Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>

Análise da Evolução da Linha de Costa da Região Metropolitana Sul da Cidade do Recife – PE, Brasil

Gilberto Sabino dos Santos Junior¹, Maria das Neves Gregório², Marcia Cristina de Souza Matos Carneiro³, Eduardo Paes Barreto⁴, Grenda Juara Alves Costa⁵, Weyller Diogo Albuquerque Melo⁶

¹Mestre do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental, Instituto de Tecnologia de Pernambuco, Av. Prof Luiz Freire, 700, CEP 50.740-545, Cidade Universitária, Pernambuco Recife, e-mail: gil_sabino@yahoo.com.br, ORCID - 0000-0001-7277-7458. ²Doutora em Oceanografia, Professora Colaboradora do Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação Universidade Federal de Pernambuco, Av. Acadêmico Hélio Ramos, CEP: 50740-530, Recife, Pernambuco, e-mail: nevesggregorio@hotmail.com, ORCID - 0000-0003-2981-6719. ³Doutora em Geociências, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, Av. Domingos Ferreira, 1097, 51011-040, Pernambuco, Recife, e-mail: carmarciaibge@gmail.com, ORCID - 0000-0001-5397-6646. ⁴Doutor em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco. Av. Prof. Moraes Rego, 1235, CEP 50670-901, Pernambuco, Recife, e-mail: edubarreto@hotmail.com, ORCID - 0000-0001-8301-4878. ⁵Mestre em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Universidade Federal de Pernambuco. Av. Prof. Moraes Rego, 1235, CEP 50670-901, Pernambuco, Recife, e-mail: grendajuara@hotmail.com, ORCID - 0000-0001-7028-2224. ⁶Mestre em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Universidade Federal de Pernambuco. Av. Prof. Moraes Rego, 1235, CEP 50670-901, Pernambuco, Recife, e-mail: wdiogo19@gmail.com, ORCID - 0000-0002-5696-2917.

Artigo recebido em 23/11/2020 e aceito em 25/05/2020

RESUMO

O processo de erosão costeira vem afetando de forma contínua as praias do município do Jaboatão dos Guararapes, município da Região Metropolitana do Recife – PE. A ocupação desordenada ao longo dos últimos 42 anos tem agravado o processo erosivo nas praias desse município. A prefeitura em parceria com o governo do estado implantou a técnica de engenharia costeira conhecida como transpasse de sedimentos, engorda da praia, para contenção da erosão, mas que vem apresentando retirada de sedimentos, mesmo após a engorda. Por esta razão este trabalho teve o objetivo de analisar a variabilidade multitemporal da linha de costa do município de Jaboatão dos Guararapes. O ano de 1974 foi utilizado como referência para a realização do cálculo da taxa de deslocamento da linha de costa para os anos de 1981, 1997, 2010, 2013 e 2016, realizado no programa Arcgis 10.1. A área de estudo foi dividida em 4 (quatro) setores de sul para o norte. Foi observada uma relevante retrogradação para o Setor 1 (praia de Barra de Jangada) entre 1974 e 1981, apresentando estabilização entre 1981 e 1997. Já no Setor 2 (praia de Candeias), houve progradação no período de 1974 a 2010. Em 2013 ocorreu uma grande progradação da linha de costa, devido a execução da técnica de transpasse de sedimentos, sendo o Setor 1 o que obteve maior deslocamento da linha em relação aos anos anteriores. Para o ano de 2015 ocorreu o processo inverso, ou seja, uma grande retrogradação em toda extensão do litoral de Jaboatão, principalmente na praia de Barra de Jangada (Setor 1). A linha de costa do ano 2016 apresentou um grande recuo, apresentando semelhança em diferentes trechos nos 4 setores em relação a linha do ano de 1997.

Palavras-chave. Transpasse de sedimentos, linha de costa, erosão, engorda.

Analysis of the Evolution of the Coastline of the Metropolitan Region South of the City of Recife – PE, Brazil

ABSTRACT

The process of coastal erosion has been continuously affecting the Jaboatão dos Guararapes's beaches, city of the Metropolitan Region of Recife - PE. The disorderly occupation over the last 42 years has aggravated the erosive process in the beaches of this city. The city government in partnership with the state government implemented the coastal engineering technique known as sediment transfer, fattening the beach to contain erosion, but which has been showing sediment removal, even after fattening. For this reason, this work aimed to analyze the multitemporal variability of the coastline of the city of Jaboatão dos Guararapes. The year 1974 was used as a reference for the calculation of the shoreline

1645

displacement rate for the years 1981, 1997, 2010, 2013 and 2016, performed in the program Arcgis 10.1. The study area was divided into 4 (four) sectors from south to north. A large retrogradation was observed for Sector 1 (Barra de Jangada beach) between 1974 and 1981, showing stabilization between 1981 and 1997. In Sector 2 (Candeias beach), there was progression from 1974 to 2010. In 2013 there was a great progradation of the shoreline, due to the execution of the sediment transfer technique, being Sector 1 the one that had the largest displacement of the line in relation to previous years. For 2015, the opposite process occurred, that is, a major retrogradation in the entire length of the Jaboatão coast, especially in Barra de Jangada beach (Sector 1). The shoreline of the year 2016 showed a large setback, showing similarity in different stretches in the 4 sectors compared to the 1997 line.

Key words. Sediment transfer, shoreline, erosion, fattening.

Introdução

A linha de costa é um indicador que delimita o continente e o mar, e não apresenta uma feição única, pode ser caracterizada pela linha de deixa da última maré. Esta corresponde a uma linha natural modificada pelas condições climáticas e/ou a presença física de alguma ação antrópica, como por exemplo, obras rígidas de contenção à erosão. Essas obras podem também caracterizar a linha de costa, desde que seja o limite entre o continente e o oceano.

A ação dos ventos, ondas, correntes, marés, suprimento de sedimentos, mudanças no nível relativo do mar, morfologia, as atividades humanas afetam a linha de costa, morfologia (Neh, 2016; Vargas et al., 2016; Hassan e Rahma, 2016; Tonyes et al., 2017; Yadav et al., 2017; Armenio et al., 2019) e essas mudam em escala espacial e temporal, assim, é necessário estratégias para o manejo da linha de costa (Hassan e Rahmat, 2016; Sage, 2016; Carneiro et al., 2018; Jaafar et al., 2018; Armento et al., 2019). As informações a acurácia da linha de costa são essenciais para a compreensão do processo e dinâmica das varrições futuras (Nehra, 2016).

Devido à variabilidade natural das praias arenosas, da sua natureza particular e sua evolução ao longo do tempo é muito difícil estabelecer uma feição física como sendo representativa da linha de praia (Toldo Jr. e Almeida, 2003). A feição indicadora da linha de costa deve ser prática e principalmente, a feição deve existir consistentemente ao longo de toda área investigada (Pajak e Leatherman, 2002). A linha de deixa, da preamar de sizígia foi adotada como indicador da linha de costa para este estudo, por percorrer praticamente toda a extensão das praias do município de Jaboatão.

Conhecer as mudanças no deslocamento da linha de costa no presente e no passado, bem como, fazer projeções para o futuro, é essencial para a maioria dos projetos de engenharia e planejamento na zona costeira (Galgano e Leatherman, 1991; Morton, 1997; Honeycutt et al., 2001; Pajak e Leatherman, 2002).

Embora as variações da linha de costa sejam o resultado de processos tridimensionais

(Parson et al., 1999), a posição e o deslocamento horizontal da linha de costa são variáveis que comumente servem como indicadores de erosão e acreção (Morton et al., 1993; Stockdon et al., 2002).

A dinâmica das praias de Jaboatão se caracterizam por estarem afetada por processos constantes de transformação. A variabilidade que ocorre na linha de costa pode estar relacionada tanto de origem humana como natural. Entende-se como causas naturais às marés, a ausência do aporte de areia, o surgimento de corpos arenosos, as correntes de retorno, a descontinuidade das linhas de recifes, a sazonalidade das praias e as barreiras hidráulicas produzidas pelos cursos fluviais. É evidente que a linha de costa está em constante mutação como resultado da hidrodinâmica oceânica (Costa, 2006).

Estima-se que a população da zona costeira em nível mundial terá dobrado nos próximos anos, devendo ocorrer maiores esforços para a criação de uma sociedade sustentável. Será esse espaço que proporcionará as referências de nível de sucesso ou fracasso da implementação de planos de gestão ambiental (IUCN, PNUMA, WWF, 1992). Os problemas globais de ambiente e desenvolvimento segundo o conceito de desenvolvimento sustentável reconhece a necessidade da manutenção do equilíbrio ambiental, bem como, sejam atendidas o comprometimento da qualidade de vida das futuras gerações. Baseado nesse conceito, os ambientes costeiros constituem um dos ambientes com problemas em escalas globais, regionais, locais, e apresentam dinâmica própria, flutuações e modificações ao longo do tempo, incluindo influências naturais e antrópicas.

No Brasil, e em Pernambuco, é comum o desenvolvimento urbano sem planejamento, desconsiderando os limites do ambiente natural e a dinâmica da linha costa (LINS et al., 2016). O crescimento urbano na região metropolitana do Recife, em Jaboatão dos Guararapes, proporcionou grandes alterações na zona costeira desse município. O uso e a ocupação do solo em áreas Non Aedificanti afetam a dinâmica do ambiente praial e assim, interferem na variação natural da

linha de costa e na instalação ou avanço do processo erosivo, culminando em um ambiente de difícil regeneração, como ocorridos nas praias localizadas Região Metropolitana do Recife.

Diante dessas perspectivas e cenários, em um desenvolvimento urbano local sustentável e uma linha de costa estabilizada, que possa ser gerenciada para uma utilização das gerações futuras, esse trabalho teve como objetivo analisar a evolução da linha de costa, seu estado erosivo e/ou deposicional das praias do Município do Jaboatão dos Guararapes: Barra de Jangada, Candeias e Piedade e a implicação dessa evolução na erosão da linha de costa. Bem como, a relação e comparação da linha de costa obtidas após a engorda das praias citadas e a posição da mesma em décadas anteriores. Esta análise foi realizada entre os anos de 1974, 1981, 1997, 2010, 2013, 2015, 2016, sendo o ano de 1974 o ano referência na escala multitemporal da variabilidade da linha de costa do município.

Material e métodos

Área de estudo

A área de estudo corresponde às praias do Município do Jaboatão dos Guararapes: Barra de Jangada, Candeias e Piedade. O município do Jaboatão dos Guararapes está situado no litoral do Estado de Pernambuco (Figura 1), na Região Metropolitana do Recife (RMR), Nordeste do Brasil. Tem uma extensão territorial de 256 quilômetros quadrados. Limita-se ao Norte com a capital pernambucana e o município de São Lourenço da Mata, ao Sul com o Município do Cabo de Santo Agostinho, a Leste com o Oceano Atlântico e a Oeste com o município de Moreno.

O Estado de Pernambuco possui uma faixa costeira de 187 km, e está inserida no

macrocompartimento, Costa dos tabuleiros Norte, que compreende parte das Bacias Sedimentares Pernambuco-Paraíba e Cabo, separadas pelo Lineamento Pernambuco, que corta a cidade do Recife. Estas bacias são preenchidas por sedimentação mesoceno-zóica, representadas pelas formações Cabo, Beberibe e Gramame, de idade cretáceas, e pela Formação Barreiras do Terciário (Alheiros et al., 1995; Barbosa e Lima Filho, 2005).

A costa do estado de Pernambuco apresenta um caráter transgressivo jovem, com predominância de estuários, devido principalmente ao pequeno aporte de sedimentos fluviais. A presença de mangues nos estuários é marcante, sendo reflexo de uma costa com influência de marés. Constitui-se outra característica marcante do litoral Pernambucano, a ausência quase total de dunas desenvolvidas ao longo da planície costeira, refletindo a falta de condições favoráveis à acumulação desses depósitos, ou seja, a existência de grandes praias arenosas associadas a um clima árido e à escassez de vegetação (Gois, 2011).

Sob o aspecto fisiográfico a costa pernambucana é dividida em três setores: Setor Norte Setor Médio e Setor Sul, o Setor Médio está situado entre Olinda e o Cabo de Santo Agostinho, caracterizado pela sedimentação quaternária com maior extensão da planície costeira, onde se situa as restingas de Barras das Jangadas, Candeias (Coutinho *et al.*, 1997). O Setor Médio é caracterizado pela sedimentação Quaternária constituída por terraços marinho inferior e superior, terraços marinhos superiores apresentam-se com altitude de 7 a 1 m acima da preamar atual, com alguns afloramentos de antigas cristas de cordões arenosos litorâneos, como na região entre a Lagoa Olho D'água e Boa Viagem, elaborados na penúltima transgressão marinha (Pleistoceno).

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.

Os terraços marinhos inferiores, com 1 a 5 m de altitude, foram elaborados na última transgressão marinha (Holoceno). Nesse setor encontram-se ainda, depósitos de pântanos associados ao afogamento da região costeira na última transgressão; bancos de arenitos que afloram em alguns trechos na face praia, ligados a níveis marinhos mais elevados; e recifes de corais de idade holocênica que se instalaram sobre os bancos de arenito submerso (Dominguez et al., 1990).

Clima e Vegetação

O Litoral de Pernambuco tem o clima tropical úmido – clima As' (pseudotropical) da classificação de köppen, que representa como

sendo tropical úmido com chuvas de outono/inverno, sendo estas antecipadas no outono e as características físicas bem definidas (Sudene, 1973). Em relação a temperatura, esta apresenta uma média acima de 24°C, com precipitação pluviométrica anual em torno de 2.000 mm (Borba, 1999).

As chuvas são provocadas, sobretudo, pelos ciclones da Frente Polar Atlântica que atingem o litoral nordestino com maior vigor no período de outono-inverno, sendo os meses de maio, junho e julho os mais chuvosos, e os meses de outubro, novembro e dezembro os mais secos. (CPRH, 1999).

Originalmente, a floresta tropical atlântica, recobria toda a faixa costeira do Estado. Atualmente, supõe-se que alguns poucos remanescentes dão indicação dessa vegetação

primária, ocorrendo em geral, matas secundárias de extensão e estágios sucessionais diversa, distribuída de forma esparsa por toda a área do litoral Sul de Pernambuco (CPRH, 2001). As áreas de manguezais apresentam um relevo plano, levemente inclinado, fluido, com sedimentos depositados, nas depressões de contato fluvio marinho, em um ambiente caracterizado por uma rede de drenagem dendrítica pinada ou dentrítica anastomosada; e constituída geralmente por argila, matéria orgânica e areia, formando parte do sistema costeiro (Costa, 2009).

Ondas e Correntes

O clima de ondas no estado de Pernambuco é principalmente governado pelos ventos ao largo da linha de costa (Neumann et al., 1996). Dados pretéritos para a área de Boa Viagem, Piedade e Candeias, apontam para ondas de gravidade com alturas médias de 0,7 a 1,2 m e período médio entre 5 e 7 segundos e altura e períodos significativos entre 0,9 e 1,4 m e entre 6 e 8 segundos, respectivamente, com as maiores ondulações ocorrendo durante os meses de setembro e janeiro, e as menores, durante os meses de março e julho (ROLLNIC, 2002).

Segundo Rollnic, (2002) no litoral do município do Jaboatão, o transporte líquido à superfície durante o período chuvoso e se dá predominantemente para norte e contra a costa. Durante o período de estiagem o transporte líquido se dá predominantemente ao longo da costa para o sul.

Para determinar a evolução da linha de costa, foram utilizadas fotografias aéreas dos anos de 1974, 1981, 1997 e a linha de costa 2013, 2015, 2016. Totalizando um estudo de 42 anos. As fotografias aéreas utilizadas dos anos de 1974, 1981 e 1997 foram obtidas junto a Fundação de Desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife (FIDEM), em formato digital, na escala 1:6000. As imagens dos anos 2013, 2015 e 2016 foram obtidas por meio do Google Earth.

As imagens foram georreferenciadas no sistema UTM (Universal Transversal Mercator) no Datum SIRGAS 2000, através do software (ArcGis 10.1), sobre um mapa com a escala de 1:1000, que

serviu como base cartográfica. Foi definida como linha de costa, à linha da última maré, identificada através da linha de deixa para o delineamento da linha de costa. A linha de costa de 1974 foi utilizada como base, para realização do cálculo da variação das distâncias entre a linha de costa de 1974 e as linhas de costa dos anos de 1981, 1997, 2013, 2015 e 2016.

Foi utilizada a linha de costa de 2010, realizada pelo projeto PGEST (Projeto de Geração de Subsídios Técnico-Científicos às Políticas Públicas de Proteção à Costa, 2012), no qual a metodologia aplicada foi segundo Rocha *et al.*, (2008), que consiste na técnica de posicionamento relativo à estação SAT 93110, esse representa um dos vértices da RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo). Nessa coleta dos dados foi utilizado um receptor *GPS* (método estático rápido), e realizado o caminhamento no modo cinemático. Os dados foram coletados nas coordenadas UTM, no Datum WG84, em laboratório foram processados no programa *Turbo Survey Software 27.00*, e depois transformados para o Datum SIRGAS 2000.

Seguindo a configuração da costa atual, após o engordamento a área foi dividida em quatro setores, esses setores foram tipificados pelas mudanças físicas, na linha contínua da costa, caracterizadas pelas curvas presentes no litoral. Os setores estão distribuídos de sul para o norte. O setor 1 está localizado na praia de Barra de Jangada, o Setor 2 está localizado na praia de Candeias e sul da praia de Piedade, o Setor 3 está localizado na região central da praia de Piedade e o Setor 4 na região norte da praia de Piedade (Figura 2).

O cálculo das taxas de evolução da linha de costa, de acreção e retrogradação foi realizado no modo automático da extensão DSAS do software ArcGis 10.1, através das distâncias dos transectos entre a linha base (1974) e os demais anos. As variações das distâncias calculadas em metros resultaram da multiplicação da variação das taxas pelos números de anos em relação à linha base. Os dados obtidos para cada setor foram agrupados em um programa estatístico e calculada a média, mediana, desvio padrão.

Figura 2. Mapa de localização da divisão dos setores da área de estudo.

Resultados

Taxas de Deslocamento da Linha de Costa

Os resultados nas variações das taxas (m/ano) do deslocamento da linha de costa do Município do Jaboatão dos Guararapes, entre a linha de costa do ano 1974 e os demais anos, 1981, 1997, 2010, 2013, 2015 e 2016, estão representados na Tabela 1, Figuras 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10.

Setor 1

O Setor 1 apresentou o maior número de valores com resultados negativos nas taxas de deslocamento da linha de costa. A maior média negativa foi de -12,80 m/ano, apresentando retrogradação (Tabela 1 e Figura 3) da linha de costa, entre os anos de 1974-1981. Nota-se que, no deslocamento da linha de costa dos anos seguintes, 1997 e 2010 foi observada uma progradação, mas não o suficiente para tornar a média de deslocamento anual positiva, em relação a linha referência do ano de 1974. Entretanto, as linhas de

1997 e 2010 apresentaram taxas máximas positivas, apresentando a taxa máxima com o valor positivo de 2,30 m/ano para o ano de 1997.

Apenas após a aplicação da técnica de transpasse de sedimentos durante o ano de 2013, apresentou um forte progradação da linha de costa, tornando o valor da taxa de deslocamento positivo, de 0,96 m/ano (Tabela 1 e Figura 3). Entretanto em relação aos anos posteriores, 2015 e 2016, houve recuo da linha de costa, uma retrogradação gradativa para os períodos 1974 a 2015 e 2016, em relação aos valores observados para a linha de costa de 2013. Apresentando assim, um decréscimo de valores nas taxas de deslocamento no período de 1974-2016.

O período de 1974 (Tabela 1), o Setor 1 também apresentou o maior valor mínimo nos resultados (-26,25 m/ano), bem como, o maior desvio padrão (6,89 m/ano). Entretanto, os resultados não apresentaram valores extremos (outliers) para todos os períodos observados (Figura 4). E os valores entre a média e a mediana apresentaram valores aproximados (Tabela 1), o que corrobora com a semelhança dos dados (Tabela 1). **Setor 2**

Nesse setor foi observada uma maior estabilização do deslocamento das linhas de costa multitemporais analisadas, após o transpasse de sedimentos (Figura 5). Como no setor 1, esse setor apresentou em sua maioria valores negativos, porém apresentando apenas uma média com valor negativo (-1,20m/ano) referente à linha de costa de 1974-1981 (Tabela 1 e Figura 5). Os menores

valores positivos nas médias das taxas ocorreram para o período 1974-1997 e 1974-2010, sendo observado valores próximos de zero (Tabela 1), significando assim, certa estabilização, após o transpasse de sedimentos.

Tabela 1. Resultados das variações das taxas (m/ano) no deslocamento da linha de costa entre os anos de 1974 e 1981 do Setor 1, Setor 2, Setor 3 e Setor 4.

Setores	Ano	Nº de Trans.	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Des. Padrão
Setor 1	1974_1981_S1	170	-12,80	-10,26	-26,25	-2,72	6,89
	1974_1997_S1	180	-2,55	-2,64	-5,73	2,30	1,81
	1974_2010_S1	179	-1,19	-1,17	-3,14	1,38	1,10
	1974_2013_S1	181	0,96	0,84	-0,23	2,89	0,73
	1974_2015_S1	174	-0,56	-0,62	-1,88	1,31	0,76
	1974_2016_S1	176	-0,74	-0,92	-1,58	0,75	0,53
Setor 2	1974_1981_S2	365	-1,20	-1,30	-3,60	0,63	0,91
	1974_1997_S2	363	0,02	-0,02	-0,49	0,79	0,28
	1974_2010_S2	363	0,01	0,01	-0,59	0,58	0,20
	1974_2013_S2	365	1,67	1,81	1,00	2,91	0,37
	1974_2015_S2	365	0,47	0,59	-0,40	0,98	0,30
	1974_2016_S2	365	0,42	0,44	-0,12	0,73	0,23
Setor 3	1974_1981_S3	228	1,39	1,56	-0,64	3,34	1,31
	1974_1997_S3	228	0,21	0,16	-0,30	0,88	0,31
	1974_2010_S3	229	1,32	1,10	-0,48	4,32	1,37
	1974_2013_S3	230	2,20	2,29	0,87	3,06	0,68
	1974_2015_S3	230	1,76	2,00	0,38	2,44	0,54
	1974_2016_S3	228	0,05	0,05	0,02	0,07	0,02
Setor 4	1974_1981_S4	809	0,45	-0,15	-1,80	5,70	1,73
	1974_1997_S4	808	1,31	1,32	0,02	2,69	0,49
	1974_2010_S4	810	0,83	0,93	-0,57	1,85	0,58
	1974_2013_S4	810	1,18	1,12	0,57	1,97	0,35
	1974_2015_S4	813	0,92	0,88	0,25	1,60	0,31
	1974_2016_S4	814	0,89	0,89	0,31	1,69	0,38

Figura 3. Resultados das taxas de progradação e retrogradação do Setor 1, entre os anos 1974, 1981, 1997, 2010, 2013, 2015 e 2016.

Figura 4. Resultados da variação das taxas do deslocamento do Setor 1 da linha de costa para o os períodos 1974-1981, 1974-1997, 1974-2010, 1974-2013, 1974-2015, 1974-2016.

Figura 5. Resultados das taxas de progradação e retrogradação do Setor 2, entre os anos 1974, 1981, 1997, 2010, 2013, 2015 e 2016.

No período de 1974 a 2010 o Setor apresentou certa estabilização da linha de costa, entretanto foi observado até esse período um grande déficit de sedimentos, principalmente ao sul desse setor, dando continuidade ao processo erosivo verificado no Setor 1. Nesse setor também foi observado valores entre o máximo e o mínimo respectivamente de 0,58 e -0,59 m/ano, com pouca variação multitemporal (Tabela 1 e Figura 5), para esse período.

No deslocamento da linha de costa para o período 1974-2013 foi observado a maior média,

com a progradação desse setor (Tabela 1 e Figura 6), registrando uma taxa de 1,67 m/ano. Porém foi identificada uma retrogradação progressiva, da linha de costa para os anos seguintes, 2015 e 2016 em relação ao período de 1974-2013.

Os valores máximos e mínimos para o setor apresentaram pouca variação, encontrando-se o menor valor (-3,60 m/ano) para o período de 1974-1981. Apresentando assim, uma retrogradação no deslocamento da linha de costa, essa deslocou-se em direção onshore. O maior desvio padrão se encontra no período de 1974-2013, no valor de 2,91, correspondendo também ao

ano de transpasse de sedimentos no ambiente praial. Entretanto os resultados não apresentaram valores extremos (outliers) para todos os períodos

observados (Figura 6), o que corrobora com a semelhança dos dados (Tabela 1 e Figura 6).

Figura 6. Resultados da variação das taxas do Setor 2 do deslocamento da linha de costa para o os períodos 1974-1981, 1974-1997, 1974-2010, 1974-2013, 1974-2015, 1974-2016.

Setor 3

O Setor 3 não apresentou grande variação nas médias das taxas de deslocamentos da linha de costa analisada para todo o período analisado. Foi observado no deslocamento da linha de costa valores médios positivos. A maior média de deslocamento registrada foi à taxa de 2,20 m/ano, também para o período de 1974-2013.

O deslocamento do período de 1974-2010 (Tabela 1 e Figura 7) foi o que obteve o maior valor máximo de acreção desse setor, no valor de 4,32 m/ano e o menor valor (-0,64) para o período 1974-1981, bem como, o maior desvio padrão observado (1,31) para o mesmo período.

Para esse setor, após a aplicação da técnica de transpasse de sedimentos no ano de 2013

(Tabela 1 e Figura 7) foi observada uma progradação da linha de costa. Em relação aos períodos posteriores a linha de costa manteve-se estabilizada para o período monitorado. Esse setor

também não foi observado valores extremos (outliers) para todos os períodos observados (Figura 8), o que corrobora com a semelhança dos dados (Tabela 1 e Figura 8).

Figura 7. Resultados das taxas de progradação e retrogradação do Setor 3, entre os anos 1974, 1981, 1997, 2010, 2013, 2015 e 2016.

Figura 8. Resultados da variação das taxas do Setor 3 do deslocamento da linha de costa para o os períodos 1974-1981, 1974-1997, 1974-2010, 1974-2013, 1974-2015, 1974-2016.

Setor 4

O Setor 4 apresentou pouca variação entre os valores médios nas taxas de deslocamento das linhas analisadas (Tabela 1 e Figura 9). Todas apresentaram valores médios positivos, sendo o menor valor de 1,31 m/ano durante o período de 1974-1997. Entretanto o valor de deslocamento positivo de 1974-1981 registrou o valor máximo de deslocamento de 5,70 m/ano (Tabela 1). Bem

como, o menor valor de deslocamento de retrogradação, com uma taxa de -180 m/ano, para o mesmo período. O maior e o menor desvio padrão observado foi de 1,73 (1974-1981) e o valor de 0,31 (1974-2015) respectivamente.

Figura 9. Resultados das taxas de progradação e retrogradação do Setor 4, entre os anos 1974, 1981, 1997, 2010, 2013, 2015 e 2016.

Para esse setor também foi observado, que durante os períodos de 1974-1981 e 1974-1997, o setor apresentava um grande déficit de sedimentos, semelhante ao Setor 2, apresentando uma linha de costa como se fosse estabilizada, diante da entrada e saída de sedimentos no período de 1974-1997, mas na realidade há uma grande ausência de sedimentos no ambiente praial. Entretanto para o período representado entre 1974-2010 há um retorno dos sedimentos no ambiente praial (Figura 9), provavelmente esse ocorrido poderá está relacionado ao período de chuvas ocorrido no interior do estado de Pernambuco, demonstrando

assim, uma maior oferta de sedimentos para esse período carreado pelo rio Jaboatão.

Para os períodos de 1974-2013, como transpasse de sedimentos a linha de costa mostra-se estabilizada. Para os períodos entre 1974-2015 e 1974-2016, não houve deslocamento negativo, porém, percebe-se (Figura 9) que no período 1974-2016 há uma maior variação da linha de costa, bem como, um certo recuo.

Os resultados para o Setor 4, também não apresentaram valores extremos (outliers) para todos os períodos observados (Figura 10). Os valores entre a média e a mediana apresentaram

valores aproximados (Tabela 1 e Figura 10), o que corrobora com a semelhança dos dados (Tabela 1 e Figura 10). Porém foram observados valores

extremos para o período 1974-1981, onde se observa um déficit de sedimentos 1974-1981 e 1974-1997.

Figura 10. Resultados da variação das taxas do Setor 4 do deslocamento da linha de costa para o os períodos 1974-1981, 1974-1997, 1974-2010, 1974-2013, 1974-2015, 1974-2016.

Distância dos Transectos no deslocamento da linha de costa

Setor 1

Na Tabela 2 se observa os resultados das variações da distância dos transectos e a evolução da linha de costa entre o ano de 1974 e os demais

anos, 1981, 1997, 2010, 2013, 2015 e 2016, representados nas Figuras 11 a 16.

Em relação aos valores médios no deslocamento das distâncias dos transectos de 1974-1981 se obteve a maior média negativa, apresentando um valor de -89,57 m, para o período monitorado em 42 anos. Um único valor positivo

foi registrado para o período de 1974-2013 em razão da aplicação da técnica de transpasse de sedimentos, apresentando um valor de 37,40 m nos 42/anos. Salientando que, na linha de costa de 1974-2015 e 1974-2016, a linha de costa apresentou uma retrogradação em relação ao período 1974-2013 (Tabela 2).

O máximo valor observado nas distâncias dos transectos (112,52m/42anos) ocorreu durante o período de 1974-2013 e o valor mínimo (-183,78m/42anos) para o período de 1974-1981,

apresentando esse a maior retrogradação da linha de costa em relação a todos os períodos estudados. O maior desvio padrão para distâncias dos transectos foi observado o valor de 48,2 em 42 anos, também no período de 1974-1981 (Tabela 2).

Em relação à análise multitemporal para os valores das distâncias dos transectos do Setor 1, em relação a progradação e a retrogradação da linha de costa, os histogramas mantiveram uma suave simetria (Figura 11). Esses valores evidenciaram a normalidade dos dados coletados.

Tabela 2. Resultados das variações das distâncias no deslocamento da linha de costa entre os anos de 1974, 1981, 1997, 2010, 2013, 2015, 2016 do Setor 1, Setor 2, Setor 3 e Setor 4.

Setores	Ano	Nº de Trans.	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Des. Padrão
Setor 1	1974_1981_S1	170	-89,57	-71,83	-183,78	-19,06	48,21
	1974_1997_S1	180	-58,75	-60,83	-131,87	52,81	41,57
	1974_2010_S1	179	-42,93	-42,04	-113,13	49,58	39,51
	1974_2013_S1	181	37,40	32,62	-8,86	112,52	28,40
	1974_2015_S1	174	-23,11	-25,42	-77,06	53,81	30,98
	1974_2016_S1	176	-31,26	-38,76	-66,34	31,58	22,33
Setor 2	1974_1981_S2	365	-8,41	-9,09	-25,22	4,39	6,39
	1974_1997_S2	363	0,43	-0,37	-11,17	18,19	6,55
	1974_2010_S2	363	0,11	0,12	-21,16	20,86	7,37
	1974_2013_S2	364	65,03	70,43	39,12	86,63	14,33
	1974_2015_S2	365	19,28	24,01	-16,46	40,14	12,47
	1974_2016_S2	365	17,51	18,33	-5,08	30,57	9,60
Setor 3	1974_1981_S3	227	9,72	11,24	-4,49	23,35	9,17
	1974_1997_S3	228	4,80	3,72	-6,82	20,34	7,20
	1974_2010_S3	229	47,34	39,48	-17,30	155,36	49,36
	1974_2013_S3	230	85,94	89,36	33,88	119,39	26,54
	1974_2015_S3	230	72,31	82,05	15,44	100,15	22,23
	1974_2016_S3	228	2,00	2,04	0,68	3,09	0,73
Setor 4	1974_1981_S4	809	3,13	-1,08	-12,62	39,90	12,13
	1974_1997_S4	808	30,03	30,27	0,39	61,84	11,19
	1974_2010_S4	810	29,99	33,65	-20,56	66,48	20,93
	1974_2013_S4	810	46,18	43,87	22,35	76,67	13,49
	1974_2015_S4	813	37,66	36,14	10,15	65,70	12,60
	1974_2016_S4	814	37,58	37,51	12,96	71,18	15,82

Figura 11. Histograma de distribuição das distâncias do setor 1 em relação aos anos de (1974, 1981, 1997, 2010, 2013, 2015, e 2016).

Sector 2

O setor 2 apresentou uma menor variação nas médias dos transectos da linha de costa (Tabela 2), sendo essas positivas, apresentou uma maior média (65,03 m/42 anos), correspondente ao período de 1974-2013. Entretanto foi observado um único valor de distância negativo (-8,41 m/42 anos), para o período de 1974-1981. Foi registrado que, no deslocamento das linhas de costa multitemporais de 1974-2015 e 1974-2016, após o transpasse de sedimentos houve recuos

gradativos da linha de costa (Tabela 2). O maior desvio padrão para distancias dos transectos foi observado o valor de 14,33 m/42 anos, no período de 1974-2013 (Tabela 2).

Na análise multitemporal dos valores da distância do setor 2, em relação a progradação e retrogradação, da linha de costa os histogramas, mantiveram uma suave simetria (Figura 12), evidenciando a normalidade dos dados coletados.

Figura 12. Histograma de distribuição das distâncias do Setor 2 em relação aos anos de (1974, 1981, 1997, 2010, 2013, 2015, e 2016.

Setor 3

Para o Setor 3, esse apresentou uma maior variação entre as distancias dos transectos nas linhas de costa analisadas (Tabela 2). Constatando-se uma maior média nas distâncias de deslocamento da linha de costa para o período entre 1974-2013 com um valor de 85,94 m/42anos. Porém, foi no deslocamento da linha de costa durante o período 1974-2010, que se obteve o maior registro de deslocamento máximo positivo, no valor de 155,36 m/42 anos (Tabela 2).

O maior desvio padrão para distancias dos transectos foi observado o valor de 49,6 em 2 anos, no período de 1974-2010 (Tabela 2).

Na análise multitemporal dos valores das distancias do setor 3, em relação e progradação e retrogradação, da linha de costa, os histogramas mantiveram-se com uma suave simetria (Figura 13), evidenciando a normalidade dos dados coletados.

Figura 13. Histograma de distribuição nas distâncias dos transectos do Setor 3 em relação aos anos de (1974, 1981, 1997, 2010, 2013, 2015, e 2016).

Setor 4

Esse setor apresentou todas as médias das distâncias dos transectos com os valores positivos. Foi observado o maior deslocamento da linha de costa entre 1974-2013, no valor de 46,18 m/42 anos e a menor média no valor foi de 3,13 m/42 anos (Tabela 2) para o período de 1974-1981. Para os períodos de 1974-2015 e 1974-2016 foi observado valores menores na média, em relação ao ano de 2013, observando-se assim, um pequeno recuo nas distâncias dos transectos.

O maior desvio padrão para distâncias dos transectos foi observado o valor de 20,93 em 42 anos, no período de 1974-2010 (Tabela 2). Na análise multitemporal dos valores das distâncias dos transectos do setor 4, a progradação e a retrogradação da linha de costa representados nos histogramas, mantiveram-se com uma suave simetria (Figura 14), evidenciando a normalidade dos dados coletados.

Figura 14. Histograma de distribuição das distâncias do Setor 4 em relação 20 aos anos de (1974, 1981, 1997, 2010, 2013, 2015, e 2016).

Em relação à comparação das médias obtidas nas distâncias por setores (Figura 15) percebe-se que, o processo erosivo instalado nas praias do Município do Jaboatão dos Guararapes é existente desde 1974, sendo acelerado nos anos seguinte até o ano de 2013, principalmente para os Setores 1 e 2. Através da reposição dos sedimentos ocorrida durante o ano de 2013, a linha de costa

desse município apresentou um grande deslocamento em direção offshore. Entretanto, o ambiente praial vem perdendo sedimentos para o processo erosivo a partir do ano de 2013. Após a reposição de sedimentos o único setor que apresentou certa estabilidade foi o Setor 4, localizado ao norte da área de estudo.

Figura 15. Médias das Distancias dos Transectos para os setores 1, 2, 3 e 4 no periodo de 1974 a 2016.

Com análises dos sete anos foi possível quantificar os valores da área erodida e visualizar os recuos e avanços das linhas de costa. A Figura 16 mostra a progradação entre os anos de 1974 e 1981 foi de 12,362 m² e a retrogradação de 97,062 m². Ocorrendo uma maior retrogradação no setor 1, ao sul da área de estudo.

Na Figura 16 é possível visualizar que a progradação entre os anos foi de 133,349 m² e retrogradação de 63,372 m², ocorrendo esta ao longo da area de estudo com um maior ocorrência como evidenciado no periodo anterior no setor 1.

O período de 1974 e 2013, com uma progradação de 441,456 m² e retrogradação de 318,222 m². Esta progradação provavelmente deve-se ao transpasse de sedimentos para o ano de

2013. Para os anos de 1974 e 2015, sendo estes valores de 279,088 m² e 26,535 m² respectivamente. Apesar de ter ocorrido o transpasse de sedimentos durante o ano de 2015, foi observado uma retrogradação ao longo da linha de costa, principalmente no setor 1 (Figura 16). A progradação e retrogradação da linha de costa em Jaboatão dos Guararapes para o período de 1974 e 2016 é observada. A progradação de 275,692 m² e retrogradação de 28,332 m². É possível visualizar que a retrogradação foi se estendendo de sul para o norte, abrangendo os setores 1 e 2. Localizados ao sul da área de estudos, nas praias de Barra de Jangada e Candeias.

Figura 16. Resultados do cálculo da área de progradação e retrogradação entre os anos de 1974 e 1981 e os demais anos de 1997, 2013, 2015 e 2016.

Para a projeção do processo erosivo e o deslocamento da linha de costa de 2017 a 2021 percebe-se que na Figura 17 a tendência do recuo da linha de costa em direção onshore, apresentado retrogradação para todos os setores, principalmente

no Setor 1. Esse setor apresenta o maior recuo para o período de projeção, se seguir a tendência observada para os anos anteriores, no valor de -150 m em 5 anos.

Figura 17. Projeção da linha de costa 2017 a 2021.

Discussão

O ambiente costeiro caracteriza-se pelas frequentes mudanças, tanto espaciais quanto temporais, que resultam em uma variedade de

feições geológicas e geomorfológicas. Esse grande dinamismo costeiro advém da complexa interação de processos deposicionais e erosivos relacionados com a ação de ondas (tanto normais quanto de tempestades tropicais ou tsunamis), correntes de

maré e correntes litorâneas, além das influências antrópicas que podem atingir proporções significativas, como modificação das paisagens naturais nessas áreas (Rossetti, 2008).

A erosão costeira pode ser definida como um processo natural e ações humanas. Jaafar et al. (2018). Athanasiou et al. (2019), relacionaram a distribuição da retração da costa no mundo, com os efeitos hidrodinâmicos e morfológicos nos processos costeiros. E esses dependem de vários fatores, como, geológicos, hidrodinâmicos, características das ondas, tamanho do grão, suprimento e transporte de sedimentos, os processos tectônicos, mudança do nível do mar, mudanças climáticas, entre outros (Athanasiou et al., 2019; Unisdr, 2017; Yadav et al. (2017; Mangor et al., 2017; Labuz, 2015 e Sea Grant, 2015)

As variações do nível do mar constituem um dos mecanismos de modificação da linha de costa. O Deslocamento de uma linha de costa é proporcional à taxa de aporte de sedimentos, que pode ser negativa, das características dos sedimentos, como a granulometria e a composição mineralógica, da energia da onda, da inclinação do fundo marinho e da amplitude de oscilação do nível do mar (Swift, 1976).

A linha de costa está diretamente relacionada, também, ao estágio da praia, Wright & Short (1984) estabeleceu a relação entre o estágio de uma praia e as características das ondas, utilizaram para isso o parâmetro Ω , de Dean (1973 in Wright & Short, 1984). Onde, o parâmetro Ω de Dean procura indicar a predisposição dos grãos de areia (controladas pela sua velocidade de sedimentação – w_s) à ação das ondas (controladas pela sua energia – H_b/T), isto é, se o grão de areia colocado em suspensão durante a arrebentação das ondas irá retornar ao fundo no sentido da praia (sedimentação) ou no sentido do mar (erosão). Ondas esbeltas, muito altas e com períodos curtos, representam condições de alta energia e propiciam a migração de sedimentos em direção ao mar. As ondas incidentes sobre a praia é um fator que determina a ocorrência de costas erosivas ou de sedimentação, grandes ondas com pequenos períodos comumente ocorrem durante as tempestades e como consequência a erosão costeira (Umar et al., 2015). Com decaimento do regime energético ocorre o contrário causando Com decaimento do regime energético ocorre o contrário causando a migração de sedimentos em direção a costa (Santos, 2008).

Quando o emprego da técnica de transpasse de sedimentos segue todas as normas e pareceres técnicos de aplicação que vão desde o impacto ambiental, social e econômico até o estudo

granulométrico, quando observado o emprego da uma boa técnica, o líquido que foi conduzido pela força da onda alcança a face da praia, transporta os sedimentos ao mesmo tempo em que parte da água se infiltra e retorna para o mar na subsuperfície. Com isso o volume de água que reflui é menor, principalmente na parte mais elevada da face praial, reduzindo assim a capacidade de transporte de sedimentos. O resultado é a formação de um depósito residual constituído por sedimentos, de tamanho médio do grão, geralmente, o tamanho mais grosso do que na zona submarina adjacente à praia (Muehe et al., 2009).

Historicamente a cidade de Jaboatão dos Guararapes apresenta grave problema de erosão costeira, sendo analisada por vários pesquisadores (Borba, 1999; Manso, 2006; Pontes e Araújo 2006; Costa, 2006; Santos, 2008). A praia de Barra de Jangada sofre forte erosão e consequente grande variação do deslocamento da sua linha de costa. As praias de Jaboatão dos Guararapes receberam em 2013, a aplicação da obra de engenharia flexível conhecida como transpasse de sedimentos (Bypass), ampliando assim consideravelmente a região da pós-praia. Os maiores deslocamentos da progradação da linha de costa foram provocados pelo transpasse de sedimentos aplicado em 2013.

As pesquisas de monitoramento do deslocamento da linha de costa com a utilização de imagens multitemporais de satélites, radares, fotografias aéreas e cartas aliadas ao sistema de Informações geográficas (SIGs) como as de Gregório (2009, 2011, 2016); Gonçalves (2010), Oliveira et al. (2011), Macedo (2012), Leal (2013), Lins (2016); Lakmali et al. (2016); Magalhães (2017); Yadav et al. (2017); 2Deabes (2017); Jackson Jr. (2017); Leal et al. (2018), Luccio et al. (2018), Jesus e Andrade (2018), Hashmi et al. (2018); Toure et al. (2019) e Elnabwy et al. (2020), possibilita a análise do ambiente praial que sofre a diversas perturbações e efeitos complexos de serem previstos, demonstrando assim, o comportamento dos ambientes costeiros sob pressão natural e antrópica.

As médias das taxas do deslocamento da linha de costa são ótimos indicadores para a determinação das tendências evolutivas de qualquer trecho do litoral e para o diagnóstico dos impactos reais e ocorrentes na costa (Ranieri e El-Robrini 2015).

No município do Jaboatão dos Guararapes o setor 1 teve sua maior média de taxa positiva do deslocamento da linha de costa entre o ano de 1974-2013, entretanto no período de 1974-2015 em comparação as taxas de 1974-2013, ocorreu grande recuo da linha de costa, com proporção semelhante

ao recuo entre o período de 1974 a 1981. Esse recuo identificado nessa pesquisa corrobora com a análise feita por Souza (2007), onde o estudo mostrou que as intensidades das correntes são mais intensas durante os estágios de maré vazante e enchente (estágios de maré mais enérgicos), e mais baixas durante a baixa-mar e preamar (período de estofo) e que na região adjacente a área estuarina, próxima a foz do rio Jaboatão, apresentou correntes mais intensas, ajudando assim, a compreender o grande recuo da linha de costa na praia de Barra de Jangada, no período de 1974 a 1981, e 2013 a 2015, precisamente na região entre o grande espigão até a curva da Avenida Bernardo Vieira de Melo, sendo registrado também por Coutinho (1997) e Santos (2008).

Recentemente foi divulgado pela municipalidade de Jaboatão dos Guararapes como um sucesso a obra de transpasse de sedimentos e a formação de bancos arenosos na antepraia de Barra de Jangada, mas Borba (1999), Costa (2006) e posteriormente Santos (2008) registraram uma feição marcante no Setor 1 que é a formação de numerosos bancos arenosos na antepraia, que resultaram da complexa hidrodinâmica oriunda da interface dos ambientes marinho e estuarino. Evidenciando assim, que a formação de bancos arenosos é cíclica, não estando diretamente relacionada ao sucesso da obra de transpasse de sedimentos. Pode-se ser caracterizado como um evento de rotação praial por sua natureza cíclica e por não ser constante ao longo da praia e do tempo, devido à influência de vários mecanismos naturais e até induzidos por intervenções antrópicas, tais como: troca de sedimentos entre porções subaérea e submersa da praia (transportes costa-adentro/costa-afora); formação de migração de feições sedimentares de fundo (bancos e barras arenosos); entrada de sedimentos na praia por meio dos rios, transferências ao longo de promontórios ou alimentação artificial de praia (Souza et al., 2015).

O Setor 2 apresentou uma maior estabilização, apresentou para o período de 1974-1981 uma única média negativa, já o período de 1974-1997 foi observado uma certa estabilização. O período de 1974-2013 registrou maior acresção para o setor. Entretanto no período de 1974-2015 em comparação as taxas de 1974-2013, sofreu um forte processo erosivo, que segundo Souza et al. (2005) a erosão é um processo que ocorre ao longo da linha de costa, atingindo promontórios, costões rochosos, falésias e praias. Provocando a redução na largura da faixa de areia (praia), perda e desequilíbrio de habitats naturais, aumento na frequência de inundações decorrentes das ressacas,

destruição de estruturas construídas pelo homem e perda do valor paisagístico, consequentemente, do potencial turístico de uma região. A retirada das comunidades costeiras tem importantes impactos ambientais, mas também, implicações socioeconômicas, pois afeta a população, e as infraestruturas (Enriquez, 2017). No período de 1974-2016 ocorreu uma estabilização da linha de costa com uma pequena acresção. No período de 1974-2016 ocorreu uma estabilização da linha de costa com uma pequena acresção.

O setor 3 durante o período de 1974-2010 apresentou a maior taxa de progradação da linha de costa, provocado pela influência de recifes sobre o traçado da linha de costa (Santos, 2008; Borba et al., 1999). Quando a linha de recife é contínua, a praia avança formando um tómbolo (Coutinho, 1997), bem como, a ação de outros fatores como vento, movimentação de correntes e da maré, e provavelmente devido a um maior precipitação ocorrida no estado de Pernambuco e consequentemente a ocorrência de cheias em cidade litorâneas e um maior carreamento de sedimentos pelos rios.

Porém a maior média de acresção foi do período de 1974-2013, atingindo quase o dobro da média do período 1974-2010, e isso devido à obra de transpasse de sedimentos, que no período subsequente, 1974-2015, registrou uma estabilização da linha de costa com um pequeno recuo, mas que no período de 1974-2016 houve recuos mais acentuados da linha de costa, mas a média observada permaneceu positiva.

O Setor 4 apresentou uma média multitemporal de estabilização, porém houve uma grande progradação entre os períodos de 1974-1981 à 1974-1997, e uma estabilização no período subsequente de 1974-2010), com uma acresção no período de 1974-2013 e nos períodos seguintes houve um recuo da linha de costa em relação ao período de 1974-2013, e uma estabilização entre os períodos de 1974-2015 e 1974-2016 com um sutil recuo da linha de costa.

Entretanto, Ferreira et al. (2008) relata que, a subida do mar será responsável por apenas 10 a 15% do recuo observado na linha de costa. Os restantes 85 a 90% são provocados pelas intervenções nas bacias hidrográficas, que implicam em uma redução da quantidade de sedimentos que chega ao litoral, e ainda pelas obras de engenharia costeira que interrompem ou alteram a normal movimentação dos sedimentos (Ferreira e Matias, 2013). Muehe et al. (2011), afirma que os processos ocorridos na orla costeira, podem ser inclusive resultados de exposição a eventos extremos e não de uma retrogradação contínua da

linha de costa provocada pelo aumento do nível do mar. Quanto ao estabelecimento da largura da faixa de proteção costeira, os critérios adotados consideram a tendência erosiva ou progradacional expressa pela taxa de retrogradação/progradação anual, a retrogradação prevista por efeito de elevação do nível relativo do mar e os aspectos estéticos-paisagístico (Muehe, 2001).

A utilização da técnica de alimentação artificial das praias é a técnica mais inovadora no mundo. A proteção costeira requer estratégias de gestão adaptáveis que se desenvolvem com a natureza para manter a sustentabilidade a longo prazo, com o aumento da pressão sobre linhas costeiras (Brown et al., 2016), envolve o depósito mecânico de sedimentos fora do ambiente praias, e alterar a sua morfologia. Porém, na situação atual de intensa erosão costeira a aplicação de técnica de transpasse de sedimentos como única técnica sem associa-la a outras quer espigões, quebra mar e enrocamentos, não se obterá o sucesso esperado. Como cita Ferreira (2014) nas condições atuais de intensa erosão costeira e graves impactos dos temporais sobre os núcleos urbanos existentes junto ao litoral, com necessidade de salvaguardar pessoas e bens, uma intervenção que passe exclusivamente pela realimentação artificial será manifestamente insuficiente. Só a combinação de várias intervenções permitirá dar resposta aos problemas causados pela persistente erosão e ocorrência de temporais.

Vale ressaltar que, a obra aplicada no município de Jaboatão dos Guararapes só realizou a alimentação artificial, exclusivamente na praia emersa, sem incluir a zona submersa do perfil. A alimentação da parte submersa tem obtido resultados satisfatórios na Europa (Ferreira, 1994; Marchand, 2010; Stive et al. 2013), que vão desde a dissipação da energia das ondas, custo geralmente inferior às alimentações da praia emersa, manutenção menos frequente. É amplamente conhecido que as alterações da morfologia costeira são determinadas principalmente em função das ondas incidentes (Firmino et al., 2020). A alimentação artificial por sedimentos na região submersa é composta por uma barra externa com uma largura típica de 350 a 450 m, altura entre 4 a 5 m e localizada a cerca de 250- 400m da linha de costa, e uma barra interna, de dimensão inferior, normalmente com 75 a 100 m de largura, 1 a 2 m de altura e uma posição entre 50 a 75 m da linha de costa (Ferreira et al., 1994).

Considerando o conhecimento existente em termos de custo-benefício de intervenções de alimentação artificial, assim como a potencialidade do sistema de barras para dissipação de energia, o

recurso à alimentação artificial da praia emersa, acompanhado pela reconstrução e/ou reforço do sistema de barras arenosas submersas, permitirá por um lado responder ao déficit crônico de sedimentos, bem como promover o aumento da dissipação da energia da agitação incidente, particularmente durante temporais (Ferreira, 2014). A praia de Copacabana é uma regeneração que deu certo, devido à sua orientação e a presença de ilhas que a protegem, porém não é o caso de litorais retilíneos, como observado no Nordeste, o problema é construção e preservação das propriedades próximas as praias a fim de mantê-las no mesmo lugar, e, acabam por destruí-las à médio e a longo prazo (Brasil, 2018). A realimentação das praias oceânicas, certamente continuará nas próximas décadas, porém, isso deve ser feito como uma estratégia provisória durante a formulação e implementação de uma estratégia de gerenciamento adaptativa robusta e de longo prazo que incorpore a retirada gerenciada da costa (Parkinson e Ogurcak, 2018).

Considerações

O recuo da linha de costa identificado nesta pesquisa reflete a vulnerabilidade das praias de Jaboatão dos Guararapes, mais precisamente da praia de Barra de Jangada e a necessidade de um planejamento técnico e pesquisas realizadas na região de forma mais criteriosa, em virtude da grande vulnerabilidade da região, como por exemplo, durante o que já apresentou a praia de Barra de Jangada, já sofreu um grande recuo da sua Linha de costa para o período de 1974-1981 e mesmo assim, recebeu um grande investimento para aplicação da técnica de (Bypass) e novamente sofreu uma grande processo de erosão e consequente grande recuo da sua linha.

Os demais setores apresentaram pequenos recuos do ano de 1974 a 2010, com pequenas exceções. Em 2013 apresentou uma progradação devido ao engordamento da praia por sedimentos, mas nos anos seguintes a erosão costeira voltou, evidenciando a deterioração da técnica aplicada. Nos anos que sucederam à implantação da técnica de transpasse de sedimentos ocorreram recuos significativos da linha de costa em quase todos os setores. Tendo em vista o alto valor investido para o transpasse de sedimentos e o grande recuo registrado desde 1997 por Coutinho (2008) por Santos, deveria haver a aplicação de outra técnica de forma simultânea a engorda, como espigões, enrocamentos e quebra mar, sobretudo no Setor 1. Além do desgaste natural da técnica aplicada é percebido outro problema que corresponde a falta de manutenção da obra, está exige manutenção

constante com suprimento de sedimentos (Barros, 2011).

Portanto, para atenuar o processo erosivo nas praias pesquisas deve-se iniciar os trabalhos de manutenção, sob a pena de um deslocamento acelerado de sedimentos, pondo em risco total a obra aplicada e o desperdício total dos mais de 50 milhões de reais utilizados para a execução da técnica, em paralelo no monitoramento contínuo da posição da linha de costa e avaliar a possibilidade do emprego de outras técnicas de contenção de erosão costeira. Prevenindo assim, futuros prejuízos, principalmente nos trechos mais afetados, e no que estão estabilizados precisam ser monitorados.

Agradecimentos

Agradecemos a Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pelo projeto Evolução do Ambiente Costeiro na Região Metropolitana do Recife e suas implicações com o processo erosivo-ECOST.

Referências

- Alheiros, M.M.; Lima Filho, M.F.; Ferreira, M.G. X. 1995. Carta geotécnica da cidade do Recife.
- Armenio, E.; Serio, F. S.; Mossa, M.; Petrillio, A. F. 2019. Coastline Evolution based on statistical analysis and modeling [online]. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 19, 1937-1953. Disponível: <https://doi.10.5194/nhess-191937-2019>.
- Athanasiou, P.; Dogeren, A. V.; Giardino, A.; Voudoukas, M.; Gaytan-Aguilar, S.; Ranasinghe, R. 2019. Global distribution of nearshores Slopes with implications for coastal retreat. *Earth System Science Data* 11, 1515-1529
- Barros, N.M.S. 2011. Obras Marítimas de Acostagem: O Caso do Porto de Abrigo da Ilha do Porto Santo, 27. Dissertação (Mestrado). Universidade da Madeira.
- Borba, A.L.S. 1999. Estudos Sedimentológicos, Morfodinâmicos e da Vulnerabilidade das Praias da Piedade, Candeias e Barra das Jangadas – município do Jaboatão dos Guararapes – PE. Dissertação (Mestrado). Recife, UFPE. Madeira, Portugal.
- BRASIL – Ministério do Meio Ambiente. Muehe, D. (org.). 2018. Panorama da Erosão Costeira no Brasil. Ministérios do Meio Ambiente: Brasília, 2018.
- Brown, J. M. ; Phelps, J. J.C.; Barkwith, A.; Hurst, M. D.; Ellis, M. A.; Plater, A. J. 2016. The effectiveness of beach mega-nourishment, assessed over three management epochs. *Journal of Environmental Management* 184, 400-408.
- Carneiro, M. C. S. M.; Ferreira, B. B.; Gregório, M. N.; Pessanha, G.; Silva, D. L.; Vital, S. R. O. 2018. Dados Espaciais LIDAR (Light Detection and Ranging) na Caracterização Geomorfológica do Campo de Dunas Costeiras de Rio de Fogo, Rio Grande do Norte – Brasil. *Revista Geográfica de América Central*, p. 315–348.
- Costa, M. T. S. P. 2009. Avaliação Geoambiental da Zona Costeira do Bairro de Candeias, Pernambuco. Dissertação (Mestrado). Recife, ITEP.
- Costa, M.B.S.F.; Pontes, P.M.; Arújo, T.C.M. 2008. Monitoramento da Linha de Preamar das Praias de Olinda – PE (Brasil) como Ferramenta à Gestão Costeira. *Revista de Gestão Costeira Integrada* [online] 5. Disponível em: http://www.aprh.pt/rgci/pdf/RGCI-145_Borba.pdf. Acesso: 03 mar. 2010.
- Coutinho, P. N. 1997. Estudo da Erosão Marinha Nas Praias de Piedade e de Candeias e no Estuário de Barra de Jangadas. Município de Jaboatão dos Guararapes – PE. Relatório Final, Recife, PE.
- CPRH. Companhia Pernambucana Do Meio Ambiente. 2001. Diagnóstico Socioambiental – Litoral Sul de Pernambuco. Recife. 89p.
- Dominguez, J.M.L.; Bittencourt, A.C.S.P.; Leão, Z.M.A.N.; Azevedo, A. E. G. 1990. Geologia do Quaternário Costeiro do Estado de Pernambuco. *Revista Brasileira de Geociência* 20, 208-215.
- Elnabwy, M. T.; Elbeltagi, E.; El Banna, M. M.; Elshikh, M. M. Y.; Motawa, I.; Kaloop, M. R. 2020. An Approach Based on Landsat Images for Shoreline Monitoring to Support Integrated Coastal Management—A Case Study, Ezbet Elborg, Nile Delta, Egypt. *ISPRS International Journal Geo-Information* 9, 199.

- Farinaccio, A.; Tessler, M.G. 2010. Avaliação de impactos ambientais no meio físico decorrentes de obras de engenharia costeira – Uma proposta metodológica. *Revista da Gestão Costeira Integrada* [online]. Disponível: http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-210_Farinaccio_small.pdf. Acesso: 02/02/2017.
- Ferreira, Ó.; Dias, J.M.A.; Taborda, R. 1994. Wave energy dissipation on a high-energy barred nearshore: a natural and effective coastal protection. *Proceedings of Littoral 94*, 369-379.
- Ferreira, Ó.; Dias, J.M.A.; Taborda, R. 2008. Implications of sea-level rise for continental Portugal. *Journal of Coastal Research*, 24, 317-324.
- Ferreira, Ó.; Matias, A. 2013. Portugal. In Pranzini E.; Williams, A. *Coastal erosion and protection in Europe*. Routledge, 275-293.
- Firmino, L. A. C.; Bulhões, E. M. R. 2020. Aspectos das ondas oceânicas em áreas de erosão costeira: litoral do Espírito Santo, Brasil. *Finisterra*, LV 113, 23-44.
- Galgano, F. A.; Leatherman, S. P. 1991. Shoreline change analysis: a case study. *Coastal Sediments 91*, 1043- 1053.
- Gois, L.A. 2011. Avaliação das Opções de Proteção Costeira: Praia de Boa Viagem, Recife-PE e Praia de Bairro Novo, Olinda-PE. *Dissertação (Mestrado)*. Recife, ITEP.
- Gonçalves, R.M.; Krueger, C.P.; Coelho, L. D. S.; Heck, B. 2010. Monitoramento Geodésico da Linha de Costa com o Emprego do GNSS. In: *Simpósio Brasileiro de Ciência Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação*, 3. Anais do III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. v. 1, 1-5p.
- Gregório, M. N.; Araújo, T.M.; Mendonça, J.F. B. 2016. Variabilidade da linha de costa e relações morfosedimentológicas da plataforma continental interna adjacente à cidade do Recife – PE. Recife, UFPE.
- Gregório, M.N. 2004. *Sedimentologia e Morfologia das Praias do Pina e Boa Viagem, Recife (PE) Brasil. Dissertação (Mestrado)*. Recife, UFPE.
- Gregório, M.N. 2009. *Evolução da Linha de Costa e Caracterização da Plataforma Continental Interna Adjacente A Cidade do Recife – PE. Tese (Doutorado)*. Recife, UFPE.
- Gregório, M.N.; Melo, W.D.A.; Alderlan, W.O.S.; Araújo, T.C.M.; Mallmann, D.L.B.; Júnior, A.F. 2011. Mudança da linha de costa à médio prazo no município do Cabo de Santo Agostinho, Pernambuco Brasil. In: *Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário*, 12. Aracaju-SE. .
- Guerra, A.J.T. 2005. *Novo Dicionário geológico-geomorfológico*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p. 542.
- Hashmi, S. G. M. D.; Ahmad, S. R. 2018. GIS-Based Analysis and Modeling of Coastline Erosion and Accretion Along the Coast of Sindh Pakistan. *Journal of Coast Zone Management* 21, 1-7.
- Hassan, M. I.; Rahmat, N. H. 2016. The effect of coastline changes to local community's social-economic. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 42, 3-5.
- Honeycutt, M.G.; Crowell, M.; Douglas, B.C. 2001. Shoreline-position forecasting: impact of storms, rate-calculation methodologies, and temporal scales. *Journal of Coastal Research* 17, 721-730.
- IUCN, PNUMA, WWF. 1992. *Cuidando do Planeta Terra. Uma estratégia para a Vida*. São Paulo: Ed. SMA, 1992, 243 p.
- Jaafar, S. N.; Yusoff, M. M. ; Hua, K.; Ping, O. W. 2018. *International Journal of Academic Research in Environment & Geography* 5.
- Jackson Jr., C. W. 2017. *Mapping Coastal Erosion Hazards Along Sheltered Coastlines in South Carolina 1849 To 2015*. Department of Geology and Geography Applied Coastal Research Lab Georgia Southern University. 56 pg. Disponível: https://www.scdhec.gov/sites/default/files/docs/HomeAndEnvironment/Docs/Jackson_SCSHorelineReport122017.pdf. Acesso: 15 mai. 2020.
- Jesus, L. V.; Andrade, A. C. S. 2018. Taxa de variação da linha de costa e faixas de proteção nas áreas contíguas à desembocadura do rio

- Sergipe, Aracaju, Sergipe. Pesquisas em Geociências 45, 1-17.
- Lakmali, E. N.; Deshapriya, W.G.A.; Ishara Jayawardene, K.G.A.; Raviranga, R.M.P.; Ratnayake, N.P.; Premasiri, H.M.R.; Senanayake, I.P. 2017. Long term coastal erosion and shoreline positions of Sri Lanka. *Journal of Survey in Fisheries Sciences* 3, 1-6.
- Leal, K. B.; Oliveira, U. R.; Espinoza, J. M. A. 2018. Análise das Mudanças na Linha de Costa Defrontante à Área Urbanizada do Balneário Cassino, Rio Grande – RS. *CaderNAU - Cadernos do Núcleo de Análises Urbanas* 10, 67-78.
- Leal, K.B.; Peres, T.C.; Albuquerque, M.G.; ESPINOZA, J.M.A. 2013. Quantificação do comportamento da linha de costa da Ilha de Torotama, Rio Grande do Sul-RS, a partir de geotecnologias e técnicas de sensoriamento remoto. In: *Simpósio de Sensoriamento Remoto*, 16. Anais do XVI Simpósio de Sensoriamento Remoto-SBSR, Foz do Iguaçu, PR.
- Lins, D.S. 2016. Monitoramento Espaço Temporal da Malha e da Linha de Costa por GPS e Vant: Praia Enseada dos Corais. *Dissertação (Mestrado)*. Recife, ITEP.
- Luccio, D.; Benassai, G.; Paola, G.; Mucerino, L.; Buono, A.; Roskopf, C. M.; Nunziata, F.; Migliaccio, M.; Urciuoli, A.; Montella, R. 2019. Shoreline Rotation Analysis of Embayed Beaches by Means of In Situ and Remote Surveys. *Sustainability* 11, 1-20.
- Macedo, R.J.A.; Manso, V.A.V.; Pereira, N.S.; França, L.G. 2012. Transporte de sedimentos e variação da linha de costa em curto prazo na Praia de Maracápe (PE), Brasil. *Revista da Gestão Costeira Integrada* 12.
- Magalhães, B.L.; Baptista, T.; Fernandez. 2017. Dinâmica da linha de costa entre a praia da tartaruga e a desembocadura do rio São João (RJ). In: *Congresso Nacional de Geografia Física* 1. Campinas, UNICAMP.
- Manso, V. A. V. 1997. Geologia da planície costeira e da plataforma continental interna adjacente da região entre Porto de Galinhas e Tamandaré – Litoral Sul de Pernambuco. *Tese (Doutorado)*. Porto Alegre, UFRGS. 148p.
- Manso, V.A.V.; Coutinho, P.N.; Guerra, N.C.; Soares, C.A. 2006. EPLB - Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro – Pernambuco.
- Manso, V.A.V.; Coutinho, P.N.; Lima, A.T.O.; Medeiros, A.B.; Borba, A.L.S.; Lira, A.R.A.; Pedrosa, F.E.S.B.; Toldo JR. E. E.; Ivo, P. S. 1995. Estudo da erosão marinha na praia de Boa Viagem. *Convênio EMLURB/FADEL/LGGM-UFPE. Relatório Final*. Recife. 106p.
- Morton, R.A. 1997. Gulf shoreline movement between Sabine Pass and the Brazos River, Texas: 1974 to 1996. *Geological Circular* 97, 27p.
- Morton, R.A.; Leach, M.P.; Paine, J.G; Cardoza, Ma. 1993. Monitoring beach changes using GPS survey-ing techniques. *Journal of Coastal Research* 9, 884-908.
- Muehe, D. 2009. *Geomorfologia – Uma atualização de bases e conceitos*. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil. p. 261-262.
- Muehe, D. E.; Dobereiner, C. 1977. Dinâmica do fundo marinho ao longo do píer de Ipanema, Rio de Janeiro. *Anais da Academia Brasileira de Ciência* 49, 281-285.
- Muehe, D.; 2001. Critérios Morfodinâmicos para o Estabelecimento de Limites da Orla Costeira para fins de Gerenciamento. *Revista Brasileira de Geomorfologia* 2, 35-44.
- Muehe, Dieter. 2011. Erosão Costeira - Tendência ou Eventos Extremos? O Litoral entre Rio de Janeiro e Cabo Frio, Brasil. *Revista da Gestão Costeira Integrada* 11, 315-325.
- Nehra, V. 2016. A Study of Coastal Erosion & Its Causes, Effects and Control Strategies. *International Journal of Research and Scientific Innovation (URSI)* 2, 133-135.
- Neumann, V.H.; Leitão, S.N.; Queiroz C.M.; Maia, L.P. 1996. Estudos sedimentológicos geomorfológicos e impactos ambientais causados pela implantação do porto na laguna de Suape-PE. In: *Congresso Brasileiro de Geologia*, 38. Anais do XXXVIII Congresso Brasileiro de Geologia. p. 496-499.

- Oliveira, P.F.P.; Silva, H.A.; Santana, N.M.G.; Silva, E.R.A.; Manso, V.A. 2011. Variação da Linha de Costa da Praia do Janga/Paulista-PE, através da técnica de fusão de imagens orbitais CBERS HRC/CCD. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15. Anais do XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR, Curitiba, PR, Brasil.
- Pajak, M.J.; Leatherman, S. 2002. The high water line as shoreline indicator. *Journal of Coastal Research* 18, 329-337.
- Parkinson, R. W.; Ogurcak, D. E. 2018. Beach nourishment is not a sustainable strategy to mitigate climate change. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 212, 203-209.
- Pontes, P.M.; Araújo, T.C.M.; Monitoramento Morfológico das Praias do Estado de Pernambuco – Brasil: Análise Temporal e Espacial. *Tropical Oceanography* [online] 34. Disponível: https://periodicos.ufpe.br/revistas/TROPICAL_OCEANOGRAPHY/.
- Projeto Maplac. 2010. Contribuição do Mapeamento Sonográfico e Batimétrico da Plataforma Continental Interna Adjacente aos Municípios de Recife e Jaboatão dos Guararapes-PE para a Caracterização Interna Adjacente aos Municípios de Recife e Jaboatão dos Guararapes-PE para a Caracterização da Dinâmica Erosiva da Região. Relatório Final Emenda Parlamentar, Nº 24570004. Governo do Estado de Pernambuco, PE, Brasil.
- Ranieri, L. A.; El-Robini, M. 2015. Evolução da linha de costa de Salinópolis, Nordeste do Pará, Brasil. *Pesquisa em Geociências* 42, 207-226.
- Reading, H.G. Collison, J.D. 1996. Clastic coast. In: Reading, H.G. (Ed.). *Sedimentary and stratigraphy*. 3. ed. Oxford: Blackwell Science, 154-231p.
- Rocha ; C. P.; Araújo, T. C. M.; Mendonça, F. J. B. 2008. Aplicação de técnicas de posicionamento GPS tridimensional para localizar linhas de costa; estudo de caso na praia de Boa Viagem/PE, Brasil. *Gestão Costeira* 2, 127-137.
- Rollnic, M. 2002. Hidrologia, Clima de Onda e Transporte advectivo na zona costeira de Boa Viagem, Piedade, e Candeias- PE. Dissertação (Mestrado). Recife, UFPE. 111p.
- Santos, U. S. T. 2008. Avaliação Geobiental das Praias do Município de Jaboatão dos Guararapes, Região Metropolitana do Recife. Dissertação (Mestrado). Recife, UFPE. 112p.
- Souza, C.R. G. 2012. Praias arenosas oceânicas do estado de São Paulo (Brasil): síntese dos conhecimentos sobre morfodinâmica, sedimentologia, transporte costeiro e erosão costeira. *Revista do Departamento de Geografia, Volume Especial 30 anos*, 307-371.
- Souza, C.R. G. 2015. Variabilidade morfológica e granulométrica e balanço sedimentar de uma praia em rotação praial. *Quaternary and Environmental Geosciences* 6, 1-19.
- Souza, M. A. L. 2008. Benefícios ambientais no Controle de Erosão Costeira com uso do Dissipador de Energia “*Bagwall*” no Litoral de Alagoas. *Revista Gestão Costeira Integrada* 8, 139-148.
- Souza, P.F.R. 2007. Circulação Hidrodinâmica na Região Costeira dos Municípios de Recife e Jaboatão dos Guararapes Durante o Verão austral. Dissertação (Mestrado). Recife, UFPE. 125p..
- Stive, M.; Schipper, M.; Luijendijk, A.; Aarninkhof, S.; Gelder-Maas C.; Thiel De Vries J.; De Vries S.; Henriquez, M.; Marx, S.; Ranasinghe, R. 2013. A new alternative to saving our beaches from sea-level rise: the Sand Engine. *Journal of Coastal Research* 29, 1001-1008.
- Swift, D.J.P. 1976. Continental shelf sedimentation. In: Stanley, D.J.; Swift, D. J. P. *Marine sediment transport and environmental management*. John Wiley & Sons, 311-350.
- Tonyes, S. G.; Wasson, R. J.; Munksgaard, N.C.; Evans, K.G.; Brinkman, R.; Williams, D. K. 2017. Understand coastal processes to assist with coastal erosion management in Darwin Harbour, northern territory, Australia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 55, 25-27.
- Toure, S.; Diop, O.; Kpalma, K.; Maiga, A. S. 2019. Shoreline Detection using Optical Remote Sensing: A Review. *ISPRS International Journal Geo-Information* 8, 75.

- U.S Army Coastal Engineering Research Center,
Shore protection manual, Voll.III, Chapt. 4, Part
VI-4-3, Books for Business, Toronto, on 2002
- Umar, H.; Rahman, S.; Baeda, A. Y.; Klara, S.
2015. Identification of coastal problem and
prediction of coastal erosion sedimentation in
South Sulawesi. *Procedia Engineering* 116,
125-133.
- UNISDR – United Nations Office for Disaster
Reduction. 2017. Coastal erosion hazard and
risk assessment. Words into Action Guidelines:
National Disaster Risk Assessment. DOI:
10.1007/978-94-007-4123-2_1
- Vargas-T, V. H.; Uribe-P, E.; Ríos-R, C. A.;
Castellanos-A, O. M. 2016. Coastal landforms
caused by deposition and erosion along the
Shoreline between Punta Brava and Punta
Betín, Santa Marta, Colombian Caribbean. *Acad.
Colum. Cienc. Exact. Fis. Nat.* 40, 664-682.
- Wright, L. D.; Short, A. D. 1984. Morphodynamic
variability of surf zones and beaches: a
synthesis. Amsterdam: Marine geology.
- Yadav, A.; Dodamani, B. M.; Dwarakish, A.
Shoreline Change: A Review. 2017. Mangalore
Institute of Technology & Engineering, p. 5-10.