.

4.2.3. Mobilidade das dunas

Conforme os resultados obtidos sobre o índice de mobilidade dos sedimentos (Figura 10), mostra uma taxa máxima no mês de agosto, isso indica que agosto foi o mês com menor influência da precipitação e maior influencia do vento, observando-se assim uma mobilidade de sedimentos acentuada. Nos meses de Janeiro, Fevereiro e Dezembro apresenta menor taxa de mobilidade de sedimento o que indica maior precipitação e menor influência do vento. Este facto é reforçado por Miguel (2018) e

Castro (2001) que afirmam que a taxa de mobilidade de sedimento é inversamente proporcional ao índice pluviométrico. A mobilidade das dunas costeiras é diretamente influenciada pela precipitação, velocidade e direção do vento e pela evapotranspiração.

Rebêlo & Brito (2004), Rebêlo (1995), Pereira & Angelucci (2004) e Hesp (1988), citados por Silva (2015), referem que, neste tipo de sistema dunar, a existência de vegetação é um fator fundamental para a sua gênese e manutenção. O desaparecimento das comunidades colonizadoras do sistema leva à sua própria extinção, pelo transporte dos sedimentos para o interior. Mesmo que haja deposição e acumulação sedimentar promovida por algum obstáculo, se não existirem condições para o desenvolvimento da vegetação, o sistema nunca se tornará estável e, portanto, tenderá a desaparecer com o tempo.

5. Conclusão

De acordo com os objectivos traçados e resultados obtidos, chegou-se , as seguintes conclusões sobre a dinâmica sedimentar das Dunas embrionárias da praia de Guinjata:

Dos resultados obtidos do regime do vento entre 1994 e 2023, foi possível observar que a magnitude dos ventos foi mínima no mês de Maio, e máxima no mês de Setembro. A sua direção predominante é sul e os ventos mais frequentes variam de 13,1 a 18,1 km/h.

A precipitação da Cidade de Inhambane, segue o padrão típico da precipitação na zona sul do País, com os máximos em Janeiro, e mínimos em Agosto e Setembro. Nesta região, a época chuvosa inicia em Outubro até Março ou Abril, e daí até Setembro se estende a época seca.

Maiores taxas de mobilidade de sedimento foram observadas nos meses da época seca, em relação aos meses de época chuvosa. Estando assim em conformidade com o padrão normal de mobilidade de sedimentos em dunas de areia. Além disso, a mobilidade das dunas nesta região, pode estar sendo fortemente influenciada pelas mudanças climáticas.

5.1.Recomendações

Recomenda-se que se faça a:

- Implementar um programa contínuo de monitoramento para avaliar as mudanças na composição e na movimentação dos sedimentos.
- Utilizar técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento para mapear e monitorar as dunas ao longo do tempo.
- Realizar pesquisas sobre a influência das atividades humanas (turismo, construção, etc.) na dinâmica sedimentar das dunas.

- Realizar estudos sobre como a mudança climática pode estar afetando a dinâmica sedimentar das dunas, considerando fatores como aumento do nível do mar e alterações nos padrões de vento.

6. Referências Bibliográficas

1. Braga, F. D., Filho, P. W., Alves, M. A., & Pereira, L. C. (2007). Morfologia e Sedimentologia da Praia de Macromaré de Ajuruteua, Amazônia, Norte do Brasil. Pará.
2. Brandão, R. L. (2008). Regiões Costeiras. Rio de Janeiro.
3. Bié, A. J. (2017). Estudo Numérico das Mares Meteorológicas na costa de Moçambique São Paulo: Universidade São Paulo.
4. Castro, J.W.A. (2001). Geomorfologia do sistema sedimentar eólico de Paracuru-Ceará, Brasil. Tese de Doutorado em Geomorfologia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
5. Bispo, S. C. (2008). ANÁLISE DA VARIAÇÃO MORFOLÓGICA DAS DUNAS COSTEIRAS ATIVAS DA RESERVA BIOLÓGICA DE SANTA IZABEL (SE) NO PERÍODO DE 1955-2005.
6. Castro, J. W. A., Dias, F. F., Rangel, F. E. & Miguez, A. I. P. (2003). Taxa de transporte de sedimento eólico em dunas costeiras oblíquas do município de Cabo Frio - Estado do Rio de Janeiro.
7. Cunha, E. M. S. (2004). Evolução actual do litoral de Natal e suas aplicações integradas. Barcelona.
8. Ferreira A. B. G. (2019) Dinâmica sedimentar e morfológica do campo de dunas da Crismina-Guincho.
9. Gonçalves, V. L. (2013). A aplicação Google Earth no estudo da dinâmica costeira em sistemas litorais arenosos na costa portuguesa.
10. Gralato, J. D. (2016). Dinâmica de praia e vulnerabilidade a ondas de tempestade do Litoral oriental da ilha grande (Angra do Reis RJ). São Gonçalo.
11. Lancaster, N. (1988). Development of linear dunes in the southwestern Kalahari, southern Africa. Journal of Arid Environments.
12. Horácio, J. F. (2022). DINÂMICA SEDIMENTAR DAS DUNAS EMBRIONÁRIAS DA PRAIA DE ZALALA - INDICADORES DA VARIABILIDADE CLIMÁTICA.

13. Hesp, P. (1988). *Morphology, Dynamics and internal stratification of some established foredunes in southeast Australia*. Sedimentary Geology
14. Masselink, G., & Hughes, M. (2003). Introduction to Coastal Processes and Geomorphology. New York.
15. Miguel, L.L.A.J.& Castro J.W.A. (2018). Dinâmica Sedimentar das Dunas Transgressivas do Sistema Laguna-Barreira da Costa Sul de Moçambique, Africa.
16. Maureira, L. Z. Condição Morfodinâmica e sedimentação eólica nas dunas interiores da ilha dos marinheiros, região estuarina da lagoa dos patos, RS
17. NUNES, L. D. (2011). DINÂMICA COSTEIRA ENTRE AS PRAIAS DE AREIA PRETA E DO FORTE, NATAL/RN. Natal.
18. Nordstrom, K. F.(2000). Beaches and dunes of developed coasts. Cambridge: Cambridge University Press.
19. Portz, L. et al . (2016) Impacts on the dunes system: natural dynamics versus anthropogenic interference, Ambiente & Sociedade, São Paulo v. XIX, p. 137-154
20. Ramalho, M. F., Lourenço, C. C., & Medeiros, L. F. (2013). Efeitos da Dinâmica Eólica no Ambiente de Dunas em Natal/RN. pp. 7-10.
21. THORNTHWAITE, C.W. (1948) An approach towards a rational classification of climate. Geographical Review, London
22. . Tomasini, J. (2011). *Padrao de Variabilidade do Vento a Superfície em Lajeado, Rio Grande do Sul, Brasil*. Rio Grande do Sul
23. Tsoar H. & Blumberg D.G., 2002. Formation of parabolic dunes from barchan and transversedunes along Israel' s Mediterranean coast. *Eart Surface Process and Landforms*, **27**: 1147-1161
24. Thornthwaite, C. w., & Mather J. R. 1957. Instruction and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. Publications in Climatology. Laboratory of Climatology.
25. Tsoar, H. (2005). Sand dunes mobility and stability in relation to climate. Department of Geography and Environmental Development, Ben-Gurion University of the Negev, Beer Sheva 84105, Israel. *Physica A*, 357(2005): 50-56.

26. Souza, C. R. (2009). A erosão nas Praias do Estado de São Paulo: Causas, Conseqüências, Indicadores de Monitoramento e Risco. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, Sao Paulo.
27. Sousa, C. V. P. (2010). Vulnerabilidade dos Sistemas Dunares da Praia do Meco. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.
28. SOUZA, C. R., FILHO, P. M., ESTEVES, L. S., DILLENBURG, S. R., PATCHINEELAM, S. M., & ADDAD, J. E. (2005). Praias arenosas e erosão costeira.
29. Silva, C.A.F. (2015) Dinâmica sedimentar em sistemas dunares litorais Aplicação ao sistema dunar da praia do Guincho, Cascais.
30. Silva, G. R. (2003). Características de vento da região Nordeste: Análise, Modelagem e aplicações para projectos de centrais eólicas. Pernambuco.
31. Tomazelli, L. J. (1990). Contribuição ao Estudo dos Sistemas Depositionais Holocênicos do Nordeste da Província Costeira do Rio Grande do Sul com Ênfase no Sistema Eólico. Porto Alegre, UFRGS, Teses de Doutorado.
32. Surf-Forecast App. (2024). Obtido de Surf-Forecast App: [snow-forecast.com](https://www.snow-forecast.com)