



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA**

**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**CURSO DE GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA**

**MILENA REIS NERVINO**

**Análise multitemporal do comportamento da linha de costa entre Busca Vida e  
Praia do Forte, no Litoral Norte do Estado da Bahia - Brasil**

Salvador

2018

**MILENA REIS NERVINO**

**Análise multitemporal do comportamento da linha de costa no Litoral Norte do  
Estado da Bahia - Brasil**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Oceanografia, como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Oceanografia, pela Universidade Federal da Bahia.

Orientador: Prof. Dr. Pablo Santana Santos

Co-orientador: Prof. Dr. Guilherme Camargo Lessa

Salvador

2018

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me concedido saúde e uma ligação tão forte com o mar que sempre me motivou a continuar.

A minha Mãe, que é uma mulher forte, e que mesmo com tantas dificuldades sempre me encorajou a correr atrás dos meus sonhos. Obrigada pelo amor, dedicação e acreditar em mim mesmo quando eu não acredito.

A meu Pai por me apoiar nas minhas escolhas e me ajudar a tornar esse sonho possível. Obrigada por confiar em mim.

A meus pais fica o agradecimento por compreenderem quando eu não podia estar presente e por não terem me ensinado a ter medo do mundo.

A minha família de Salvador Magaly Cintra e Vanderlino Almeida que sempre estiveram presentes em minha vida em Salvador, me acolheram e me deram carinho.

A minhas amigas Julia Cintra, Laysla Possebon, Maria Clara Nunes, Larissa Nabuco e Mariana Rios pelos momentos de descontração e apoio nos momentos difíceis.

A meu namorado, Diego Fiaes, que caminhou comigo me aturando nos meus piores dias, ouvindo minhas reclamações, tolerando meu mau humor, me ajudando nas crises de ansiedade, e me incentivando a continuar. Obrigada pela prova de amor diária!

A meus orientadores, Pablo Santos e Guilherme Lessa, que me deram suporte para a realização deste trabalho, principalmente nos campos. Obrigada pela orientação e por terem me ajudado a superar este desafio.

A CONDER por ter disponibilizado o material cartográfico.

Ao Projeto TAMAR pela estadia durante o campo.

Ao professor e amigo Ernande que me ajudou a triar as amostras de campo.

A meu colega André Brandão que me ajudou nas rotinas do MatLab e a Silas que me auxiliou no trabalho de campo.

As minhas amigas de infância Catiane Neiva, Tatiana Neiva, Uiny Dias e Iury Dias que entenderam que eu parti para realizar um sonho e nunca se esqueceram de mim. Obrigada por esperar cada chegada minha e fazer eu me sentir amada. Quem tem amigos tem tudo!

A todos, os meus sinceros agradecimentos!

*“Diz-se que, mesmo antes de um rio cair no oceano ele treme de medo.  
Olha para trás, para toda a jornada, os cumes, as montanhas,  
o longo caminho sinuoso através das florestas, através dos  
povoados, e vê à sua frente um oceano tão vasto que entrar  
nele nada mais é do que desaparecer para sempre.  
Mas não há outra maneira. O rio não pode voltar.  
Ninguém pode voltar. Voltar é impossível na existência.  
Você pode apenas ir em frente.  
O rio precisa se arriscar e entrar no oceano.  
E somente quando ele entra no oceano é que o medo desaparece.  
Porque apenas então o rio saberá que não se trata de  
desaparecer no oceano, mas tornar-se oceano.  
Por um lado é desaparecimento e por outro lado é renascimento.  
Assim somos nós.  
Só podemos ir em frente e arriscar.  
Coragem! Avance firme e torne-se Oceano!”*

*- Osho*

## RESUMO

As regiões costeiras são as mais importantes e intensamente exploradas de todas as áreas ocupadas pelo homem e, mesmo sendo uma região geomorfologicamente muito dinâmica, é intensamente ocupada. Assim, dados quantitativos da variação da posição da linha de costa são essenciais para planejamento e elaboração de projetos na zona costeira. A aplicação do sensoriamento remoto e SIG nos estudos das mudanças costeiras de médio período constitui uma das mais importantes técnicas para registrar, monitorar, mapear áreas sujeitas a recuo e acreção da linha de costa. O objetivo principal desta pesquisa foi verificar o comportamento da linha de costa de um trecho do Litoral Norte da Bahia (LN) a partir de série multitemporal de fotografias aéreas e levantamentos planimétricos. Foi analisada uma série de fotografias aéreas e imagem de satélite para os anos de 1959, 1976, 1998, e 2010 e 2017. As imagens foram corrigidas geometricamente utilizando elementos urbanos como pontos de controle. A linha de costa foi vetorizada utilizando o critério baseado na linha de vegetação. A ferramenta *Digital Shorelines Analysis System* (DSAS) foi utilizado para calcular variações temporais na linha de costa do LN ao longo de 957 transectos perpendiculares à linha de costa, espaçados em 50 metros. Foram utilizados os procedimentos matemáticos e estatísticos disponíveis no DSAS: *Net Shoreline Movement* em metros, taxas *End Point Rate* e *Linear Regression Rate* em metros por ano e o valor do  $R^2$  (LR2). Foram coletados dados planialtimétricos da superfície utilizando o GPS Geodésico de dupla frequência (pós processado) em pontos distribuídos ao longo de um transecto para cada uma das 6 localidades distintas ao longo do LN: Praia do Forte, Itacimirim, Jacuípe Norte, Jacuípe Sul, Arembepe e Busca Vida. Foram feitas fotografias aéreas utilizando um Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), modelo *Phantom 3 Standard* com GPS embarcado com intuito de investigar a topografia de alguns trechos da zona costeira do LN. Os perfis planialtimétrico foram realizados através do MDE obedecendo a uma orientação perpendicular a linha de costa e sempre próximo aos pontos de controle (GPS geodésico). A análise do comportamento da linha de costa gerada no DSAS para os últimos 58 anos apontou tendência de progradação da linha de costa em Busca Vida, Interlagos, Arembepe, trecho do emissário da CETREL, Jacuípe Norte e trecho entre Itacimirim e o Rio Pojuca, e tendência erosiva em Jauá, Jacuípe Sul, Itacimirim, Guarajuba e Praia do Forte, onde há saliência da linha de costa que avança em direção ao mar. A falha de salvador se aproxima da costa próximo ao trecho entre Arembepe e Jacuípe Norte que tem as menores cotas para o terraço pleistocênico, então é possível que esteja havendo movimentações tectônicas neste trecho. O terraço holocênico em Busca vida e Jacuípe Sul é estreito em relação às outras localidades. Arembepe é um setor da costa muito particular em relação aos demais, o terraço holocênico é quase inexistente o qual pode ter sido erodido em escala geológica.

Praia do Forte, Itacimirim e Jacuípe Norte apresentam terraços holocênicos mais extensos o que sugere que esses locais experimentaram progradação da costa em escala geológica. A combinação desses dados serviu para descrever a morfologia e discutir os processos atuantes na costa servindo como base para o gerenciamento costeiro da região

**Palavras-chave: erosão costeira, cartografia, linha de costa, SIG.**

### **ABSTRACT**

The coastal regions are the most important and intensively exploited from all areas occupied by humans and, even being a very dynamic geomorphologically region it is intensely occupied. Thus, quantitative data on the variation of the coastline position are essential for planning and designing projects in the coastal zone. The application of remote sensing and GIS in studies of medium-term coastal changes constitutes one of the most important techniques for recording, monitoring, mapping areas subject to coastline erosion and accretion. The main objective of this study was to verify the coastline behaviour of a stretch of the Northern Coast of Bahia (LN) from a multitemporal series of aerial photographs and planialtimetric data. A series of aerial photographs and satellite image for the years 1959, 1976, 1998, and 2010 and 2017 were analysed. The images were geometrically adjusted using urban elements as control points. The coastline was vectored using the vegetation line as criteria. The Digital Shorelines Analysis System (DSAS) was used to calculate temporal variations in the LN coastline along 957 perpendiculars transects to the coastline, placed 50 meters from each other. Mathematical and statistical procedures available in DSAS were used: Net Shoreline Movement in meters, End Point Rate and Linear Regression Rate in meters per year and the value of  $R^2$  (LR2). Surface planialtimetric data were collected using the dual frequency (post-processed) Geodetic GPS at points distributed along a transect for each of the 6 distinct locations along the LN: Praia do Forte, Itacimirim, Jacuípe Norte, Jacuípe Sul, Arembepe e Busca Vida. Aerial photographs were taken using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV), Phantom 3 Standard model with embedded GPS to investigate the topography of some stretches of the LN coastal zone. The planialtimetric profiles were made through the MDE following an orientation perpendicular to the coastline and always close to the control points (geodetic GPS). The analysis of the coastline behavior generated in the DSAS for the last 58 years has indicates a coastline progradational trend in Busca Vida, Interlagos, Arembepe, section of the CETREL emissary, Jacuípe Norte e stretch between Itacimirim and Pojuca River, and coastline erosion trend in Jauá, Jacuípe Sul, Itacimirim, Guarajuba e Praia do Forte, where there are projections of the shoreline that advances towards the sea. The Salvador fault approaches the coast near the stretch between Arembepe and Jacuípe Norte, which has the lowest elevations for the Pleistocene terrace, so

it is possible that there are tectonic movements in this stretch. The Holocene terrace in Busca Vida and Jacuípe Sul is narrow in relation to other localities. Arembepe is a particular sector from the coast in relation to the others, the Holocene terrace is almost non-existent which may have been eroded in geological scale. Praia do Forte, Itacimirim and Jacuípe Norte features more extensive Holocene terraces suggesting that these sites have experienced coastal progradation on a geological scale. The combination of these data has contributed to describe the morphology and discuss the coastal processes serving as a basis for the region coastal management.

**Key words: coastal erosion, cartography, shoreline, GIS.**

## Sumário

Lista de Tabelas.....	8
Lista de Figuras.....	10
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>15</b>
2.1 Utilização de SIG na análise de variações de linha de costa .....	15
2.2 Levantamento planialtimétrico.....	18
<b>3 OBJETIVOS .....</b>	<b>20</b>
3.1 Geral.....	20
3.2 Específicos .....	20
<b>4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>21</b>
4.1 Localização.....	21
4.2 Geologia e Geomorfologia.....	21
4.3 Aspectos meteo-oceanográficos .....	22
4.3.1 Vento .....	22
4.3.2 Maré e Ondas.....	23
4.3.3 Deriva litorânea de sedimentos.....	23
4.4 Panorama da situação da linha de costa no litoral norte da Bahia .....	25
<b>5 METODOLOGIA .....</b>	<b>26</b>
5.1 Etapas de campo.....	26
5.2 Tratamento dos dados do campo .....	27
5.3 Análise histórica da linha de costa por fotografias aéreas e imagens de satélite dos últimos 58 anos .....	28
5.3.1 Utilização do DSAS ( <i>Digital Shoreline Analysis System</i> ).....	30
5.4 Distinção dos terraços holocênicos e pleistocênicos.....	32
<b>6 RESULTADOS .....</b>	<b>33</b>
6.1 Tendência de comportamento da linha de costa indicado pelo DSAS .....	33

6.1.1	Trecho entre Praia do Forte edesembocadura do Rio Pojuca .....	33
6.1.2	Trecho entre a desembocadura do Rio Pojuca e Itacimirim .....	39
6.1.3	Trecho entre Itacimirim e Guarajuba .....	43
6.1.4	Região de Guarajuba .....	47
6.1.5	Trecho entre Guarajuba e norte da desembocadura do Rio Jacuípe .....	50
6.1.6	Região de Barra do Jacuípe .....	54
6.1.7	Trecho entre Barra do Jacuípe e Arembepe.....	58
6.1.8	Região de Arembepe.....	62
6.1.9	Trecho entre Arembepe e Interlagos .....	66
6.1.10	Trecho entre Interlagos e Jauá .....	70
6.1.11	Região de Jauá.....	74
6.1.12	Trecho entre Jauá e Busca Vida .....	77
6.2	Levantamento planialtimétrico.....	81
6.3	Distinção dos terraços holocênicos e pleistocênicos.....	90
7	DISCUSSÃO .....	91
8	CONCLUSÃO .....	101
	REFERÊNCIAS.....	103
	ANEXO A .....	111

## Lista de Tabelas

Tabela 1: Fotografias aéreas e imagens utilizadas para a análise do comportamento da linha de costa.....	28
Tabela 2: Variação da posição da linha de costa em metros (NSM), taxa de variação de ponto final (EPR), taxa de regressão linear (LRR) e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para as linhas de costa de 1959 a 2017 no trecho entre Praia do Forte e a desembocadura do Rio Joanes. ....	36
Tabela 3: Variação da posição da linha de costa em metros (NSM), taxa de variação de ponto final (EPR), taxa de regressão linear (LRR) e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para as linhas de costa de 1959 a 2017 no trecho entre a desembocadura do Rio Pojuca e Itacimirim. ....	41
Tabela 4: Variação da posição da linha de costa em metros (NSM), taxa de variação de ponto final (EPR), taxa de regressão linear (LRR) e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para as linhas de costa de 1959 a 2017 no trecho de Itacimirim e Guarajuba. ....	45
Tabela 5: Variação da posição da linha de costa em metros (NSM), taxa de variação de ponto final (EPR), taxa de regressão linear (LRR) e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para as linhas de costa de 1959 a 2017 na região de Guarajuba. ....	49
Tabela 6: Variação da posição da linha de costa em metros (NSM), taxa de variação de ponto final (EPR), taxa de regressão linear (LRR) e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para as linhas de costa de 1959 a 2017 entre Guarajuba e norte da desembocadura do Rio Jacuípe. ....	52
Tabela 7: Variação da posição da linha de costa em metros (NSM), taxa de variação de ponto final (EPR), taxa de regressão linear (LRR) e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para as linhas de costa de 1959 a 2017 na região de Barra do Jacuípe. ....	56
Tabela 8: Variação da posição da linha de costa em metros (NSM), taxa de variação de ponto final (EPR), taxa de regressão linear (LRR) e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para as linhas de costa de 1959 a 2017 entre Barra do Jacuípe e Arembepe. ....	60
Tabela 9: Variação da posição da linha de costa em metros (NSM), taxa de variação de ponto final (EPR), taxa de regressão linear (LRR) e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para as linhas de costa de 1959 a 2017 na região de Arembepe.....	64
Tabela 10: Variação da posição da linha de costa em metros (NSM), taxa de variação de ponto final (EPR), taxa de regressão linear (LRR) e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para as linhas de costa de 1959 a 2017 entre Arembepe e Interlagos.....	68
Tabela 11: Variação da posição da linha de costa em metros (NSM), taxa de variação de ponto final (EPR), taxa de regressão linear (LRR) e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para as linhas de costa de 1959 a 2017 entre Interlagos e Jauá. ....	72

Tabela 12: Variação da posição da linha de costa em metros (NSM), taxa de variação de ponto final (EPR), taxa de regressão linear (LRR) e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para as linhas de costa de 1959 a 2017 na região de Jauá. ....	76
Tabela 13: Variação da posição da linha de costa em metros (NSM), taxa de variação de ponto final (EPR), taxa de regressão linear (LRR) e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para as linhas de costa de 1959 a 2017 no trecho entre Jauá e Busca Vida. ....	79
Tabela 14: Elevação ortométrica do levantamento planialtimétrico com GPS geodésico para cada localidade e localização geográfica exata das feições geomorfológicas presentes na área. ....	88

## Lista de Figuras

Figura 1: Mapa geológico e localização da área de estudo.....	21
Figura 2: Rosa do vento para a estação automática de superfície do INMET de Salvador .....	22
Figura 3: A - Mapa geológico simplificado do Quaternário costeiro (excluindo dunas e depósitos flúvio-lagunares); B – Características geomorfológicas da linha de costa; C – Segmentos em que foi retilinearizada a linha de costa e sentido da deriva efetiva de sedimentos estimados pela modelagem numérica e providos pelos indicadores geomorfológicos de deriva. Fonte: Bittencourt et al. (2010). Quadrado indica a área de estudo deste trabalho. ....	25
Figura 4: Obra de contenção contra o processo erosivo nas proximidades de Itacimirim .....	26
Figura 5: Cordão-duna apresentando uma escarpa erosiva na sua face frontal, próximo a Praia do Forte.....	26
Figura 6: Etapas para análise do comportamento da linha de costa .....	29
Figura 7: Correlação entre as taxas EPR e LRR.....	32
Figura 8: A - Aspectos morfológicos dos ambientes em Praia do Forte, Litoral Norte da Bahia. Setas indicam a margem da zona úmida (MC), Terraço Pleistocênico (PL) e Terraço Holocênico (HL) identificados por critério de coloração do sedimento. B - Duna frontal em Jacuípe Sul, Litoral Norte da Bahia. ....	33
Figura 9- Comportamento da linha de costa no trecho entre Praia do Forte e <i>Rio Pojuca</i> . ....	35
Figura 10: Variação da linha de costa entre 1959 e 2017, no trecho entre Praia do Forte e a desembocadura do <i>Rio Pojuca</i> . Vermelho representa erosão; verde progradação e azul situação de equilíbrio.....	36
Figura 11: Fotografias documentando situação erosiva no trecho entre Praia do Forte e a desembocadura do <i>Rio Pojuca</i> . A – Raízes de coqueiros exposta na berma da praia. B – Banco de recife de coral em Praia do Forte. C e D – Projeto TAMAR. E e F – Escarpa erosiva. Página seguinte: G - Fotografia da praia de Praia do Forte e farol Garcia D'Ávila em 1930. H, I , J e L – evolução da praia de Praia do Forte nos anos 1959, 1978 e 2011. M - Evolução do desmoronamento da Casa do faroleiro devido à erosão. ....	37
Figura 12: Comportamento da linha de costa no trecho entre a desembocadura do <i>Rio Pojuca</i> e Itacimirim. ....	40
Figura 13: Variação da linha de costa entre 1959 e 2017, no trecho entre a desembocadura do <i>Rio Pojuca</i> e Itacimirim. Vermelho representa erosão; verde progradação e azul situação de equilíbrio.....	41

Figura 14: Trecho entre a desembocadura do Rio Pojuca e Itacimirim. A – Raízes de coqueiros exposta e escarpa erosiva na desembocadura do Rio Pojuca. B – escarpa erosiva na Praia. C –Coqueiro caído na Praia. D - Restos de antigas construções. E – Fotografia de 2010 mostrando o crescimento da vegetação a partir das linhas de costa de 1959 e 1976.....	42
Figura 15: Comportamento da linha de costa no trecho entre Itacimirim e Guarajuba	44
Figura 16: Variação da linha de costa 1959 e 2017, no trecho entre Itacimirim e Guarajuba. Vermelho representa erosão; verde progradação e azul situação de equilíbrio. ....	45
Figura 17: Trecho entre a Itacimirim e Guarajuba. A e B – Construção destruída. C – Árvores caídas e escarpa erosiva. D- Arenito de praia. ....	46
Figura 18: Comportamento da linha de costa na região de Guarajuba	48
Figura 19: Variação da linha de costa entre 1959 e 2017, na região de Guarajuba. Vermelho representa erosão; verde progradação e azul situação de equilíbrio. ....	49
Figura 20: Comportamento da linha de costa entre Guarajuba e norte da desembocadura do Rio Jacuípe. ....	51
Figura 21: Variação da linha de costaentre 1959 e 2017, entre Guarajuba e norte da desembocadura do Rio Jacuípe. Vermelho representa erosão; verde progradação e azul situação de equilíbrio.....	52
Figura 22: Trecho entre Guarajuba e norte da desembocadura do Rio Jacuípe. A – Fotografia aérea obtida em 2010 mostrando o crescimento da vegetação a partir da linha de costa de 1959 e 1976 de cor amarelo e laranja respectivamente (verFigura 20). B – Praiacom escarpa vegetada na altura do transecto 377. C- Fotografia da Cabana Aruanã no ano de 1996. D - Fotografia da Cabana Aruanã no ano de 2018 .	53
Figura 23: Comportamento da linha de costa na região Barra do Jacuípe	55
Figura 24: Variação da linha de costaentre 1959 e 2017, na região de Barra do Jacuípe. Vermelho representa erosão; verde progradaçãoe azul situação de equilíbrio. ....	56
Figura 25: Trecho na região de Barra do Jacuípe. A – Afloramento na desembocadura do Rio Jacuípe. B – Arenito de praia na desembocadura do Rio Jacuípe	57
Figura 26: Comportamento da linha de costa entre Barra do Jacuípe e Arembepe	59
Figura 27: Variação da linha de costaentre 1959 e 2017, entre Barra do Jacuípe e Arembepe. Vermelho representa erosão; verde progradação e azul situação de equilíbrio. ....	60
Figura 28: Trecho entre Barra do Jacuípe e Arembepe. A – Arenito de praia na extensão da praia. B - Praia e Emissário no local de posição do transecto 540.....	61
Figura 29: Comportamento da linha de costa na região de Arembepe.....	63

Figura 30: Variação da linha de costa entre 1959 e 2017, na região de Arembepe. Vermelho representa erosão; verde progradação e azul situação de equilíbrio. ....	64
Figura 31: Trecho da região de Arembepe. A – Arenito de praia aflorando ao longo da praia e construções alcançando a face da praia. B – Construções sob o terraço arenoso praial na altura do transecto 637 a 641. C – Arenito de praia paralelo a linha de costa em Arembepe. D - Arenito de praia fotografado em Arembepe. E- Arenito visto na fotografia aérea. ....	65
Figura 32: Comportamento da linha de costa no trecho entre Arembepe e Interlagos	67
Figura 33: Variação da linha de costa entre 1959 e 2017, no trecho entre Arembepe e Interlagos. Vermelho representa erosão; verde progradação e azul situação de equilíbrio. ....	68
Figura 34: Trecho entre Arembepe e Interlagos. A – fotografia aérea obtida em 2010 mostrando o crescimento da vegetação a partir da linha de costa de 1976 de cor laranja (ver Figura 32). B – praia na altura do transecto 669. C - Arenito de praia fotografado em Arembepe. ....	69
Figura 35: Comportamento da linha de costa entre Interlagos e Jauá. ....	71
Figura 36: Variação da linha de costa entre 1959 e 2017, entre Interlagos e Jauá; vermelho representa erosão; verde progradação e azul situação de equilíbrio. ....	72
Figura 37: Trecho entre Interlagos e Jauá. A – fotografia aérea mostrando o enrocamento na altura do transecto 800 (ver Figura 35). B – Fotografia aérea obtida em 2010 mostrando o crescimento da vegetação a partir da linha de costa de 1959 e 1976 de cor amarelo e laranja respectivamente. ....	73
Figura 38: Comportamento da linha de costa na região de Jauá ....	75
Figura 39: Variação da linha de costa entre 1959 e 2017, na região de Jauá; vermelho representa erosão; verde progradação e azul situação de equilíbrio. ....	76
Figura 40: Comportamento da linha de costa no trecho entre Jauá e Busca Vida .....	78
Figura 41: Variação da linha de costa entre 1959 e 2017, no trecho entre Jauá e Busca Vida; vermelho representa erosão; verde progradação e azul situação de equilíbrio. ..	79
Figura 42: Trecho entre Jauá e Busca Vida. A – fotografia aérea mostrando o crescimento da vegetação a partir da linha de costa de 1959 e 1976 de cor amarelo e laranja respectivamente, em Busca Vida, na altura do transecto 928 (ver Figura 40). B – praia na altura do transecto 898. C – Praia na altura do transecto 898. ....	80
Figura 43: Ortomosaíco e Modelo Digital de Elevação de A e B – Praia do Forte. C e D – Itacimirim. E e F – Jacuípe Norte. ....	83
Figura 44: Ortomosaíco e Modelo Digital de Elevação de A e B – Jacuípe Sul. C e D – Arembepe. E e F – Busca Vida. ....	84
Figura 45: Perfil topográfico transversal: A - Praia do Forte. B- Itacimirim .....	85

Figura 46: Perfil topográfico transversal: A-Jacuípe Norte. B- Jacuípe Sul .....	86
Figura 47: Perfil topográfico transversal: A - Arembepe. B- Busca Vida.....	87
Figura 48: Comparação das altitudes ortométricas obtidas para cada ambiente nas diferentes localidades. A – Feições da Praia. B – Duna. C – Terraço holocênico. D – Terraço pleistocênico. E – Margem da zona úmida. PF indica Praia do Forte, IT indica Itacimirim, JN indica Jacuípe Norte, JS indica Jacuípe Sul, AR indica Arembepe e BV indica Busca Vida. ....	89
Figura 49: Distinção dos terraços holocênicos e pleistocênicos por critério de coloração do sedimento. Linha branca indica terraço pleistocênico e linha amarela indica terraço holocênico. A - Praia do Forte. B – Itacimirim. C – Jacuípe Norte. D – Jacuípe Sul. E – Arembepe. F – Busca Vida. ....	90
Figura 50: Um gráfico hipotético mostrando uma tendência de acreção cíclica a longo prazo. Neste caso, um ajuste quadrático dentro do domínio da amostra levaria a um melhor valor de R, mas uma pior predição de taxa do que um ajuste linear. Fonte: Dolan et al. (1991). ....	92
Figura 51: Variação da linha de costa para os últimos 58 anos A - NSM em metros e B - taxa LRR em metros por ano.....	96
Figura 52: Quadro de regras para tornar as variáveis como indicadores de erosão. Fonte: Mazzer et al.(2008).....	98

## 1 INTRODUÇÃO

As regiões costeiras são as mais importantes e intensamente exploradas de todas as áreas ocupadas pelo homem (MASSELINK e HUGHES, 2003) e pode ser considerada como sendo a zona onde ocorre a interação entre o continente, a atmosfera e o oceano. Do ponto de vista histórico, a ocupação populacional no Brasil ocorreu da costa para o interior, pois a zona costeira é uma região com valores agregados à sobrevivência do homem. O ciclo econômico sempre esteve ligado a esta região desde a exploração do Pau Brasil, a cultura de cana-de-açúcar e café, o turismo, o petróleo até os meios de transporte de carga que interligam os continentes. A diversidade do uso desta área, que tem diversidade ecossistêmicas que abrigam enorme biodiversidade, desperta interesses econômicos e que associados a desordenada expansão urbana, causam conflitos. Segundo MMA (2010), cerca de 50% da população mundial vive em zonas costeiras e, de acordo com Ruggiero e List (2009), intensos desenvolvimentos residenciais e comerciais estão geralmente situados em áreas de interface entre a terra e água, mesmo estas zonas estando frequentemente sujeitas a uma série de desastres naturais, incluindo inundações, impactos de tempestades e a erosão crônica costeira. De acordo com Komar (2000), esta é uma região que sofre transformações no tempo e no espaço devido às suas características físicas e hidrodinâmicas.

A zona costeira (ZC) é aquela parte da superfície terrestre influenciada pelos processos marinhos. Estende-se do limite terrestre de marés, ondas e dunas costeiras formadas pelo vento e ao mar até ao ponto em que as ondas interagem significativamente com o leito marinho (SHORT, A. D., 2012). A ZC é uma região que está suscetível a mudanças morfológicas. Essas mudanças ocorrem principalmente por conta de alterações do balanço sedimentar, o qual afeta o equilíbrio dinâmico estabelecendo processos de erosão quando as perdas de sedimento são maiores do que os ganhos. Este processo é responsável pela erosão da praia e recuo da linha de costa, causando perdas de áreas recreativas e de propriedades.

De acordo com (Cowell e Thom, 1997) alterações morfológicas costeiras variam na escala de tempo e no espaço, dependendo da interação entre os processos hidrodinâmicos e dinâmicos sedimentares e a morfologia (topografia) da faixa costeira sob investigação. Processos morfodinâmicos em relação à escala de tempo foram agrupados em quatro classes por esses autores (Anexo A).

Segundo Cowell e Thom (1997), a evolução costeira em escala de eventos é uma resposta a processos que atuam em períodos de tempo que vão desde um único evento, como uma tempestade, até variações sazonais nas condições ambientais. As mudanças morfológicas compreendem os efeitos da média temporal dos processos instantâneos. As escalas de tempo de engenharia (históricas) envolvem a evolução composta ao longo de muitas modificações, cada uma das quais implica em muitos ciclos nos processos fundamentais responsáveis pelo transporte de sedimentos. A evolução, então, depende da natureza e do sequenciamento das modificações. Ainda segundo Cowell e Thom (1997) a dependência das flutuações individuais torna-se menos importante para escalas geológicas onde, ao longo de milênios, a evolução ocorre mais em resposta às tendências médias das condições ambientais.

Com o aumento da população e a utilização da ZC, o estudo de variações da linha de costa tornou-se mais do que um tópico de curiosidade científica (MOORE, 2000). O conhecimento quantitativo da variação da posição da linha de costa é essencial para a maioria dos aspectos de planejamento e elaboração de projetos na zona costeira; cientistas, engenheiros e planejadores há muito reconheceram a utilidade do mapeamento de posições de linha de costa para fazer estimativas de erosão e acreção da mesma (ANDERS e BYRNES, 1991). Mitishita et al. (2002) afirmam que estes estudos permitem conhecer melhor a dinâmica do desenvolvimento da região costeira e prover o gerenciamento ambiental eficiente do meio costeiro. A falta de estudos como este e o uso indiscriminado da zona costeira pode resultar em prejuízos financeiros advindos das perdas de propriedades situadas nessa área e até mesmo a total modificação do ambiente natural através de investimento em obras de contenção que pode produzir efeitos irreversíveis tanto para o meio natural como para o próprio homem.

Visto que os estudos que fornecem dados de erosão e acreção são fundamentais para o planejamento de municípios costeiros, os dados multitemporais de sensoriamento remoto aliado com investigação *in situ* são ferramentas importantes para avaliar a dinâmica costeira e então possibilitar o entendimento de processos erosivos e progradacionais na ZC.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Utilização de SIG na análise de variações de linha de costa**

Segundo Anders e Byrnes (1991), no final da década de 1960 deu-se início a interpretação de séries históricas de fotografias aéreas e mapas antigos como uma técnica para medir variações da linha de costa. A partir daí, diversos trabalhos têm

discutido os métodos, os erros envolvidos e as aplicações dessa técnica, visando ao estudo de processos erosivos e ao cálculo da taxa de retrogradação da linha de costa (ex. ANDERS e BYRNES 1991, MOORE 2000, CROWELL et al. 1991, DOLAN et al. 1991, CAMFIELD e MORANG 1996, CROWELL et al. 1991, BYRNES et al. 2003, BOAK e TURNER 2005, ESTEVES et al. 2009). No Brasil, apenas a partir da década de 1990 que estudos desta natureza ganharam espaço e visibilidade (SOUZA et al. 2005).

A aplicação do sensoriamento remoto e Sistema de Informação Geográfica (SIG) nos estudos das mudanças costeiras de médio período constitui uma das mais importantes técnicas para registrar, monitorar, mapear e comparar áreas em diferentes locais, sujeitas a recuo e acreção da linha de costa, nas últimas décadas (FRANÇA e SOUZA FILHO, 2003). Ainda, a utilização de fotografias aéreas para o estudo da variação da linha de costa apresenta diversas vantagens para o mesmo, pois não necessita uma extensa atividade em campo e representa um dos métodos mais acessíveis economicamente (ANDERS e BYRNES, 1991). A utilização de aerolevantamentos históricos para a análise da variação da linha de costa tem-se demonstrado uma metodologia rápida e barata, contudo existem muitas incertezas associadas a esta metodologia que são discutidas por diversos autores. (ex. ANDERS e BYRNES, 1991; MOORE, 2000; CROWELL et al., 1991; DOLAN et al., 1991; CAMFIELD e MORANG, 1996; CROWELL et al., 1991; BYRNES et al., 2003; BOAK e TURNER, 2005; ESTEVES et al., 2009).

Segundo Nascimento (2012), o registro dos levantamentos aéreos é mais eficiente do que o uso de mapas ou cartas, e a principal vantagem é registrar permanentemente o local no momento exato da obtenção da fotografia, assim a análise sequencial de fotografias aéreas torna possível a observação de alterações ocorridas durante o intervalo entre os levantamentos. Através das fotografias aéreas sequenciais, mudanças na linha de costas podem ser identificadas com precisão, o que pode promover um planejamento costeiro mais adequado baseado nas taxas de acreção e erosão local.

De acordo com Forbes e Liverman (1996), o estudo do movimento da linha de costa fornece registro da direção das mudanças e dos setores costeiros em erosão e acreção. São, de modo geral, de suma importância para o planejamento de ocupação e uso da ZC. Assim, vários trabalhos vêm sendo desenvolvidos no tema, como o de Rodrigues e Souza Filho (2011), que analisaram a movimentação da linha de costa no extremo nordeste do estado do Pará através de imagens *Landsat TM* e *ETM+* e

*CBERS 2B*. Outros trabalhos que se utilizaram de fotografias aéreas para determinação da variação da linha de costa, como, por exemplo, Baratella e Menezes (2011) que estudaram a variação da linha de costa entre os anos de 1938 até 2010, junto à desembocadura do Rio Biguaçu, localizado no município de Biguaçu (SC), através de fotografias aéreas e imagens de satélite. Leal et al. (2013) quantificaram o comportamento da linha de costa da Ilha da Torotama, Rio Grande - RS, a partir de geotecnologias e técnicas de sensoriamento remoto como uma alternativa viável, barata e acurada para o monitoramento da dinâmica ambiental. França e Souza Filho (2003) fizeram uma análise multitemporal das mudanças morfológicas costeiras de médio período (1986-1995, 1995-1999 e 1999-2001) na margem leste da Ilha de Marajó (PA) em imagem *LANDSAT*.

Autores de diversos lugares do mundo utilizam a tecnologia de satélites para monitorar o comportamento da linha de costa como, por exemplo, Ekercin (2007) que estudou as mudanças na linha de costa do Mar Aegean na Turquia usando imagens multitemporal do satélite *Landsat MSS, TM*, coletadas entre 1975 e 2001. Li e Gong (2016) monitoraram a dinâmica da linha de costa no oeste da Florida usando uma serie temporal de 30 anos de imagens do satélite *Landsat*. Sesli (2010) também utilizou imagens aéreas temporal e fotogrametria digital para mapear e monitorar mudanças na linha de costa em Samsun – Turquia. Ainda segundo Sesli et al. (2009) fotografias aéreas com resolução espacial média e imagens de satélite de alta resolução são fontes de dados ideais para mapear o uso da terra costeira e monitorar suas mudanças para uma área ampla e, em um estudo da costa leste de Trabzon na Turquia, monitorou a mudança de posição da linha de costa usando dados de imagens aéreas e de satélite. Ghosh et al. (2015) monitorou a mudança da linha de costa da ilha de Hatiya em Bangladesh também usando técnicas de sensoriamento remoto para o período de 1989 a 2010.

No litoral do nordeste do Brasil, estudos sobre o tema foram realizados em vários estados como Queiroz e Dias (2015) caracterizaram a variação do comportamento da linha de costa, na Praia do Seixas, no município de João Pessoa (PB), e fizeram a projeção dessa linha para os próximos 5 e 10 anos tendo como estimador os modelos matemáticos de regressão linear simples e ponderada. Araújo (2011) fez uma análise multitemporal da linha de costa do município de Acaraú (CE) através de aplicação de imagens digitais *Landsat5 TM* entre os anos de 1987 a 2008. Ximenes et al. (2013) realizaram uma análise da linha de costa para avaliação da evolução costeira na região de Icapuí/CE, no período de 1984 a 2011, utilizando dados

multitemporais, por meio dos dados históricos de sensores remotos, e da aplicação de técnicas de geoprocessamento. Farias e Maia (2009) aplicaram técnicas de geoprocessamento para a análise da evolução da linha de costa em ambientes litorâneos do estado do Ceará, a partir da análise multitemporal de imagens de sensoriamento remoto, visando contribuir para a projeção e antecipação do comportamento desses ecossistemas às respostas do meio físico à introdução de elementos antrópicos e à dinâmica natural. Almeida et al. (2013) avaliaram as taxas de variação da linha de costa através de imagens orbitais e levantamento GPS na praia de Riacho Doce, em Maceió – AL, com o objetivo de obter dados e informações atuais sobre o comportamento morfodinâmico do litoral de Maceió, identificando os pontos mais críticos quanto à erosão da linha de costa, de maneira a auxiliar os setores públicos e privados na tomada de decisões voltadas para a contenção da erosão costeira na região. Trabalhos como o de Anjos et al. (2011) visaram o estudo da dinâmica da linha de costa no litoral do município de Coruripe-AL nas últimas cinco décadas, onde a metodologia utilizada de imagens de satélite e aerotransportadas com equidistância temporal que considerou principalmente fatores como a disponibilidade de imagens/fotografias aéreas na base de dados e cobertura de nuvens sobre a região estudada. Souza e Luna (2009) estudaram a variação da Linha de Costa da Praia do Janga/Paulista-PE, através da Técnica de Fusão de Imagens Orbitais *CBERS HRC/CCD*.

No litoral da Bahia, Azevedo et al. (2016), com o objetivo de analisar a variabilidade morfológica de pontais arenosos na planície costeira de Caravelas (NE do Brasil), utilizaram cinco imagens multiespectrais entre os anos de 1987 e 2001, realizando-se o mapeamento da linha de costa ao longo da planície costeira de Caravelas (BA). Durante monitoramento das variações morfodinâmicas através da superposição de fotos aéreas, no período de fevereiro de 1991 a julho de 1992, das praias associadas com um estuário contíguo à Ponta dos Garcez, Bahia, Bittencourt et al. (2001) identificaram a presença de distintos ciclos erosivos e construtivos, de baixa e alta frequências. No Litoral Norte do estado da Bahia, estudo utilizando imagens de satélite para monitorar o comportamento da linha de costa com objetivo de avaliar a erosão costeira foi feito por Dominguez et al. (2006).

## **2.2 Levantamento planialtimétrico**

Segundo Santos et al. (2012), os mapeamentos da dinâmica costeira têm o intento de representar a morfologia e a variação temporal das regiões costeiras, nas componentes planimétrica e altimétrica, servindo como ferramenta estratégica no

entendimento e na análise dos processos costeiros (erosão, transporte e acreção sedimentar). Para descrever as características físicas e topográficas da área, os levantamentos planialtimétricos são essenciais, e servem para a visualização de acidentes geográficos e outras características sobre a superfície do relevo evidenciando superfícies íngremes e planas, o que é fundamental no mapeamento e planejamento do uso da zona costeira. Rocha et al. (2008; 2009; 2010) realizaram levantamentos de morfologia de praia com receptor GPS geodésico. Este foi instalado sobre uma estrutura para transporte, semelhante a um carro de mão. A técnica foi denominada pelos autores de 3D-GPS.

O aerolevanteamento com Veículo Automotivo Não Tripulado (VANT) tem como uma das atividades a aerofotogrametria, que tem sido ampliada devido ao desenvolvimento da tecnologia e aplicada a diversos projetos de mapeamento topográfico. A fotogrametria aérea consiste em fotografias do terreno obtidas por uma câmera contida em uma aeronave. Esse método permite a execução do levantamento planialtimétrico de forma mais rápida. O levantamento planialtimétrico a partir aerolevanteamento com VANT permite a geração do Modelo Digital de Elevação (MDE), que registra detalhes da área por meio de fotografias (fotogrametria).

Os VANTs têm diversas aplicações no sentido de levantar dados sobre uma determinada área como, por exemplo, segundo Lima e al. (2016), os drones podem ser utilizados como ferramentas de controle e gestão municipal, das áreas regulares e irregulares, permitindo investigação de áreas propensas a alagamentos, desmoronamentos, que não atendem especificações de faixas de domínios e localizadas em áreas de preservação permanente, como também da detecção da evolução e deficiência infraestrutural dos municípios. Outra aplicação da fotogrametria obtida através de VANT é a investigação da dinâmica costeira pela comparação multitemporal de Modelos Digitais de Elevação (MDE), gerados por método geodésico com base no posicionamento e na altimetria GNSS em relação ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), o que tem proporcionado mensuração de alterações morfológicas de curta duração (intranual) em escala regional.

**3**

## **4 OBJETIVOS**

### **4.1 Geral**

O presente trabalho tem como objetivo principal verificar o comportamento da linha de costa no trecho entre Busca Vida e Praia do Forte, no Litoral Norte da Bahia, a partir de série multitemporal de fotografias aéreas e levantamentos planimétricos.

### **4.2 Específicos**

Resgatar a linha de costa com série histórica de fotografias aéreas e identificar trechos com avanço, recuo e estabilidade;

Verificar variações altimétricas na zona costeira e identificar a correlação com tendências erosivas e progradacionais observadas;

Mapear a extensão da deposição holocênica

## 5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

### 5.1 Localização

O Litoral Norte do estado da Bahia, denominado Costa dos Coqueiros, compreende toda a região ao norte de Salvador até a fronteira com Sergipe. A área deste estudo abrange a ZC dos municípios de Lauro de Freitas, desde a desembocadura do Rio Joanes, e Camaçari, até a Mata de São João, situados no Litoral Norte da Bahia (Figura 1). Este trecho da Costa dos Coqueiros é atualmente o terceiro polo turístico do litoral baiano, sendo superado apenas pela Costa do Descobrimento e Salvador (SILVA et al., 2008). Esta região abriga uma diversidade natural, que inclui ecossistemas variados - dunas, lagos, recifes de corais, manguezais, brejos e praias, e, portanto, é um atrativo turístico, pois além de belezas naturais, existem implementados condomínios, estruturas de lazer e recreação.

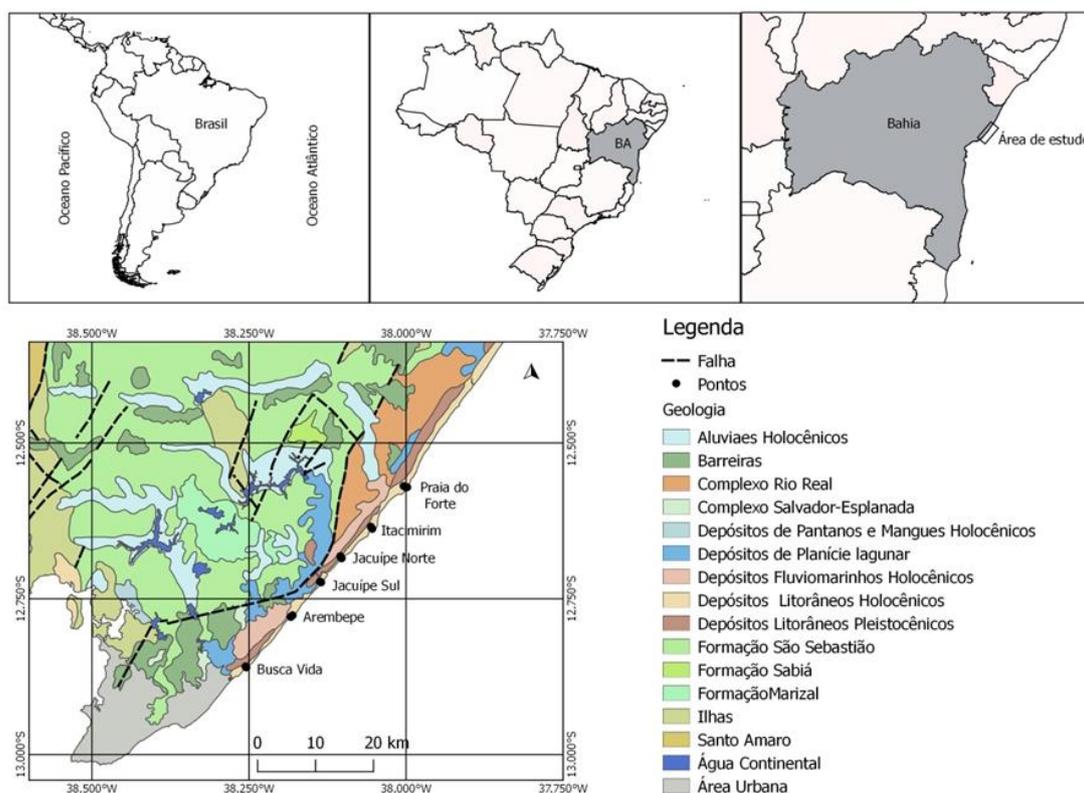


Figura 1: Mapa geológico e localização da área de estudo

### 5.2 Geologia e Geomorfologia

O LN em sua parte mais interna é delimitada por depósitos semi-consolidados da Formação Barreiras (MARTIN et al., 1980; DOMINGUEZ et al., 2009), de idade miocênica (SUGUIO e NOGUEIRA, 1999). Os depósitos quaternários, representados fundamentalmente por terraços marinhos holocênicos e pleistocênicos são encontrados em quase toda a extensão da região costeira, bem como um cordão-duna

ao longo de quase toda a linha de costa (MARTIN et al., 1980). Ainda ao longo da linha de costa ocorrem, pontualmente, bancos de recifes de corais e de arenitos de praia (MARTIN et al., 1980; DOMINGUEZ et al., 1996; LEÃO e KIKUCHI, 1999) (Figura 1).

### 5.3 Aspectos meteo-oceanográficos

#### 5.3.1 Vento

A costa do Estado da Bahia está inteiramente situada no cinturão de ventos alísios do Atlântico Sul (NE - E - SE), que está relacionada à célula de alta pressão presentes no Atlântico Sul (BIGARELLA, 1972; MARTIN et al., 1998; BITTENCOURT et al., 2000). Este padrão de circulação permite que a costa do estado da Bahia seja alcançada por ventos provenientes do NE e E durante o período primavera-verão e ventos vindos do SE e E durante o período outono-inverno (BITTENCOURT et al. 2000). A estabilidade da célula de alta pressão do Atlântico Sul define um padrão dos ventos que implica em relativamente pouca variação na direção e velocidade desses ventos e, conseqüentemente, na dispersão de sedimentos ao longo da região costeira do norte do Estado, como foi explicitado por Dominguez et al. (1992).

Em uma caracterização de microclimas atuantes em Salvador e região metropolitana a partir de uma série histórica de dados para os anos entre 2001 a 2017, obtidos pela estação de superfície automática do INMET, Nervino et. al. (2016) mostra que os ventos incidentes na costa não ultrapassam 6m/s e os quadrantes com maior frequência são sudeste e nordeste (Figura 2).

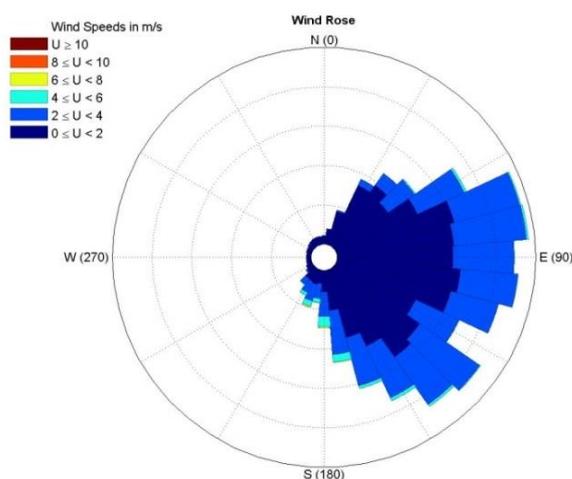


Figura 2: Rosa do vento para a estação automática de superfície do INMET de Salvador

### **5.3.1.1 Maré e Ondas**

A Costa dos Coqueiros, de acordo com Dominguez et al. (1996), apresenta micromarés semidiurnas sem desigualdades, com amplitude média de sizígia situando-se em torno de 1,8m.

As ondas originadas através da ação do vento na superfície do oceano são classificadas como ondas de gravidade e ocorrem na interface oceano-atmosfera. Essas ondas são as principais responsáveis pelo transporte e dispersão de sedimento ao longo da costa sendo indispensável o conhecimento do comportamento das mesmas uma vez que dissipam a energia na costa e ajudam a determinar as características geomorfológicas da região.

O regime de ondas na costa é modulado pelo padrão de ventos encontrados no Litoral Norte e segundo Bittencourt et al. (2000), o período que compreende o outono-inverno é dominado por ondas de sudeste e sul-sudeste que induzem derivas litorâneas de sudoeste-nordeste, enquanto que o período de primavera-verão é dominado por ondas de nordeste e leste, que induzem derivas litorâneas de nordeste-sudoeste.

As ondas, quando atingem a costa, são uma das forças responsáveis pelo condicionamento da geomorfologia da praia e então o clima de ondas atuante condicionará as feições geológicas costeiras. Segundo Dominguez et al. (1996) a costa norte do estado da Bahia é um ambiente dominado por ondas. Desta forma, a dispersão do sedimento é resultado principalmente do ângulo formado entre a linha de costa e a direção na qual as ondas estão sendo propagadas originando a deriva litorânea.

### **5.3.2 Deriva litorânea de sedimentos**

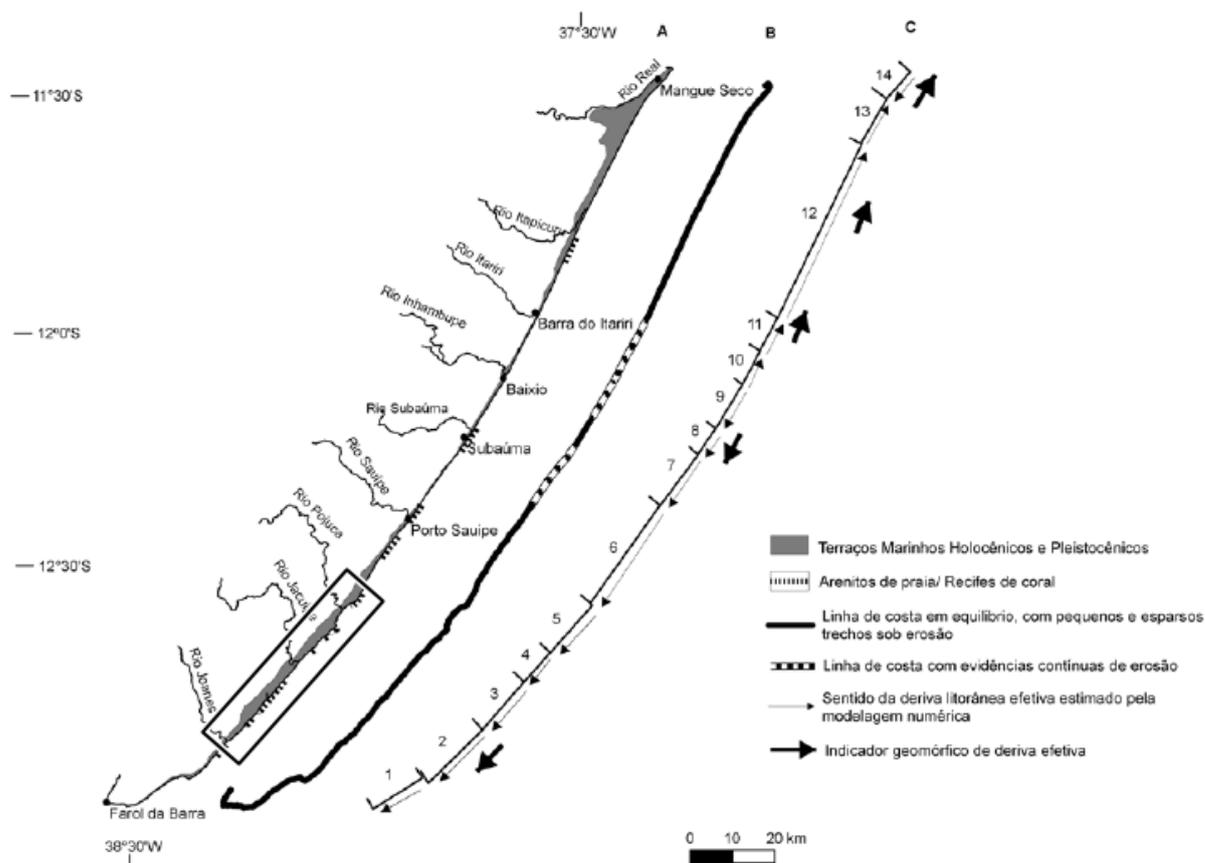
Segundo Bittencourt et al. (2010), o compartimento da costa do Litoral Norte da Bahia é caracterizado por uma costa quase linear alinhada de nordeste para sudoeste e pela presença de pequenos rios, sendo que apenas o Rio Joanes, Rio Jacuípe, Rio Capivara Grande e o Rio Pojuca estão incluídos dentro da área de estudo deste trabalho. Segundo Bittencourt et al. (2005), o Litoral Norte do Estado da Bahia é, de uma maneira geral, uma região com déficit de sedimentos, evidenciado por trechos costeiros sob erosão, pela exumação de arenitos de praia e pelo desenvolvimento incipiente da planície quaternária. Esses autores explicam o déficit de sedimento através do padrão de dispersão de sedimentos ao longo da costa somado ao baixo aporte de sedimento pelos rios que, segundo Dominguez (2009), é resultado de bacias

hidrográficas de pequenas dimensões, baixos gradientes do relevo e baixa precipitação.

Embora o suprimento de sedimento para a costa seja pequeno, ainda assim é importante examinar o sentido da deriva desses sedimentos, Livramento (2008) e Bittencourt et al. (2010) definiram os padrões dos campos de onda ao longo da linha de costa, bem como os padrões de dispersão de sedimentos ao longo do Litoral Norte do Estado da Bahia, a partir da confecção de diagramas de refração de ondas provenientes de NE, E, SE, SSE. Esses autores apontam que a direção do transporte efetivo de sedimento no trecho da área de estudo do presente trabalho é de nordeste-sudeste (Figura 3).

O sedimento da face da praia deste trecho costeiro, entre Busca Vida e Praia do Forte, segundo Dominguez et al. (2010), é predominantemente composto de grãos de granulometria média que, combinado com moderada a alta energia das ondas (particularmente no inverno), resulta em uma dominância de praias intermediárias em vários estágios morfodinâmicos. Dominguez (2003) identificou estágio refletivo em algumas praias entre Guarajuba e Praia do Forte.

*Tendência de longo prazo à erosão costeira num cenário perspectivo de ocupação humana:  
litoral norte do estado da Bahia*



**Figura 3: A - Mapa geológico simplificado do Quaternário costeiro (excluindo dunas e depósitos flúvio-lagunares); B - Características geomorfológicas da linha de costa; C - Segmentos em que foi retilinearizada a linha de costa e sentido da deriva efetiva de sedimentos estimados pela modelagem numérica e providos pelos indicadores geomorfológicos de deriva. Fonte: Bittencourt et al. (2010). Quadrado indica a área de estudo deste trabalho.**

#### **5.4 Panorama da situação da linha de costa no Litoral Norte da Bahia**

Em uma escala de apreciação regional, Dominguez et al. (2006) apresentaram um diagnóstico da erosão costeira no Estado da Bahia no qual o Litoral Norte é mapeado como em estado de equilíbrio, baseando-se em um monitoramento histórico realizado a partir da comparação de posicionamentos da linha de costa obtidos de fotos aéreas e de imagens de satélite do período entre 1960 a 2000 (com uma acurácia de 15m e escala 1:3.600.000). Da mesma forma, Bittencourt et al. (2010), com base em observações de trechos da linha de costa apresentando evidências de erosão de caráter não-sazonal, como coqueiros caídos e escarpas na face frontal do cordão-duna, discriminaram o Litoral Norte como um segmento costeiro com a linha de costa em equilíbrio, porém com pequenos e esparsos trechos sob erosão. Estes trechos estão compreendidos entre o Farol da Barra e Porto Sauipe, e inclui a área de estudo,

características que não puderam ser identificadas pela metodologia aplicada por Dominguez et al.(2006) em função da dificuldade de escala.

## 6 METODOLOGIA

### 6.1 Etapas de campo

Foram realizadas etapas de campo com intento de investigar e levantar dados na área de estudo. Na primeira etapa do campo, que ocorreu em dezembro de 2017, houve um caminhamento ao longo da costa da área de estudo a fim de investigar os trechos que estão sofrendo processos erosivos. Esses trechos foram identificados e fotografados com finalidade de registro (Figura 4 e Figura 5).



**Figura 4:** Obra de contenção contra o processo erosivo nas proximidades de Itacimirim

**Figura 5:** Cordão-duna apresentando uma escarpa erosiva na sua face frontal, próximo a Praia do Forte.

Na segunda etapa de campo, que ocorreu em março de 2018, foram coletados dados planialtimétricos da superfície utilizando o GPS Geodésico de dupla frequência (pós-processado), em pontos distribuídos ao longo de um transecto para cada uma das 6 localidades distintas ao longo do LN: Praia do Forte, Itacimirim, Jacuípe Norte, Jacuípe Sul, Arembepe e Busca Vida (Figura 1). A escolha destas localidades se deu de forma a melhor distribuir trechos com indícios de erosão, observados durante reconhecimento inicial, dentro da área de estudo.

Neste trabalho, os levantamentos geodésicos foram realizados pelo posicionamento relativo cinemático pós-processado *GNSS (Postprocessed Kinematic - PPK)*, no qual dois receptores, um instalado sobre a estação base, de coordenadas conhecidas, e outro como estação móvel se deslocando ao longo de um transecto, coletam dados simultaneamente.

Durante este campo, também foram realizados levantamentos aerofotogramétricos utilizando um Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), modelo *Phantom3 Standard* com GPS embarcado, na área onde foi coletado as medidas, apoiado com pontos de controle no terreno, com finalidade de corrigir distorções geométricas do processo de aquisição, bem como garantir a precisão altimétrica do Modelo Digital de Elevação (MDE).

Neste trabalho, a aplicação do GPS Geodésico e VANT se deu no levantamento planialtimétrico que foi realizado com intuito de investigar a topografia de alguns trechos da zona costeira do Litoral Norte da Bahia e que combinadas com as análises do comportamento da linha de costa gerados no DSAS servirão para descrever a morfologia da mesma e discutir os processos atuantes na costa servindo como base para o gerenciamento costeiro da região.

## **6.2 Tratamento dos dados do campo**

Os dados coletados em campo através do GPS geodésico foram processados com base na Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS (RBMC) do IBGE. A altitude obtida foi uma altitude com valor negativo, comum acontecer em regiões litorâneas onde geralmente o relevo é relativamente baixo, isso acontece porque a referência utilizada pelo GPS Geodésico é elipsoidal, e em algumas regiões esta referência está abaixo da referência geoidal, ou seja, está abaixo do nível médio do mar. Então, foi calculada a ondulação geoidal através da diferença entre a superfície do geoide e do elipsoide para obtenção das altitudes ortométricas (acima do nível do mar), que serão positivas e é do interesse deste trabalho. Para isso foi utilizado o programa MapGEO2015 disponibilizado pelo IBGE, onde é possível obter a ondulação geoidal em um ponto ou conjunto de pontos, cujas coordenadas refiram-se ao SIRGAS2000 e compreendida dentro do território brasileiro. A partir do modelo de ondulação geoidal é obtido a elevação geoidal (N) e a conversão da altitude elipsoidal (h) em altitude ortométrica (H) é feito de acordo com a fórmula abaixo:

$$H = h - N$$

O programa Progrid, também disponibilizado pelo IBGE, foi utilizado para a conversão de coordenadas UTM em coordenadas geodésicas, visto que o MapGEO não utiliza coordenada UTM como parâmetro de entrada.

As fotografias aéreas obtidas no levantamento planialtimétrico realizado para alguns trechos da área de estudo, a partir do aerolevanteamento com Veículo Automotivo Não Tripulado (VANT) foram georeferenciadas no *software Agisoft Photoscan®*, versão 1.4.2.6205 com os pontos do levantamento geodésico, efetuado com receptor GPS que serviram também como pontos de controle, os quais não foram triangulados, visando à representação real da topografia do terreno no MDE ao longo do transecto. Tais fotografias aéreas foram adquiridas na escala de detalhe 1:3.000 (Altura de voo 90m, e distância focal 30mm).

Os perfis planialtimétricos (topográficos) foram realizados através do MDE obedecendo a uma orientação perpendicular a linha de costa e sempre próximo aos pontos de controle. De modo geral, os perfis topográficos apresentam uma dificuldade de padronização relativa ao posicionamento do ponto inicial do perfil, que pode levar a impossibilidade de comparação entre as diferentes áreas de levantamentos. Para possibilitar tal comparação é necessário determinar um ponto inicial do perfil em comum para todas as localidades estudadas que, neste trabalho, foi a margem da zona úmida.

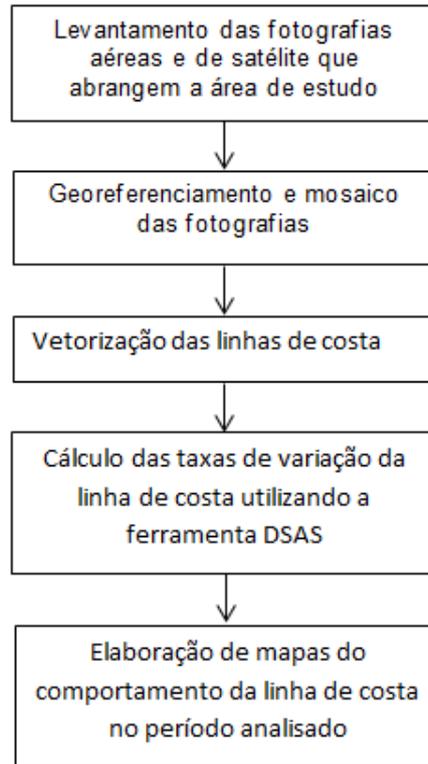
### **6.3 Análise histórica da linha de costa por fotografias aéreas e imagens de satélite dos últimos 58 anos**

O comportamento da linha de costa no trecho no Litoral Norte da Bahia foi analisado através de fotografias aéreas históricas disponibilizadas pelo CONDER (Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia) para os anos de 1959, 1976, 1998, e 2010 e para o ano de 2017 foi utilizada uma imagem do satélite GEOEYE a partir do Google Earth (Tabela 1) e foi cumprido as etapas indicadas na

**Erro! Fonte de referência não encontrada..**

**Tabela 1: Fotografias aéreas e imagens utilizadas para a análise do comportamento da linha de costa**

Fonte	Ano
CONDER	1959
CONDER	1976
CONDER	1998
CONDER	2010
GEOEYE – Google Earth	2017



**Figura 6: Etapas para análise do comportamento da linha de costa**

As imagens foram corrigidas geometricamente utilizando elementos urbanos como pontos de controle, a exemplo construções, estradas e intersecções de cruzamentos de ruas e, tomaram como base a fotografia aérea do ano de 2010 por ter melhor resolução e ser mais recente da série disponibilizada pelo CONDER.

Segundo Araújo et al. (2009), para identificação da linha de costa, várias feições podem ser utilizadas, tais como: linha de duna, linha de água mais elevada (preamar) e linha de vegetação. Então, neste trabalho, a linha de costa será mapeada utilizando o critério baseado no limite entre a vegetação e o início da faixa de areia e, quando esta não for identificada, qualquer alteração na fisiografia da costa, como exemplo, obras de contenção, muros, falésias etc. A vantagem do emprego da linha de vegetação na determinação da posição da linha de costa está no fato da mesma ser menos passível de alterações quando comparada com a Linha Definida por Dunas e Linha de Preamar, pois geralmente a mesma é definida pelo nível máximo que a maré alcança, como também por apresentar uma melhor refletância nas imagens, facilitando a interpretação e demarcação (ALMEIDA, 2008).

### 6.3.1 Utilização do DSAS (*Digital Shoreline Analysis System*)

O DSAS é uma ferramenta disponibilizada de forma gratuita e funciona dentro do *software ArcGis (Geographic Information System)*. Segundo Thieler et al. (2005), Digital Shoreline Analysis System é uma extensão que amplia as funcionalidades do *software ArcGIS 9.2*, permitindo a automatização de grande parte das tarefas relacionadas com a análise quantitativa das tendências de erosão e deposição através de uma série estatística de tempo e posições múltiplas da linha de costa. Assim, a partir de uma série temporal de dados vetoriais de linha de costa, o DSAS gera transectos ortogonais à linha de costa com espaçamento definido pelo usuário e calcula estatísticas de taxas de mudança da linha de costa a partir de uma linha de base também definida pelo usuário. O resultado é mostrado em uma tabela de atributos que inclui: *Shoreline Change Envelope (SCE)*; *Net Shoreline Movement (NSM)*; *End Point Rate (EPR)*; *Linear Regression Rate (LRR)*; *Weighted Linear Regression (WLR)* e *Least Median of Squares (LMS)*; e que podem posteriormente ser visualizados espacialmente no *ArcMap* para produção de mapas ilustrativos. Cada método usado para calcular as taxas de variação da linha de costa é baseado nas diferenças medidas entre as posições da linha de costa ao longo do tempo. As taxas relatadas são expressas em metros de mudança ao longo de transectos por ano (THIELER et al., 2009).

Neste trabalho, o DSAS foi utilizado para calcular variações temporais na linha de costa do Litoral Norte. Deste modo, foram traçados 957 transectos perpendiculares à linha de costa, espaçados em 50 metros. A linha de base utilizada foi obtida da fotografia mais antiga, datada de 1959. Assim, foram utilizados 3 dos 6 procedimentos matemáticos e estatísticos disponíveis no DSAS: i) *Net Shoreline Movement (NSM)*; ii) *End Point Rate (EPR)* e iii) *Linear Regression Rate (LRR)* com o R-quadrado; considerando a acurácia de 7 metros. Então, tomando sempre como referência a linha de base, foi considerado como situação de erosão os valores abaixo de - 7 metros e progradação apenas valores acima de 7 metros, então o intervalo entre -7 e 7 metros foi considerado como situação de equilíbrio da linha de costa.

Para fotografias aéreas, o erro de medição é uma função da escala e da qualidade da fotografia. Crowell et al. (1991) calculou, usando uma aproximação do erro médio quadrado, que a escala do erro para a fotografia aérea é aproximadamente 7,0 m.

i) Movimento resultante da linha de costa (*Net Shoreline Movement*)

O movimento resultante da linha de costa (NSM) refere-se a uma distância, não a uma taxa. O NSM é a distância entre a linha de costa mais antiga e a mais recente, desta forma, considera apenas duas imagens. Se essa distância é dividida pelo número de anos decorridos entre as duas posições da linha de costa, o resultado é a Taxa do Ponto Final (EPR) (THIELER et al., 2009), descrita no próximo item.

ii) Taxa de variação (*End Point Rate*)

A taxa do ponto final (EPR) é calculada dividindo a distância NSM pelo tempo decorrido entre a linha costeira mais antiga e mais recente. As principais vantagens do EPR são a facilidade de cálculo e o requisito mínimo de apenas duas datas de linha de costa. A principal desvantagem é que, nos casos em que mais dados estão disponíveis, as informações adicionais são ignoradas. Mudanças no sinal (por exemplo, acreção ou erosão), magnitude ou tendências cíclicas podem ser perdidas (CROWELL et al., 1997; DOLAN et al., 1991) em (THIELER et al., 2009). Estas desvantagens não inviabilizam a sua utilização para mensurar mudanças na linha de costa.

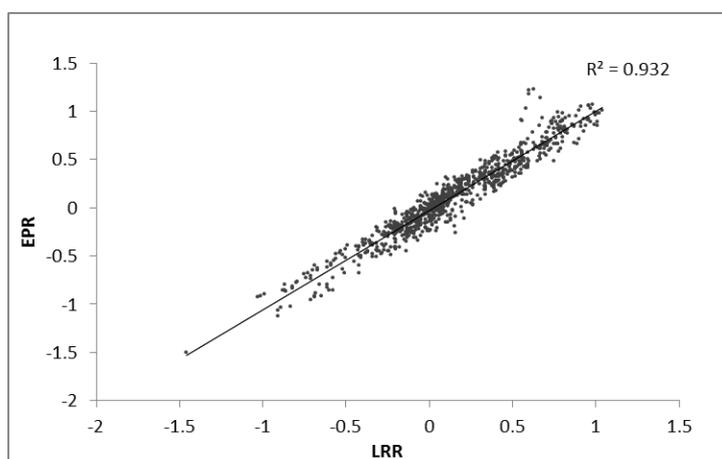
iii) Regressão Linear (Linear Regression)

Uma estatística de taxa de mudança por regressão linear pode ser determinada ajustando uma linha de regressão pelo método dos mínimos quadrados para todos os pontos das linhas de costa interceptados por um determinado transecto. A linha de regressão é colocada de modo que a soma dos quadrados residuais seja minimizada (THIELER et al., 2009). A taxa de regressão linear é a inclinação da linha. Assim, o método é puramente computacional e inclui todos os dados no cálculo independentemente de mudanças na tendência ou precisão, além de ser um método baseado em conceitos estatísticos aceitos. Em conjunto com a taxa de regressão linear, o erro padrão da estimativa (LSE), o erro padrão da inclinação com o intervalo de confiança selecionado pelo usuário (LCI) e o valor do  $R^2$  (LR2) são calculados (THIELER et al., 2009).

Ainda segundo Thieler et al. (2009), a estatística do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) é a porcentagem de variação nos dados que é explicada por uma regressão. É um índice adimensional que varia de 0 a 1 e mede com que sucesso a linha de melhor ajuste é responsável pela variação nos dados de forma que quanto mais o valor do  $R^2$  se aproximar de 1, maior é a correlação entre os dados, indicando uma tendência do comportamento e vice e versa.

Os resultados obtidos através da ferramenta DSAS para o comportamento da linha de costa no Litoral Norte de Salvador serão apresentados divididos em trechos por motivo de escala, desta forma, os dados podem ser visualizados mais claramente, assim, esta divisão não representa um padrão.

Ainda, a taxa EPR, embora mostrado nas tabelas de resultados obtidos, não será descrita nos resultados e nem discutida uma vez que esta taxa tem uma boa correlação com a taxa LRR (Figura 7), evitando assim se estender acerca do mesmo resultado. A taxa LRR foi escolhida em detrimento da taxa EPR devido as vantagens em relação a sua utilização já mencionada anteriormente.



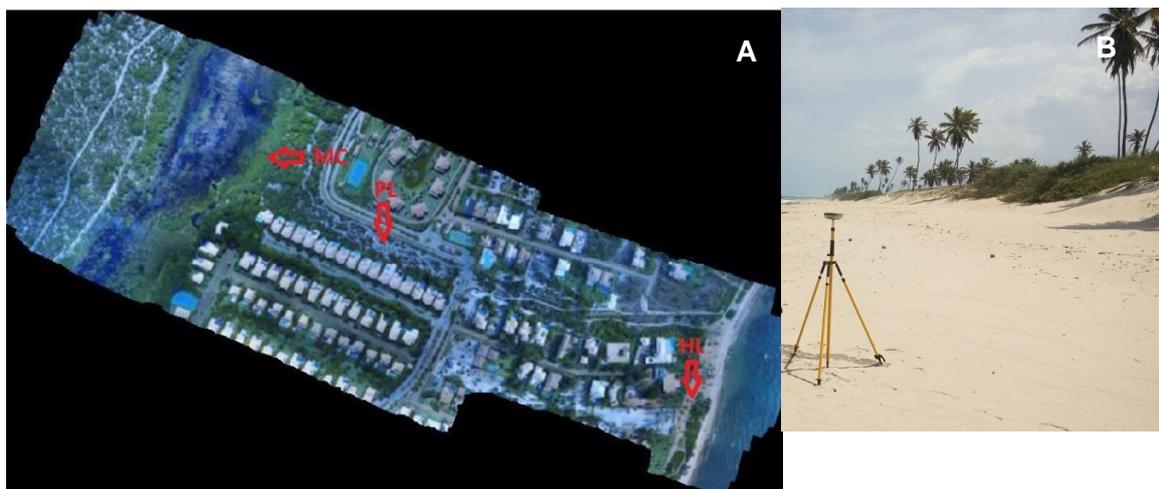
**Figura 7: Correlação entre as taxas EPR e LRR**

#### **6.4 Distinção dos terraços holocênicos e pleistocênicos**

Segundo Dominguez e Bittencourt (2012), os terraços marinhos pleistocênicos ocorrem na porção interna da planície costeira e tem altitude entre 6 a 11m. São constituídos por areia de granulometria média a grossa, bem selecionada, coloração de branco a marrom. Já os terraços marinhos holocênicos são descritos por Dominguez e Bittencourt (2012) como sendo constituído de areias finas a médias de cor amarelada, bem selecionados, e com presença de fragmentos de concha e traços fosseis de *Ophiomorpha* sp.. Ainda segundo esses autores, esse terraço tem altitude de 6 m.

Neste trabalho, para a etapa de campo, os terraços marinhos holocênicos e pleistocênicos foram diferenciados por critério da coloração do sedimento descrito na literatura, e seu mapeamento combinado com as altimetrias medidas *in situ*. A Figura 8A indica os ambientes identificados como margem da zona úmida, terraço holocênico e terraço pleistocênico.

Embora no Litoral Norte ocorram três tipos de dunas, internas, externas e litorâneas atuais (Dominguez et al., 2012), neste trabalho o termo “duna” se refere à duna frontal, aquela que ocorre bordejando a linha de costa (Figura 8B). Segundo Dominguez e Bittencourt (2012), essas dunas são depósitos eólicos holocênicos estacionários, formadas como resultado da retenção pela vegetação de pós-praia do sedimento carregado pelo vento.



**Figura 8: A - Aspectos morfológicos dos ambientes em Praia do Forte, Litoral Norte da Bahia. Setas indicam a margem da zona úmida (MC), Terraço Pleistocênico (PL) e Terraço Holocênico (HL) identificados por critério de coloração do sedimento. B - Duna frontal em Jacuípe Sul, Litoral Norte da Bahia.**

## **7 RESULTADOS**

### **7.1 Tendência de comportamento da linha de costa indicado pelo DSAS**

#### **7.1.1 Trecho entre Praia do Forte e desembocadura do Rio Pojuca**

A análise do comportamento da linha de costa gerada no DSAS para os últimos 58 anos apontou uma tendência de um processo erosivo em Praia do Forte que apresentou recuo de até 54,23 metros (transectos 10 a 60). O trecho subsequente ao sul de Praia do Forte apresenta um estado de equilíbrio com pequenos segmentos com tendências progradacionais de até 13,73 metros, exceto para os transectos 61, 62 e 63 com progradação entre 19,24 e 38,78 metros, e está associado à desembocadura de um rio sem toponímia (Figura 9 e Figura 10).

Os resultados apontam que a erosão ocorre em uma taxa de até 1 metro por ano em Praia do Forte (transectos 10 a 60), enquanto que a progradação ocorre com taxas de até 0,2 metros por ano exceto para os transectos 61, 62 e 63 (Tabela 2).

Neste trecho existem instalados o vilarejo de Praia do Forte, resorts, cabanas

de praia e o Projeto Tamar. É observado um banco de recife de coral paralelo à praia (Figura 11 B). Durante visita de campo foi registrada a existência de resquícios de construções antigas e destroços do antigo Farol Garcia D'Ávila, instalado aproximadamente a 30 metros de distância costa a fora em relação ao local atual de instalação (Figura 11 G). Na história da Vila de Praia do Forte (relatórios da Marinha do Brasil) consta que o farol foi originalmente construído em ferro fundido e que o mesmo foi erguido em 1916. Devido ao avanço contínuo do mar o farol teve a estruturada base corroída. Em 1971 mudou de posição e teve os 25 metros de altura reconstruídos em alvenaria e empastilhamento, que é o atual Farol Garcia d'Ávila (Figura 11 J). A casa do faroleiro foi parcialmente destruída devido a ação das ondas, mesmo com os esforços empreendidos na construção das inúmeras barreiras (Figura 11 L). Tais fatos confirmam o processo erosivo neste trecho. Outros indícios de erosão e avanço do mar também podem ser vistos neste trecho como mostra a Figura 11.

Na extensão de Praia do Forte, onde ocorreu erosão da linha de costa, foram identificados  $R^2$  maiores do que 0,9 o que indica uma correlação entre os dados e, portanto sugere uma continuidade no processo (Tabela 2). O trecho onde ocorreu progradação e equilíbrio mostraram valores de  $R^2$  menores do que 0,5, o que indica que o processo não é contínuo exceto para os transectos 80, 81 e 82, onde o  $R^2$  ficou entre 0,85 e 0,95 (Tabela 2).

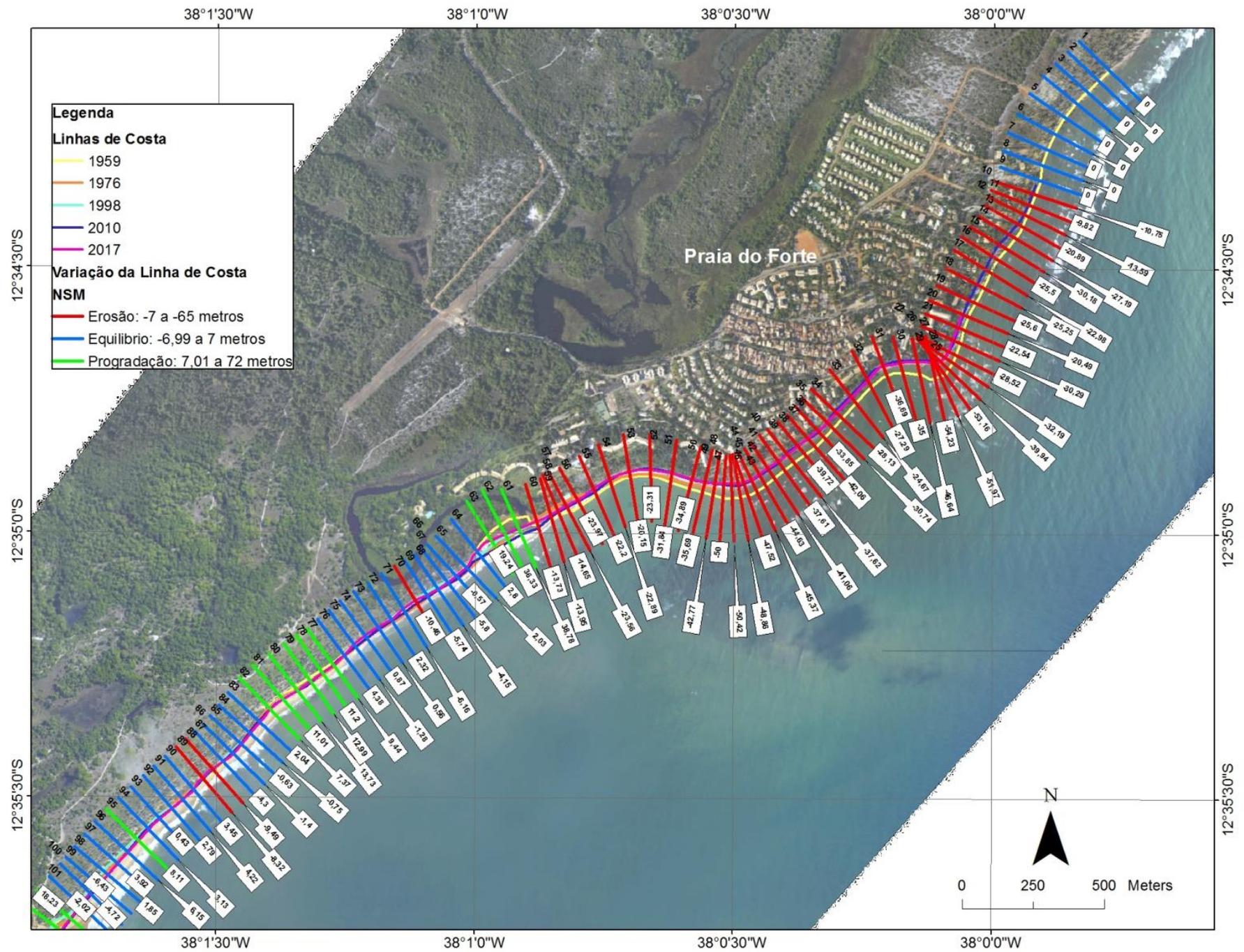


Figura 9- Comportamento da linha de costa no trecho entre Praia do Forte e *Rio Pojuca*.

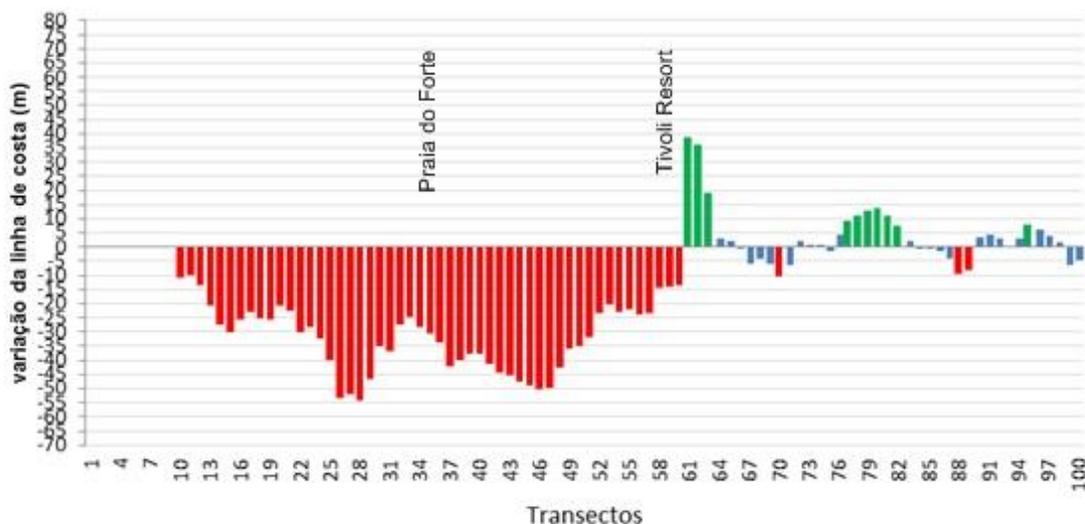


Figura 10: Variação da linha de costa entre 1959 e 2017, no trecho entre Praia do Forte e a desembocadura do Rio Pojuca. Vermelho representa erosão; verde progradação e azul situação de equilíbrio.

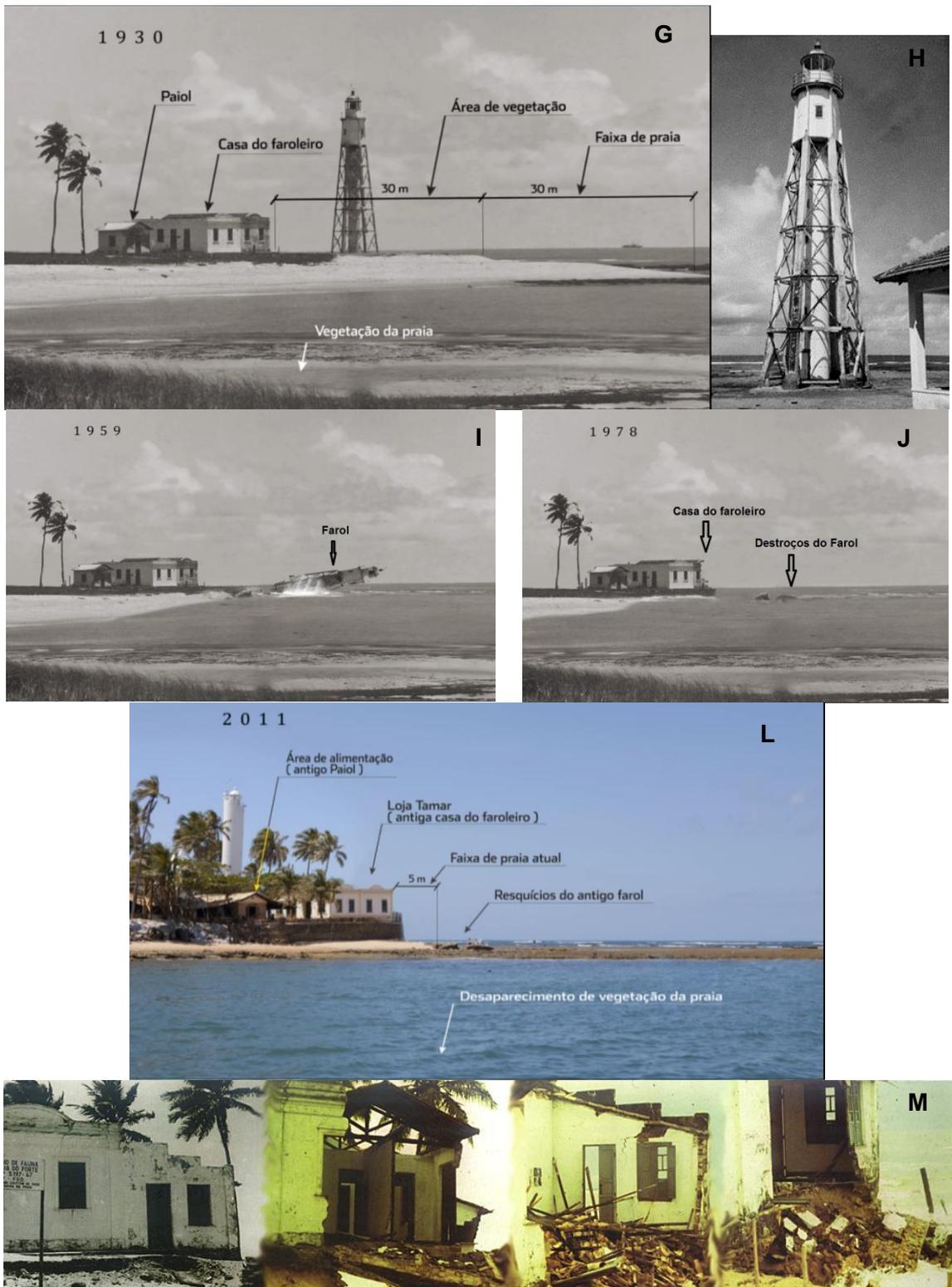
Tabela 2: Variação da posição da linha de costa em metros (NSM), taxa de variação de ponto final (EPR), taxa de regressão linear (LRR) e o coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) para as linhas de costa de 1959 a 2017 no trecho entre Praia do Forte e a desembocadura do Rio Joanes.

Transecto	NSM (m)	EPR (m/ano)	LRR (m/ano)	LR2
1	0			
2	0			
3	0			
4	0			
5	0			
6	0			
7	0			
8	0			
9	0			
10	-10.75	-0.21		
11	-9.82	-0.19		
12	-13.59	-0.27		
13	-20.89	-0.41		
14	-27.19	-0.53		
15	-30.18	-0.59		
16	-25.5	-0.5		
17	-22.98	-0.45		
18	-25.25	-0.5		
19	-25.6	-0.5		
20	-20.49	-0.4		
21	-22.54	-0.39	-0.39	1
22	-30.29	-0.52	-0.5	0.99
23	-28.52	-0.49	-0.52	0.99
24	-32.19	-0.56	-0.61	0.97
25	-39.94	-0.69	-0.75	0.96
26	-53.16	-0.92	-1.01	0.96
27	-51.97	-0.9	-0.99	0.95
28	-54.23	-0.93	-1.03	0.96
29	-46.64	-0.8	-0.87	0.97
30	-35	-0.6	-0.69	0.92
31	-36.69	-0.63	-0.67	0.99
32	-27.29	-0.47	-0.54	0.92
33	-24.67	-0.43	-0.5	0.89
34	-28.13	-0.48	-0.56	0.91
35	-30.74	-0.53	-0.56	0.99
36	-33.85	-0.58	-0.59	1
37	-42.08	-0.73	-0.74	1
38	-39.72	-0.68	-0.73	0.98
39	-37.62	-0.65	-0.7	0.97
40	-37.61	-0.65	-0.67	1
41	-41.06	-0.71	-0.71	1
42	-44.63	-0.77	-0.79	1
43	-45.37	-0.78	-0.8	1
44	-47.52	-0.82	-0.82	1
45	-48.86	-0.84	-0.82	0.99
46	-50.42	-0.87	-0.86	1
47	-50	-0.86	-0.87	1
48	-42.77	-0.74	-0.71	0.95
49	-35.69	-0.62	-0.61	0.94
50	-34.89	-0.6	-0.59	0.99
51	-31.84	-0.55	-0.57	0.99
52	-23.31	-0.4	-0.44	0.97
53	-20.15	-0.35	-0.36	1
54	-22.89	-0.39	-0.34	0.93
55	-22.2	-0.38	-0.26	0.62
56	-23.97	-0.41	-0.2	0.13
57	-23.56	-0.41	-0.18	0.1
58	-14.65	-0.25	-0.04	0.01
59	-13.95	-0.24	-0.01	0
60	-13.73	-0.24	0.04	0.01
61	38.78	0.67	0.7	0.54
62	36.33	0.63	0.64	0.4
63	19.24	0.33	0.4	0.19
64	2.8	0.05	0.12	0.05
65	2.03	0.04	0.02	0.01
66	-0.57	-0.01	-0.03	0.02
67	-5.8	-0.1	-0.11	0.24
68	-4.15	-0.07	-0.1	0.16
69	-5.74	-0.1	-0.11	0.15
70	-10.46	-0.18	-0.19	0.28
71	-6.16	-0.11	-0.12	0.12
72	2.32	0.04	-0.01	0
73	0.56	0.01	0.01	0
74	0.87	0.02	0.01	0
75	-1.28	-0.02	-0.04	0.02
76	4.38	0.08	0.02	0.02
77	9.44	0.16	0.08	0.19
78	11.2	0.19	0.12	0.25
79	12.99	0.22	0.18	0.41
80	13.73	0.24	0.22	0.81
81	11.01	0.19	0.21	0.97
82	7.37	0.13	0.15	0.95
83	2.04	0.04	0.05	0.13
84	-0.75	-0.01	-0.01	0
85	-0.63	-0.01	-0.02	0.02
86	-1.4	-0.02	-0.03	0.03
87	-4.3	-0.07	-0.04	0.07
88	-9.49	-0.16	-0.11	0.46
89	-8.32	-0.14	-0.08	0.31
90	3.45	0.06	0.07	0.35
91	4.22	0.07	0.12	0.5
92	2.79	0.05	0.09	0.28
93	0.43	0.01	0.03	0.02
94	3.13	0.05	0.07	0.1
95	8.11	0.14	0.15	0.38
96	6.15	0.11	0.12	0.19
97	3.92	0.07	0.07	0.05
98	1.85	0.03	0.07	0.03
99	-6.43	-0.11	0.01	0
100	-4.72	-0.08	0.01	0



**Figura 11: Fotografias documentando situação erosiva no trecho entre Praia do Forte e a desembocadura do Rio Pojuca. A – Raízes de coqueiros exposta na berma da praia. B – Banco de recife de coral em Praia do Forte. C e D – Projeto TAMAR. E e F – Escarpa erosiva. Página seguinte: G - Fotografia da praia de Praia do Forte e farol Garcia D'Ávila em 1930. H, I, J e L – evolução da praia de Praia do Forte nos anos 1959, 1978 e 2011. M - Evolução do desmoronamento da Casa do faroleiro devido à erosão.**

Fig 12 - Continuação



### 7.1.2 Trecho entre a desembocadura do Rio Pojuca e Itacimirim

Na análise do comportamento da linha de costa gerada no DSAS para os últimos 58 anos foi identificado que há um trecho (transecto 102 a 104), ao norte da desembocadura do Rio Pojuca, que apresentou tendência de progradação de até 33,94 metros, e ao sul, um trecho (transectos 106 a 110) com tendência a erosão de até 29,88 metros. O segmento seguinte (transecto 111 a 119) apresenta situação de equilíbrio e, portanto está dentro da margem de erro associada ao método adotado. O trecho da linha de costa entre o transecto 120 ao 146 apresenta progradação de até 50,05 metros. O trecho seguinte é composto de pequenos segmentos em situação de equilíbrio (transecto 147 ao 155 e 167 ao 170) com alguns pontos com erosão (transecto 149, 151 171 e 172), onde o recuo variou muito próximo da margem de erro do trabalho (+/- 7 metros), exceto para o trecho de Itacimirim onde foi possível identificar uma erosão de até 29,78 metros (transecto 156 a 166). Neste local há uma saliência na linha de costa (Figura 15 e Figura 16).

Os resultados mostraram que a progradação entre a desembocadura do Rio Pojuca e Itacimirim ocorreu a taxas que variam entre 0,40 a 0,99 m por ano. O trecho de Itacimirim que foi identificado sofrendo erosão da linha de costa apresentou taxas entre 0,12 a 0,34 metros por ano (Tabela 4).

Próximo a Itacimirim foram encontrados diversos indícios de erosão da linha de costa como escarpas erosivas, restos de construções na praia, coqueiros caídos e obras de contenção (Figura 14 A - D). O crescimento da vegetação a partir das linhas de costa de 1959 e 1976 (Figura 15: Comportamento da linha de costa no trecho entre Itacimirim e Guarajuba é um indício de progradação entre o rio Pojuca e Itacimirim.

No trecho mapeado como progradacional (transecto 120 ao 146), o  $R^2$  foi mais próximo de 1, o que indica continuidade no processo. No trecho onde foi identificada uma erosão da linha costa, ao sul da desembocadura do Rio Pojuca (transecto 108 ao 110), os valores de  $R^2$  estão também mais próximo a 1. Nos demais trechos os valores de  $R^2$  foram abaixo de 0,5 e, portanto, indica a não continuidade dos processos identificados (Tabela 4).

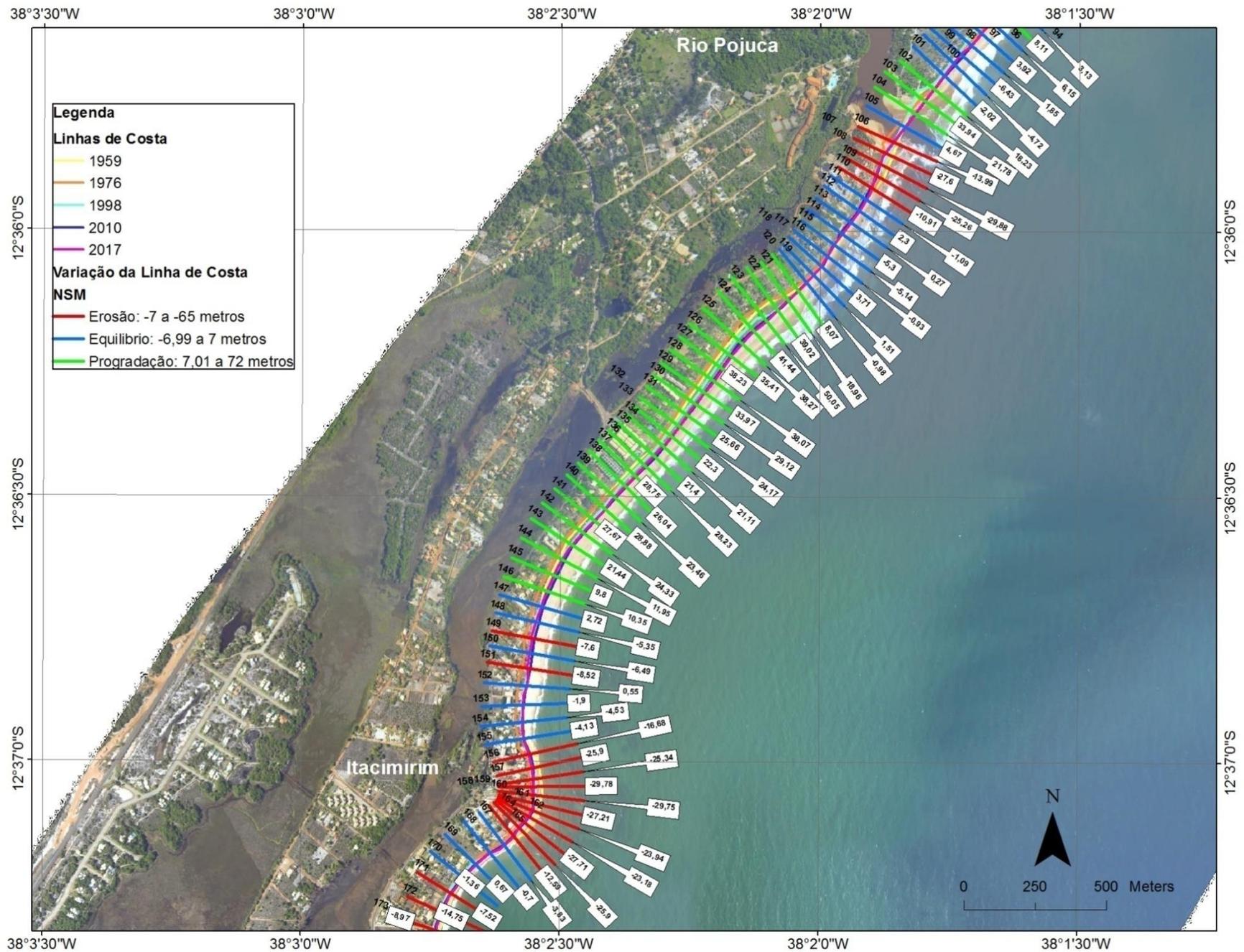


Figura 12: Comportamento da linha de costa no trecho entre a desembocadura do Rio Pojuca e Itacimirim.

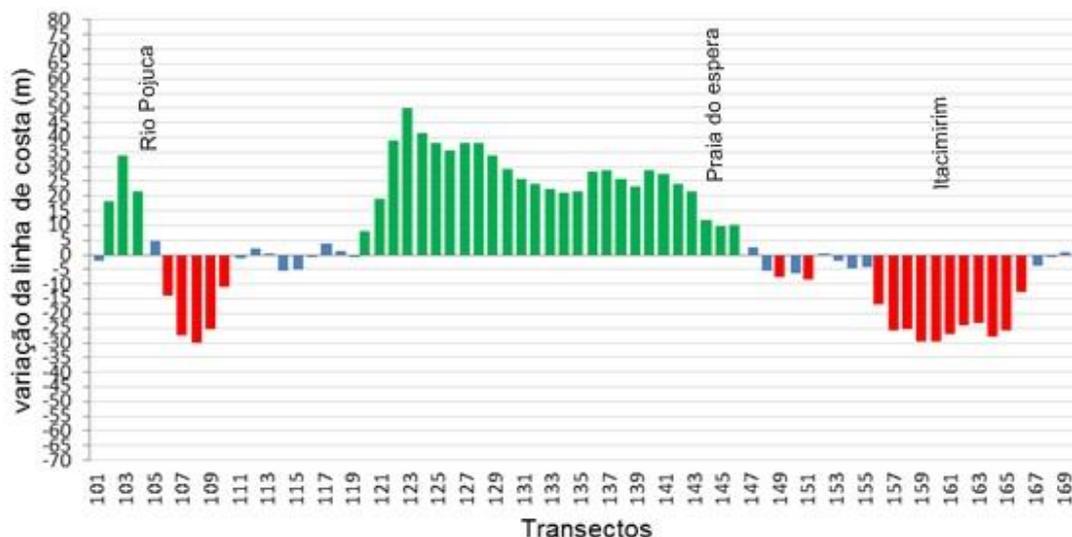
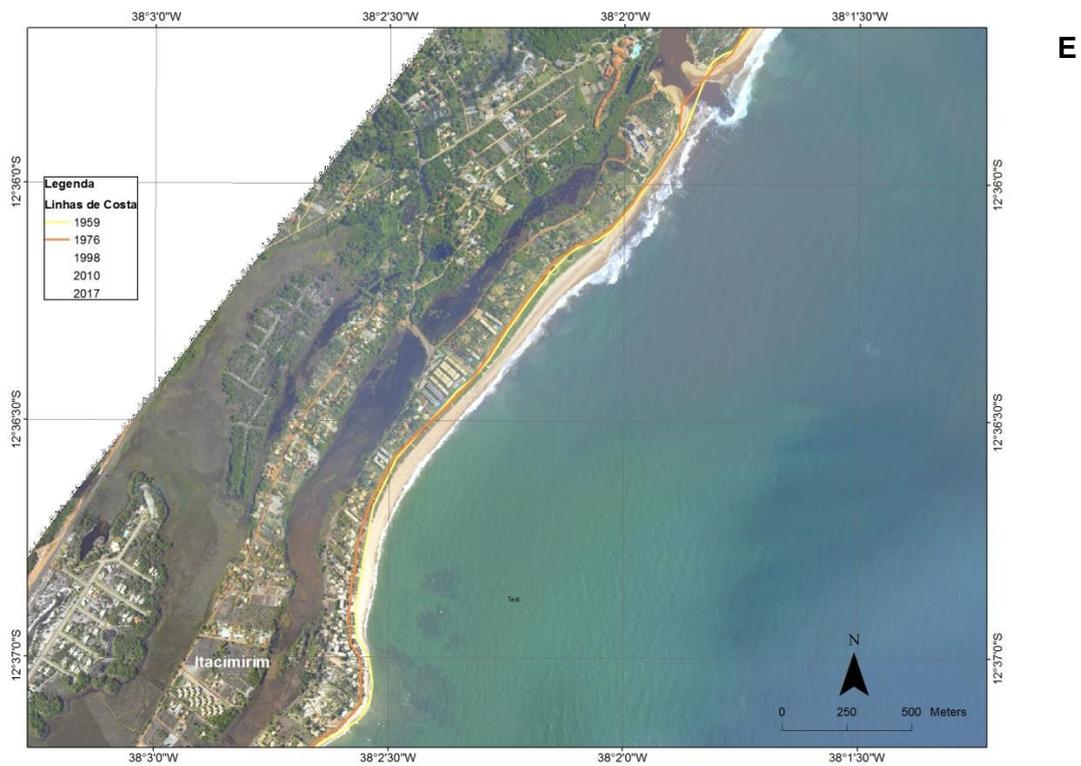


Figura 13: Variação da linha de costa entre 1959 e 2017, no trecho entre a desembocadura do Rio Pojuca e Itacimirim. Vermelho representa erosão; verde progradação e azul situação de equilíbrio.

Tabela 3: Variação da posição da linha de costa em metros (NSM), taxa de variação de ponto final (EPR), taxa de regressão linear (LRR) e o coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) para as linhas de costa de 1959 a 2017 no trecho entre a desembocadura do Rio Pojuca e Itacimirim.

Transecto	NSM (m)	EPR (m/a no)	LRR (m/ano)	LR2
101	-2.02	-0.03	-0.02	0.01
102	18.23	0.31	0.22	0.3
103	33.94	0.59	0.51	0.46
104	21.78	0.38	0.39	0.59
105	4.67	0.08	0.2	0.25
106	-13.99	-0.24	0	0
107	-27.6	-0.48	-0.29	0.26
108	-29.88	-0.52	-0.41	0.59
109	-25.26	-0.44	-0.43	0.99
110	-10.91	-0.19	-0.24	0.78
111	-1.09	-0.02	-0.1	0.26
112	2.3	0.04	-0.02	0.03
113	0.27	0	-0.04	0.13
114	-5.3	-0.09	-0.13	0.42
115	-5.14	-0.09	-0.07	0.35
116	-0.93	-0.02	0.01	0.04
117	3.71	0.06	0.12	0.44
118	1.51	0.03	0.07	0.21
119	-0.98	-0.02	0.05	0.06
120	8.07	0.14	0.23	0.5
121	18.96	0.33	0.44	0.81
122	39.02	0.67	0.87	0.82
123	50.05	0.86	0.99	0.9
124	41.44	0.71	0.9	0.73
125	38.27	0.66	0.76	0.72
126	35.41	0.61	0.73	0.78
127	38.23	0.66	0.77	0.83
128	38.07	0.66	0.77	0.84
129	33.97	0.59	0.72	0.84
130	29.12	0.5	0.67	0.78
131	25.66	0.44	0.59	0.75
132	24.17	0.42	0.52	0.73
133	22.3	0.38	0.47	0.72
134	21.11	0.36	0.45	0.75
135	21.4	0.37	0.44	0.8
136	28.23	0.49	0.52	0.9
137	28.75	0.5	0.51	0.91
138	26.04	0.45	0.48	0.89
139	23.46	0.4	0.49	0.91
140	28.88	0.5	0.59	0.92
141	27.67	0.48	0.6	0.88
142	24.33	0.42	0.58	0.8
143	21.44	0.37	0.52	0.76
144	11.95	0.21	0.39	0.57
145	9.8	0.17	0.39	0.5
146	10.35	0.18	0.4	0.51
147	2.72	0.05	0.25	0.25
148	-5.35	-0.09	0.16	0.09
149	-7.6	-0.13	0.13	0.05
150	-6.49	-0.11	0.13	0.07
151	-8.52	-0.15	0.11	0.05
152	0.55	0.01	0.19	0.13
153	-1.9	-0.03	0.14	0.11
154	-4.53	-0.08	0.11	0.05
155	-4.13	-0.07	0.07	0.03
156	-16.68	-0.29	-0.12	0.07
157	-25.9	-0.45	-0.25	0.21
158	-25.34	-0.44	-0.27	0.21
159	-29.78	-0.51	-0.34	0.27
160	-29.75	-0.51	-0.32	0.25
161	-27.21	-0.47	-0.28	0.21
162	-23.94	-0.41	-0.23	0.21
163	-23.18	-0.4	-0.27	0.3
164	-27.71	-0.48	-0.34	0.41
165	-25.9	-0.45	-0.31	0.37
166	-12.59	-0.22	-0.12	0.1
167	-3.83	-0.07	0.03	0.01
168	-0.7	-0.01	0.08	0.08
169	0.67	0.01	0.05	0.05
170	-1.36	-0.02	0.01	0



**Figura 14: Trecho entre a desembocadura do Rio Pojuca e Itacimirim. A – Raízes de coqueiros exposta e escarpa erosiva na desembocadura do Rio Pojuca. B – escarpa erosiva na Praia. C –Coqueiro caído na Praia. D - Restos de antigas construções. E – Fotografia de 2010 mostrando o crescimento da vegetação a partir das linhas de costa de 1959 e 1976.**

### 7.1.3 Trecho entre Itacimirim e Guarajuba

Na análise do comportamento da linha de costa para os últimos 58 anos no trecho entre Itacimirim e Guarajuba foi possível identificar um trecho de linha de costa em situação de equilíbrio sendo que há alguns segmentos sob progradação (transectos 177, 178 e 181) e erosão (transecto 171 ao 173 e 183), onde o avanço ou recuo da linha de costa variou muito próximo da margem de erro do trabalho (+/- 7 metros). Foi possível identificar também trechos sob erosão na Praia de Itacimirim, que apresentou recuo de até 28,8 metros (transecto 187 a 208), e ao norte de Guarajuba onde o recuo atingiu 53,17 metros (transecto 231 a 244). Foi identificado também um trecho em situação de equilíbrio (transecto 218 a 230), e outro sob progradação que chegou a atingir 30,96 metros (transecto 210 a 217) (Figura 15 e Figura 16).

Os resultados apontaram que a erosão da linha de costa ocorreu com taxas de até 0,41 metros por ano (transecto 192) na Praia de Itacimirim, e 0,65 metros por ano (transecto 244) no trecho ao norte de Guarajuba (Tabela 4). Enquanto que a progradação da linha de costa atingiu cerca de 0,46 metros por ano (transecto 214) (Tabela 4).

Neste trecho foram encontrados diversos indícios de erosão da linha de costa, como escarpas erosivas, restos de construções na praia, coqueiros caídos e construções destruídas (Figura 17). Pode ser observada também a presença de arenito de praia.

Neste trecho entre Itacimirim e Guarajuba, o  $R^2$  é mais próximo de 1 apenas na região da Praia de Itacimirim, indiciando continuidade do processo erosivo, exceto para os transectos 177, 178 e 244. Nas demais localidades o  $R^2$  é mais próximo de 0 (Tabela 4).

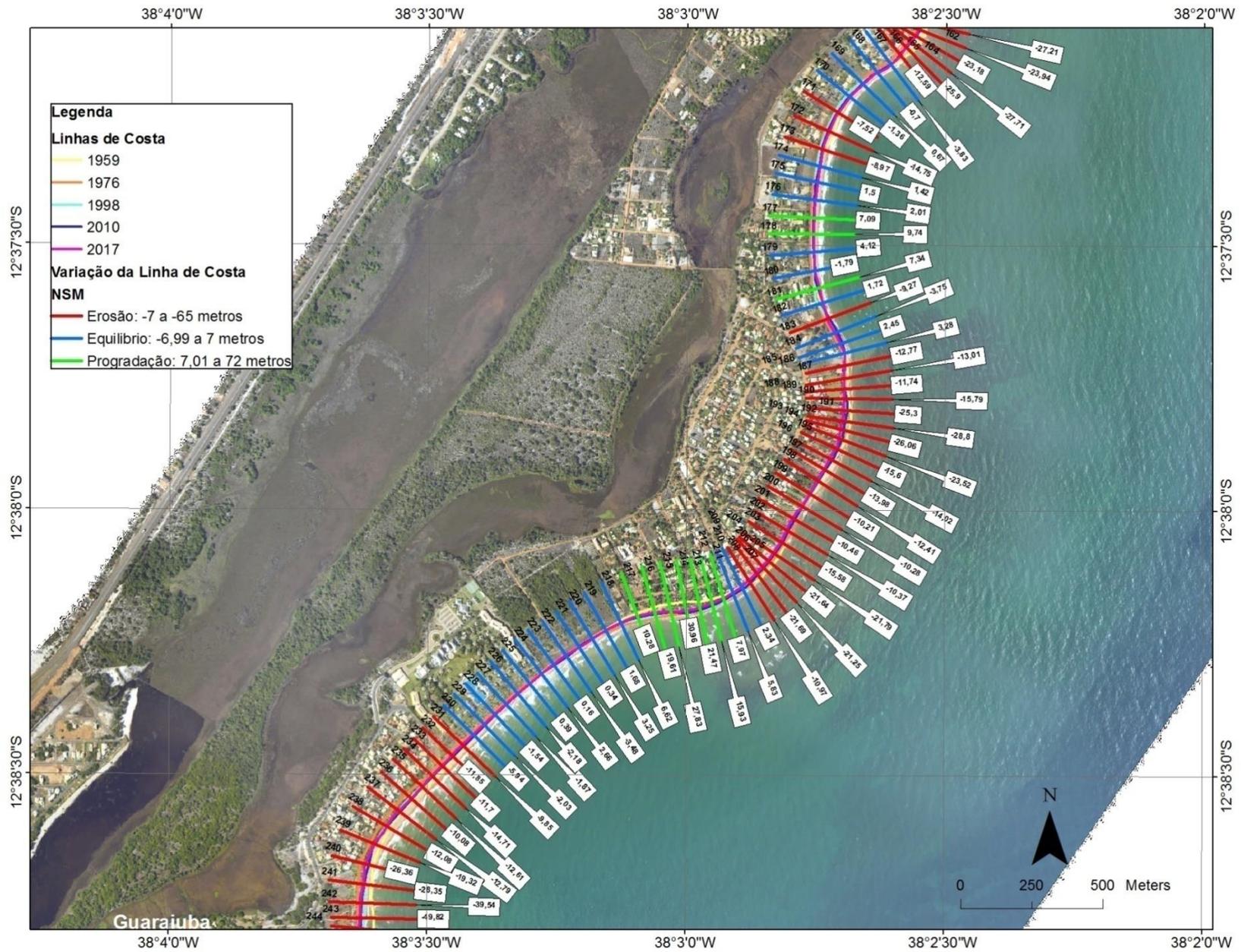


Figura 15: Comportamento da linha de costa no trecho entre Itacimirim e Guarajuba

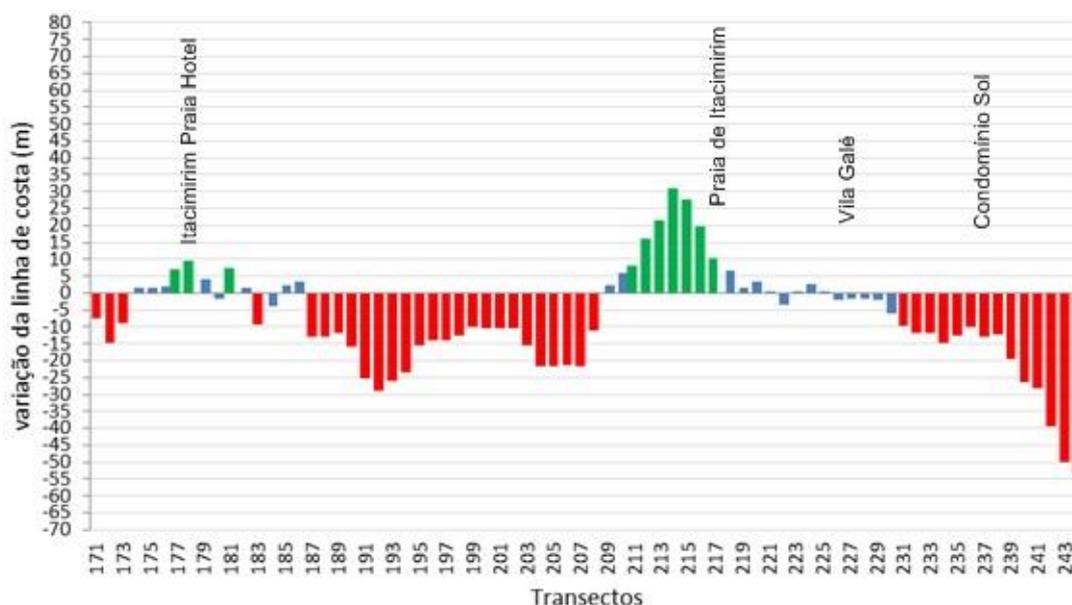


Figura 16: Variação da linha de costa 1959 e 2017, no trecho entre Itacimirim e Guarajuba. Vermelho representa erosão; verde progradação e azul situação de equilíbrio.

Tabela 4: Variação da posição da linha de costa em metros (NSM), taxa de variação de ponto final (EPR), taxa de regressão linear (LRR) e o coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) para as linhas de costa de 1959 a 2017 no trecho de Itacimirim e Guarajuba.

Transecto	NSM	EPR	LRR	LR2
171	-7.52	-0.13	-0.07	0.05
172	-14.75	-0.25	-0.17	0.14
173	-8.97	-0.15	-0.1	0.09
174	1.42	0.02	0.07	0.06
175	1.5	0.03	0.05	0.04
176	2.01	0.03	0.07	0.13
177	7.09	0.12	0.14	0.6
178	9.74	0.17	0.18	0.8
179	4.12	0.07	0.12	0.3
180	-1.79	-0.03	0.07	0.07
181	7.34	0.13	0.17	0.2
182	1.72	0.03	0.11	0.08
183	-9.27	-0.16	-0.02	0.01
184	-3.75	-0.06	0.08	0.08
185	2.45	0.04	0.16	0.41
186	3.28	0.06	0.07	0.37
187	-12.77	-0.22	-0.18	0.78
188	-13.01	-0.22	-0.22	0.94
189	-11.74	-0.2	-0.17	0.85
190	-15.79	-0.27	-0.2	0.71
191	-25.3	-0.44	-0.32	0.73
192	-28.8	-0.5	-0.41	0.87
193	-26.06	-0.45	-0.37	0.85
194	-23.52	-0.41	-0.31	0.79
195	-15.6	-0.27	-0.21	0.8
196	-14.02	-0.24	-0.17	0.69
197	-13.98	-0.24	-0.19	0.86
198	-12.41	-0.21	-0.18	0.84
199	-10.21	-0.18	-0.16	0.93
200	-10.28	-0.18	-0.18	0.95
201	-10.46	-0.18	-0.18	0.42
202	-10.37	-0.18	-0.2	0.52
203	-15.58	-0.27	-0.26	0.87
204	-21.79	-0.38	-0.35	0.92
205	-21.64	-0.37	-0.34	0.95
206	-21.25	-0.37	-0.32	0.94
207	-21.69	-0.37	-0.32	0.92
208	-10.97	-0.19	-0.14	0.45
209	2.34	0.04	0.01	0
210	5.83	0.1	0.04	0.01
211	7.97	0.14	0.1	0.09
212	15.93	0.27	0.24	0.28
213	21.47	0.37	0.3	0.26
214	30.96	0.53	0.46	0.4
215	27.83	0.48	0.34	0.3
216	19.61	0.34	0.23	0.16
217	10.28	0.18	0.08	0.03
218	6.62	0.11	0.03	0.01
219	1.68	0.03	-0.01	0.01
220	3.25	0.06	0.02	0.05
221	0.34	0.01	0	0
222	-3.48	-0.06	-0.01	0.01
223	0.16	0	0.01	0.15
224	2.66	0.05	0.04	0.87
225	0.39	0.01	0.03	0.16
226	-2.18	-0.04	0.02	0.02
227	-1.87	-0.03	0.04	0.05
228	-1.54	-0.03	0.06	0.09
229	-2.03	-0.04	0.06	0.09
230	-5.94	-0.1	0	0
231	-9.85	-0.17	-0.05	0.04
232	-11.85	-0.2	-0.08	0.08
233	-11.7	-0.2	-0.09	0.1
234	-14.71	-0.25	-0.12	0.13
235	-12.61	-0.22	-0.06	0.02
236	-10.08	-0.17	0.02	0
237	-12.79	-0.22	-0.01	0
238	-12.08	-0.21	-0.02	0
239	-19.32	-0.33	-0.15	0.08
240	-26.36	-0.45	-0.14	0.04
241	-28.35	-0.49	-0.23	0.1
242	-39.54	-0.68	-0.42	0.28
243	-49.82	-0.86	-0.6	0.43
244	-53.17	-0.92	-0.65	0.51



**Figura 17: Trecho entre a Itacimirim e Guarajuba. A e B – Construção destruída. C – Árvores caídas e escarpa erosiva. D- Arenito de praia.**

#### 7.1.4 Região de Guarajuba

Na análise do comportamento da linha de costa para os últimos 58 anos foi possível identificar um recuo da linha de costa em Guarajuba, que atingiu 64,93 metros (transectos 245 a 266). Outros trechos sob erosão também puderam ser identificados: trecho que compreende os transectos 276 ao 282 com até 26,21 metros de recuo, e o trecho entre os transectos 322 a 325 apresentando até 15,58 metros de recuo. Foram identificados também trechos de avanço na linha de costa de até 58,61 metros (transectos 270 ao 274), 39,04 metros (transectos 285 ao 318) e outro pequeno trecho (transectos 329 e 330), onde o avanço se aproximou da margem de erro adotada neste trabalho. Esta região apresentou poucos trechos em situação de equilíbrio (Figura 18 e Figura 19).

Os resultados indicam que a erosão na linha de costa em Guarajuba apresenta taxas que variam entre 0,2 a 0,91 metros por ano. Os demais trechos sob erosão têm taxas de até 0,25 metros por ano. Os trechos os quais foram identificados sob processo de progradação da linha de costa, apresentam taxa de até 1,04 metros por ano (Tabela 5).

Em Guarajuba é possível notar que existe uma saliência na linha de costa (Figura 18). Neste trecho existem também bancos recifais que ocorrem paralelos à linha de costa.

De modo geral, os trechos que apresentaram progradação da linha de costa tiveram  $R^2$  próximos de 1, exceto para os transectos 329 e 330, e o trecho de Guarajuba que apresentou um recuo da linha de costa teve  $R^2$  também próximo de 1, sugerindo uma tendência de continuidade de tais processos. Nos demais trechos, os valores de  $R^2$  foram mais próximos de 0 (Tabela 5).

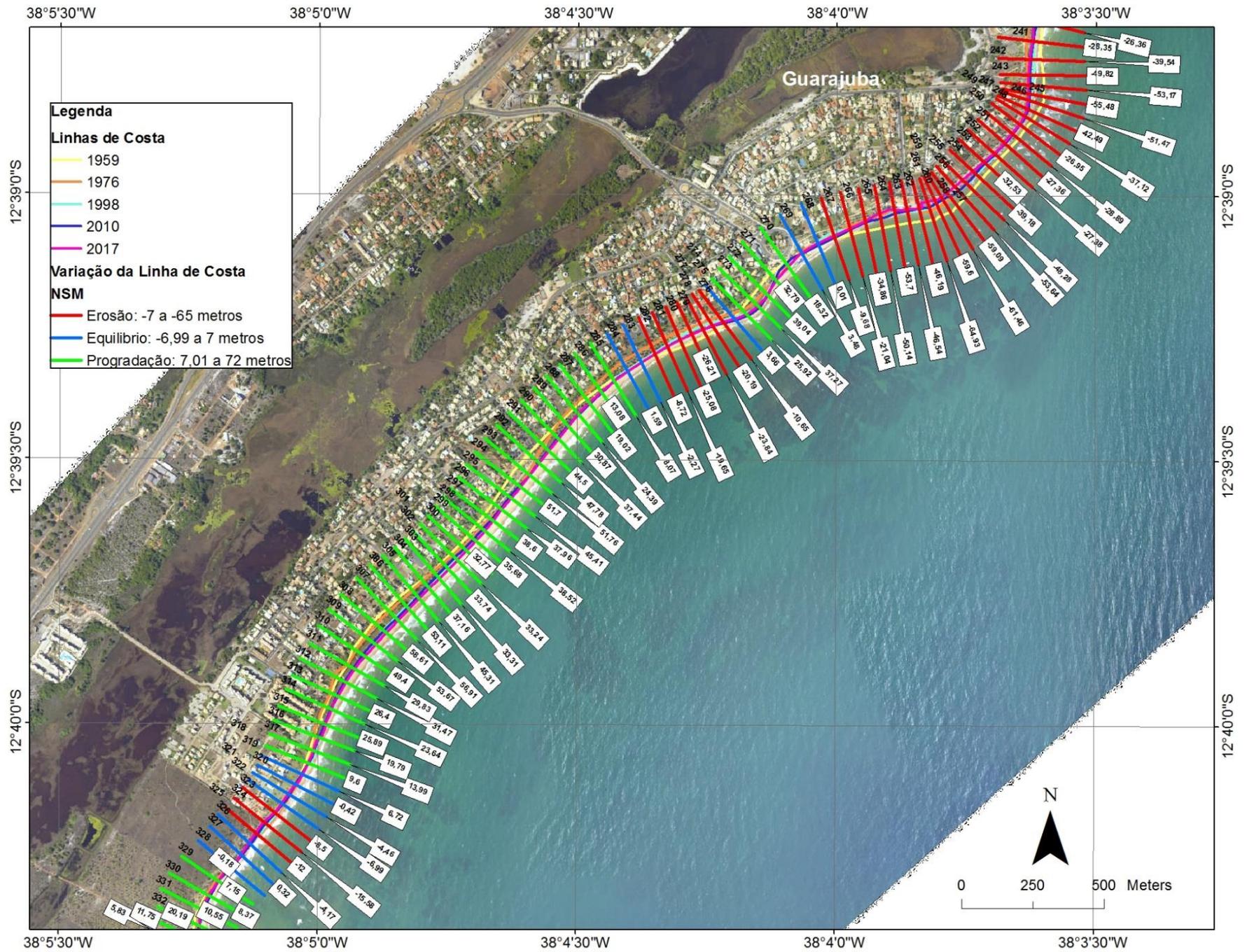


Figura 18: Comportamento da linha de costa na região de Guarajuba

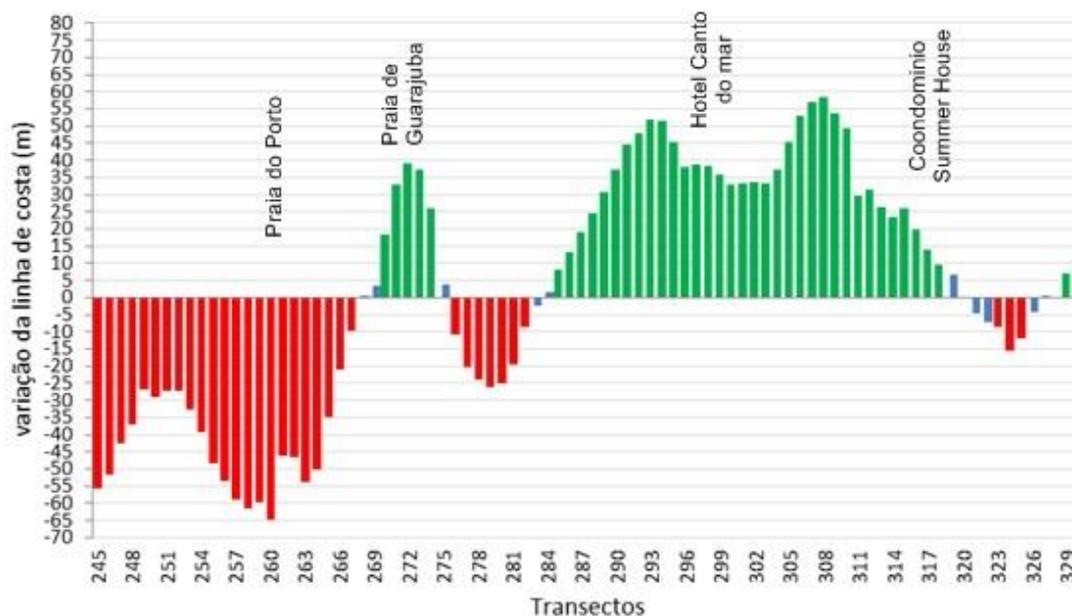


Figura 19: Variação da linha de costa entre 1959 e 2017, na região de Guarajuba. Vermelho representa erosão; verde progradação e azul situação de equilíbrio.

Tabela 5: Variação da posição da linha de costa em metros (NSM), taxa de variação de ponto final (EPR), taxa de regressão linear (LRR) e o coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) para as linhas de costa de 1959 a 2017 na região de Guarajuba.

Transecto	NSM	EPR	LRR	LR2
245	-55.48	-0.96	-0.71	0.59
246	-51.47	-0.89	-0.68	0.61
247	-42.49	-0.73	-0.58	0.71
248	-37.12	-0.64	-0.52	0.66
249	-26.95	-0.46	-0.37	0.66
250	-28.89	-0.5	-0.42	0.71
251	-27.36	-0.47	-0.38	0.66
252	-27.38	-0.47	-0.38	0.69
253	-32.53	-0.56	-0.45	0.75
254	-39.18	-0.68	-0.51	0.73
255	-48.28	-0.83	-0.61	0.7
256	-53.64	-0.92	-0.69	0.74
257	-59.09	-1.02	-0.83	0.81
258	-61.46	-1.06	-0.91	0.85
259	-59.6	-1.03	-0.89	0.89
260	-64.93	-1.12	-0.91	0.86
261	-46.19	-0.8	-0.66	0.71
262	-46.54	-0.8	-0.61	0.55
263	-53.7	-0.93	-0.69	0.61
264	-50.14	-0.86	-0.58	0.51
265	-34.86	-0.6	-0.42	0.45
266	-21.04	-0.36	-0.2	0.2
267	-9.68	-0.17	-0.07	0.03
268	0.01	0	0.07	0.14
269	3.48	0.06	0.1	0.61
270	18.32	0.32	0.15	0.21
271	32.79	0.57	0.41	0.53
272	39.04	0.67	0.69	0.92
273	37.27	0.64	0.71	0.88
274	25.92	0.45	0.54	0.93
275	3.66	0.06	0.22	0.28
276	-10.65	-0.18	0.02	0
277	-20.19	-0.35	-0.14	0.05
278	-23.84	-0.41	-0.21	0.08
279	-26.21	-0.45	-0.24	0.1
280	-25.08	-0.43	-0.2	0.06
281	-19.65	-0.34	-0.07	0.01
282	-8.72	-0.15	0.1	0.02
283	-2.27	-0.04	0.2	0.09
284	1.59	0.03	0.26	0.15
285	8.07	0.14	0.34	0.32
286	13.08	0.23	0.43	0.48
287	19.02	0.33	0.52	0.62
288	24.39	0.42	0.59	0.73
289	30.87	0.53	0.66	0.8
290	37.44	0.65	0.71	0.9
291	44.5	0.77	0.79	0.93
292	47.78	0.82	0.79	0.85
293	51.76	0.89	0.79	0.7
294	51.7	0.89	0.73	0.63
295	45.41	0.78	0.62	0.63
296	37.96	0.65	0.55	0.68
297	38.6	0.67	0.57	0.77
298	38.52	0.66	0.58	0.81
299	35.68	0.62	0.54	0.85
300	32.77	0.56	0.5	0.84
301	33.24	0.57	0.53	0.85
302	33.74	0.58	0.56	0.86
303	33.31	0.57	0.59	0.86
304	37.16	0.64	0.67	0.91
305	45.31	0.78	0.82	0.96
306	53.11	0.92	0.96	0.97
307	56.91	0.98	1.01	0.98
308	58.61	1.01	1.04	0.97
309	53.67	0.93	0.95	0.94
310	49.4	0.85	0.87	0.93
311	29.83	0.51	0.56	0.93
312	31.47	0.54	0.7	0.72
313	26.4	0.46	0.55	0.79
314	23.64	0.41	0.52	0.77
315	25.89	0.45	0.54	0.83

### **7.1.5 Trecho entre Guarajuba e norte da desembocadura do Rio Jacuípe**

A análise do comportamento da linha de costa para os últimos 58 anos neste trecho identificou uma tendência de progradação da linha de costa de até 61,68 metros. Todavia, foi possível identificar pequenos segmentos sob equilíbrio (transectos 334 a 343, 346, 349 a 351), e erosão (transectos 347 e 348), onde o recuo foi muito próximo da margem de erro deste trabalho (+/- 7 metros) (Figura 20 e Figura 21).

Os resultados mostraram que o avanço da linha de costa neste trecho atingiu taxas de 1,02 metros por ano (Tabela 6). Em visita de campo, foi obtida a informação através de relato de moradores locais que ocorreu grande variação da linha de costa durante evento erosivo no outono-inverno de 1996, quando a linha de costa recuou próximo à cabana Aruanã (Figura 22), tendo alcançado a linha de coqueiros. Índícios deste evento erosivo são observados na vegetação rasteira nos cordões de antedunas, como pode ser visto na fotografia de 1976. (Figura 22). Segundo relatos, outro evento erosivo ocorreu entre junho e setembro de 2017.

De modo geral, o trecho que apresentou progradação da linha de costa teve  $R^2$  muito próximo de 1, o que indica uma tendência de continuidade do avanço da linha de costa. O trecho que apresentou estado de equilíbrio teve  $R^2$  abaixo de 0,5 e, portanto, não pode ser confirmada a continuidade deste processo (Tabela 6).

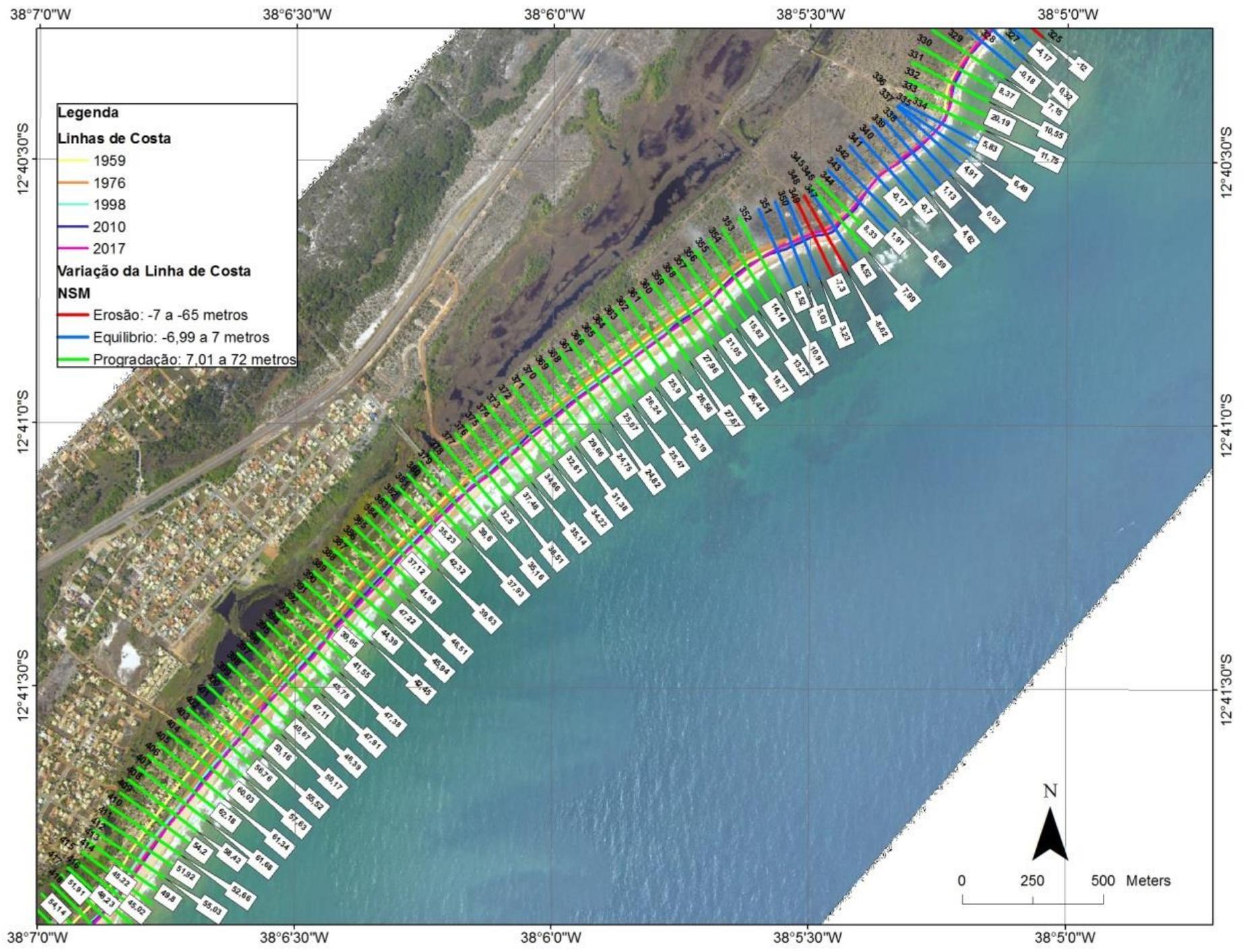
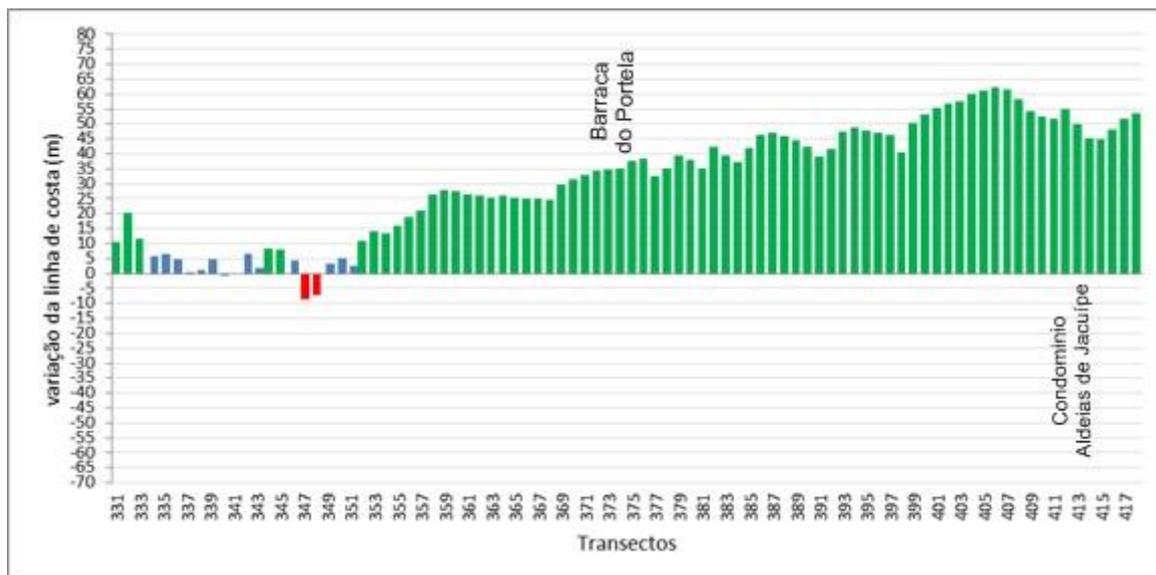


Figura 20: Comportamento da linha de costa entre Guarajuba e norte da desembocadura do Rio Jacuípe.



**Figura 21: Variação da linha de costa entre 1959 e 2017, entre Guarajuba e norte da desembocadura do Rio Jacuípe. Vermelho representa erosão; verde progradação e azul situação de equilíbrio.**

**Tabela 6: Variação da posição da linha de costa em metros (NSM), taxa de variação de ponto final (EPR), taxa de regressão linear (LRR) e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para as linhas de costa de 1959 a 2017 entre Guarajuba e norte da desembocadura do Rio Jacuípe.**

Transecto	NSM	EPR	LRR	LR2
331	10.55	0.18	0.24	0.46
332	20.19	0.35	0.31	0.76
333	11.75	0.2	0.18	0.8
334	5.83	0.1	0.11	0.71
335	6.49	0.11	0.11	0.85
336	4.91	0.08	0.08	0.86
337	0.03	0	0.04	0.28
338	1.13	0.02	0.11	0.32
339	4.62	0.08	0.13	0.68
340	-0.7	-0.01	0	0
341	-0.17	0	0.04	0.14
342	6.59	0.11	0.14	0.72
343	1.91	0.03	0.11	0.41
344	8.33	0.14	0.2	0.66
345	7.99	0.14	0.21	0.75
346	4.52	0.08	0.26	0.41
347	-8.62	-0.15	0.04	0.02
348	-7.3	-0.13	0.01	0
349	3.23	0.06	0.23	0.35
350	5.03	0.09	0.31	0.38
351	2.52	0.04	0.26	0.3
352	10.91	0.19	0.34	0.47
353	14.14	0.24	0.39	0.46
354	13.27	0.23	0.33	0.43
355	15.82	0.27	0.39	0.54
356	18.77	0.32	0.5	0.66
357	21.05	0.36	0.54	0.68
358	26.44	0.46	0.55	0.76
359	27.96	0.48	0.55	0.8
360	27.67	0.48	0.57	0.86
361	26.56	0.46	0.59	0.84
362	25.9	0.45	0.59	0.81
363	25.19	0.43	0.59	0.77
364	26.24	0.45	0.59	0.74
365	25.47	0.44	0.58	0.74
366	25.07	0.43	0.57	0.75
367	24.82	0.43	0.53	0.81
368	24.75	0.43	0.48	0.92
369	29.66	0.51	0.53	0.98
370	31.38	0.54	0.56	0.97
371	32.81	0.57	0.56	0.95
372	34.22	0.59	0.55	0.89
373	34.66	0.6	0.63	0.94
374	35.14	0.61	0.69	0.91
375	37.48	0.65	0.71	0.92
376	38.51	0.66	0.75	0.92
377	32.5	0.56	0.67	0.91
378	35.16	0.61	0.66	0.98
379	39.6	0.68	0.68	0.98
380	37.93	0.65	0.68	0.97
381	35.23	0.61	0.67	0.96
382	42.32	0.73	0.76	0.98
383	39.63	0.68	0.72	0.98
384	37.12	0.64	0.7	0.98
385	41.89	0.72	0.76	0.98
386	46.51	0.8	0.82	0.97
387	47.22	0.81	0.83	0.97
388	45.94	0.79	0.81	0.97
389	44.39	0.77	0.75	0.95
390	42.45	0.73	0.68	0.91
391	39.05	0.67	0.63	0.91
392	41.55	0.72	0.71	0.97
393	47.38	0.82	0.78	0.98
394	48.78	0.84	0.81	0.99
395	47.91	0.83	0.81	0.99
396	47.11	0.81	0.8	0.98
397	46.39	0.8	0.78	0.95
398	40.67	0.7	0.73	0.86
399	50.17	0.86	0.86	0.93
400	53.16	0.92	0.93	0.93
401	55.52	0.96	0.94	0.94
402	56.76	0.98	1.02	0.95
403	57.63	0.99	0.99	0.95
404	60.03	1.03	0.97	0.94
405	61.34	1.06	0.96	0.9
406	62.18	1.07	0.98	0.87
407	61.68	1.06	0.96	0.85
408	58.42	1.01	0.9	0.82
409	54.2	0.93	0.82	0.78
410	52.66	0.91	0.8	0.76
411	51.92	0.9	0.8	0.75
412	55.03	0.95	0.84	0.79
413	49.8	0.86	0.77	0.82
414	45.22	0.78	0.7	0.85
415	45.02	0.78	0.71	0.84
416	48.23	0.83	0.72	0.79
417	51.91	0.9	0.74	0.7
418	53.68	0.93	0.68	0.56



**Figura 22: Trecho entre Guarajuba e norte da desembocadura do Rio Jacuípe. A – Fotografia aérea obtida em 2010 mostrando o crescimento da vegetação a partir da linha de costa de 1959 e 1976 de cor amarelo e laranja respectivamente (ver Figura 20). B – Praia com escarpa vegetada na altura do transecto 377. C- Fotografia da Cabana Aruanã no ano de 1996. D - Fotografia da Cabana Aruanã no ano de 2018**

### **7.1.6 Região de Barra do Jacuípe**

Na análise do comportamento da linha de costa para os últimos 58 anos na região de Barra do Jacuípe foi possível identificar um trecho com avanço na linha de costa que variou entre 11,91 e 71,46 metros, ao norte da desembocadura do Rio Jacuípe, transectos 419 a 453 (Figura 23 e Figura 24), exceto para os transectos entre 445 e 451 que estão associados a desembocadura do Rio Jacuípe. Foi identificado também um trecho com recuo da linha de costa de até 26,18 metros, ao sul da desembocadura do rio Jacuípe, transectos entre 457 e 492 (Figura 23 e Figura 24), com pequenos segmentos sob equilíbrio.

Os resultados indicam que a progradação da linha de costa em barra do Jacuípe ocorreu com taxas entre 0,34 a 0,95 metros por ano, e o trecho ao sul da desembocadura do Rio Jacuípe, onde foi identificado um processo erosivo, apresenta taxas de até 0,3 metros por ano (Tabela 7).

Nesta região, há presença de arenito de praia e um provável afloramento na linha de costa junto a desembocadura do Rio Jacuípe (Figura 25).

De modo geral, os  $R^2$  mais próximos de 1 estão associados ao trecho ao norte do Rio Jacuípe, onde foi encontrado um processo de progradação, e portanto, isto indica que tal processo pode ser contínuo. O trecho onde foi identificado um recuo na linha de costa apresentou  $R^2$  muito próximos de 0, o que sugere uma descontinuidade do processo erosivo (Tabela 7).

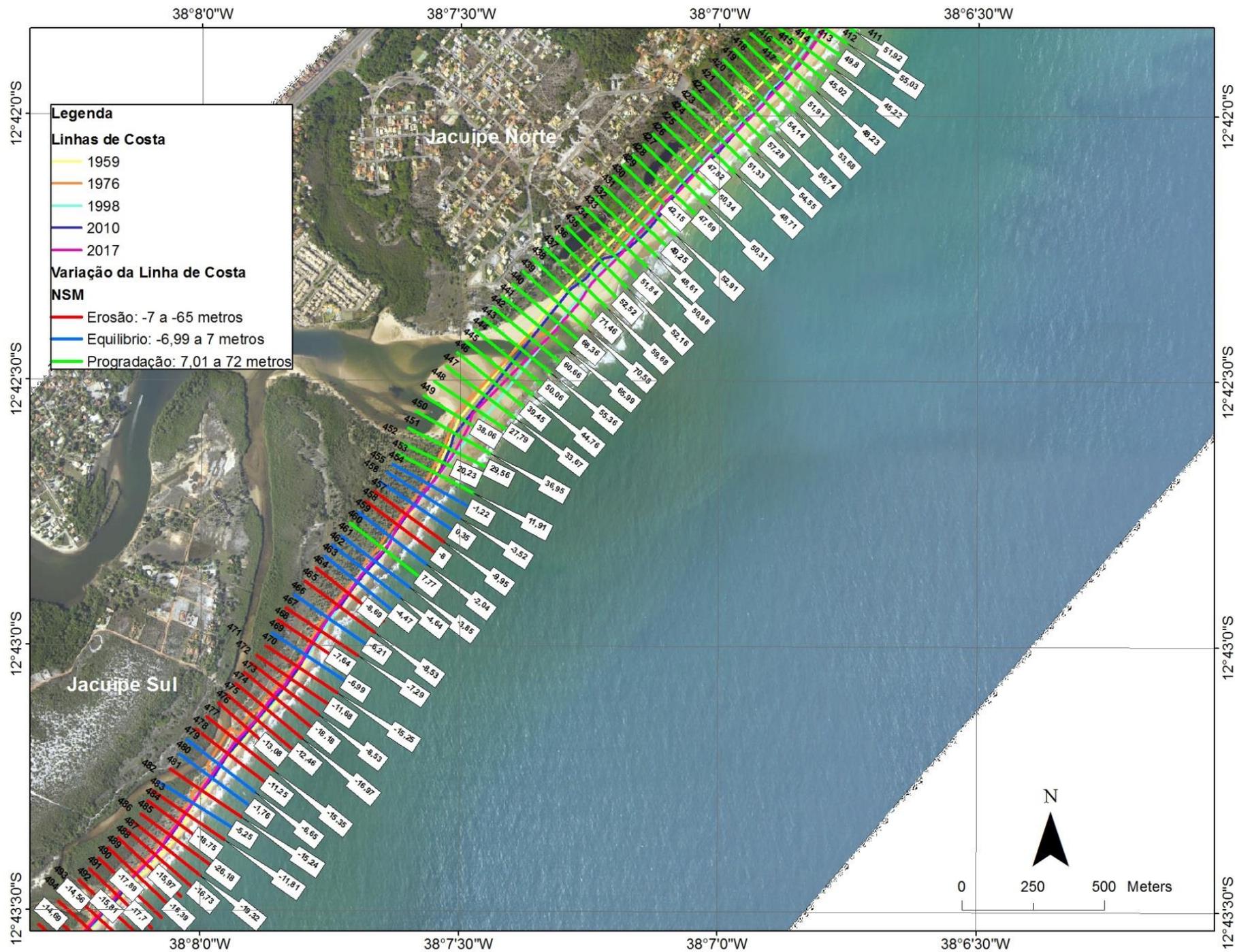


Figura 23: Comportamento da linha de costa na região Barra do Jacuipé

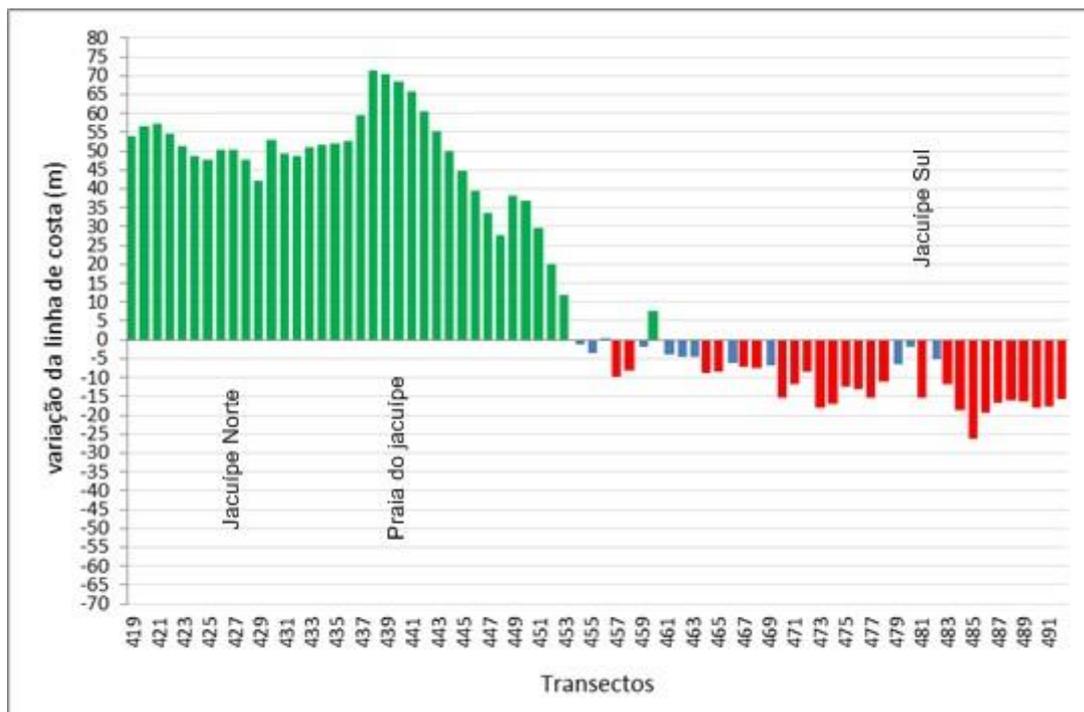


Figura 24: Variação da linha de costa entre 1959 e 2017, na região de Barra do Jacuípe. Vermelho representa erosão; verde progradação e azul situação de equilíbrio.

Tabela 7: Variação da posição da linha de costa em metros (NSM), taxa de variação de ponto final (EPR), taxa de regressão linear (LRR) e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para as linhas de costa de 1959 a 2017 na região de Barra do Jacuípe.

Transecto	NSM	EPR	LRR	LR2
419	54.14	0.93	0.75	0.59
420	56.74	0.98	0.8	0.62
421	57.28	0.99	0.77	0.61
422	54.55	0.94	0.78	0.65
423	51.33	0.89	0.79	0.68
424	48.71	0.84	0.79	0.71
425	47.82	0.82	0.75	0.73
426	50.34	0.87	0.74	0.78
427	50.31	0.87	0.74	0.81
428	47.69	0.82	0.77	0.84
429	42.15	0.73	0.8	0.8
430	52.91	0.91	0.95	0.89
431	49.25	0.85	0.94	0.84
432	48.61	0.84	0.91	0.87
433	50.96	0.88	0.91	0.92
434	51.84	0.89	0.76	0.86
435	52.16	0.9	0.56	0.42
436	52.52	0.91	0.55	0.37
437	59.68	1.03	0.58	0.3
438	71.46	1.23	0.63	0.23
439	70.58	1.22	0.6	0.2
440	68.36	1.18	0.6	0.22
441	65.99	1.14	0.67	0.32
442	60.66	1.05	0.91	0.55
443	55.36	0.95	0.88	0.53
444	50.06	0.86	0.86	0.5
445	44.76	0.77	0.83	0.47
446	39.45	0.68	0.8	0.43
447	33.67	0.58	0.78	0.38
448	27.79	0.48	0.75	0.33
449	38.06	0.66	0.89	0.4
450	36.95	0.64	0.7	0.36
451	29.56	0.51	0.57	0.47
452	20.23	0.35	0.47	0.52
453	11.91	0.21	0.34	0.47
454	-1.22	-0.02	0.14	0.12
455	-3.52	-0.06	0.07	0.05
456	0.35	0.01	0.09	0.09
457	-9.95	-0.17	-0.05	0.02
458	-8	-0.14	0.01	0
459	-2.04	-0.04	0.1	0.07
460	7.77	0.13	0.29	0.48
461	-3.85	-0.07	0.13	0.1
462	-4.64	-0.08	0.06	0.04
463	-4.47	-0.08	0.04	0.03
464	-8.69	-0.15	-0.01	0
465	-8.53	-0.15	0.04	0.01
466	-6.21	-0.11	0.03	0.01
467	-7.29	-0.13	0.02	0
468	-7.64	-0.13	0.01	0
469	-6.99	-0.12	-0.02	0.01
470	-15.25	-0.26	-0.09	0.07
471	-11.68	-0.2	-0.02	0
472	-8.53	-0.15	0.04	0.01
473	-18.18	-0.31	-0.08	0.03
474	-16.97	-0.29	-0.05	0.01
475	-12.46	-0.21	0.05	0.01
476	-13.08	-0.23	0.01	0
477	-15.35	-0.26	0.16	0.03
478	-11.25	-0.19	0.15	0.03
479	-6.65	-0.11	0.21	0.08
480	-1.76	-0.03	0.09	0.15
481	-15.24	-0.26	-0.11	0.07
482	-5.25	-0.09	0	0
483	-11.81	-0.2	-0.08	0.06
484	-18.75	-0.32	-0.21	0.35
485	-26.18	-0.45	-0.3	0.33
486	-19.32	-0.33	-0.2	0.19
487	-16.73	-0.29	-0.16	0.15
488	-15.97	-0.28	-0.14	0.14
489	-16.39	-0.28	-0.15	0.14
490	-17.89	-0.31	-0.13	0.09
491	-17.7	-0.31	-0.09	0.05
492	-15.81	-0.27	-0.09	0.05



**Figura 25: Trecho na região de Barra do Jacuípe. A – Afloramento na desembocadura do Rio Jacuípe. B – Arenito de praia na desembocadura do Rio Jacuípe**

### **7.1.7 Trecho entre Barra do Jacuípe e Arembepe**

A análise do comportamento da linha de costa gerado no DSAS para os últimos 58 anos neste trecho indicou que existe um recuo da linha de costa de até 15,37 metros com alguns segmentos em situação de equilíbrio (transectos 498, 507 e 508), na região ao norte do emissário da Cetrel, transectos 493 a 514 (Figura 26 e Figura 27), região onde passa o Rio Capivara Grande. O trecho subsequente, transectos 515 a 524, apresentou situação de equilíbrio, exceto para o transecto 521 onde foi identificado um processo erosivo, todavia o recuo foi muito próximo do erro adotado neste trabalho. Outro trecho em situação de equilíbrio pôde ser reconhecido entre os transectos 564 e 570. Foi identificado também um trecho onde o avanço da linha de costa, ao sul do Emissário da Cetrel, transectos 524 a 563, atingiu 46,16 metros (Figura 26 e Figura 27).

Os resultados apontam que a erosão da linha de costa que ocorre no trecho extremo norte do Emissário foi com taxas de 0,14 metros por ano. O trecho imediatamente ao norte e ao sul do Emissário a progradação atingiu uma taxa de 0,66 metros por ano (Tabela 8).

Ao longo do trecho costeiro onde foi identificado um recuo da linha de costa ou situação de equilíbrio verifica-se  $R^2$  muito próximos de 0, e portanto, sugere que tal processo não ocorra de forma contínua, exceto para o transecto 521 que teve  $R^2$  no valor de 0,69, onde o recuo ocorreu muito próximo à margem de erro adotada neste trabalho, e para os transectos 564 a 566 que apresentou  $R^2$  entre 0,52 e 0,83 sugerindo a continuidade da situação de equilíbrio. No trecho onde foi identificado um avanço da linha de costa, foi possível encontrar  $R^2$  mais próximos de 1, indicando haver uma tendência de progradação com exceção dos transectos 524, 529, 545 e 546 (Tabela 8).

Neste trecho entre Barra do Jacuípe e Arembepe, onde está instalado o emissário da Cetrel, pode ser verificada a existência de arenito de praia paralelo à linha de costa (Figura 28). Durante visita ao campo, foi obtida a informação de que houve uma ruptura de uma barra arenosa que separava o Rio Capivara Grande do mar, no último inverno (Julho de 2017).

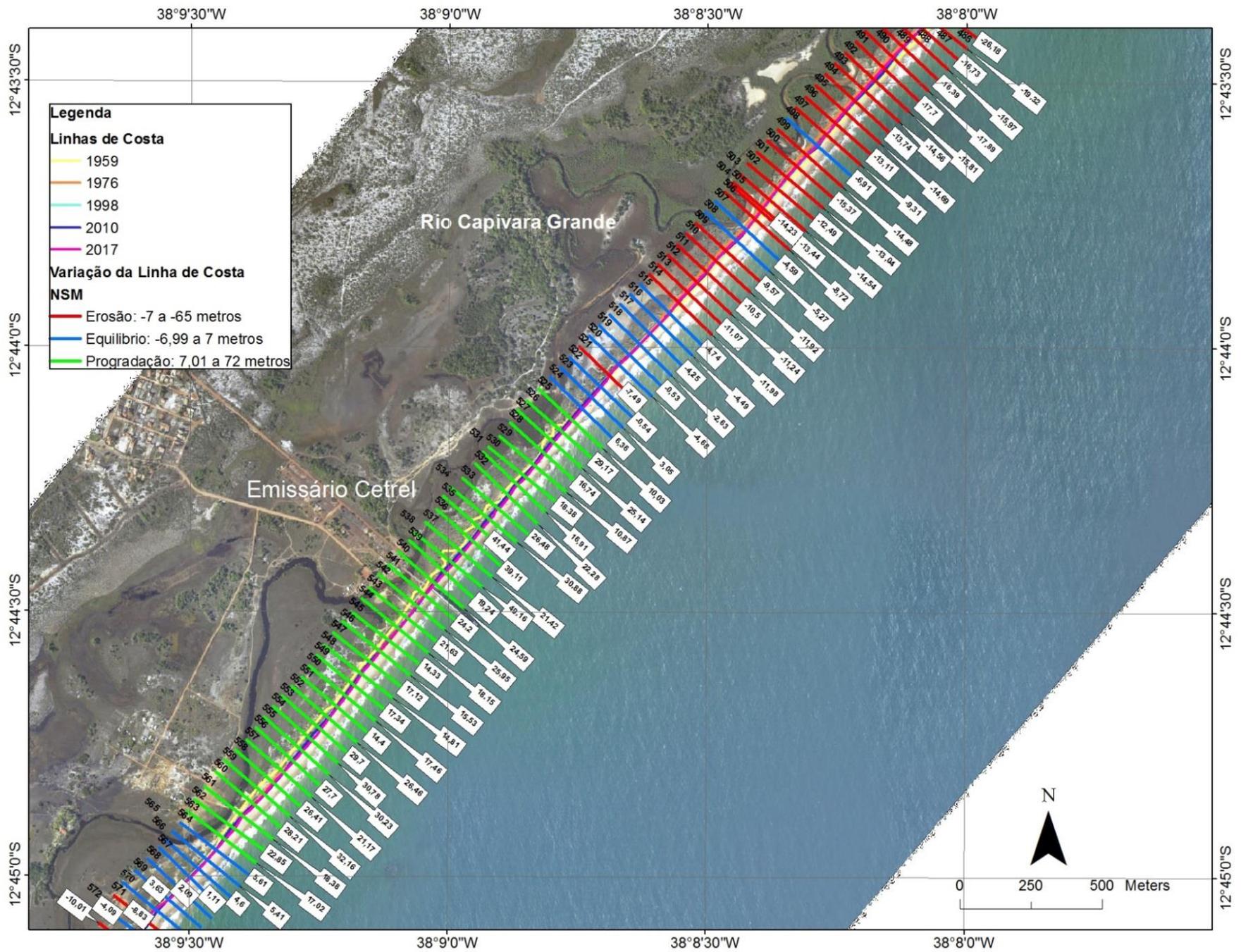


Figura 26: Comportamento da linha de costa entre Barra do Jacuípe e Arembepe

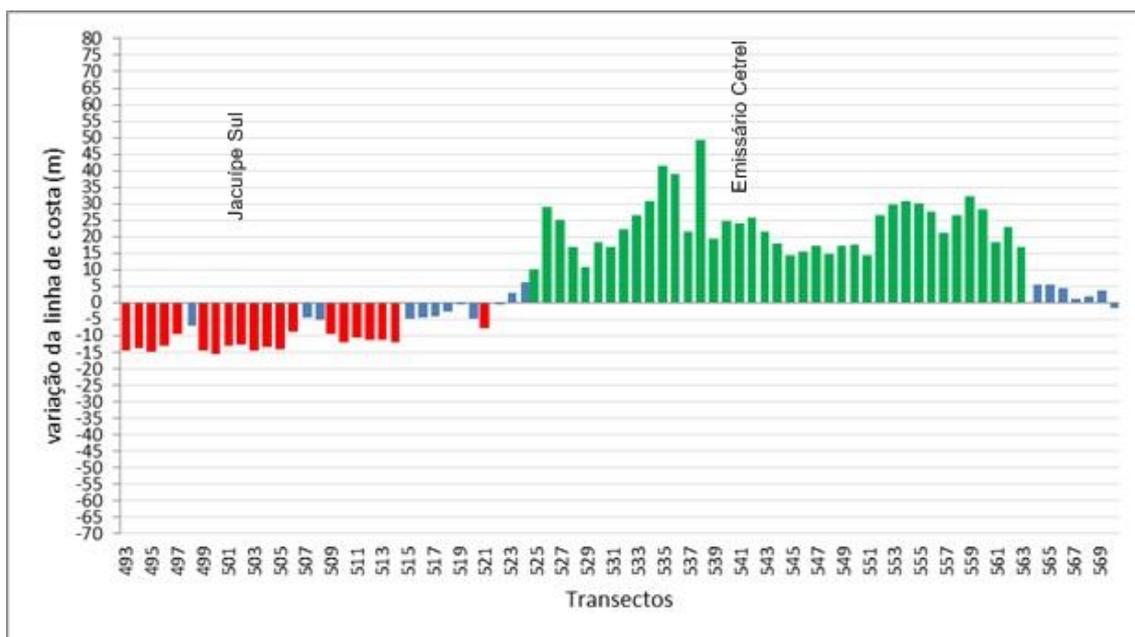


Figura 27: Variação da linha de costa entre 1959 e 2017, entre Barra do Jacuípe e Arembepe. Vermelho representa erosão; verde progradação e azul situação de equilíbrio.

Tabela 8: Variação da posição da linha de costa em metros (NSM), taxa de variação de ponto final (EPR), taxa de regressão linear (LRR) e o coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) para as linhas de costa de 1959 a 2017 entre Barra do Jacuípe e Arembepe.

Transecto	NSM (m)	EPR (m/ano)	LRR (m/ano)	LR2
493	-14.56	-0.25	-0.1	0.08
494	-13.74	-0.24	-0.1	0.08
495	-14.69	-0.25	-0.09	0.06
496	-13.11	-0.23	-0.08	0.04
497	-9.31	-0.16	-0.03	0.01
498	-6.91	-0.12	0.06	0.02
499	-14.48	-0.25	-0.1	0.06
500	-15.37	-0.27	-0.13	0.11
501	-13.04	-0.22	-0.13	0.16
502	-12.49	-0.22	-0.12	0.17
503	-14.54	-0.25	-0.14	0.19
504	-13.44	-0.23	-0.13	0.14
505	-14.23	-0.25	-0.14	0.17
506	-8.72	-0.15	-0.06	0.04
507	-4.59	-0.08	0.02	0
508	-5.27	-0.09	0.02	0.01
509	-9.57	-0.16	-0.05	0.03
510	-11.92	-0.21	-0.11	0.1
511	-10.5	-0.18	-0.05	0.02
512	-11.24	-0.19	-0.06	0.04
513	-11.07	-0.19	-0.08	0.1
514	-11.98	-0.21	-0.11	0.15
515	-4.74	-0.08	0	0
516	-4.49	-0.08	-0.04	0.05
517	-4.25	-0.07	-0.04	0.1
518	-2.63	-0.05	-0.03	0.1
519	-0.53	-0.01	0.01	0.01
520	-4.68	-0.08	-0.06	0.22
521	-7.49	-0.13	-0.1	0.69
522	-0.54	-0.01	-0.03	0.09
523	3.05	0.05	0.02	0.04
524	6.36	0.11	0.08	0.4
525	10.03	0.17	0.14	0.72
526	29.17	0.5	0.39	0.71
527	25.14	0.43	0.33	0.69
528	16.74	0.29	0.19	0.58
529	10.87	0.19	0.1	0.3
530	18.38	0.32	0.23	0.73
531	16.91	0.29	0.24	0.74
532	22.28	0.38	0.27	0.62
533	26.48	0.46	0.34	0.61
534	30.88	0.53	0.4	0.69
535	41.44	0.71	0.59	0.76
536	39.11	0.67	0.55	0.73
537	21.42	0.37	0.26	0.61
538	49.16	0.85	0.66	0.67
539	19.24	0.33	0.24	0.73
540	24.59	0.42	0.35	0.79
541	24.2	0.42	0.38	0.71
542	25.95	0.45	0.4	0.64
543	21.63	0.37	0.31	0.65
544	18.15	0.31	0.24	0.53
545	14.33	0.25	0.18	0.35
546	15.53	0.27	0.19	0.44
547	17.12	0.3	0.21	0.55
548	14.81	0.26	0.19	0.6
549	17.34	0.3	0.23	0.72
550	17.46	0.3	0.21	0.54
551	14.4	0.25	0.18	0.62
552	26.46	0.46	0.36	0.68
553	29.7	0.51	0.38	0.68
554	30.78	0.53	0.39	0.68
555	30.23	0.52	0.4	0.71
556	27.7	0.48	0.38	0.73
557	21.17	0.36	0.33	0.83
558	26.41	0.46	0.42	0.73
559	32.16	0.55	0.5	0.7
560	28.21	0.49	0.41	0.73
561	18.38	0.32	0.27	0.7
562	22.85	0.39	0.26	0.58
563	17.02	0.29	0.2	0.55
564	5.61	0.1	0.09	0.52
565	5.41	0.09	0.09	0.83
566	4.6	0.08	0.06	0.52
567	1.11	0.02	0.02	0.04
568	2.09	0.04	0.01	0.04
569	3.63	0.06	0.04	0.31
570	-1.49	-0.03	0.01	0



**Figura 28: Trecho entre Barra do Jacuípe e Arembepe. A – Arenito de praia na extensão da praia. B - Praia e Emissário no local de posição do transecto 540**

### 7.1.8 Região de Arembepe

Na análise do comportamento da linha de costa gerado no DSAS para os últimos 58 anos para a região de Arembepe foi possível identificar a existência de um trecho em situação de equilíbrio (transectos 572 a 597), mas com alguns segmentos em erosão de 8,83, 10,01, 7,16 e 12,06, para os transectos 571, 573, 583 e 589, respectivamente. Ressaltando que dois destes transectos apresentam recuo muito próximo da margem do erro adotada neste trabalho. Foi identificado também um trecho onde há avanço da linha de costa de até 33,84 metros, transectos 597 a 648. No entanto, há pequenos trechos em situação de equilíbrio da linha de costa (transectos 601 a 603, transectos 637 a 641 e 646) (Figura 29 e Figura 30).

Onde ocorreu maior progradação foi no trecho costeiro onde está instalada a comunidade de Arembepe, na altura do transecto 630, e ali se encontra uma intensa ocupação na linha de costa, onde pode ser verificada a existência de construções na borda de escarpas erosivas, as quais são contíguas. Neste trecho existe também arenito de praia paralelo à linha de costa (Figura 31).

Os resultados mostraram que, onde ocorre erosão a taxa é de no máximo 0,13 metros por ano. O trecho em frente à vila de Arembepe, onde está ocorrendo progradação da linha de costa, o avanço atingiu a taxa de 0,52 metros por ano (Tabela 9).

As localidades onde foi possível identificar recuo da linha de costa, tiveram  $R^2$  muito próximos de 0, o que indica que tal processo não tenha continuidade temporal. Os trechos sob progradação da linha de costa (transectos 597 a 648) apresentaram valores para o  $R^2$  que variaram entre 0,17 a 0,99, sendo que os  $R^2$  mais próximos de 1 puderam ser identificados na linha de costa da vila de Arembepe, sugerindo continuidade do processo neste local (Tabela 9).

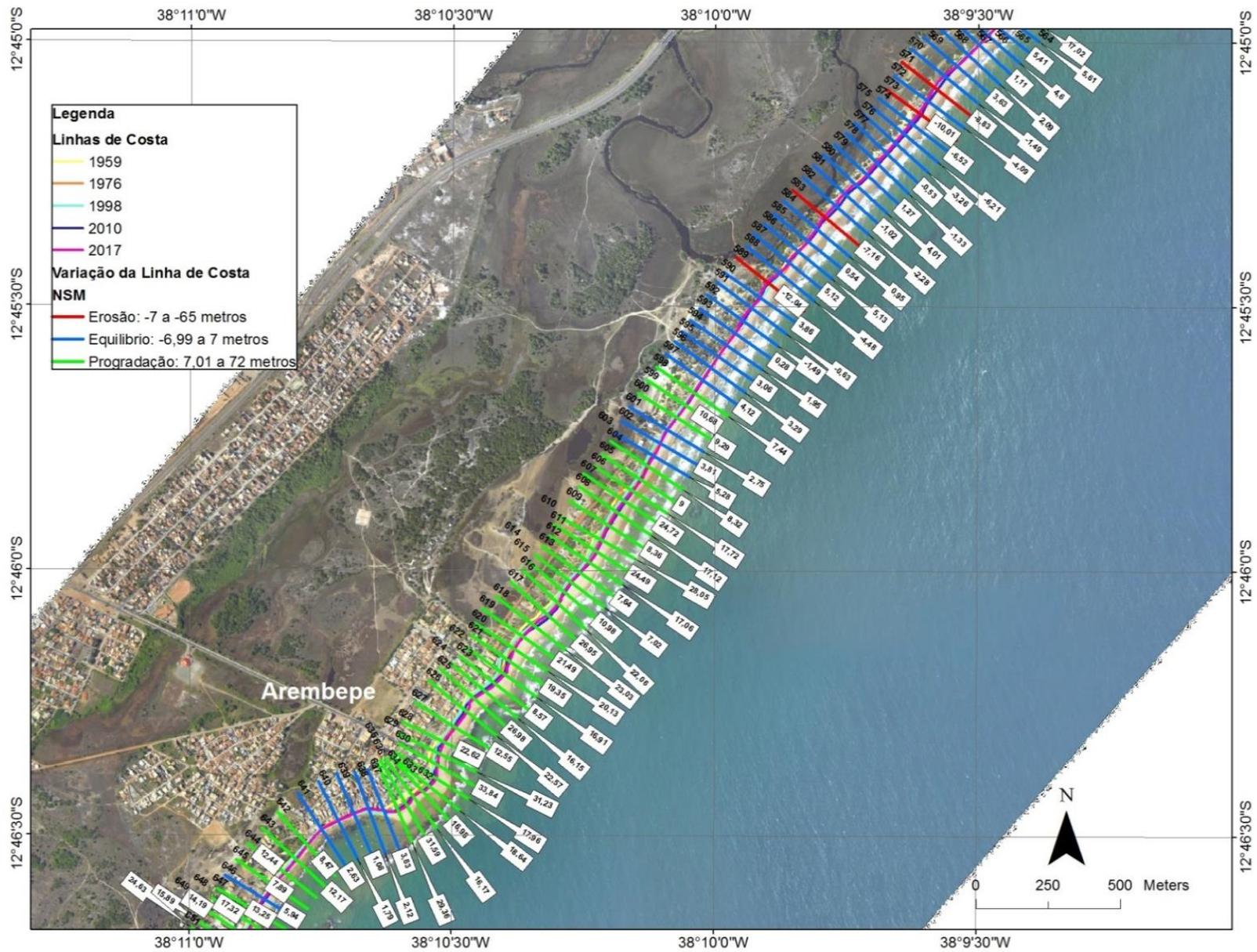


Figura 29: Comportamento da linha de costa na região de Arembepe

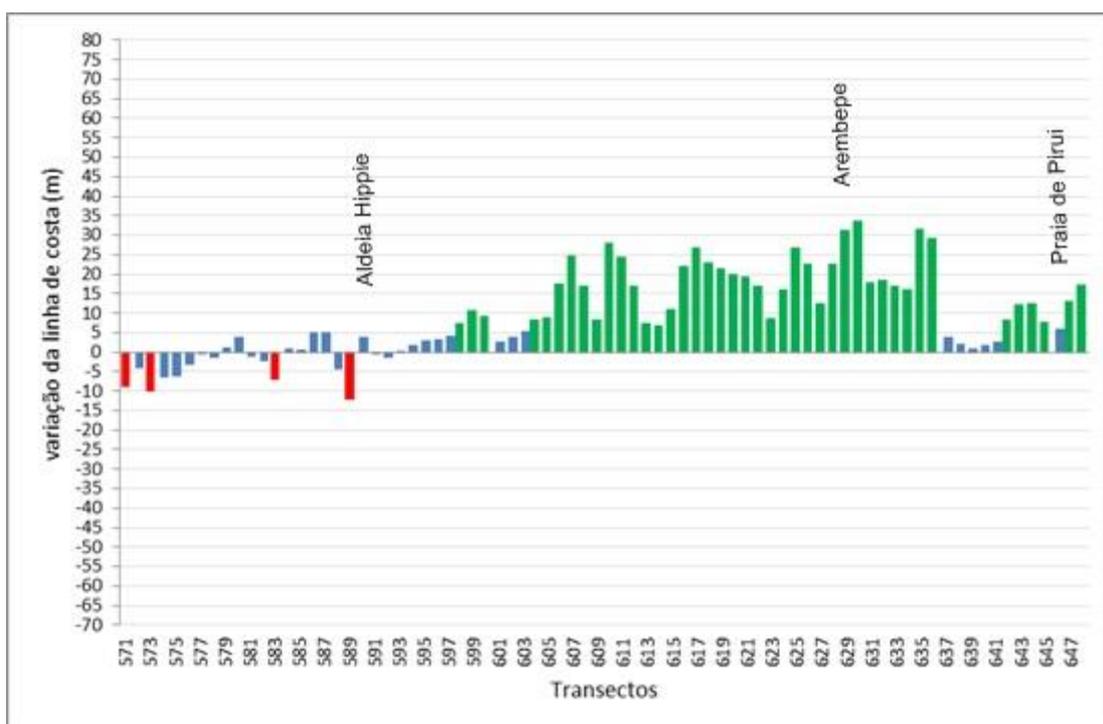


Figura 30: Variação da linha de costa entre 1959 e 2017, na região de Arembepe. Vermelho representa erosão; verde progradação e azul situação de equilíbrio.

Tabela 9: Variação da posição da linha de costa em metros (NSM), taxa de variação de ponto final (EPR), taxa de regressão linear (LRR) e o coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) para as linhas de costa de 1959 a 2017 na região de Arembepe.

Transecto	NSM (m)	EPR (m/ano)	LRR (m/ano)	LR2
571	-8.83	-0.15	-0.08	0.14
572	-4.09	-0.07	-0.07	0.17
573	-10.01	-0.17	-0.12	0.26
574	-6.52	-0.11	-0.08	0.27
575	-6.21	-0.11	-0.07	0.24
576	-3.26	-0.06	-0.01	0.02
577	-0.53	-0.01	0.03	0.15
578	-1.33	-0.02	0.02	0.04
579	1.27	0.02	0.02	0.03
580	4.01	0.07	0.08	0.13
581	-1.02	-0.02	0.05	0.05
582	-2.28	-0.04	0.03	0.05
583	-7.16	-0.12	-0.05	0.11
584	0.95	0.02	0.04	0.12
585	0.54	0.01	0.05	0.3
586	5.13	0.09	0.08	0.18
587	5.12	0.09	0.05	0.06
588	-4.48	-0.08	-0.09	0.42
589	-12.04	-0.21	-0.13	0.26
590	3.86	0.07	0.05	0.39
591	-0.63	-0.01	0	0
592	-1.49	-0.03	0.02	0.04
593	0.28	0	0.01	0.02
594	1.95	0.03	0.04	0.69
595	3.06	0.05	0.04	0.57
596	3.29	0.06	0.04	0.27
597	4.12	0.07	0.07	0.32
598	7.44	0.13	0.16	0.68
599	10.68	0.18	0.19	0.72
600	9.29	0.16	0.12	0.39
601	2.75	0.05	0.02	0.03
602	3.81	0.07	0.04	0.05
603	5.28	0.09	0.07	0.08
604	8.32	0.14	0.12	0.23
605	9	0.16	0.14	0.34
606	17.72	0.31	0.45	0.64
607	24.72	0.43	0.52	0.9
608	17.12	0.3	0.33	0.74
609	8.36	0.14	0.16	0.34
610	28.05	0.48	0.45	0.78
611	24.49	0.42	0.42	0.8
612	17.06	0.29	0.29	0.75
613	7.64	0.13	0.16	0.62
614	7.02	0.12	0.12	0.25
615	10.98	0.19	0.22	0.63
616	22.06	0.38	0.34	0.65
617	26.95	0.46	0.48	0.77
618	23.03	0.4	0.4	0.76
619	21.49	0.37	0.34	0.8
620	20.13	0.35	0.32	0.66
621	19.35	0.33	0.2	0.17
622	16.91	0.29	0.24	0.34
623	8.57	0.15	0.14	0.22
624	16.15	0.28	0.24	0.62
625	26.98	0.47	0.36	0.63
626	22.57	0.39	0.28	0.61
627	12.55	0.22	0.18	0.39
628	22.62	0.39	0.34	0.66
629	31.23	0.54	0.49	0.91
630	33.84	0.58	0.46	0.58
631	17.96	0.31	0.24	0.37
632	18.64	0.32	0.3	0.92
633	16.98	0.29	0.29	0.99
634	16.17	0.28	0.24	0.85
635	31.59	0.54	0.46	0.88
636	29.36	0.51	0.42	0.71
637	3.83	0.07	0.06	0.07
638	2.12	0.04	0.03	0.03
639	1.08	0.02	0.01	0.26
640	1.79	0.03	0.05	0.35
641	2.63	0.05	0.05	0.7
642	8.47	0.15	0.14	0.64
643	12.17	0.21	0.16	0.49
644	12.44	0.21	0.18	0.52
645	7.89	0.14	0.15	0.76
646	5.94	0.1	0.12	0.45
647	13.25	0.23	0.15	0.4
648	17.32	0.3	0.18	0.26



**Figura 31: Trecho da região de Arembepé. A – Arenito de praia aflorando ao longo da praia e construções alcançando a face da praia. B – Construções sob o terraço arenoso praiar na altura do transecto 637 a 641. C – Arenito de praia paralelo a linha de costa em Arembepé. D - Arenito de praia fotografado em Arembepé. E- Arenito visto na fotografia aérea.**

### 7.1.9 Trecho entre Arembepe e Interlagos

A análise do comportamento de linha de costa para os últimos 58 anos para o trecho entre Arembepe e Interlagos mostrou uma tendência de progradação da linha de costa com alguns segmentos apresentando situação de equilíbrio (transectos 655 e 656, transectos 659 a 666 e transecto 672), localizado em frente a vila de Arembepe (Figura 32e Figura 33).

No trecho onde foi encontrada situação de equilíbrio da linha de costa há a presença de dois cordões de arenitos de praia, ambos paralelos a linha de costa, afastados em cerca de 1,5 m, e com uma formação lagunar (porto de Arembepe) entre eles (Figura 33).

Nos demais trechos, o avanço da linha de costa atingiu 48,64 metros, e neste trecho costeiro, aparece como indicativo de tal processo um terraço com vegetação rasteira que se desenvolveu depois do ano de 1976 (Figura 33 A). O avanço da linha de costa, no trecho entre Arembepe e Interlagos, ocorreu com uma taxa que varia entre 0,17 e 0,87 metros por ano (Tabela 10).

Neste trecho, os  $R^2$  que mais se aproximam de 1 estão associados com a progradação da linha de costa, indiciando a continuidade de tal processo, enquanto que os segmentos que apresentam situação de equilíbrio, em frente à vila de Arembepe, mostraram  $R^2$  abaixo de 0,5 e, portanto, não sugere uma tendência de continuidade desta situação, exceto para o transecto 661 que teve  $R^2$  no valor de 0,69 (Tabela 10).

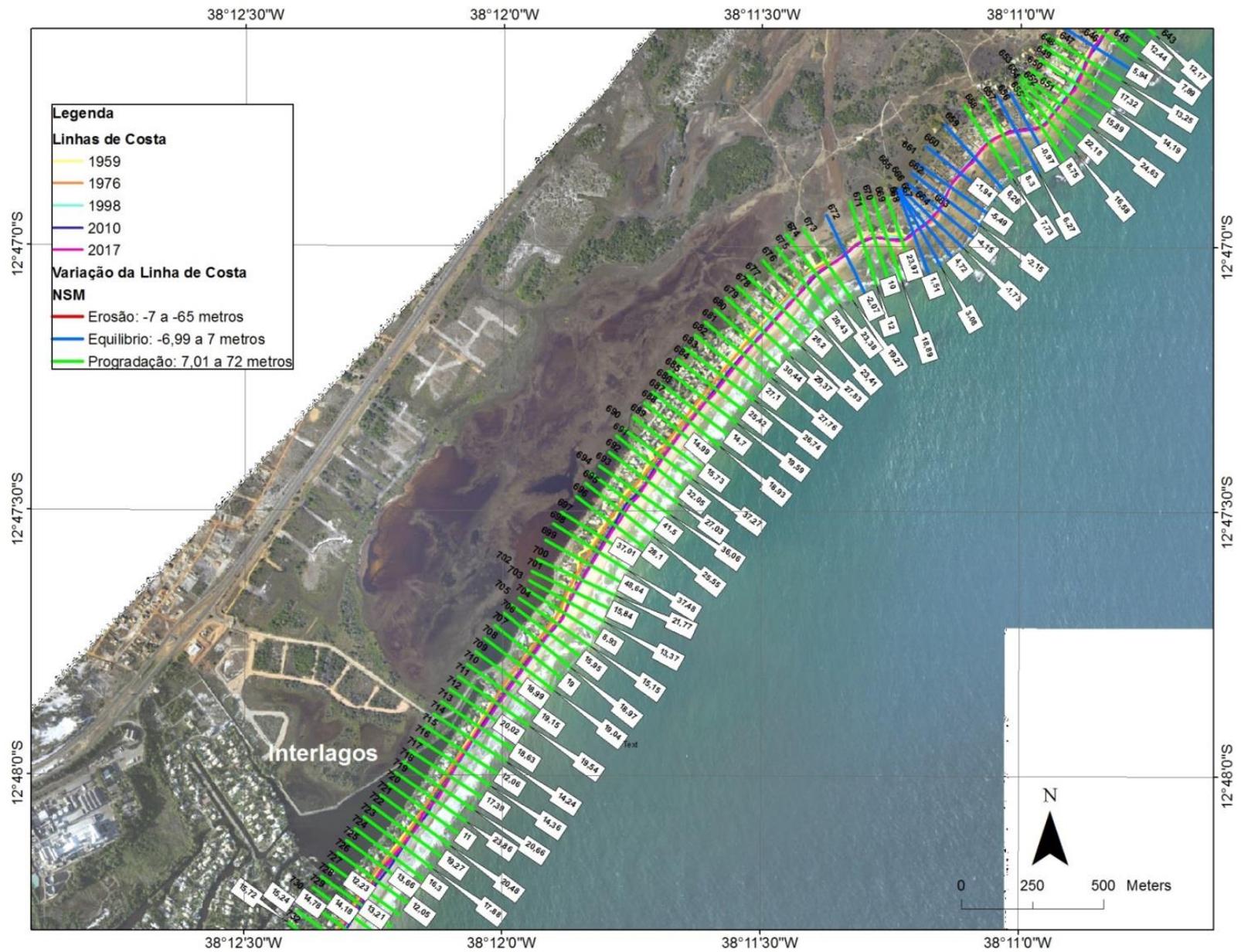


Figura 32: Comportamento da linha de costa no trecho entre Arembepe e Interlagos

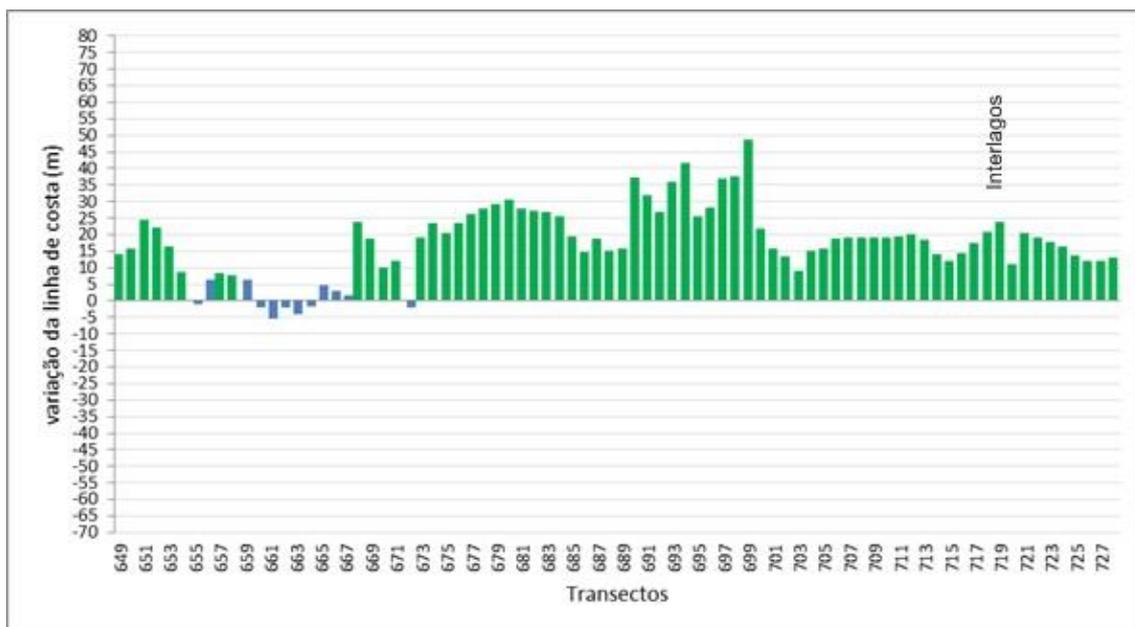
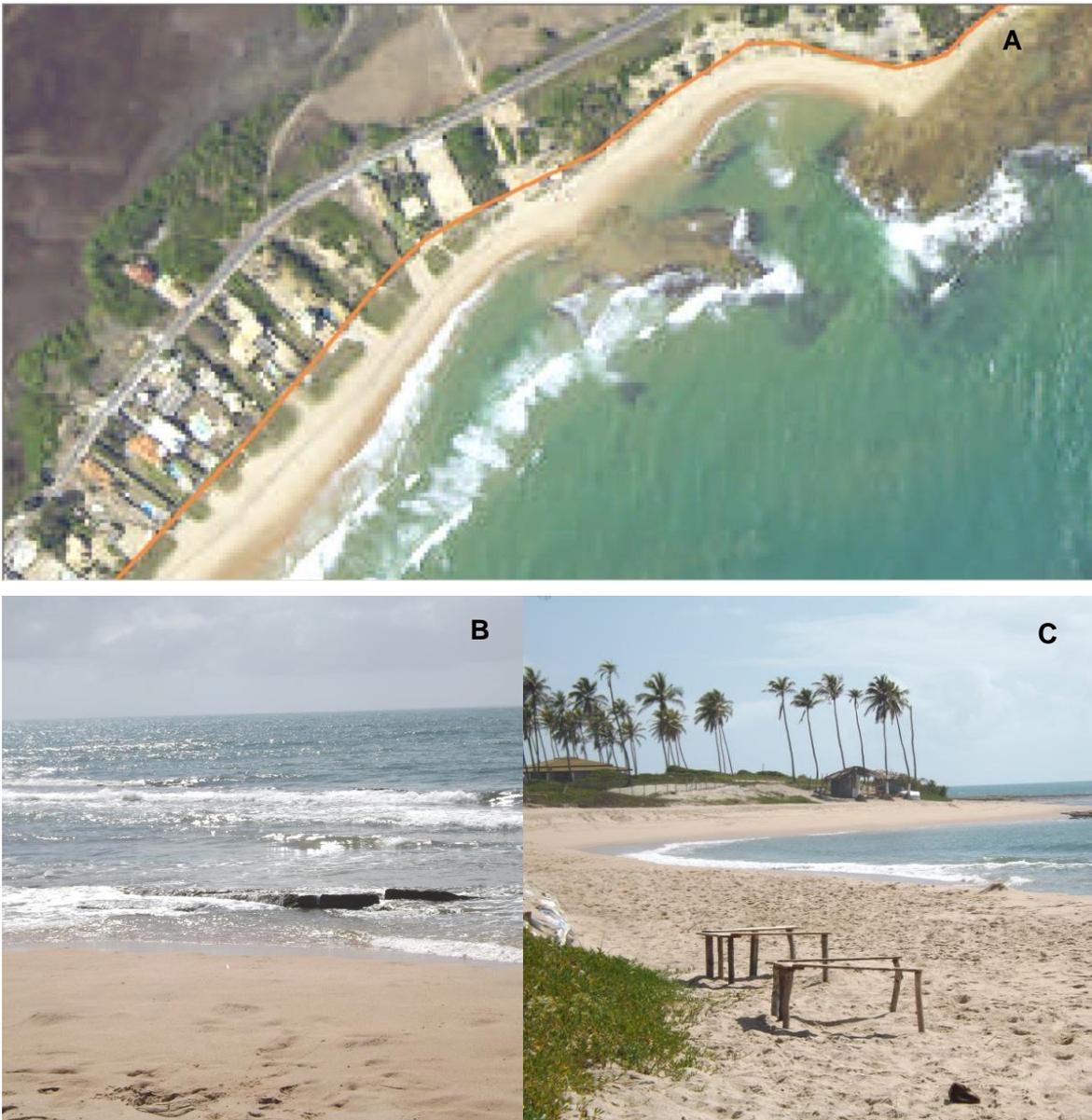


Figura 33: Variação da linha de costa entre 1959 e 2017, no trecho entre Arembepe e Interlagos. Vermelho representa erosão; verde progradação e azul situação de equilíbrio.

Tabela 10: Variação da posição da linha de costa em metros (NSM), taxa de variação de ponto final (EPR), taxa de regressão linear (LRR) e o coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) para as linhas de costa de 1959 a 2017 entre Arembepe e Interlagos.

Transecto	NSM (m)	EPR (m/ano)	LRR (m/ano)	LR2
649	14.19	0.24	0.12	0.13
650	15.89	0.27	0.18	0.3
651	24.63	0.42	0.32	0.57
652	22.18	0.38	0.28	0.52
653	16.58	0.29	0.18	0.31
654	8.75	0.15	0.08	0.11
655	-0.97	-0.02	-0.03	0.09
656	6.27	0.11	0.06	0.17
657	8.3	0.14	0.09	0.29
658	7.73	0.13	0.05	0.05
659	6.26	0.11	0.04	0.08
660	-1.94	-0.03	-0.01	0.02
661	-5.49	-0.09	-0.09	0.62
662	-2.15	-0.04	-0.06	0.12
663	-4.15	-0.07	-0.1	0.22
664	-1.73	-0.03	-0.09	0.22
665	4.72	0.08	0.01	0
666	3.08	0.05	0.02	0.03
667	1.51	0.03	0	0
668	23.97	0.41	0.31	0.65
669	18.89	0.33	0.27	0.74
670	10	0.17	0.17	0.92
671	12	0.21	0.17	0.6
672	-2.07	-0.04	-0.01	0.04
673	19.27	0.33	0.34	0.94
674	23.38	0.4	0.42	0.95
675	20.43	0.35	0.43	0.74
676	23.41	0.4	0.46	0.9
677	26.2	0.45	0.46	0.94
678	27.83	0.48	0.47	0.93
679	29.37	0.51	0.51	0.99
680	30.44	0.52	0.54	0.99
681	27.76	0.48	0.5	0.98
682	27.1	0.47	0.48	0.93
683	26.74	0.46	0.49	0.92
684	25.42	0.44	0.48	0.9
685	19.59	0.34	0.42	0.83
686	14.7	0.25	0.37	0.71
687	18.93	0.33	0.42	0.79
688	14.99	0.26	0.36	0.68
689	15.73	0.27	0.36	0.75
690	37.27	0.64	0.64	0.87
691	32.05	0.55	0.56	0.9
692	27.03	0.47	0.52	0.88
693	36.06	0.62	0.65	0.92
694	41.5	0.72	0.7	0.85
695	25.55	0.44	0.48	0.7
696	28.1	0.48	0.54	0.79
697	37.01	0.64	0.67	0.89
698	37.48	0.65	0.69	0.88
699	48.64	0.84	0.87	0.88
700	21.77	0.38	0.48	0.73
701	15.84	0.27	0.4	0.64
702	13.37	0.23	0.34	0.65
703	8.93	0.15	0.25	0.5
704	15.15	0.26	0.34	0.76
705	15.95	0.27	0.36	0.71
706	18.97	0.33	0.39	0.73
707	19	0.33	0.38	0.75
708	19.04	0.33	0.4	0.75
709	18.99	0.33	0.42	0.74
710	19.15	0.33	0.41	0.77
711	19.54	0.34	0.39	0.79
712	20.02	0.35	0.36	0.73
713	18.63	0.32	0.33	0.69
714	14.24	0.25	0.27	0.62
715	12.06	0.21	0.26	0.6
716	14.36	0.25	0.3	0.67
717	17.39	0.3	0.35	0.78
718	20.66	0.36	0.42	0.85
719	23.86	0.41	0.44	0.82
720	11	0.19	0.33	0.58
721	20.48	0.35	0.41	0.84
722	19.27	0.33	0.38	0.78
723	17.88	0.31	0.38	0.73
724	16.3	0.28	0.41	0.68
725	13.66	0.24	0.43	0.61
726	12.05	0.21	0.39	0.6
727	12.23	0.21	0.34	0.69
728	13.21	0.23	0.38	0.67



**Figura 34: Trecho entre Arembepe e Interlagos. A – fotografia aérea obtida em 2010 mostrando o crescimento da vegetação a partir da linha de costa de 1976 de cor laranja (ver Figura 32). B – praia na altura do transecto 669. C - Arenito de praia fotografado em Arembepe.**

### 7.1.10 Trecho entre Interlagos e Jauá

A análise do comportamento da linha de costa para os últimos 58 anos no trecho entre Interlagos e Jauá apontou que há um avanço na linha de costa de até 51,88 metros em frente a Interlagos. O trecho subsequente apresenta situação de equilíbrio (transectos 757 a 792) intercalado com alguns segmentos onde foi identificada erosão da linha de costa de até 13,83 metros (transecto 781), com exceção dos transectos 773 e 787 que apresentaram progradação. Contudo este avanço da linha de costa foi próximo da margem de erro deste trabalho (+/- 7 metros). No trecho costeiro de Jauá, entre os transectos 793 a 808, foi possível identificar um avanço na linha de costa que atingiu 25,24 metros, exceto para o transecto 800, onde houve um recuo da linha de costa de 22,9 metros (Figura 35 e Figura 36). Neste local é observado um enrocamento, sugerindo que a erosão está de fato ocorrendo. Neste trecho entre Arembepé e Jauá pode ser encontrado arenito de praia que também ocorrem paralelos à linha de costa (Figura 35 e Figura 36).

A progradação da linha de costa que foi identificada no trecho costeiro de Interlagos teve taxa de até 1,01 metros por ano. Os segmentos onde foram identificados recuo da linha de costa apresentaram taxas de até 0,49 metros por ano, que atingiu este máximo, na região de Jauá, transecto 800 (Tabela 11).

O trecho costeiro em frente a Interlagos apresentou  $R^2$  próximos de 1, o que indica uma continuidade do avanço da linha de costa neste trecho. Nos demais trechos, o  $R^2$  apresentou valores variáveis entre 0,01 e 0,98, sendo que em Jauá, transecto 800, o  $R^2$  atingiu 0,75, e, portanto, sugere que a erosão ocorre de forma contínua neste segmento (Tabela 11).

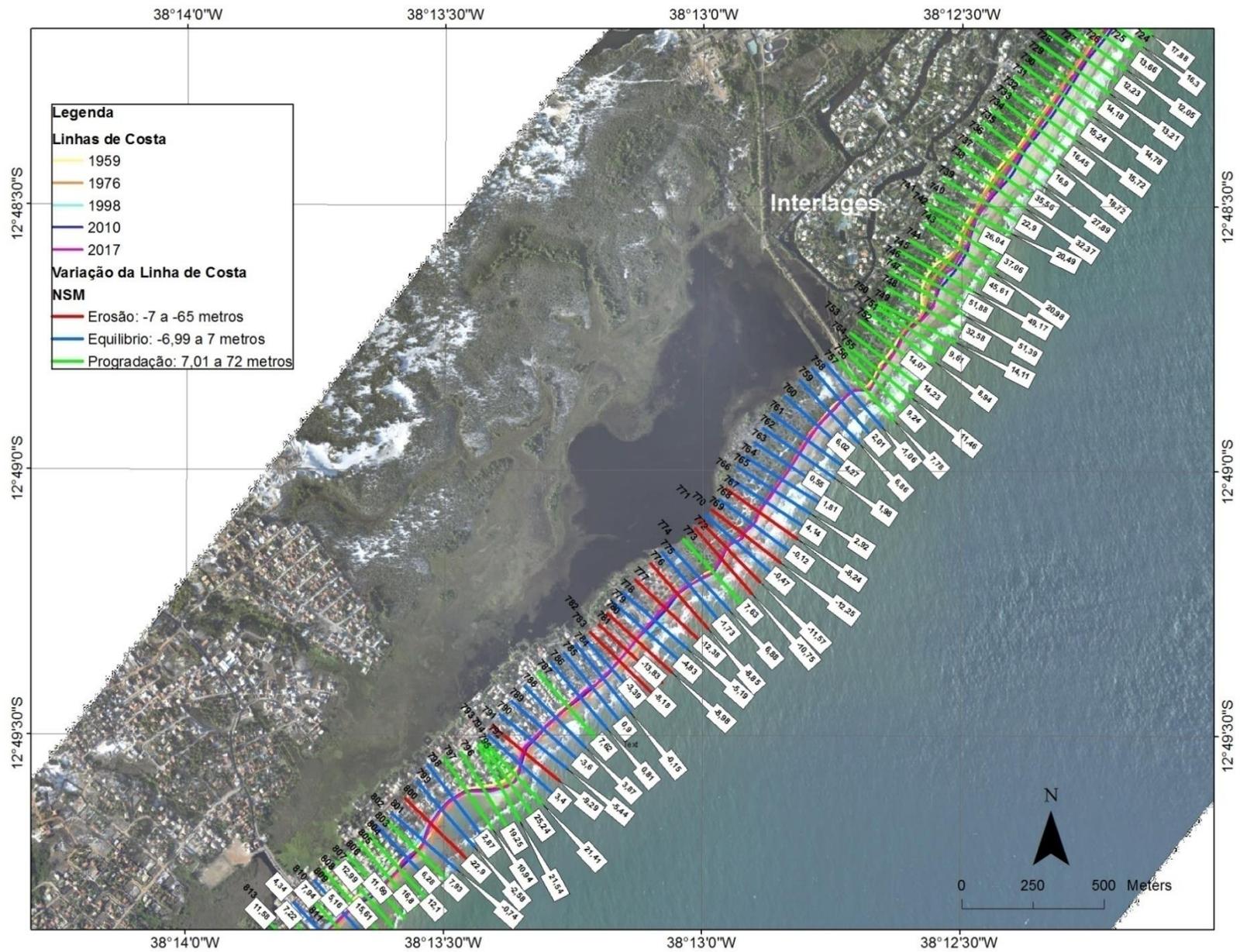


Figura 35: Comportamento da linha de costa entre Interlagos e Jauá.

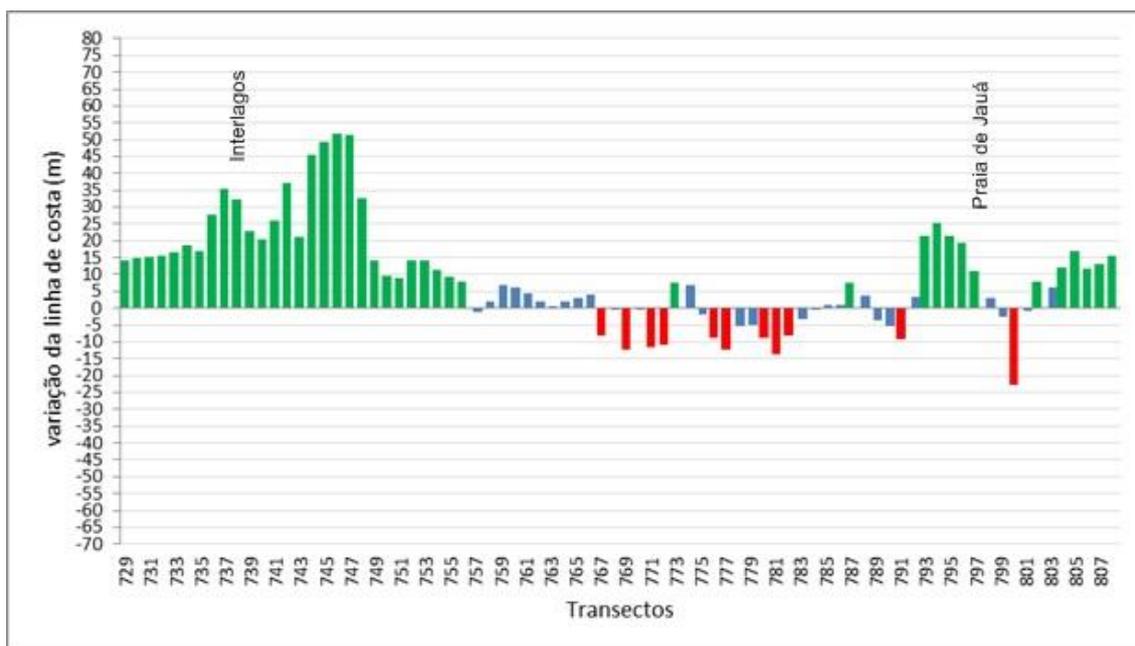


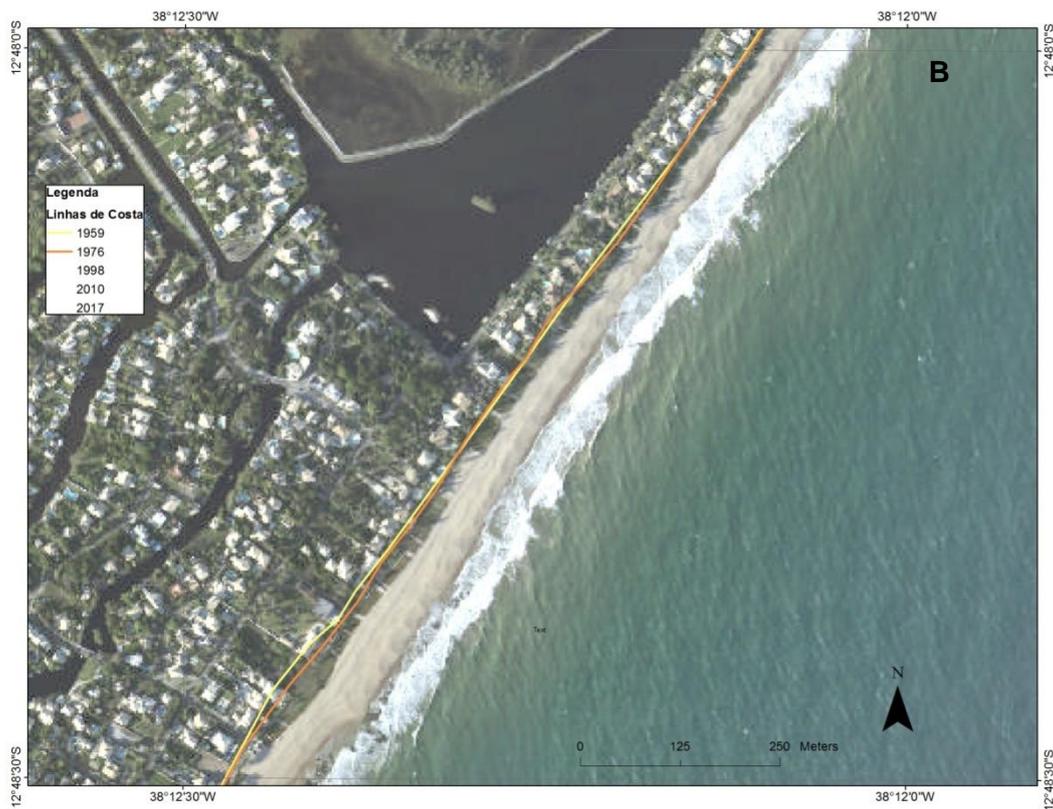
Figura 36: Variação da linha de costa entre 1959 e 2017, entre Interlagos e Jauá; vermelho representa erosão; verde progradação e azul situação de equilíbrio.

Tabela 11: Variação da posição da linha de costa em metros (NSM), taxa de variação de ponto final (EPR), taxa de regressão linear (LRR) e o coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) para as linhas de costa de 1959 a 2017 entre Interlagos e Jauá.

Transecto	NSM (m)	EPR (m/ano)	LRR (m/ano)	LR2
729	14.18	0.24	0.42	0.66
730	14.78	0.25	0.43	0.65
731	15.24	0.26	0.44	0.62
732	15.72	0.27	0.45	0.62
733	16.45	0.28	0.46	0.63
734	18.72	0.32	0.45	0.66
735	16.9	0.29	0.42	0.63
736	27.89	0.48	0.65	0.71
737	35.56	0.61	0.79	0.81
738	32.37	0.56	0.69	0.87
739	22.9	0.39	0.5	0.85
740	20.49	0.35	0.41	0.76
741	26.04	0.45	0.54	0.81
742	37.06	0.64	0.71	0.89
743	20.98	0.36	0.55	0.74
744	45.61	0.79	0.93	0.87
745	49.17	0.85	1.01	0.82
746	51.88	0.89	1.01	0.91
747	51.39	0.89	0.97	0.92
748	32.58	0.56	0.56	0.91
749	14.11	0.24	0.24	0.75
750	9.61	0.17	0.2	0.7
751	8.94	0.15	0.18	0.63
752	14.07	0.24	0.19	0.77
753	14.23	0.25	0.22	0.79
754	11.46	0.2	0.2	0.63
755	9.24	0.16	0.14	0.43
756	7.78	0.13	0.15	0.44
757	-1.06	-0.02	-0.08	0.1
758	2.01	0.03	0.04	0.07
759	6.86	0.12	0.12	0.64
760	6.02	0.1	0.11	0.98
761	4.27	0.07	0.11	0.67
762	1.98	0.03	0.07	0.34
763	0.55	0.01	0.03	0.08
764	1.81	0.03	0.04	0.24
765	2.92	0.05	0.06	0.76
766	4.14	0.07	0.06	0.95
767	-8.24	-0.14	-0.14	0.71
768	-0.12	0	0.01	0.01
769	-12.25	-0.21	-0.18	0.67
770	-0.47	-0.01	0.01	0
771	-11.57	-0.2	-0.22	0.76
772	-10.75	-0.19	-0.21	0.58
773	7.63	0.13	0.12	0.43
774	6.88	0.12	0.14	0.38
775	-1.73	-0.03	-0.03	0.09
776	-8.85	-0.15	-0.21	0.41
777	-12.38	-0.21	-0.19	0.31
778	-5.19	-0.09	-0.09	0.06
779	-4.83	-0.08	-0.13	0.12
780	-8.98	-0.15	-0.26	0.35
781	-13.83	-0.24	-0.31	0.67
782	-8.18	-0.14	-0.23	0.46
783	-3.39	-0.06	-0.14	0.24
784	-0.15	0	-0.09	0.1
785	0.9	0.02	-0.05	0.04
786	0.81	0.01	-0.05	0.02
787	7.62	0.13	0.02	0.01
788	3.87	0.07	-0.07	0.03
789	-3.6	-0.06	-0.14	0.21
790	-5.44	-0.09	-0.13	0.27
791	-9.29	-0.16	-0.19	0.28
792	3.4	0.06	0.03	0.03
793	21.41	0.37	0.36	0.92
794	25.24	0.44	0.41	0.85
795	21.54	0.37	0.38	0.71
796	19.25	0.33	0.31	0.54
797	10.94	0.19	0.13	0.29
798	2.87	0.05	-0.03	0.03
799	-2.58	-0.04	-0.2	0.28
800	-22.9	-0.39	-0.49	0.75
801	-0.74	-0.01	-0.21	0.13
802	7.93	0.14	0.03	0
803	6.28	0.11	0.08	0.07
804	12.1	0.21	0.13	0.14
805	16.8	0.29	0.16	0.17
806	11.69	0.2	0.11	0.06
807	12.99	0.22	0.16	0.12
808	15.61	0.27	0.17	0.2



A



B

**Figura 37: Trecho entre Interlagos e Jauá. A – fotografia aérea mostrando o enrocamento na altura do transecto 800 (ver Figura 35 Erro! Fonte de referência não encontrada.). B – Fotografia aérea obtida em 2010 mostrando o crescimento da vegetação a partir da linha de costa de 1959 e 1976 de cor amarelo e laranja respectivamente.**

### 7.1.11 Região de Jauá

Na análise com comportamento da linha de costa gerada no DSAS para os últimos 58 anos na região de Jauá foi identificado um trecho em situação de equilíbrio como pequenos segmentos com progradação da linha de costa no trecho costeiro onde encontra-se instalada a vila de Jauá, transectos 809 a 827, todavia o avanço registrado foi próximo à margem de erro utilizada neste trabalho (+/- 7 metros), com exceção dos transectos 823 a 825, que tiveram avanço de 28,14, 17,3 e 16,61 metros, respectivamente. Foi possível identificar também erosão da linha de costa no segmento subsequente, transectos 828 a 884, onde o recuo atingiu 22,09 metros. Neste trecho existem também segmentos em situação de equilíbrio (transectos 830 a 834, transectos 840 a 843, transectos 846 a 850 e transecto 878) (Figura 38e Figura 39). Na região de Jauá, a ocorrência de arenito paralelo à linha de costa pode ser identificado nas fotografias aéreas.

Os resultados mostraram que o avanço da linha de costa em Jauá ocorreu com taxa de até 0,31 metros por ano. A erosão identificada neste trecho do Litoral Norte da Bahia alcançou taxa de 0,4 metros por ano (Tabela 12).

Na região de Jauá, os  $R^2$  que mais se aproximaram de 1 estiveram associados com os trechos onde foi identificado recuo da linha de costa, deste forma, é sugerido que este processo continue atuando no local. Nos demais trechos, os  $R^2$  se mantiveram abaixo de 0,5, o que indica descontinuidade de tais processos (Tabela 12).

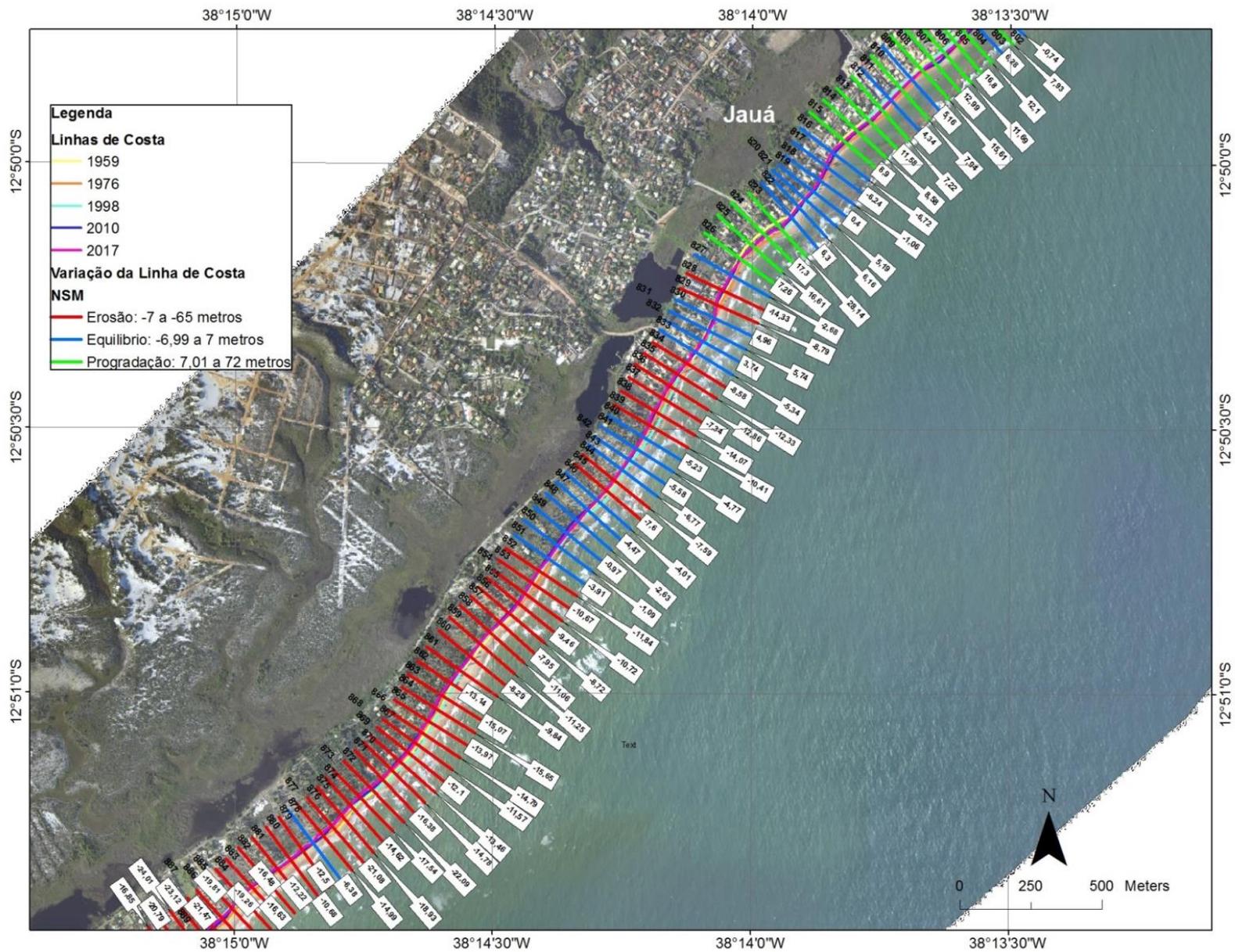


Figura 38: Comportamento da linha de costa na região de Jauá

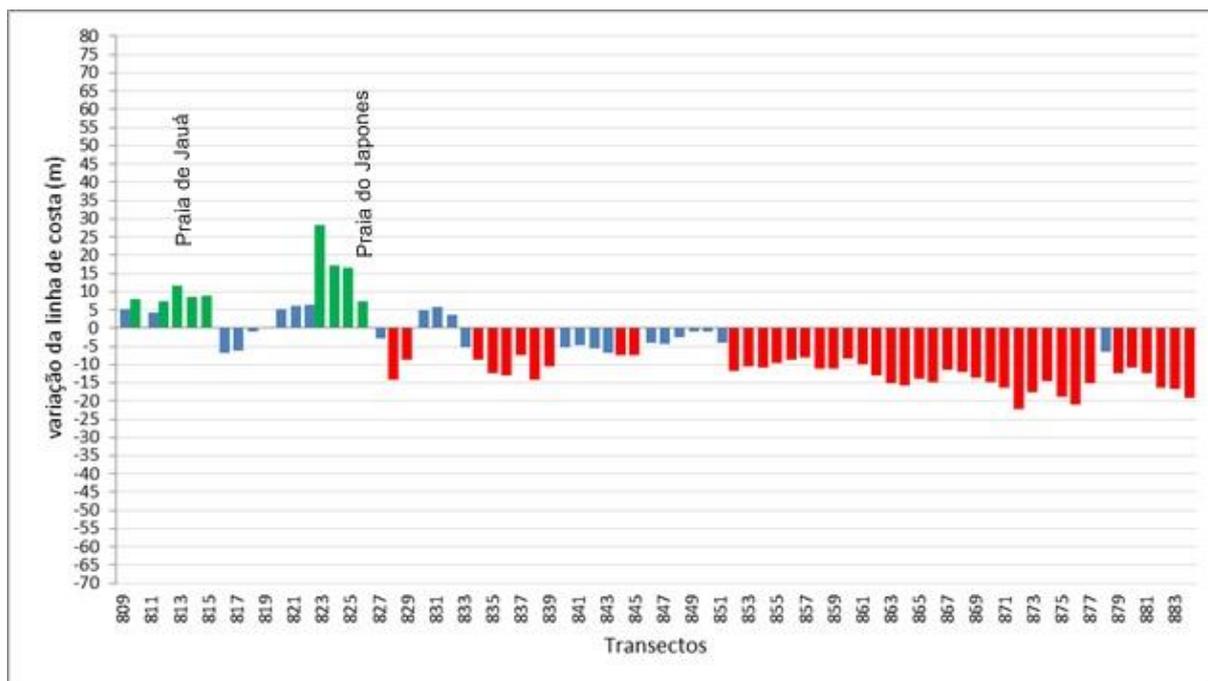


Figura 39: Variação da linha de costa entre 1959 e 2017, na região de Jauá; vermelho representa erosão; verde progradação e azul situação de equilíbrio.

Tabela 12: Variação da posição da linha de costa em metros (NSM), taxa de variação de ponto final (EPR), taxa de regressão linear (LRR) e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para as linhas de costa de 1959 a 2017 na região de Jauá.

Transecto	NSM (m)	EPR (m/ano)	LRR (m/ano)	LF										
809	5.16	0.09	0	0	834	-8.58	-0.15	-0.21	0	861	-9.84	-0.17	-0.12	0
810	7.94	0.14	0.02	0	835	-12.33	-0.21	-0.21	0	862	-13.14	-0.23	-0.16	0
811	4.34	0.07	-0.05	0	836	-12.86	-0.22	-0.18	0	863	-15.07	-0.26	-0.21	0
812	7.22	0.12	-0.04	0	837	-7.34	-0.13	-0.13	0	864	-15.65	-0.27	-0.21	0
813	11.58	0.2	0.09	0	838	-14.07	-0.24	-0.2	0	865	-13.97	-0.24	-0.19	0
814	8.58	0.15	0.04	0	839	-10.41	-0.18	-0.13	0	866	-14.79	-0.25	-0.2	0
815	8.9	0.15	0.08	0	840	-5.23	-0.09	-0.07	0	867	-11.57	-0.2	-0.17	0
816	-6.72	-0.12	-0.12	0	841	-4.77	-0.08	-0.04	0	868	-12.1	-0.21	-0.16	0
817	-6.24	-0.11	-0.15	0	842	-5.58	-0.1	-0.05	0	869	-13.46	-0.23	-0.19	0
818	-1.06	-0.02	-0.05	0	843	-6.77	-0.12	-0.08	0	870	-14.78	-0.25	-0.19	0
819	0.4	0.01	0.01	0	844	-7.59	-0.13	-0.09	0	871	-16.38	-0.28	-0.21	0
820	5.19	0.09	0.06	0	845	-7.6	-0.13	-0.05	0	872	-22.09	-0.38	-0.28	0
821	6.16	0.11	0.1	0	846	-4.01	-0.07	0	873	-17.54	-0.3	-0.25	0	
822	6.3	0.11	0.08	0	847	-4.47	-0.08	-0.04	0	874	-14.62	-0.25	-0.27	0
823	28.14	0.49	0.31	0	848	-2.63	-0.05	-0.12	0	875	-18.93	-0.33	-0.38	0
824	17.3	0.3	0.11	0	849	-0.97	-0.02	-0.1	0	876	-21.08	-0.36	-0.4	0
825	16.61	0.29	0.17	0	850	-1.09	-0.02	-0.11	0	877	-14.99	-0.26	-0.22	0
826	7.26	0.13	0.03	0	851	-3.91	-0.07	-0.16	0	878	-6.38	-0.11	-0.12	0
827	-2.68	-0.05	-0.13	0	852	-11.84	-0.2	-0.26	0	879	-12.5	-0.22	-0.2	0
828	-14.33	-0.25	-0.3	0	853	-10.67	-0.18	-0.24	0	880	-10.68	-0.18	-0.21	0
829	-8.79	-0.15	-0.21	0	854	-10.72	-0.18	-0.23	0	881	-12.22	-0.21	-0.23	0
830	4.96	0.09	0.02	0	855	-9.46	-0.16	-0.21	0	882	-16.48	-0.28	-0.28	0
831	5.74	0.1	0.08	0	856	-8.72	-0.15	-0.14	0	883	-16.63	-0.29	-0.34	0
832	3.74	0.06	0.09	0	857	-7.95	-0.14	-0.11	0	884	-19.26	-0.33	-0.4	0
833	-5.34	-0.09	0.01	0	858	-11.06	-0.19	-0.17	0					
					859	-11.25	-0.19	-0.17	0					
					860	-8.29	-0.14	-0.14	0					

### 7.1.12 Trecho entre Jauá e Busca Vida

Na análise do comportamento da linha de costa para os últimos 58 anos no trecho entre Jauá e Busca Vida foi possível identificar trechos em erosão (transectos 885 a 889, transectos 947 a 949 e transectos 955 a 957), onde o recuo variou entre 12,09 a 61,32 metros. Este recuo máximo ocorreu na desembocadura do Rio Joanes, transecto 946 (Figura 40 e Figura 41). Foi identificado também um trecho que está em situação de equilíbrio (transectos 895 a 911). O trecho subsequente apresenta progradação da linha de costa com alguns segmentos em situação de equilíbrio (transectos 914, 934, 936, 938, 939, 943 e 944) (Figura 40 e Figura 41). Este avanço da linha de costa atingiu 23,28 metros (transecto 928). Neste local a vegetação se desenvolveu em cima do terraço arenoso desde o registro das linhas de costa de 1959 e 1976, e este é um indício de que a progradação da linha de costa de fato está ocorrendo neste local (Figura 42).

Os resultados mostraram que a erosão identificada neste trecho costeiro entre Jauá e Busca Vida ocorreu com uma taxa que variou entre 0,1 a -1,46 metros por ano, sendo que as maiores taxas de erosão estão associadas ao local de desembocadura do Rio Joanes. O trecho que foi identificado sob progradação da linha de costa mostrou taxa de até 0,55 metros por ano (Tabela 13).

Neste trecho costeiro entre Jauá e Busca Vida, onde foi identificada erosão, os  $R^2$  se aproximaram de 1, sugerindo continuidade do processo erosivo nestas localidades, exceto para os transectos 947 e 949. O trecho onde foi identificado progradação da linha de costa tiveram  $R^2$  também próximos a 1, o que indica continuidade de tal processo. Aqueles segmentos que apresentaram situação de equilíbrio, neste trecho, apresentaram  $R^2$  mais próximo de 0 e, desta forma, não se pode afirmar a continuidade desta situação (Tabela 13).

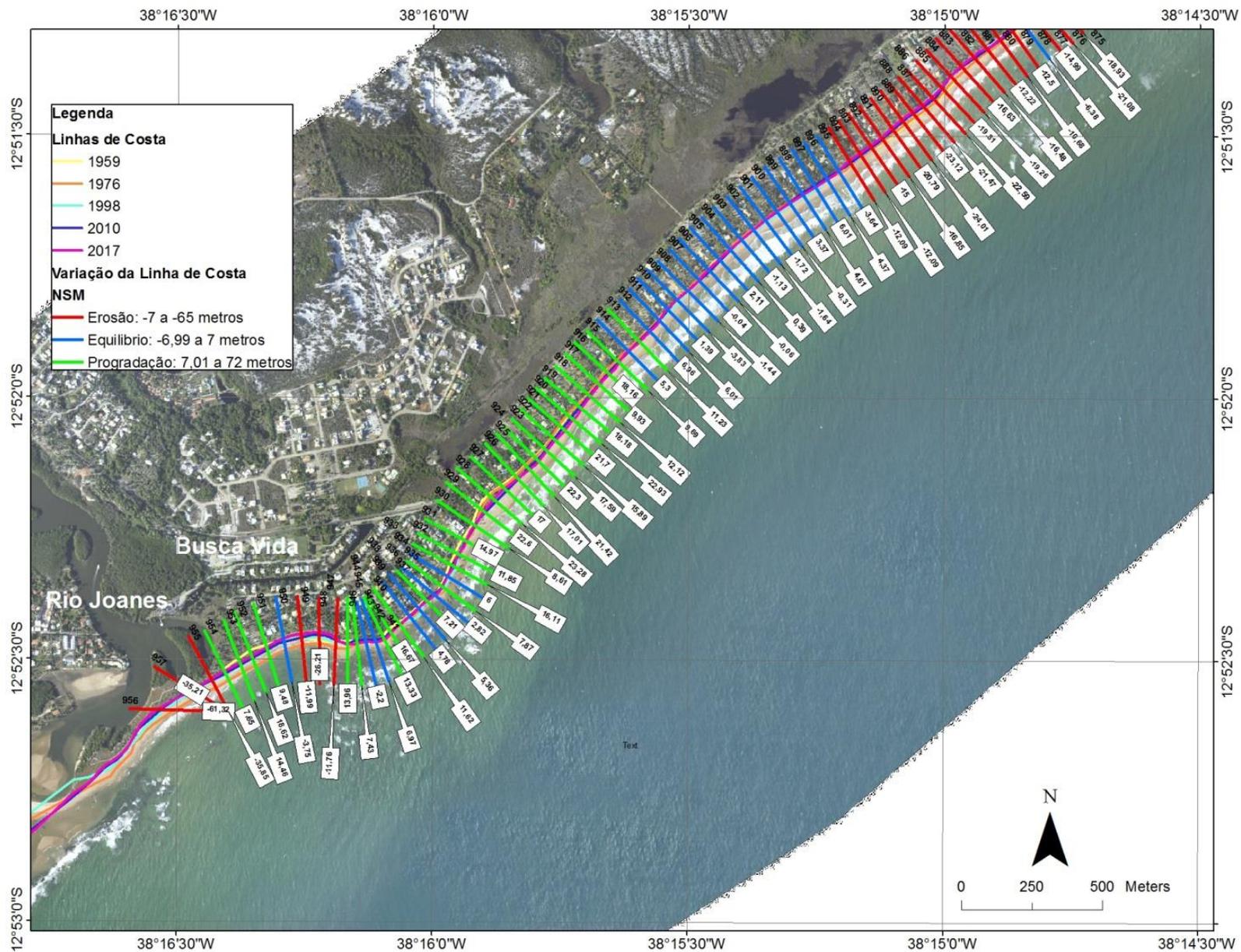


Figura 40: Comportamento da linha de costa no trecho entre Jauá e Busca Vida

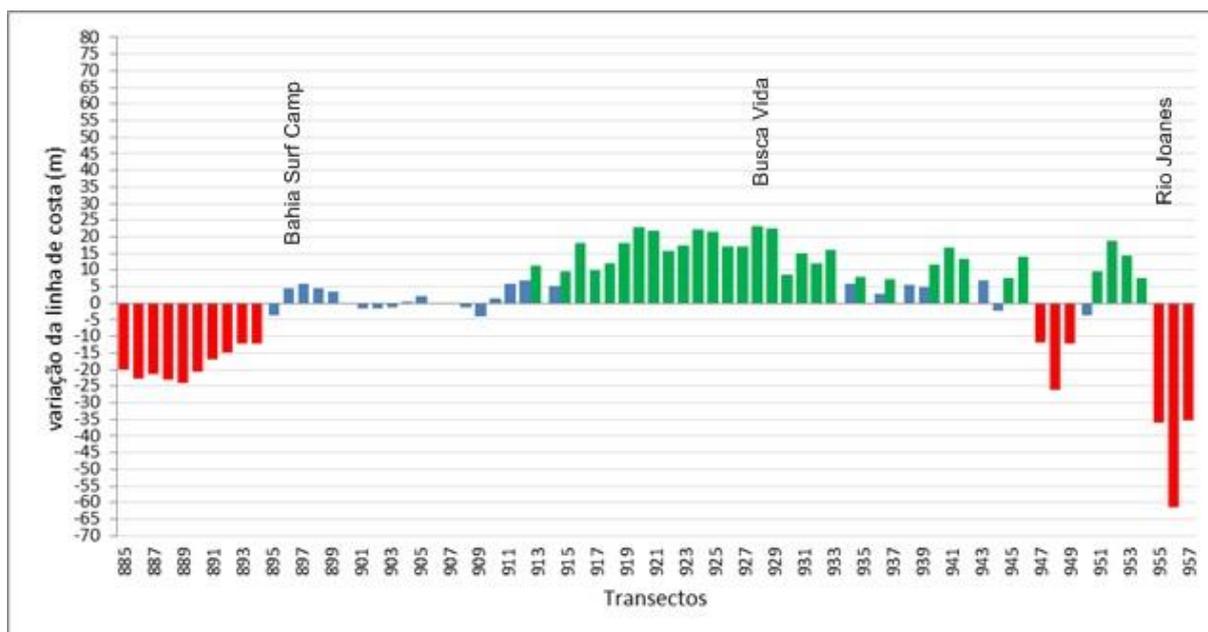


Figura 41: Variação da linha de costa entre 1959 e 2017, no trecho entre Jauá e Busca Vida; vermelho representa erosão; verde progradação e azul situação de equilíbrio.

Tabela 13: Variação da posição da linha de costa em metros (NSM), taxa de variação de ponto final (EPR), taxa de regressão linear (LRR) e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para as linhas de costa de 1959 a 2017 no trecho entre Jauá e Busca Vida.

Transecto	NSM (m)	EPR (m/ano)	LRR (m/ano)	LR2
885	-19.81	-0.34	-0.36	0.8
886	-22.59	-0.39	-0.39	0.67
887	-21.47	-0.37	-0.38	0.78
888	-23.12	-0.4	-0.42	0.92
889	-24.01	-0.41	-0.42	0.96
890	-20.79	-0.36	-0.35	0.94
891	-16.85	-0.29	-0.27	0.91
892	-15	-0.26	-0.24	0.87
893	-12.09	-0.21	-0.18	0.66
894	-12.09	-0.21	-0.19	0.64
895	-3.64	-0.06	-0.1	0.54
896	4.37	0.08	0.05	0.13
897	6.01	0.1	0.08	0.13
898	4.61	0.08	0.08	0.12
899	3.37	0.06	0.08	0.25
900	-0.31	-0.01	0.04	0.06
901	-1.72	-0.03	0.01	0
902	-1.64	-0.03	0.02	0.02
903	-1.13	-0.02	0.03	0.06
904	0.39	0.01	0.05	0.17
905	2.11	0.04	0.09	0.41
906	-0.06	0	0.06	0.24
907	-0.04	0	0.05	0.22
908	-1.44	-0.02	0.02	0.02
909	-3.83	-0.07	-0.03	0.02
910	1.39	0.02	0.07	0.12
911	6.01	0.1	0.13	0.68
912	6.96	0.12	0.13	0.75
913	11.23	0.19	0.2	0.84
914	5.3	0.09	0.13	0.65
915	9.69	0.17	0.19	0.86
916	18.16	0.31	0.31	0.9
917	9.93	0.17	0.19	0.71

918	12.12	0.21	0.2	0.8
919	18.18	0.31	0.32	0.81
920	22.93	0.4	0.42	0.77
921	21.7	0.37	0.38	0.76
922	15.89	0.27	0.27	0.9
923	17.59	0.3	0.28	0.97
924	22.3	0.38	0.38	0.97
925	21.42	0.37	0.38	0.98
926	17.01	0.29	0.33	0.91
927	17	0.29	0.4	0.8
928	23.28	0.4	0.55	0.81
929	22.6	0.39	0.45	0.85
930	8.61	0.15	0.09	0.15
931	14.97	0.26	0.19	0.52
932	11.85	0.2	0.19	0.75
933	16.11	0.28	0.18	0.24
934	6	0.1	0.08	0.09
935	7.87	0.14	0.05	0.03
936	2.82	0.05	-0.03	0.03
937	7.21	0.12	0.08	0.26
938	5.36	0.09	0.08	0.08
939	4.78	0.08	0.07	0.05
940	11.62	0.2	0.14	0.37
941	16.67	0.29	0.19	0.36
942	13.33	0.23	0.11	0.17
943	6.97	0.12	0.04	0.07
944	-2.2	-0.04	-0.13	0.37
945	7.43	0.13	-0.01	0
946	13.96	0.24	0.09	0.05
947	-11.76	-0.2	-0.32	0.39
948	-26.21	-0.45	-0.53	0.72
949	-11.99	-0.21	-0.31	0.28
950	-3.75	-0.06	-0.2	0.1
951	9.48	0.16	-0.02	0
952	18.62	0.32	0.1	0.02
953	14.46	0.25	0.05	0
954	7.65	0.13	-0.05	0.01
955	-35.85	-0.87	-0.86	0.91
956	-61.32	-1.5	-1.46	0.99
957	-35.21	-0.86	-0.88	0.91

954	7.65	0.13	-0.05	0.01
955	-35.85	-0.87	-0.86	0.91
956	-61.32	-1.5	-1.46	0.99
957	-35.21	-0.86	-0.88	0.91



**Figura 42: Trecho entre Jauá e Busca Vida. A – fotografia aérea mostrando o crescimento da vegetação a partir da linha de costa de 1959 e 1976 de cor amarelo e laranja respectivamente, em Busca Vida, na altura do transecto 928 (ver Figura 40). B – praia na altura do transecto 898. C – Praia na altura do transecto 898.**

## 7.2 Levantamento planialtimétrico

As fotografias e os Modelos Digitais de Elevação (MDE) georreferenciados obtidos nos diferentes setores a partir do aerolevantamento com VANT, são mostradas na Figura 43 e na Figura 44. Nos perfis topográficos transversais à linha de costa (Figura 45, Figura 46 e Figura 47), representativos de cada setor, foram demarcadas as principais feições da área de estudo: terraços pleistocênicos e holocênicos, dunas, e feições praias como berma, banco de recife de coral e arenito de praia. Deste modo as altitudes das feições morfológicas podem ser comparadas entre si.

A extensão dos perfis variou entre 750 metros (Figura 45 A) e aproximadamente 225 metros (Figura 46 A). Podem ser observados alguns picos na topografia que não são representativos do relevo e sim da vegetação existente, e então, não foram considerados na análise e descrição dos resultados. Assim, a cota máxima verificada entre os perfis foi de 10,4 metros, localizada no terraço pleistocênico em Busca Vida (Figura 47B). A cota máxima do terraço holocênico foi de 7,7 metros em Jacuípe Norte (Figura 46A). De modo geral as dunas são bem desenvolvidas, exceto em Praia do Forte.

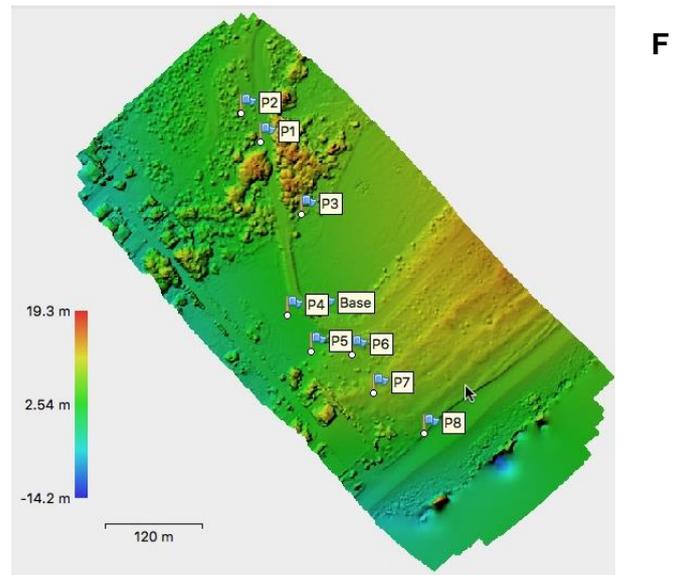
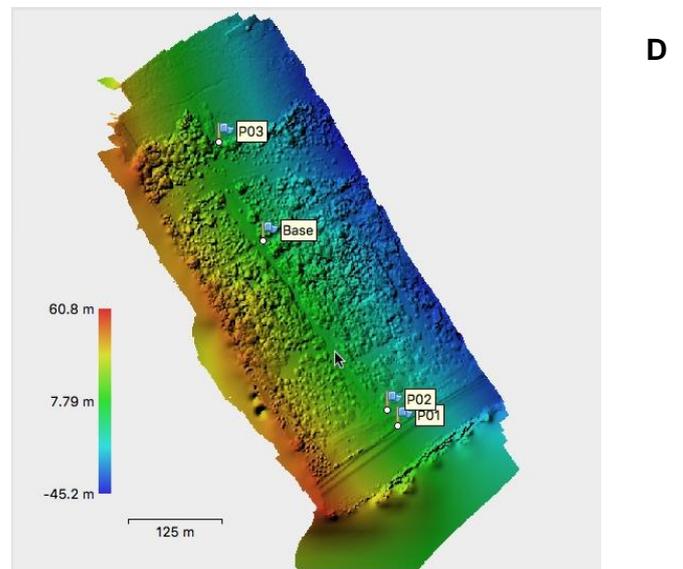
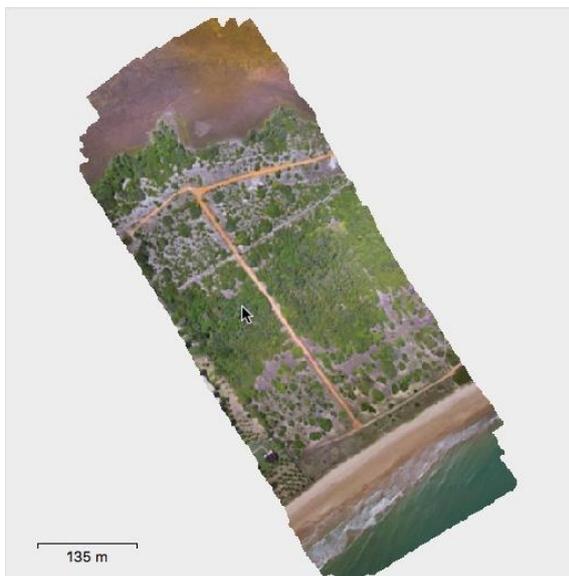
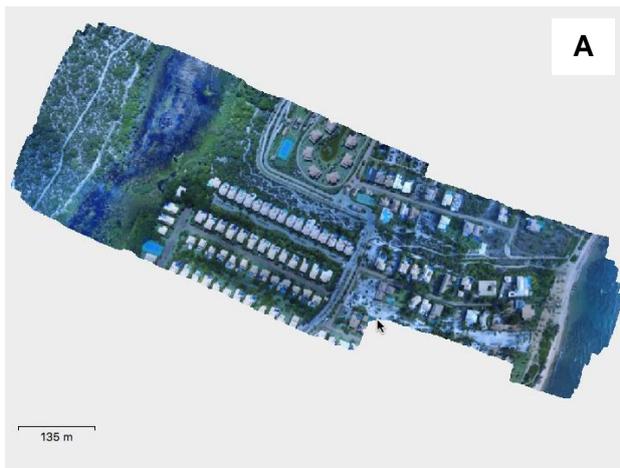
A determinação de altitudes/elevação ortométricas com alta precisão pelo posicionamento GPS forneceu a localização geográfica exata das feições geomorfológicas presentes na área (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Na praia, a berma de Jacuípe Norte tem 3,87 metros de altitude enquanto a berma da Busca Vida 3,08 metros de altitude. O arenito de praia encontrado na face de praia de Jacuípe Sul está em uma altitude de 2,45 metros. O arenito de praia de Arembepe tem altitude de 0,97 metros. O recife de coral da Praia do Forte apresentou 0,065 metros de altitude (Figura 48 A e **Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

As dunas das localidades estudadas apresentaram altitudes variadas, sendo que a duna mais baixa foi encontrada em Itacimirim com cota de 4,36 metros, e a mais alta, em Jacuípe Norte com cota de 8,37 metros (Figura 48 B e **Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

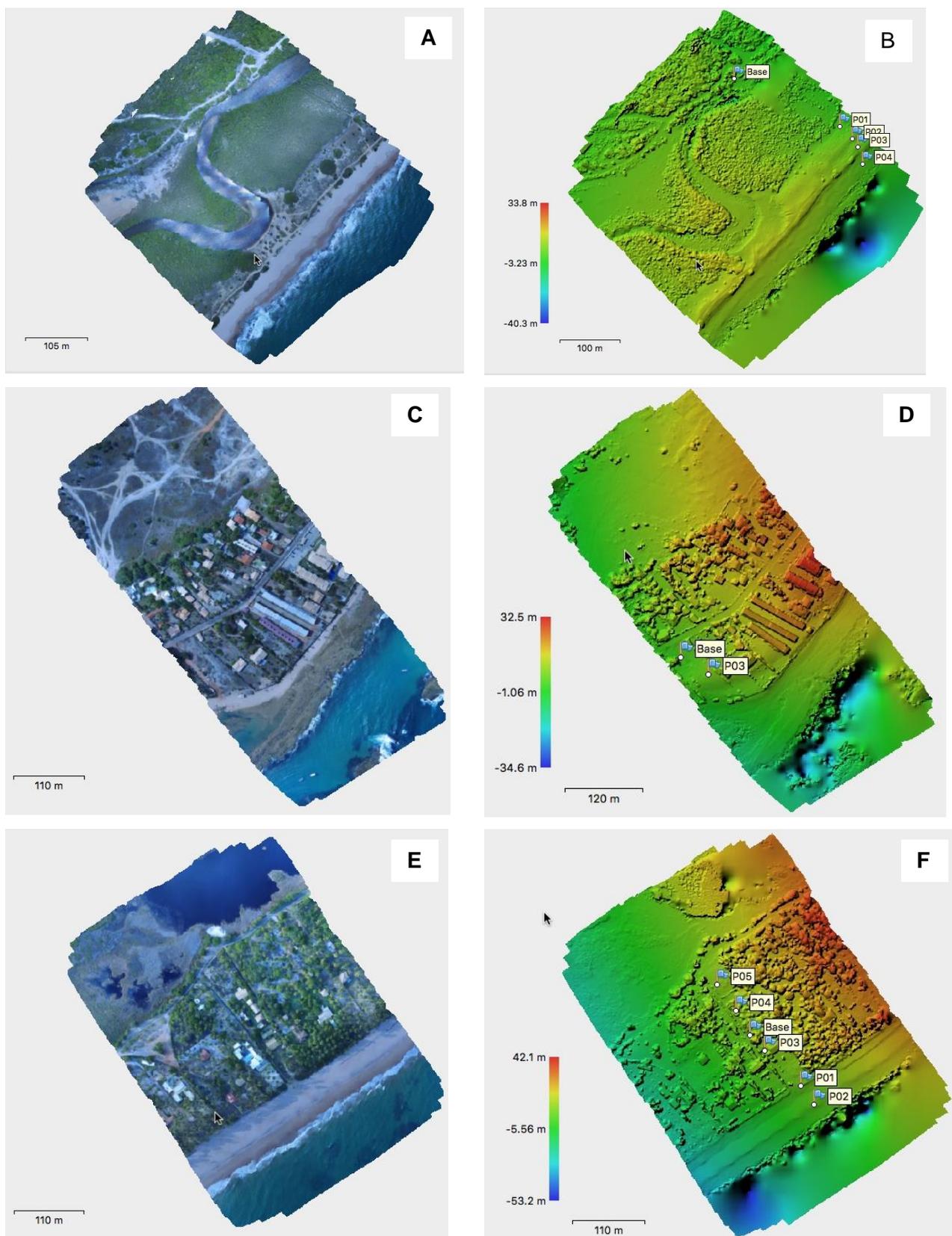
Os terraços holocênicos nas diferentes localidades não apresentaram diferença de altitude marcante. Entre Jacuípe Norte e Busca Vida apresentaram valores de 6,85 e 6,56, respectivamente. Todavia, Itacimirim teve o terraço holocênico mais baixo em termos de altimetria apresentando 5,46 metros de altitude (Figura 48 C e **Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

O depósito identificado como sendo terraço pleistocênico nas diferentes localidades tiveram altitudes que variaram entre 2,85 a 8,03 sendo a menor altitude encontrada em Arembepe e a mais elevada altitude foi encontrada em Busca Vida (Figura 48 D e **Erro! Fonte de referência não encontrada.**). De modo geral, em Busca Vida foram encontradas as maiores altitudes em todas as medições para este ambiente, e em Arembepe e Jacuípe Sul foram identificados as menores altitudes. Em Praia do Forte, a altimetria do terraço pleistocênico variou entre 5,52 e 7,11 metros. A diferença de altimetria obtida na medição dentro do mesmo terraço para a mesma localidade é devido aos diferentes pontos de medição ao longo do perfil perpendicular à linha de costa.

A margem da zona úmida apresentou altimetrias bastante variadas entre si. Em Praia do Forte, por exemplo, a altitude para este ambiente foi de 7,37 metros enquanto que em Jacuípe Sul, foi de 1,57 metros. Em Jacuípe Norte, onde as altitudes foram verificadas na margem oeste e leste da zona úmida e dentro da zona úmida, foram encontradas altitudes de 3,28, 2,95 e 1,89, respectivamente. A margem da zona úmida em Itacimirim teve altitude de 2,80 metros (Figura 48 A e **Erro! Fonte de referência não encontrada.**).



**Figura 43: Ortomosaico e Modelo Digital de Elevação de A e B – Praia do Forte. C e D – Itacimirim. E e F – Jacuípe Norte.**



**Figura 44: Ortomosaico e Modelo Digital de Elevação de A e B – Jacuípe Sul. C e D –Arembepe. E e F –Busca Vida.**

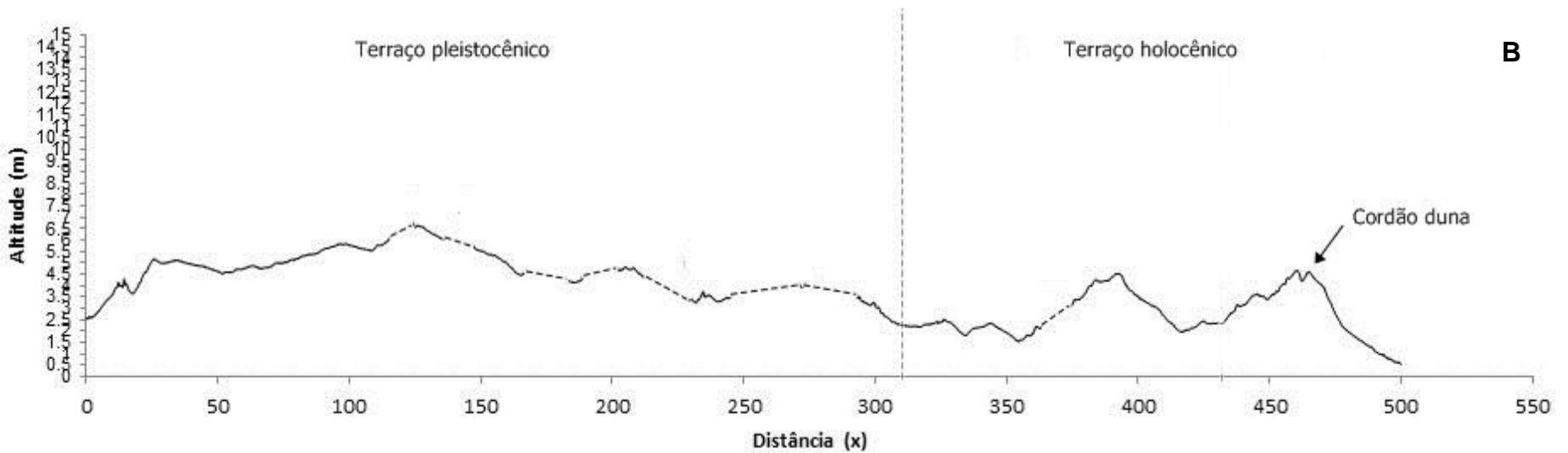
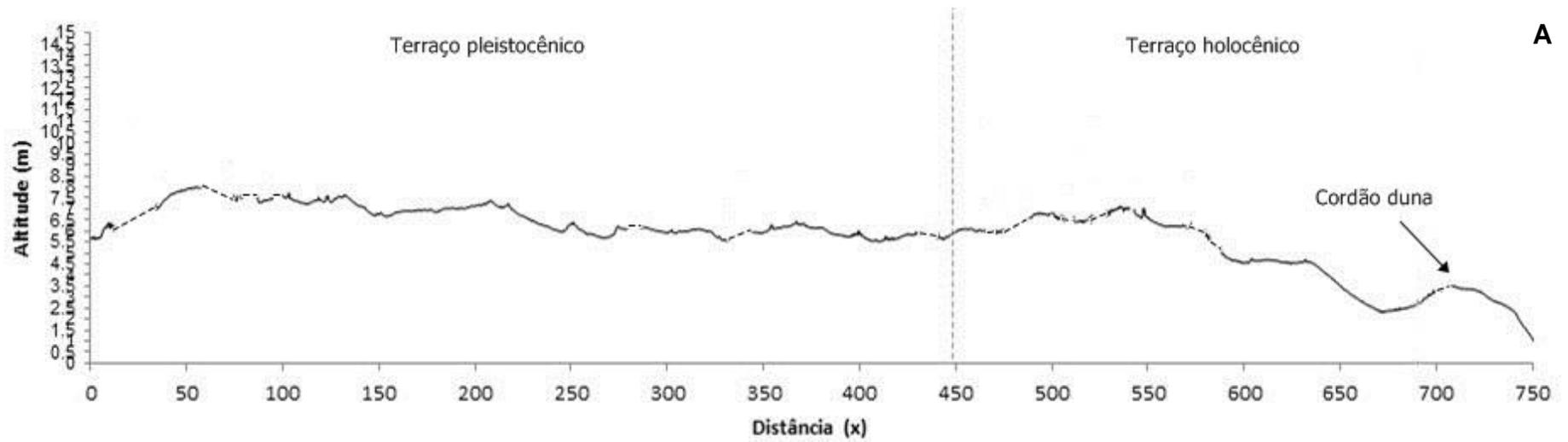
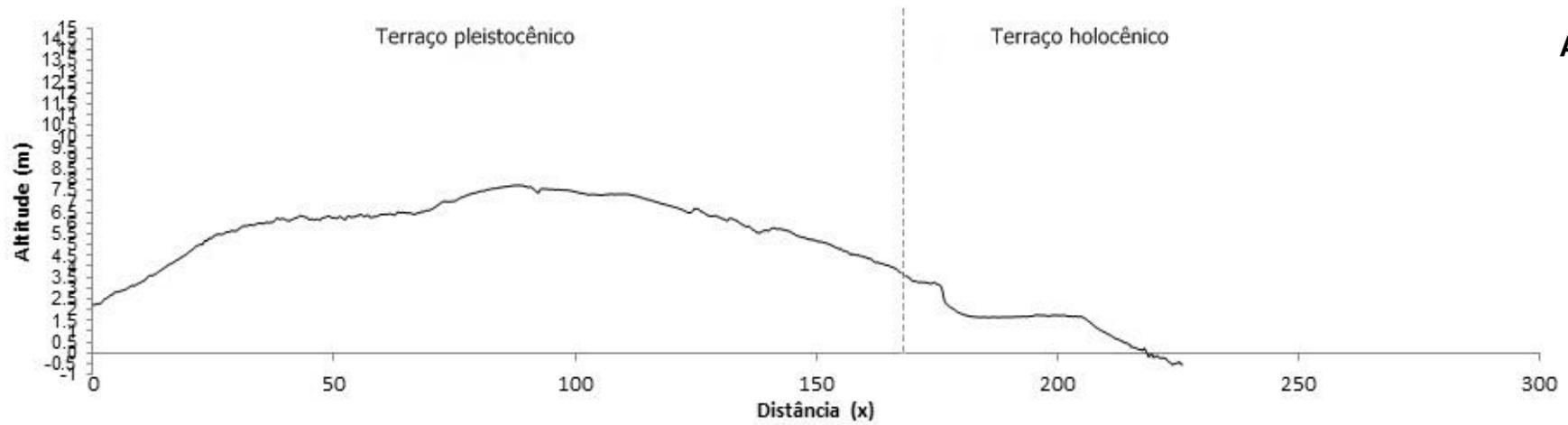
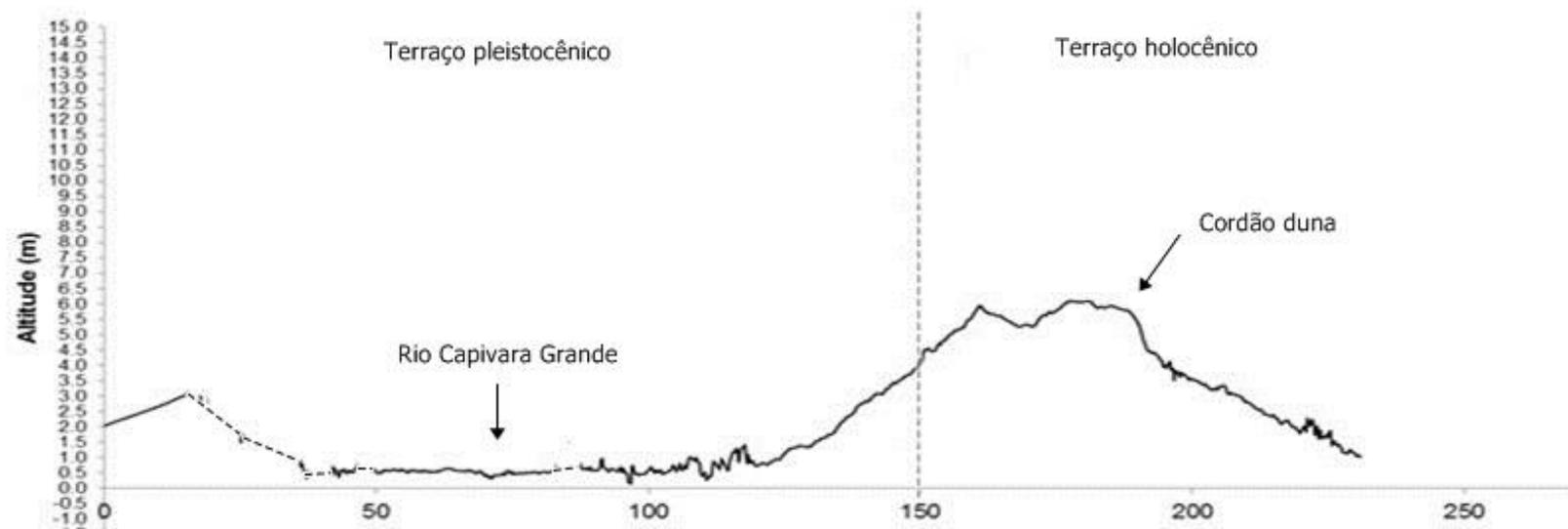


Figura 45: Perfil topográfico transversal: A - Praia do Forte. B- Itacimirim



**A**



**B**

Figura 46: Perfil topográfico transversal: A-Jacuípe Norte. B- Jacuípe Sul

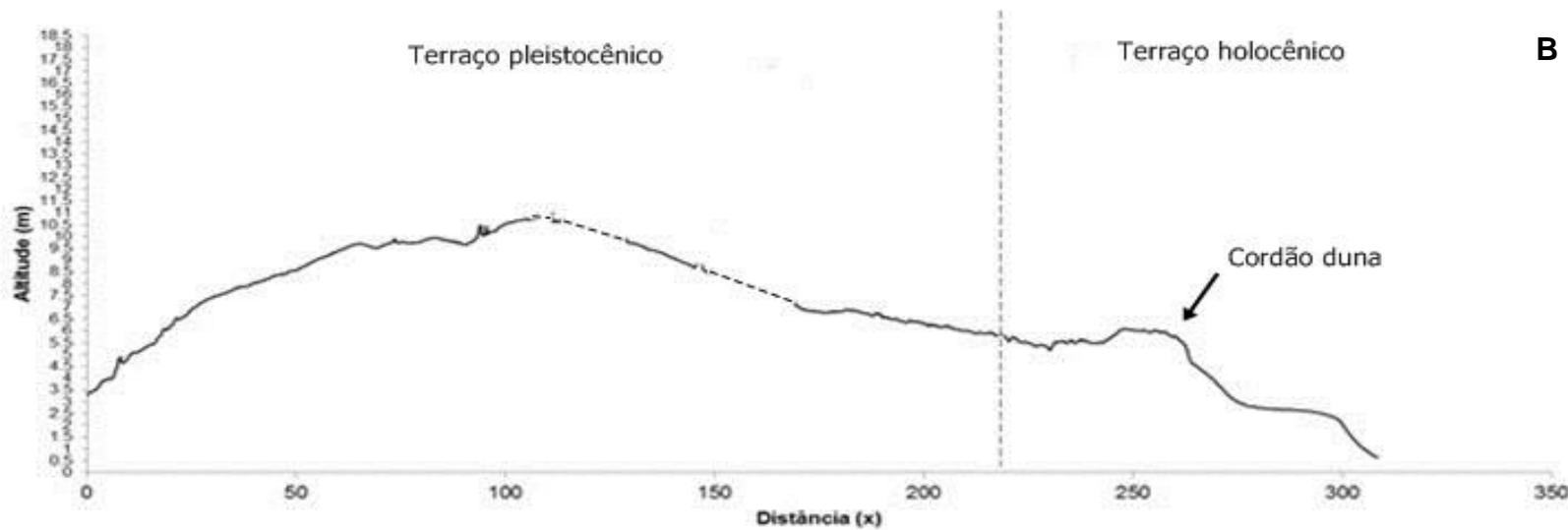
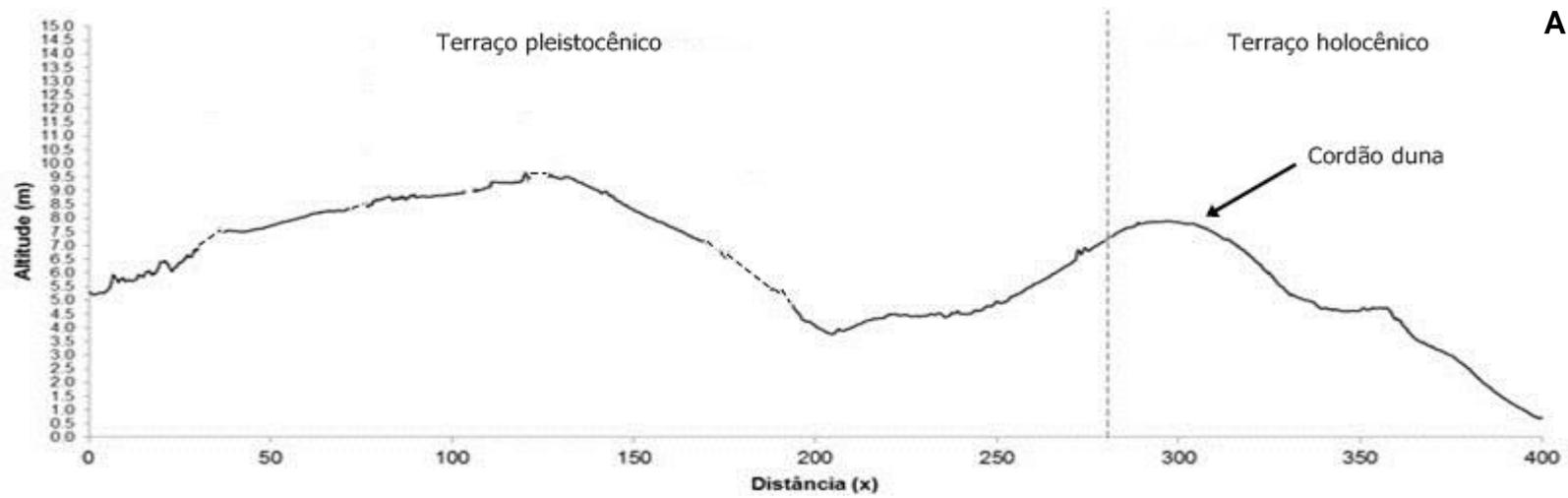
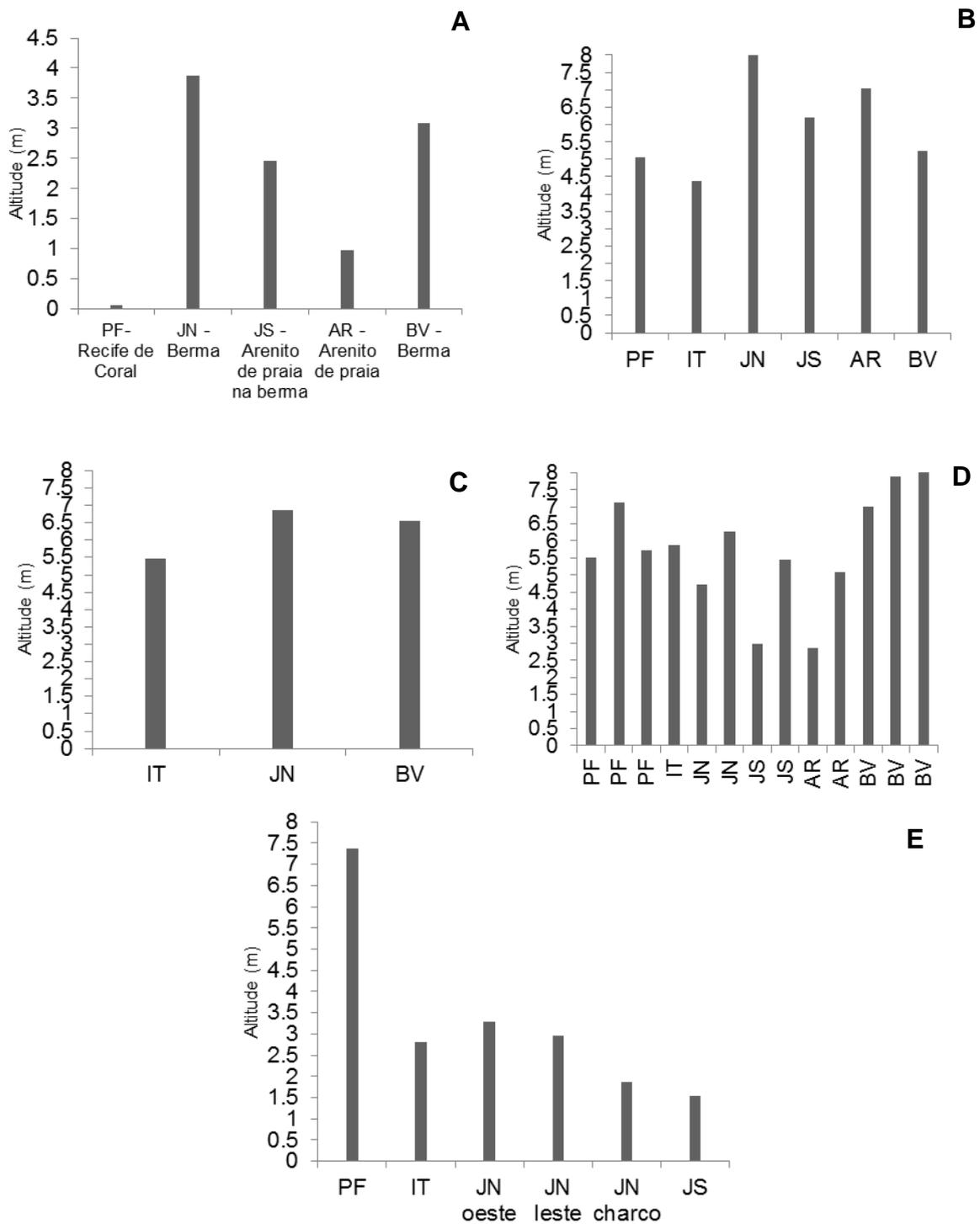


Figura 47: Perfil topográfico transversal: A - Arembepe. B- Busca Vida.

**Tabela 14: Elevação ortométrica do levantamento planialtimétrico com GPS geodésico para cada localidade e localização geográfica exata das feições geomorfológicas presentes na área.**

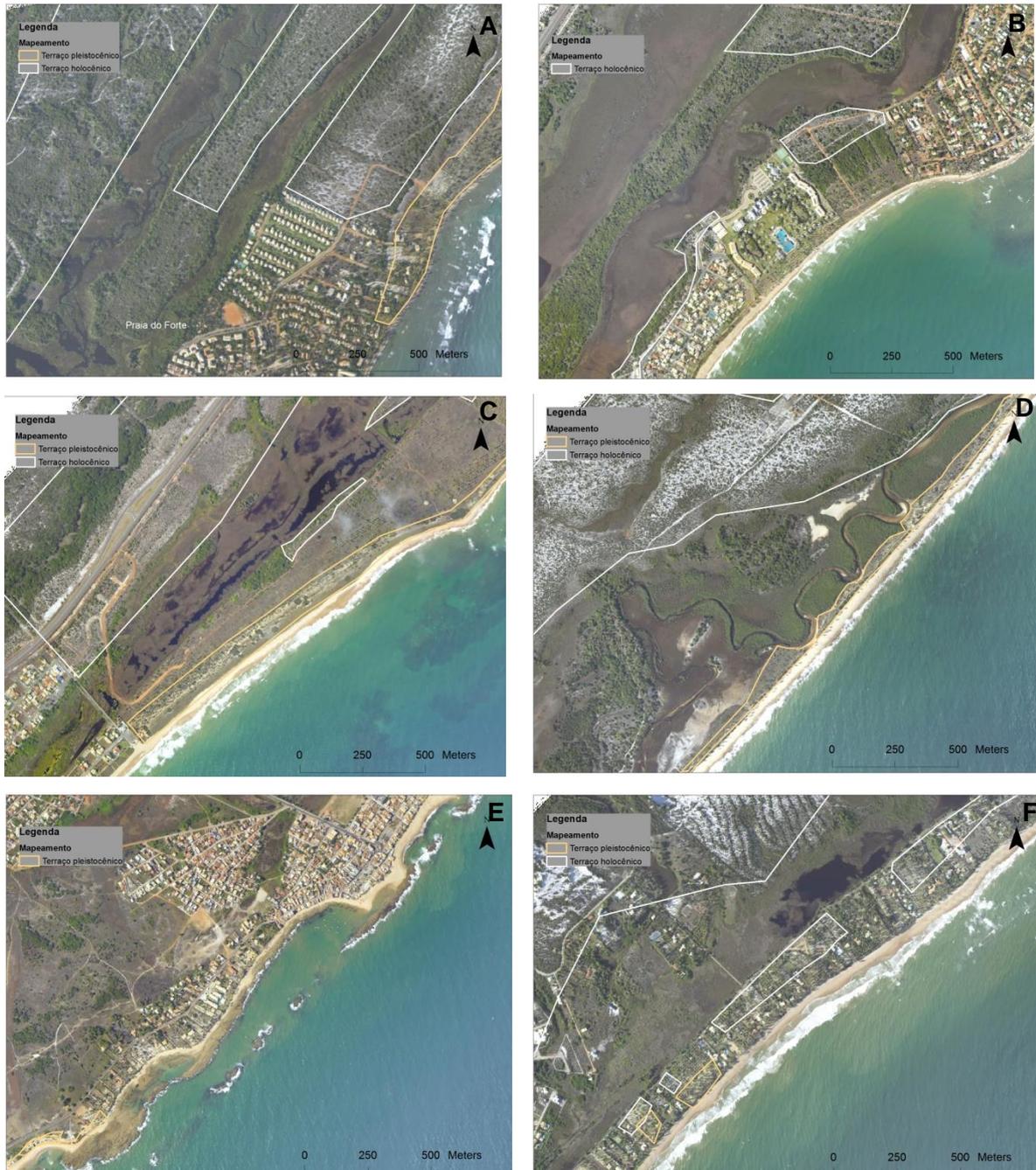
Localização	Nome - ponto	Malha Norte (m)	Malha Este (m)	Elevação Ortométrica
Praia do Forte	Base PF (Terraço pleistocênico)	8610147	608448,4	5,72
	P01 - Recife de Coral	8610085	608832,6	0,065
	P02 - Duna	8610098	608785,9	5,059
	P03 - Terraço pleistocênico	8610093	608670,5	5,524
	P04 - Terraço pleistocênico	8610102	608628,5	7,114
	P05 - Margem da zona úmida	8610299	608224	7,371
Itacimirim	Base Itacimirim (Terraço pleistocênico)	8602976	602584,4	5,87
	P01 - Duna	8602731	602758,4	4,366
	P02 - Terraço holocênico	8602753	602747,4	5,461
	P03 - Margem da zona úmida	8603106	602523,5	2,806
Jacuípe Norte	Base Jacuípe Norte	8597665	597330,6	5,39
	P01 - Terraço pleistocênico	8597875	597260,7	4,72
	P2 - Terraço pleistocênico	8597911	597236,7	6,279
	P3 - Margem da zona úmida (oeste)	8597789	597308,2	3,283
	P4 - Charco	8597663	597294,8	1,86
	P5 - Margem da zona úmida (leste)	8597617	597320,1	2,952
	P6 - Terraço holocênico/Terraço pleistocênico	8597614	597370,9	6,854
	P7 - Duna	8597567	597397,4	8,373
	P8 - Berma	8597519	597457,9	3,873
Jacuípe Sul	Base Jacuípe Sul (Terraço pleistocênico)	8593392	593679,6	2,99
	P01 - Margem da zona úmida/manguezal	8593314	593851,9	1,528
	P02 - Terraço pleistocênico	8593293	593869,3	5,446
	P03 - Duna	8593281	593881,5	6,201
	P04 - Arenito de praia na berma	8593252	593889	2,456
Arembepe	Base Arembepe (Terraço pleistocênico)	8587158	588589,4	2,85
	P01 - Arenito praia	8587410	588939,8	0,977
	P02 - Duna	8587131	588627,3	7,027
	P03 - Terraço pleistocênico	8587429	588925	5,098
Busca Vida	Base Busca Vida (Terraço holocênico)	8578305	580827,4	6,56
	P01 - Duna	8578228	580905,3	5,233
	P02 - Berma de praia	8578199	580924,3	3,084
	P03 - Terraço pleistocênico	8578281	580849,4	7,004
	P04 - Terraço pleistocênico	8578341	580806,5	7,887
	P05 - Terraço pleistocênico	8578379	580780	8,035



**Figura 48: Comparação das altitudes ortométricas obtidas para cada ambiente nas diferentes localidades. A – Feições da Praia. B – Duna. C – Terraço holocênico. D – Terraço pleistocênico. E – Margem da zona úmida. PF indica Praia do Forte, IT indica Itacimirim, JN indica Jacuípe Norte, JS indica Jacuípe Sul, AR indica Arembepe e BV indica Busca Vida.**

### 7.3 Distinção dos terraços holocênicos e pleistocênicos

O mapeamento dos terraços holocênicos e pleistocênicos por critério de coloração do sedimento identificado em fotografias aéreas é mostrado na Figura 49. Em Arembepe a distinção dos terraços foi feita baseada em reconhecimentos em campo visto que não foi possível por fotografia aérea em função da urbanização (Figura 49 E).



**Figura 49: Distinção dos terraços holocênicos e pleistocênicos por critério de coloração do sedimento. Linha branca indica terraço pleistocênico e linha amarela indica terraço holocênico. A - Praia do Forte. B – Itacimirim. C – Jacuípe Norte. D – Jacuípe Sul. E – Arembepe. F – Busca Vida.**

## 8 DISCUSSÃO

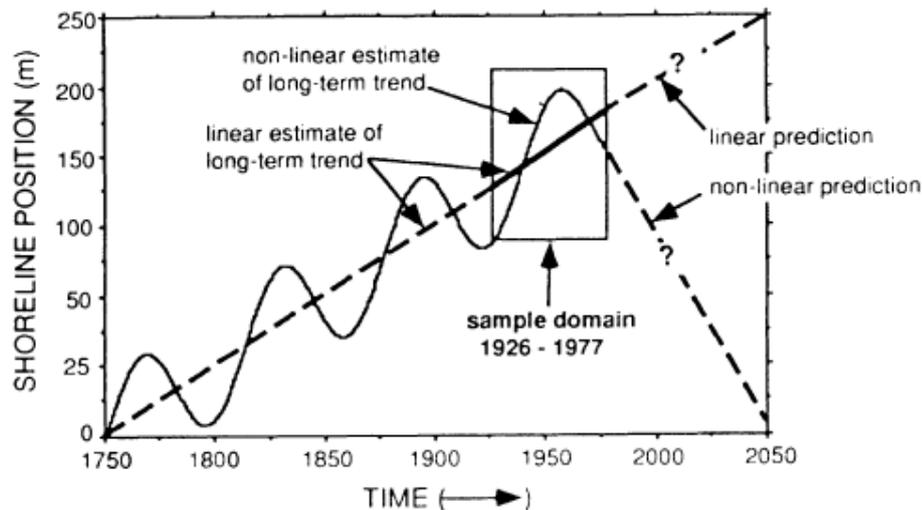
Segundo Cowell e Tom (1997), nas últimas décadas os estudos da morfodinâmica praial são, em sua maioria, voltados para escalas instantâneas e de eventos. No entanto, neste trabalho são abordadas outras duas escalas de tempo: uma escala geológica que está relacionada com o mapeamento dos terraços do Holoceno (0,01 milhões de anos) e do Pleistoceno (1,8 milhões de anos) e suas respectivas altimetrias, e outra que se refere às fotografias aéreas (série temporal histórica de 58 anos). Ainda, dentro dessas escalas ocorrem mudanças ao longo da costa em curtos períodos de tempo que são frequentemente cíclicas devido a eventos de escalas instantâneas e sazonais que não são registrados pelas fotografias aéreas.

Nos estudos de posição de linha de costa, uma estimativa da taxa de variação de longo prazo, baseada em um curto período de tempo, pode resultar em um valor errôneo. A questão fundamental é: o que é longo prazo e quanto tempo de registro é necessário para reduzir o efeito de flutuações de alta frequência ou episódicas (DOLAN et al., 1991)? Em um estudo de caso, Eliot e Clarke (1989) concluíram que um mínimo de 10 anos era necessário para delinear a verdadeira tendência de longo prazo, que está dentro da escala de engenharia definida por Cowell e Tom (1997). Contudo, tendências nesta escala não delineiam a evolução da região costeira, pois embora mudanças significativas na linha de costa estejam associadas a eventos episódicos, é a variação do nível do mar em longo prazo, que é responsável pela posição atual da linha de costa (NACIONAL RESEARCH COUNCIL, 1990b). Além das fontes de sedimento e controle estrutural da linha de costa.

Segundo Dolan et al. (1991) a separação da tendência real de longo prazo da variabilidade de curto prazo é um desafio visto que um dos problemas que os cientistas costeiros enfrentam é que, além de escassos, os dados da linha de costa (fotografias aéreas) são geralmente coletados por acaso e raramente são baseados em uma análise da variabilidade temporal de um sistema. O ideal seria obter fotografias aéreas quando ocorrem mudanças significativas para a tendência de longo prazo. Todavia, os locais costeiros com dados da costa desta qualidade são raros.

Os dados deste trabalho incluem um período de aproximadamente 60 anos de fotografias aéreas. Então dependendo da variação natural do sistema, esse intervalo de tempo pode ou não fornecer dados temporais adequados para descrever com precisão a tendência verdadeira de longo prazo. Dolan et al. (1991), com base em uma análise temporal da erosão e acreção da linha costeira que utilizou 60 anos de fotografias aéreas,

concluíram que os ajustes lineares são mais representativos das tendências em longos períodos de tempo (Figura 50). Como neste trabalho, o tempo considerado das fotografias aéreas foi aproximadamente o mesmo, então, o método LRR (linear) foi o mais indicado para estudar as tendências de longo prazo, ainda assim, dentro da escala de engenharia definido por Cowell e Tom (1997), e relacionar os processos encontrados com a topografia dos terraços pleistocênicos e holocênicos (escala geológica).



**Figura 50: Um gráfico hipotético mostrando uma tendência de acreção cíclica a longo prazo. Neste caso, um ajuste quadrático dentro do domínio da amostra levaria a um melhor valor de R, mas uma pior previsão de taxa do que um ajuste linear. Fonte: Dolan et al. (1991).**

Em síntese, analisando os resultados das tendências de comportamento da linha de costa para os últimos 58 anos para a área de estudo, gerada no DSAS, em termos do movimento resultante da linha de costa em metros (NSM), trechos com tendência erosiva foram encontrados em Jauá, Jacuípe Sul, Itacimirim, Guarajuba e Praia do Forte (Figura 51 A). Os trechos que apresentam tendência prográdacional foram encontrados em Busca Vida, Interlagos, Arembepe, trecho onde está instalado o emissário da CETREL, Jacuípe Norte e um trecho entre Itacimirim e o Rio Pojuca (Figura 51A). Os demais trechos ou estão em equilíbrio (variações dentro da margem de erro adotada neste trabalho ~7 metros) ou foram trechos relativamente pequenos sem representatividade espacial.

Diversos trabalhos sobre vulnerabilidade costeira consideram como variável mais importante a taxa de variação da linha de costa (GORNITZ et al., 1992; DAL CIN e SIMEONI, 1994; BUSH et al., 1996; COBUM, 2001). A Figura 51B mostra o comportamento da linha de costa para os últimos 58 anos por meio da taxa de anual (m/ano) de recuo ou

avanço da linha de costa (LRR) gerada no DSAS. Neste caso, os trechos sob tendência erosiva são os mesmos trechos identificados a partir da análise da extensão de recuo ou avanço da linha de costa em metros (NSM), exceto para o trecho de Jacuípe Sul, onde a tendência erosiva é substituída por uma situação de equilíbrio. De modo geral, os valores de recuo em metros para a maior parte dos transectos neste trecho são próximos da margem de erro deste trabalho e verifica-se  $R^2$  muito próximos de 0 (como descrito no ítem 7.1.7) sugerindo que o processo erosivo neste trecho não pode ser confirmado, sendo assim um objeto de estudo para próximos trabalhos que avaliem a dinâmica costeira local.

Vários indícios de erosão podem ser encontrados em Jauá, Jacuípe Sul, Itacimirim, Guarajuba e Praia da Forte como linha de costa com escarpas erosivas, restos de construções na praia, coqueiros caídos e obras de contenção (Figura 11, Figura 14, Figura 17 e Figura 25) além do histórico do farol Garcia D'Ávila (Figura 11).

Analisando os trechos sob tendência progradação, quando comparada a tendência da progradação apresentada pela taxa anual de avanço (LRR) com a extensão do avanço em metros (NSM) (Figura 51), os trechos são os mesmos para ambos: Busca Vida, Interlagos, Arembepe, trecho do emissário da CETREL, Jacuípe Norte e trecho entre Itacimirim e o Rio Pojuca.

Indícios de progradação foram encontrados nestas regiões como, por exemplo, as fotografias da Cabana Aruanã no ano de 1996 e no ano de 2018 registrando, a primeira, uma escarpa erosiva, e a segunda, o desenvolvimento de uma vegetação rasteira. Segundo Hesp (1989), a estabilidade da praia está relacionada com o crescimento da vegetação. A vegetação tende a se expandir quando as dunas frontais sofrem acreção, aumentando a largura destas dunas. Bem como, quando as dunas sofrem erosão, a vegetação será limitada, ocorrendo escarpas na duna frontal. Outro indício de progradação pode ser observado nas fotografias aéreas no trecho entre a desembocadura do Rio Pojuca e Itacimirim (Figura 14), Jacuípe Norte (Figura 22), Arembepe (Figura 34), Interlagos (Figura 37) e Busca Vida (Figura 42), onde a vegetação se desenvolveu encima do terraço arenoso desde o registro das linhas de costa de 1959 e 1976.

Em Arembepe, apesar de aparentemente estar sob erosão, a fotografia aérea obtida em 2010 mostra o crescimento da vegetação a partir da linha de costa de 1976 de cor laranja (Figura 34) confirmando a progradação. O que ocorre em Arembepe é a presença de construções irregulares sobre a face da praia, como mostrado na Figura 31. Em Jacuípe Norte, a despeito dos relatos e fotografia da Cabana Aruanã em 1996 que registram erosão

(Figura 22), a fotografia aérea obtida em 2010 também mostra o crescimento da vegetação a partir da linha de costa de 1959 e 1976 de cor amarelo e laranja, respectivamente (Figura 22). Essas informações corroboram com a suposição de que os eventos erosivos e progracionais sejam cíclicos com variações sazonais, anuais ou até interdecadais. Isto porque o fato de ter apenas o crescimento de vegetação rasteira indica que o ambiente é bastante variável de modo que impossibilita o estabelecimento de uma vegetação arbórea, que necessita de mais tempo para se desenvolver.

Como não houve diferenças significativas dos trechos identificados sob tendências erosivas e progracionais utilizando os diferentes métodos (NSM e LRR), exceto para Jacuípe Sul (Figura 51), então os resultados gerados no DSAS serão ser discutidos baseados na taxa LRR, que como mencionado anteriormente, é uma taxa linear e, portanto, melhor recomendado para estudar as tendências de longo prazo dentro da escala de engenharia ou histórica.

De modo geral, as localidades que apresentaram tendência erosiva são uma saliência na linha de costa que avança em direção ao mar. Essa morfologia da costa propicia a ação de processos erosivos uma vez que as ondas que atingem a linha de costa, neste caso ondas de sudeste, ao encontrar menor profundidade, mudam de direção e sofrem refração. Devido à refração das ondas existe a convergência de raios de onda nas partes salientes da linha de costa e, portanto, há uma concentração de energia e dispersão nas partes reentrantes, o que resulta em retirada de sedimento nessas projeções de linha de costa e acumulação de sedimento nos trechos reentrantes. Esta erosão é, portanto, resultado de um processo local e de escala de tempo de engenharia (ano, décadas até séculos).

No Litoral Norte, principalmente entre Guarajuba e Praia do Forte, ocorrem recifes costeiros adjacentes à linha de costa (MARTIN et al., 1980; DOMINGUEZ et al., 1996; LEÃO e KIKUCHI, 1999) (Figura 3), os quais ficam expostos durante a maré baixa. Recifes são estruturas rochosas que são resistentes à ação mecânica das ondas e correntes, construídos por organismos portadores de esqueleto calcário podendo ser animais ou vegetais (DOMINGUEZ e BITTENCOURT, 2012).

Segundo Nascimento (2012), os recifes de coral desempenham grande influência sobre a linha de costa em sua retaguarda, pois atuam, na maior parte do tempo, como agente redutor da energia das ondas incidentes, tornando-a menos vulnerável em condições modais de ondas. Ainda assim, no Litoral Norte da Bahia, as localidades em que ocorrem

recifes de corais apresentaram tendência erosiva para os últimos 58 anos. Esse fato pode estar relacionado com a morfologia dos recifes costeiros, que nesta região ocorrem em forma de bancos adjacentes à costa com dimensões longitudinais limitadas, o que pode refletir no comportamento da linha de costa. De acordo com Nascimento (2012 p. 108), “Quando os corpos recifais aparecem descontínuos, intercalados por canais mais largos, são esperadas modificações mais significativas na linha de costa em sua retaguarda, incluindo processo de erosão”. Isso é devido ao fato de as aberturas nos corpos recifais permitirem a ação direta das ondas incidentes que podem erodir a costa e também pela formação de correntes de retorno.

Esses bancos de recifes adjacentes à costa segundo Dominguez, et al. (2012, p.415) “começaram seu crescimento em elevações isoladas da costa, porém, com o abaixamento do nível do mar nos últimos 5.700 anos, a linha de costa progradou, alcançando os bancos recifais, e os soterrou parcialmente”. Os perfis topográficos de Praia do Forte e Itacimirim (Figura 45) sugerem essa deposição em escala geológica uma vez que mostram maior extensão da deposição holocênica e a presença de antigas cristas de praia ao longo do perfil.

Arenitos de praia ou *beachrocks* são o resultado da cimentação rápida de sedimentos praias por carbonato de cálcio, os quais foram posteriormente exumados pela erosão da linha de costa (DOMINGUEZ e BITTENCOURT, 2012). No Litoral Norte da Bahia, segundo Livramento (2013), os arenitos ocorrem desde Itapoã até o Rio Jacuípe. De fato, durante o campo foi encontrado arenito de praia em Arembepe (Figura 31) e ao Sul da desembocadura do Rio Jacuípe (Figura 25). Nas fotografias aéreas também é possível verificar a ocorrência de arenito em Jauá e Interlagos. No trecho de Jauá foi identificado recuo da linha de costa. Dominguez e Bittencourt (2012) afirmam que rochas de praia são comuns em trechos experimentando erosão, como é o caso da costa do Litoral Norte da Bahia. Ainda cita que dentre as melhores exposições destacam-se as encontradas nas regiões de Jauá-Arembepe e outros trechos localizados no sul da Bahia, que não é de interesse deste trabalho.

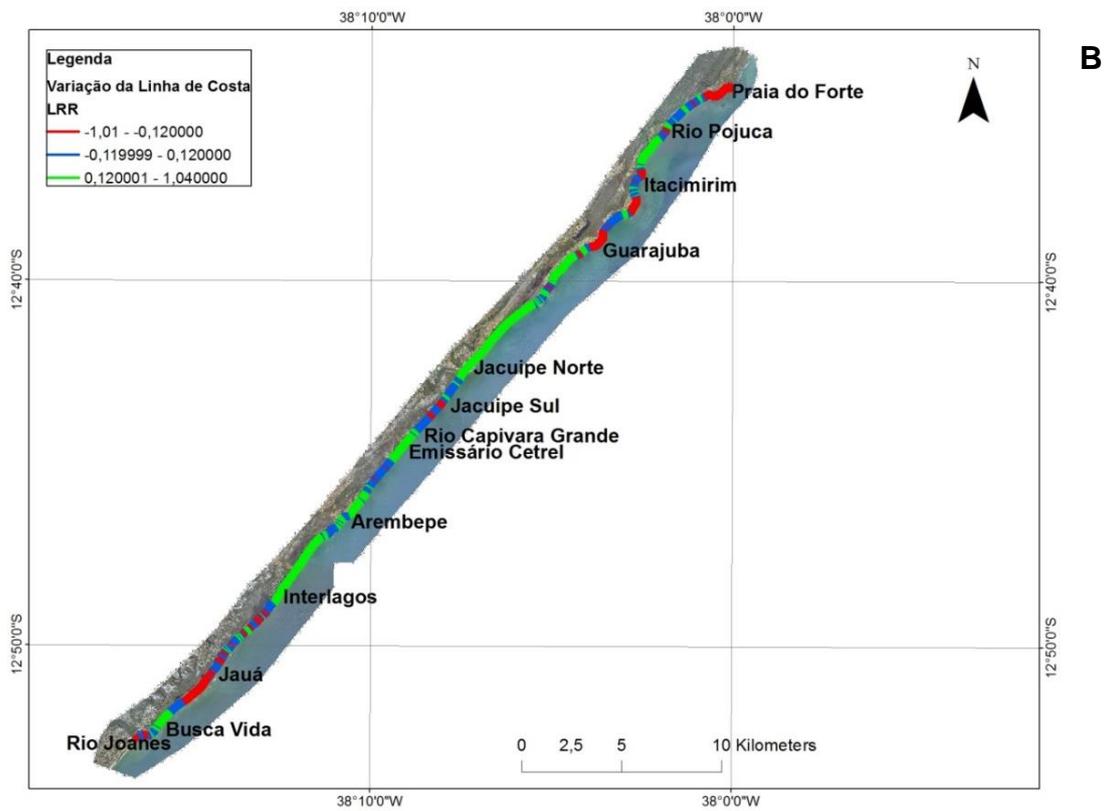
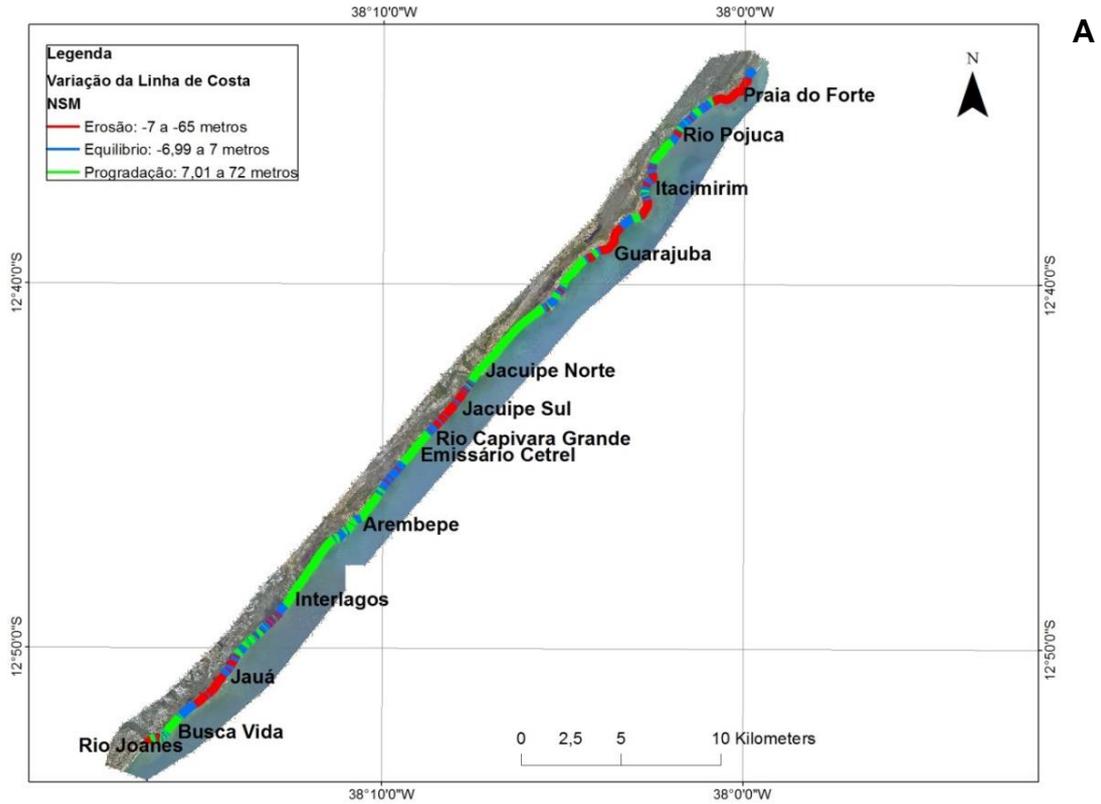


Figura 51: Variação da linha de costa para os últimos 58 anos A - NSM em metros e B - taxa LRR em metros por ano.

Embora a presença de arenito de praia seja um indicativo de erosão costeira após a descida do nível do mar no Holoceno, atualmente serve como proteção da linha de costa corroborando com a tendência de progradação da linha de costa encontrada para os trechos de Interlagos e Arembepe, para os últimos 58 anos. Em Interlagos, o arenito parece ser formado por corpos isolados, e, portanto permite a atuação da deriva litorânea aumentando as taxas de transporte de sedimento uma vez que o sedimento não fica trapeado no arenito. Em Arembepe, o arenito ocorre em dois corpos paralelos à linha de costa: um na parte mais interna e, conseqüentemente adjacente à costa, e outro na parte mais externa, que está mais afastado do continente (Figura 31). Talvez a configuração dessas estruturas seja capaz de reduzir a energia da onda incidente e exercer proteção da linha de costa.

Em geral, as altimetrias das dunas do Litoral Norte da Bahia, neste trabalho, variaram entre 4,4 a 8,4 metros. Livramento (2013) encontrou cordão duna nesta região com altitude média entre 6 e 7 metros. Segundo Dominguez et al. (2010), a maioria dos lugares no Litoral Norte da Bahia, a costa é delimitada por uma duna de aproximadamente 5 a 6 m de altura, provavelmente resultante de uma costa que permaneceu essencialmente estacionária ou que sofreu retração erosiva menor.

A altimetria da orla marítima representa a predisposição em dimensão vertical que a mesma irá apresentar frente a um recuo da linha de costa, além de estar associada a suscetibilidade à inundação costeira (SOUZA, 2004). De modo geral, é esperado que os trechos com as menores altimetrias estejam mais vulneráveis a processos erosivos do que aqueles que apresentam altimetrias relativamente mais elevadas. Mazzer et al (2008) estabeleceram índices de vulnerabilidade costeira no sudeste da ilha de Santa Catarina a partir de oito variáveis ligadas à morfodinâmica costeira e duas taxas de variação da linha de costa em escalas interanual e interdecadal. A Figura 52 mostra o comportamento das variáveis frente ao aumento de taxas de erosão anual e decadal. Neste estudo, a variável que foi menos correlacionada com os índices de vulnerabilidade à erosão costeira testados foi a altimetria média da orla marítima, gerando pesos inferiores a 8%, com exceção da escala interanual, onde alcançou 10%.



**Figura 52: Quadro de regras para tornar as variáveis como indicadores de erosão. Fonte: Mazzer et al.(2008).**

Ainda que Mazzer et al. (2008) não tenham encontrado uma alta correlação entre altimetria da orla marítima e a vulnerabilidade a erosão costeira, o que ocorre no Litoral Norte da Bahia é que Itacimirim e Praia do Forte apresentam as menores cotas altimétricas nas dunas (Figura 48) e também apresentaram tendência de erosão da linha de costa (Figura 51 A) enquanto que Arembepe e Jacuípe Norte que tiveram dunas com maiores cotas altimétricas (Figura 48) apresentaram tendência de progradação da linha de costa (Figura 51 A). Isso sugere que pode existir uma relação diretamente proporcional entre a altimetria da duna e a tendência a erosão ou progradação, como sugerido por Mazzer et al. (2008).

Em Jacuípe Sul a cota altimétrica da duna é a terceira maior cota entre as medidas obtidas neste ambiente para as diferentes localidades (Figura 48). A duna pode ter se desenvolvido devido à dinâmica associada ao Rio Capivara Grande que algumas vezes já rompeu a barra arenosa que o separa do mar na altura do transecto 478 (Figura 26). Neste trecho foi encontrada uma tendência de equilíbrio em longo prazo, indicando que esses eventos periódicos, em longo prazo, podem se tornar não tão significativos.

Ainda que as dunas frontais sejam depósitos holocênicos, neste trabalho, escolheu-se analisá-las separadamente por apresentarem maior susceptibilidade em face a mudanças morfodinâmicas costeiras como erosão e progradação, tema de avaliação deste trabalho. Então, as medidas altimétricas dos terraços holocênicos que ocorrem após as dunas, tiveram cotas variando entre 5,46 e 6,85 metros. São diferentes das cotas obtidas por Regis e Pereira (2017), que fizeram um mapeamento geológico no Litoral Norte da Bahia onde os terraços marinhos holocênicos foram mapeados com cota de até 4 metros. Ainda segundo Livramento (2013), esses terraços marinhos holocênicos, que ocorrem ao longo de quase toda planície costeira, possuem altitudes variando entre 4 a 5 metros. Ainda pelos mesmos autores, os terraços marinhos pleistocênicos foram mapeados com cota de até 10 metros. Neste trabalho, as cotas para os terraços pleistocênicos foram de no máximo

8,03 metros. Essa diferença pode estar relacionada aos locais de medição, e, conseqüentemente, não descaracteriza os resultados.

A zona úmida referida neste trabalho é uma bacia de deflação sobre o terraço marinho pleistocênico, onde o lençol freático encontra-se próximo à superfície e, portanto, as cotas altimétricas só são mais elevadas que o ambiente de praia. A altimetria bastante elevada na margem da zona úmida de Praia do Forte (Figura 48) está aparentemente relacionada ao represamento do rio.

Segundo Ferreira (2005), o arenito na praia de Camurupim, no Rio Grande do Norte, está aproximadamente 0,40 a 0,90 metros acima do nível do mar. No Litoral Norte da Bahia, especialmente em Arembepe, o arenito de praia que ocorre paralelo à linha de costa teve cota de 0,977 metros enquanto o banco de recife de coral em Praia do Forte teve cota de 0,065 metros. Isso indica que a linha de costa de Praia do Forte, onde foi identificada tendência a processos erosivos, está quase 1 metro mais baixo do que Arembepe, onde foi identificado trechos com avanço da linha de costa. Novamente, pode ser verificada a relação da altimetria da costa com os processos atuantes.

Os cortes transversais do relevo do terreno, obtidos a partir do MDE, representam a superfície topográfica das localidades dentro da área de estudo em forma de perfis. O que pode ser observado nos perfis é que o terraço holocênico em Praia do Forte, Itacimirim e Jacuípe Norte tem maior extensão, que indicia uma progradação em escala geológica. Outro indício de crescimento da costa são as antigas cristas de praia ao longo do perfil de Praia do Forte. Então, mesmo que tenha sido identificada uma tendência de erosão em Praia do Forte e Itacimirim em escala geológica a tendência é de progradação.

É curioso o fato de o terraço holocênico se tornar mais largo depois da desembocadura do Rio Jacuípe e é, também, a partir deste local que os arenitos deixam de existir como grandes feições ao longo linha de costa, dando lugar para os bancos de recifes de corais, que se tornam as feições mais marcantes. Arembepe, Jacuípe Sul e Jacuípe Norte apresentaram menores cotas altimétricas nos terraços pleistocênicos (Figura 48). É justamente no trecho entre Arembepe e Jacuípe Norte que a Falha de Salvador mais se aproxima da costa (Figura 1). As informações das estruturas geológicas profundas apoiam a ideia de desvios de linha de costa no Quaternário, que mostram que os blocos de falha têm estado ativos até o Holoceno (SUGUIO e MARTIN, 1996). Como ocorrem movimentos verticais na Bacia do Recôncavo, por conseqüência esse trecho também pode estar sujeito a movimentações.

Arembepe é um setor da costa muito particular em relação aos demais. Apesar de o terraço pleistocênico estar mais baixo, o terraço holocênico parece não estar tão baixo. O sedimento do terraço holocênico é praticamente inexistente. Como o arenito é um indicativo de erosão (em escala geológica), o terraço holocênico poder ter sido erodido.

Em Busca Vida e Jacuípe Sul o terraço holocênico é estreito o que indica que, ou houve um déficit na sedimentação, ou houve uma erosão desse terraço em escala geológica, mesmo que em escala de engenharia foi identificado processos atuantes distintos.

## 9 CONCLUSÃO

A posição de linha de costa que é observada nas fotografias é uma posição dentro das diversas possibilidades de posições que variam com as flutuações sazonais, anuais e até mesmo interdecadais. A utilização da linha de vegetação rasteira como indicador de linha de costa nas fotografias, apesar de ser capaz de indicar variações espaciais tanto de acreção, quanto de erosão, trata-se de uma linha que varia na escala temporal das estações do ano. Então, a análise dos dados não é conclusiva e indica uma posição da linha de costa e uma possível tendência.

Apesar das incertezas associadas à linha de vegetação, a escassez de fotografias aéreas que geralmente não são coletadas com base em uma análise da variabilidade temporal de um sistema, a linearização (taxa LRR) para obter uma tendência linear de comportamento da linha de costa que é resultante de processos morfodinâmicos não lineares (ciclos de erosão e acreção), é possível que as tendências encontradas sejam reais dentro da escala de engenharia, pois além dos indícios apresentados, há também a corroboração dos valores de  $R^2$ , que sugere se há continuidade ou não da tendência. Entretanto, não indicam uma tendência da evolução da região costeira, pois este é um processo cumulativo de eventos episódicos e variações do nível do mar em escala geológica.

A análise do comportamento da linha de costa gerada no DSAS para os últimos 58 anos apontou tendência de progradação da linha de costa em Busca Vida, Interlagos, Arembepe, trecho do emissário da CETREL, Jacuípe Norte e trecho entre Itacimirim e o Rio Pojuca, e tendência erosiva em Jauá, Jacuípe Sul, Itacimirim, Guarajuba e Praia do Forte, essas características não foram identificadas pela metodologia aplicada por Dominguez et al. (2006) devido à escala de estudo.

As localidades que apresentaram tendência erosiva são uma saliência da linha de costa que avança em direção ao mar. Esta erosão é, portanto, resultado de um processo local e de escala de tempo de engenharia (ano, décadas até séculos). A ocorrência de recifes de coral, na área de estudo, não está relacionada com a proteção da linha de costa visto que, as localidades em que eles ocorrem apresentaram tendência erosiva para os últimos 58 anos. O arenito de praia ocorreu tanto em trechos com tendência erosiva quanto em trechos com tendência progradação, então não pode ser confirmada a hipótese de que essas estruturas atuem na proteção da linha de costa.

A altimetria da duna se mostrou ser um potencial índice de vulnerabilidade a erosão costeira, visto que as localidades que apresentaram maiores cotas altimétricas nas dunas foram identificadas tendência de progradação e vice versa.

A Falha de Salvador se aproxima da costa próxima ao trecho entre Arembepe e Jacuípe Norte que tem as menores cotas para o terraço pleistocênico, então é possível que esteja havendo movimentações tectônicas neste trecho, o que pode ser objeto de investigação de outros estudos. Arembepe é um setor da costa muito particular em relação aos demais, o terraço holocênico é quase inexistente e embora tenha sido identificada uma tendência de progradação, em escala geológica, este terraço pode ter sido erodido. A presença de arenito, que é indicativo de erosão após a descida do mar no Holoceno, corrobora com esta hipótese. De todo modo, mais estudos devem ser feitos no sentido de verificar qual o nível de deposição da praia neste trecho.

O terraço holocênico em Busca Vida e Jacuípe Sul é estreito em relação às outras localidades. Isto é, em escala geológica, este trecho pode ter sido erodido. Mais uma vez, a presença de arenito nesta região, corrobora com a ocorrência de um processo erosivo em escala geológica.

Praia do Forte, Itacimirim e Jacuípe Norte apresentam terraços holocênicos mais extensos, o que sugere que esses locais experimentaram progradação da costa em escala geológica, mas que em escala de engenharia estão sob diferentes processos atuantes.

É sugerido que haja um monitoramento contínuo, pelo menos sazonal, através de perfis topográficos e MDE para as localidades estudadas, pois a partir disso é possível calcular o volume de sedimentos e assim avaliar a dinâmica costeira local, que não foi objeto de verificação deste trabalho. Esses volumes de sedimentos podem também ser comparados entre as diferentes localidades relacionando com as tendências identificadas. Assim, será possível incluir na análise as flutuações sazonais que não são registradas pelas fotografias aéreas.

A erosão costeira, mesmo em escala de engenharia, é um processo que causa efeitos econômicos negativos. Portanto, uma forma de mitigar os efeitos da erosão é a inclusão de trabalhos como este nos planos de gerenciamento costeiro.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, H. R. R. C. Séries Temporais de Imagens Sub-Orbitais e Orbitais de Alta Resolução Espacial na Avaliação da Morfodinâmica Praial no Município do Cabo de Santo Agostinho –PE. Recife. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação/UFPE, 2008. 106 p.
- ALMEIDA, H. R. R. C., CRUZ, R. S., LIMA, A. H. L., 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. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil.
- ANDERS F.J., BYRNES M.R. 1991. Accuracy of shoreline change rates as determined from maps and aerial photographs. *Shore and Beach*, 59(1): 17-26.
- ANJOS, C. A. M., NASCIMENTO, M. C., GUIMARAES JUNIOR, S. A. M., ANDRADE, E. L., OLIVEIRA, A. N. S. 2011. Estudo da dinâmica da linha de costa no litoral do município de Coruripe-AL: o caso da enseada do Pontal de Coruripe. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, p.4956.
- ARAUJO, M. V., FREIRE, G. S. S., MANSO, V. A. V., COSTA, S. S. L. 2009 Análise multitemporal da evolução da linha de costa da praia Volta do Rio no litoral leste do município de Acaraú – Ceará – Brasil, utilizando imagens LANDSAT 5 TM. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, INPE, p. 1239-1244.
- AZEVEDO, F. I., CARVALHO, C. B., GUERRA, V. J. 2016. Utilização de imagens de satélite landsat para análise da variabilidade morfológica de pontais arenosos na Planície costeira de caravelas (NE do Brasil). *Revista Brasileira de Geomorfologia* v. 17, nº 4.
- BARATTELA, G. G. e MENEZES, J. T. 2011. Análise da variação da linha de costa do município de Biguaçu, SC. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, p.4986.
- BIGARELLA, J.J., 1972. Eolian environments--their characteristics, recognition and importance. In: J.K. Rigby and W.L. Hamblin (Editors), *Recognition of Ancient Sedimentary Environments*. SEPM, Spec. Publ., 16: pp. 12-14.
- BITTENCOURT A.C.S.P., DOMINGUEZ J.M.L., MARTIN L., SILVA I.R. 2005. Longshore transport on the northeastern Brazilian coast and implications to the location of large scale accumulative and erosive zones: An overview. *Marine Geology*, 219: 219-234

BITTENCOURT, A.C.S.P., DOMINGUEZ J.M.L., MARTIN L., SILVA I.R. 2000. Patterns of Sediment Dispersion Coastwise the State of Bahia – Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 72 (2): 271-287.

BITTENCOURT, A.C.S.P., LIVRAMENTO, F. C., DOMINGUEZ, J.M.L., SILVA, I. R. Tendência de longo prazo à erosão costeira num cenário perspectivo de ocupação humana: litoral norte do estado da Bahia. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 40, n. 1, p. 125-137, 2010.

BITTENCOURT, A.C.S.P.; LESSA, G.C.; DOMINGUEZ, J.M.L.; MARTIN, L.; VILAS BÔAS, G.S. e FARIAS, F.F., 2001. High and low frequency erosive and constructive cycles in estuarine beaches: an example from Garcêz Point, Bahia/Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 73 (4): 599-610.

BUSH D.M., PILKEY Jr. O.H., NEAL W.J. 1996. *Living by the rules of the sea*. London, Duke University Press, 179 p.

BOAK E.H., TURNER I.L. 2005. Shoreline definition and detection: a review. *Journal of Coastal Research*, 21(4): 688-703.

BYRNES M.R., CROWELL M., FOWLER C. (eds.) 2003. *Shoreline Mapping and Change Analysis: Technical Considerations and Management Implications*. *Journal of Coastal Research*, SI 38, 215p.

CAMFIELD, F. E. e MORANG, A. 1996. Defining and Interpreting Shoreline Change. *Ocean e Coastal Management*, 32(3): 129-151.

COBUM A.S. 2001. *Reducing Vulnerability of North Carolina Communities: A Model Approach or Identifying, Mapping and Mitigating Coastal Hazards*. Program for the Study of Developed shorelines, Duke University. Disponível em: <http://www.env.duke.edu/psds/docs.htm>. Acessado em 20 de Junho de 2018.

Cowell P.J. and Thom B.G., 1997. Morphodynamics of coastal evolution. In: R.W.G. Carter and C.D. Woodroffe, *Coastal evolution, Late Quaternary shoreline morphodynamics*, Cambridge University Press, 33-86.

CROWELL M., LEATHERMAN S.P., BUCKLEY M.K. 1991. Historical shoreline change: error analysis and mapping accuracy. *Journal of Coastal Research*, 7(3): 839-852.

DAL CIN, Renzo; SIMEONI, Umberto. A model for determining the classification, vulnerability and risk in the southern coastal zone of the Marche (Italy). *Journal of Coastal Research*, p. 8-29, 1994.

DOLAN R., FENSTER M.S., HOLME S.T. 1991. Temporal analysis of shoreline recession and accretion. *Journal of Coastal Research*, 7(3): 723-744.

DOMINGUEZ J. M. L. e BITTENCOURT A.C.S.P. 1996. Regional assessment of long-term trends of coastal erosion in northeastern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 68:355-371.

DOMINGUEZ J.M.L., ANDRADE A.C.S., ALMEIDA A.B., BITTENCOURT A.C.S.P. 2009. The Holocene Barrier Strandplains of the State of Bahia. In: Dillenburg S.R. e Hesp P.A. (eds.) *Geology and Geomorphology of Holocene Coastal Barriers of Brazil. Lecture Notes in Earth Sciences*, 107, Berlin Heidelberg, Springer-Verlag, p. 253-288. (LIVRO)

DOMINGUEZ J.M.L., BITTENCOURT A.C.S.P., SANTOS A.N., ANDRADE A.C.S., LAVENERE-WANDERLEY A.A.O., SILVA I.R., QUEIROZ I.G., FREITAS L.M.B., NASCIMENTO L., SILVA R.P. 2006. Bahia. In: Muehe D. (ed.) *Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro*. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, p. 220-225.

DOMINGUEZ J.M.L., LEÃO Z.M.A.N., LYRIO R.S. 1996. Litoral Norte do Estado da Bahia. In: SBG, Congr. Bras. Geol., 39, Roteiro de Excursão, 67 p.

DOMINGUEZ, J. M. L., BITTENCOURT, A.C.S.P. *Brazilian Beach Systems. Capítulo 12. Beaches in the State of Bahia: The Importance of Geologic*. 315p

DOMINGUEZ, J.M.L., BITTENCOURT, A.C.S.P., MARTIN, L., 1992. Controls on Quaternary coastal evolution of the east-northeastern coast of Brazil: roles of sea-level history, trade winds and climate. *Sedimentary Geology*, 80, 213- 232.

EKERCIN, S. 2007. Coastline Change Assessment at the Aegean Sea Coasts in Turkey Using Multitemporal Landsat Imagery. *Journal of Coastal Research*, 233, pp.691-698.

ELLIOT, I. and CLARKE, D., 1989. Temporal and spatial bias in the estimation of shoreline rate-of-change statistics from beach survey information. *Coastal Management*, 17, 129-156.

ESTEVEZ L.S., WILLIAMS J.J., NOCK A., LYMBERY G. 2009. Quantifying shoreline changes along the Sefton coast (UK) and the implications for research informed coastal management. *Journal of Coastal Research*, SI 56(I): 602-606.

FERREIRA JÚNIOR, Antonio Vicente. Mapeamento da zona costeira protegida por arenitose praia (Beachrocks) em Nísia Floresta-RN. 2005. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

FAIRAS, E.G. G. e MAIA, L. P. 2009. Aplicação de técnicas de geoprocessamento para a análise da evolução da linha de costa em ambientes litorâneos do estado do Ceará. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, p. 4585-4592.

FORBES DL e LIVERMAN DGE. 1996. Geological indicators in the coastal zone. In: BERGER AR e IAMS WJ (Ed.). Geoindicators: assessing rapid environmental changes in Earth systems. A.A. Balkema, Rotterdam, 175–192.

FRANÇA, C. F. e SOUZA FILHO, P. W. F. 2003. Análise das mudanças morfológicas costeiras de médio período na margem leste da ilha de Marajó (PA) em imagem Landsat. Revista Brasileira de Geociências 33(2-Suplemento):127-136.

GHOSH, Manoj Kumer; KUMAR, Lalit; ROY, Chandan. Monitoring the coastline change of Hatiya Island in Bangladesh using remote sensing techniques. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, v. 101, p. 137-144, 2015.

HESP, P.A. Review of biological and geomorphologica1 process involved in the initiation and development of incipient foredune. Royal Society of Edimburges. 96: 181–200. 1989.

KOMAR, P. D. 2000. Coastal Erosion – Underlying Factors and Human Impacts. Shore e Beach, 68 (1): 3-16.

LAVENERE-WANDERLEY, A.A.O.; SILVA, I.R.; QUEIROZ, I.G.; FREITAS, L.M.B.NASCIMENTO, L.; SILVA, R.P. 2006. Bahia. In: Dieter Muehe (org). Erosão e progradação do litoral brasileiro. Ministério do Meio Ambiente, p. 219-221.

LEAL, K. B., PERES, T. C., ALBUQUERQUE, M. G., ESPINOZA, J. M. A. 2013. Quantificação do comportamento da linha de costa da Ilha da Torotama, Rio Grande - RS, a partir de geotecnologias e técnicas de sensoriamento remoto. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil.

LEÃO, Z.M.A.N.; KIKUCHI, R.K.P. The Bahian Coral Reefs – from 7000 years BP to 2000 years AD. Ciência e Cultura, v. 51, p. 262-273, 1999

Li, W. e GONG, P. 2018. Continuous monitoring of coastline dynamics in western Florida with a 30-year time series of Landsat imagery.

LI, Wenyu; GONG, Peng. Continuous monitoring of coastline dynamics in western Florida with a 30-year time series of Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment*, v. 179, p. 196-209, 2016.

LIMA, D. de F. et al. Utilização de VANT (drone) para fins de regularização fundiária urbana de interesse social. In: *Anais do Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia*, Foz do Iguaçu-PR, Brasil. 2016. p. 1-5.

LIVRAMENTO, F. C. Padrões de dispersão de sedimentos ao longo do litoral norte do Estado da Bahia: subsídios para o gerenciamento costeiro. *Monografia de Graduação*, 2008.

LIVRAMENTO, Fabiano Cruz do. O Papel da Herança Geológica, das Ondas e da Deriva Litorânea no Condicionamento das Características Morfodinâmicas e Texturais das Praias da Costa dos Coqueiros/Ba. 2013. 86 p. Dissertação de mestrado. Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.

MARTIN, L., BITTENCOURT, A.C.S.P., VILAS BOAS, G.S. AND FLEXOR, J.-M., 1980. Mapa Geológico do Quaternário Costeiro do Estado da Bahia, escala 1:250,000. Coordenação da Produção Mineral, Secretaria das Minas e Energia do Estado da Bahia, Brasil.

MARTIN, L.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; VILAS BOAS G.S.; FLEXOR J.M. Texto Explicativo para o Mapa Geológico do Quaternário Costeiro do Estado da Bahia. Bahia: CPM/SME, 1980.

MARTIN, L.; DOMINGUEZ, J.M.L.; BITTENCOURT, A.C.S.P., 1998. Climatic control of erosion during a sea-level fall episode. *An. Acad. Bras. Ciênc.* 70: 249-266.

MASSELINK, G. e HUGHES, M. G. 2003. *Introduction to Coastal Processes and Geomorphology*. Hodder Arnold, London, G. B., 354p.

MAZZER, Alexandre M.; DILLENBURG, Sergio R.; DE GOUVEIA SOUZA, Célia R. Proposta de método para análise de vulnerabilidade à erosão costeira no sudeste da ilha de Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 38, n. 2, p. 278-294, 2008.

MITISHITA, EDSON A.; SARAIVA, C. Modelos Matemáticos para Fins de Monorestituição de Imagens de Alta Resolução Ikonos 2-Geo. Edson Aparecido Mitishita et al. (Org.). *Série em Ciências Geodésicas-Pesquisas em Ciências Geodésicas-2002*, v. 1, p. 131-151, 2002.

MMA. Gerência de Biodiversidade Aquática e Recursos Pesqueiros. Panorama da conservação dos ecossistemas costeiros e marinhos no Brasil. Brasília: MMA/SBF/GBA, 2010. 17 p.

MOORE, L.J. 2000. Shoreline mapping techniques. *Journal of Coastal Research*, 16(1): 116-124

NASCIMENTO, L. Comportamento da linha de costa nos últimos 50 anos e o risco de prejuízos econômicos na face oceânica da Ilha de Itaparica – Bahia. 2012. 124f. Tese (Doutorado na área de geologia marinha, costeira e sedimentar) – Instituto de Geociências. Universidade Federal da Bahia, Salvador.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1990b. Responding to Changes in Sea Level, Engineering Implications. Washington, D.C.: National Academy Press, 148p.

NERVINO, M. R. ; MARQUES FILHO, E.P. . Investigação das condições climáticas locais observadas na RMS e adjacências. Semente, 2017, Salvador. Congresso UFBA 2017 - Semente, 2017.

QUEIROZ, H. A. A. e DIAS, S. O. 2015. Análise da variação do comportamento da linha de costa da Praia do Seixas, PB, utilizando regressão linear para geração de modelos de tendência. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, p.1693

ROCHA, C.P., ARAÚJO, T.C., MENDONÇA, F.J.B.. Aplicação de metodologia para localizar e monitorar linhas de costa usando técnicas de posicionamento pelo GNSS: Um estudo de caso na praia de Sauaçui, Nordeste do Brasil. *Revista da gestão costeira integrada*, v. 9, n. 1, p. 93-108. 2009.

ROCHA, C.P., ARAÚJO, T.C., MENDONÇA, F.J.B.. Aplicação de técnicas de posicionamento GPS tridimensional para localizar linhas de costa: estudo de caso na praia de Boa Viagem, Recife/PE, Brasil. *Revista da gestão costeira integrada*, v. 8, n. 2, p. 127-137, 2008.

ROCHA, C.P., ARAÚJO, T.C., MENDONÇA, F.J.B. Monitoramento de linha de costa usando posicionamento 3D-GPS, III Simpósio brasileiro de ciências geodésicas e tecnologias da geoinformação, Recife-PE. 2010.

RODRIGUES, P. W. S. e SOUZA FILHO, P. W. M. 2011. Análise da variação da linha de costa a noroeste do Estado do Pará (Baía de Curuçá) através das imagens Landsat TM e

ETM+ e CBERS 2B. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, p.5061

RUGGIERO, P; LIST, J.H. Improving accuracy and statistical reliability of shoreline position and change rate estimative. *Journal of Coastal Research*, 25, 1069-1081, 2009.

SANTOS, M.S.T.; AMARO, V. E. ; FERREIRA, A. T. S. ; SANTOS, A. L. S. Mapeamento de precisão da dinâmica costeira de curta duração em áreas de alta taxa de erosão no Nordeste do Brasil. *Revista de Geologia (Fortaleza)*, v. 25, p. 1-12, 2012b.

SESLI, F. A. 2010. Mapping and monitoring temporal changes for coastline and coastal area by using aerial data images and digital photogrammetry: A case study from Samsun, Turkey. *International Journal of the Physical Sciences Vol. 5(10)*, pp. 1567-1575.

SESLI, Faik Ahmet et al. Monitoring the changing position of coastlines using aerial and satellite image data: an example from the eastern coast of Trabzon, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 153, n. 1-4, p. 391-403, 2009.

SHORT, A. D. (2012) Coastal Processes and Beaches. *Nature Education* knowledge3(10):15

SILVA, S.B.M.; SILVA, B.C.N.; CARVALHO, S.S. Metropolização e turismo no litoral norte de Salvador: de um deserto a um território de enclaves? In: Carvalho, I., Pereira, G.C. (eds) *Como anda Salvador*. Salvador, Bahia: Edufba, 2008. p. 189 – 211.

SOUZA, C. R. G; LUNA, G. C., 2009. Taxas de retrogradação e balanço sedimentar em praias sob risco muito alto de erosão no município de Ubatuba (Litoral Norte de São Paulo). *Quaternary and Environmental Geosciences*, 01(1):25-41

SOUZA, C.R. DE G., SOUZA FILHO, P.W.M., ESTEVES, S.L., VITAL, H., DILLENBURG, S.R., PATCHINEELAM, S.M., ADDAD, J.E. 2005. Praias Arenosas e Erosão Costeira. In: SOUZA, C.R. DE G., SUGUIO, K., OLIVEIRA, A.M. DOS S., OLIVEIRA, P.E. DE. (eds.) *Quaternário do Brasil*. Holos Editora, Ribeirão Preto (SP), p. 130-152.

SOUZA C.R.G. 2004. Risco a Inundações, Enchentes e Alagamentos em Regiões Costeiras. In: GEDN/UFSC, Simp. Brasileiro de Desastres Naturais, 1, Florianópolis, Anais, p.231-247.

SUGUIO, K.; NOGUEIRA, A.C.R. Revisão Crítica dos Conhecimentos Geológicos sobre a Formação (Ou Grupo?) Barreiras do Neógeno e o seu Possível Significado como Testemunho de Alguns Eventos Geológicos Mundiais. *Geociências*, v. 18, p. 461-479, 1999.

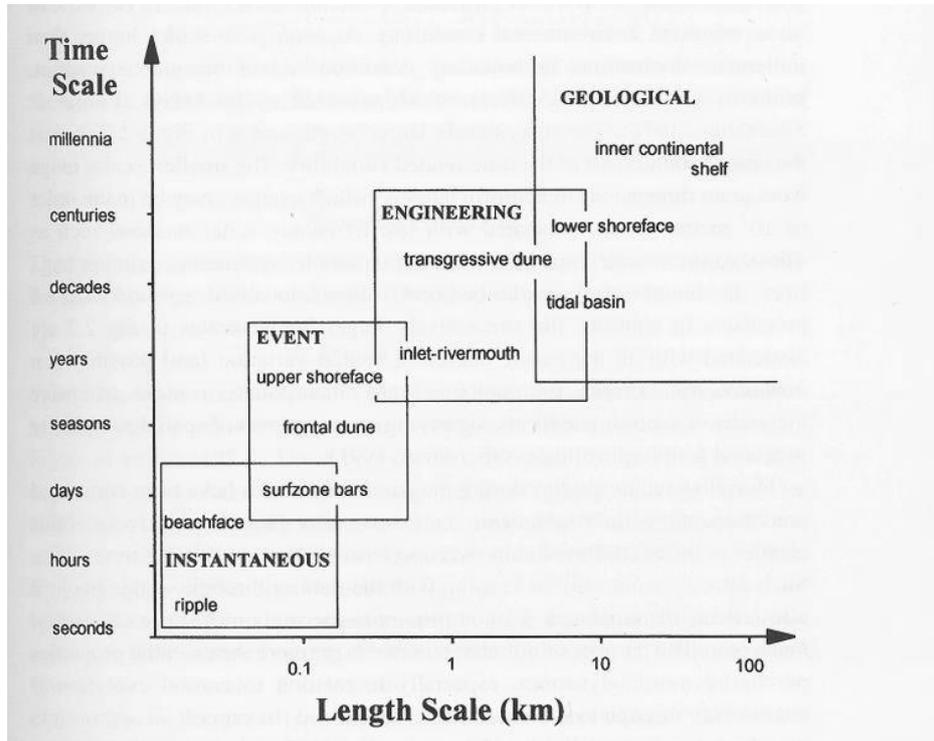
SUGUIO, Kenitiro; MARTIN, Louis. The role of neotectonics in the evolution of the Brazilian coast. *Revista Geonomos*, v. 4, n. 2, 1996.

THIELER, E. Robert et al. The Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0-an ArcGIS extension for calculating shoreline change. US Geological Survey, 2009.

THIELER, ER, HIMMELSTOSS, EA, ZICHICHI, JL, e MILLER, TL, 2005. Digital Shoreline Analysis System (DSAS) versão 3.0; Um ArcGIS © extensão para o cálculo alteração na linha costeira: Serviço Geológico dos EUA Abrir-Arquivo de Relatório -1304.

XIMENES, D. R. B., SOUTO, M. V. D., DUARTE, C. R. 2013. Análise multitemporal da linha de costa para avaliação da evolução costeira na região de Icapuí/CE, Nordeste brasileiro, no período de 1984 a 2011. *Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR*, Foz do Iguaçu, PR, Brasil.

## ANEXO A



Definição de escalas espaciais e temporais envolvidas na evolução costeira, com classes típicas de feições sedimentares usadas como ilustrações ao longo do texto. Fonte: Cowell P.J. e Thom B.G., 1997.