






Evolução Multi-Temporal da Linha de Costa da Praia do Paiva, Litoral Sul de Pernambuco, Brasil

Multitemporal Evolution of the Shoreline of Paiva Beach, South Coast of Pernambuco, Brazil

Carlos Fabrício Assunção da Silva¹ , Carlos Alberto Borba Schuler¹ ,
Maria das Neves Gregório¹ , Eduardo Paes Barreto²  & Reinelo Kavetskei Marquetti³ 

¹Universidade Federal Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Recife, PE, Brasil

²Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Departamento de Geologia, Recife, PE, Brasil

³Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Departamento de Engenharia Cartográfica, Recife, PE, Brasil

E-mails: carlosfew@outlook.com; cshuler@ufpe.br; nevesgregorio@hotmail.com; edubarreto@hotmail.com; reinelo.marquetti@gmail.com

Resumo

O objetivo desta pesquisa foi analisar a evolução espacial e temporal da linha de costa da praia do Paiva (Cabo de Santo Agostinho, PE, Brasil), considerando um intervalo de 42 anos (1974-2016). O levantamento multitemporal da linha de costa foi baseado na análise de dados de fotografias aéreas, ortofotos e imagens de satélite, digitalizadas e tratadas, utilizando técnicas e ferramentas de geoprocessamento. A área de estudo foi dividida em três setores. Com os resultados obtidos foi possível detectar a evolução da linha de costa para todo o período analisado. No setor 1 (norte da área de estudo) obteve 31% de área de transgressão da linha de costa. Para o setor 2 (centro) obteve 42% de regressão para a área de estudo. Já o setor 3 (sul), obteve 27% de área de transgressão para todo o período analisado. A elaboração de uma análise multitemporal de fotografias aéreas favoreceu a identificação e compreensão da dinâmica das áreas analisadas, sendo essenciais como subsídio às tomadas de decisões acerca do uso e gestão sustentável da linha de costa.

Palavras-chaves: Transgressão; Regressão; Linha de costa

Abstract

The objective of this research was to analyze the spatial and temporal evolution of the shoreline of Paiva beach (Cabo de Santo Agostinho, PE, Brazil), considering an interval of time of 42 years (1974-2016). The multitemporal survey of shoreline was based on the analysis of data from aerial photographs, orthophoto and satellite images, digitized and treated, using techniques and tools of geoprocessing. The study area was divided into three sectors. With the results generated by this research, it was possible to detect the evolution of the shoreline for the entire analyzed period. In sector 1 (north of the study area) it obtained 31% of the coast line transgression area. For sector 2 (center) it obtained 42% of regression for the study area. Sector 3 (south), on the other hand, obtained 27% of transgression area for the entire period analyzed. The elaboration of a multitemporal analysis of aerial photographs favored the identification and understanding of the dynamics of the analyzed areas, being essential as a subsidy to decision making about the use and sustainable management of the shoreline.

Keywords: Transgression; Regression; Shoreline

1 Introdução

A linha de costa é um dos elementos geomorfológicos que apresenta alta dinâmica espacial e temporal decorrente de respostas a processos de ondas, correntes e marés de diferentes magnitudes e frequências, os agentes climáticos e do nível relativo do mar. Suas mudanças de posição são de natureza complexa, envolvendo diversos processos ligados à elevação do nível do mar (em curto e a longo prazo), balanço de sedimentos, movimentos tectônicos e reológicos, e causas antrópicas (Camfield & Morang, 1996). Desta feita, a compreensão dos ambientes litorâneos são de estimada importância para o homem, onde a maior parte da população mundial reside (Toldo, 2005). Já Cenci *et al.* (2018) afirma que é importante monitorar, avaliar e mitigar as pressões antrópicas sobre esses ambientes, já que boa parte dos biomas são únicos nesses locais.

Diante da importância da zona costeira vários estudos que envolve a determinação das taxas de regressão e transgressão da linha costa vêm sendo realizados desde a segunda metade do século passado, utilizando-se métodos de comparação cartográfica. Medições diretas em fotografias aéreas verticais, medições periódicas no terreno como perfis topográficos, além de técnicas de fotogrametria e sensoriamento remoto, onde visa o resultado final, que irá considerar a degradação do ambiente costeiro, à obtenção de previsões da dinâmica do comportamento da linha de costa (Short & Trembanis, 2004; Calhaghan *et al.*, 2009).

Diversos estudos que envolvem a temática vêm sendo realizados em várias partes do mundo, como no sul da Espanha (Lopez *et al.*, 2016); nos Estados Unidos (Eulie *et al.*, 2018); na Índia (Salghuna *et al.*, 2015); em Portugal (Oliveira *et al.*, 2016); em Xangai (Qiao *et al.*, 2018); na Bulgária (Stanchev *et al.*, 2018) e no Egito (Nassar *et al.*, 2018), entre outros.

De acordo com Gregório (2016), há vários exemplos de estudos regionais no Brasil que retratam pesquisas considerando taxas de variações na posição espacial da linha de costa, características morfodinâmicas locais e fazendo uso de informações geográficas. Como no estado do Rio Grande do Sul (Esteves *et al.*, 2002; Toldo Jr. *et al.*, 2005), em Santa Catarina (Mazzer & Dillemburg, 2009), no Rio Grande do Norte (Chaves, 2005), no Ceará (Bezerra *et al.*, 2003), no Paraná (Tanajura *et al.*, 2011; Krueger *et al.*, 2011) e em Pernambuco (Duarte, 2002; Gregório, 2004; Mendonça, 2005; Santos, 2008; Gonçalves *et al.*, 2013; Silva *et al.*, 2013; Mendonça *et al.*, 2014; Barreto, 2014), entre outros. De acordo com Mitshita *et al.* (2002) estes estudos permitem conhecer melhor a dinâmica do desenvolvimento da região costeira, e prover o gerenciamento ambiental eficiente do meio costeiro. Intensos desenvolvimentos residenciais e comerciais estão geralmente situados em áreas de interface entre a terra e a água, mesmo estas zonas

estando frequentemente sujeitas a uma série de desastres naturais, incluindo inundações, impactos de tempestades e à erosão costeira Ruggiero (2009).

Em consequência, vários locais da linha de costa vêm sofrendo nas últimas décadas um intenso processo de erosão marinha. No litoral de Pernambuco vários estudos foram realizados sobre a evolução da linha de costa, através de imagens áreas, bem como, o levantamento da linha de costa com GNSS, na cidade do Recife (Duarte, 2002), (Gregório, 2008); na Ilha de Itamaracá (Mendonça, 2005); Jaboatão dos Guararapes (Santos, 2008); e em São José da Coroa Grande (Barreto, 2014). Os resultados observados nesses estudos precedentes, é que o litoral de Pernambuco necessita de constantes estudos sobre a ótica do mapeamento sistemático da linha de costa, bem como o acompanhamento de suas mudanças representam uma importante ferramenta para a geração de informações de grande valor para o planejamento e gerenciamento costeiro, pois fornecem subsídios para a determinação de áreas de risco de erosão costeira e contribuem também com informações para a implantação de obras de intervenção direta na linha de costa.

Dentro da presente problematização sobre a linha de costa nos diversos estudos elencados acima, o litoral do estado de Pernambuco que possui aproximadamente 187 km de extensão, composto principalmente por praias arenosas e com variadas morfologias, destacando-se no âmbito turístico por sua beleza peculiar. Essa característica tem despertado o interesse econômico, sobretudo do setor imobiliário, que visa expandir sua atuação fomentando a exploração turística e acarretando severos impactos ambientais sobre o ambiente costeiro (Manso *et al.*, 2012).

Para Manso *et al.* (2012), o crescimento populacional no estado de Pernambuco e, a consequente ocupação desordenada da faixa litorânea vem aumentando a pressão sobre esses ambientes, levando-os à degradação, como, os recifes, estuários, restingas, campos de dunas, entre outros, os quais têm a função de proteção ao litoral contra os ataques constantes tanto de magnitude antrópica e fatores ambientais.

Manso (2003), numa outra perspectiva, defende que a erosão costeira é um problema antropogênico no sentido de que se ninguém morasse próximo à linha de costa este fenômeno não teria importância para o homem. No caso do litoral de Pernambuco, os processos erosivos, em sua grande parte, possuem uma relação direta com a ocupação irregular da orla, pois, segundo Araújo *et al.* (2007), a presença de estruturas rígidas de contenção da erosão e edificações na pós-praia imobiliza os sedimentos e dificulta a reconstrução natural da praia no período de verão.

No presente estudo entre os métodos supracitados foram também utilizados métodos, que envolvem a cartografia, como, comparações a partir de medições diretas, utilizando técnicas fotogramétricas com imagens satélites,

perfis topográficos, considerando a deposição e a erosão dos sedimentos do ambiente praial (Trebossen *et al.*, 2005).

Segundo Novo (1989), a análise multitemporal da linha de costa consiste na manipulação e interpretação de fotografias aéreas ou imagens de satélites de uma mesma área de estudo obtidas em diferentes períodos a fim de monitorar a evolução da linha de costa a longo a a médio prazo para a detecção de processos erosivos ou deposicionias na linha de costa. Nesse sentido o presente estudo vem a contribuir com a compreensão da evolução da linha de costa á medio prazo da praia do Paiva.

De acordo com Almeida (2013) os respectivos valores nas taxas médias de variação da linha de costa são de grande importância, pois representam um indicativo das tendências evolutivas do litoral, fornecendo subsídios para uma avaliação de possíveis impactos gerados por fatores perturbadores da dinâmica sedimentar costeira, como também auxilia no diagnóstico e gerenciamento de qualquer região litorânea.

O objetivo deste estudo foi determinar a evolução multitemporal e espacial da linha de costa, ao longo de 42 anos, através do cálculo da variação do deslocamento da linha de costa, de sua regressão e transgressão, utilizando-

se de fotografias aéreas dos anos de 1974, 1981, 1998 e 2016 da praia do Paiva, localizada no município de Cabo de Santo Agostinho, Pernambuco, Brasil.

2 Área de Estudo

A praia do Paiva localiza-se a 22 km da capital Recife, no município do Cabo de Santo Agostinho, no litoral sul do estado de Pernambuco (Figura 1). Limita-se ao norte com o município de Jaboatão dos Guararapes e ao sul com o município de Ipojuca, possuindo aproximadamente, 8 km de orla. O município do Cabo de Santo Agostinho possui uma área de 446,5 km², com elevação de 29 m e uma população estimada em 185.025 habitantes (IBGE, 2010).

A praia do Paiva se caracteriza como uma praia exposta de baixa declividade, com um regime de mesomare semi diurno, apresentando variações de 0 a 2,5 m, e grandes variações morfodinâmicas. É formada por sedimentos Cretáceos, das formações Cabo, Estiva e Ipojuca, com uma granulometria de areia fina à grossa. Apresenta cúspides, dunas icipientes em alguns trechos da pós-praia. A praia do Paiva pertence ao bioma de mata atlântica e de vegetação de mangue, sendo a flora natural substituída por coqueiros e por uma urbanização sob as ações logísticas do Estado.

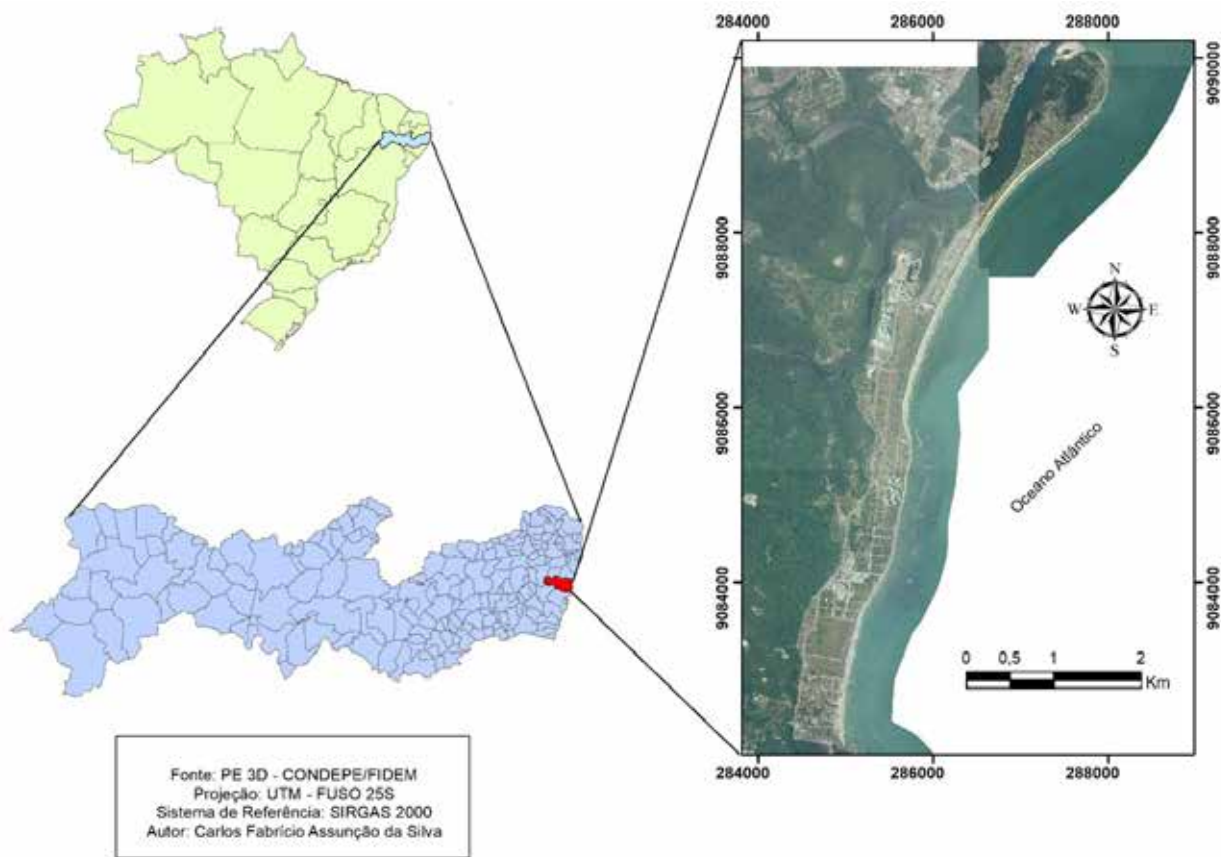


Figura 1 Mapa de localização da área de estudo (praia do Paiva – Cabo de Santo Agostinho).

O clima do litoral sul pernambucano é do tipo As', segundo a classificação de Köppen. É definido como tropical com chuvas de inverno antecipadas para o outono. A precipitação deve-se principalmente, às áreas de instabilidade geradas pelo contato entre a massa de ar Tropical Atlântica, a massa Polar Atlântica e às Ondas de Leste. A temperatura é amenizada sob influência da ação moderadora dos ventos alísios, que predominantemente deslocam-se de SE e secundariamente de NE.

3 Material e Métodos

Inicialmente realizou-se um levantamento bibliográfico e icnográfico da área em estudo e adquiridos fotografias aéreas dos anos de 1974, 1997 (escala de 1:6.000) e de 2016 (escala de 1:10.000) e as ortofotocartas de 1981 (escala de 1:10.000). As fotografias aéreas e as ortofotocartas foram obtidas através da Fundação de Desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife (CONDEPE/FIDEM), em formato digital. Após isso, construiu-se um banco de dados digital (Planilhas e Tabelas), que armazenaram as informações resultantes.

Todo o material obtido, foi georreferenciado através do software ArcGIS 10.3, versão estudantil. Após o georeferenciamento das fotografias aéreas e ortofotocartas foi traçada a linha de costa para cada ano. A integração dos dados georreferenciados, a partir das fotografias aéreas e ortofotocartas, proporcionou o cálculo das taxas de regressão e transgressão da linha de costa na área de estudo, bem como o cálculo da área.

Após esse processo, foi calculado o deslocamento da linha de costa, utilizando a extensão do ArcGIS 10.3 DSAS (Digital Shoreline Analysis System), Por fim, a fim de complementar o estudo, foram calculadas as estatísticas descritivas das taxas e distâncias da evolução da linha de costa.

4 Resultados

Para uma melhor compreensão dos resultados obtidos na variação da linha de costa, entre 1974 a 2016, a área de estudo foi dividida em 3 setores, em função do afastamento e da aproximação das linhas de costa.

4.1 Variação da Linha de Costa entre os Anos de 1974 e 1988

O setor 1 localizado ao norte da área de estudo apresentou uma taxa média de $-2,16$ m/ano no período de 1974 – 1988, (Tabela 1 e Figura 2). Neste setor foi observado uma transgressão da linha de costa. Apresentou também o menor valor mínimo das taxas de variação com $-8,03$ m/ano (Tabela 1), bem como, o maior desvio padrão de 2,00.

O setor 2 localizado ao centro da área de estudo apresentou a maior média positiva entre os setores para os anos de 1974-1988, a taxa média da variação da linha de costa foi de $+0,87$ m/ano (Tabela 1). Bem como, o maior valor máximo da taxa $+2,16$ m/ano e o menor desvio padrão de 0,54, para o mesmo ano. Apresentando assim, uma regressão para o período entre 1974 a 1988.

Tabela 1 Variações das taxas (m/ano) no deslocamento da linha de costa entre os anos de 1974-1988 dos setores 1, 2, e 3 da praia do Paiva.

Setor/Ano	Nº Transectos	Média (m/ano)	Mín (m)	Máx. (m)	Des. Pad.
Setor 1 (1974-1988)	120	-2,16	-8,03	-0,05	2,00
Setor 2 (1974-1988)	850	0,87	0,15	2,16	0,54
Setor 3 (1974-1988)	552	-0,25	-2,68	-2,49	1,22



Figura 2 Resultados das taxas de regressão e transgressão do setor 1, setor 2 e setor 3 da praia do Paiva entre os anos 1974-1988.

A taxa média de deslocamento da linha de costa para o setor 3, localizado ao sul da área de estudo foi de -0,23 m/ano, apresentando transgressão (Tabela 1). Foi observado o maior valor máximo positivo 0,61 m/ano no setor 3, e o desvio padrão 0,37.

Em relação aos valores médios na variação das distâncias (Figura 3) do deslocamento da linha de costa de 1974-1988, o setor 1 apresentou a maior média negativa para os setores, apresentando um valor de -30,30 m (Tabela 2) em um trecho de aproximadamente 594 m de extensão comprovando assim, um setor com transgressão (Figura 4). Além disso o maior valor mínimo e o menor valor máximo das distâncias de -112,42 m e -0,67 m (Tabela 2) respectivamente e o maior desvio padrão de 27,92 para o período estudado.

Para o setor 2 a média da variação das distâncias (Tabela 2 e Figura 3) entre os anos de 1974-1988 foi de 12,19 m/14 anos (Tabela 2 e Figuras 3 e 4). Apresentou o menor valor mínimo da distância de -2,12 m/14 anos (Tabela 2) e o menor desvio padrão de 7,58.

Foi observado no setor 3 uma média na variação das distâncias (Tabela 2 e Figura 3) entre os anos de 1974-1988 de -3,58 m/14 anos, indicando assim, a transgressão na linha de costa, para este setor (Figuras 3 e 4). Apresentou o maior valor máximo de -34,82 m/14 anos (Tabela 2).

Os resultados obtidos da área em relação transgressão e a regressão para os 3 setores (Figura 4) entre os anos de 1974/1988, apresentou um total para a transgressão de aproximadamente 28.059,24 m² (36%), enquanto que,

50.557,95 m² (64%) marcaram as áreas de regressão no litoral.

A variação da linha de costa apresentou recuo no setor 1, cerca de -1.385,44 m² de área de transgressão em um período de 14 anos (1974-1988), observou-se que foi o setor que houve maior transgressão (Figura 4). Para o setor 2 a variação foi de 3.611,28 m² de área de regressão, comprovando ser o setor de maior regressão entre os anos 1974 a 1988 (Figura 4). Enquanto a variação para o setor 3 foi de -618,79 m² no período de 14 anos (Figura 4).

4.2 Variação da Linha de Costa entre os Anos de 1974 e 1997

Entre os anos de 1974/1997, identificou-se que o setor 1 passou por um processo de transgressão da linha de costa, bem como, a maior taxa média negativa -1,08 m/ano (Tabela 3, Figura 5), obteve o maior valor mínimo negativo de -1,15 m/ano e o maior valor máximo negativo de -4,43 m/ano, e o maior desvio padrão 1,14 (Tabela 3).

Para o período de 1974/1997 o setor 2 apresentou a maior média positiva entre os setores analisados, a taxa média da variação da linha de costa foi de 0,60 m/ano (Tabela 3 e Figura 5) indicando assim, uma tendência à regressão (Figura 5). Como também apresentou o menor valor mínimo negativo (0,53) e o maior valor positivo das taxas para a evolução da linha de costa de 1,29 m/ano para o período, e o menor desvio padrão de 0,38 (Tabela 3).

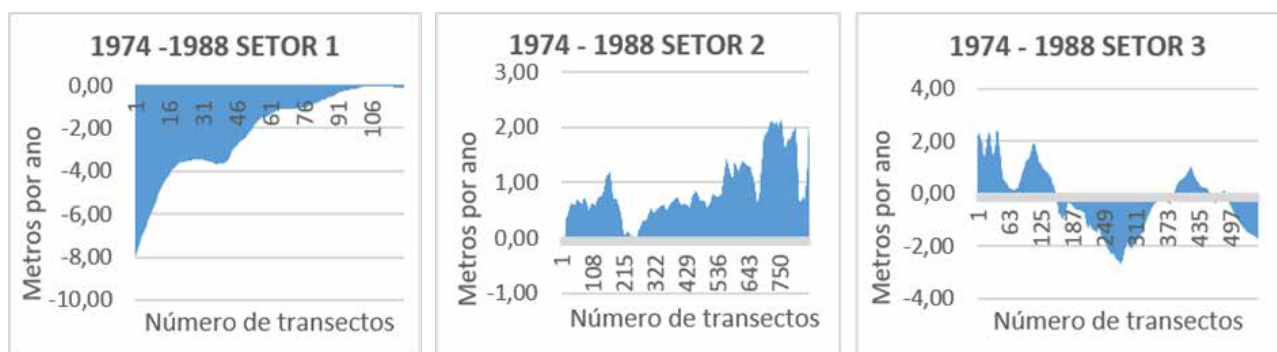


Figura 3 Variações das distâncias de regressão e transgressão do setor 1, setor 2 e setor 3 da praia do Paiva entre os anos 1974-1988.

Tabela 2 Variações das distâncias no deslocamento da linha de costa da praia do Paiva entre os anos de 1974-1988 dos setores 1, 2 e 3 da praia do Paiva.

Setor/Ano	Nº Transectos	Média (m/ano)	Mín (m)	Máx. (m)	Des. Pad.
Setor 1 (1974-1988)	120	-30,30	-112,42	-0,67	27,92
Setor 2 (1974-1988)	850	12,19	2,12	30,00	7,58
Setor 3 (1974-1988)	552	-3,58	-37,51	-33,82	17,13

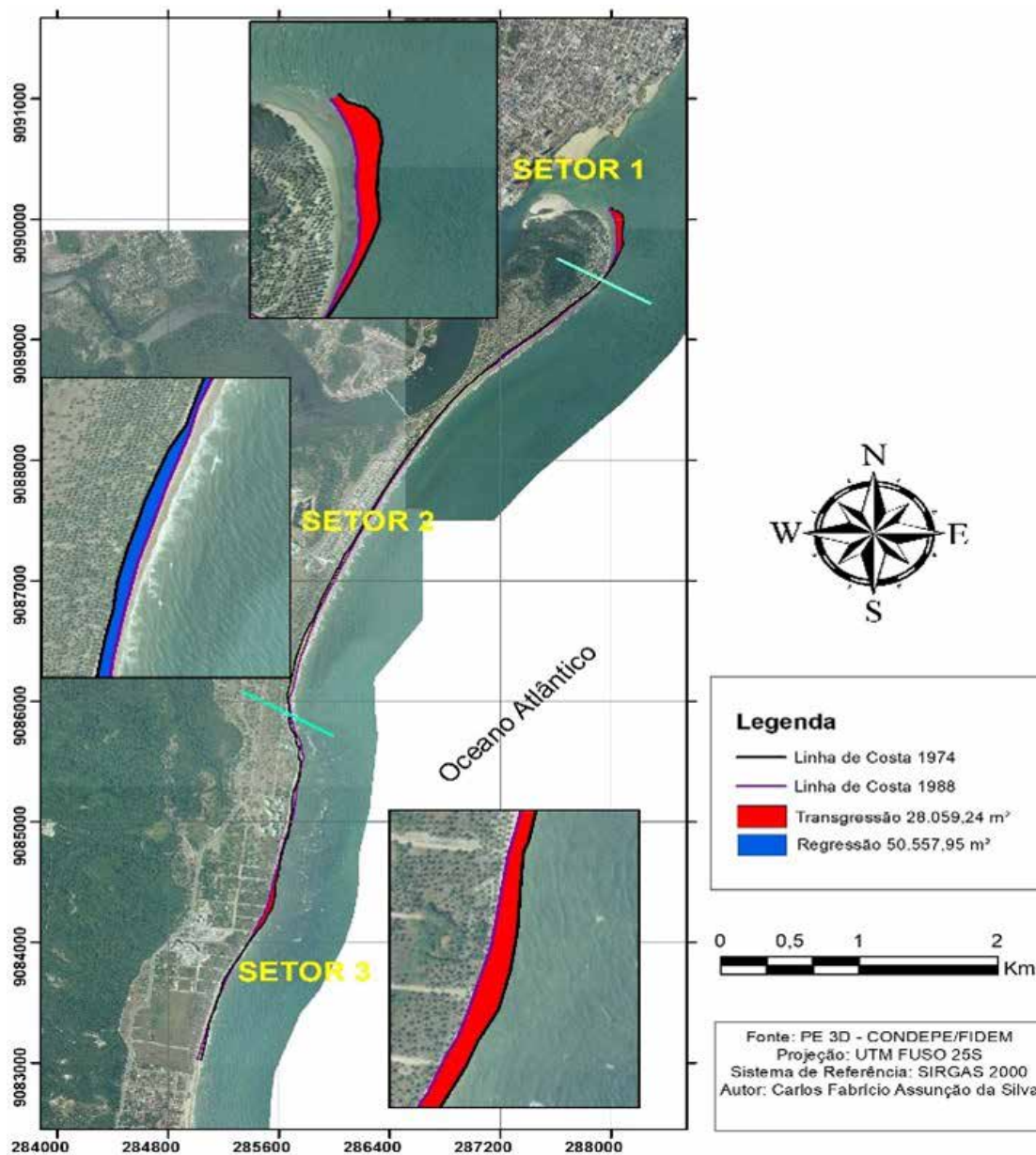


Figura 4 Mapa da variação da linha de costa da praia do Paiva de 1974 – 1988.

Tabela 3 Variações das taxas (m/ano) no deslocamento da linha de costa entre os anos de 1974-1997 dos setores 1, 2, e 3 da praia do Paiva.

Setor/Ano	Nº Transectos	Média (m/ano)	Mín (m)	Máx. (m)	Des. Pad.
Setor 1 (1974-1997)	120	-1,08	-1,15	-4,43	1,14
Setor 2 (1974-1997)	850	0,60	-0,53	1,29	0,38
Setor 3 (1974-1997)	552	-0,23	-0,23	0,61	0,37

A taxa média de deslocamento da linha de costa para o setor 3, localizado ao sul da área de estudo foi de -0,23 m/ano, apresentando transgressão (Tabela 3). Foi observado o maior valor máximo positivo 0,61 m/ano no setor 3, e o desvio padrão 0,37.

Para a variação das distâncias entre os anos 1974-1997 para o setor 1 obteve-se a maior média negativa (Tabela 4), apresentando um valor de -24,81 m (Tabela 2), obtendo-se transgressão da linha de costa (Tabela 4, Figura 6). Bem como, apresentou o maior valor mínimo das distâncias para os 3 setores, de -101,95 m e o menor valor máximo de 10,42 m, e o maior desvio padrão de 27,92 (Tabela 4). Para o período 1974-1997 o setor obteve uma média das distâncias o valor de -24,81 m/14 anos, o valor mínimo de 101,95. Entretanto, obteve um valor máximo positivo de 10,42 m/14 anos e um desvio padrão de 26,20.

Para o setor 2 a média da variação das distâncias (Tabela 4 e Figura 6) entre os anos de 1974-1988 foi de

12,19 m/14 anos. Também apresentou o menor valor mínimo da distância de -2,12 m/14 anos (Tabela 4) e o menor desvio padrão de 7,58.

O setor 3 apresentou uma média da variação das distâncias entre os anos de 1974 a 1997 de -5,24 m/23 anos (Tabela 4 e Figura 6), indicando transgressão para este setor (Figuras 3 e 4). Obtendo um valor mínimo negativo -22,98 m/23 anos, e desvio padrão 8,69 (Tabela 4).

Os resultados obtidos para os anos estudados 1974-1997 apresentaram um total de área de transgressão de aproximadamente -30.405,10 m² (34%) enquanto outros 58.993,31 m² (66%) marcaram as áreas de regressão no litoral. A variação da linha de costa do setor 1 apresentou uma área de transgressão de -659,87m²/ano no período de 23 anos. Para o cálculo da área do setor 2 foi de 2.564,92 m²/23 anos para a regressão. Já para o setor 3 a variação foi de -662,09 m²/23 anos de área de transgressão. A regressão e a transgressão da linha de costa ao longo da área de estudo para o período analisado podem ser visualizadas na Figura 7.

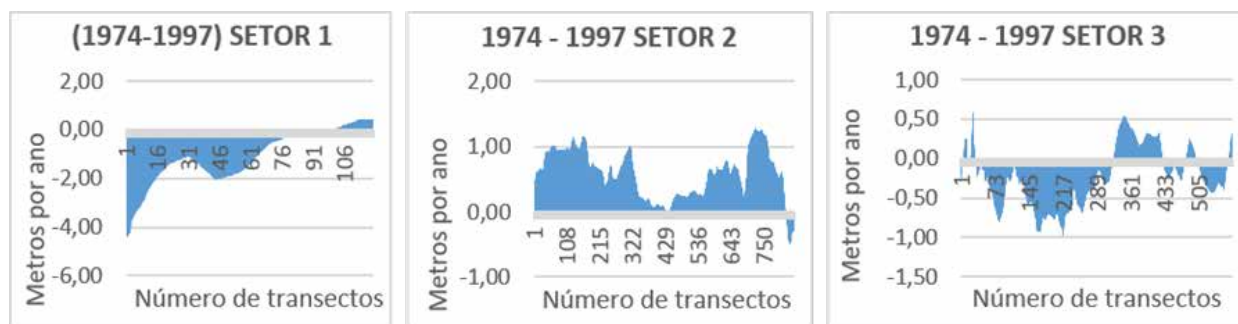


Figura 5 Resultados das taxas de regressão e transgressão do setor 1, setor 2 e setor 3 da praia do Paiva entre os anos 1974-1997.

Tabela 4 Variações das distâncias no deslocamento da linha de costa da praia do Paiva entre os anos de 1974-1997 dos setores 1, 2 e 3 da praia do Paiva.

Setor/Ano	Nº Transectos	Média (m/ano)	Mín (m)	Máx. (m)	Des. Pad.
Setor 1 (1974-1997)	120	-24,81	-101,95	10,42	26,20
Setor 2 (1974-1997)	850	13,69	-12,20	29,68	8,65
Setor 3 (1974-1997)	552	-5,24	-22,98	13,92	8,69

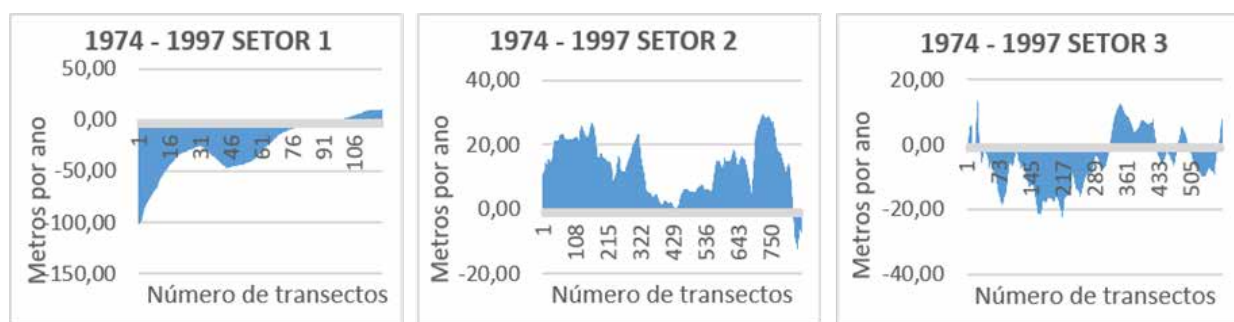


Figura 6 Variações das distâncias de regressão e transgressão do setor 1, setor 2 e setor 3 da praia do Paiva entre os anos 1974-1997.

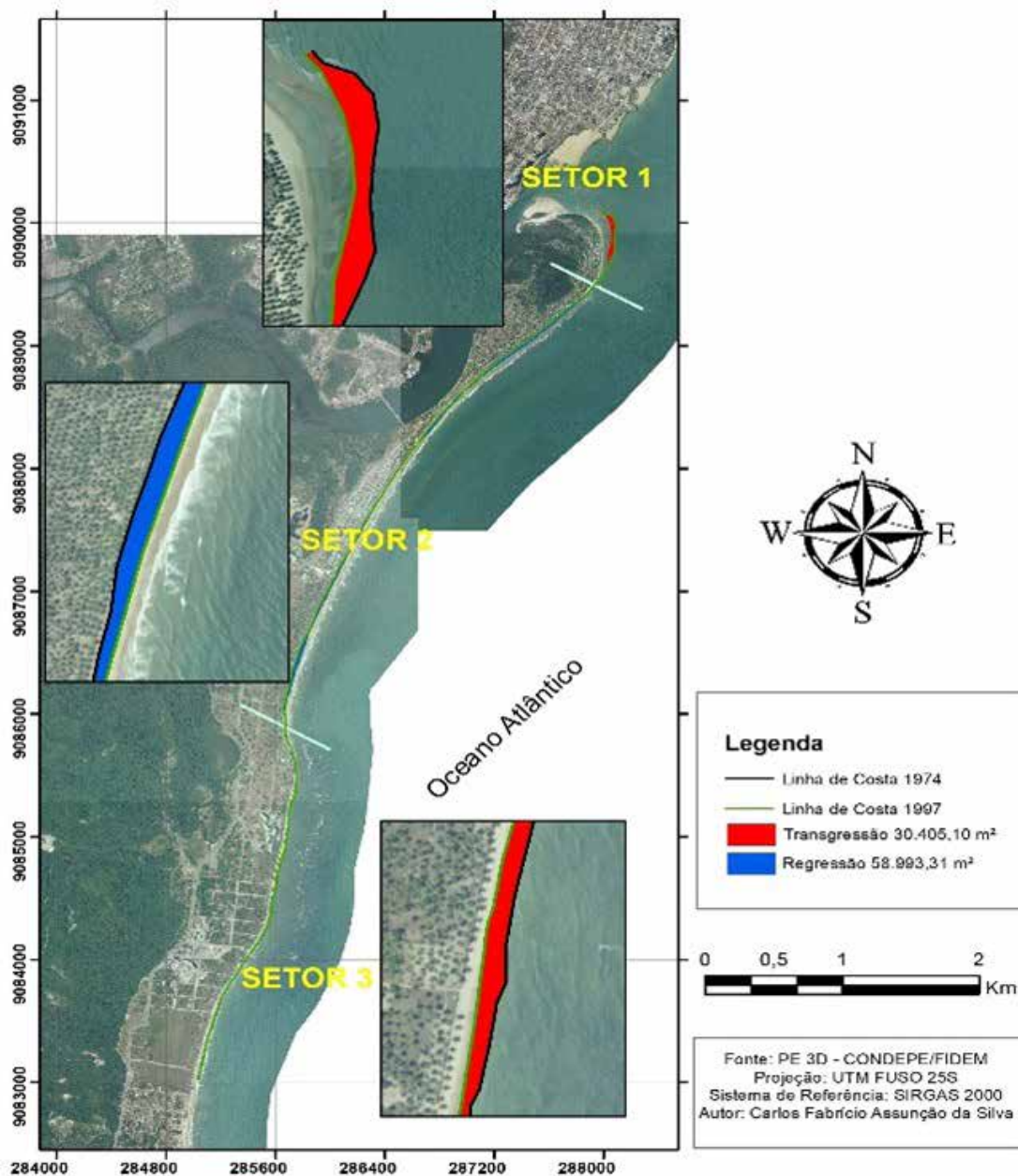


Figura 7 Mapa da variação da linha de costa da praia do Paiva de 1974 – 1997.

4.3 Variação da Linha de Costa entre os Anos de 1974 e 2016

Entre os anos de 1974 e 2016 identificou-se que o setor 1 apresentou o menor valor da média das taxas negativas da linha de costa, representado por -1,48 m/ano (Tabela 5 e Figura 8), o mesmo apresentou também o maior valor mínimo negativo das taxas de evolução da linha de

costa, sendo este de -5,52 para o período, e o maior valor máximo na ordem de -0,15 m/ano, indicando assim, um processo de transgressão da linha de costa para o período 1974-2016 (Tabela 5).

Observamos que este setor apresentou o maior desvio padrão para o período estudado com um valor de +1,28. A Figura 8 apresenta o deslocamento de 1974 a 2016 da linha de costa ao longo da área de estudo (Figura 8).

Para o setor 2 obteve-se a maior média positiva das taxas de deslocamento da linha de costa entre os anos 1974 a 2016, no valor de +0,40 m/ano em relação aos demais setores (Tabela 5 e Figura 8), indicando um valor de regressão da linha de costa. Este mesmo setor apresentou o maior valor máximo nas taxas, de +0,80 m/ano (Tabela 5).

Em relação ao período de 1974/2016 o setor 3 apresentou uma taxa média no deslocamento da linha de costa o valor de -0,41 m/ano (Tabela 1 e Figura 2). Observando-se assim, uma transgressão na evolução da

linha de costa. Neste período obteve-se para o setor 3 o menor desvio padrão de 0,18 (Tabela 1).

A variação das distâncias do deslocamento da linha de costa entre os anos de 1974/2016 para o setor 1 obteve-se a maior média negativa entre os 3 setores, no valor de -62,21 m (Tabela 6 e Figura 9). Estes valores indicam que, nesse setor houve a maior transgressão para os anos estudados. Este setor apresentou o maior valor mínimo da variação das distâncias entre os transectos, -231,73 m e o menor valor máximo nas taxas -6,47 m e o maior desvio padrão de 53,86 (Tabela 6) para o período de 1974-2016.

Tabela 5 Variações das taxas (m/ano) no deslocamento da linha de costa entre os anos de 1974-2016 dos setores 1, 2, e 3 da praia do Paiva.

Setor/Ano	Nº Transectos	Média (m/ano)	Mín (m)	Máx. (m)	Des. Pad.
Setor 1 (1974-2016)	120	-1,48	-5,52	-0,15	1,28
Setor 2 (1974-2016)	850	0,40	-0,12	0,80	0,19
Setor 3 (1974-2016)	552	-0,41	-0,73	0,13	0,18

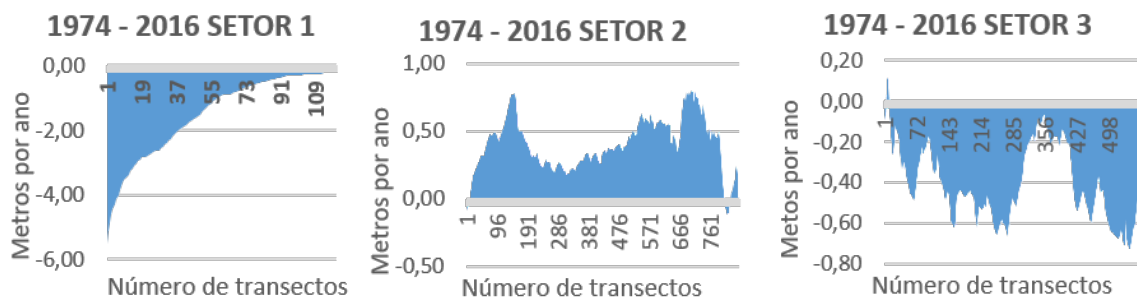


Figura 8 Resultados das taxas de regressão e transgressão do setor 1, setor 2 e setor 3 da praia do Paiva entre os anos 1974-2016.

Tabela 6 Variações das distâncias no deslocamento da linha de costa da praia do Paiva entre os anos de 1974-2016 dos setores 1, 2 e 3 da praia do Paiva.

Setor/Ano	Nº Transectos	Média (m/ano)	Mín (m)	Máx. (m)	Des. Pad.
Setor 1 (1974-2016)	120	-62,21	-231,73	-6,47	53,86
Setor 2 (1974-2016)	850	16,21	-4,95	33,49	8,12
Setor 3 (1974-2016)	552	-17,11	-30,66	5,29	7,69

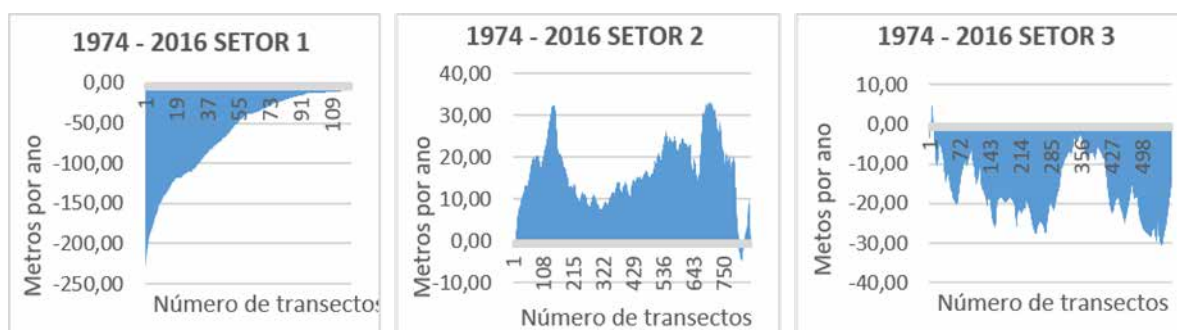


Figura 9 Variações das distâncias de regressão e transgressão do setor 1, setor 2 e setor 3 da praia do Paiva entre os anos 1974-2016.

Entre os anos de 1974-2016, o setor 2 apresentou a maior média na variação das distâncias 16,21 m/42 anos (Tabela 6 e Figura 9) Observou-se que este setor foi o que apresentou a maior regressão na área de estudo (Figura 9). Do mesmo modo apresentou o maior valor máximo das distâncias 33,49 m/42 anos e o maior valor mínimo de -4,95 m/42 anos (Tabela 6).

Entre os anos de 1974 a 2016, o setor 3 apresentou uma média de -17,21 m/42 anos nas variações das distâncias (Figura 9) indicando transgressão para este setor (Figuras 3 e 4) e o menor desvio padrão de 7,69 (Tabela 6) para todo o período monitorado.

Os resultados obtidos para os 3 setores (Figura 10) entre os anos de 1974 a 2016, apresentou um total de área de transgressão de 95.984,92 m² (58%), e 69.351,73 m² (42%) marcaram as áreas de regressão no litoral. A área apresentou um recuo com uma maior intensidade no setor 1, cerca de -1.209,61 m² de área de regressão. Para o setor 2 a variação da linha de costa foi +1.651,23 m² de área, comprovando que nos três períodos analisados houve um crescimento contínuo. Já o setor 3 a variação da área foi -1.651,23 m², apresentou um processo de transgressão.

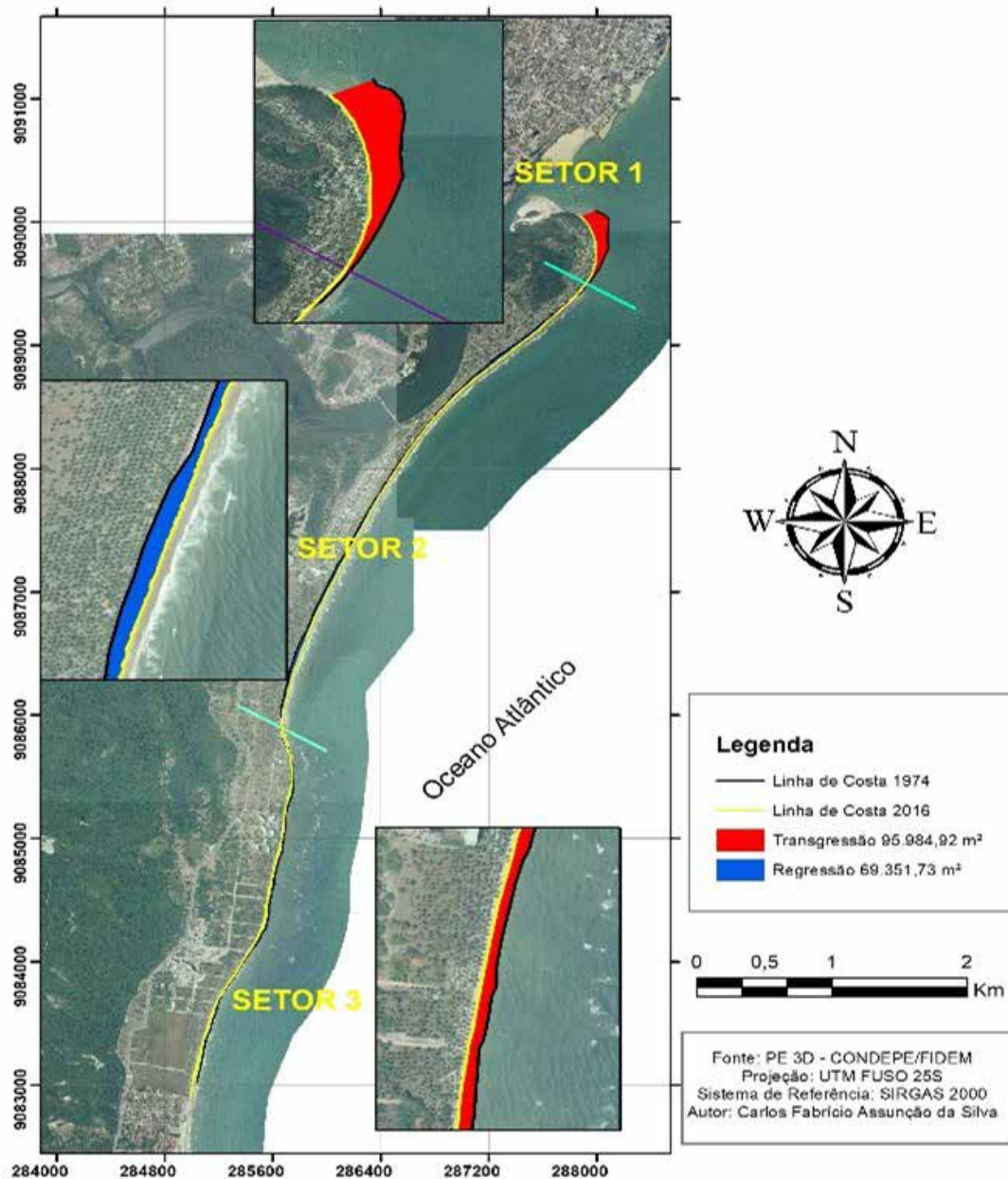


Figura 10 Mapa da variação da linha de costa da praia do Paiva de 1974 – 1988.

5 Discussão

Em relação a praia do Paiva o setor 1 entre os anos 1974-1988 apresentou a maior taxa média negativa do deslocamento da linha de costa e entre 1974-1997 m/ano apresentou a menor média negativa das taxas de deslocamento, sendo observado uma diminuição no recuo da linha de costa, porém sem a recuperação da área deste setor, ou seja, do pontal localizado ao sul da desembocadura do rio Jaboatão. Avaliando o recuo e a acresção em relação as distâncias observou-se que para os anos de 1974-1988 ocorreu a maior média negativa das distâncias dos transectos, apresentando também para 1974-1997 valores aproximados ao período anterior. Entre os anos 1974-2016 obteve-se o maior recuo, sendo observada a maior média das distâncias, constando um setor com intenso processo de transgressão.

O recuo identificado no setor 1 da área de estudo, corroboraram com os resultados encontrados por Madruga (2004), que estudou o deslocamento da linha de costa na praia do Paiva, entre os anos de 1972 e 2002, o qual a área de estudo também foi dividida em 3 setores. Tal estudo observou que a linha de costa recuou no extremo norte do setor 1, que corresponde ao setor 1 do presente estudo, caracterizado como uma área de grande tendência à erosão. Segundo Toldo (2005), a causa para a erosão da região metropolitana do Recife, onde a área de estudo se encontra, estariam ligadas a fatores como: a construção do Porto de Suape, de barragens nos rios e aterros localizadas ao sul da Região Metropolitana do Recife.

Estudos realizados por Gregório (2009) na praia de Boa Viagem, cidade do Recife, acusa que entre as causas da erosão estão: impactos antrópicos e a falta de suprimento de sedimentos, bem como, as possíveis causas naturais, como as mudanças nos padrões das correntes litorâneas e a elevação do nível relativo do mar. Barreto (2014) elenca que os impactos ambientais encontrados nas praias de São José da Coroa Grande, litoral sul de Pernambuco, demonstram que o intenso grau de descaracterização da paisagem é proveniente da falta de um ordenamento territorial efetivo, que tais impactos possuem causas naturais e antrópicas. No entanto, as causas antrópicas representam o maior poder de alteração/degradação dos ambientes costeiros (Barbaro *et al.*, 2019).

No setor 2 obteve-se para os anos de 1974-1988 a maior média das taxas, apresentando uma média positiva no deslocamento da linha de costa. Durante o período de 1974 a 2016 apresentou a menor taxa positiva para o período total estudado. Entretanto este setor apresentou para todo o período estudado uma regressão contínua, demonstrado através das estatísticas e dos gráficos. A variação da média

das distâncias dos transectos da linha de costa comprovou que entre o período de 1974-1988 obteve a menor uma regressão, já em comparação para os anos de 1974-2016 onde obteve a maior variação da média das distâncias, apresentando regressão da linha de costa. Segundo Marino (2013) a regressão pode estar associada aos principais agentes dinâmicos na zona costeira, como as ondas, as correntes e os ventos.

Barreto (2014) ressalta que tais alterações, na linha de costa, provocadas por processos morfodinâmicos, podem durar horas ou até mesmo dias, dependendo dos agentes naturais que atuam na configuração do litoral. Suguio (2003) afirma que tais mudanças podem causar importantes transformações, muitas vezes, irreversíveis. Além disso, as regiões litorâneas abrigam importantes ecossistemas naturais, como manguezais e recifes de corais, que podem ser afetados pela erosão.

Os resultados obtidos nesse estudo corroboram com realizados por Almeida (2008) na praia do Paiva no período de 1975 a 2005, onde o setor analisado 1, o qual corresponde ao setor 2 do presente trabalho, não registrou processos erosivos nos dois períodos estudados, porém apresentou tendência à acresção, alcançando uma média positiva nas taxas do avanço da linha de costa entre os anos de 1975 e 1988. Este continuou a progredir no período seguinte, entre 1988 a 2005, alcançando uma média positiva na taxa de deslocamento superior ao primeiro período analisado. Representando assim, uma regressão contínua da linha de costa deste setor.

Em relação ao período de 1974 a 2016, o setor 3 apresentou a menor taxa negativa na variação da linha de costa durante o período de 1974-1997 m/ano. Porém no período de 1974-2016 obteve-se uma média da taxa negativa mais elevada em relação aos períodos anteriores. Mostrando assim, uma continuidade do processo erosivo na variação da linha de costa, e um maior recuo para todo o período analisado. Para as médias das distâncias observou-se que o período de 1974-1988 se obteve a menor média negativa para as distâncias dos transectos, corroborando com os valores observados nas taxas, bem como, em comparação com a do período seguinte 1974-2016, onde se obteve um valor mais representativo. Os setores 1 e 3 representam as extremidades da área de estudo e apresentaram retrogradarão durante o período de 1974-2016, sendo esta mais acentuada no primeiro setor.

Manso (1997) afirma que a erosão marinha, nas zonas costeiras, é um problema que está intimamente associado à falta de um planejamento urbano. Manso (2003) destaca a necessidade de o homem reavaliar suas ações no sentido de exercer menos pressão num ecossistema frágil, como o litorâneo, que vem historicamente sendo degradado.

É importante monitorar a evolução da linha de costa, uma vez que o monitoramento é um instrumento fundamental para elaborar planos de gestão costeira, e que visem diminuir prejuízos às comunidades que vivem próximo da zona costeira (Cooper & Pilkey, 2004).

6 Conclusões

Foi possível detectar a evolução da linha de costa para os 42 anos de intervalo analisado, contemplando a dinâmica de regressão e transgressão de todos os setores quando comparados os três momentos (1974-1988, 1974-1997 e 1974-2016). Verificou-se que, nas áreas ocupadas por empreendimentos imobiliários ao longo, promoveram um déficit no balanço sedimentar costeiro, o que provavelmente acontece pela retirada, interrupção e/ou obstrução de sedimentos e material biológico transportados pelo vento e/ou conduzidos pelas correntes costeiras e de deriva, uma vez que esses empreendimentos ocupam regiões importantes para a dinâmica destas áreas culminando com processos erosivos em todo o litoral.

Os resultados da análise da linha costa constatou que entre as quatro décadas analisadas 1974, 1988, 1997 e 2016, ocorreu transgressão contínua de ordem significativa ao norte da área 31% (setor 1), como também apresentou transgressão ao sul da área 27% (setor 3). Porém o setor 2 ao centro da área de estudo apresentou taxas de regressão de 42% durante as três décadas analisadas que perdurou por todo o período.

A elaboração de uma análise multitemporal de fotografias aéreas favoreceram a identificação e compreensão da dinâmica natural e ambiental das áreas analisadas, sendo essenciais para o subsídio às tomadas de decisões acerca do uso e gestão sustentável da linha de costa. A análise multitemporal da linha de costa trata-se de uma importante ferramenta no planejamento e intervenção ambiental, sobretudo por indicar facilmente as tendências de transgressão e/ou regressão de uma região ao longo dos anos.

É necessário ampliar ações de políticas públicas, no intuito de redefinir as atividades de uso e ocupação da zona costeira por grandes empreendimentos, priorizando, localmente, a preservação e conservação das unidades morfológicas reguladoras de um aporte regular de sedimentos para o transporte eólico e pela deriva litorânea.

7 Referências

- Almeida, H.R.R.C. 2008. *Séries temporais de imagens sub-orbitais e orbitais de alta resolução espacial na avaliação da morfodinâmica praias no Município do Cabo de Santo Agostinho – PE*. Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Universidade Federal de Pernambuco, Dissertação de Mestrado, 124p.
- Almeida, H.C.; Cruz, R.S.; Lima, A.A. & Luz, V.T. 2013. Avaliação das taxas de variação da linha de costa através de imagens orbitais e levantamento GPS na praia de riacho doce, Maceió – AL. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16, Foz do Iguaçu, 2013. Resumos expandidos, Foz do Iguaçu, INPE, p. 5389- 5396.
- Araújo, M.C.B.; Souza, S.T.; Chagas, A.C.O.; Barbosa, S.C. & Costa, M.F. 2007. Análise da ocupação urbana das praias de Pernambuco, Brasil. *Revista de Gestão Costeira Integrada- Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 7(2): 97-104.
- Barreto, E.P. 2014. *Processos Morfodinâmicos, Sedimentológicos e Geomorfológicos na plataforma continental interna da praia de São José Da Coroa Grande, litoral sul de Pernambuco, Nordeste do Brasil*. Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Tese de Doutorado, 306p.
- Barbaro, G.; Fiamma, V.; Barrile, V.; Foti, G. & Ielo, G. 2017. Analysis of the shoreline changes of Reggio Calabria (Italy). *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 8(10): 1777-1791.
- Bezerra, M.O; Pinheiro, L. & Morais, J.O. 2003. Shoreline change of the Mucuripe harbour zones (Fortaleza-Ceará, Northeast of Brazil) 1972 - 2003. *Journal of Coastal Research*, 50: 1163-1167.
- Callaghan, D.; Renasinghe, R. & Short, A. 2009. Quantifying the storm erosion hazard for coastal planning. *Coastal Engineering*, 5: 90-93.
- Chaves, M.S. 2005. *Dinâmica costeira dos campos petrolíferos Macau/Serra, Litoral, Setentrional do estado do Rio Grande do Norte*. Tese (Doutorado em Geodinâmica e Geofísica) – Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 135p.
- Camfield, F.E. & Morang, A. 1996. Defining and interpreting shoreline change. *Ocean & Coastal Management*, 3: 129-151.
- Cenci, L.; Disperati, L.; Persichillo, M.G.; Oliveira, E.R.; Alves, F.L. & Phillips, M. 2018. Integrating remote sensing and GIS techniques for monitoring and modeling shoreline evolution to support coastal risk management. *GIScience & Remote Sensing*, 55: 355-375.
- Cooper, J.A.G. & Pilkey, O.H. 2004. Sea-level rise and shoreline retreat: Time to abandon the Bruun Rule. *Global and Planetary Change*, 43: 157-171.
- Duarte, R.X. 2002. *Caracterização morfo-sedimentar e evolução de curto e médio prazo das praias do Pina, Boa Viagem e Piedade, Recife/Jaboatão dos Guararapes-PE*. Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Dissertação de Mestrado, 141p.
- Esteves, L.S. 2004. *Variabilidade espaço-temporal dos deslocamentos da linha de costa no Rio Grande do Sul*. Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tese de Doutorado, 139p.
- Eulie, D.O.; Corbetta, D.R. & Walsh, J.P. 2018. Shoreline erosion and decadal sediment accumulation in the Tar-Pamlico estuary, North Carolina, USA: A source-to-sink analysis. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 202: 246-258.

- Gonçalves, R.M.; Pacheco, A.P., Tanajura, E.L.X. & Silva, L.M. 2013. Urbanização costeira e sombreamento na praia de Boa Viagem, Recife-PE, Brasil. *Revista de Geografia Norte Grande*, 54: 241-255.
- 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, Novas Edições Acadêmicas, 192p.
- Gregório, M.N. 2008. *Evolução da linha de costa e caracterização da plataforma continental interna adjacente à Cidade do Recife PE*. Programa de Pós-graduação em Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, Tese de Doutorado, 191p.
- Gregório, M.N. 2004. *Sedimentologia e morfologia das praias do Pina e da Boa Viagem, Recife (PE) – Brasil*. Programa de Pós-graduação em Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, Dissertação de Mestrado, 92p.
- IBGE. 2019. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 10 maio 2019.
- Krueger, J. 2011. *Análise dos Parâmetros Meteorológicos e Oceanográficos dos Eventos de Ressaca, ocorridos entre Janeiro de 2001 a Dezembro de 2010, no Estado de Santa Catarina*. Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar (CTTMar), Universidade do Vale do Itajaí, Monografia de Conclusão de Curso, 77p.
- López, M.; López, L.; Aragonés, J.G.; López, M.P. & Sánchez, I. 2016. The erosion of the beaches on the coast of Alicante: Study of the mechanisms of weathering by accelerated laboratory tests. *Science of The Total Environment*, 567: 191-204.
- Madrugá Filho, J.D. 2004. *Aspectos geoambientais entre as praias do Paiva e Gaibu, Município do Cabo de Santo Agostinho, litoral sul de Pernambuco*. Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Tese de Doutorado. 234p.
- Mallmann, D.L.B. 2008. *Vulnerabilidade das praias de Recife à erosão*. Especialização em Gestão de Ambientes Costeiros Tropicais, Universidade Federal de Pernambuco, Monografia de Especialização, 35p.
- 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*. Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tese de Doutorado, 171p.
- Manso, V.A.V. 2003. *Definição dos pontos de contorno da linha de preamar máxima atual do litoral do município de Ipojuca – PE*: Relatório final, MMA/PNMA II - SECTMA nº 249. Recife, 36p.
- Manso, V.A.V.; Macêdo, R.J.A.; Silva, E.R.M.; Pereira, N.S.; Junior, C.F.A.S.; Arrais. M.L.S.M. & Alves, F.P.C. 2012. Subsídios ao gerenciamento costeiro: definição da zona não edificante da praia do Porto (PE) para uso e ocupação da orla. *Estudos Geológicos*, 22: 21-36.
- Marino, M.T.R.D. & Freire, G.S.S. 2013. Análise da evolução da linha de costa entre as Praias do Futuro e Porto das Dunas, Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), estado do Ceará, Brasil. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, 13: 113-129.
- Mazzer, A.M. & Dillenburg, S. 2009. Variações temporais da linha de costa em praias arenosas dominadas por ondas do sudeste da Ilha de Santa Catarina (Florianópolis, SC, Brasil). *Pesquisas em Geociências*, 36: 117-135.
- Mendonça, F.J.B. 2005. *Posicionamento de alta resolução – adequação e aplicação à morfologia costeira*. Programa de Pós-graduação em Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, Tese de Doutorado, 94p.
- Mendonça, F.J.B.; Gonçalves, R.M.; Awange, J.; Silva, L.M.D. & Gregório, M.D.N. 2014. Análise temporal da linha de costa utilizando GNSS. *Boletim de Ciências Geodésicas*, 20: 701-719.
- Mitishita, E.A. 2002. Reconstituição da posição da linha de costa no município de Matinhos ao longo de 45 anos com a técnica de monorestituição digital de aerofotos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOMÁTICA, 2, Presidente Prudente, 2002. Resumos expandidos, Presidente Prudente, UNESP, p. 320-327.
- Nassar, K.; Mahmood, W.E.; Masria, A.; Fatha, H. & Nadaokad, K. 2018. Numerical simulation of shoreline responses in the vicinity of the western artificial inlet of the Bardawil Lagoon, Sinai Peninsula, Egypt. *Applied Ocean Research*, 74: 87-101.
- Novo, E.M.L.M. 1989. *Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações*. São Paulo, Edgard Blücher, 560p.
- Oliveira, J.N.C.; Oliveira, F.S.B.F. & Teixeira, A.T. 2016. Evolução da linha de costa a sul da embocadura do rio Mondego: modelação do impacto do prolongamento do molhe norte. In: JORNADAS DE ENGENHARIA HIDROGRÁFICA, 4, Lisboa, 2016. Resumos expandidos, Lisboa, Ulisboa, p. 245-248.
- Qiao, G.; Mia, H.; Wanga, W.; Tonga, X.; Li, Z.; Lia, T.; Liu, S. & Hong, Y. 2018. 55-year (1960–2015) spatiotemporal shoreline change analysis using historical DISP and Landsat time series data in Shanghai. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 68: 238-251.
- Ruggiero, P. & List, J.H. 2009. Improving accuracy and statistical reliability of shoreline position and change rate estimative. *Journal of Coastal Research*, 25: 1069-1081.
- Salghuna, N.N. & Bharathvaj, S.A. 2015. Shoreline change analysis for northern part of the Coromandel Coast. *Aquatic Procedia*, 4: 317-324.
- Santos, U.S.T. 2008. *Avaliação geoambiental das praias do Município dos Guararapes, região metropolitana do Recife*. Programa de Pós-graduação em Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, Dissertação de Mestrado, 111p.
- Santos, G.S. 2017. *Análise da evolução da linha de costa da região metropolitana sul da cidade do Recife – PE, Brasil*. Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental, Instituto de Tecnologia de Pernambuco, Dissertação de Mestrado, 86p.

- Short, A.D. & Trembanis, A.C. 2004. Decadal scale patterns in beach oscillation and rotation Narrabeen Beach, Australia - Time series, PCA and wavelet Analysis. *Journal of Coastal Research*, 20: 523-532.
- Silva, L.M.D.; Gonçalves, R.M.; Lira, M.M.D.S. & Pereira, P.D.S. 2013. Modelagem fuzzy aplicada na detecção da vulnerabilidade à erosão costeira. *Boletim de Ciências Geodésicas*, 19: 746-764.
- Souza, C.R.G. & Luna, G.C. 2010. Variação da linha de costa e balanço sedimentar de longo período em praias sob risco muito alto de erosão do município de Caraguatatuba (litoral Norte de São Paulo, Brasil). *Revista da Gestão Costeira Integrada*, 10: 179-199.
- Stanchev, H.; Stancheva, M.; Young, R. & Palazova, A. 2018. Analysis of shoreline changes and cliff retreat to support marine spatial planning in Shabla Municipality, Northeast Bulgaria. *Ocean & Coastal Management*, 156: 127-140.
- Suguio, K. 2003. *Geologia Sedimentar*. São Paulo, Edgard Blucher, 400p.
- Tanjura, E.L.X.; Krueger, C.P. & Gonçalves, R.M. 2011. Análise da acurácia dos métodos cinemáticos de posicionamento GPS em aplicações costeiras. *Boletim de Ciências Geodésicas*, 17: 23-36.
- Toldo, E.E.; Almeida, L.E.S.B.; Nicolodi, J.L. & Martins, L.R. 2005. Retração e progradação da zona costeira do estado do Rio Grande do Sul. *Gravel*, 3: 33-38.
- Trebossen, H.; Deffontaines, B.; Classeau, N.; Koume, J. & Rudant, J. 2005. Monitoring coastal evolution and associated litoral hazards of French Guiana shoreline with radar images. *Geoscience*, 337: 1140-1153.

Recebido em: 02/06/2020

Aprovado em: 29/01/2021

Como citar:

Silva, C.F.A.; Schuler, C.A.B.; Gregório, M.N.; Barreto, E.P. & Marquetti, R.K. 2021. Evolução Multi-Temporal da Linha de Costa da Praia do Paiva, Litoral Sul de Pernambuco, Brasil. *Anuário do Instituto de Geociências*, 44: 41336. DOI 10.11137/1982-3908_2021_44_41336