



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CARTOGRÁFICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS E
TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO

THIAGO DA SILVA MENEZES

**VARIAÇÕES DA LINHA DE COSTA NOS SISTEMAS BAÍA E PONTAIS EM
COSTAS PROTEGIDAS POR RECIFES**

Recife
2024

THIAGO DA SILVA MENEZES

**VARIAÇÕES DA LINHA DE COSTA NOS SISTEMAS BAÍA E PONTAIS EM
COSTAS PROTEGIDAS POR RECIFES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação.

Área de concentração: Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Mirella Borba Santos Ferreira Costa

Recife

2024

Catálogo na fonte
Bibliotecário Gabriel Luz, CRB-4 / 2222

M543v Menezes, Thiago da Silva.
Variações da linha de costa nos sistemas baía e pontais em costas protegidas por recifes / Thiago da Silva Menezes, 2024.
51 f.: il.

Orientadora: Profa. Dra. Mirella Borba Santos Ferreira Costa.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife, 2024.
Inclui referências.

1. Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. 2. Derramamentos de petróleo. 3. Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos. 4. Variação de linha de costa. 5. Morfologia praial. 6. Análise de dados. 7. Sistemas baía-pontal. I. Costa, Mirella Borba Santos Ferreira (Orientadora). II. Título.

526.1 CDD (22. Ed.)

UFPE
BCTG / 2024 - 97

THIAGO DA SILVA MENEZES

**VARIAÇÕES DA LINHA DE COSTA NOS SISTEMA BAÍA E PONTAIS EM
COSTAS PROTEGIDAS POR RECIFES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação da Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação.

Aprovada em: 30/04/2024

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Mirella Borba Santos Ferreira Costa (Orientadora)

Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Paulo Henrique Gomes de Oliveira Sousa (Examinador Interno)

Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Antônio Vicente Ferreira Junior (Examinador Externo)

Universidade Federal de Pernambuco

Mais uma, e todas as vezes:

Para Cícera, minha mãe e o grande amor da minha vida.
Para Lúcio, Sérgio e Leny, estejam onde estiverem, sei que estão felizes por mim,
sinto sua falta neste momento.

Para Palloma e Antônio, meus esteios e maiores razões dos meus sorrisos.
Para toda criança pobre, aluna de escola pública, que não sabe como seguir ou não
vê caminho para sua vida mudar. A educação é a resposta. Sempre é, sempre foi e
sempre será.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Professora Doutora Mirella Borba Santos Ferreira Costa, pela paciência, compreensão, confiança e liberdade para a execução deste trabalho.

Ainda, a todo o corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação da Universidade Federal de Pernambuco, além do corpo permanente de funcionários de apoio que permitem que o Programa continue funcionando e produzindo ciência de qualidade.

Como sempre faço questão de lembrar, meu muito obrigado a cada professor, de cada nível de ensino, em cada escola por onde passei, pela generosidade em dividirem comigo parte do seu saber, da já distante no tempo “tia” Conceição, que ajudou a me alfabetizar, à já citada Prof. Dra. Mirella, todos contribuindo para que eu me tornasse a consciência que sou hoje. “Se enxerguei mais longe, foi por estar sobre os ombros de gigantes” – Isaac Newton.

Aos colegas do Programa, pela parceria, companheirismo, tratamento respeitoso e ético, cooperação e ajuda, em todos os momentos; em especial, aos colegas que, por algum motivo, precisaram adiar seu sonho, e que concluirão seus projetos de pesquisa depois de mim.

Ao Exército Brasileiro, que sempre que necessário compreendeu minhas necessidades acadêmicas e, por meio de meus Comandantes, sempre me autorizou a seguir com a pesquisa, em nome da grandeza da Ciência, do Brasil e da Humanidade.

À minha mãe, o maior amor da minha vida, a empregada doméstica semialfabetizada que, fugindo das agruras que só o nordestino conhece, foi encontrar pouso no Rio de Janeiro, onde nasci e onde recebi toda educação que ela pôde me dar, acadêmica e para a vida.

À minha esposa, Palloma e ao meu filho, Antônio, pela compreensão nos necessários momentos de sacrifício do convívio familiar em favor do desenvolvimento deste projeto de pesquisa.

Ao Deus de Israel, de Abraão, Isaque e Jacó, de Moisés, do povo Judeu, ao inominável, Àquele em quem eu sempre confio, e que sempre esteve ao meu lado, mesmo quando eu duvidei.

“Ao Infinito, e além!” (WHEDON, JOSS et al. TOY STORY, 1995)

RESUMO

A importância da compreensão e previsão de alterações em linhas de costa para gestores e tomadores de decisão de políticas públicas em áreas costeiras tem sido evidenciada em diversos estudos. Mudanças ambientais de longo prazo e a presença de recifes geologicamente controlados têm papel crucial na evolução das praias. A refração de ondas em recifes influencia a dinâmica de propagação das ondas e cria zonas de deposição de sedimentos. A presença de recifes ao longo do litoral nordeste brasileiro afeta os fenômenos marinhos, favorecendo a formação de pontais de areia; desta maneira, se verificam ambientes praias que podemos chamar de sistemas baía-pontais. Estudos recentes observaram uma tendência de retilinização destes sistemas, isto é, maior erosão em pontais e a estabilidade das linhas de costa, indicando. Este estudo analisou a variação da linha de costas nas praias do tipo baía-pontais do Bessa/Cabedelo e Pitimbu, estado da Paraíba, no período compreendido entre os anos de 1985 e 2023, empregando a ferramenta automatizada C.A.S.S.I.E. Os resultados obtidos demonstraram que, de fato, há uma dinâmica de alteração morfológica nestes ambientes no sentido de retilinização da linha de costa.

Palavras-chave: engenharia cartográfica; variação de linha de costa; morfologia praial; análise de dados; sistemas baía-pontal.

ABSTRACT

The importance of understanding and predicting changes in shorelines for managers and public policy developers in coastal areas has been highlighted in several studies. Long-term environmental changes and the presence of geologically controlled reefs play a crucial role in the evolution of beaches. Wave refraction on reefs influences wave propagation dynamics and creates zones of sediment deposition. The presence of reefs along the northeast Brazilian coast affects marine phenomena, favoring the formation of sand spits; In this way, beach environments are found that we can call bay-point systems. Recent studies observed a tendency towards straightening of these systems, that is, greater erosion in point areas and the stability of the bay areas, indicating. This study analyzed the variation in the coastline on the bay-point beaches of Bessa/Cabedelo and Pitimbu, state of Paraíba, Brazil, in the period between 1985 and 2023, using the automated tool C.A.S.S.I.E. The results obtained demonstrated that, in fact, there is a dynamic of morphological change in these environments towards straightening the coastline.

Keywords: surveying and cartograph engineering; shoreline variation; beach morphology; data analysis; bay-point systems.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma de pesquisa metodológica	20
Figura 2 - Classificação da costa brasileiro segundo Silveira (1964)	21
Figura 3 - Praia do Bessa, vista a partir de Cabedelo	22
Figura 4 - Praia do Bessa, vista a partir de João Pessoa	22
Figura 5 - Praia de Pitimbu, vista a partir do pontal norte	23
Figura 6 - Praia de Pitimbu, vista a partir do pontal sul	23
Figura 7 - Mapa de Localização das áreas de estudo	24
Figura 8 - Classificação manual de recifes costeiros	26
Figura 9 - Fluxograma das etapas de processamento da ferramenta CASSIE	28
Figura 10 - Exemplo da aplicação da ferramenta CASSIE	30
Figura 11 - Método para determinação do ponto de inflexão, primeira etapa	31
Figura 12 - Método para determinação do ponto de inflexão, segunda etapa	31
Figura 13 - Variação da linha de costa – Praia do Bessa – 1985/1995	32
Figura 14 - Variação da linha de costa – Praia do Bessa – 1995/2005	33
Figura 15 - Variação da linha de costa – Praia do Bessa – 2005/2015	33
Figura 16 - Variação da linha de costa – Praia do Bessa – 2015/2023	34
Figura 17 - Variação da linha de costa – Praia do Bessa – 1985/2023	34
Figura 18 - Variação da linha de costa – Praia de Pitimbu – 1985/1995	35
Figura 19 - Variação da linha de costa – Praia de Pitimbu – 1995/2005	35
Figura 20 - Variação da linha de costa – Praia de Pitimbu – 2005/2015	36
Figura 21 - Variação da linha de costa – Praia de Pitimbu – 2015/2023	36
Figura 22 - Variação da linha de costa – Praia de Pitimbu – 1985/2023	37

LISTA DE TABELAS

Tabela A - Análise numérica das variações na linha de costa na praia do Bessa no período compreendido entre 1985 e 2023	37
Tabela B - Análise numérica das variações na linha de costa na praia de Pitimbu no período compreendido entre 1985 e 2023	38

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	15
2.1 Objetivo geral	15
2.2 Objetivos específicos	15
3 REFERENCIAL TEÓRICO	16
3.1 Resoluções de satélites em análises multitemporais	16
3.2 Recifes costeiros e sistemas baía-pontais	17
4 MATERIAIS E MÉTODOS	20
4.1. Área de estudo	20
4.2. Aquisição de dados	25
4.2.1 Identificação de recifes costeiros de interesse para o estudo	25
4.2.2. Técnicas de análise de linha de costa	26
4.3 Análise de dados	29
5 RESULTADOS	32
5.1 Variações de linhas de costa	32
6 CONCLUSÕES	39
REFERÊNCIAS	41

1 INTRODUÇÃO

A compreensão e previsão de alterações em linhas de costa é de suma importância para gerentes e desenvolvedores de políticas em áreas costeiras (Stive et al., 2002 apud Castelle et al., 2021). Mudanças ambientais a longo prazo em linhas de costa são componentes essenciais, e por vezes imprescindíveis em modelos de previsão de mudança de linhas de costa em razão de aumento do nível do mar (Vitousek et al., 2017; Voudouskas et al. 2020; McCarroll et al., 2020; apud Castelle et al., 2021). No entanto, variações de linhas de costa ocorrem por meio de uma vasta gama de escalas de tempo e pode ser muito difícil prever modificações costeiras a menos que uma longa série temporal de dados esteja disponível (Castelle et al., 2021).

Praias geologicamente controladas pela presença de rochas e formações coralíneas são comuns ao longo do globo (Gallop et al., 2020). Muitas praias apresentam significativos controles geológicos em sua formação em razão de promontórios, recifes, plataformas, afloramentos rochosos e ilhotas (Short, 2006 apud Gallop et al., 2020), os quais determinam os limites de praias, sua morfologia e evolução de longo prazo (Jackson et al. 2005; Gómes-Pujol et al., 2007; Short, 2010, apud Gallop et al., 2020). Um número crescente de estudos demonstram que praias com controles geológicos apresentam um comportamento distintamente diferente daquelas de mar totalmente aberto - González et al., 1999; Muñoz-Pérez et al., 1999; Jackson et al., 2005; Jackson e Cooper, 2009; Loureiro et al., 2013; Gallop et al., 2011, 2012, 2103, 2015; Trenhaile, 2016 - o que representa complicações significativas para gestores de áreas costeiras, uma vez que modelos de variações de linha de costa tradicionais geralmente não são aplicáveis em tais sítios (Gallop et al., 2020).

A refração de ondas representa um mecanismo de condução importante na hidrodinâmica em águas acima de recifes, como consequência afetando o ambiente e a transferência de sedimentos para centros de deposição no platô dos recifes (Gourlay, 1988; Mandlier e Kench, 2012, apud Costa et al., 2018). Estruturas dos recifes promovem a refração e difração de energia das ondas, influenciando de forma crítica o comportamento de propagação de ondas pela superfície dos recifes (Mandlier e Kench, 2012, apud Costa et al., 2018). Como consequência, tais processos ondulatórios criam zonas de convergência de ondas de baixa energia (ou zonas de sombra) favoráveis à deposição de sedimentos (Flood, 1986; Gourlay, 1988; Kench e Brandler, 2006, apud Costa et al., 2018).

O litoral nordeste brasileiro compreende a linha de costa situada entre o delta do rio Paraíba e o Recôncavo Baiano, estendendo-se por aproximadamente três mil quilômetros (Diniz e Oliveira, 2015). Nesta porção da costa brasileira, ocorre grande presença de recifes, especialmente nos estados da Paraíba, Pernambuco e Alagoas.

Nessa região, verifica-se que a presença de recifes a uma curta distância da linha de costa (até 200 metros) afeta os fenômenos forçantes (ondulações, correntes marítimas e correntes de maré) favorecendo a formação pontais de areia que avançam mar adentro nas regiões imediatamente defronte à presença de recifes. De maneira oposta, as áreas de praia sem a proteção de recifes tendem a se erodir com mais intensidade, formando um conjunto peculiar de praias recuadas (pequenas baías) ladeadas pelos pontais de areia, que quando observados em planta delimitam linhas características convexas - praias sem recifes confrontantes - e côncavas - praias em pontais de areia protegidas por recifes. Gallop et al. (2020) tratam esses sistemas pelo termo praias geologicamente controladas/praias protegidas por recifes – praias recifes naturais ou artificiais, submersos ou emersos, criando espaços de acomodação e afetando o suprimento de sedimentos, sua natureza e mudanças morfológicas (McNinch, 2004; Jackson et al., 2005). Assim, é comum observar um padrão de pontal e baía em praias protegidas por recifes (Câmara et al., 2022). Neste trabalho chamaremos este conjunto particular de praias de sistemas baías e pontais protegidos por recifes, e estudaremos especificamente as praias do Bessa, região metropolitana de João Pessoa, e Pitimbu, na cidade homônima, ambas situadas no estado da Paraíba.

Na região metropolitana da cidade do Recife o processo de urbanização e a interferência humana resultaram na fixação da linha de costa (MAI, 2010). No entanto, nas regiões onde ainda se verificam níveis de ocupação humana de menor intensidade, a linha de costa nos sistemas baías-pontais encontra-se em um estado que permite sua análise e o estudo dos efeitos do crescimento da mancha urbana no avanço ou recuo das baías e pontais.

Costa et. al (2012) discorrem sobre a tendência de erosão em pontais nas praias geologicamente controladas; de maneira análoga, Siegle et al. (2017) argumentam e apresentam uma modelagem comprovando uma tendência de retinização em baías, causada por ação antrópica. Considerando que poucos estudos tem focado na variação da linha de costa em sistemas baías e pontais, este trabalho tem por objetivo

realizar uma análise da evolução temporal das linhas de costa nesses sistemas, em especial nas praias de Cabeledo e Pitimbu, de maneira a responder se há uma tendência de retilinização destes sistemas (maior erosão nos pontais e fenômenos de acresção nas baías).

A relevância do estudo se ampara no estado de momento da região litorânea do nordeste do Brasil, especialmente o litoral sul do estado da Paraíba, litoral pernambucano e litoral norte do estado de Alagoas, regiões que vem sendo alvo da especulação imobiliária e de projetos de lei que se objetivam a alterar as formas legais de proteção ambiental de ecossistemas costeiros na região. A observação da dinâmica de variação da linha de costa das praias estudadas pode subsidiar estudos sobre a saúde dos ecossistemas locais, em especial daqueles que dependem de recifes costeiros para a manutenção do equilíbrio dos biomas, o que pode impactar desde a dinâmica da vida marinha até atividades macroeconômicas regionais.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho é avaliar a dinâmica de movimento das variações da linha de costa nos sistemas baías e pontais em costas protegidas por recifes, no período compreendido entre 1985 e 2023, interpretando se há uma tendência de retificação destes sistemas (maior erosão nos pontais e fenômenos de acreção nas baías).

2.2 Objetivos específicos

- a) Realizar a classificação manual das ocorrências de recifes na área de estudo;
- b) Enumerar as ocorrências de recifes em que há a caracterização de um sistema baía-pontal;
- c) Analisar a evolução temporal da linha de costa nos sistemas baía pontal protegidos por recifes no período compreendido entre 1985 e a atualidade (período de disponibilização de imagens orbitais da família Landsat).

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Resoluções de satélites em análises multitemporais

Ribeiro et al. (2011) concluem que o avanço das tecnologias de Sensoriamento Remoto e a maior disponibilidade de sistemas de sensores permitiu a expansão do leque de aplicações das imagens orbitais. De acordo com Souza *et al.* (2016) há uma variedade de dados digitais disponíveis, dentre eles, imagens orbitais com diferentes resoluções espaciais, radiométricas, temporais e espectrais, obtidas por sensores voltados à aplicação em diferentes estudos e levantamentos.

Para Jensen (2009) resolução espacial pode ser definida como o número e a dimensão (tamanho) de intervalos de comprimentos de onda específicos (bandas) no espectro eletromagnético aos quais um instrumento de sensoriamento remoto é sensível. A resolução espacial está relacionada à capacidade do sensor em dividir ou resolver os elementos na superfície terrestre. Quanto melhor a resolução espacial, maior o nível de detalhe observado, ainda segundo Jensen (2009), a resolução espacial também pode ser entendida como uma medida, da menor separação angular ou linear, entre dois objetos que pode ser determinada pelo sistema de Sensoriamento Remoto.

A resolução espectral pode ser definida pelo número de bandas espectrais de um sensor e pela largura do intervalo do comprimento de onda coberto por cada banda, nesse sentido quanto maior o número de bandas e menor a largura do intervalo, maior é a resolução espectral de um sensor.

Ainda em consonância com Jensen (2009), a alta resolução radiométrica geralmente aumenta a probabilidade de que os fenômenos sejam avaliados com maior exatidão pelas técnicas de Sensoriamento Remoto. Silva *et al.* (2016); Antunes; Debiasi e Siqueira (2013), ressaltaram a importância da utilização de imagens com resolução radiométrica elevada, pois permite a distribuição de uma gama de valores de radiância que chega ao sensor em uma faixa de níveis de cinza maior.

Meneses *et al.* (2012) afirmaram que a resolução temporal refere-se a periodicidade que o sensor revisita uma área e obtém imagens atualizadas ao longo de sua vida útil. A análise da paisagem é o conjunto de métodos e procedimentos técnico-analíticos que permitem conhecer e explicar a estrutura da paisagem,

estudar suas propriedades, índices e parâmetros sobre a dinâmica, a história do desenvolvimento, os estados, os processos de formação e transformação da paisagem (RODRIGUEZ; SILVA e CAVALCANTI, 2007). Este período é compreendido entre uma análise e outra, sobre uma mesma superfície do terreno.

A vantagem da caracterização espectral de alvos por meio de imagens orbitais é que pode ser realizado em extensas áreas e com tempo reduzido para obtenção de resultados (MAGALHÃES e XAVIER, 2018), além de despontar como uma solução de baixo custo e ao mesmo tempo eficiente no monitoramento de áreas em situação de degradação ambiental.

A resolução espectral por sua vez, tem relação direta com a composição química, física e biológica, uma vez que ela é resultante de uma combinação entre fatores como umidade, relevo, vegetação, tipo de solo, presença ou não de corpo hídrico. Trabalhos com a utilização de resoluções espectrais baseiam-se na aquisição simultânea de dados espectrais e radiométricos, no caso da análise da vegetação, a faixa espectral utilizada corresponde à radiação fotossinteticamente ativa (FERREIRA e FILHO, 2009).

3.2 Recifes costeiros e sistemas baía-pontais

O termo promontório significa “porção saliente e alta de qualquer área continental, de natureza cristalina ou sedimentar, que avança para dentro de um corpo aquoso” (Suguió, 1992). Os promontórios constituem um maciço costeiro saliente e individualizado que compõem a paisagem litorânea, normalmente com afloramentos rochosos escarpados avançando mar adentro e cujo comprimento seja maior que a largura paralela à costa (Tischer, 2013).

Correia e Sorviesoski (2005) trazem a origem do termo recife no árabe *razif* que pode ser traduzido para o português como “pavimento”. Inicialmente, o termo é utilizado para a identificação de qualquer projeção rochosa presente na superfície dos oceanos e que seja capaz de representar obstáculos para a navegação. Mais especificamente na língua portuguesa, o termo recife se refere a rochedos ou séries de afloramentos situados próximos à costa ou a ela diretamente ligados, submersos permanentemente ou durante parte do ciclo de marés, à pequena profundidade. Outras definições podem ser rochedos à flor do mar ou a uma profundidade que

represente risco a embarcações, e, ainda, estrutura rochosa que, geralmente ficando muito próxima ao nível do mar, representando obstáculo à navegação.

Segundo Connell (1978) apud Leão et al. (2008) os recifes de corais constituem o mais diverso, mais complexo e mais produtivo dos ecossistemas marinhos costeiros. Os recifes de coral são habitats com elevada diversidade animal e mineral e estão sujeitos às alterações climáticas e aos impactos antropogênicos (Ferreira Junior et al., 2023).

Ferreira Junior (2010) também discorre sobre o acelerado processo de degradação de recifes, fortemente evidenciado por ação antrópica, especialmente aqueles próximos a grandes cidades.

Praias geologicamente controladas pela presença de rochas e formações coralíneas são comuns ao longo do globo (Gallop et al., 2020). Muitas praias apresentam significativos controles geológicos em sua formação em razão de promontórios, recifes, plataformas, afloramentos rochosos e ilhotas (Short, 2006 apud Gallop et al., 2020), os quais determinam os limites de praias, sua morfologia e evolução de longo prazo (Jackson et al. 2005; Gómes-Pujol et al., 2007; Short, 2010, apud Gallop et al., 2020). Um número crescente de estudos demonstram que praias com controles geológicos apresentam um comportamento distintamente diferente daquelas de mar totalmente aberto - González et al., 1999; Muñoz-Pérez et al., 1999; Jackson et al., 2005; Jackson e Cooper, 2009; Loureiro et al., 2013; Gallop et al., 2011, 2012, 2103, 2015a; Trenhaile, 2016 - o que representa complicações significativas para gestores de áreas costeiras, uma vez que modelos de variações de linha de costa tradicionais geralmente não são aplicáveis em tais sítios (Gallop et al., 2020).

A refração de ondas representa um mecanismo de condução importante na hidrodinâmica em águas acima de recifes, como consequência afetando o ambiente e a transferência de sedimentos para centros de deposição no platô dos recifes (Gourlay, 1988; Mandlier e Kench, 2012, apud Costa et al., 2018). Estruturas dos recifes promovem a refração e difração de energia das ondas, influenciando de forma crítica o comportamento de propagação de ondas pela superfície dos recifes (Mandlier e Kench, 2012, apud Costa et al., 2018). Como consequência, tais processos ondulatórios criam zonas de convergência de ondas de baixa energia (ou zonas de sombra) favoráveis à deposição de sedimentos (Flood, 1986; Gourlay, 1988; Kench e Brandler, 2006, apud Costa et al., 2018).

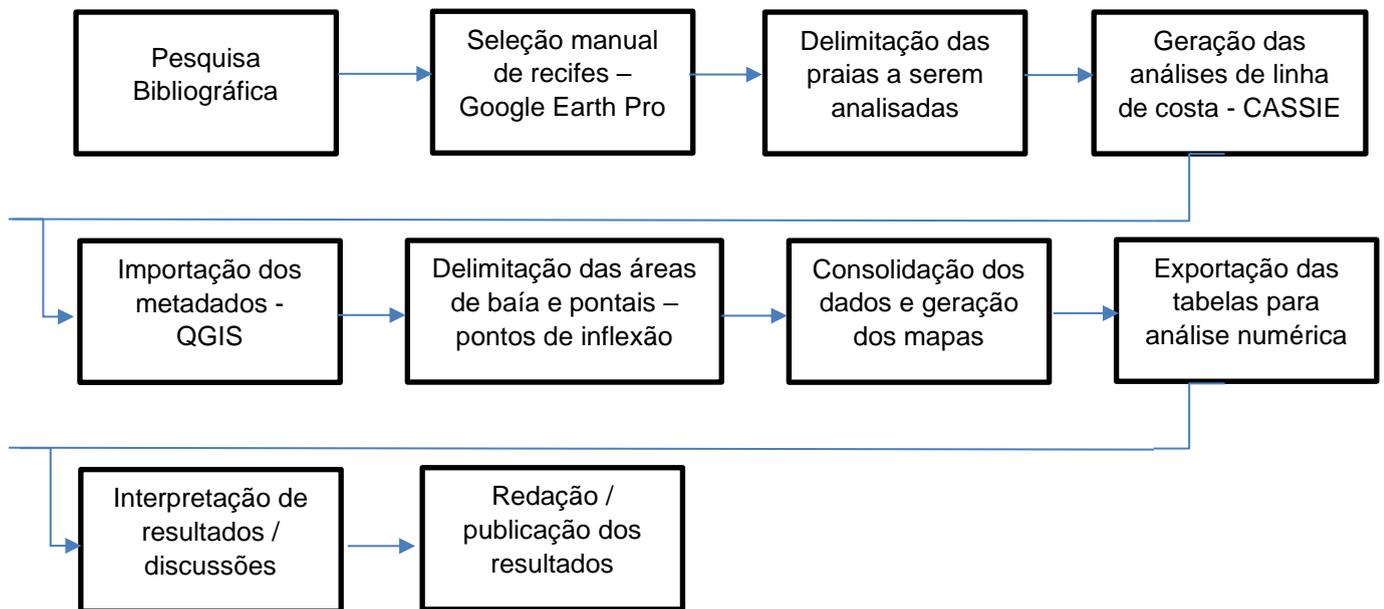
A presença de recifes a uma curta distância da linha de costa (até 200 metros) afeta os fenômenos forçantes (ondulações, correntes marítimas e correntes de maré) favorecendo a formação pontais de areia que avançam mar adentro nas regiões imediatamente defronte à presença de recifes. De maneira oposta, as áreas de praia sem a proteção de recifes tendem a se erodir com mais intensidade, formando um conjunto peculiar de praias recuadas (pequenas baías) ladeadas pelos pontais de areia, que quando observados em planta delimitam linhas características convexas - praias sem recifes confrontantes - e côncavas - praias em pontais de areia protegidas por recifes. Gallop et al. (2020) tratam esses sistemas pelo termo praias geologicamente controladas/praias protegidas por recifes – praias recifes naturais ou artificiais, submersos ou emersos, criando espaços de acomodação e afetando o suprimento de sedimentos, sua natureza e mudanças morfológicas (McNinch, 2004; Jackson et al., 2005). Assim, é comum observar um padrão de pontal e baía em praias protegidas por recifes (Câmara et al., in prep.). Neste trabalho chamaremos este conjunto particular de praias de sistemas baías e pontais protegidos por recifes.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi orientada pelas diretrizes do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* nível mestrado da Universidade Federal de Pernambuco, e buscou empregar o estado da arte em materiais e métodos para o subsídio e validação dos dados obtidos.

A figura 1 demonstra de forma resumida as etapas da pesquisa no formato de fluxograma metodológico.

Figura 1 - Fluxograma de pesquisa metodológica.



Fonte: O Autor (2024).

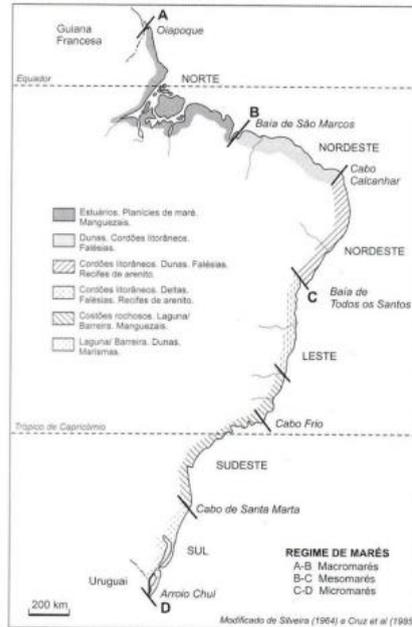
4.1. Área de estudo

Os ambientes litorâneos são formas de terra altamente dinâmicas dominadas por processos que moldam as características costeiras (Andriolo et al., 2021). As pressões naturais e antropogênicas têm induzido a erosão em cerca de 30% do desenvolvimento costeiro global e as mudanças climáticas aumentam a atenção sobre estas regiões (Vousdoukas et al., 2020). Neste ambiente existem diversos ecossistemas que, muitas vezes, tem sua estabilidade ameaçada por intervenções humanas ou causas naturais associadas a mudanças climáticas (Tessler & Goya, 2005).

O Litoral Nordeste, segundo Silveira (1964) apud Muehe (2003), se estende das proximidades da baía de São Marcos até a baía de Todos os Santos, divide-se

em duas porções distintas: a costa semiárida, a noroeste do cabo Calcanhar, e a costa nordeste oriental, ou das Barreiras, do cabo Calcanhar até a baía de todos os Santos.

Figura 2 - Costa brasileira segundo Silveira (1964).



Fonte: Silveira (1964) modificado por Cruz et al. (1985) extraído de Souza et al. (2005).

Ao longo do litoral nordeste brasileiro existem inúmeros registros de praias com processos erosivos (Sousa et al., 2006; Scudelari et al., 2005; De Gois & Niédja, 2010; De Souza Medeiros, 2014; Nervino & Klammer, 2020), e grande parte destes processos são resultado do conflito entre as áreas antrópicas e fenômenos naturais associados a morfodinâmica local e o aporte sedimentar.

A área de estudo para seleção inicial de praias de interesse se estendeu pela costa de três estados brasileiros. A sul da cidade de Cabedelo, por todo o estado de Pernambuco, adentrando o território costeiro do estado das Alagoas até a cidade de Floriano Peixoto, primeira cidade costeira a norte de Maceió. A área foi eleita por possuir presença de numerosos recifes, com poucas interrupções na presença destes ecossistemas e águas com baixa turbidez, o que permite uma amostragem estatística relevante o suficiente para compreender outras regiões costeiras semelhantes pelo globo.

Após a análise preliminar da área de estudo, foram analisadas pormenorizadamente as variações de linha de costa nas praias do Bessa-PB, no limite dos municípios de João Pessoa e Cabedelo, e Pitimbu-PB, no município homônimo,

em razão da caracterização do conjunto de fatores desejados para a análise, quais sejam: presença de recife costeiro, formação de um sistema baía-pontais morfologicamente característico e disponibilidade de dados censitários de uma fonte fidedigna para análise do fator variação de ocupação humana na região mapeada. Ambas as praias do Bessa e Pitimbu experimentaram um aumento significativo na ocupação humana no período de estudo, conforme os dados censitários disponíveis (IBGE, 2022).

Figura 3 - Praia do Bessa, vista a partir de Cabedelo.



Fonte: imagem de domínio público (Google, 2024).

Figura 4 - Praia do Bessa, vista a partir de João Pessoa.



Fonte: imagem de domínio público (Secretaria de Turismo de João Pessoa, 2024).

A região estudada apresenta um clima tropical úmido, típico da região equatorial, com ciclo sazonal associado às distribuições médias anuais de temperatura, precipitação e evaporação. As médias anuais de temperatura, precipitação e evaporação correspondem a de 25,2 °C, 2.100 mm e 1.002 mm, segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Figura 5 - Praia de Pitimbu, vista a partir do pontal norte.



Fonte: imagens de domínio público (Google, 2024).

Figura 6 - Praia de Pitimbu, vista a partir do pontal sul.



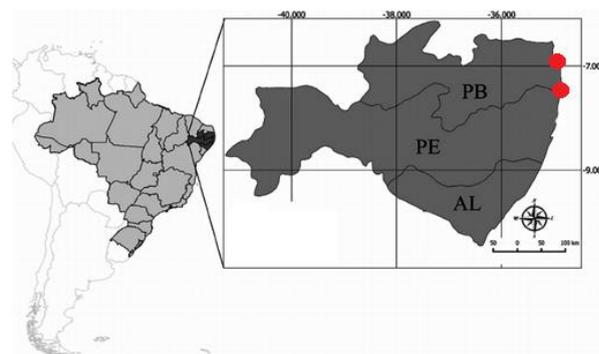
Fonte: imagens de domínio público (Diário de Campo Grande, 2024).

Devido a maior incidência solar no hemisfério Sul durante os meses de janeiro, fevereiro e março ocorrem as máximas de temperatura ($\sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$) na região, já as temperaturas mínimas ($\sim 21\text{ }^{\circ}\text{C}$) ocorrem entre os meses de julho, agosto e setembro e estão associadas a entradas de frentes subtropicais provenientes da região sul/sudeste e baixa incidência solar (Lessa et al., 2009). O período mais seco corresponde janeiro e setembro quando a propagação de frentes frias é inibida pela intensificação da Alta Subtropical do Atlântico Sul e à presença de vórtices ciclônicos de altos níveis da troposfera, caracterizando uma baixa precipitação (Tanajura et al., 2010). O litoral nordestino está localizado dentro do cinturão dos ventos alísios do Atlântico Sul (NE-E-SE) associado a célula de alta pressão que ocorre na região (Servian et al. 1996). A Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) é considerada

semipermanente, pois varia sazonalmente, deslocando-se zonalmente e influenciando o clima de ventos no litoral leste brasileiro (Mendonça et al., 2017). Os ventos na região são controlados pela ação da ASAS e pelo avanço da sistemas frontais pela parte sul da américa do sul (Bittencourt et al. 2018). Sendo predominantemente regido por ventos de leste e nordeste durante a primavera-verão e ventos de sul, sudeste no período outono-inverno (Bittencourt et al., 2000). Os ventos sul e sudeste são gerados durante o período de outono-inverno, pela passagem de sistemas frontais que costumam desencadear frentes subtropicais que chegam ao litoral. Mesmo com baixa frequência, os ventos de sul e sudeste são mais fortes e atingem uma velocidade média de 5 m/s, segundo dados da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN). Estes ventos possuem impacto direto no clima de ondas da região e estão diretamente associados aos processos erosivos amis intensos no litoral do nordeste.

Durante o período de março a setembro, os trens de onda predominantes são de leste-nordeste, apresentando uma altura média de 1 m e taxa média de potência ~6 kW/m (Guimarães et al, 2019). No período de abril a agosto, predomina a direção sul-sudeste e sudeste, com ondas atingindo alturas em torno de 1,5 metros e velocidades superiores a 10 cm.s⁻¹ (Bittencourt et al., 2005). Este padrão sazonal do clima de ondas pode ser alterado por processos sinóticos atmosféricos, como El Niño e La Niña, que podem causar a interrupção da ação dos ventos de SSE nessa região (Nascimento, 2012). O regime de marés próximo às praias de Pitimbu e Bessa é considerado semidiurno, de mesomaré, com ciclos alternados de vazante e enchente ao longo de um período de 24 horas. Para a praia de Pitimbu, a preia-mar máxima registrada nas tabelas de marés é de 2,9 m e a altura mínima -0,2 m. Para a praia do Bessa, a variação registrada fica no intervalo entre 3,0 m e -0,2 m.

Figura 7 - Mapa de localização das praias do Bessa e Pitimbu no litoral da Paraíba



Fonte: O Autor (2024).

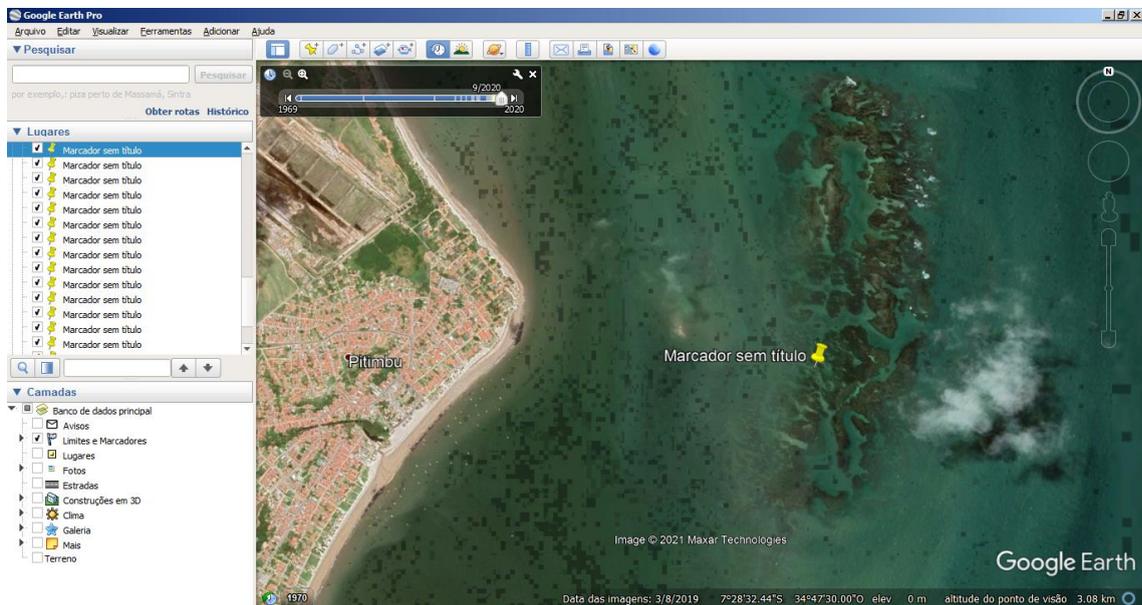
4.2. Aquisição de dados

4.2.1 Identificação de recifes costeiros de interesse para o estudo

Os dados analisados para fim de identificação dos recifes com potencial interesse para o estudo foram obtidos por meio do software Google Earth Pro, realizando sobrevoo virtual no sentido norte-sul a uma altitude do ponto de visada de 3 quilômetros, o que resultou em uma imagem em tela com 3,5 por 2 quilômetros de extensão. Foi selecionada a opção de desabilitação de filtros o que permitiu uma melhor visualização dos recifes. As características de baixa turbidez da água local colaboraram para a identificação dos recifes.

Uma vez identificada visualmente a ocorrência de um recife, a este foi atribuído um marcador por meio do recurso “Adicionar marcador” do software Google Earth Pro. A cada novo quadro em que se verificasse um recife, ainda que em continuidade do mesmo recife presente num quadro anterior, um novo marcador foi afixado, de maneira a sempre que possível possuir um recife na imagem visualizada.

Figura 8- Classificação manual de recifes costeiros.



Fonte: O Autor (2024).

Os dados de geolocalização dos marcadores foram exportados para software editor de planilhas Microsoft Excel, para melhor visualização e, enfim, realização da análise quantitativa dos recifes encontrados ao longo da área de estudo.

Foram feitas 86 marcações identificadas como ocorrência de recife, conforme o critério informado na seção “Material e Métodos”. Em razão de não haver mais a caracterização de sistemas baías e pontais na região metropolitana do Recife em razão de degradação causada pela ocupação humana (retilinização das praias por aterramentos das baías ou erosão dos pontais), esta área não teve seus recifes contabilizados, pois estas praias comporão apenas o grupo de controle para praias totalmente urbanizadas em todo o período compreendido neste estudo.

Em linha reta, a distância entre o primeiro recife identificado a norte da área de estudo e o último a sul é da ordem de 294 quilômetros.

Os dados de geolocalização dos recifes identificados compõem o Anexo A - Dados de geolocalização dos recifes identificados na área de estudo.

Dos 86 recifes identificados, foi feita nova análise para a localização daqueles que influenciaram a linha costeira de maneira a formar pontais, para, a partir daí, iniciarem-se as etapas de análise de variabilidade da linha de costa empregando o CASSIE.

4.2.2. Técnicas de análise de linha de costa

Coastal Analysis System from Space Imagery Engine, CASSIE, é uma ferramenta de código aberto utilizada para mapeamento e análise automática da linha costeira usando imagens de satélite. Essa ferramenta foi construída em JavaScript, usando a API do Google Earth Engine (GEE), e pode ser aplicada a qualquer região costeira da Terra onde exista um limite entre água e terra. O CASSIE usa as imagens de satélite Landsat e Sentinel-2, disponíveis gratuitamente na GEE, e implementa uma detecção automática da linha costeira usando o índice de água de diferença normalizada (NDWI) juntamente com o algoritmo de segmentação de imagem Otsu (OTSU, 1975). As linhas costeiras derivadas de satélites são analisadas para um conjunto de transectos transversais definidos pelo usuário ao longo dos quais várias análises estatísticas são realizadas. As comparações das linhas costeiras derivadas do CASSIE e a taxa de mudanças com métodos de última geração mostram que os produtos desta ferramenta têm precisão de subpixel. O novo conceito de plataforma de computação e armazenamento (GEE) baseado em nuvem de big data, aliado a uma interface amigável e alto nível de automação fazem do CASSIE uma ferramenta

completa para apoiar uma ampla variedade de estudos e aplicações onde o conhecimento do comportamento da linha de costa é fundamental.

Almeida et al. (2021) além de Leisner, Lima e Paula (2021) demonstram de forma pormenorizada os algoritmos de detecção automática das linhas de costa, baseados em NDWI (normalized difference water index), a etapa de análise estatística de linha de costa e traçam considerações acerca da precisão da ferramenta, validando seu emprego para estudos de variação temporal morfológica em linhas de costa.

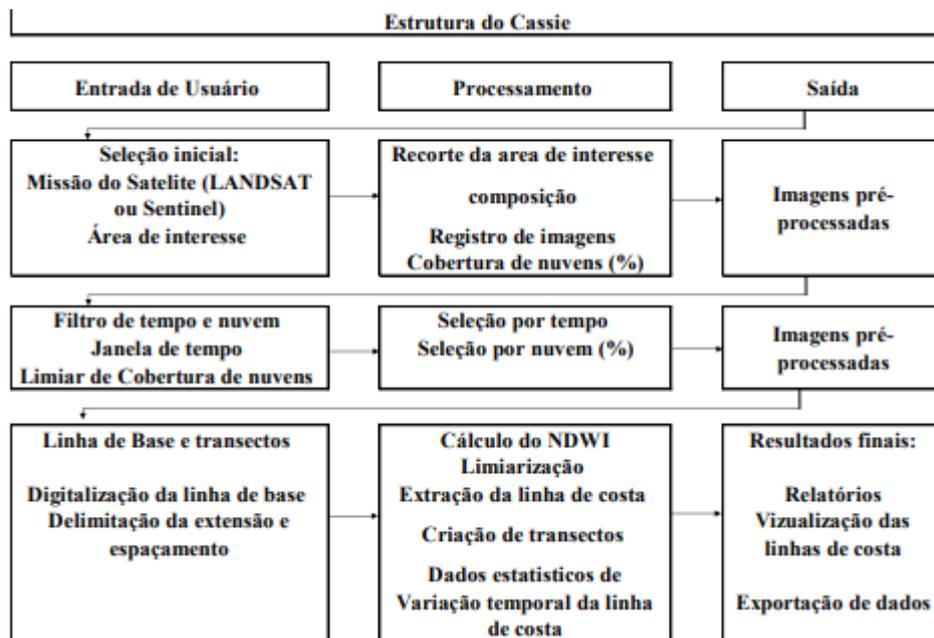
Para o traçado de linhas de costa e estudo de sua variação, a plataforma é utilizada em passos sequenciais por meio do navegador de internet do usuário. Após o login, deve-se selecionar a família de satélites a ser empregada e a área de interesse para análise. Na sequência, a plataforma informa a quantidade de sobrevoos de imageamento realizados pela família de satélites selecionadas para a área de interesse, e é oferecida a possibilidade de filtrar os resultados de acordo com a recobertura de nuvens para a região selecionada. Por fim, traçam-se os parâmetros de análise a serem utilizados (comprimento dos transectos, distância e limiarização entre estes) bem como deve-se traçar manualmente a linha base para estudo da linha de costa e sua variação.

O resultado final é apresentado por meio do traçado automatizado dos transectos, bem como é gerada uma tabela de atributos. Ambos os resultados podem ser exportados em formatos diversos (csv, shapefile ou css).

O sistema interpreta como estáveis as linhas de costa que tenham não tenham sofrido alteração posicional ou tenham sofrido variação posicional de até de 0,1 metro com relação à linha d'água; considera-se erodida a linha de costa com recuo superior a 0,1 metro com relação à linha d'água, e acrescida a linha de costa que avance mais de 0,1 metro mar adentro. O sistema categoriza, ainda, como criticamente afetada a seção de linha de costa com variação posicional superior a 2,5 metros com relação à linha de base.

O emprego do CASSIE para análise de variações de linhas de costa também pode ser observado em Franco (2021), que descreve pormenorizadamente todos os dados para a seleção, processamento e interpretação de resultados utilizando a ferramenta.

Figura 9 - Fluxograma resumido das etapas de processamento da ferramenta CASSIE.



Fonte: Franco (2021).

O *Quantum GIS* ou QGIS, é um *software* de código aberto fundado por Gary e Sherman, no ano de 2002 (MALIQI; PENEV e KELMENDI, 2017). O QGIS é utilizado em diversos trabalhos que propõe a análise das condições da cobertura vegetal e dos corpos hídricos (LEITE; BEZERRA e OLIVEIRA, 2019; BEZERRA *et al.*, 2018), monitoramento do processo de expansão da malha urbana e estudos sobre o clima urbano (MACAROF e STATESCU, 2017), dentre outras aplicações.

O *software* também dispõe de ferramentas como modeladores matemáticos, que atuam no cálculo das radiâncias e reflectâncias das imagens orbitais, além de compositores de impressões, produzindo mapas temáticos que auxiliam no entendimento da dinâmica das paisagens naturais. Por ser um *software* de livre acesso, permite ao usuário uma análise precisa e de baixo custo, o programa é de multiplataforma, podendo ser utilizado em qualquer sistema operacional.

Nas atividades acadêmicas, tanto no ensino como na pesquisa, o *software* de livre acesso QGIS é utilizado como programa oficial para realização da análise espacial dos dados em um Sistema de Informação Geográfica (SIG), como afirmaram Hoffmann *et al.* (2018). Em geral, o software possui uma metodologia rica para criação, interpretação, visualização e análise de dados geoespaciais.

4.3 Análise de dados

A análise das variações das linhas costeiras na área de estudo foi realizada empregando o CASSIE, adotando-se um padrão de transectos com 1600 metros de comprimento e 100 metros de espaçamento.

A resolução espacial máxima das imagens estudadas é de 15 metros (ETM - LANDSAT 6) o que permite uma análise de qualidade aceitável de ambientes praias dadas as dimensões macro envolvidas (destacamos que o objeto de estudo é a variação macro da linha de costa, da morfologia geral do sistema baía-pontal em estudo).

Essa ferramenta foi construída em JavaScript, usando a API do Google Earth Engine (GEE), e pode ser aplicada a qualquer região costeira da Terra onde exista um limite entre água e terra. O CASSIE usa as imagens de satélite Landsat e Sentinel-2, disponíveis gratuitamente na GEE, e implementa uma detecção automática da linha costeira usando o índice de água de diferença normalizada (NDWI) juntamente com o algoritmo de segmentação de imagem Otsu (OTSU, 1975). As linhas costeiras derivadas de satélites são analisadas para um conjunto de transectos transversais definidos pelo usuário ao longo dos quais várias análises estatísticas são realizadas. As comparações das linhas costeiras derivadas do CASSIE e a taxa de mudanças com métodos de última geração mostram que os produtos desta ferramenta têm precisão de subpixel. O novo conceito de plataforma de computação e armazenamento (GEE) baseado em nuvem de big data, aliado a uma interface amigável e alto nível de automação fazem do CASSIE uma ferramenta completa para apoiar uma ampla variedade de estudos e aplicações onde o conhecimento do comportamento da linha de costa é fundamental.

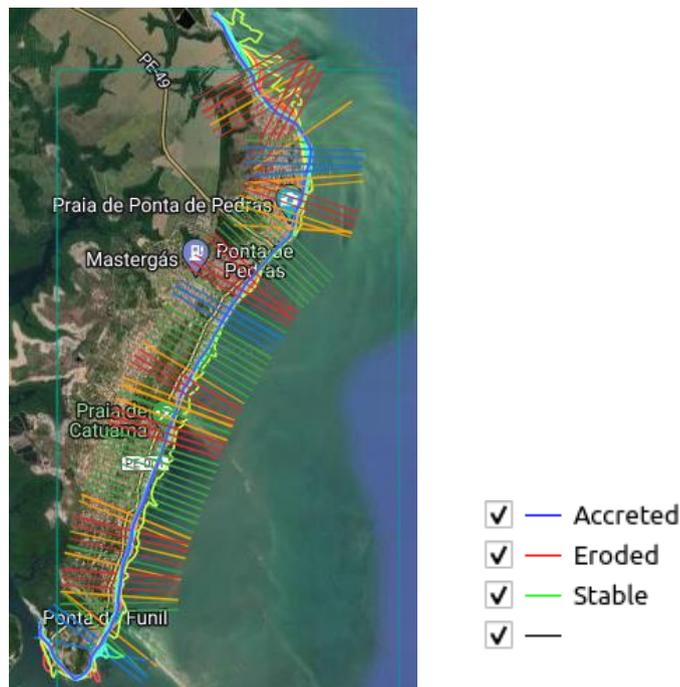
Para o traçado de linhas de costa e estudo de sua variação, a plataforma é utilizada em passos sequenciais por meio do navegador de internet do usuário. Após o login, deve-se selecionar a família de satélites a ser empregada e a área de interesse para análise. Na sequência, a plataforma informa a quantidade de sobrevoos de imageamento realizados pela família de satélites selecionadas para a área de interesse, e é oferecida a possibilidade de filtrar os resultados de acordo com a recobertura de nuvens para a região selecionada. Por fim, traçam-se os parâmetros de análise a serem utilizados (comprimento dos transectos, distância e limiarização

entre estes) bem como deve-se traçar manualmente a linha base para estudo da linha de costa e sua variação.

O resultado final é apresentado por meio do traçado automatizado dos transectos, bem como é gerada uma tabela de atributos. Ambos os resultados podem ser exportados em formatos diversos (csv, shapefile ou css)Clique aqui para inserir texto.

A figura 10 apresenta um exemplo da aplicação preliminar da aplicação da ferramenta.

Figura 10 - Exemplo da aplicação e geração de dados brutos da ferramenta CASSIE na Praia de Catuama, PE, mostrando transectos de erosão, acreção e estabilidade baseado na variação decadal da linha de costa.



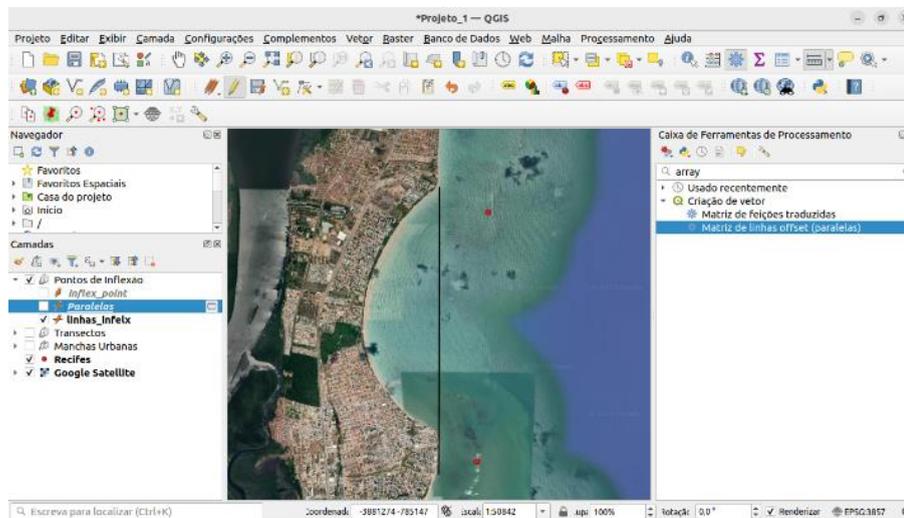
Fonte: O Autor (2024).

Ainda com a finalidade de caracterizar a área de estudo e permitir a análise diferenciada das áreas de baías separadamente das áreas de pontais, foi empregada uma adaptação do método de delimitação por pontos de inflexão sugerido em Câmara (2022), por meio do qual foi realizada a subdivisão entre os trechos expostos (baías) e trechos protegidos (pontais). Para isso, foram traçadas duas linhas paralelas, a primeira tangenciando dois pontais num sistema em estudo, e a segunda paralela a esta, tangenciando o fundo da baía entre os pontais em estudo, considerando-se que

pontais são convexos em direção ao mar e baías são côncavas em direção mar (ROMINE et al. 2016).

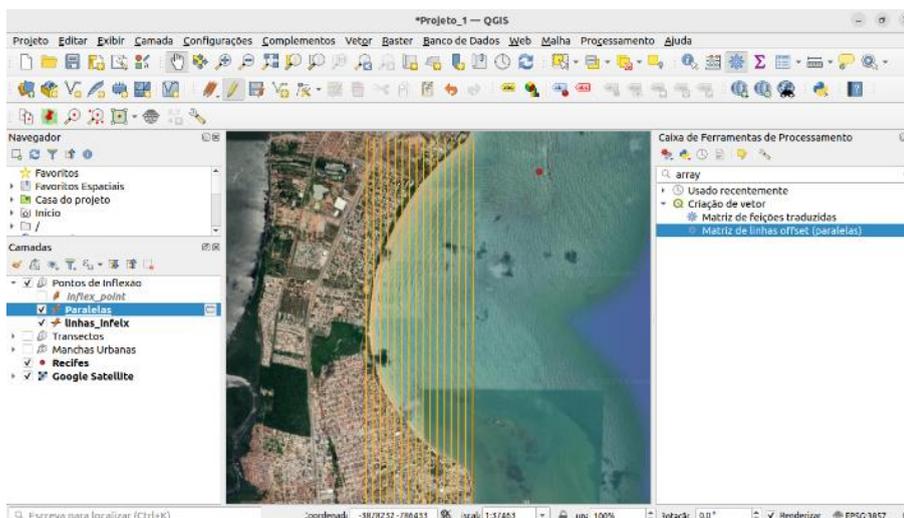
A partir deste passo, traçou-se uma linha média entre as duas linhas supracitadas. Os pontos exatos onde elas tocaram a linha de costa foram definidos como os pontos de inflexão, ou seja, o local onde se separa a área protegida por recife (pontais) e área exposta (baía).

Figura 11 - Método adaptado de Câmara (2022) para determinação do ponto de inflexão/delimitação entre baías (áreas desprotegidas) e pontais (áreas protegidas), primeira etapa.



Fonte: O Autor (2024).

Figura 12 - Método adaptado de Câmara (2022) para determinação do ponto de inflexão/delimitação entre baías (áreas desprotegidas) e pontais (áreas protegidas), segunda etapa.



Fonte: o autor.

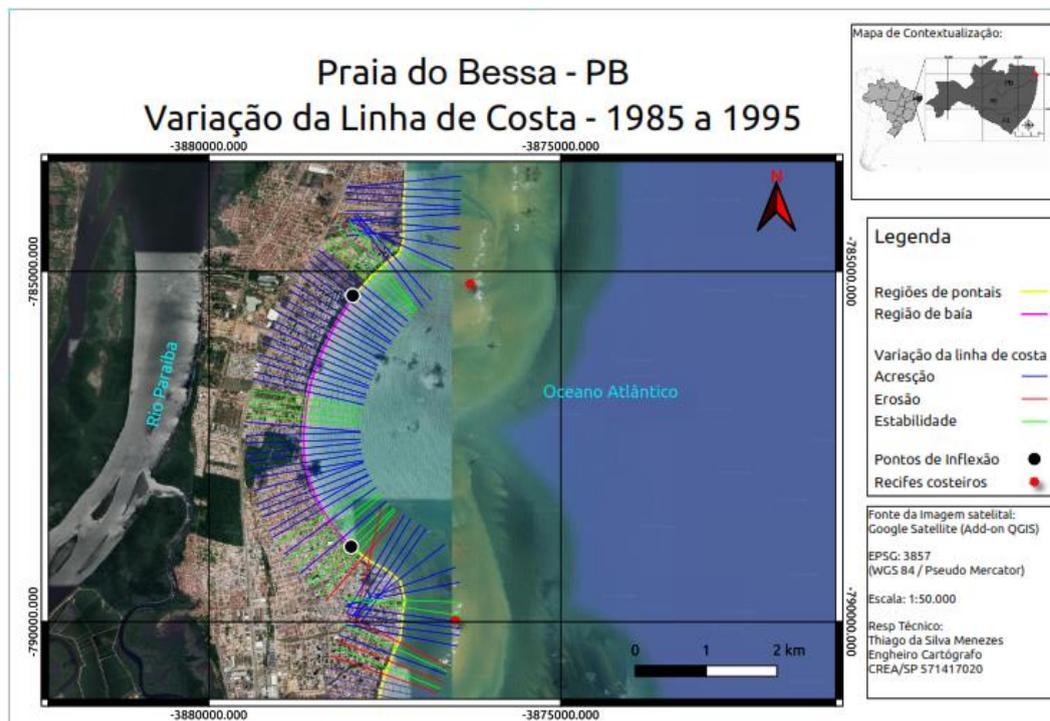
5 RESULTADOS

5.1 Variações de linhas de costa

Foi realizada a análise década a década da variação da linha de costa nas praias do Bessa e Pitimbu, além da consolidação dos dados numa nova análise geral, esta para todo o período compreendido (1985-2023). Os dados foram, ainda, tabelados e analisados numericamente com a finalidade de permitir a identificação da tendência na alteração morfológica nos pontais e nas baías.

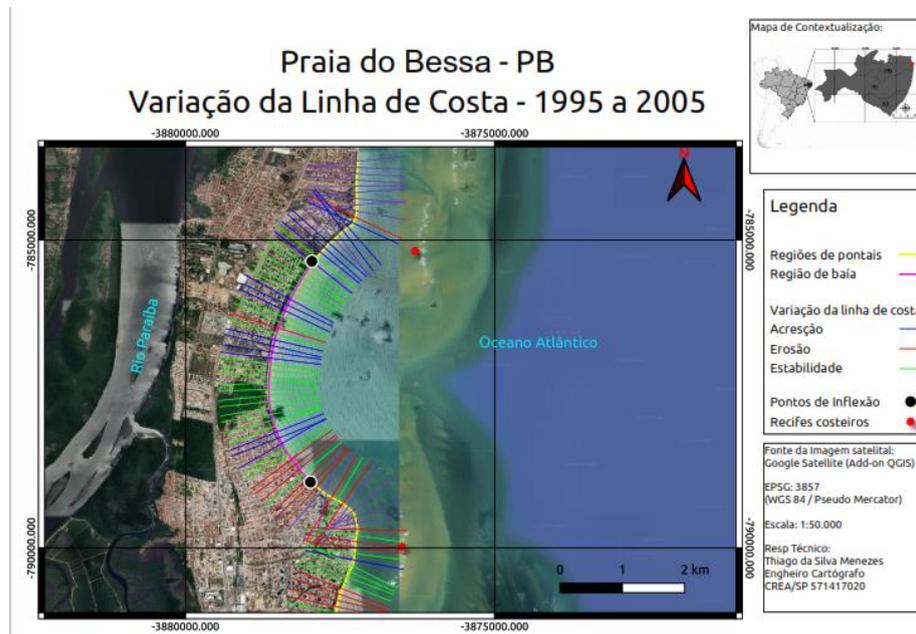
A análise no Bessa utilizou a totalidade de imagens disponíveis no CASSIE com recobertura de nuvens igual a zero, contabilizando 13 imagens no período 1985-1995, 10 imagens no período 1995-2005, 18 imagens no período 2005-2015 e 27 imagens no período 2015-2023.

Figura 13 - Variação da linha de costa no período compreendido entre 1985 e 1995 na Praia do Bessa.



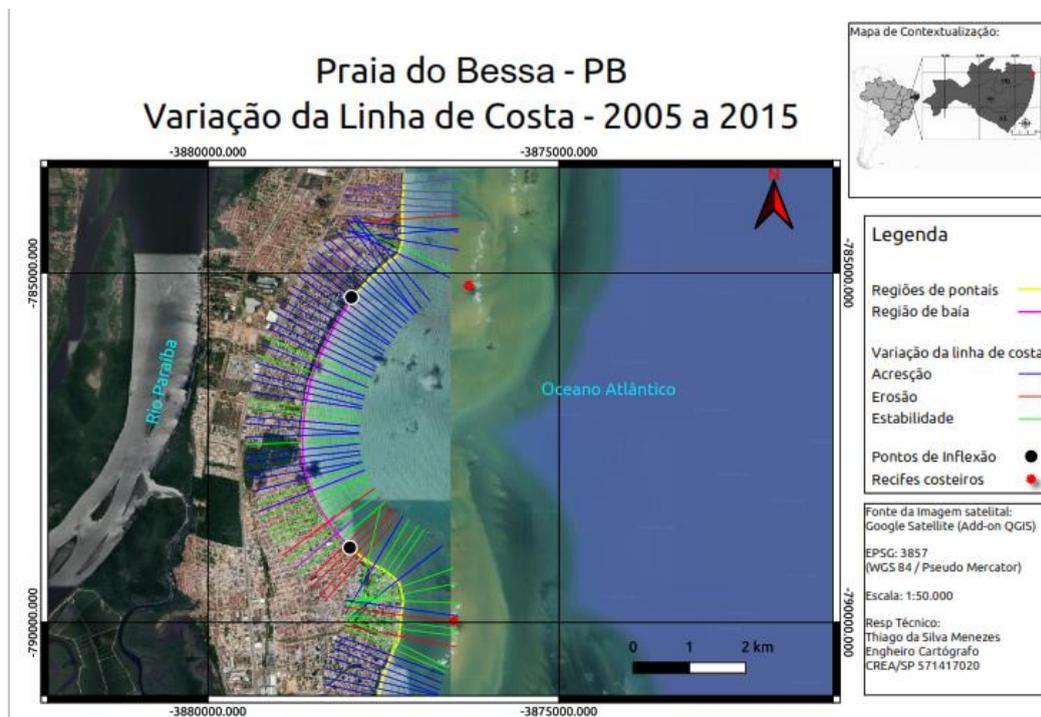
Fonte: O Autor (2024).

Figura 14 - Variação da linha de costa no período compreendido entre 1995 e 2005 na Praia do Bessa.



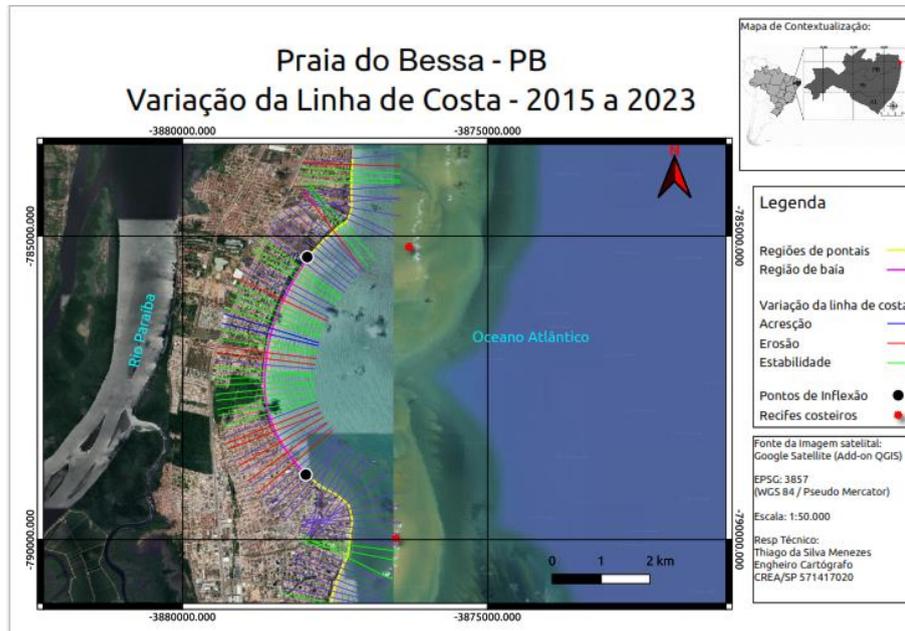
Fonte: O Autor (2024).

Figura 15 - Variação da linha de costa no período compreendido entre 2005 e 2015 na Praia do Bessa.



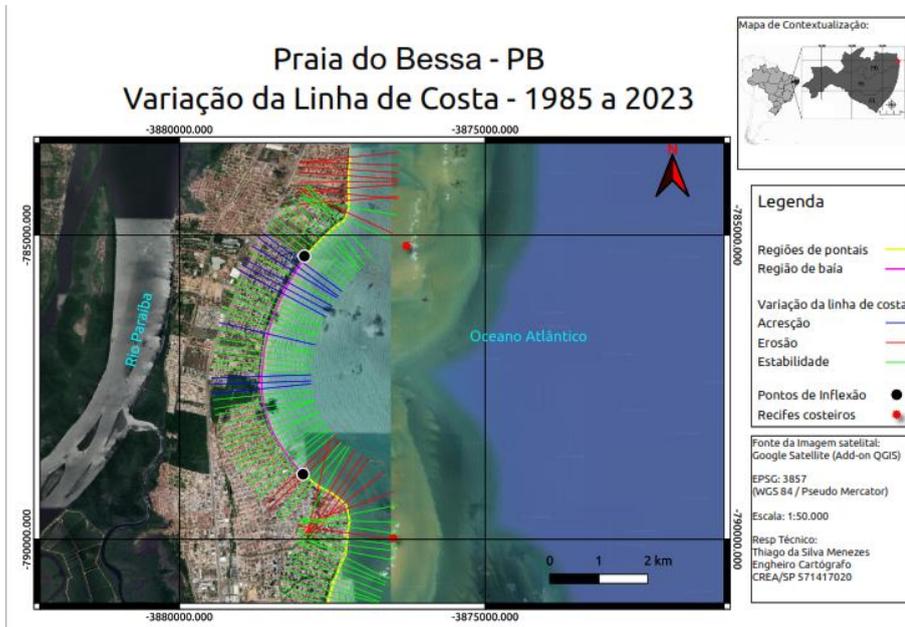
Fonte: O Autor (2024).

Figura 16 - Variação da linha de costa no período compreendido entre 2015 e 2023 na Praia do Bessa.



Fonte: O Autor (2024).

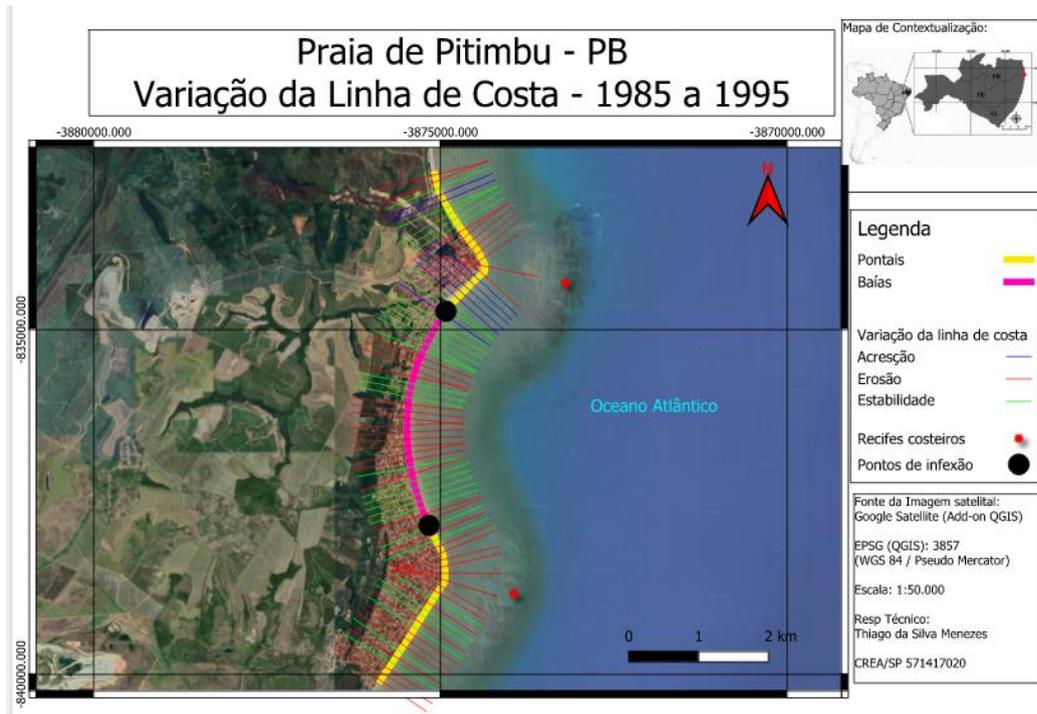
Figura 17 - Variação da linha de costa no período compreendido entre 1985 e 2023 na Praia do Bessa.



Fonte: O Autor (2024).

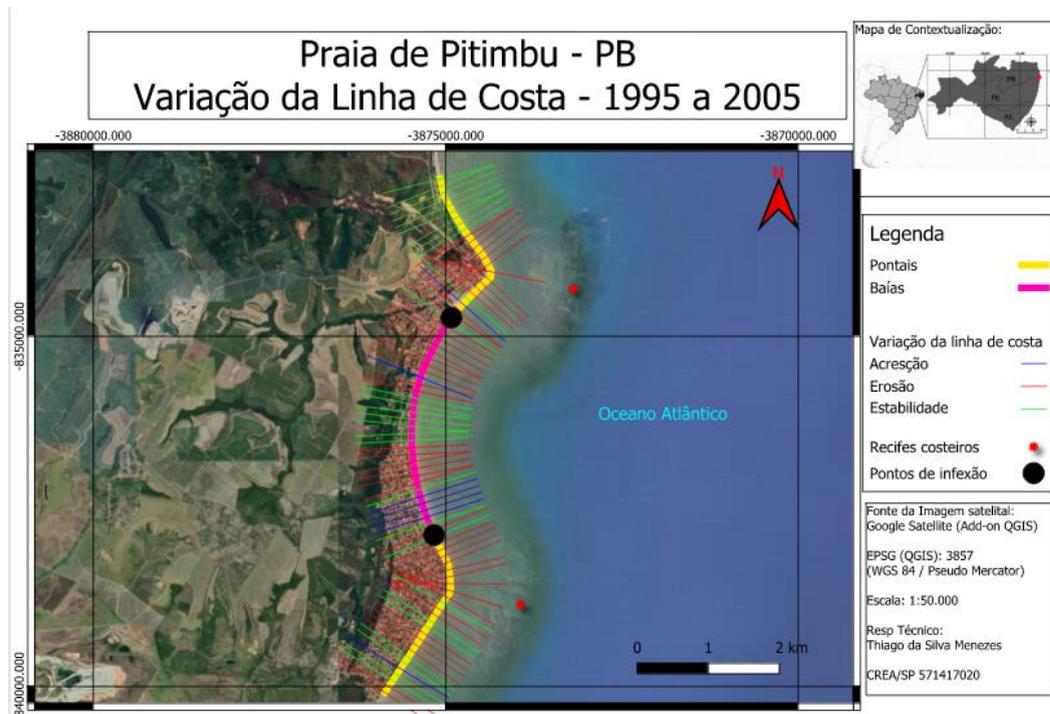
A análise em Pitimbu utilizou a totalidade de imagens disponíveis no CASSIE com recobertura de nuvens igual a zero, contabilizando 13 imagens no período 1985-1995, 12 imagens no período 1995-2005, 16 imagens no período 2005-2015 e 18 imagens no período 2015-2023.

Figura 18 - Variação da linha de costa no período compreendido entre 1985 e 1995 na Praia de Pitimbu.



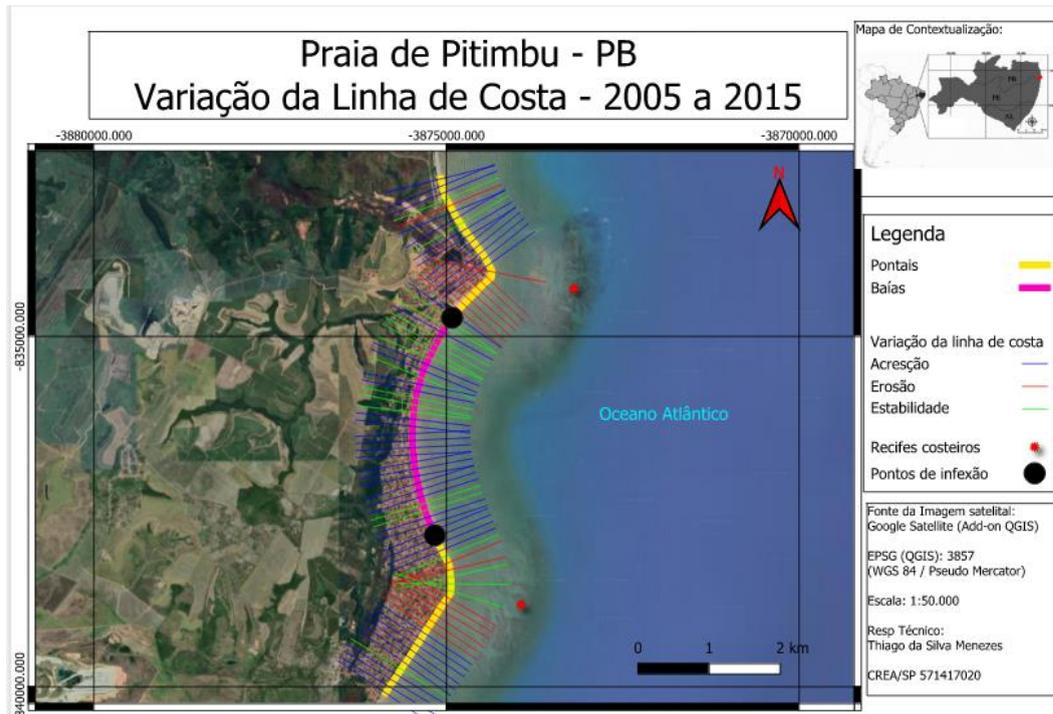
Fonte: O Autor (2024).

Figura 19 - Variação da linha de costa no período compreendido entre 1995 e 2005 na Praia de Pitimbu.



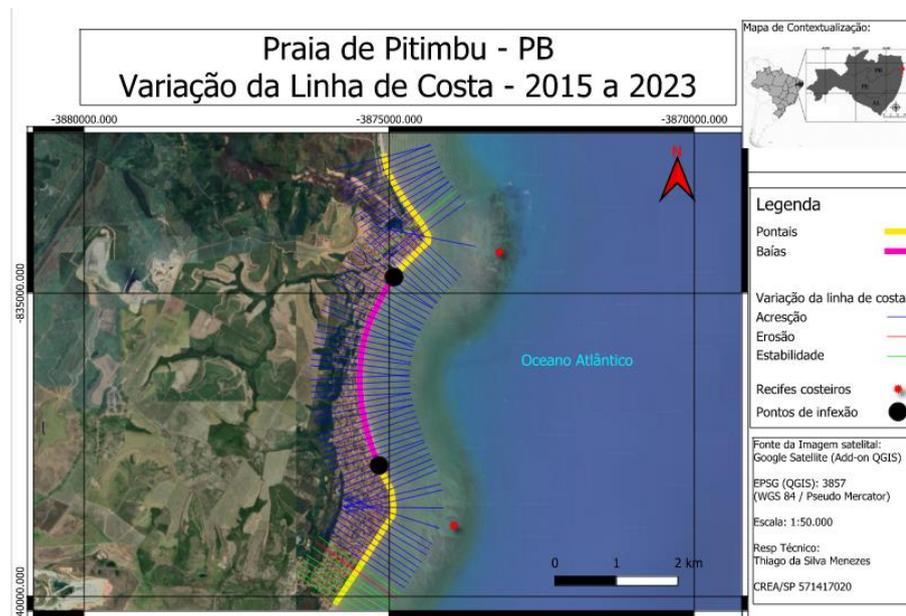
Fonte: O Autor (2024).

Figura 20 - Variação da linha de costa no período compreendido entre 2005 e 2015 na Praia de Pitimbu.



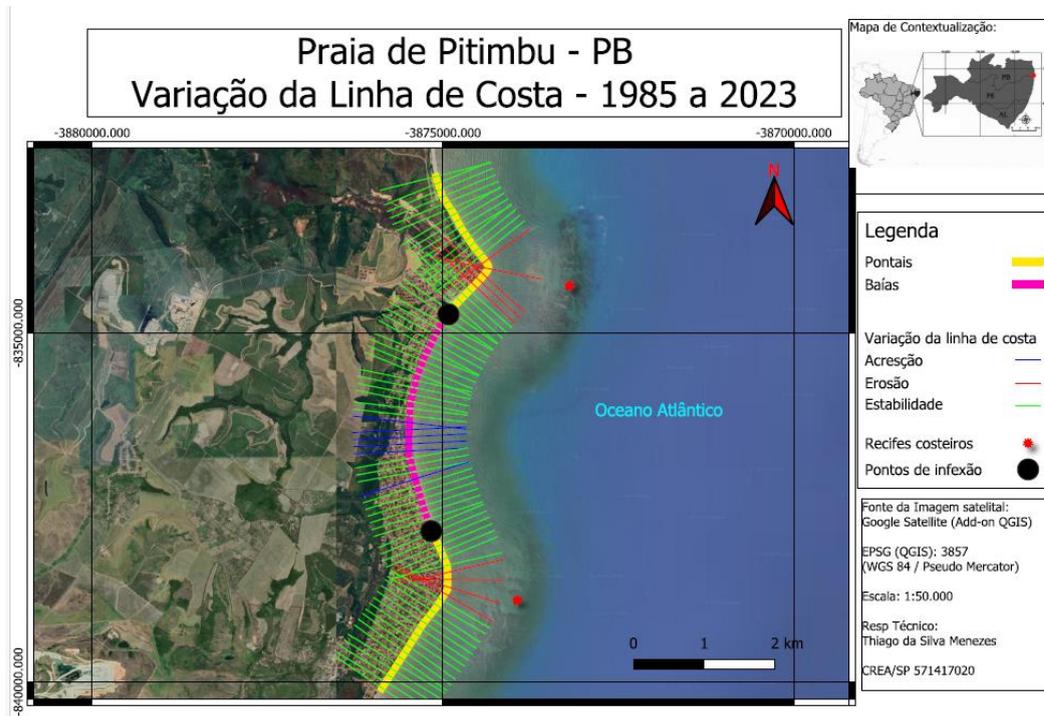
Fonte: O Autor (2024).

Figura 21 - Variação da linha de costa no período compreendido entre 2015 e 2023 na Praia de Pitimbu.



Fonte: O Autor (2024).

Figura 22 - Variação da linha de costa no período compreendido entre 1985 e 2023 na Praia de Pitimbu.



Fonte: O Autor (2024).

A análise das imagens leva à conclusão de que nas praias do Bessa e Pitimbu verifica-se a erosão das linhas de costa nas áreas dos pontais, tendo ocorrido eventos acrescivos significativos somente nas áreas desprotegidas (baías) nestes ambientes praias.

A análise numérica dos dados dos transectos gerados compõem as tabelas A e B a seguir.

Tabela A - Análise numérica das variações na linha de costa na praia do Bessa no período compreendido entre 1985 e 2023.

PRAIA DO BESSA								
PERÍODO	REGIÃO NO SISTEMA	ACRESCÇÃO	%	ESTABILIDADE	%	EROSÃO	%	TOTAL
1985/1995	PONTAL NORTE	12	70,59%	5	29,41%	0	0,00%	17
	BAÍA	33	82,50%	7	17,50%	0	0,00%	40
	PONTAL SUL	12	41,38%	7	24,14%	10	34,48%	29
1995/2005	PONTAL NORTE	5	29,41%	0	0,00%	12	70,59%	17
	BAÍA	11	27,50%	25	62,50%	4	10,00%	40
	PONTAL SUL	1	3,45%	8	27,59%	20	68,97%	29

2005/2015	PONTAL NORTE	12	85,71%	1	7,14%	1	7,14%	14
	BAÍA	22	61,11%	12	33,33%	2	5,56%	36
	PONTAL SUL	10	37,04%	12	44,44%	5	18,52%	27

2015/2023	PONTAL NORTE	0	0,00%	5	71,43%	2	28,57%	7
	BAÍA	2	8,00%	15	60,00%	8	32,00%	25
	PONTAL SUL	23	85,19%	4	14,81%	0	0,00%	27

1985/2023	PONTAL NORTE	0	0,00%	10	52,63%	9	47,37%	19
	BAÍA	10	27,03%	26	70,27%	1	2,70%	37
	PONTAL SUL	0	0,00%	18	66,67%	9	33,33%	27

Fonte: O Autor (2024).

Tabela B - Análise numérica das variações na linha de costa na praia de Pitimbu no período compreendido entre 1985 e 2023.

PRAIA DE PITIMBU								
PERÍODO	REGIÃO NO SISTEMA	ACRESCÃO	%	ESTABILIDADE	%	EROSÃO	%	TOTAL
1985/1995	PONTAL NORTE	7	29,17%	7	29,17%	10	41,67%	24
	BAÍA	1	3,13%	15	46,88%	16	50,00%	32
	PONTAL SUL	0	0,00%	7	28,00%	18	72,00%	25
1995/2005	PONTAL NORTE	1	4,17%	10	41,67%	13	54,17%	24
	BAÍA	15	46,88%	9	28,13%	8	25,00%	32
	PONTAL SUL	1	4,00%	8	32,00%	16	64,00%	25
2005/2015	PONTAL NORTE	13	54,17%	2	8,33%	9	37,50%	24
	BAÍA	20	62,50%	12	37,50%	0	0,00%	32
	PONTAL SUL	12	48,00%	5	20,00%	8	32,00%	25
2015/2023	PONTAL NORTE	23	95,83%	1	4,17%	0	0,00%	24
	BAÍA	32	100,00%	0	0,00%	0	0,00%	32
	PONTAL SUL	17	68,00%	7	28,00%	1	4,00%	25
1985/2023	PONTAL NORTE	0	0,00%	19	79,17%	5	20,83%	24
	BAÍA	26	81,25%	6	18,75%	0	0,00%	32
	PONTAL SUL	0	0,00%	21	84,00%	4	16,00%	25

Fonte: O Autor (2024).

6. CONCLUSÕES

Os dados obtidos por meio da análise de imagens de satélite dos ambientes estudados, complementados pelos dados censitários nos municípios de Cabedelo e Pitimbu para o período 1985-2022, nos permitem verificar preliminarmente que há um padrão de comportamento de ocupação do solo nos sistemas baía-pontal, sendo visualmente perceptível uma preferência da ocupação nas áreas abrigadas (pontais protegidos por recifes) em detrimento das regiões expostas (baías).

Este comportamento de preferência de ocupação foi observado por Câmara (2022) e o efeito da ação antrópica em áreas ocupadas foi apontado como o fator de quebra da tendência erosiva natural observada por diversos estudos recentes em trechos protegidos quando comparados com áreas expostas (FLETCHER et al. 2012; ROMINE et al. 2016; SIGLE e COSTA, 2017; SUMMERS et al. 2018).

O papel dos recifes atuando na dissipação das ondas (COSTA et al. 2016; SIEGLE e COSTA, 2017; MANSO et al. 2018) confere uma maior proteção costeira relativa à retaguarda.

Historicamente, quase que por lógica, podemos inferir que a ocupação humana buscou por trechos de litoral com regime de ondas e correntes mais ameno, não só como forma de proteção das intempéries marítimas, mas também a fim de facilitar atividades de pesca e lazer aquático.

Osorio-Cano et al. (2019) destacam a especulação imobiliária e a valorização monetária de terrenos com características de proteção fornecida por recife.

Este fator de ordem econômica pode ajudar a explicar e fundamentar ainda mais a hipótese de que áreas de pontais protegidos tendem a apresentar um comportamento de ocupação humana mais acelerado quando comparado com praias desprotegidas, expostas a um regime de ondas mais intensas.

Não se sabe o nível de desenvolvimento urbano e planejamento urbanístico, bem como de infraestrutura de serviços como captação de água e tratamento de esgoto nas regiões estudadas, no entanto, há de se esperar que o crescimento da ocupação humana nos locais tenha ocorrido de forma desregrada e sem o devido planejamento, o que é o comportamento padrão observado historicamente em áreas semelhantes, o que nos leva a uma expectativa de impacto ambiental não-dimensionado para a intervenção antrópica local.

Sobre a morfologia do ambiente praiial, o que se observa é que há uma tendência de retilinização da linha de costa, corroborando os estudos realizados por outros autores sobre o tema (Costa et al. 2012; Siegle et al. 2017).

Sugere-se que seja desenvolvido um estudo subsequente que analise o impacto desta interferência para o ecossistema, especialmente para a saúde do recife, de maneira a compreender se a interferência humana desordenada pode vir a se tornar uma ameaça que ultrapasse a mera interferência morfológica do ambiente praiial, mas se converta em risco para a saúde de toda a fauna e flora marinha e costeira nestes ambientes.

Da análise dos dados obtidos e da sua interpretação, podemos concluir que os sistemas baía-pontais estudados vêm apresentando uma tendência de retilinização, isto é, erosão nas regiões de pontais e acresção ou estabilização na região de baía, corroborando com demais estudos neste sentido acerca do tema.

As causas deste processo necessitam de investigação, podendo ter relação com a ação antrópica, especialmente a ocupação não planejada e desordenada do solo, sem que haja um estudo preliminar do impacto da presença humana nestes ambientes.

Estudos complementares podem ser realizados a fim de estudar a variação dos níveis de ocupação humana na área de estudo, de maneira a correlacionar os dados e fazer a comparação com ambientes praiiais semelhantes ainda não ocupados e verificar o impacto da presença antrópica para a dinâmica de variação da linha costeira.

Os metadados gerados pelo CASSIE com os dados brutos dos transectos das análises das linhas de costa nas praias do Bessa e Pitimbu serão fornecidos em apenso a este trabalho de pesquisa em sua versão digital no formato csv.

De igual maneira, os mapas em formato para impressão em tamanho A0 estão disponíveis em apenso a este trabalho de pesquisa em sua versão digital no formato pdf georreferenciado.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Luis Pedro; OLIVEIRA, Israel Efraim de; LYRA, Rodrigo; DAZZI, Rudimar Luís Scaranto; MARTINS, Vinícius Gabriel; KLEIN, Antonio Henrique da Fontoura. Coastal Analyst System from Space Imagery Engine (CASSIE): shoreline management module. *Environmental Modelling & Software*, [S.L.], v. 140, p. 105033, jun. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsoft.2021.105033>.

AMORIM, F. N. D., CIRANO, M., MARTA-ALMEIDA, M., MIDDLETON, J. F., CAMPOS, E. J. D. 2013. The seasonal circulation of the Eastern Brazilian shelf between 10 S and 16 S: a modelling approach. *Continental Shelf Research*, 65, 121-140.

ANDRIOLO, U., GONÇALVES, G., SOBRAL, P., FONTÁNBOUZAS, Á., BESSA, F. 2021. Beach-dune morphodynamics and marine macro-litter abundance: An integrated approach with Unmanned Aerial System. *Science of the Total Environment*, 749, 141474.

BERA, Rakesh; MAITI, Ramkrishna. An assessment of coastal vulnerability using geospatial techniques. *Environmental Earth Sciences*, [S.L.], v. 80, n. 8, p. 1-18, abr. 2021. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s12665-021-09616-4>.

BITTENCOURT, A. C. S. P., MEDEIROS, K. O. P., DOMINGUEZ, J. M. L., GUIMARÃES, J. K., DUTRA, F. R. L. S., 2008. Severe Coastal Erosion Hotspots in the City of Salvador, Bahia, Brazil. *Shore & Beach*, 76 (1) 8–14.

BITTENCOURT, A. C. D. S. P., DE FARIAS, F. F., BOAS, G. D. S. V., 2018. Influência da deriva litorânea no desenvolvimento do esporão de CaixaPregos (Baía de Todos os Santos/BA). *Revista Brasileira de Geociências*, 20 (1-4), 198-200.

BRANDÃO, A. M., 2019. Características Sazonais do Campo de Ondas e Limites da Shoreface no Litoral Norte da Bahia.

CÂMARA, Isaias Farias da. Morfologia de praias protegidas por recifes: implicações para o gerenciamento costeiro. 2022. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2022.

CASTELLE, Bruno; MASSELINK, Gerd; SCOTT, Tim; STOKES, Christopher; KONSTANTINOOU, Aikaterini; MARIEU, Vincent; BUJAN, Stéphane. Satellite-derived shoreline detection at a high-energy meso-macrotidal beach. *Geomorphology*, [S.L.], v. 383, p. 107707, jun. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2021.107707>.

CASTRO, B. M. & MIRANDA, L. B., 1998. Physical oceanography of the western Atlantic continental shelf located between 4°N and 34°S. *The Sea* 11, 209- 251

CIRANO, M., MATA, M. M., CAMPOS, E. J., & DEIRÓ, N. F., 2006. A circulação oceânica de largaescala na região oeste do Atlântico Sul com base no modelo de circulação global OCCAM. *Revista Brasileira de Geofísica*, 24, 209-230.

CHU, Lixia; OLOO, Francis; SUDMANN, Martin; TIEDE, Dirk; HÖLBLING, Daniel; BLASCHKE, Thomas; TELEOACA, Iulian. Monitoring long-term shoreline dynamics and human activities in the Hangzhou Bay, China, combining daytime and nighttime EO data. *Big Earth Data*, [S.L.], v. 4, n. 3, p. 242-264, 14 maio 2020. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/20964471.2020.1740491>.

Conhecendo os Recifes Brasileiros: Rede de Pesquisas Coral Vivo / Editores: Carla Zilberberg et al. – Rio de Janeiro: Museu Nacional, UFRJ, 2016. 360 p. ; 24 cm. – (Série Livros ; 58)

CORREIA, Monica Dorigo; SOVIERZOSKI, Hilda Helena. Ecosistemas Marinhos: recifes, praias e manguezais. Maceió: Edufal, 2005. 55 p. (Conversando sobre Ciências em Alagoas). http://www.usinaciencia.ufal.br/multimedia/livros-digitais-cadernos-tematicos/Ecosistemas_Marinhos_recifes_praias_e_manguezais.pdf.

COSTA, Mirella B. S. F.; ARAÚJO, Moacyr; ARAÚJO, Tereza C.M.; SIEGLE, Eduardo. Influence of reef geometry on wave attenuation on a Brazilian coral reef. *Geomorphology*, [S.L.], v. 253, p. 318-327, jan. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.11.001>.

COSTA, Mirella B.; MACEDO, Eduardo C.; SIEGLE, Eduardo. Wave refraction and reef island stability under rising sea level. *Global And Planetary Change*, [S.L.], v. 172, p. 256-267, jan. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloplacha.2018.10.015>.

DE GOIS, L. A. & NIÉDJA, M. G. A., 2010. A Contribuição do escoamento superficial e da drenagem de Águas Pluviais para os Processos Erosivos no Litoral de Olinda, Pernambuco, Brasil. *Revista de Gestão Costeira Integrada* / *Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 10 (4), 457-481

DE SOUZA MEDEIROS, E. C., PANTALENA, A. F., MIOLA, B., DE LIMA, R. S., DE OLIVEIRA SOARES, M., 2014. Percepção ambiental da erosão costeira em uma praia no litoral do Nordeste do Brasil (Praia da Taíba, CE). *Revista de Gestão Costeira Integrada* / *Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 14 (3), 471-482.

DINIZ, M. T. M.; OLIVEIRA, G. P. 2016. Proposta de compartimentação em mesoescala para o litoral do Nordeste brasileiro. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. v.17, n.3, p. 565 – 590.

FLETCHER, Charles; ROMINE, Bradley; GENZ, Ayesha; BARBEE, Matthew; DYER, Mathew; ANDERSON, Tiffany; LIM, S.; VITOUSEK, Sean; BOCHICCHIO, Christopher; RICHMOND, Bruce. (2012). *National Assessment of Shoreline Change: Historical Shoreline Change in the Hawaiian Islands*.

FRANCO, Brunno Jansen. *Análise do Índice de Vulnerabilidade Costeira no Setor Oeste da Região Metropolitana de Fortaleza*. 2021. Universidade Federal do Ceará.

GALLOP, Shari L.; KENNEDY, David M.; LOUREIRO, Carlos; NAYLOR, Larissa A.; MUÑOZ-PÉREZ, Juan J.; JACKSON, Derek W.T.; FELLOWES, Thomas E.. Geologically controlled sandy beaches: their geomorphology, morphodynamics and classification. *Science Of The Total Environment*, [S.L.], v. 731, p. 139123, ago. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139123>.

GONZÁLEZ, M., MEDINA, R., LOSADA, M. A. Equilibrium beach profile model for perched beaches. 1999. Elsevier BV. Disponível em <https://bit.ly/45zMYj7>

GUO, Qi. *Bangladesh Shoreline Changes During the Last Four Decades Using Satellite Remote Sensing Data*. 2017. 215 f. Dissertação (Mestrado) - Graduate Program In Geodetic Science, The Ohio State University, Columbus, 2017.

HAGENAARS, G., LUIJENDIJK, A., DE VRIES, S., & DE BOER, W. (2017). Long term coastline monitoring derived from satellite imagery. In T. Aagaard, R. Deigaard, & D. Fuhrman (Eds.), *Proceedings of Coastal Dynamics*. 2017: Helsingør, Denmark (pp. 1551-1562). [Paper No. 122]

IBGE. *População Recenseada e Estimada – 1985*. Disponível em https://seculoxx.ibge.gov.br/images/seculoxx/arquivos_download/populacao/1985/populacao1985aeb_009_a_028.pdf

INPE. Documentação Landsat. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/documentacao/satelites/landsat>. Acesso em: 05 jul. 2021.

JACKSON, D. W. T., COOPER, J. A. G., del RIO, L., Geological control of beach morphodynamic state. 2005. Elsevier BV. Disponível em <https://bit.ly/45xzzrM>

JACKSON, D. W. T., COOPER, J. A. G. (2009). Geological Control on Beach Form: Accommodation Space and Contemporary Dynamics. *Journal of Coastal Research*, 69–72. <http://www.jstor.org/stable/25737539>

LEÃO, Z.M.A.N., KIKUCHI, R.K.P. & OLIVEIRA, M.D.M. 2008. Coral bleaching in Bahia reefs and its relation with sea surface temperature anomalies. *Biota Neotrop.* 8(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v8n3/en/abstract?article+bn00808032008>.

LEISNER, Melvin Moura, LIMA, Roberto Jarllys Reis, PAULA, Davis Pereira. Variação da linha de costa obtidos pela ferramenta CASSIE para a praia do Icaraí, município de Caucaia – Ceará. 2021. LABOMAR/UECE.

LESSA, G. C., M. CIRANO, F. GENZ, C. A. S. TANAJURA & R. R. SILVA, 2009. Oceanografia física. In: HATJE, V. & J. B. D. ANDRADE (EdS), Baía de Todos os Santos: aspectos oceanográficos. EDUFBA, Salvador: 69-119. Martínez, M., Lorenzo, E., Álvarez

LI, Jiliang. Using Google Earth in the Study of Shoreline Erosion Process. *New Orleans Jazzed About Engineering Education*, New Orleans, v. , n. , p. 1-14, jun. 2016.

LOUREIRO, C., FERREIRA, O., COOPER, J. A. G., Aplicability of parametric beach morphodynamic state on embayed beaches. 2013. Elsevier BV. Disponível em <https://bit.ly/3zbF5o3>

LUIJENDIJK, Arjen; HAGENAARS, Gerben; RANASINGHE, Roshanka; BAART, Fedor; DONCHYTS, Gennadii; AARNINKHOF, Stefan. The State of the World's Beaches. *Scientific Reports*, [S.L.], v. 8, n. 1, p. 1-11, 27 abr. 2018. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-018-24630-6>.

MASSEI K, SOUZA MCS, SILVA RMD, NEUMANN VHML, MANZO VDAV, VIANNA PCG, FERREIRA JUNIOR AV, MOURA CMDS, LAVÔR LF, ARAÚJO RC, SANTOS CAG. Multi-proxy assessment of coral reef formation and biotic-abiotic diversity in an urban coastal reef ecosystem in northeastern Brazil. *Sci Total Environ.* 2023 Sep 15;891:164487. doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.164487. Epub 2023 May 30. PMID: 37257610.

MCNINCH, J. 2004. E.Geologic control in the nearshore: shore-oblique sandbars and shoreline erosional hotspots, Mid-Atlantic Bight, USA, *Marine Geology*. ISSN 0025-3227. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2004.07.006>

MUÑOZ-PEREZ, J.J.; TEJ EDOR, L., and MEDINA, R., 1999. Equilibrium Beach Profile Model for Reef-protected Beaches. *Journal of Coastal Research*, 15(4), 950-957. Royal Palm Beach (Florida), ISSN 0749-0208.

NASCIMENTO, L., 2012. Comportamento da Linha de Costa nos últimos 50 anos e o risco de prejuízos econômicos na face oceânica da Ilha de Itaparica, Tese de Doutorado, Universidade Federal da Bahia, Brazil, 124.

NERVINO, M. R., & KLAMMLER, H. R., 2020. Investigação da dinâmica costeira e processos erosivos entre Praia do Forte e Guarajuba, no Litoral Norte da Bahia, Brasil. *Bahia Análise & Dados*, 30(1), 134-156.

PETERSON, R. & STRAMMA, L., 1991. Upper-level circulation in the South Atlantic Ocean. *Progr. Oceanography*, 26 (1): 1-73.

RIBEIRO, B. M. G.; FONSECA, L. M. G.; KUX, H. J. H. Mapeamento da cobertura do solo urbano utilizando imagens WorldView-II e o sistema InterIMAGE. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 63, n. Edição Especial, p. 51-63, fev. 2011.

ROMINE, Bradley M.; FLETCHER, Charles H.. A Summary of Historical Shoreline Changes on Beaches of Kauai, Oahu, and Maui, Hawaii. *Journal Of Coastal Research*, [S.L.], v. 288, p. 605-614, maio 2013. Coastal Education and Research Foundation. <http://dx.doi.org/10.2112/jcoastres-d-11-00202.1>.

ROMINE, Bradley M.; FLETCHER, Charles H.; BARBEE, Matthew M.; ANDERSON, Tiffany R.; FRAZER, L. Neil. Are beach erosion rates and sea-level rise related in Hawaii? *Global And Planetary Change*, [S.L.], v. 108, p. 149-157, set. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloplacha.2013.06.009>.

ROMINE, Bradley M.; FLETCHER, Charles H.; FRAZER, L. Neil; ANDERSON, Tiffany R.. Beach erosion under rising sea-level modulated by coastal geomorphology and sediment availability on carbonate reef-fringed island coasts. *Sedimentology*, [S.L.], v. 63, n. 5, p. 1321-1332, 15 jun. 2016. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/sed.12264>.

SCUDELARI, A. C., BRAGA, K. G., COSTA, F. A. A., & SANTOS JR, O. F. (2005). Estudo dos processos erosivos instalados na praia de Pipa-RN. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, 9(1), 31-37.

SERVIAN, J., STRICHERZ, J. N., LEGLER, D. M., 1996. TOGA pseudo-stress atlas 1985-1994. Volume 1: Tropical Atlantic. Centre ORSTOM, Plouzane, France, 158.

SIEGLE, Eduardo; COSTA, Mirella B.. Nearshore Wave Power Increase on Reef-Shaped Coasts Due to Sea-Level Rise. *Earth'S Future*, [S.L.], v. 5, n. 10, p. 1054-1065, out. 2017. American Geophysical Union (AGU).
<http://dx.doi.org/10.1002/2017ef000624>.

SOUSA, P., PINHEIRO, L., MORAIS, J., CARVALHO, D., LIMA, J., LIMA, M., 2006. Processos erosivos e balanço sedimentológico na praia de Paracuru– Ceará–Brasil. In VI Simpósio Nacional de Geomorfologia/Regional Conference on Geomorphology.

SOUZA, C.R. de G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A.M.S.; OLIVEIRA, P.E. (eds.). 2005. Quaternário do Brasil. Ribeirão Preto (SP). Holos Editora, 378 p.

STRAMMA, L., ENGLAND, M. 1999. On the water masses and mean circulation of the South Atlantic Ocean. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 104, C9, 20863-20883.

SUGUIO, K., 1992. Dicionário de Geologia Marinha: com termos correspondentes em inglês, francês e espanhol. Biblioteca de Ciências Naturais.

SUMMERS, Alisha; FLETCHER, Charles H.; SPIRANDELLI, Daniele; MCDONALD, Kristian; OVER, Jin-Si; ANDERSON, Tiffany; BARBEE, Matthew; ROMINE, Bradley M.. Failure to protect beaches under slowly rising sea level. *Climatic Change*, [S.L.], v. 151, n. 3-4, p. 427-443, 20 nov. 2018. Springer Science and Business Media LLC.
<http://dx.doi.org/10.1007/s10584-018-2327-7>.

TANAJURA, C.A.S., Genz, F., ARAUJO, H. A., 2010. Mudanças climáticas e recursos hídricos na Bahia: validação da simulação do clima presente do HadRM3P e comparação com os cenários A2 e B2 para 2070-2100. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 25, 345-358.

TESSLER, Moysés & CAZZOLI, Samara & GOYA, S.C.. (2005). Processos Costeiros Condicionantes do Litoral Brasileiro. Geography Department, Univerdade de São Paulo. 17. 11-23. 10.7154/RDG.2005.0017.0001.

TISCHER, V., 2013. Indicadores Socioambientais Aplicados nos Municípios Costeiros do Litoral Centro-Norte de Santa-Catarina com Ênfase nos Promontórios Costeiros. Dissertação de Mestrado, Univali. Itajaí

TRENHAILE, A., Modelling the development of dynamic equilibrium on shore platforms. 2016. Elsevier BV. Disponível em
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025322720301158?via%3Dihub>

VICENTE FERREIRA JUNIOR, Antonio; Cristina Medeiros de Araújo, Tereza. Mapeamento e estudo petrológico de arenitos de praia (Beachrocks) : evidências da variação no nível do mar no Holoceno, na costa central de Pernambuco. 2010. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.

VITOUSEK, Sean; BARNARD, Patrick L.; LIMBER, Patrick. Can beaches survive climate change? *Journal Of Geophysical Research: Earth Surface*, [S.L.], v. 122, n. 4, p. 1060-1067, abr. 2017. American Geophysical Union (AGU). <http://dx.doi.org/10.1002/2017jf004308>.

VOS, Kilian; SPLINTER, Kristen D.; HARLEY, Mitchell D.; SIMMONS, Joshua A.; TURNER, Ian L.. CoastSat: a google earth engine-enabled python toolkit to extract shorelines from publicly available satellite imagery. *Environmental Modelling & Software*, [S.L.], v. 122, p. 104528, dez. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsoft.2019.104528>.

VOUSDOUKAS, M. I., RANASINGHE, R., MENTASCHI, L., PLOMARITIS, T. A., ATHANASIOU, P., LUIJENDIJK, A., & FEYEN, L., 2020. Sandy coastlines under threat of erosion. *Nature climate change*, 10(3), 260-263.

YANCHO, J.; JONES, Trevor; GANDHI, Samir; FERSTER, Colin; LIN, Alice; GLASS, Leah. The Google Earth Engine Mangrove Mapping Methodology (GEEMMM). *Remote Sensing*, [S.L.], v. 12, n. 22, p. 3758, 16 nov. 2020. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/rs12223758>.

**ANEXO A - DADOS DE GEOLOCALIZAÇÃO DOS RECIFES IDENTIFICADOS NA
ÁREA PRELIMINAR DE ESTUDO**

Ponto	Coordenada E	Coordenada N
1	-34,8169418296438	-6,9659205884392
2	-34,8212882710647	-7,0356192423963
3	-34,8232317717223	-7,0784060422747
4	-34,8082139626795	-7,1173315245331
5	-34,7863974003784	-7,1528632228148
6	-34,7997562145155	-7,2941853056090
7	-34,7980463442746	-7,2981344567531
8	-34,7981550013174	-7,3189533981954
9	-34,7939641051024	-7,3328516309608
10	-34,7957413262524	-7,3490334591676
11	-34,7979854264274	-7,3629714649195
12	-34,7935022925631	-7,4735606632503
13	-34,7938641620214	-7,5123261038443
14	-34,7938641620214	-7,5123261038443
15	-34,7938641620214	-7,5123261038443
16	-34,8028613578214	-7,6311559999028
17	-34,8028613578214	-7,6311559999028
18	-34,8028613578214	-7,6311559999028
19	-34,8259829285954	-7,7017259156093
20	-34,8259829285954	-7,7017259156093
21	-34,8259829285954	-7,7017259156093
22	-34,7971991098101	-7,7373048113470

23	-34,7971991098101	-7,7373048113470
24	-34,7971991098101	-7,7373048113470
25	-34,8148445910751	-7,8752629796421
26	-34,8148445910751	-7,8752629796421
27	-34,8148445910751	-7,8752629796421
28	-34,8165104147013	-7,8879177952727
29	-34,8160729367688	-7,8995491161026
30	-34,8160729367688	-7,8995491161026
31	-34,8160729367688	-7,8995491161026
32	-34,8145327377061	-7,9248281265497
33	-34,9097818151408	-8,2018310992754
34	-34,9975067801346	-8,5084287972019
35	-34,9951070460113	-8,5416409671102
36	-35,0055653217011	-8,5684561481128
37	-35,0426334069061	-8,6154838287817
38	-35,0426334069061	-8,6154838287817
39	-35,0426334069061	-8,6154838287817
40	-35,0642117572790	-8,6752869101022
41	-35,0749351965124	-8,7107195820226
42	-35,0749351965124	-8,7107195820226
43	-35,0749351965124	-8,7107195820226
44	-35,0826737445459	-8,7488305347680
45	-35,0990702095330	-8,7945707217133
46	-35,1230150180948	-8,8668322416258
47	-35,1349495234064	-8,8981676492736

48	-35,1504763251726	-8,9324761168387
49	-35,1647821873257	-8,9683501660365
50	-35,1807597208657	-9,0040060919720
51	-35,2240522201180	-9,0409075718345
52	-35,2240522201180	-9,0409075718345
53	-35,2240522201180	-9,0409075718345
54	-35,2265742136768	-9,0694376378760
55	-35,2521497108369	-9,1051340249513
56	-35,2521497108369	-9,1051340249513
57	-35,2521497108369	-9,1051340249513
58	-35,2662592512851	-9,1282384000031
59	-35,2749195885293	-9,1547411097999
60	-35,2749195885293	-9,1547411097999
61	-35,2749195885293	-9,1547411097999
62	-35,2816311940736	-9,1708231394729
63	-35,2816311940736	-9,1708231394729
64	-35,2816311940736	-9,1708231394729
65	-35,2967949950378	-9,1945191198242
66	-35,2967949950378	-9,1945191198242
67	-35,2967949950378	-9,1945191198242
68	-35,3137182015861	-9,2172558689480
69	-35,3137182015861	-9,2172558689480
70	-35,3137182015861	-9,2172558689480
71	-35,3385004307237	-9,2492083655809
72	-35,3385004307237	-9,2492083655809

73	-35,3385004307237	-9,2492083655809
74	-35,3489071028121	-9,2624019749323
75	-35,3489071028121	-9,2624019749323
76	-35,3489071028121	-9,2624019749323
77	-35,3684436415909	-9,2831795590283
78	-35,3684436415909	-9,2831795590283
79	-35,3684436415909	-9,2831795590283
80	-35,3902339401083	-9,3117108061182
81	-35,3902339401083	-9,3117108061182
82	-35,3902339401083	-9,3117108061182
83	-35,4391859776550	-9,3473307119328
84	-35,5115753499108	-9,4448304268089
85	-35,5493540388422	-9,4890847105068
86	-35,5884325404391	-9,5339694457541