

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
CAMPUS A. C. SIMÕES  
INSTITUTO DE GEOGRAFIA, DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE  
CURSO DE GEOGRAFIA - BACHARELADO

JOÃO PEDRO LUIZ SANTOS DA SILVA

**ESTUDO DA VULNERABILIDADE A EROSÃO COSTEIRA NAS PRAIAS  
URBANAS DE MACEIÓ - AL**

Maceió, AL

2023

JOÃO PEDRO LUIZ SANTOS DA SILVA

**ESTUDO DA VULNERABILIDADE A EROSÃO COSTEIRA NAS PRAIAS  
URBANAS DE MACEIÓ - AL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Geografia da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharelado em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Bruno Ferreira.

Maceió, AL

2024

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Divisão de Tratamento Técnico**

Bibliotecária: Taciana Sousa dos Santos – CRB-4 – 2062

S586e Silva, João Pedro Luiz Santos da.  
Estudo da vulnerabilidade à erosão costeira nas praias urbanas de Maceió  
- AL / João Pedro Luiz Santos da Silva. – 2023.  
30 f. : il. color.

Orientador: Bruno Ferreira.  
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Geografia:  
Bacharelado) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Geografia,  
Desenvolvimento e Meio Ambiente. Maceió, 2023.

Bibliografia: f. 29-30.

1. Vulnerabilidade costeira. 2. Praias – Maceió (AL). 3. Erosão costeira. I.  
Título.

CDU: 911.2 : 551.435.3 (813.5)

## Folha de Aprovação

JOÃO PEDRO LUIZ SANTOS DA SILVA

ESTUDO DA VULNERABILIDADE A EROSÃO COSTEIRA NAS PRAIAS URBANAS  
DE MACEIÓ - AL

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à banca examinadora do curso de Geografia (Bacharelado) da Universidade Federal de Alagoas e aprovada em 20 de Fevereiro de 2024.

Documento assinado digitalmente  
 BRUNO FERREIRA  
Data: 27/02/2024 17:07:29-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

(Orientador(a) - Dr. Bruno Ferreira, Ufal)

### Banca examinadora:

Documento assinado digitalmente  
 THIAGO CAVALCANTE LINS SILVA  
Data: 26/02/2024 18:37:31-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

(Examinador(a) Externo(a) - Me. Thiago Cavalcante Lins Silva, UFRN)

---

(Examinador(a) Interno(a) – Dr. Kleython Monteiro de Araujo, Ufal)

Documento assinado digitalmente  
 KLEYTHON DE ARAUJO MONTEIRO  
Data: 27/02/2024 07:20:02-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

## AGRADECIMENTOS

Queridos amigos, familiares e mentores,

Escrever palavras de agradecimento não é tarefa fácil, mas é com imensa gratidão que me dedico a expressar o quanto cada um de vocês foi fundamental em minha jornada. Perdido em meio às possibilidades da geografia, encontrei meu caminho na fascinante área da geomorfologia costeira.

À minha amada família, agradeço especialmente a minha mãe Cledijanes e à minha querida tia Macrima, que sempre me apoiaram incondicionalmente, meu mais sincero agradecimento. Suas palavras de incentivo foram faróis em noites escuras, e sem o apoio de vocês, nada disso seria possível.

Aos colegas de universidade, Samuel Nunes, Luana Tavares e Antonio Mafficioni, que compartilharam comigo os desafios das disciplinas mais exigentes, meu muito obrigado. Ao LabGeo e aos incríveis amigos que dele fazem parte, como Sther, Roberto e Mika, agradeço por estarem presentes em minha busca por uma área na qual me dedicar.

Um capítulo especial de agradecimento é reservado ao meu orientador, Bruno Ferreira, cuja orientação durante minha pesquisa e trabalho de conclusão de curso foi crucial. E também ao lendário Thiago Cavalcante, que sempre esteve disposto a esclarecer minhas dúvidas e oferecer apoio, especialmente na segunda parte da minha graduação e projetos a qual tento me dedicar.

Neste momento de celebração, expresso minha profunda gratidão a todos que, de alguma forma, foram parte integrante dessa jornada. Sejam familiares, amigos, colegas ou mentores, cada um de vocês contribuiu para a construção deste caminho. Obrigado por fazerem parte da minha história.

Com sincero agradecimento,

João Pedro Luiz.

“Um dia eu encontrarei as palavras certas  
e elas serão simples.”

- **Jack Kerouac**

## RESUMO

Ambientes costeiros caracterizam-se pela interação tríplice entre o oceano, o continente e clima, como tal fisicamente apresentam uma alta dinâmica no que compreende seus processos modeladores, ao mesmo tempo também se mostram como as regiões mais densamente ocupadas no planeta, ocupação esta que, invariavelmente causa impactos ambientais negativos a estes ambientes. Assim, o presente estudo teve como objetivo a classificação preliminar da vulnerabilidade costeira das praias urbanas de Maceió. Para tal, foi utilizado um cálculo de Índice de Vulnerabilidade Costeira, obtido através da média aritmética simples de três grupos de variáveis: NDVI, variação da linha de costa e check list, identificando geoindicadores presentes na paisagem. Os resultados mostram que 43% das praias urbanas de Maceió apresentam um alto índice de vulnerabilidade, com maior quantitativo nas praias da porção sul da Cidade e praia da Jatiúca, regiões com um histórico de processos erosivos danosos à orla e edificações instaladas à beira mar. Os procedimentos metodológicos adotados possibilitaram a efetivação dos objetivos propostos, com baixo custo. Dada a diversidade processual, formas de apropriação e uso das terras e novas estruturas de contenção da erosão marinha, as quais vêm sendo implantadas, novos estudos e metodologias devem ser aplicados com vistas ao monitoramento das condições de vulnerabilidade das praias analisadas em médio e longo prazos.

**Palavras-chave:** vulnerabilidade; erosão; geomorfologia costeira.

## ABSTRACT

Coastal environments are characterized by the triple interaction between the ocean, the continent and climate, as such they physically present a high dynamic in terms of their modeling processes, at the same time they also appear to be the most densely occupied regions on the planet, an occupation that, invariably causes negative environmental impacts to these environments. .The present study had as objective the preliminary classification of the coastal vulnerability of the urban beaches of Maceió. For this, a Coastal Vulnerability Index calculation was used, obtained through the simple arithmetic average of three groups of variables: NDVI, coastline variation and check list, identifying geoindicators present in the landscape. The results show that 43% of the urban beaches have a high level of vulnerability, with prominence on the beaches in the southern part of the city and on Pajuçara beach, regions with a history of erosion processes that damage the waterfront and buildings. The methodological procedures made it possible to achieve the proposed objectives . Given the procedural diversity, forms of appropriation and use of land and new structures to contain marine erosion, in implementation, new studies and methodologies must be applied with a view to monitoring the vulnerability conditions of the beaches in the medium and long term.

**Keywords:** vulnerabilitty; erosion; coastal geomorphology.

## **Lista de figuras**

Figura 1: Localização da Área de Estudo.....	12
Figura 2: Mandala de Geoindicadores.....	14
Figura 3: Intervenções na orla de Maceió.....	17
Figura 4: Resultados da movimentação da linha de costa nas praias urbanas de Maceió.....	18
Figura 5: NDVI das praias urbanas de maceió.....	20
Figura 6: Resultados das observações in loco nas praias urbanas de Maceió.....	21
Figura 7: Índice de Vulnerabilidade Costeira (IVC) das praias urbanas de Maceió.....	23
Figura 8: Ciclo das estruturas de contenção em Maceió, AL.....	24
Figura 9: Antes e Depois dos pontos de implementação das obras. A: Jatiúca. B: Jacarecica.	26

## **Lista de Tabelas**

Tabela 1: Identificador de indicadores, Classes e Graus de Vulnerabilidade.....	15
Tabela 2: Relação entre Valor de IVC e Grau de Vulnerabilidade a erosão costeira.....	15
Tabela 3: dimensão da faixa de areia entre 2009 e 2020.....	17
Tabela 4: Distribuição das classes de variação da linha de costa na área de estudo.....	19
Tabela 5: Distribuição das classes de NDVI na Área de estudo.....	20
Tabela 6: Distribuição das classes de vulnerabilidade por geoindicadores na Área de estudo.	21
Tabela 7: Distribuição das classes do Índice de Vulnerabilidade Costeira Área de estudo.....	22

## SUMARIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 METODOLOGIA.....	12
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	16
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	27
REFERÊNCIAS.....	29

## 1 INTRODUÇÃO

Na superfície terrestre os ambientes costeiros configuram como elementos de alta complexidade, dinamicidade e variedade de morfologias como, por exemplo, alagadiços de marés e planícies fluviomarinhas, campos de dunas, deltas, estuários e também as praias, essa alta variedade se deve então a interação tríplice que ocorre nesses ambientes, entre o oceano, atmosfera e o continente (AB’SABER, 2000). Nessas áreas as ações antrópicas apresentam-se como mais um elemento a ser considerado no que concerne à morfodinâmica dos ambientes costeiros.

Também se caracterizam por serem as regiões mais densamente povoadas da Terra (SOUZA, 2005) e as praias bem como localidades próximas a elas figuram como locais “preferenciais à ocupação”, bem como, espaços de lazer. Tais características fazem com que a esfera econômica seja tema importante na análise desses espaços, uma vez que possuem grande especulação imobiliária e atrativos comerciais logo, a ocupação antrópica nesses ambientes, direta ou indiretamente, causa alterações nas praias e, de acordo com a literatura alteram significativamente estes ambientes (RABELO, 2022; SANTOS JÚNIOR; ARAÚJO; FERREIRA, 2020; PORTZ et al. 2010).

A erosão costeira pode ser definida como um processo natural identificado por um balanço sedimentar negativo de uma praia, resultando em perdas de sedimentos. Ainda que seja complexo mensurar o quantitativo dos sedimentos retirados ou depositados numa praia, entende-se que sempre que o balanço for negativo haverá o predomínio de processos erosivos, que pode ser identificado tanto por metodologias baseadas em observações realizadas *in loco*, quanto por metodologias que tomem como base o geoprocessamento e sensoriamento remoto (SOUZA, 2005).

Cabe destacar que a erosão costeira é um processo natural, no que diz respeito ao equilíbrio dinâmico de um ambiente praias, mas que pode intensificado por ações antrópicas, as quais modificam a dinâmica sedimentar do local e de suas adjacências. Tal tema conta com uma ampla literatura, em diversas escalas e com um leque variado de metodologias aplicadas (SANTOS JÚNIOR; ARAÚJO; FERREIRA, 2020; MARTINS et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2018 LIMA, 2004; CABRAL, 1996).

Verifica-se então que o processo erosivo na costa, a partir do momento em que passa a atingir ambientes urbanos ou mesmo estruturas instaladas ao longo da praia, passa a receber o rótulo de desastre, uma vez que a perda sistemática e progressiva dos sedimentos costeiros, resulta em

uma maior ação abrasiva das ondas e, como consequência, na destruição das estruturas edificadas e espaços destinados ao lazer e recreação nas praias.

A cidade de Maceió, capital de Alagoas, apresenta um trajeto similar às demais capitais estaduais localizadas no litoral, com franca urbanização próxima as suas faixas arenosas e que não respeitou os limites naturais da morfodinâmica costeira. Dessa maneira, desde a segunda metade do século XX apresenta um quadro erosivo acelerado, frente a sua vulnerabilidade à erosão em suas praias. Com agravantes como o despejo de esgoto e questões diversas, relacionadas ao uso e ocupação desse ambiente (LIMA et al. 2016; CABRAL, 1996).

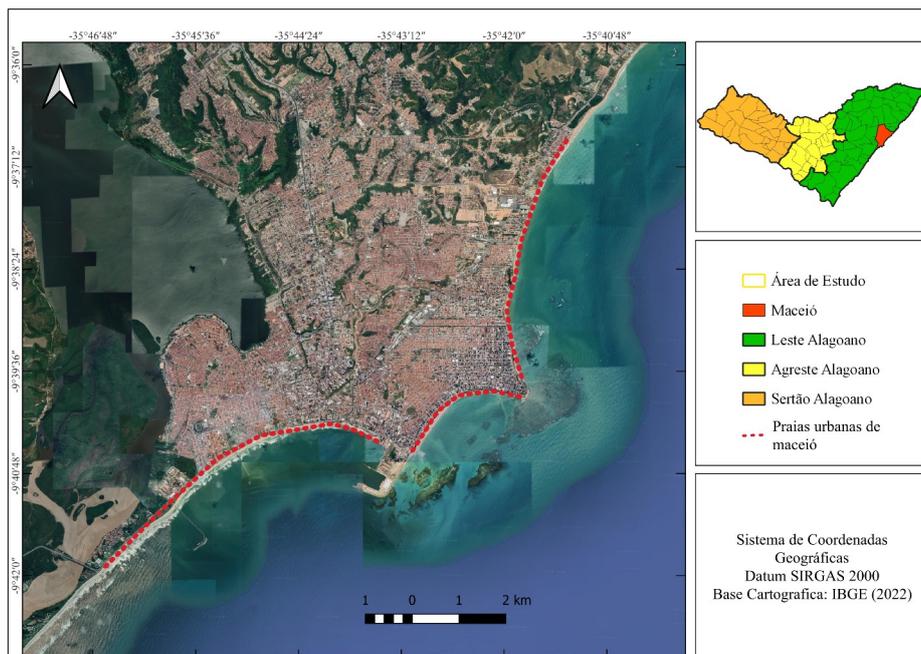
No contexto dos estudos sobre vulnerabilidade costeira, o presente estudo apresenta a aplicação do Índice de Vulnerabilidade Costeira (IVC), proposto por Araújo et al (2019), tendo como objeto de estudo as praias Urbanas de Maceió – definidas segundo Moraes (2004) como de alto nível de adensamento populacional e ocupação das terras por edificações e residências, também um baixo nível de cobertura vegetal e problemas relacionados ao saneamento básico – objetivando, a identificação preliminar das porções de praia mais vulneráveis à erosão, tendo em vista que a metodologia utilizada pode ser bastante versátil no monitoramento das condições praias e utilizada futuramente com objetivo de gestão e prevenção de desastres.

## 2 METODOLOGIA

O município de Maceió está localizado na mesorregião do Leste Alagoano cujo litoral possui cerca de 40 quilômetros de extensão e desde o século XX sua área urbana foi sistematicamente ocupada (LIMA, 2004; CABRAL, 1996). Figurando na literatura como uma área de recorrência de processos erosivos costeiros acelerados, com danos às estruturas edificadas e recuo das faixas de areias praias.

A área de estudo tem cerca de 17 km, iniciando na ponte Divaldo Suruagy, ao Sul de Maceió, e encerrando na foz do rio Jacarecica ao Norte, compreendendo assim as praias urbanas da cidade, sendo elas: praia do Pontal da Barra, Trapiche da Barra, Prado, Centro, Jaraguá, Ponta Verde, Pajuçara, Jatiúca, Cruz das Almas e Jacarecica; áreas urbanizadas e sujeitas a ação de atores morfodinâmicos naturais e antrópicos (Figura 1).

Figura 1: Localização da Área de Estudo



Fonte: Elaborado pelo Autor (2023)

A análise da Vulnerabilidade a erosão costeira se deu através do Índice de Vulnerabilidade Costeira (IVC) que foi desenvolvido pelo Serviço Geológico Norte-Americano (USGS – sigla em inglês). Esse índice reúne uma série de variáveis ambientais que são classificadas numericamente a partir da relação entre a variável e grau de vulnerabilidade (ALCOFRADO, 2017) sendo uma metodologia versátil no que se refere aos cálculos e a quantidade de variáveis utilizadas.

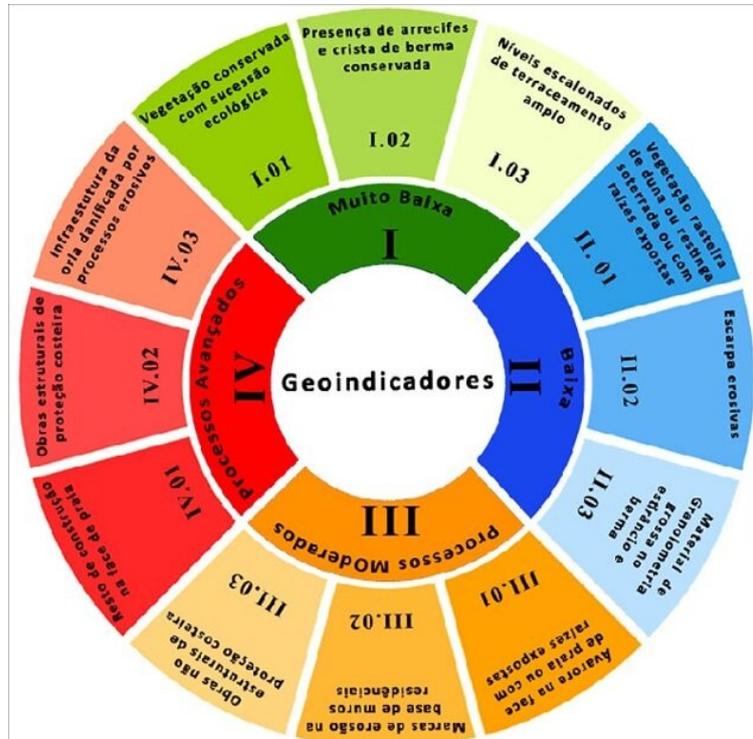
Nessa análise, preliminar, da vulnerabilidade a erosão costeira nas praias de Maceió, foi empregado como referencial metodológico principal o Índice de Vulnerabilidade Costeira aplicado por Araújo et al. (2019) que empregou três variáveis para determinar a vulnerabilidade no Litoral do Piauí: Observações realizadas *in loco*, NDVI e também a variação da linha de costa. No presente estudo, o cálculo do IVC se deu através da média aritmética de três indicadores de Vulnerabilidade: A variação da linha de costa, observações *in loco*, aqui embasadas no uso de geoindicadores, e também no registro do NDVI, elemento indicativo da presença de vegetação.

De acordo com a literatura, a variação da linha de costa é considerada um dos elementos mais representativos dos indícios de erosão costeira. Assim o registro de sua posição ao longo de um intervalo temporal “X”, e o registro de sua progradação, retrogradação ou estabilidade no que se refere à posição e é indício da vulnerabilidade a erosão de um determinado local (LÄMMLE e BULHÕES, 2017; LIMA, 2004).

A análise da variação da linha de costa foi realizada por meio da delimitação da linha de contato direto entre sedimentos secos e molhados. Para tal, foram utilizadas duas imagens de satélite obtidas através Google Earth Pro, referentes aos anos de 2020 e 2009 (10/10/2020 e 22/09/2009), as quais foram georreferenciadas. Para a análise da variação da linha de costa foi empregado o Software Qgis 3.28.2 com medições realizadas através de pontos de controle com intervalados a cada 250 metros e cuja medição se deu em metros a partir da posição da linha mais recente em relação a mais antiga

Os geoindicadores utilizados nas observações foram os propostos no estudo realizado de Santos Junior et al. (2020), realizado nas praias do município de Barra de Santo Antônio, litoral norte de Alagoas. Para isso, foram realizados trabalhos de campo para aplicação do *check list*, em pontos amostrais com intervalo de 500 metros, bem como, calibrações das observações realizadas remotamente através de SIGs (figura 2).

Figura 2: Mandala de Geoindicadores



Fonte: Fonte: Santo Júnior, Araújo e Ferreira (2020)

Para a composição do NDVI, elemento utilizado como indicativo da presença de vegetação ao longo da área, foi empregada à análise uma imagem Landsat 8, do dia 21 de novembro de 2021, e utilizadas as bandas do Vermelho e Infravermelho próximo, devidamente corrigidas e convertidas em seus valores de reflectância. O NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) consiste de índice espectral criado através de uma operação aritmética realizada entre as bandas espectrais vermelho e infravermelho próximo, de um satélite, (equação 1), e permite um diagnóstico momentâneo e também das mudanças sazonais relacionadas a mudança nos padrões absorção e reflectância das luzes incidentes sobre elementos da vegetação (JENSEN, 2014) permitindo dessa forma não apenas sua melhor identificação mas também o seu grau de desenvolvimento.

$$\text{NDVI} = (\text{Infravermelho próximo} - \text{Vermelho}) / (\text{Infravermelho próximo} + \text{vermelho}) \quad (1)$$

Dadas as variáveis, o índice de vulnerabilidade costeira, foi o produto da classificação de cada uma das três variáveis, citadas anteriormente, subdivididas cada uma em três graus de

vulnerabilidade (tabela 1), tomando como base as metodologias utilizada por Araújo et al. (2019) e Martins (2015).

Tabela 1: Identificador de indicadores, Classes e Graus de Vulnerabilidade

INDICADOR	CLASSE	GRAU DE VULNERABILIDADE	LIMIAR DE CORTE
NDVI	ALTO	1	>0,5
	MÉDIO	2	0,2 A 0,5
	BAIXO	3	<0,2
VARIÇÃO DA LINHA DE COSTA	EROSÃO	3	-5 METROS
	ESTABILIDADE	2	-5 A +5 METROS
	PROGRADAÇÃO	1	+5METROS
GEOINDICADORES	AVANÇADOS	3	
	MODERADOS	2	
	BAIXA E MUITO BAIXA	1	

Fonte: Elaborado pelo autor (2023), com base em Araújo (2019)

Uma vez aplicada realizada a classificação, o cálculo do IVC foi realizado através da média aritmética simples dos valores registrados do grau de vulnerabilidade por cada classe de indicador. Para isso foi utilizada a ferramenta calculadora de campo do Software Qgis 3.28.2 (versão a longo prazo), e expressa através da fórmula 2:

$$IVC = (NDVI + Variação da linha de costa + Geoindicadores) / 3 \quad (2)$$

A setorização dos valores obtidos através da aplicação da fórmula 2, em graus de vulnerabilidade Baixa, Média e Alta foi realizada utilizando como base o trabalho de Martins (2015).

Tabela 2: Relação entre Valor de IVC e Grau de Vulnerabilidade a erosão costeira.

VALOR IVC	GRAU DE VULNERABILIDADE
<1,7	BAIXA
1,7 - 2,19	MÉDIA
>2,19	ALTA

Fonte: Martins (2015)

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O problema da erosão costeira nas praias urbanas de Maceió pode ser remontado desde a segunda metade do século XX. Esse cenário de erosão pode ser traçado em paralelo ao processo de urbanização da Cidade, sem respeitar os condicionantes naturais como por exemplo, marés, ventos, ondas e a dinâmica sedimentar. Assim, Cabral (1996), em seu estudo sobre a erosão na praia da Ponta Verde, destacou que após a urbanização da primeira metade do século XX os processos erosivos nas praias passaram a ser percebidos a partir da década de 1950, sendo depois intensificados com a criação do Alagoas Iate Clube (atual Marco dos Corais). Já a partir da década de 1970 e 1980 as primeiras obras de contenção foram implementadas com o objetivo de conter os processos erosivos que passaram a ameaçar as construções e comércios construídos à beira mar.

Ainda de acordo com o mesmo autor, foram implementadas inicialmente muros de arrimo feitos de “pedra rachão” e argamassa, que se mostraram ineficientes e agravaram os processos erosivos, bem como, ampliaram a energia das ondas. Posteriormente foram implementadas uma sequência de técnicas voltadas à contenção dos processos erosivos como, por exemplo, enrocamentos simples, enrocamentos com gabião, que foram então destruídos e depois substituídos por estruturas mais complexas como os *bagwalls*.

A durabilidade e eficácia dessas estruturas não se mostrou efetiva visto que foram continuamente agredidas pela ação abrasiva das ondas e incapazes de conter os danos causados pela erosão de maneira efetiva sendo, em seguida substituídas por outras tipologias, as quais também se mostraram pouco resistente ao longo dos anos. Assim se instalou um ciclo onde há a implantação de novas estruturas, elas são expostas e atacadas pela abrasão marinha, não resistem e precisam ser substituídas por novas, geralmente empregando uma técnica diferente. (LIMA, 2004; CABRAL, 1996).

Isso em um cenário em que erosão costeira pode ocasionar uma série de consequências, entretanto, uma das que mais chama atenção é a perda da faixa de areia, levando a prejuízos como, por exemplo, perda do apelo paisagístico do ambiente praial, impactos em atividades de lazer e esportivas, redução do fluxo comercial local, sobretudo informal, além de impactos diversos no setor turístico. Tais ações de contenção parecem estar mais ligados a tentativa de mitigar os prejuízos econômicos do que possibilitar o rearranjo e equilíbrio dinâmico da morfodinâmica costeira.

Verificou-se que no ano de 2009, a faixa de areia apresentava um valor total de 1.001.272 m<sup>2</sup>, ao passo que 11 anos depois, esse valor diminuiu para 895.618 m<sup>2</sup>, redução de cerca

de 10,55%. Ao longo das praias, verificou-se que o maior quantitativo de diminuição de área concentrou-se na porção Sul, na porção territorial que se estende da ponte Divando Suruagy ao Porto de Maceió.

Figura 3: Intervenções na orla de Maceió



**Fonte:** Acervo do autor (2022); A: Estrutura de enrocamentos – Ponta Verde; B: Bagwall colapsado – Ponta Verde; C: Blocos estruturais empregados na nova estrutura – Jatiúca; D: Construção da nova estrutura de contenção – Jatiúca (16/12/2022).

Tabela 3: dimensão da faixa de areia entre 2009 e 2020.

ANO	2009	2020
Área	1.001.272 m <sup>2</sup>	895.618 m <sup>2</sup>

Fonte: Martins (2015)

A variação da linha de costa, apresenta uma certa dualidade no que se refere às praias o que corrobora para os resultados encontrados a respeito da variação da faixa de areia, uma vez que se verificou que as praias da porção sul da área (Pontal da Barra, Trapiche, Prado, Centro e Jaraguá) apresentaram uma maior concentração de pontos com variação negativa e maior recuo da linha de costa, com porções pontuais de estabilidade e progradação, sendo a mais expressiva localizada na proximidade do Porto da Braskem localizado na praia do Sobral, que atuou de maneira similar a um

espigão, estrutura que tem como objetivo captar os sedimentos oriundos da deriva litorânea (figura 4).

Figura 4: Resultados da movimentação da linha de costa nas praias urbanas de Maceió



Fonte: elaborado pelo autor (2023)

O norte da área, extensão que compreende as praias da Pajuçara até Jacarecica, apresentaram um quadro com maiores porções de estabilidade, e porções pontuais de erosão e progradação. As praias da Pajuçara e porção sul da Ponta Verde estão localizadas em uma enseada, cujos pontos limítrofes são o porto de Maceió a sul e o Marco dos corais a norte, e protegidas por Beach rocks, essa confluência de fatores resultou em uma diminuição da Perda sedimentar frente a deriva litorânea e também do potencial erosivo oriundo das ondas.

As praias da Jacarecica, Cruz das Almas, Jatiúca e a porção norte da Ponta Verde, apresentam majoritariamente pontos de estabilidade morfodinâmica, apresentando maior estabilidade no que se refere a movimentação da linha de costa. Nessa porção, entretanto, verifica-se que a concentração dos pontos classificados como “erosão” se localiza, quase que inteiramente nas praias da Ponta Verde e Jatiúca.

Analisando valores absolutos, se verificou que as praias urbanas de Maceió apresentam 45% dos seus 17 quilômetros com registro negativo da movimentação da linha de costa, ou seja, processos erosivos acelerados. Desses 45% a maior concentração é observada na porção sul;

además, as porções estáveis da área de estudo representam cerca de 43% de sua extensão, enquanto 11,16% de sua área apresenta uma movimentação da linha de costa caracterizada como progradação.

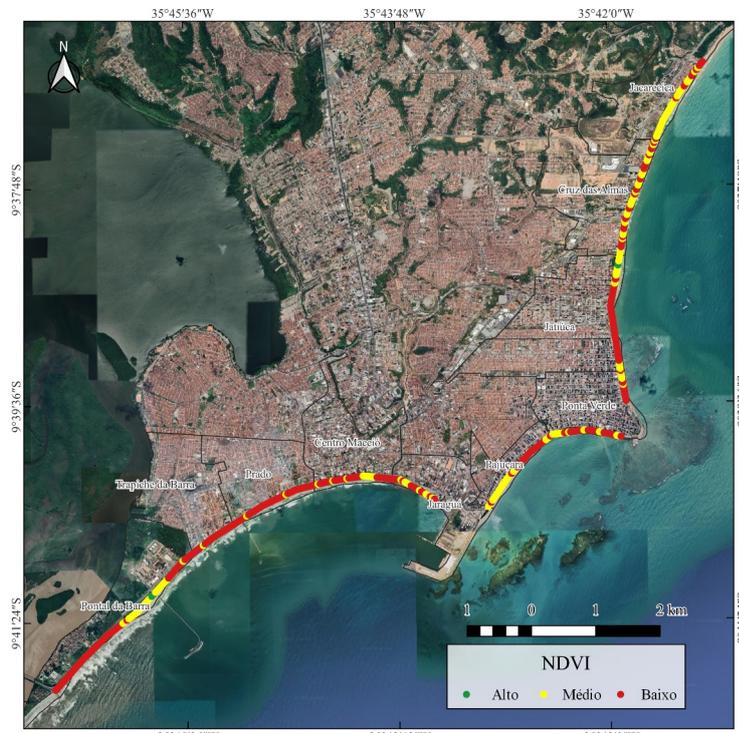
Tabela 4: Distribuição das classes de variação da linha de costa na área de estudo

<b>Varição da Linha de Costa</b>	<b>Extensão (m)</b>	<b>Extensão (%)</b>
EROSÃO	7.868,25	45,35
ESTABILIDADE	7.545,45	43,48
PROGRADAÇÃO	1.936,8	11,16

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Um ponto a ser destacado, é que as praias de Maceió tiveram a maior parte de sua vegetação original desmatada, as espécies pioneiras da restinga e transição para a mata atlântica. Assim, ao longo da área de estudo podem ser observados predominantemente coqueiros (*Cocos Nucifera*), palmeiras (*Allagoptera Arenaria*) e em alguns outros pontos vegetação ornamental diversa. Os trechos de vegetação de Restinga, por sua vez, encontram-se em sua maior parte no norte da área de estudo (praias de Cruz das Almas e Jacarecica). Dessa maneira, ao se analisar o NDVI da área de estudo, pode-se observar que a presença de NDVI classificado como “alto” são observados apenas nas praias do Pontal da Barra e no extremo norte da praia da Jacarecica compreendendo pequenas manchas vegetais secundárias e enclausuradas entre o mar e as estruturas da orla.

Figura 5: NDVI das praias urbanas de maceió



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

No restante da área é observada majoritariamente pontos de NDVI classificados como Baixo, o que representa uma extensão de 10.894,5 metros, enquanto os pontos de NDVI Médio têm 6294,6 metros (62 e 36% respectivamente). Observa-se aqui, mais uma vez, que a porção sul é a que concentra a maior parte dos pontos de NDVI negativo, ao mesmo tempo, a porção norte (Jacarecica e Cruz das Almas) concentra a maior porção dos pontos de NDVI médio.

Tabela 5: Distribuição das classes de NDVI na Área de estudo.

NDVI	Extensão (m)	Extensão (%)
ALTO	161,4	0,93
MÉDIO	6.294,6	36,28
BAIXO	10.894,5	62,79

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Finalmente, as observações realizadas in loco, embasadas no uso de geoindicadores para determinar a vulnerabilidade a erosão costeira exibiu uma predominância na área de estudo de pontos de vulnerabilidade a erosão Baixo e Moderado, onde as porções de vulnerabilidade Alta se

mostraram pontuais, remontando a pequenos trechos com algumas centenas de metros de extensão e sem maiores conexões entre si, intercalados por faixas maiores de tendência e estabilidade.

Figura 6: Resultados das observações in loco nas praias urbanas de Maceió



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

A área de vulnerabilidade Baixa a erosão é a mais expressiva, e abarca cerca de 61% de toda a extensão da área de estudo, cerca de 10.652,4 metros. Desse total, sua distribuição se concentra majoritariamente na porção sul, na porção central da enseada da Pajuçara e em trechos esparsos ao norte da área; já as áreas de vulnerabilidade média, apresentam um padrão de distribuição similar à da classe anterior, com uma porção representativa na porção sul e trechos esparsamente distribuídos ao longo da porção norte, ainda assim a classe apresenta uma extensão total de cerca de 5,8 quilômetros, ou seja, cerca de 33% da área de estudo. Finalmente a classe de vulnerabilidade “alto” foi a menos expressiva, representando apenas 5,11% da área de estudo, e com pontos localizados no extremo sul e norte das praias.

Tabela 6: Distribuição das classes de vulnerabilidade por geoindicadores na Área de estudo

Variação da Linha de Costa	Extensão (m)	Extensão (%)
ALTO	887,7	5,11
MODERADO	5.810,4	33,48
BAIXO	10.652,4	61,39

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

O cruzamento das três variáveis, o IVC aplicado as praias permitiu observar que dos 17 quilômetros de extensão observados, 43% apresentam um alto índice de vulnerabilidade costeira alta, os valores médios compreendem cerca de 17%, ao passo que 38% apresentam um índice de vulnerabilidade baixo. Esses resultados mostram o grau acentuado de processos erosivos acelerados recorrentes ao longo da costa do Município. No entanto, as porções com índices mais altos são justamente aquelas de maior adensamento populacional e de estruturas de lazer e turismo. Áreas diretamente ligadas a dinâmica econômica do município no que diz respeito a seus atrativos turísticos e geração de emprego e renda ligados a tais atividades. Desse modo, os valores aqui obtidos podem não refletir a gravidade da erosão costeira, especialmente no tocante aos prejuízos socioeconômicos para o Município.

Tabela 7: Distribuição das classes do Índice de Vulnerabilidade Costeira Área de estudo.

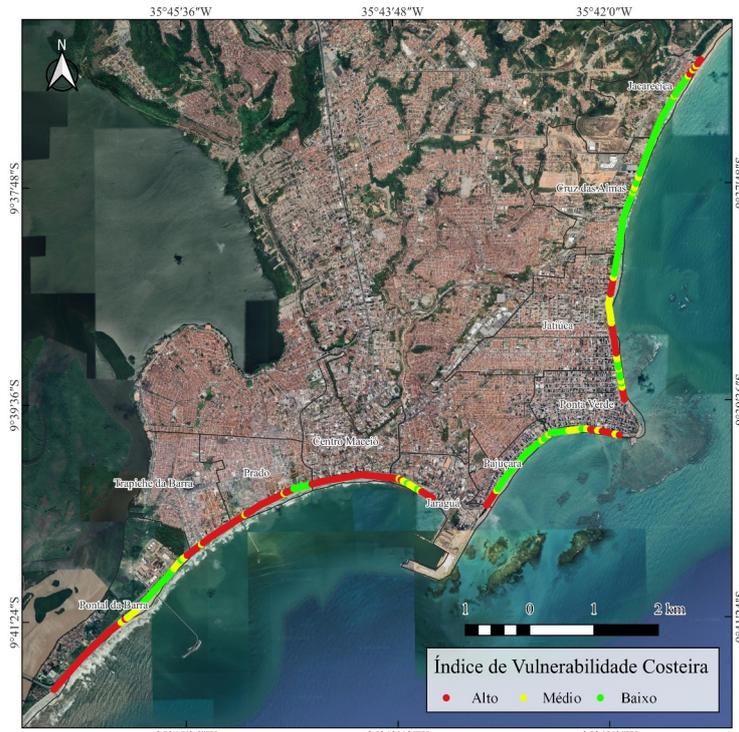
<b>Variação da Linha de Costa</b>	<b>Extensão (m)</b>	<b>Extensão (%)</b>
ALTO	7.626	43,95
MÉDIO	3.026	17,44
BAIXO	6.698	38,60

**Fonte:** Os autores (2023).

Ao se analisar a distribuição espacial da vulnerabilidade, verifica-se que as praias do sul (Pontal da Barra, Trapiche da Barra, Sobral, Praia da Avenida e Jaraguá) são as que apresentam a vulnerabilidade mais alta, com pequenos trechos de exceção. Entre eles o mais representativo foi a porção localizada no entorno do porto da Braskem localizado na praia do Sobral, demonstrando a maior vulnerabilidade do litoral sul.

Indo em direção ao norte, a enseada da Pajuçara apresenta um grau de vulnerabilidade baixo em quase toda sua extensão, a exceção compreende as porções limites ao sul e norte (porto de Maceió e marco dos corais). Em seguida, as praias da Ponta Verde e Jatiúca apresentam quadros que se intercalam com Trechos de vulnerabilidade Alta, Média e Baixa, constituindo a porção que mais concentra pontos de vulnerabilidade Alta, estando atualmente em processo de implementação de um novo tipo de estrutura de contenção. Por fim, as praias de Cruz das Almas e Jacareica, apresentaram uma grande homogeneidade no que concerne ao grau de concentração dos pontos de vulnerabilidade, onde toda sua extensão apresenta majoritariamente pontos de grau de vulnerabilidade Baixo.

Figura 7: Índice de Vulnerabilidade Costeira (IVC) das praias urbanas de Maceió.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

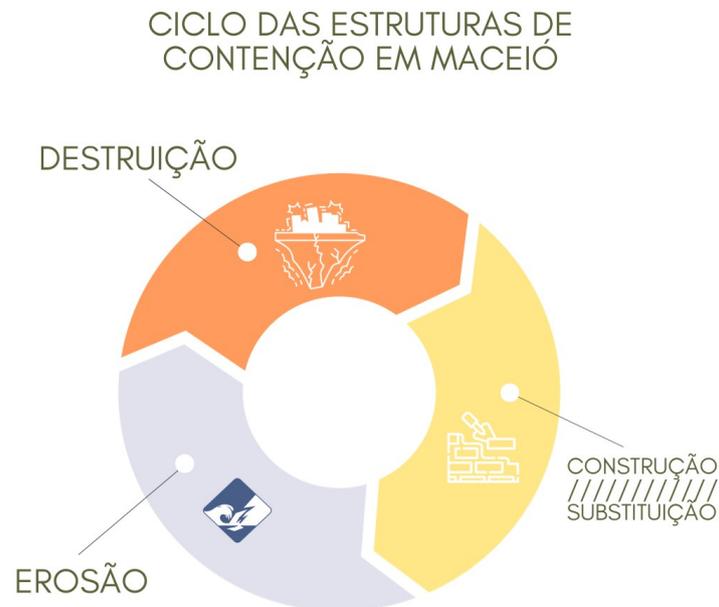
Como destacado anteriormente, existe em Maceió um ciclo no que diz respeito à erosão, destruição e construção de estruturas de contenção (Figura 8).

Atualmente 5 pontos da Orla Marítima estão sofrendo intervenções estruturais, com a implementação de novos modelos de estruturas de contenção, dois pontos na praia da Jatiúca, um no extremo norte da praia de Jacarecica, um na praia do Sobral e um no Pontal da Barra. Observa-se que nesses pontos, os registros mais expressivos dos processos erosivos costeiros mostraram-se mais acentuados ao ponto de já terem sido registrado dano e interdição de barracas e quiosques; nesses locais, os pontos comerciais foram demolidos e de maneira concomitante ao processo de intervenção à orla passam por um processo de requalificação paisagístico com a criação de jardins no local onde anteriormente encontravam-se as barracas demolidas e áreas mais criticamente danificadas.

As obras de contenção feitas pelo Governo do Município, segundo informações oficiais, são orçadas em cerca de 30 milhões de reais, executadas com recursos próprios. As intervenções estão distribuídas em uma extensão total de 1,4 km somados os pontos de implantação, sendo amplamente divulgado nos veículos de comunicação. Com destaque para o pioneirismo acerca da técnica empregada que envolve a construção de muros de contenção edificadas a partir de estruturas

de concreto pré-moldado, cuja base é alicerçada abaixo da linha de maré zero de modo a minimizar o solapamento e abrasão das ondas, visando impedir que a estrutura colapse pela recorrência da retirada de areia basal através da ação da hidrodinâmica local.

Figura 8: Ciclo das estruturas de contenção em Maceió, AL



**Fonte:** Elaborado pelo autor

O emprego desse tipo de estrutura de contenção é amplamente conhecido na literatura e seu uso é bastante difundido, sobretudo no exterior (HOSSEINZADEH et al., 2022) onde os autores argumentam acerca de seus usos e versatilidade sendo considerada uma técnica de custo baixo e versátil em relação a manutenção e implementação, dado que as estruturas de concreto podem ser moldadas à diferentes formas, as quais melhor atendam a demanda local de defesa costeira (EDGE; HOUSLEY; WATTS, 1976; JACHOWSKI, 1965). Dada a essa capacidade do concreto de ser moldado em uma série de maneiras desde a mais convencional, baseada em blocos, quadrados, retangulares, hexagonais (sólidos, ocos ou transpassados por concreto) até formatos mais exóticos como tetraedros, tripodes e quadripodes (HOSSEINZADEH et al., 2022; MIGLIORINI e GUIMARÃES, 2008).

Em Maceió as estruturas empregadas nos dois pontos da praia da Jatiúca e na Praia do Sobral seguem um padrão convencional de construção de muro de contenção, utilizando blocos de modelo retangular encaixáveis, um sistema *Benton bloc* que, de acordo com Amorim et al. (2023), consiste na construção de um muro de blocos de concreto, encaixado sem utilizar elementos rígidos,

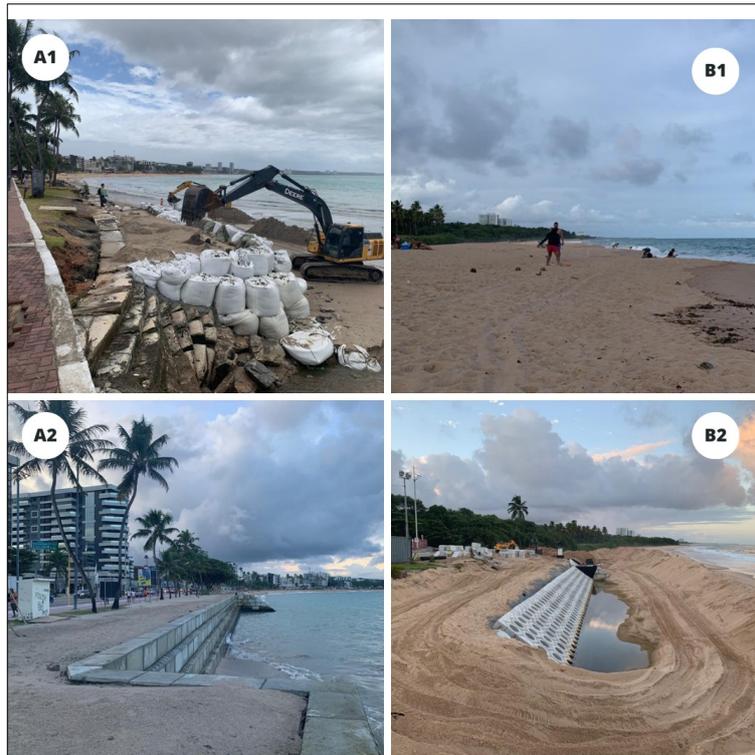
que se encaixam com o objetivo de criar uma estrutura semi rígida, capaz de conter e dissipar a energia das ondas.

Já as obras de contenção na praia de Jacarecica seguem um padrão diferente do que é empregado nos demais pontos. Trata-se de uma estrutura construída com blocos “seabee”, também de concreto pré-moldado em formato hexagonal, posicionados uns ao lado dos outros, criando uma estrutura de formato similar a favos de mel (daí o nome Sea: Mar / Bee: Abelha), que visa ter uma capacidade de resistir à ação das ondas, bem como ser de manutenção simples em caso de dano aos blocos componentes. Além disso, o formato hexagonal com centro oco se destina a captura de areia, quando da passagem das ondas por cima da estrutura em seu espraiamento.

Ambas as estruturas se diferenciam das que foram implementadas anteriormente nas praias de Maceió. As antigas edificações possuíam como característica principal a rigidez de suas estruturas e seu caráter unificado enquanto estrutura, no que diz respeito a contiguidade dos elementos que as compunham. As estruturas atualmente implementadas têm como principal característica os blocos encaixáveis, que conferem as estruturas um caráter semirrígido no que concerne a forma com que a mesma se comporta de frente a ação abrasiva do mar.

Outro ponto que merece destaque está relacionado a durabilidade e efetividade dos blocos que compõem as estruturas de contenção, blocos encaixados sobrepostos, o que confere às estruturas um nível de manutenção e reparo baseado em sua substituição, parcial e/ou total. Possibilitando reparos, onde os blocos danificados vão sendo substituídos ao mesmo tempo em que se mantém aqueles que estiverem conservados, conferindo uma maior longevidade as estruturas.

Figura 9: Antes e Depois dos pontos de implementação das obras. A: Jatiúca. B: Jacarecica



Fonte: Acervo do autor (2022, 2023)

Segundo Amorim et al. (2023) o método *benton bloc* tem como uma das suas características a falta de necessidade de manutenção a curto prazo, e segundo dados históricos do conselho do condado de Sutherland (1987) que deliberou sobre a construção de estruturas em seabees em Cronulla compartilhavam da mesma opinião, tal estrutura cumpriu sua função e houve uma nova deliberação a respeito de investimentos para sua manutenção no ano de 2007, elemento que atesta sua longevidade esperada para esse tipo de estrutura (SUTHERLAND SHIRE LOCAL HISTORY, 2007).

O Poder Público Municipal tem utilizado como justificativa para a implantação das estruturas de contenção, *benton bloc*, ao longo da costa de Maceió, sua efetividade de proteção, longevidade e facilidade de manutenção. Essas informações tem sido amplamente difundidas nos meios de comunicação, incluindo as imagens das áreas onde as estruturas vêm sendo implantadas ao longo de 2023.

Cabe destacar que as áreas com as estruturas necessitam ser monitoradas devido ao fato de que independente da estrutura, essas medidas não eliminam a erosão de modo que invariavelmente a estrutura sofrerá danos, necessitando de manutenção periódica para preservar sua função (GUIMARÃES, 2012). Assim, o monitoramento das estruturas é recomendado com o objetivo desde de verificar sua eficiência no ambiente costeiro de Maceió até determinar sua

longevidade, bem como agregar conhecimentos e estímulo aos estudos acerca dessa temática no Estado.

A implantação dessas estruturas não tem finalidade resolutiva no que diz respeito a morfodinâmica local e o conseqüente balanço sedimentar negativo, desse modo, representa ação emergencial de proteção das estruturas urbanas presentes na orla marítima. A realização de estudos e implementação de ações de recuperação e recomposição das faixas devem ser amplamente estimulados, uma vez que proteger a costa não resolve as questões ambientais locais e as conseqüências de processos históricos de ocupação.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verifica-se que as praias de Maceió apresentam um histórico de problemas com a erosão costeira, que desde a segunda metade do século XX, afetando diferentes pontos da orla da Cidade. Mediante aos transtornos e danos, a estratégia geralmente empregada esteve ligada a construção de estruturas de contenção que, por vezes, fazem apenas agravar os processos erosivos no que se refere a intensidade da abrasão marinha. Essa estratégia foi, muitas vezes, empregada de modo emergencial e sem estudos significativos sobre os processos morfodinâmicos locais. Resultando no padrão observado na Cidade, onde uma estrutura é instalada, danificada e substituída, um ciclo vicioso.

Constatou-se que, no que diz respeito à vulnerabilidade, as praias urbanas de Maceió apresentam duas áreas de maior vulnerabilidade e por sua vez prioritárias a realização de intervenções. A primeira está localizada na porção sul, praias do Sobral e Pontal da Barra; a segunda área está localizada na porção norte nas praias da Ponta Verde e praia da Jatiúca. Historicamente ambas as áreas apresentam registros de desastres relativos a processos erosivos, ao mesmo tempo em que ambas apresentam um histórico de intervenções por meio de estruturas de contenção.

Atualmente, as praias da Jacarecica, Jatiúca, Sobral e Pontal da Barra, vem passando pelo processo de implementação de um novo modelo de estrutura de contenção, tal modelo é baseado no que é intitulado de técnica holandesa, e consiste na edificação de muros de contenções estruturados em blocos de concreto pré-moldados cuja fundação está localizada abaixo da linha de maré baixa, com o objetivo de impedir com que a ação das ondas comprometa a estrutura por baixo; essas obras entretanto necessitam de monitoramento a médio e longo prazo com o objetivo de verificar possíveis pontos de fragilidade nas mesmas, bem como determinar o momento de intervenção e substituição de seus componentes estruturais.

As praias de Cruz das Almas e Jacarecica, essa segunda em quase sua totalidade, localizadas na porção norte, apresentaram de maneira expressiva vulnerabilidade baixa, resultado que se deve, sobretudo a presença de valores médios e altos de NDVI, que representam uma maior incidência de vegetação no local, bem como uma relativa estabilidade da variação da linha de costa. Cabe destacar, entretanto, que esses dois elementos se configuram como de alta volatilidade e são bastante sensíveis no que se refere a intervenções humanas, elementos que quando somados ao fato de Cruz das Almas e Jacarecica configurarem um dos novos eixos de expansão urbana da Cidade tornam imprescindíveis os seus monitoramentos a curto, médio e longo prazos.

Finalmente, esta aplicação do Índice de Vulnerabilidade Costeira (IVC), ainda que preliminar, mostrou-se promissor na identificação das porções mais vulneráveis das praias de

Maceió, fato corroborado pela sobreposição das áreas de vulnerabilidade alta e as áreas de intervenção atual feitas pelo Município. Dessa maneira mostrou-se uma metodologia prática e de custo baixo para o monitoramento dessas áreas, bem como passível de ser adaptada e aplicada em diferentes locais.

## REFERÊNCIAS

- AB’SÁBER, A. N. Fundamentos da geomorfologia costeira do Brasil inter e subtropical. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 1, n. 1, 2000.
- ALCOFORADO, Alex Vinicius Capistrano. **Índice de vulnerabilidade costeira e risco à inundação em cenários de mudanças climáticas no estuário do Rio Piranhas-Açu com utilização de imagens de sensores orbitais e de LiDAR aeroportado**. 107 f. Dissertação (Mestrado em geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2017.
- AMORIM, E. S. de et al. Aplicação do sistema Betonbloc, como alternativa de contenção da erosão costeira no município de Ipojuca/PE: Application of the Betonbloc system, as an alternative to contain coastal erosion in the municipality of Ipojuca/PE. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 9, n. 1, p. 44-58, 2023.
- ARAÚJO, I. R. G. de et al. ESTIMATIVA DO ÍNDICE DE VULNERABILIDADE À EROSÃO COSTEIRA (IVC) PARA O LITORAL DO PIAUÍ, BRASIL EVALUATION OF COASTAL EROSION VULNERABILITY INDEX (CVI) FOR PIAUÍ COASTAL ZONE, BRAZIL. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 20, n. 1, 2019.
- CABRAL, F. T. de O. **Análise multitemporal da variabilidade da linha de costa e o uso de geotecnologias para o ensino da Geografia**. 1996. Trabalho de Conclusão de Curso.
- EDGE, Billy L.; HOUSLEY, J. C.; WATTS, George M. Low-cost shoreline protection. In: **Coastal Engineering** 1976. 1976. p. 2888-2904.
- GUIMARÃES, B. F. C. **Erosão costeira e produção de blocos para obras de proteção com enrocamento**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Minas e Geoambiente) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. FEUP, Porto, 2012.
- HOSSEINZADEH, Nima et al. Concrete seawalls: A review of load considerations, ecological performance, durability, and recent innovations. **Ecological engineering**, v. 178, p. 106573, 2022.
- JACHOWSKI, R. A. Interlocking precast concrete block seawall. In: **Coastal Engineering** 1964. 1965. p. 504-517.
- JENSEN, J. R. **Remote Sensing of the Environment An Earth Resource Perspective**. Harlow, Essex: Pearson Education Limited, 2014.
- LÄMMLE, L.; BULHOES, E. M. R. Impactos das obras costeiras na morfologia da linha de costa: o caso do Porto do Açu, São João da Barra, RJ. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, v. 1, p. 2782-2794, 2017.
- LIMA, R. C. A. **Evolução da Linha de Costa a Médio e Curto Prazo Associada ao Grau de Desenvolvimento Urbano e aos Aspectos Geoambientais da Planície Costeira de Maceió**. Tese (Doutorado em Geociências), Universidade Federal de Pernambuco, 2004.
- LIMA, S. F. et al. A PROBLEMÁTICA DOS RESÍDUOS ENCONTRADOS NAS PRAIAS DE MACEIÓ/ALAGOAS E SUAS CONSEQUÊNCIAS AMBIENTAIS. **Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-ALAGOAS**, v. 3, n. 3, p. 21-21, 2016.

MARTINS, K. **Vulnerabilidade à erosão costeira e mudanças climáticas através de indicadores em Pernambuco, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) - Centro de Tecnologias e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, 107p. Recife, 2015

MARTINS, K. A. et al. Determinação da erosão costeira no Estado de Pernambuco através de geoindicadores. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 17, n. 3, 2016.

MIGLIORINI, A. V.; GUIMARÃES, A. T. da C. Tipo de blocos de concreto para estrutura hidráulica de proteção às ondas marinhas e análise visual dos tetrápodes da Barra de Rio Grande. 2008.

MORAES, A. C. (2004). Classificação das praias brasileiras por níveis de ocupação: proposta de uma tipologia para os espaços praias. Em O. D. FREIRE, PROJETO ORLA: subsídios para um projeto de gestão. Brasília (pp. 31 - 42). Brasília: MMA e MPO.

OLIVEIRA, L. K. S. et al. Vulnerabilidade à erosão costeira e riscos associados à ocupação: estudo de caso do município de Aracaju/Sergipe, Brasil. **Territorium**, n. 25, p. 89- 102, 2018

PORTZ, L. C. et al. Turismo e degradação na orla do Rio Grande do Sul: conflitos e gerenciamento. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 22, 2010.

RABELO, T. O. Geoconservação e risco de degradação em ambientes costeiros: uma proposta de avaliação do geopatrimônio costeiro dos municípios de Raposa-MA e Galinhos-RN, Brasil. 2022. Tese (Doutorado em Geociências), Universidade Federal de Pernambuco, 2022.

SANTOS JUNIOR, J. F. dos; FERREIRA, B.; ARAÚJO, E. M. M. Erosão costeira no município de Barra de Santo Antônio, litoral norte de Alagoas. **Arquivos Ciências do Mar**, v. 53 n. 2 Especial, 2020.

SUTHERLAND SHIRE LOCAL HISTORY. St. George Sutherland Community College. In: Sutherland Shire Local History. Disponível em: <https://localhistory.sutherlandshire.nsw.gov.au/nodes/view/170850>. Acesso em: 13 ago. 2023.

SUTHERLAND SHIRE LOCAL HISTORY. Caringbah War Memorial. In: Sutherland Shire Local History. Disponível em: <https://localhistory.sutherlandshire.nsw.gov.au/nodes/view/170845>. Acesso em: 13 ago. 2023.

SOUZA, C. R. de G. et al. Praias arenosas e erosão costeira. In SOUZA, Celia Regina de Gouveia (ed). **Quaternário do Brasil**. 1 ed. Ribeirão Preto: Holos editora, 2005. p. 114-129.