

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

DANDARA MARIA FERREIRA RODRIGUES

ANÁLISE DA VULNERABILIDADE À EROÇÃO COSTEIRA A PARTIR DE IMAGENS
RAPIDEYE E SENTINEL-2 NA PRAIA DO CRISPIM (PA), BRASIL

CURITIBA

2021

DANDARA MARIA FERREIRA RODRIGUES

ANÁLISE DA VULNERABILIDADE À EROÇÃO COSTEIRA A PARTIR DE IMAGENS
RAPIDEYE E SENTINEL-2 NA PRAIA DO CRISPIM (PA), BRASIL

Artigo apresentado como requisito parcial à
conclusão do curso de MBA em Gestão Ambiental,
Programa de Educação Continuada em Ciências
Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Prof. Dra. Bruna Nascimento de
Vasconcellos

CURITIBA

2021

Análise da vulnerabilidade à erosão costeira a partir de imagens RapidEye e Sentinel-2 na Praia do Crispim (PA), Brasil

Dandara Maria Ferreira Rodrigues

RESUMO

A costa brasileira possui uma área de 8.000 km de extensão, sendo o quinto país com a maior porção litorânea do mundo. Desse modo, é uma área com grande potencial turístico e econômico, por isso esse espaço geográfico vem sofrendo alterações na sua paisagem natural no decorrer dos anos. A zona costeira do Estado do Pará possui extensão de aproximadamente 600km. Dessa maneira, este trabalho busca indicar a mudança territorial que tem ocorrido na Praia do Crispim, bem como a forma que a erosão costeira tem afetado as ocupações desta zona através de uma análise multitemporal entre os anos de 2013 e 2021 elaborada a partir de imagens obtidas pela constelação RapidEye e Sentinel-2, utilizando a metodologia de fotointerpretação e analisando as mudanças da linha de costa ano após ano. Os resultados obtidos mostraram que a maior perda da linha de costa, de 112,068m, está localizada no perímetro com maior quantidade de residências, por outro lado houve grande deposição de sedimentos em sua ponta sul, o acréscimo do limite territorial foi de 140,262m. Os produtos obtidos evidenciam a perda imobiliária e econômica sofrida pela população ano após ano e podem ser considerados úteis para a realização de projetos de contenção, reparação ou recuperação da área afetada.

Palavras-Chave: Erosão Costeira. Vulnerabilidade. Crispim. RapidEye. Sentinel-2.

ABSTRACT

The Brazilian coast has an area of 8,000 km in length, being the fifth country with the largest coastal portion in the world. Thus, it is an area with great tourist and economic potential, and that is why this geographic space has undergone changes in its natural landscape over the years. The coastal zone of the State of Pará has an extension of approximately 600km. Thus, this work seeks to indicate the territorial change that has taken place in Praia do Crispim, as well as the way that coastal erosion has affected the occupation of this zone through a multitemporal analysis between the years 2013 and 2021 elaborated from images obtained by the RapidEye and Sentinel-2 constellation, using the photointerpretation methodology and analyzing the changes of the coastline year after year. The results obtained showed that the greatest loss of the shoreline, of 112,068m, is located in the perimeter with the greatest number of residences, on the other hand there was a great deposition of sediments in its southern tip, the addition of the territorial limit was 140.262m. The products obtained show the real estate and economic loss suffered by the population year after year and can be considered useful for carrying out containment, repair or recovery projects in the affected area.

Keywords: Coastal Erosion. Vulnerability. Crispim. RapidEye. Sentinel-2.

1. INTRODUÇÃO

A costa brasileira possui cerca de 8.000 km de extensão, e historicamente tem sido ocupada pelas populações, é concebível que seus ecossistemas têm sofrido grande interferência humana, inevitavelmente resultando em imensuráveis impactos ambientais. Uma das principais problemáticas que assolam esse ambiente e a segurança da sua comunidade é a erosão costeira, fenômeno crescente e proporcional à tomada desordenada desses territórios, deixando-os vulneráveis a possíveis calamidades (MUEHE, 2006).

No Brasil a situação das praias em relação à erosão costeira vem ganhando enfoque ao longo do tempo, são inúmeras as que sofrem com esse processo. De acordo com Souza (2009) as causas da erosão costeira no Brasil são atribuídas a uma gama de fatores naturais e as diversas intervenções antrópicas na Zona Costeira (Z.C.), alguns dos inúmeros impactos diretos que a erosão causa são redução na largura da faixa de praia e recuo da linha de costa, perda e desequilíbrio de habitats naturais, comprometimento de potencial turístico da região, prejuízos nas atividades socioeconômicas e artificialização da linha de costa devido a obras costeiras para proteção e/ou recuperação ou mitigação.

Dias (1993) diz, em seu estudo, que são inúmeros os fatores que influenciam diretamente na erosão costeira, mesmo alguns sendo de caráter natural a sua maior parte é consequência de atividades antrópicas. Dessa forma, o autor lista alguns resultados decorrentes que são a elevação do nível do mar, diminuição da quantidade de sedimentos fornecidos ao litoral e degradação antropogênica das estruturas naturais.

A Praia do Crispim, localizada no Município de Marapanim no nordeste paraense, vem ano a ano sofrendo com a erosão costeira, tendo como principais consequências para a comunidade a perda imobiliária e a diminuição da renda obtida a partir da pesca e do turismo.

Neste contexto, este trabalho possui como objetivo analisar o avanço da erosão na linha de costa a partir da utilização de imagens RapidEye e Sentinel-2 com a finalidade de identificar os impactos ambientais sofridos decorrentes deste fenômeno ecossistêmico, além de identificar áreas de maior risco, possíveis efeitos estruturais da comunidade e propor ações que colaborem com o gerenciamento costeiro da região.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. DINÂMICA DA EROSIÃO COSTEIRA NO PARÁ

Segundo Rebello *et al.* (2007) o estado do Pará dispõe de características muito particulares e, por isso, se destaca na diversidade territorial como também em um litoral híbrido entre as águas dos rios Amazônicos e Oceano Atlântico. O estado detém a oitava maior extensão costeira do Brasil com cerca de 600 km (MUEHE, 2008).

O processo de adensamento populacional na Zona Costeira do Pará se dá gradativamente. Sabe-se que a ocupação desordenada e crescente dessas localidades evidencia o quanto as afeta ambientalmente ano após ano, principalmente o que diz respeito ao ecossistema costeiro (CAMPOS *et al.*, 2016; SOUZA *et al.*, 2019). Desse modo, observa-se a necessidade de um planejamento urbano prévio para que danos extremos sejam amenizados ou evitados (OLIVEIRA *et al.*, 2013).

2.2. O USO DE GEOTECNOLOGIAS PARA UMA ANÁLISE MULTITEMPORAL

O sensoriamento remoto permite inúmeras aplicabilidades as quais servem de embasamento para toda e qualquer pesquisa que necessite de imagens orbitais, tendo em vista que cada sensor possui sua aplicação mais recomendável considerando suas características peculiares.

2.2.1. RapidEye e Sentinel-2

O sistema sensor RapidEye contém em sua constelação cinco microssatélites multiespectrais, os quais foram lançados na Alemanha em 29 de agosto de 2008 a uma órbita com altitude de 630 km e são calibrados igualmente entre si. O sistema possui um período de revisita de um dia e horário de passagem às 11 horas (KRISCHKE *et al.*, 2000; RAPIDEYE, 2013). Contudo, seu maior diferencial está na sua resolução espacial cotada em 6,5 metros (nadir) e 5 metros para imagens ortorretificadas, sendo possível coletar dados de 4 milhões de km² por dia (PLANET, 2016). As principais características da missão RapidEye estão presentes no Quadro 1.

QUADRO 1 - CARACTERÍSTICAS DA MISSÃO RAPIDEYE

Características da missão	Informação	
Número de satélites	5	
Tempo de vida projetado	7 anos	
Altitude da órbita	630 km	
Hora de travessia no Equador	11:00	
Tipo de sensor	Multiespectral	
Bandas Espectrais	Capaz de capturar as seguintes bandas:	
	Nome/Número da banda:	Faixa espectral (nm):
	Azul – B2	440 – 510
	Verde – B3	520 – 590
	Vermelho- B4	630 – 685
	Red Edge – B5	690 – 730
	Infravermelho próximo – B6	760 – 850
Distância de amostragem do solo (nadir)	6.5 m	
Tamanho do pixel (ortorretificado)	5 m	
Largura da faixa	77 km	
Armazenamento de dados a bordo	Até 1.500 km de dados de imagem por órbita	
Tempo de revisita	Diariamente (off-nadir) / 5.5 dias (nadir)	
Capacidade de captura de imagem	5 milhões de km ² /dia	
Resolução Radiométrica	12 bits	

FONTE: Planet (2016).

Existem três níveis os quais os produtos de imagem do Satélite RapidEye são oferecidos, são eles 1B, 3A e 3B. O 1B diz respeito ao produto básico RapidEye com correções radiométricas e de sensor, enquanto o segundo inclui a correção geométrica e, por fim, no 3B o produto é ortorretificado em larga escala com base nas tomadas de imagens (PLANET, 2016).

No que concerne ao programa Sentinel, este foi organizado com intuito de suceder os satélites já considerados anciãos possuindo seis missões com finalidades múltiplas, este artigo tem como enfoque a missão Sentinel-2 que possui como principal objetivo o monitoramento terrestre (DRUSCH *et al.*, 2012; HAGOLLE *et al.*, 2015; SEGL *et al.*, 2015). Esta missão é composta por satélites gêmeos (S2A e S2B) presentes em igual órbita e lados opostos da Terra, foram lançados na Europa a uma órbita média de 786 km em 23 de junho de 2015 com tempo de revisitação de 5 dias no Equador. Entretanto, sua resolução radiométrica é inferior ao RapidEye, variando de 10, 20 e 60 metros de acordo com suas bandas (ESA, 2021).

Os produtos Sentinel-2 são cedidos nos níveis 1C e 2A, o primeiro representa imagens baixadas com correção de reflectância no topo da atmosfera, com volume de dados de aproximadamente 600 MB (para cada 100km x 100km²) (GATTI & BERTOLINI, 2013) já no segundo as imagens possuem reflectância de superfície, ou seja, na base da atmosfera com volume de dados de aproximadamente 800 MB, para cada 100km x 100km² (ESA, 2021). As principais características da missão Sentinel-2 estão presentes no Quadro 2.

QUADRO 2 - CARACTERÍSTICAS DA MISSÃO SENTINEL-2

Características da missão	Informação					
Número de satélites	2					
Altitude da órbita	786 km					
Hora de travessia no Equador	10:30					
Tipo de sensor	Multi-Spectral Instrument (MSI)					
Bandas Espectrais	Resolução espacial (m)	Nome/ Número da banda:	S2A		S2B	
			Comprimento de onda central (nm)	Largura de banda (nm)	Comprimento de onda central (nm)	Largura de banda (nm)
	10	Azul – B2	496,6	98	482,1	98
		Verde – B3	560,0	45	559	46
		Vermelho – B4	664,5	38	665	39
		Infravermelho próximo – B8	835,1	145	833	133
	20	Red Edge 1 – B5	703,9	19	703,8	20
		Red Edge 2 – B6	740,2	18	739,1	18
		Red Edge 3 – B7	782,5	28	779,7	28
		Red Edge 4 – B8	964,8	33	864	32
		SWIR 1 – B11	1.613,7	143	1.610,4	141
		SWIR 2 – B12	2.202,4	242	2.185,7	238
	60	Aerossol – B1	443,9	27	442,3	45
Vapor d'água – B9		945,0	26	943,2	27	
Cirrus – B10		1.373,5	75	1.376,9	76	
Largura da faixa	290 km					
Tempo de revisita	5 dias					
Resolução Radiométrica	12 bits					

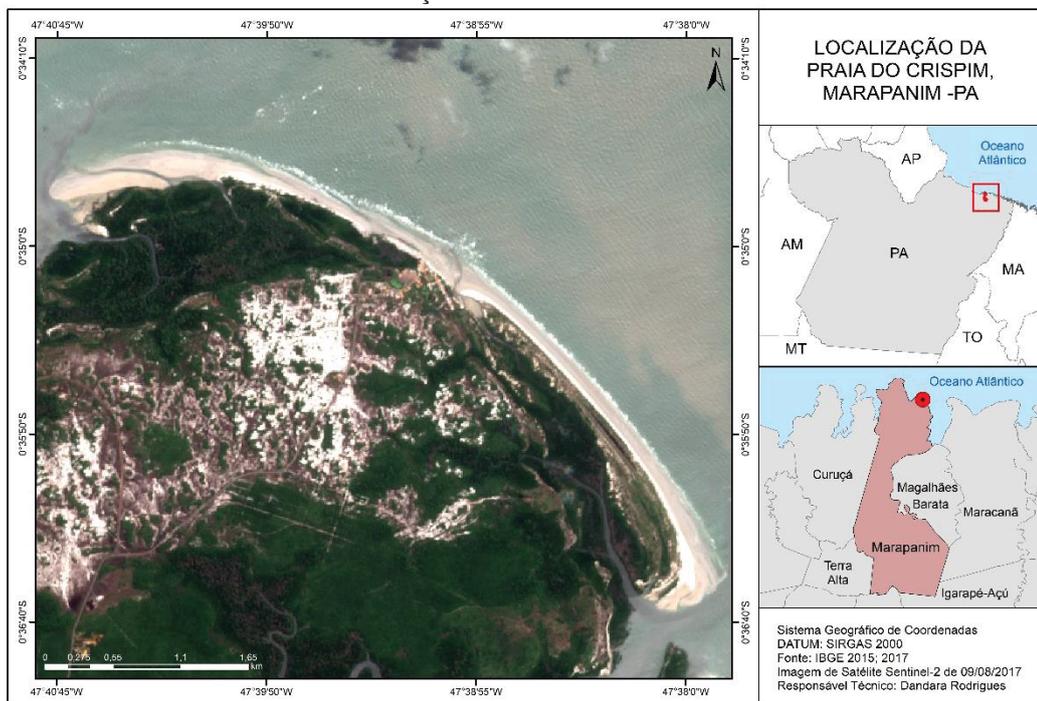
FONTE: ESA (2021).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. ÁREA DE ESTUDO

A Praia do Crispim está localizada no município de Marapanim, estado do Pará, tendo como limites geográficos os municípios de Magalhães Barata e Maracanã a leste, Curuçá e Terra Alta a Oeste, Igarapé-Açú a sul e o Oceano Atlântico a norte (Figura 1). Conforme levantamento realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020) a população local, em 2020, estava estimada em cerca de 28.450 habitantes e possui sua economia girando em torno da pesca e do turismo.

FIGURA 1 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA PRAIA DO CRISPIM



FONTE: A autora (2021).

Crispim está a cerca de 19,1 km do centro urbano de Marapanim, o ambiente possui predominância de manguezal e dunas, os manguezais são tipologias de ecossistemas que possuem como objetivo estabilizar a linha de costa e amenizar a erosão costeira, moderando a altura e energia das ondas para, assim, minimizar as forças erosivas atuantes sobre os sedimentos impedindo-os que sejam subtraídos da costa (UNEP, 2014).

Neste cenário, nota-se que possivelmente a população local se estabeleceu em uma zona que, anteriormente, seria de manguezal (BASTOS & LOBATO, 1996) e como não há mais este tipo de vegetação para estar em confronto com o avanço do mar a comunidade sofre ano após ano perdas imobiliárias.

3.2. OBTENÇÃO DE DADOS

Para este artigo foram selecionados os sensores RapidEye e Sentinel-2, o primeiro é bastante requisitado para temas como Monitoramento Agrícola e Ambiental (ANTUNES; SIQUEIRA, 2013), Mapeamentos de Uso do Solo (COSTA et al., 2016) e Mapeamentos de Cobertura do Solo (SOUZA FILHO, 2001). Enquanto a missão Sentinel-2 é comumente utilizada em pesquisas relacionadas a classificação do uso do solo (BORRÁS et al., 2017) e variabilidade espaço-temporal da condição da vegetação agrícola (RIBEIRO et al., 2017).

O Quadro 3 descreve características das imagens selecionadas para a análise da linha de costa. O Ministério do Meio Ambiente (MMA) disponibiliza, em seu Geo Catálogo, de forma gratuita para todos os órgãos públicos (federais, estaduais, municipais e universidades) as imagens RapidEye para os anos de 2012 à 2016. Já para os anos de 2017, 2019 e 2021 optou-se por utilizar as imagens Sentinel-2 nível 1C, por conterem uma resolução espacial próxima do RapidEye, e foram baixadas gratuitamente a partir do site da Copernicus, dito Programa de Monitoramento Terrestre da União Europeia (ESA, 2021).

QUADRO 3 - CARACTERÍSTICAS DAS IMAGENS COLETADAS

Sensor	Satélite	Data	Produto	Resolução espacial (m)	Bandas	Condições de maré	Fase Lunar
MS	RapidEye	10/10/2013	3A	5	5, 4, 3	Preia-mar	Crescente
		28/01/2015				Baixa-mar	Crescente
MSI	Sentinel-2	09/08/2017	1C	10		Preia-mar	Minguante
		03/10/2019				Preia-mar	Crescente
		29/06/2021				Baixa-mar	Minguante

FONTE: GeoCatálogo MMA, Copernicus, Tábua de Marés.

3.3. ANÁLISE DA LINHA DE COSTA

A partir das imagens adquiridas foi possível realizar uma fotointerpretação visual para averiguar se houve avanço ou retrogradação da linha de costa da Praia do Crispim, esta análise foi realizada em 4 pontos distintos na extensão da praia, sendo dois deles levando em consideração a entrada da praia e área residencial mais afetada. Para tal, utilizou-se o software ArcGis, determinou-se o limite continental da areia praial, levando em consideração a coloração mais esverdeada ou escura que

distinguem vegetação e construções das cores mais claras, acinzentadas, que denominam o areal, conforme metodologia descrita por Moore (2000).

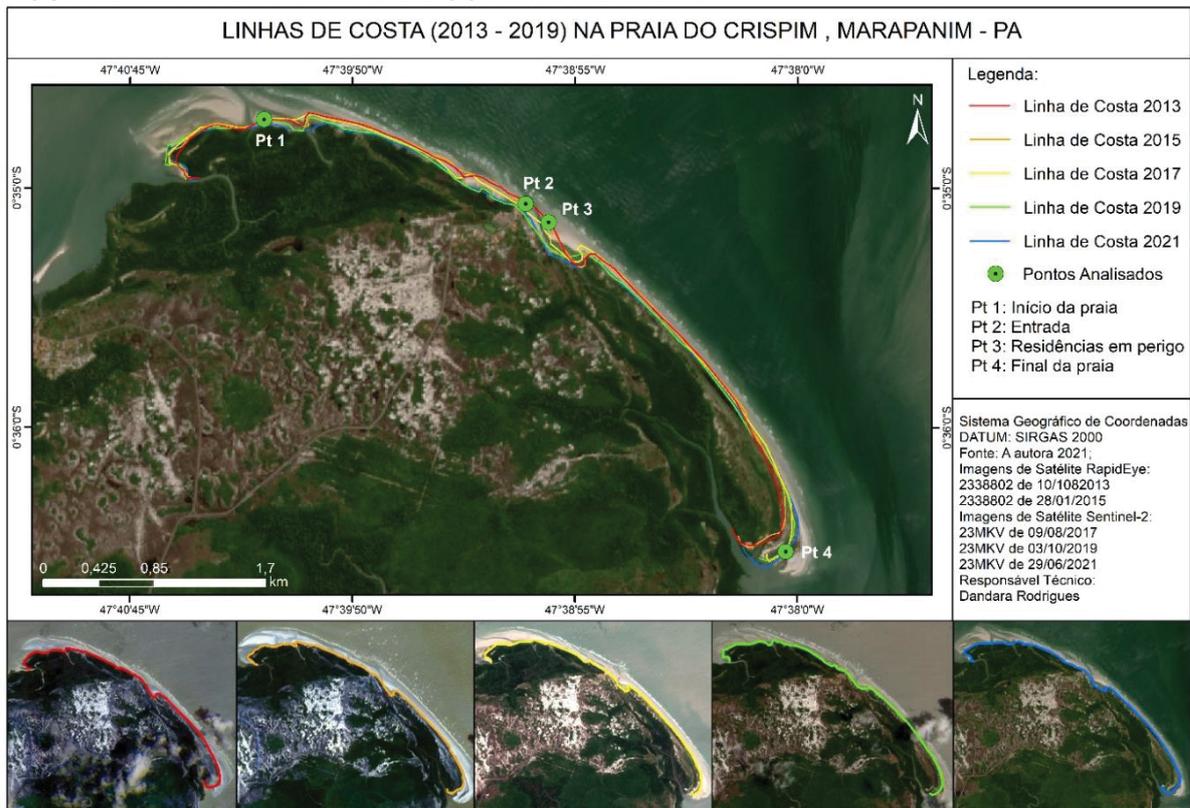
Após vetorização ano a ano observou-se os quatro pontos mais afetados da extensão praial para então serem mensuradas as taxas de variação entre cada vetor perpendicularmente à linha de costa, seguindo a ordem de 2013 para 2015, 2015 para 2017, 2017 para 2019, 2019 para 2021, somando-as posteriormente resultando no ganho ou perda de território.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. EVOLUÇÃO DA LINHA DE COSTA

A partir da vetorização realizada anualmente, de 2013 a 2021 (Figura 2), juntamente com a variação entre suas respectivas vetorizações (Tabela 1) o resultado é um diagnóstico tanto visual quanto quantitativo da erosão na Praia do Crispim.

FIGURA 2 - MAPA DAS LINHAS DE COSTA ANALISADAS



FONTE: A autora (2021).

TABELA 1 - VARIAÇÃO VETORIAL

Pontos	Descrição	2013-2015	2015-2017	2017-2019	2019-2021	Total (m)
1	Início da praia	-13,245	+5,446	-10,901	-30,056	-48,756
2	Entrada dos visitantes	-10,281	-43,265	-21,736	+5,927	-69,355
3	Residências em perigo	-8,387	-47,403	-60,824	+4,546	-112,068
4	Final da praia	-30,103	+165,576	-11,198	+15,987	+140,262

FONTE: A autora (2021).

Os valores negativos representam a perda de limite territorial e valores positivos, estão relacionados ao acréscimo deste território. Diante dos resultados obtidos, no primeiro momento se observa as tendências entre os anos para cada ponto, partindo desse princípio, no ponto 1 (início da praia) entre os anos de 2013 e 2015 nota-se que houve perda do limite territorial de 13,245m, já entre os anos de 2015 e 2017 houve acresção de 5,446, já entre 2017 e 2019 as perdas voltam a acontecer em 10,901m e isso segue sendo a tendência, tanto que entre 2019 e 2021, se perde 30,056 m de linha de costa, o balanço geral desse ponto é de 48,756m negativos, justificando a perda de sedimento na parte inicial da praia.

O ponto dois é um dos mais expressivos pois era onde se observava a orla do Crispim e a entrada dos visitantes a praia, para este, entre os anos de 2013 e 2015, houve perda de território em 10,281m, já entre os anos de 2015 e 2017 se observa perdas muito expressivas de território, aqui o avanço foi tão grande, de 43,265 m, que se perderam inúmeras estruturas, o arruamento, bares e residências. Situação parecida foi descrito por Braga et al. (2019) para o município de Salinópolis-PA, que registrou destruição de estruturas como bares e restaurantes construídos sobre a pós-praia e estirâncio e ameaçam hotéis e residências.

De 2017 a 2019 a linha de costa mantém sua tendência e mais 21,736 metros foram perdidos, por fim entre 2019 e 2021 a dinâmica muda e houve um acréscimo de 5,927m, no geral entre todos os anos se perdeu 69,355 m de linha de costa, nesse ponto se observa um risco muito grande principalmente pelo aporte estrutural. Esse mesmo fenômeno foi registrado por Braga et al. (2019), os setores de praias arenosas, mesmo apresentando Muito Alta vulnerabilidade para o total das variáveis, possuem diferença quanto à potência das ondas incidentes no local e à velocidade das correntes costeiras

No terceiro ponto foram perceptíveis as mudanças mais significativas e é a parte mais habitada, entre os anos de 2013 e 2015 se perdeu 8,387 m de território, já

entre os anos de 2015 e 2017 o avanço na linha de costa foi de 47,403 m e entre 2017 e 2019 chegou a 60,825 m, isso pode ser explicado, pela migração de dunas, avanço de canais e a intensidade com que os agentes naturais chegaram até a área, aqui se perderam ruas completas e residências. Em estudos recentes para o litoral oeste da região metropolitana de Fortaleza – CE, Franco (2021) discute que a largura da praia e a presença de dunas foram fatores determinantes para o indicativo de vulnerabilidade das praias analisadas em seu estudo. Desta maneira, as praias onde esses parâmetros apresentaram valores mais acentuados assumiram um grau de vulnerabilidade com tendência a ser aumentado.

No período entre os anos de 2019 e 2021 houve um acréscimo de 4,546 m. Ainda assim o grau de risco e vulnerabilidade desse ponto foi muito alto com decréscimo de 112,068 m. Kantamaneni (2018) afirma que em via de regra, locais com ausência de dunas são mais vulneráveis.

Por fim no ponto 4, apesar de entre os anos de 2013 a 2015 e 2019 a 2021 apresentarem uma perda de território de 30,103 m e 11,198 m respectivamente, nos anos de 2015 e 2017 existiu um balanço sedimentar positivo exorbitante de 165,576m que, juntamente com os 15,987 m de 2019 a 2021, registrou uma tendência deposicional, onde há acúmulo de sedimento sendo o único com balanço total positivo.

Desse modo ficou explícita a intensidade do avanço da linha de costa na praia do Crispim, é possível identificar que, as áreas mais afetadas são onde há maior grau de edificações (Ponto 2 e 3), com a perda mais expressiva e conseqüentemente com grau de risco mais alto, uma vez que é a parte da praia mais habitada e que mais sofre com problemas estruturais e ambientais. A interferência antrópica em áreas próximas ao ambiente costeiro é um fator de predominância, para alterações no balanço sedimentar e conseqüentemente mudanças paisagísticas (SILVA E KOENING, 1993).

Corroborando esse estudo, a dissertação desenvolvida por Mello (2018), na mesma área de estudo, em uma de suas etapas empregou igual metodologia para os anos de 2012 e 2015 o qual classificou como alta erosão justamente a extensão que abrange o acesso da praia, onde há maior circulação de turistas e construções comerciais e residenciais. Em suas considerações Menezes (2016) apresenta que as áreas circunvizinhas a praia do Forte Orange (litoral de Pernambuco) apontaram para a vulnerabilidade à erosão costeira na maior parte da área de estudo devido a interferência antrópica, indicando preocupação e necessidade de intervenção da

gestão pública local. Resultados esses que se assemelham aos apresentados nesse estudo.

Contudo, Conti & Rodrigues (2011) afirmam que podem haver falhas na interpretação das imagens, por motivos de áreas muito rasas ou com grandes quantidades de material em suspensão, o que poderia causar uma análise equivocada, induzindo estas imprecisões. Outro fator que pode afetar na análise seria a diferença de resolução das imagens, o satélite RapidEye possui 5 m de resolução, enquanto o Sentinel-2 possui 10 m, causando uma pequena distorção visual no momento de vetorizar as linhas de costa.

Para ilustrar as perdas imobiliárias sofridas a figura 3 é exemplo da destruição causada a partir da erosão costeira, representa o que era anteriormente uma pousada na entrada da praia. Já as figuras 4 e 5 são formas de contenção utilizadas pelos moradores na tentativa de dissipar a força das ondas.

FIGURA 3 - DESTRUIÇÃO CAUSADA A PARTIR DA EROSÃO COSTEIRA



FONTE: A Autora (2018).

FIGURA 4 E 5: TENTATIVAS DE CONTENÇÃO REALIZADAS PELA POPULAÇÃO



FONTE: A Autora (2018).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo utilizou da fotointerpretação para uma análise multitemporal com intuito de quantificar o avanço ou retrogradação da linha de costa da Praia do Crispim, atingindo de forma clara e coesa com seus objetivos e ilustrando como a área de estudo está em constante mudança territorial de acordo com o avanço intenso de linha de costa.

Os produtos gerados, principalmente nos setores de maior vulnerabilidade, são importantes para a realização de adaptações na Praia do Crispim, onde o primeiro passo é entender a dinâmica costeira e a influência sobre o meio, para se propor obras de contenção ao avanço de linha de costa, remoção da população de área de risco, bem como elaborar proposta de ordenamento territorial, onde se possa planejar adequadamente o uso e ocupação da área.

Para tal, medidas emergenciais devem ser aplicadas para que minimizem as perdas, como por exemplo barreiras de contenção emergencial que podem ser feitas com sacos de areia e rochas enquanto se elabora um projeto de contenção, reparação ou recuperação da área já afetada.

REFERÊNCIAS

- ANTUNES, M. A. H.; SIQUEIRA J. C. S. Características das imagens RapidEye para mapeamento e monitoramento agrícola e ambiental. *In: ANAIS XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR*, Foz do Iguaçu: INPE, 2013. Disponível em: <http://marte2.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte2/2013/05.29.00.37.07/doc/p1253.pdf>. Acesso em: 07 mai 2021.
- Bastos, M.N.C.; Lobato, L.C.B. 1996. Estudos fitossociológicos em áreas de bosque de mangue na praia do Crispim e ilha de Algodão, Pará. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Série Ciências da Terra*, Belém, v. 8, p. 157-167, 1996. (<https://repositorio.museu-goeldi.br/handle/mgoeldi/620>)
- BORRÁS, J. et al. Land use classification from Sentinel-2 imagery. *Revista de Teledetección*, n. 48, p. 55-66, 2017.
- BRAGA, Ronaldo Cruz; PIMENTEL, Márcia Aparecida Silva. Índice de Vulnerabilidade Diante da Variação do Nível do Mar na Amazônia: Estudo de Caso no Município de Salinópolis-Pará (Index of vulnerability faced with the variation of the sea level in the Amazon: case study in the municipality of salinópolis-Pará). *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 12, n. 2, p. 534-561, 2019.
- CAMPOS, W. *et al.* Gestão Ambiental e Políticas Públicas Influência da Urbanização na Erosão da Área Costeira na Praia do Murubira, Ilha de Mosqueiro - PA. *In: XIV ENEEAmb, II Fórum Latino e I SBEA*, 2016. *Anais eletrônicos*. Brasília, 2016. Disponível em: <http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/influencia-da-urbanizacao-na-erosao-da-rea-costeira-na-praia-do-murubira-ilha-de-mosqueiro-pa-23945>. Acesso em: 28 Agos. 2021.
- Conti, L.A. & Rodrigues, M. Variação da Linha de Costa na Região da Ilha dos Guarás – PA Através de Análise de Série Temporal de Imagens de Satélites. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 5, p. 922-937, 2011.

COSTA, E.; ANTUNES, M.; DEBIASI, P.; ANJOS, L. Processamento de imagens RapidEye no mapeamento de uso do solo em ambiente de Mar de Morros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.51, n.9, p.1417-1427, set. 2016.

DIAS, J. **Estudo de Avaliação da Situação Ambiental e Proposta de Medidas de Salvaguarda para a Faixa Costeira Portuguesa (Geologia Costeira)**, IV Causas da Erosão Costeira. 1993. Disponível em: http://w3.ualg.pt/~jldias/JAD/ebooks/Ambicost/4_Ambicost_Causas%20Er.pdf. Acesso em: 10 maio 2021.

DRUSCH, M. *et al.* Sentinel-2: ESA's optical high-resolution mission for GMES operational services. **Remote Sensing of Environment**, v. 120, p. 25-36, 2012.

ESA. **Missões Sentinel-2**, 2019. Disponível em: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2>. Acesso em: 07 agos. 2021.

FRANCO, Brunno Jansen. Análise do Índice de Vulnerabilidade Costeira no setor Oeste da Região Metropolitana de Fortaleza. 2021. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/59257>. Acesso em: 04 de agos. 2021.

GATTI, A.; BERTOLINI, A. **Sentinel-2 products specification document** 2013. Disponível em: <https://earth.esa.int/documents/247904/685211/Sentinel-2+Products+Specification+Document>. Acesso em: 23 de agos. 2021.

HAGOLLE, O. *et al.* SPOT-4 (Take 5): simulation of Sentinel-2 time series on 45 large sites. **Remote Sensing**, v. 7, n. 9, p. 12242-12264, 2015.

IBGE, 2018. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/braganca>. Acesso em: 09 maio 2021.

Kantamaneni, K.; Phillips, M.; Thomas, T.; Jenkins, R.. Assessing coastal vulnerability: development of a combined physical and economic index. *Ocean & Coastal Management*, [S.L.], v. 158, p. 164-175, maio 2018. Elsevier BV.

KRISCHKE, M.; NIEMEYER, W.; SCHERER, S. RapidEye satellite based geo-information system. **Acta Astronautica**, v. 46, n. 2-6, 307-312, 2000.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Gerenciamento Costeiro**. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/informma/item/10430-gerenciamento-costeiro.html>. Acesso em: 10 de agos 2021.

Menezes, Athos Farias. Análise da vulnerabilidade à erosão costeira no estado de Pernambuco através de indicadores ambientais e antrópicos / Athos Farias Menezes. - 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/17839>. Acesso em: 04 de agos 2021.

MUEHE, Dieter. Aspectos gerais da erosão costeira no Brasil (general aspects of coastal erosion in Brazil). **Mercator**, Fortaleza, v. 4, n. 7, nov. 2008. ISSN 1984-2201. Disponível em: <http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/113>. Data de Acesso: 06 maio 2021.

MUEHE, D. **Erosão e progradação do litoral brasileiro**. 2006. p. 475.

MOORE, L. J. Shoreline Mapping Techniques. **Journal of Coastal Research**, Florida, v. 16, n. 1, p. 111-124, 2000.

OLIVEIRA, D. S.; DOMINGUES, M. V. D. R.; ASMUS, M. L.; ABDALLAH, P. R. Expansão portuária, desenvolvimento municipal e alterações ambientais no Brasil: desafios para a gestão costeira. **Revista de Gestão Costeira Integrada**. v. 13, n. 1, 79-87, mar. 2013.

PLANET. **RapidEye Imagery Product Specifications**, 2016. Disponível em: <https://www.planet.com/products/satellite-imagery/files/160625-RapidEye%20Image-Product-Specifications.pdf>. Acesso em: 07 mai. 2021.

RAPIDEYE. **Satellite imagery product specifications**. 2013. Disponível em: http://www.flyby.it/images/brochure/rapideye/eng/re_product_specifications_eng.pdf. Acesso em: 03 agos. 2021.

REBELLO, F.; JUNIOR, F.; LOPES, GALVÃO, R.; CORRÊA, R. Efeitos da degradação ambiental no espaço natural da Praia de Ajuruteua (PA): Percepção dos Pescadores Locais. **Nova Revista Amazônia**, [S.l.], v. 1, p. 101-123, mai 2007.

RIBEIRO, R. B. *et al.* Variabilidade espaço-temporal da condição da vegetação na agricultura irrigada por meio de imagens SENTINEL-2a. **Revista Brasileira De Agricultura e Irrigação**, v. 11, p. 1884-1893, 2017.

SEGL, K. *et al.* S2eteS: An end-to-end modeling tool for the simulation of Sentinel-2 image products. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 53, n. 10, p. 5560-5571, 2015.

SILVA, I. G. e KOENING, M. L., Variação sazonal da densidade fitoplanctônica no estuário do rio Paripe, Itamaracá, Pernambuco, Brasil. *Arq. Biol. Tecnol.*,v. 4 p. 645-658., 1993.

SOUZA FILHO, P.W.M. **Análise Multitemporal e Multisensor (TM Landsat e Radarsat) da Dinâmica de Ambientes Costeiros dominados por macromaré na Planície Costeira Bragantina-Pará**. Tese (Doutorado em Gociências) - Universidade Federal do Pará, Belém, PA, 2001.

SOUZA, C. A Erosão Costeira e os Desafios da Gestão Costeira no Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, Vale do Itajaí, v. 9, n. 1, 17- 37, 2009.

UNEP (2014). **The Importance of Mangroves to People: A Call to Action**. van Bochove, J., Sullivan, E., Nakamura, T. (Eds). United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre, Cambridge. 128 pp.