

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE – UFF
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA DE CAMPOS DOS GOYTACAZES

BRENO HENRIQUE DE SOUZA

**TAXAS DE MOBILIDADE DA LINHA DE COSTA EM CAMPOS DOS
GOYTACAZES - RJ**

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

2021

BRENO HENRIQUE DE SOUZA

**TAXAS DE MOBILIDADE DA LINHA DE COSTA EM CAMPOS DOS
GOYTACAZES - RJ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal Fluminense como
requisito para a obtenção do grau Licenciatura
em Geografia.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Eduardo Bulhões

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

2021

BRENO HENRIQUE DE SOUZA

TAXAS DE MOBILIDADE DA LINHA DE COSTA EM CAMPOS DOS
GOYTACAZES - RJ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Ciências da Sociedade e
Desenvolvimento Regional – UFF, como
requisito para a obtenção do título de
Licenciatura em Geografia.

Aprovado em ____ de _____ de 2021

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Eduardo Manuel Rosa Bulhões (orientador)

UFF – Universidade Federal Fluminense – Campos dos Goytacazes

Prof. Dr. Thiago Pinto Silva

UFF – Universidade Federal Fluminense – Campos dos Goytacazes

Doutorando. Luca Lämmle

UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas – Campinas São Paulo

Dedico este trabalho aos meus pais Manoel Soares e Dulcinéia Cândida, que me apoiaram e incentivaram na minha permanência na universidade; aos meus irmãos Bruno, Bruna e Diego que apesar de todas as suas dificuldades me ajudaram nos períodos em que eu estava distante; Agradeço a Deus por ter me dado forças para vencer todos os desafios da minha graduação.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, quero agradecer a Deus por me ajudar a concluir mais uma etapa na minha vida, o caminho até aqui foi muito árduo, que para trilhá-lo tive que abrir mão de muitas coisas, principalmente do conforto da minha casa e a companhia de amigos e familiares. Mudar de estado em busca do sonho não foi uma tarefa fácil, não imaginei que passaria por tantas situações para chegar até aqui, os momentos de dificuldades foram cruciais para me tornar uma pessoa melhor, com visão mais ampla e forte. Agradeço a minha família, que mesmo na distância pôde me fortalecer através do apoio e amor, me tornando o primeiro entre 55 membros a ter ensino superior, essa conquista é nossa. Esse trabalho foi elaborado em meio à pandemia, que dificultou bastante à conclusão da minha graduação, o isolamento social gerou desespero e medo, a perda de membros da família foi algo triste e desanimador, a vontade de desistir foi grande, mas a esperança me fez permanecer firme nessa caminhada.

Agradeço o meu orientador Eduardo Bulhões, que no meio desse caos de pandemia e Ensino Remoto, se reinventou e me deu todo suporte necessário para a conclusão deste, os desafios acadêmicos se tornaram menos difíceis com a sua orientação. Participar do LaGef, me possibilitou ter uma visão melhor do mundo, fazendo me apaixonar ainda mais pela minha profissão. Agradeço a todos os participantes do laboratório que me apoiaram e ajudaram em momentos de dúvidas e dificuldades.

Agradeço a todos os professores que de alguma forma contribuíram diretamente no meu processo de amadurecimento e dizer que o lecionar não gera apenas o conhecimento, mas transforma a vida de qualquer pessoa. Sou exemplo vivo de que o apoio de todo o professores transformou a minha vida e me fez enxergar que membro de comunidade sem oportunidades pode sim ser alguém.

Por fim, agradeço a vida, por ter me proporcionado momentos únicos, me transformando em uma pessoa mais humana, solidária e forte. Ter dificuldades nesse processo não foi sinônimo de fraqueza, mas sim de força e resistência.

RESUMO

Esse estudo tem como objetivo apresentar as dinâmicas na mobilidade da linha de costa da cidade de Campos dos Goytacazes, situada no norte do estado do Rio de Janeiro, assim como descrever os principais agentes que caracterizam toda essa dinâmica atuante no litoral campista com o auxílio fundamental da plataforma *Aqua Monitor*, que fomenta a aplicação de métodos automatizados de detecção de linha costeira nas costas arenosas. As áreas costeiras estão sujeitas a diversas modificações morfológicas devido à elevada energia imposta, sobretudo, pela ação dos oceanos. Os ecossistemas costeiros possuem suas próprias dinâmicas atuantes em suas estruturas que passam por diversas alterações, no entanto, quando há interferências de atividades humanas nessas regiões, essas áreas recebem contribuições diretas na degradação de seus ecossistemas, como, por exemplo, implementação de estruturas sobre a linha de costa, tornando-a mais frágil abalando os seus processos naturais, induzindo os processos morfodinâmicos e morfossedimentares a serem mais intensos, interferindo sucessivamente no processo de acreção e erosão. O trabalho apresenta dados de taxas de mudança da linha costeira do município no período de 33 anos entre 1984 e 2016. Imagens de satélites Landsat possibilitaram analisar 61 perfis da zona costeira do município e acompanhar as dinâmicas da linha de costa, duas vezes ao ano, calculando tendências positivas (acreção em direção ao oceano) e negativas (erosão em direção ao continente).

Os resultados indicaram que, considerando a distribuição e as taxas apontadas pelos 61 perfis transversais analisados, 28% deles representam áreas em acreção, isto corresponde a 8,5 km e a taxa média de acreção é de 2,0 metros por ano, as áreas em estabilidade, representam 13% e por fim os perfis que representam segmentos erosivos somam 59% da orla do município de Campos dos Goytacazes, o que corresponde a aproximadamente 18 km. Além do gradual recuo erosivo causado pelo déficit de sedimentos que ficam retidos ao sul, tal segmento do litoral também sofre com impactos esporádicos do ataque de ondas de tempestade. Esse estudo torna mais claro a necessidade de ações para contribuir na gestão costeira municipal e para as revisões dos padrões de uso e ocupação da orla do município.

Palavras-chave: Campos dos Goytacazes, Erosão, Acreção, Linha de Costa.

ABSTRACT

This study aims to present the dynamics in the mobility of the coastline of the city of Campos dos Goytacazes, located in the north of the state of Rio de Janeiro, as well as to describe the main agents that characterize all this dynamic acting in the Campista coast with the fundamental help of the Aqua Monitor platform, which encourages the application of automated methods for detecting shorelines on sandy shores. Coastal areas are subject to several morphological changes due to the high energy imposed, above all, by the action of the oceans. Coastal ecosystems have their own dynamics acting in their structures that undergo several changes, however, when there is interference from human activities in these regions, these areas receive direct contributions to the degradation of their ecosystems, such as, for example, implementation of structures on the coastline, making it more fragile, shaking its natural processes, inducing morphodynamic and morphosedimentary processes to be more intense, interfering successively in the process of accretion and erosion. The work presents data on rates of change of the municipality's coastline in the period of 33 years between 1984 and 2016. Landsat satellite images made it possible to analyze 61 profiles of the municipality's coastal zone and to monitor the dynamics of the coastline, twice a year, calculating positive trends (accretion towards the ocean) and negative trends (erosion towards the continent).

The results indicated that, considering the distribution and the rates indicated by the 61 transversal profiles analyzed, 28% of them represent areas in accretion, this corresponds to 8.5 km and the average accretion rate is 2.0 meters per year, the areas in stability, they represent 13% and finally the profiles that represent erosive segments account for 59% of the edge of the municipality of Campos dos Goytacazes, which corresponds to approximately 18 km. In addition to the gradual erosive retreat caused by the deficit of sediments that are retained in the south, this segment of the coast also suffers from sporadic impacts from the attack of storm waves. This study makes clear the need for actions to contribute to municipal coastal management and for revisions to the use and occupation patterns of the municipality's waterfront.

Keywords: Campos dos Goytacazes, Erosion, Acreção, Coast Line.

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: EVOLUÇÃO PALEOGEOGRÁFICA DE GRANDE PARTE DO LITORAL BRASILEIRO DO TERCIÁRIO SUPERIOR ATÉ HOJE.....	21
FIGURA 2: MOBILIDADE DA LINHA DE COSTA EXPRESSO EM PORCENTAGEM DO COMPRIMENTO TOTAL DA LINHA DE COSTA DE CADA ESTADO, PANORAMA DA EROÇÃO COSTEIRA DO BRASIL.....	25
FIGURA 3: LOCALIDADE DA CIDADE DE CAMPOS GOS GOYTACAZES - RJ E OS LIMITES OFICIAIS DA ORLA MARÍTIMA.....	27
FIGURA 4: EXEMPLOS DE INFORMAÇÕES EXTRAÍDAS DA FERRAMENTA AQUA MONITOR - LUIJENDIJK ET AL 2018.....	30
FIGURA 5: DISTRIBUIÇÃO DAS TENDÊNCIAS DE MOBILIDADE DA LINHA DE COSTA EM CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ - ELABORADO PELO AUTOR E PELO ORIENTADOR A PARTIR DE DADOS DE LUIJENDIJK ET AL. 2018.....	31
FIGURA 6: ACRESÇÃO COMO TENDÊNCIA DE MOBILIDADE DA LINHA DE COSTA EM CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ - ELABORADO PELO AUTOR E PELO ORIENTADOR A PARTIR DE DADOS DE LUIJENDIJK ET AL. 2018.....	33
FIGURA 7: ESTABILIDADE COMO TENDÊNCIA DE MOBILIDADE DA LINHA DE COSTA EM CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ.....	34
FIGURA 8: EROÇÃO COMO TENDÊNCIA DE MOBILIDADE DA LINHA DE COSTA EM CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ.....	35
FIGURA 9: EROÇÃO INTENSA COMO TENDÊNCIA DE MOBILIDADE DA LINHA DE COSTA EM CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ.....	36
FIGURA 10: EROÇÃO INTENSA ATINGINDO ESTRADA VICINAL NA PORÇÃO NORTE DA ORLA MARÍTIMA DE CAMPOS DOS GOYTACAZES.....	37
FIGURA 11: EROÇÃO DA BASE DAS DUNAS FRONTAIS RESULTANTE DA AÇÃO COLISIONAL DAS ONDAS DE TEMPESTADE.....	37
FIGURA 12: EROÇÃO SEVERA COMO TENDÊNCIA DE MOBILIDADE DA LINHA DE COSTA EM CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ.....	38
FIGURA 13: REALINHAMENTO DA LINHA DE COSTA EM RESPOSTA À REDUÇÃO DO TRANSPORTE DE SEDIMENTOS JUNTO ÀS ESTRUTURAS DO CANAL DAS FLECHAS NA LOCALIDADE DE BARRA DO FURADO, QUISSAMÃ, RJ.....	39

FIGURA 14: TRANSPOSIÇÃO DE ONDAS NO SEGMENTO SUL DA ORLA MARÍTIMA DE CAMPOS DOS GOYTACAZES.....40

FIGURA 15: IMPACTOS DAS ONDAS DE TEMPESTADE NO SEGMENTO SUL DA ORLA MARÍTIMA DE CAMPOS DOS GOYTACAZES.....40

ÍNDICE DE QUADROS

QUADRO 1: AS PRINCIPAIS ATIVIDADES OBSERVADAS EM ALGUMAS REGIÕES DA ZONA COSTEIRA..... 15

QUADRO 2: CHAVE DE CLASSIFICAÇÃO DAS TAXAS DE DESLOCAMENTO DA LINHA DE COSTA.....29

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento
CZMA	Coastal Zone Management Act
CIRM	Comissão Interministerial para os Recursos do Mar
CDRPS	Complexo Deltaico do Rio Paraíba do Sul
CNUMAD	Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento
GPS	Global Positioning System
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
MEA	Millennium Ecosystem Assessment
MMA	Ministério do Meio Ambiente
PNGC	Programa Nacional de Gerenciamento Costeiro
PELAG	Parque Estadual da Lagoa do Açu
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
RJ	Rio de Janeiro

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetivo	13
1.2 Justificativa e Hipótese	13
2. BASE CONCEITUAL	14
2.1 Definição de zonas costeiras	14
2.2 Importância ecológica das zonas costeiras.....	14
2.3 Importância socioeconômica das zonas costeiras.....	14
2.4 Estado atual das zonas costeiras.....	16
2.4.1 Ações antrópicas que influenciam no estado atual das zonas costeiras mundiais.....	17
2.4.2 Ações naturais que influenciam no estado atual das zonas costeiras mundiais.....	18
2.5 Mudanças e medidas Tomadas.....	19
2.6 As zonas costeiras brasileiras.....	20
2.7 Proteção das zonas costeiras brasileiras.....	23
2.8 Erosão e Progradação na zona costeira brasileira.....	24
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	26
3.1 Área de estudo.....	26
3.2 Dados de Erosão e Progradação.....	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5. CONCLUSÕES	41
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

1 INTRODUÇÃO

As zonas costeiras são usualmente consideradas como ecossistemas limítrofes, de transição, e comportam diferentes tipos de clima, como é o caso do litoral brasileiro, que varia do úmido equatorial, tropical ao semiárido no Nordeste e subtropical ao Sul (NORDSTROM, 2010). Para AB'SABER; HOLMQUIST, (2001) o Brasil possui uma vasta zona costeira que abrange cerca de 8.000 km de linha de costa e uma grande diversidade de ecossistemas costeiros, para além das notáveis praias arenosas, estuários e lagoas costeiras, sistemas lagunares margeados por manguezais, praias lodosas, costões e praias rochosas, recifes de coral, plataformas arenosas, bancos de algas calcárias, restingas, ilhas costeiras e oceânicas, dentre outras. Adicionalmente, as áreas costeiras estão sujeitas a rápidas modificações morfológicas devido à elevada energia imposta, sobretudo, pela ação dos oceanos (LAMMLE, 2018).

As fragilidades naturais dos ecossistemas costeiros podem ser intensificadas quando há interferência de atividades humanas, seja na degradação dos ecossistemas, seja na imposição de estruturas sobre a linha de costa, tornando-as mais expostas ou mais abrigadas, induzindo a processos de acreção e erosão, que se traduz em uma dinâmica de instabilidade complexa em que os fatores morfodinâmicos como a Topografia do local e morfossedimentares que caracterizam os processos hidrodinâmicos e de transportes sedimentares, estão envolvidas, e que precisam ser estudados para a identificação dos principais agentes que contribuem nesse processo das dinâmicas da linha de costa. O litoral de Campos dos Goytacazes se estende desde o rio Itabapoana ao rio Macaé a sua sedimentação ocorre através do rio Paraíba do Sul e os efeitos das oscilações do nível do mar durante o período Quaternário (ROCHA, 2013). Essa região litorânea deve ser compreendida como um conjunto de ambientes sedimentares com destaque aos sistemas de planícies de cristas de praia, formadas tanto no pleistoceno, portanto mais antigas, ao sul, quanto no holoceno, portanto mais recentes, junto ao curso fluvial atual.

No entanto, foram utilizados dados qualitativos e quantitativos, através das ferramentas Aqua monitor, ArcMap e Qgis que colaboraram diretamente na aquisição dos resultados, permitindo observar alguns aspectos e mudanças sedimentares ocorridas na área de estudo durante os anos de 1984 a 2016. As Zonas costeiras Possuem características únicas com diferentes processos de sedimentação, no entanto esses processos foram estudados a fim

de caracterizar a dinâmica do Litoral Campista, que foram os processos de Acresção, estabilidade e Erosão e suas influencias na dinâmica da linha de costa.

1.1 Objetivo

O objetivo geral deste trabalho é mensurar as taxas de mobilidade da linha de costa propostas para o litoral de Campos dos Goytacazes no estado do Rio de Janeiro, utilizando como ferramenta principal os resultados do modelo Aqua Monitor no auxílio do estudo, e assim, poder avaliar com base em estudos pretéritos, os mecanismos de erosão, acresção e os principais mecanismos que formam toda característica do meio costeiro auxiliando na identificação na dinâmica do litoral na escala temporal das últimas três décadas.

Os objetivos específicos são:

- a) Quantificar as áreas em erosão e acreção na orla marítima do município;
- b) Identificar quais as causas de acresção e erosão na área de estudo e suas principais dinâmicas.

1.2 Justificativa e Hipótese

Avaliações sobre o comportamento dinâmico da linha de costa são fundamentais para ações de planejamento. Neste contexto, parte-se da disponibilidade de uma base de dados global sobre avanço e recuo da linha de costa (LUIJENDIJK et al. 2018) para caracterizar particularmente o comportamento da linha de costa no município de Campos dos Goytacazes onde uma proeminente política pública de gestão da orla marítima está consolidada e atuante. Trata-se do Plano Municipal de Gerenciamento Costeiro (Lei Municipal 8.335/2013) e do Comitê Gestor do Projeto de Gestão Integrada da Orla Marítima (Projeto ORLA). No Litoral de Campos dos Goytacazes ocorrem diferentes fenômenos que influenciam na dinâmica do Litoral, no Sul do município erosão por causa da retenção sedimentar provocada pelo Canal das Flechas e ao longo da faixa litorânea influências diretas das ondas de tempestades que colaboram diretamente na intensificação no processo sedimentar do município. Neste sentido, a produção e consolidação de conhecimento sobre as dinâmicas da orla municipal são relevantes para ações de planejamento, gestão e divulgação científica.

2 BASES CONCEITUAIS

2.1 Definição de Zonas Costeiras

Atualmente, buscar uma definição exata para zonas costeiras é um desafio, vide a pluralidade e especificidade dos territórios ao longo do mundo, em consoante às diferentes legislações de cada país. Em suma, pode-se dizer que zonas costeiras são, por definição, segundo a CIRM (Comissão Interministerial para os Recursos do Mar) os espaços geográficos de interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos ambientais, no que tange às faixas marítimas e terrestres - que correspondem, respectivamente, a faixa que se estende até as 12 milhas náuticas e a faixa do continente formada pelos municípios que sofrem influência direta dos fenômenos ocorrentes da zona costeira (CIRM, 1997).

2.2 Importância ecológica das zonas costeiras

A transferência de energia e matéria ocorrida entre o sistema terrestre e marinho, devido às marés e ao clima, é responsável por caracterizar as zonas costeiras como regiões altamente dinâmicas (FAO, 1998). São, portanto, zonas de alta produtividade biológica chegando, segundo Agardy & Alder, a totalizar cerca de 25% da produtividade primária global - o que, por conseguinte, origina importantes habitats terrestres aquáticos (FAO, 1998; JICKELLS, 1998 apud BELCHIOR, 2008).

Esses habitats, em conjunto, formam ecossistemas costeiros únicos, os quais possuem papel fundamental na proteção da linha de costa – suas características físicas e componentes biológicos ajudam a abrandar os efeitos causados por ondas de tempestades, cheias ou o recuo da linha de costa que são, também, igualmente necessários em processos naturais como a acreção de sedimentos ou no controle da erosão causada pela ação das ondas e dos ventos (FAO, 1998 apud BELCHIOR, 2008).

2.3 Importância socioeconômica das zonas costeiras

Zonas costeiras, há séculos, tem sido fonte fértil de recursos, assim como ambientes favoráveis para instalação de recursos econômicos e constante urbanização. Nota-se que, além das condições biofísicas vantajosas, contam também com uma localização estratégica, promissora aos meios de transporte e comunicação (BELCHIOR, 2008), tornando, assim,

estes ambientes focos de predileção para a ocupação humana. As zonas costeiras preveem recursos, produtos e serviços primordiais para as necessidades sociais e econômicas da população que ali reside. Coincide-se, portanto, nessa região, processos acelerados de intensa ocupação e urbanização, assim como de atividade portuária, industrial e turística. Na Tabela 1, listam-se as principais atividades desenvolvidas nas zonas costeiras. (Delicado **et.al.**,2012), fala que o aumento da demanda dos ecossistemas costeiros causam diversas alterações negativas no ambiente comprometendo sua utilização. É importante ressaltar que a fomentação de incentivo educacional a premissa do comportamento da utilização das zonas costeiras seria como base para a importância socioeconômica desse ambiente.

Quadro 1 - As principais atividades observadas em algumas regiões da Zona Costeira

TIPOS DE COSTA	ATIVIDADES
Plataforma Continental	Pesca Exploração de Petróleo Mineiração Dragagem de Areia Deposição de Esgoto e Lixo
Recife de Coral	Turismo Pesca Extração Mineral
Estuários	Barragens de Proteção da Maré Estruturas de Proteção Costeira: Guia Correntes e Molhes
Praias de areia e Cascalho	Recreação Mineração de areia e Cascalho Construções Estruturas de Proteção Costeira
Baías, Lagoas, Lagunas e áreas úmidas	Aquicultura Aterros Pastagens Extração Vegetal Conservação Natural
Plataformas Rochosas	Coletas de Frutos do Mar Extração Mineral (Pedreiras)
Escarpas Rochosas	Estrutura de Contenção Construções no Topo Extração Mineral (Pedreiras)
Dunas	Recreação Conservação Natural Construções Extração de Água
Cidades Costeiras	Atracadouros e Portos Marinas Indústrias e Agricultura Turismo

Fonte: VILES & SPENCER (1995), adaptada por RAMOS (1999), com seleção de própria autoria de acordo com os assuntos mais importantes no tópico vigente.

No que tange ao Brasil, segundo dados do BID (Banco Interamericano de Desenvolvimento), 60% dos 475 milhões de habitantes da América Latina, vivem em províncias ou estados costeiros, bem como 60 das 77 maiores cidades são costeiras (LEMAY, 1998), mostrando que a pujança de ocupação populacional nesses lugares cresce em consoante com a importância das atividades que movimentam a economia das regiões costeiras, revelando que essas funções, além de abastecerem a economia, são fundamentais para as composições sociais e culturais.

A pesca, atividade comum em zonas costeiras, possui forte importância socioeconômica, vide a grande dependência dos rendimentos resultantes e, também, por ser uma atividade de subsídio das suas populações. Segundo a FAO (2004), a pesca e as atividades associadas provém emprego direto para cerca de 38 milhões de pessoas. O turismo, importante fator socioeconômicos de regiões costeiras é, também, uma atividade socioeconômica indutora do desenvolvimento local, possuindo abertura para largos investimentos públicos e privados: é, portanto, um elemento ideal para alavancar a economia local, sendo que para alguns países o turismo costeiro representa o maior setor da indústria.

2.4 Estado atual das zonas costeiras

A evidente e crescente degradação das zonas costeiras se torna um grande desafio para as gestões mundiais. O MEA – *Millennium Ecosystem Assessment* - em 2005 explana que a sobrepesca, somada aos métodos destrutivos de pesca, poluição e demais impactos antrópicos, resultaram na alteração e, também, na destruição de habitats costeiros mundiais.

É importante frisar que essas alterações afetam significativamente o funcionamento e os processos inerentes aos ecossistemas, mexendo, diretamente, com sua produtividade e capacidade de continuar a providenciar bens e serviços. Quando a capacidade de fornecer produtos e serviços atuais das zonas costeiras é comparada com a também rentabilidade de fornecimento de 30 anos atrás, tem-se como resultado uma perda significativa de qualidade (WRI, 2000 apud BELCHIOR, 2008).

O mesmo instituto, verificando também a qualidade da água, conclui a existência de perda de capacidade dos ecossistemas costeiros de absorver nutrientes e poluentes, visto o aumento de depósito desses nas zonas costeiras.

Referindo-se à biodiversidade, a perda de habitat, incidência de novas doenças, evolução de espécies invasoras e taxas de branqueamento de corais apontam para um declínio significativo. Com constantes e agravantes perdas, diversos ecossistemas pelo mundo todo sofrem com assoreamentos causados por sedimentos e poluentes vindos da terra e, também, acabam sendo impactados negativamente por práticas destrutivas de pesca e obras costeiras mal elaboradas sem os devidos sentidos. Todos esses fatores supracitados contribuem fortemente para a deterioração contínua das zonas costeiras.

2.4.1 Ações antrópicas que influenciam no estado atual das zonas costeiras mundiais

Não há como compreender o ambiente considerando homem e natureza como polos excludentes (GONÇALVES, 2002). As principais interferências humanas, no que se refere ao estado atual das zonas costeiras, estão nos âmbitos socioeconômicos e tecnológicos. Há séculos, sabe-se que as primeiras ocupações e constituições de relações humanas enquanto sociedade foi feita ao litoral, porém, com os adventos recentes de avanços tecnológicos e as novas maneiras de comunicação e dinâmicas econômicas, há a necessidade de um processo acelerado de obtenção de recursos naturais o que, conseqüentemente, também acelera a deterioração desses ambientes.

Sem dúvidas, o aumento de densidade da população costeira é um dos catalisadores da deterioração. Informações do MMA – Ministério do Meio Ambiente (2005) – mostram que a maior parte da população mundial vive em zonas costeiras, havendo uma tendência permanente ao aumento da concentração demográfica nessas regiões. Além da significativa ocupação populacional em zonas litorâneas, há de se analisar também como a distribuição é feita: a distribuição não é uniforme, pois, por razões estéticas e econômicas, a maioria da população costeira concentra-se ao redor dos ecossistemas mais produtivos.

O comportamento humano varia de acordo com as necessidades estabelecidas pelo mundo contemporâneo o que, por consequência, afeta os ambientes naturais, como explicita Belchior (2008):

Os padrões de consumo que, por exemplo, nos países industrializados são a principal forçante dos impactos nos ecossistemas costeiros, acabam por sê-lo igualmente nos países em desenvolvimento, pois os recursos para alimentar o consumismo dos primeiros são frequentemente extraídos dos segundos (BELCHIOR, 2008, p.28).

Com os avanços tecnológicos, até mesmo ações de prevenção e manutenção da qualidade dos ambientes costeiros possuem sua parcela de contribuição para a deterioração. A construção de barragens acaba retendo sedimentos e as estruturas de proteção da linha de costa acabam por ameaçar fortemente a integridade de zonas costeiras ou, também, o uso de radares e GPS, a fim de otimizar a pesca para localização e obtenção de cardumes, acabam contribuindo para consequências negativas na alteração das zonas costeiras (UNEP, 2006).

Assim, a pressão antrópica produz inúmeros impactos ambientais extremamente significativos nas áreas costeiras, trazendo sérios problemas, muitas vezes superiores à capacidade do limiar de resiliência dos sistemas naturais, destruindo várias funções ambientais de diversas unidades de paisagem (COSTA; MELO; SOUZA, 2009). Essas funções dessas unidades de Paisagens são: alteração no relevo, clima, cobertura vegetal, solos ou até mesmo pelo arranjo estrutural e o tipo de litologia ou exclusivamente por um desses elementos (ROSS, 1992).

2.4.2 Ações naturais que influenciam no estado atual das zonas costeiras mundiais

As mudanças e adaptações dadas de maneira natural pelos ambientes costeiros acabam, somadas às alterações antrópicas, sendo atenuantes prejudiciais aos processos importantes para a manutenção do ecossistema costeiro.

As zonas costeiras são bastante suscetíveis aos impactos das alterações climáticas, o que faz com que, muitas vezes, os riscos tornem-se catástrofes (ADGER et al., 2005). A elevação do nível do mar é uma das consequências mais alarmantes das mudanças climáticas: perdas econômicas para a pesca, agricultura, navegação, recreação, lançamento de efluentes, proteção costeira e produtividade biológica e diversidade são prejuízos graves trazidos por essa elevação (ARASAKI et al., 2008).

Santos (2012) diz que o regime dos ventos e padrão de formação das ondas pode ser alterado devido às mudanças nos padrões de temperatura da superfície do mar, explicitando como agentes oceânicos, atmosféricos e continentais influenciam a zona costeira, tornando-a sensível a quaisquer acontecimentos. Outros fatores que influenciam nas dinâmicas das zonas costeiras são: Fatores climáticos que estão associados a eventos como tempestades e ressacas

processos geológicos que estão associados a deslizamentos que modificam a configuração do litoral e um fenômeno atuante que estamos passando por um período de transgressão marinha, ou seja, uma elevação do nível do mar. Outros riscos associados à dinâmica costeira se fazem sentir pelo modelamento do litoral em função da ação das correntes, ondas, marés e pela atuação dos ventos que constroem ou destroem ambientes litorâneos, como praias, dunas e falésias.

A erosão costeira é, também, um problema visível nessas áreas. A ocupação territorial desordenada, junto com a exploração de jazidas de areia nos estuários e construção de obras de proteção costeira sem critérios técnicos de engenharia, estão relacionados aos rápidos processos erosivos nas regiões costeiras. Um estudo do IPCC (IPCC, 2007) mostra que a subida do nível médio do mar durante o século passado contribuiu igualmente para o aumento de inundações costeiras, de erosão e perda de habitats.

2.5 Mudanças e medidas tomadas

Os ambientes costeiros e seus recursos começaram a ser explorados pelo Homem há milhares de anos, mas foi apenas em meados do séc. XIX que se começou a assistir a grandes modificações nestes ambientes (BELCHIOR, 2008) – e é com base nesse aspecto que, com as mudanças constantes advindas da globalização que surge a necessidade de preservar ambientes os quais são fonte de produtos e serviços que impactam na economia regional e mundial.

Segundo Vallega (1999), os programas internacionais de pesquisa sobre mudanças climáticas, em particular os estudos sobre as consequências do aumento do nível do mar, resultado do aquecimento atmosférico, possibilitaram que as primeiras previsões de cenários de erosão costeira fossem dadas, mostrando que essas regiões viriam a sofrer com graves consequências socioeconômicas e ambientais. Com pesquisas e previsões, nota-se que a ação antrópica é, sem dúvidas, um fator crucial dos problemas ambientais presentes em zonas costeiras, o que, também, acaba por convocar a necessidade de programas específicos voltados diretamente para regiões costeiras.

O pioneiro responsável por tomar, formalmente, um plano nacional de gerenciamento costeiro fora os Estados Unidos, com o chamado CZMA – *Coastal Zone Management Act*, em 1972. O plano definia objetivo, enuncia conceitos e princípios, fornecendo linhas orientadoras, surgindo como uma resposta aos problemas vindos do uso de recursos vindos

das zonas costeiras. Sobre o investimento em pesquisas para a manutenção e melhoria das zonas costeiras, N.L.S Gruber, E.G. Barboza e J.L. Nicolodi (2003) apresentam:

Os Comitês, Projetos e Propostas Conjuntas entre países os quais envolvem instituições científicas, governamentais e universidades, com fins conjuntos de pesquisa, educação, formação e treinamento de recursos humanos, configuram-se em algumas das iniciativas mais importantes, no sentido de fomentar um abrangente grupo de pesquisas e programas na zona costeira e nos oceanos.

Na história das ações tomadas a fim de proteger as zonas costeiras, há um momento de suma importância, a chamada CNUMAD – Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, em 1992. Acordaram-se quais seriam os tipos de gestões necessárias para gerenciar as costas mundiais: a gestão costeira integrada, sendo crescentemente reconhecido (Tobey & Volk, 2002; Cicin-Sain *et al.*, 1995) e adotado em várias convenções e acordos regionais e internacionais (Cicin-Sain *et al.*, 2002).

Uma das eficientes maneiras que mostra a situação das zonas costeiras estudadas é a análise através do Sensoriamento Remoto: com imagens orbitais e não orbitais disponíveis pode-se traçar uma série de métodos sofisticados de compreensão e planejamento para possíveis ações de prevenção. De acordo com cientistas autores do artigo *The State of the World's Beaches* (Luijendijk, Gerben Hagenars, Roshanka Ranasinghe. 2018), ter uma coleção de imagens de satélite e recursos de computação paralela, combinados ao servidor da plataforma, reduz o tempo de processamento da imagem para apenas alguns minutos por imagem e permite eficiência validação das linhas costeiras detectadas automaticamente.

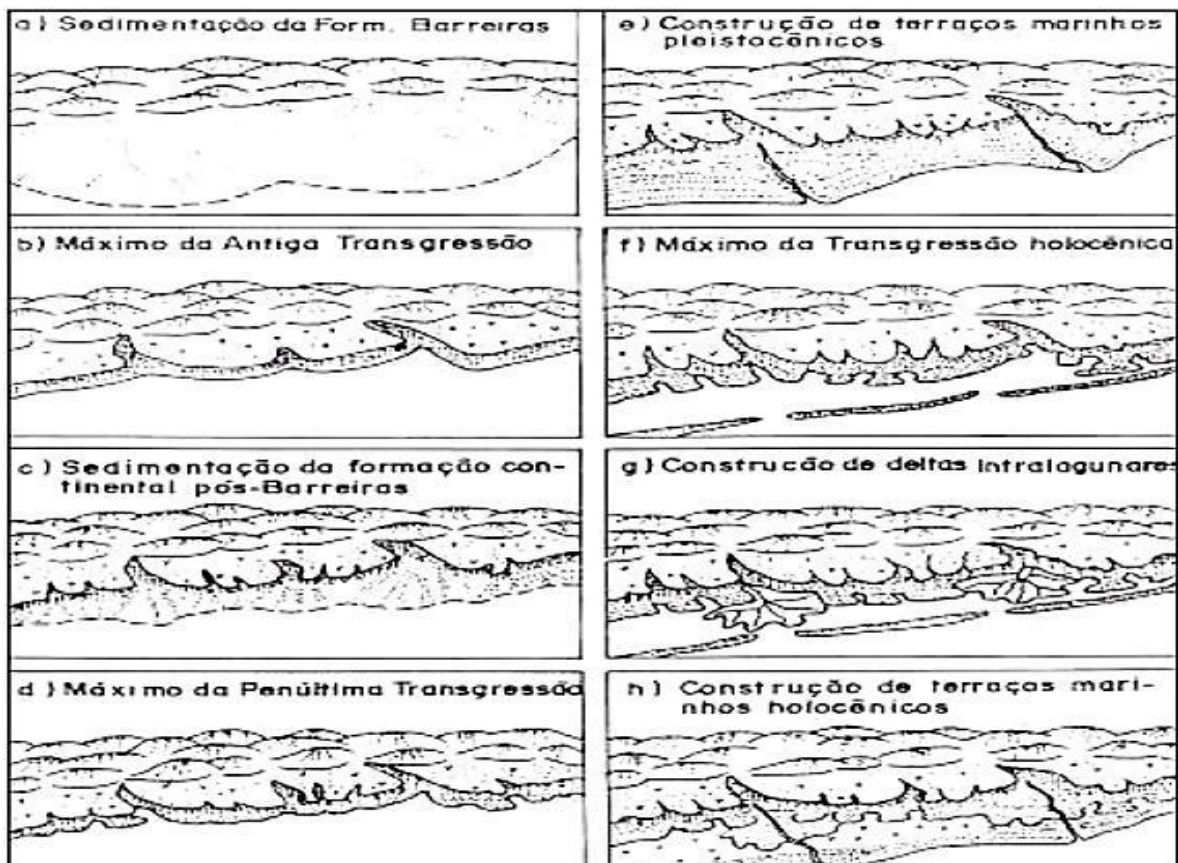
2.6 As zonas costeiras brasileiras

A Zona Costeira brasileira, possuindo aproximadamente 514 km², e se estendendo cerca de 200 milhas náuticas (370,4 km da Costa) em sua plataforma marítima, é composta por significativa diversidade de ambientes, muitos deles extremamente frágeis, com acentuado processo de degradação gerado pela crescente ocupação e utilização descontrolada desse espaço, atingindo diretamente recifes de corais, praias, manguezais, marismas, campos de dunas, falésias, baías, estuários e planícies intermarés etc. (MACRODIAGNÓSTICO DA ZONA COSTEIRA E MARINHA DO BRASIL, 2008). É notória a importância do ambiente

costeiro para o Brasil, mas com a grande pressão econômica a fim da exploração desse ambiente, compromete diretamente a biodiversidade marinha e os recursos naturais que se encontram no espaço costeiro.

De acordo com Ab'Saber (2001), a história fisiográfica e ecológica do litoral brasileiro é envolta de uma herança complexa de múltiplos fatores e processos que exercem interferência – a composição do litoral brasileiro, tanto em termos de orientação da linha de costa quanto à sua posição geográfica resultou, em grande parte, da reativação pós-paleozóica, a qual originou as bacias sedimentares tafrogênicas, assim como o próprio surgimento do Oceano Atlântico (TESSLER e GOYA, 2005). No período mencionado, houve a separação do chamado supercontinente, o Gondwana, acompanhado por eventos tectono-magmáticos, onde houve a formação de bacias na área da atual margem continental – bacias essas que, posteriormente, foram preenchidas com sedimentos (TESSLER e GOYA, 2005). Na figura 1, nota-se a evolução atravessada pelas zonas litorâneas ao longo das eras geológicas.

Figura 1. Evolução paleogeográfica de grande parte do litoral brasileiro do terciário superior até hoje.



Fonte: SUGUIO e MARTIN (1978).

A Figura acima caracteriza o processo de evolução das planícies costeiras do Brasil. Segundo (VILLWOOCK et al., 1986), registro mais completo da evolução das planícies costeiras é encontrado na planície costeira do Rio Grande do Sul. Nele foram identificados, a partir do fim do terciário, ciclos transgressivo-regressivos. Esses ciclos foram encontrados a partir de dados em evidências sedimentares, biológicas e pré-históricas, em consequências a oscilações do nível do mar, as planícies costeiras foram modeladas a partir de um longo período com idades ao final do Terciário e Quaternário na figura é representado pela Formação Barreiras. (SUGUIO e MARTIN, 1978) fala que a partir do máximo transgressivo pleistocênico, o nível do mar teve grandes alterações no seu recuo cerca de 110 metros do nível atual, ou seja, desde o pleistoceno a 120000 – anos, o mar teve variação de 118 metros do seu nível, cerca de 0,19cm ao ano.

É importante mencionar a relevância dos condicionantes oceanográficos no que tange a formação e composição da costa brasileira. Segundo Muehe (2003), há três responsáveis por processos costeiros de curto e médio prazo. O primeiro é o clima de ondas, responsável pelo transporte de sedimentos nos sentidos longitudinal e transversal à linha de costa, onde a energia das ondas, a intensidade e a recorrência das tempestades controlam a dinâmica dos processos de erosão e acumulação na interface do continente.

Outro fator é o transporte litorâneo: a alteração no volume de sedimentos levados paralelamente à linha de costa acaba por ser uma das mais frequentes causas da erosão e progradação nessas regiões. Ainda segundo o mesmo autor, o último fator é a amplitude de maré, a qual é caracterizada pela diferença entre a preamar e baixa-mar, podendo moldar a morfologia da plataforma continental interna.

Entender a formação e composição do litoral brasileiro é, sem dúvidas, fundamental para que se possam analisar as particularidades existentes em cada região que abriga uma zona litorânea. A vasta costa do Brasil garante elevada diversidade paisagística e, de acordo com Muehe (2003), a longa interação entre os processos tectônicos, geomorfológicos, climáticos e oceanográficos é o que vai dar origem a configuração do litoral, e sua identificação de compartimentos com características relativamente homogêneas fundamentam-se como o passo inicial para a sistematização dos conhecimentos existentes. Em 1964, Silveira identificou cinco regiões geográficas – Norte, Nordeste, Leste, Sudeste e Sul – as quais são divididas em macro compartimentos: é através dessas classificações que se é possível observar uma sucessão de planícies costeiras, alternando-se com falésias e costões

rochosos, que bordejam uma antiga área continental formada por rochas de complexos ígneos e poli metamórficos pré-cambrianos, sobre os quais assentam conseqüências sedimentares e vulcânicas acumuladas em bacias paleozoicas, mesozoicas e cenozoicas (SOUZA *et al.*, 2005).

2.7 Proteção das zonas costeiras brasileiras

As zonas costeiras são caracterizadas por intensas atividades humana e de grande riqueza ecológica. É uma área em que os processos físicos, biológicos, sociais, econômicos e culturais se relacionam, caracterizando então uma vasta complexidade de relações, o que identifica o conjunto biofísico chamado zona costeira. (RODRIGUEZ e WINDEVOXHEL, 1998) – e, baseando-se neste conceito, é notório como se torna imprescindível a manutenção e implementação de planos de proteção do litoral.

As primeiras iniciativas institucionais para proteção do litoral no brasileiro são da década de 70 – em 1974, foi instituída a CIRM (Comissão Interministerial para os Recursos do Mar), a qual designou uma subcomissão de Gerenciamento Costeiro, em 1982, dando início aos primeiros estudos para a criação de um programa de âmbito nacional de gerenciamento costeiro.

O Programa Nacional de Gerenciamento Costeiro, o PNGC, criado em 1987, reformulado em 1997 – criando, a partir de então, o PNGC II - conta com base legal fundamentada na Lei Nacional do Gerenciamento Costeiro (Lei 7.661/88). Este plano estabelece normas gerais visando à gestão ambiental da Zona Costeira do país, lançando as bases para a formulação de políticas, planos e programas estaduais e municipais (GRUBER *et al.*, 2003).

O PNGC II e os demais instrumentos estabelecidos de gerenciamento costeiro são coordenados pelo Ministério do meio Ambiente, Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental e, também, pela Diretoria de Qualidade Ambiental e do Ar (SCHERER, SANCHES e NEGREIROS, 2009).

Em 2006, quando aconteceu o Encontro Nacional de Gerenciamento Costeiro (ENCOGERCO), houve a adoção de um ciclo de debates denominados Cidades Costeiras Sustentáveis, objetivando a fomentação de discussão sobre a gestão costeira em território

brasileiro, assim como para a extração de subsídios e, também, para a revisão do PNGC II (Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro).

Segundo BARRAGÁN (1998) e MORAES (1999) um dos grandes avanços na política ambiental e costeira brasileira se deu com a Constituição Federal de 1988, que inclui a zona costeira como Patrimônio Nacional e estabelece a exigência do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) para a implantação de atividades potencialmente impactantes. Entende-se, também, que as legislações dadas ao longo da história, no que tange os aspectos legais costeiros, imputam uma estratégia de envolvimento dos três níveis de intervenção pública, propiciando mecanismos de cooperação para que haja ação articulada entre União, Estados e Municípios. Segundo Moraes (1999) a competência federal está na “coordenação, supervisão, estímulo e acompanhamento das ações descentralizadas e na articulação das iniciativas a nível federal”.

Como pontua Muehe (2003), o progressivo aumento da ocupação dos espaços costeiros e seu uso econômico com impactos, cujo resultado pode provocar degradação da paisagem e dos ecossistemas, até mesmo a inviabilização das atividades econômicas, vem despertando na sociedade e nas instituições de pesquisa a necessidade de se encontrar uma situação de proporcionalidade entre uso e preservação do meio ambiente.

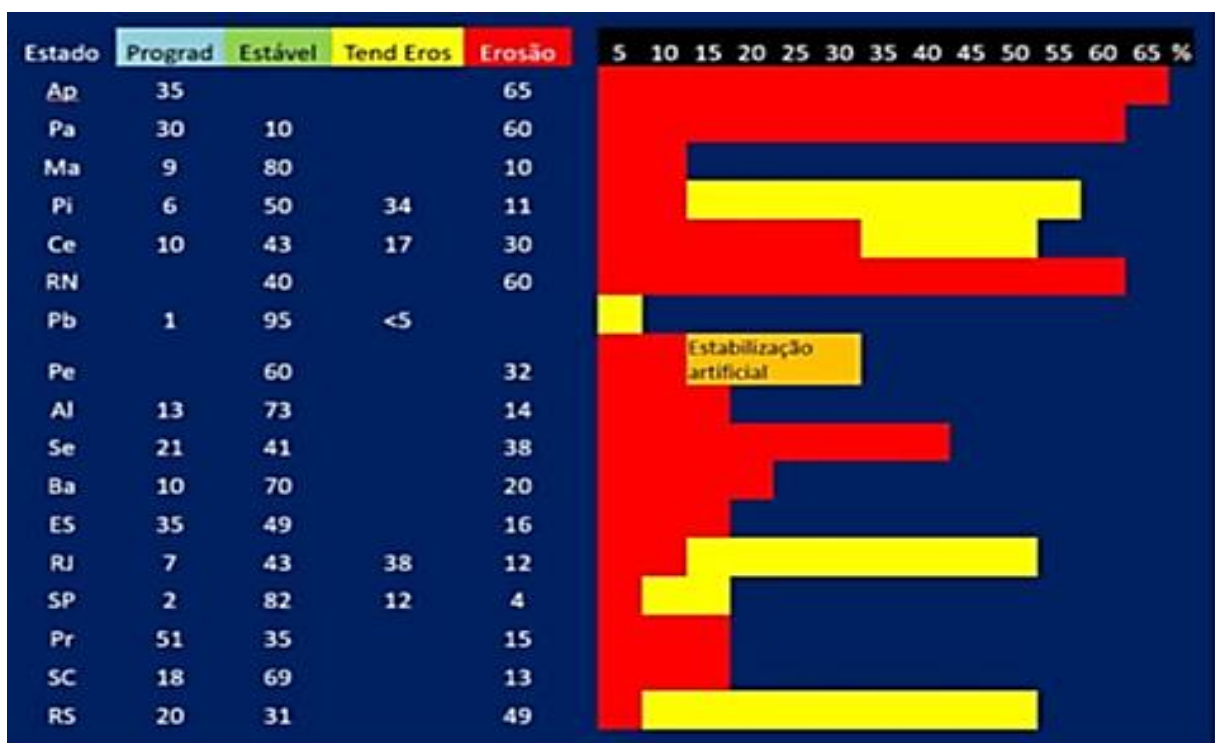
2.8 Erosão e progradação na zona costeira brasileira

O geólogo e professor da Universidade Federal de Santa Catarina, Doutor Norberto Olmiro Horn Filho, e a doutora Flavia Lins-de Barros, do Laboratório de Geografia Marinha da Universidade Federal do Rio de Janeiro, notaram grandes intensificações nos processos erosivos alterando todas as dinâmicas do litoral tanto de Santa Catarina quanto do Litoral do Rio de Janeiro. As regiões Norte e parte do Nordeste do país, segundo Dieter Muehe, no Panorama de Erosão Costeira no Brasil, lançado em 2018, encontram-se em processo erosivo em cerca de 60 a 65% da linha de costa, ao passo que, no Sudeste e Sul, apesar de menor percentual – cerca de 15%, possuem como importante ponto a ser analisado, as regiões do Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul, como explanado anteriormente: apesar de não possuírem recuo da linha de costa, há grande percentual de trechos com indicação de tendências erosivas.

O estado de transição climática em que o ambiente se encontra também é um fator decisivo para aferir nos processos de erosão e progradação na costa litoral brasileira. Com ele, encontra-se com mudança, entre outras variáveis, a taxa exponencial de elevação do nível do mar dos atuais 3 cm/década, para 6 a 12 cm/década, chegando a um aumento absoluto previsto de 50 a 100 cm até o final do século (MUEHE, 2018).

É importante frisar também que as regiões com maiores índices de erosão costeira – Norte e Nordeste – possuem maior mobilidade decorrida de inúmeros fatores que atuam tanto em conjunto como unitariamente, a exemplo da menor declividade da antepraia, maior amplitude da maré, transporte unidirecional da deriva litorânea e, também, da transferência de sedimentos para campos de dunas. Em suma, deve-se ressaltar que há, de fato, um predomínio da erosão sobre a estabilidade nas regiões Norte e parte do Nordeste, tendo também indicações de futuras instabilidades nesse aspecto também para as regiões Sudeste e Sul. A figura 2 ilustra bem a situação costeira, tanto de erosão como acresção, nos diferentes Estados do território nacional.

Figura 2 - Mobilidade da linha de costa expressa em porcentagem do comprimento total da linha de costa de cada Estado.



Fonte: Panorama de Erosão Costeira no Brasil, 2018

A instabilidade constatada e prevista para as diferentes áreas litorâneas do Brasil a fora, ao longo dos anos, estudada por diferentes grupos – grupos estes que, ao realizarem levantamentos nos diferentes Estados não conseguem, de fato, constatar uma mudança sensível nos dados de erosão e acreção nas regiões litorâneas, se comparando dados posteriores aos mais recentes: logo, as áreas sob significativo processo erosivo continuam mantendo a tendência abordada anteriormente, com predomínio da erosão sobre quaisquer ações reversas levadas a estabilidade, com exceção do Ceará e Pernambuco, visto o aumento da intensificação erosiva em ambos os estados. Neste, o incremento da erosão tem sido estabilizado por obras de intervenção (MUEHE, 2018). No Sudeste e no Sul, mesmo que sutil, houve piora, parte devido à inclusão de trechos ainda resilientes, mas com sinais de agravamento da erosão por ocasiões de ressacas (MUEHE, 2018).

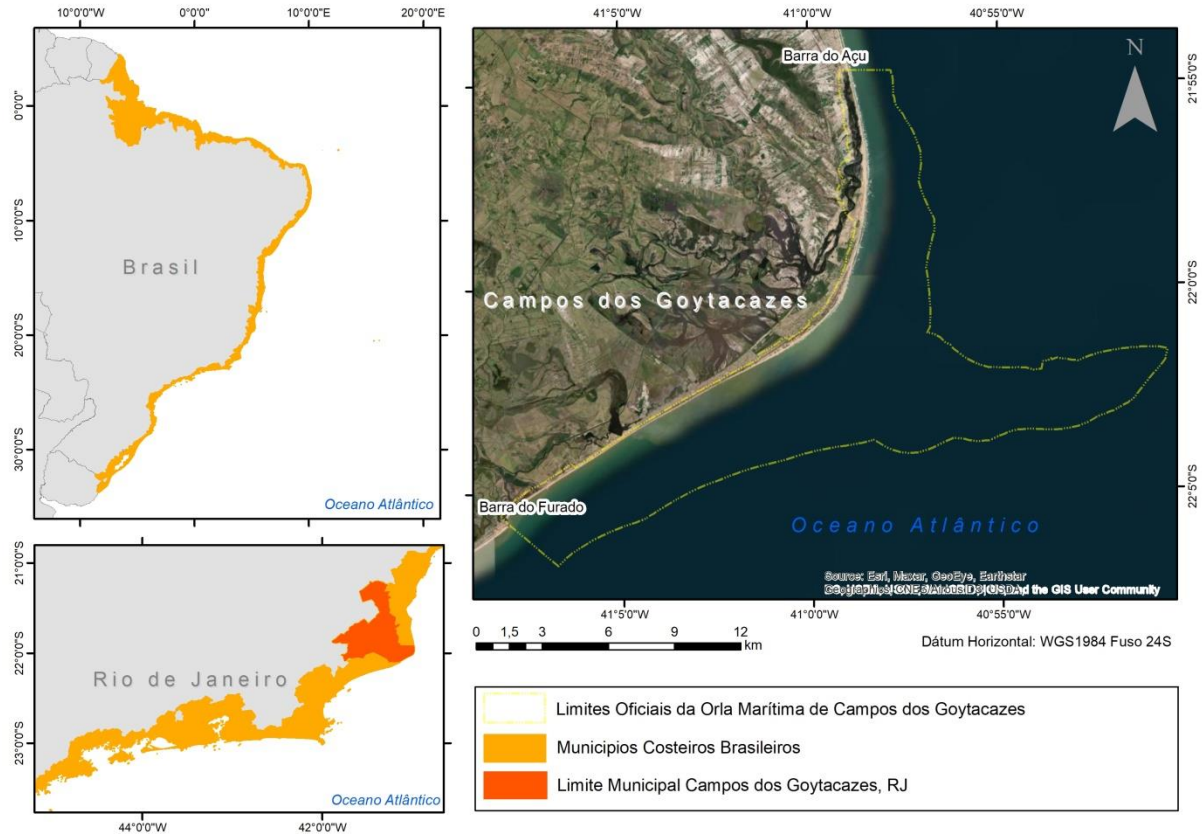
3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo

De acordo com Gomes (2021) o litoral que se estende desde o rio Itabapoana ao rio Macaé tem como a principal feição a extensa planície costeira e a feição deltaica protuberante do rio Paraíba do Sul, também chamado de Complexo Deltaico do Rio Paraíba do Sul (CDRPS) cuja evolução está associada a processos tipicamente fluviais e marinhos, com destaque para a sedimentação do rio Paraíba do Sul e os efeitos das oscilações do nível do mar durante o período Quaternário (ROCHA, 2013). A cidade Localiza-se no Norte do estado do Rio de Janeiro e sua região litorânea deve ser compreendida como um conjunto de ambientes sedimentares com destaque aos sistemas de planícies de cristas de praia, formadas tanto no pleistoceno, portanto mais antigas, ao sul, quanto no holoceno, portanto mais recentes, junto ao curso fluvial atual.

Mais precisamente junto à borda oceânica do extenso conjunto de planícies flúvio-lagunares que se insere a área de estudo selecionada para este trabalho. O segmento de aproximados 28 km de linha de costa inserido dentro dos limites do município de Campos dos Goytacazes é contínuo, sem interrupções da faixa de areia por nenhum tipo de feição ou estrutura, seja natural ou artificial. Estende-se ao sul, desde o Canal das Flechas até o limite norte nas proximidades de uma barra fluvial permanentemente fechada denominada Barra do Açú (Figura 3).

Figura 3. Localidade da cidade de Campos dos Goytacazes - RJ e os Limites oficiais da orla marítima;



Fonte: PGI (2015), elaborado pelo autor

A planície costeira adjacente à orla do município de Campo dos Goytacazes faz parte da Bacia Sedimentar da Baixada Campista, no domínio geomorfológico das planícies fluviais e flúvio-marinhas. São terras baixas, com amplitudes topográficas inferiores a 20 metros e declividades abaixo de 3%. Essas características conferem a esta área uma rede hídrica complexa, composta majoritariamente por brejos e alagados (FIRMINO, 2021), com destaque para um canal que corre paralelo à linha de costa que remonta ao fluxo do antigo rio Iguaçu, hoje "esquartejado" na paisagem (SOFFIATI, 2020).

São encontrados dois tipos de solos, um areno-argiloso (neossolos) e o outro argilo-siltoso (gleissolos). Os fatores edáficos que regulam esse solo condicionam uma vegetação de influência fluvial/lacustre e de influência marinha com cobertura herbácea. A fitofisionomia local é potencial habitat de espécies adaptadas às lagoas de restinga do Bioma da Mata

Atlântica, que pode incluir uma variedade de espécies faunísticas e florísticas. (FIRMINO, 2021)

As características sedimentares desta porção do litoral encontram-se sob influência da sedimentação fluvial promovida pelo rio Paraíba do Sul que deposita sedimentos junto ao oceano, sobretudo pelo predomínio do vento Nordeste e das ondas (vagas) geradas, há o transporte das areias majoritariamente para sul, sendo estas as fontes das areias médias e grossas que recobrem a faixa costeira do município e as lamas (compostas por siltes e argilas) que recobrem a porção submarina adjacente (BULHÕES et al. 2016). Adicionalmente há uma inversão do transporte litorâneo na porção sul do litoral do município, por ocorrência de ondas fortes do quadrante Sul e Sudeste que acabam por convergir os fluxos para justamente a zona mais protuberante do litoral, formando o chamado Cabo de São Tomé.

Os aspectos climáticos e oceanográficos na escala regional permitem compreender a dinâmica sob a qual este segmento litorâneo está sujeito assim como os aspectos gerais dos processos costeiros junto à orla marítima. Souza et al. (2015) indicam que para o litoral norte fluminense os ventos sopram com velocidades médias entre 4 e 13 m/s majoritariamente partindo das direções entre Nor-Nordeste e Sul. Já quanto ao clima de ondas as alturas significativas médias são de 1,6 m, provenientes majoritariamente das direções entre o Leste e o Sul, resultados concordantes com estudos anteriores como Souza (1988), Bastos e Silva (2000) e Pinho (2003). Ainda de acordo com Souza et al (2015) e Amorim e Bulhões (2017) tal segmento do litoral está sujeito à passagem de aproximadamente 6 eventos mais intensos de ondas (ressacas) por ano e durante essas condições tais eventos têm duração média de 36 horas com altura das ondas acima de 3,2 m provenientes do quadrante Sul.

Ainda para o segmento do litoral em questão, há uma compartimentação nas condições dinâmicas evidenciada a partir dos trabalhos de Cassar e Neves (1993) e Gonçalves e Silva (2005), ao sul do cabo de São Tomé o transporte residual de sedimentos é para o norte e ao norte do cabo o transporte residual é para o sul. Considerando as condições do ataque de ondas, características granulométricas e formato dos perfis de praia, Ribeiro et al. (2016) calcularam que as condições morfodinâmicas variam, no sentido norte-sul da linha de costa, entre intermediárias e refletivas, e tais resultados corroboram o que foi identificado por Bastos e Silva (2000).

3.2 Dados de Erosão e Acreção

As informações utilizadas para os resultados neste trabalho foram extraídas da base de dados produzida por Luijendijk et al. (2018) e disponibilizada através da ferramenta *Aqua Monitor*¹. Os autores utilizaram o acervo de imagem dos satélites Landsat entre 1984 e 2016 para calcular o deslocamento e da linha de costa na escala global. A partir dessas imagens e de rotinas automatizadas foram detectadas a posição da linha de costa e foram também produzidos perfis (transectos) espaçados a cada 500 metros ao longo da linha de costa global o que permitiu ainda produzir, para cada perfil, um gráfico que possibilitou acompanhar a posição da linha de costa, duas vezes ao ano, e calcular as tendências positivas (acreção em direção ao oceano) e negativas (erosão em direção ao continente) do deslocamento da linha de costa. A partir disso os autores elaboraram uma chave de classificação conforme a Tabela 2.

Quadro 2. Chave de Classificação das taxas de deslocamento da linha de costa.

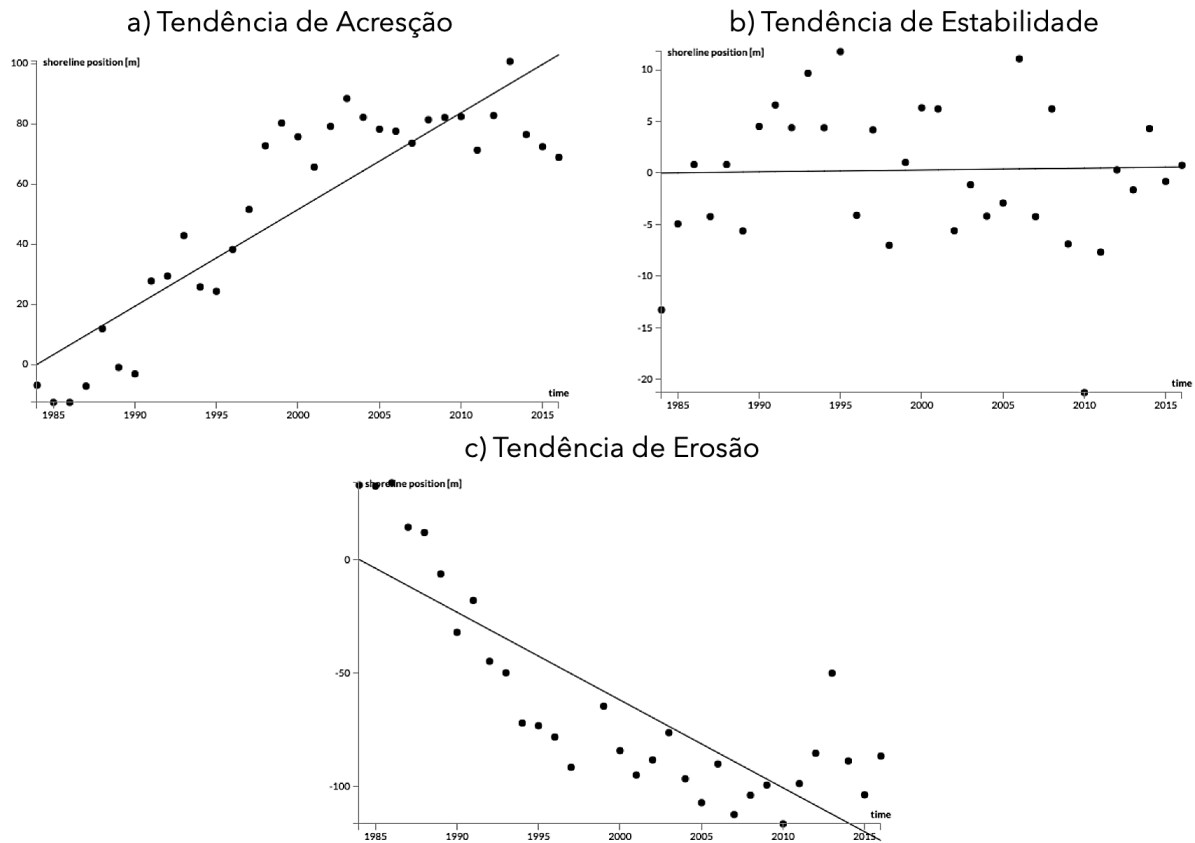
Situação	Taxa de Deslocamento da Linha de Costa entre 1984-2016
Acreção	> 0,5 metros por ano
Estabilidade	-0,5 a 0,5 metros por ano
Erosão	-1,0 a -0,5 metros por ano
Erosão Intensa	-3,0 a -1,0 metros por ano
Erosão Severa	-5,0 a -3,0 metros por ano
Erosão extrema	< -5,0 metros por ano

Fonte: Luijendijk et al 2018.

A Figura 4 exemplifica respectivamente os gráficos representativos das tendências de acreção (a), estabilidade (b) e erosão (c), conforme exemplos ao longo da linha de costa da área de estudo, extraídas da ferramenta *Aqua Monitor*. Cada ponto no gráfico representa uma detecção da posição da linha de costa e as distâncias em metros do eixo vertical representam a posição de cada ponto relativo a uma detecção anterior.

¹ <https://aqua-monitor.appspot.com/?datasets=shoreline>

Figura 4. Exemplos de informações extraídas da ferramenta *Aqua Monitor*



Fonte: Luijendijk et al 2018

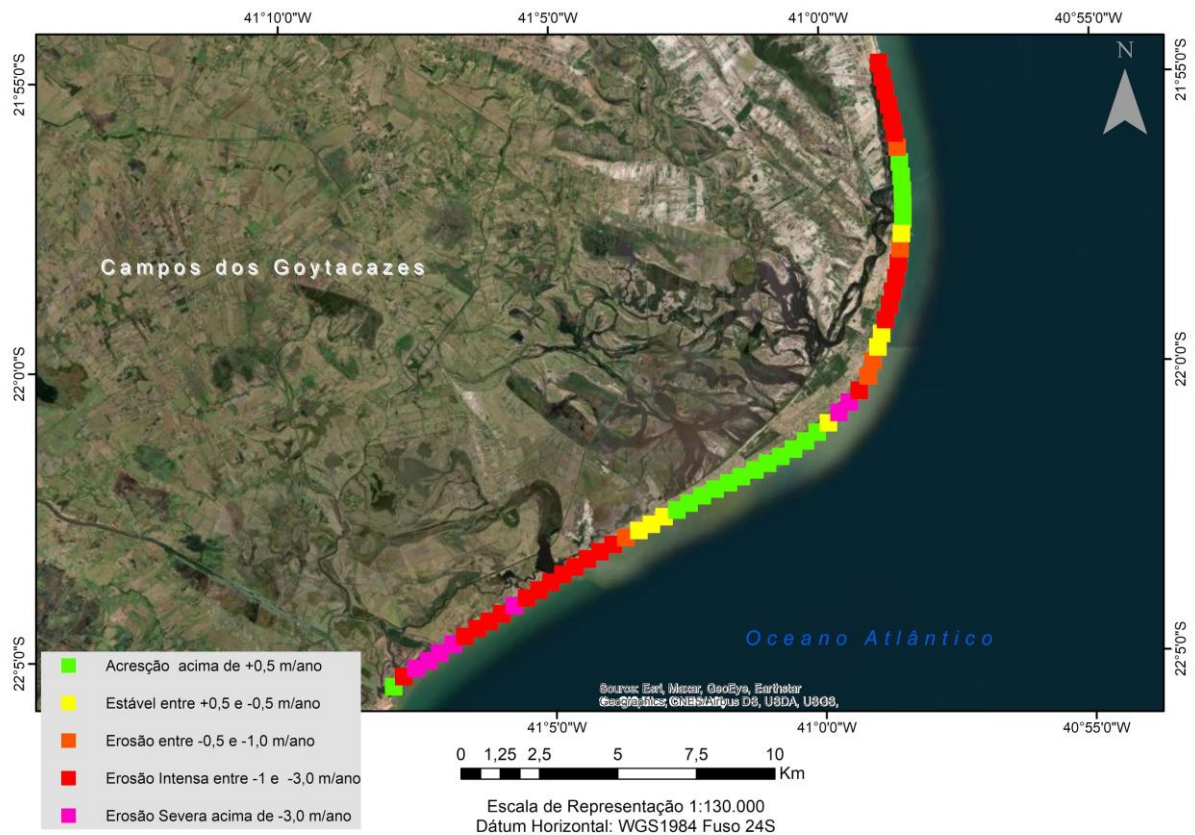
Para a área de estudo foram extraídos e analisados 61 perfis de mobilidade da linha de costa, situados entre os limites sul e norte da linha de costa do município, e suas respectivas informações de posição geográfica, taxas de tendência de mobilidade anual da linha de costa e desvio padrão. A distribuição foi analisada utilizando o programa ArcMap e outras informações foram calculadas utilizando o Google Planilhas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição dos 61 perfis de análise da tendência de movimentação da linha de costa em Campos dos Goytacazes pode ser observada nos pontos coloridos da Figura 5. Os perfis foram categorizados entre: **Acréscão** quando a taxa de mobilidade apresenta uma tendência positiva acima de 0,5 metros por ano; **Estável** quando a taxa de mobilidade no período apontou uma tendência entre 0,5 e -0,5 metros por ano; **Erosão** foi a classificação

dada quando as taxas apontam tendência negativa a partir de -0,5 até -1,0 metros por ano; **Erosão Intensa** quando a tendência de recuo da linha de costa no período situou-se entre -1,0 até -3,0 metros por ano e; **Erosão Severa** foi a classificação atribuída quando as taxas de recuo anual da linha de costa foram da ordem superior a -3,0 metros por ano.

Figura 5. Distribuição das tendências de mobilidade da linha de costa em Campos dos Goytacazes, RJ.



Fonte: Elaborado pelo autor e pelo orientador a partir de dados de Luijendijk et al. 2018

Considerando a distribuição e as taxas apontadas pelos 61 perfis transversais analisados, 28% (n=17) deles representam áreas em acreção. Projetada na linha de costa, isto corresponde a 8,5 km e a taxa média de acreção é de 2,0 metros por ano, sendo a taxa máxima de 7,5 metros por ano e a mínima de 0,8 metros por ano. O desvio padrão médio é de 0,3 metros por ano. As áreas representadas em verde destacadas na Figura 5 apontam uma concentração destes perfis de acreção no segmento central da linha de costa do município, justamente na área de maior densidade do núcleo urbano, e outro segmento na porção ao norte do município, dentro dos limites do PELAG - Parque Estadual da Lagoa do Açú.

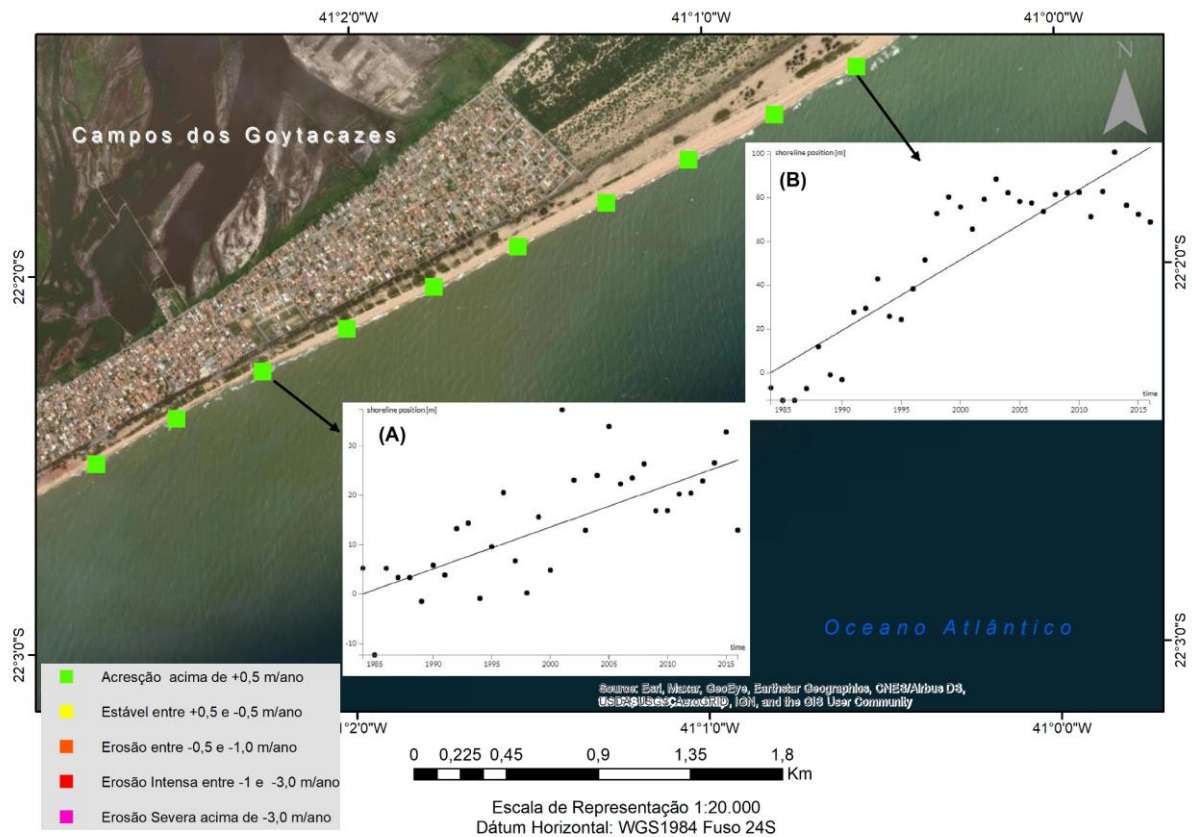
Ainda considerando a Figura 5 as áreas em estabilidade estão destacadas pela cor amarela e, dentro do conjunto de informações analisadas, representam 13% (n=8) da linha de costa da área de estudo, o que equivale a trechos somados de 4 km. A taxa média dos perfis em estabilidade é igual à zero, ou seja, não há tendência mínima nem de erosão nem de acreção. A taxa máxima é de 0,5 metros por ano e a mínima de -0,3 metros por ano. O desvio padrão médio é de 0,3. A distribuição destes perfis de estabilidade ocorre majoritariamente como segmentos de transição entre segmentos em erosão e de acreção.

Os perfis que representam segmentos erosivos somam 59% (n=36) da orla do município de Campos dos Goytacazes, o que corresponde a aproximadamente 18 km. No entanto, a chave de classificação elaborada por Luijendijk et al. (2018) e adotada neste trabalho permite subdividi-los em graus de intensidade que, de forma crescente, são: erosão, erosão intensa e erosão severa. Os perfis que representam segmentos em erosão, com tendências negativas do deslocamento da linha de costa entre 0,5 e 1,0 metros por ano perfazem 7% do total (n=4) e a taxa média nesses segmentos é de -0,8 metros por ano, tais perfis estão representados na cor laranja no mapa da Figura 5 e correspondem somados, a cerca de 2 km da orla municipal. Os perfis que representam erosão intensa apontam tendências negativas no deslocamento da linha de costa entre 1,0 e 3,0 metros por ano e os mesmos perfazem 41% (n=25) do total. A taxa média destes perfis é de um recuo na ordem de -2,1 metros por ano, com máxima de -3,0 e mínima de -1,1 e se referem a segmentos, representados pela cor vermelha na Figura 5 e que, somados, correspondem a aproximados 12,5 km da orla do município. Já os perfis que representam o nível mais forte, erosão severa, em que as taxas de erosão superam os 3,0 metros por ano, perfazem 11% (n=7) dos dados analisados e somados correspondem a um segmento de aproximados 3,5 km, concentrados, sobretudo, na porção ao sul da orla do município e representados na cor lilás no mapa da Figura 5. Nestes casos, as taxas médias de erosão severa são de -3,5 metros por ano, sendo a máxima de -4,1 e mínima de 3,1 metros por ano com desvio padrão médio de 0,4.

Cabe destacar exemplos de cada uma das situações expostas e, para tal, a Figura 6 apresenta dois gráficos que correspondem a perfis de acreção. Ambos representam o segmento central da orla do município, trecho de urbanização mais consolidada, onde, de acordo com os dados do censo de 2010, grande maioria dos 10.161 residentes do litoral vive na área mais central da zona costeira de Campos (GOMES, 2021). Dentro do mapa da Figura 6, o gráfico representado pela letra (A) corresponde a um perfil cuja taxa média de acreção é de +0,8 metros por ano. Observa-se que os pontos, conforme já dito, correspondem a posições da linha de costa detectadas ao longo do período entre 1984 e 2016 e que as mesmas

chegaram a variar entre a posição -12m (em 1985) até a posição +40m (em 2001). De uma forma geral é bem clara a tendência positiva da linha de ajuste e, no intervalo de aproximados 30 anos, o deslocamento foi positivo em aproximadamente 25 metros.

Figura 6. Acreção como tendência de mobilidade da linha de costa em Campos dos Goytacazes, RJ.



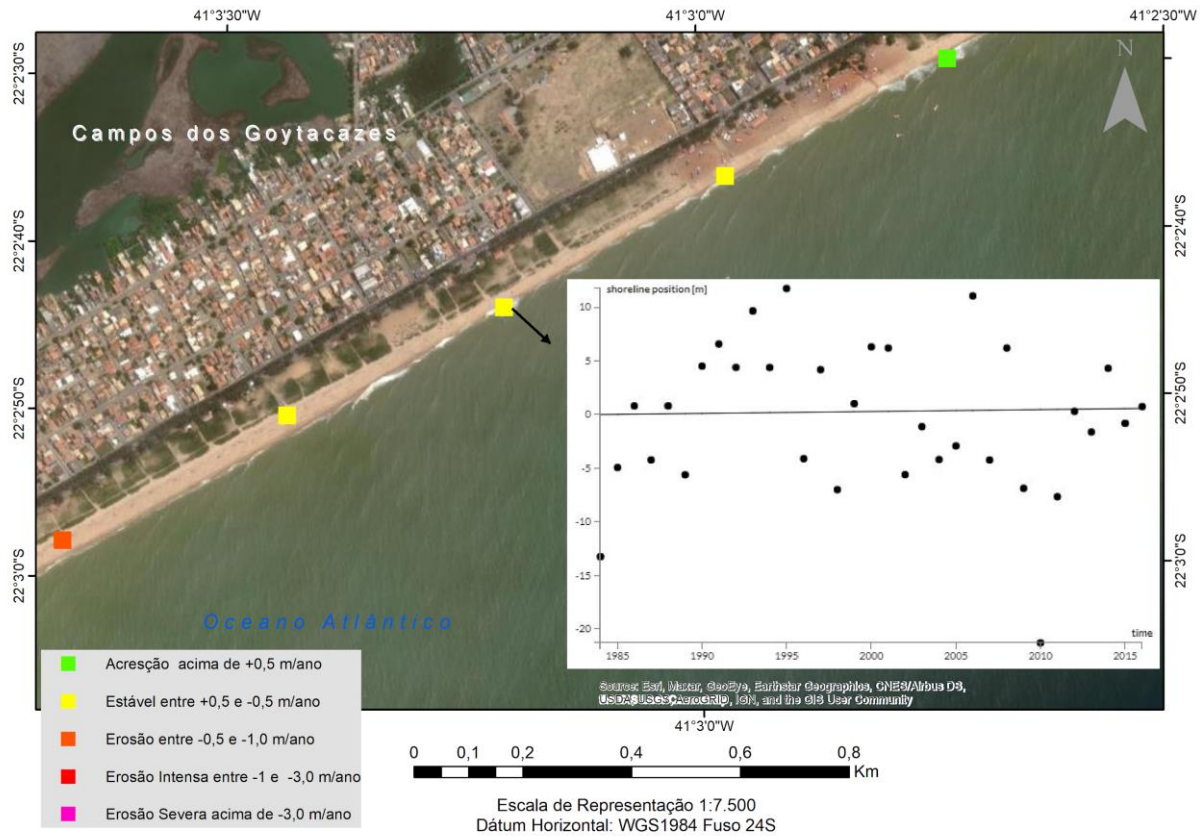
Fonte: Elaborado pelo autor e pelo orientador a partir de dados de Luijendijk et al. 2018

Já o gráfico destacado com a letra (B), ainda na Figura 6, representa um perfil na localidade conhecida como Restinga do Xexé, área preservada e sem ocupações na "frente de praia". Em tal posição, a taxa de acreção ao longo do período analisado foi de 3,2 metros por ano, com o crescimento bastante concentrado entre os anos de 1984 e 2008 no qual o deslocamento positivo da linha de costa foi de aproximadamente 80 metros. Deste último ano em diante nota-se uma tendência de estabilização no deslocamento da linha de costa.

A situação de estabilidade pode ser exemplificada a partir do perfil destacado no gráfico que compõe a Figura 7. Tal destaque foi extraído também na porção central da orla do município, nas proximidades do terreno da Marinha do Brasil onde se situa o Farol de São

Thomé. A taxa de mobilidade para este segmento, no intervalo de 30 anos dos dados, é zero, e a linha de tendência é horizontal.

Figura 7. Estabilidade como tendência de mobilidade da linha de costa em Campos dos Goytacazes, RJ.

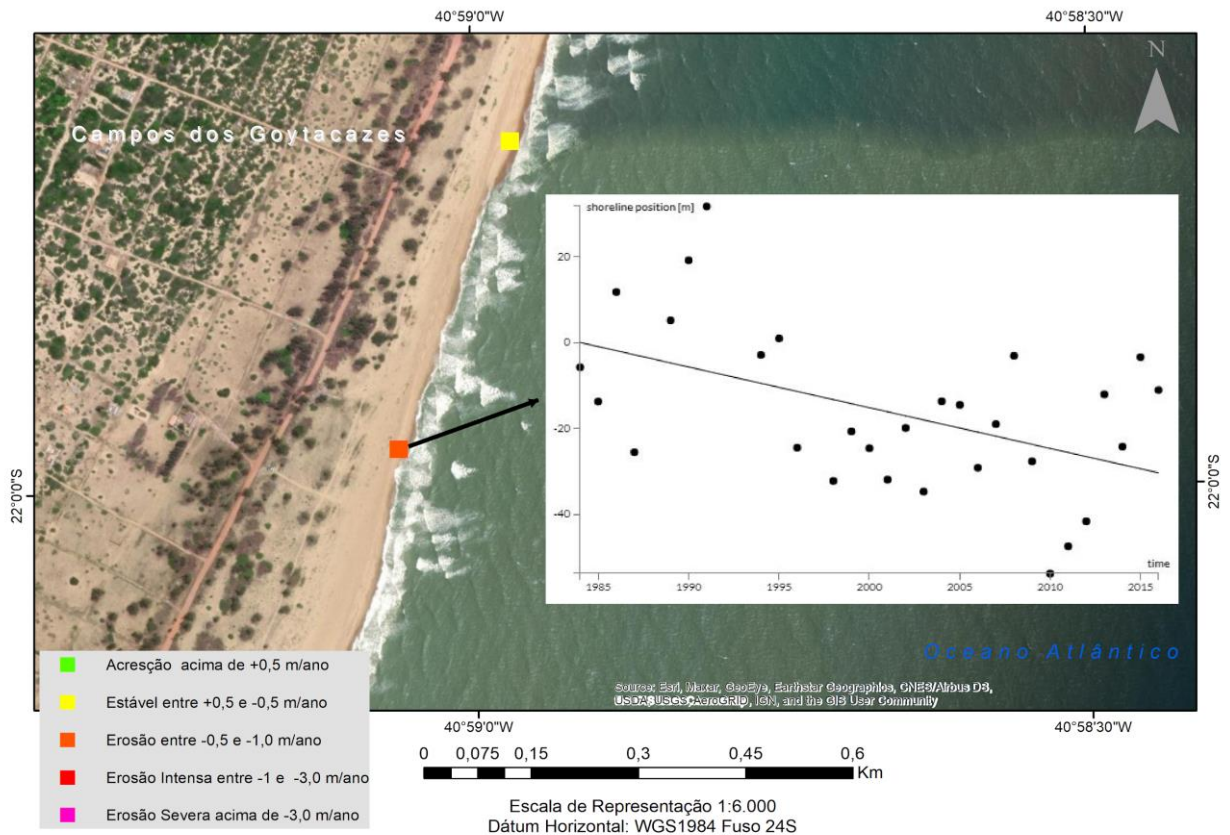


Fonte: Elaborado pelo autor e pelo orientador a partir de dados de Luijendijk et al. 2018

No entanto, nota-se que os pontos dentro do gráfico indicam posições variantes da linha de costa oscilando entre aproximadamente - 13 metros e + 11 metros em relação ao zero local. Isso prova que sazonalmente ou interanualmente existem sim taxas de mobilidade da linha de costa que respondem basicamente ao transporte de areia produzido por ondas, sobretudo em eventos de alta energia, conforme já destacaram Bastos e Silva (2000) para este trecho do litoral norte fluminense.

A situação de erosão ao longo da orla do município de Campos dos Goytacazes, de acordo com a chave de classificação adotada neste trabalho, ocorre em três níveis de intensidade e o primeiro deles pode ser exemplificado na Figura 8. Tal exemplo foi extraído de uma posição ao norte da linha de costa do município, em áreas sem ocupação. Neste perfil, a taxa de erosão média foi de 0,9 metros por ano e a linha de tendência do gráfico é bem clara em relação a isto.

Figura 8. Erosão como tendência de mobilidade da linha de costa em Campos dos Goytacazes, RJ.

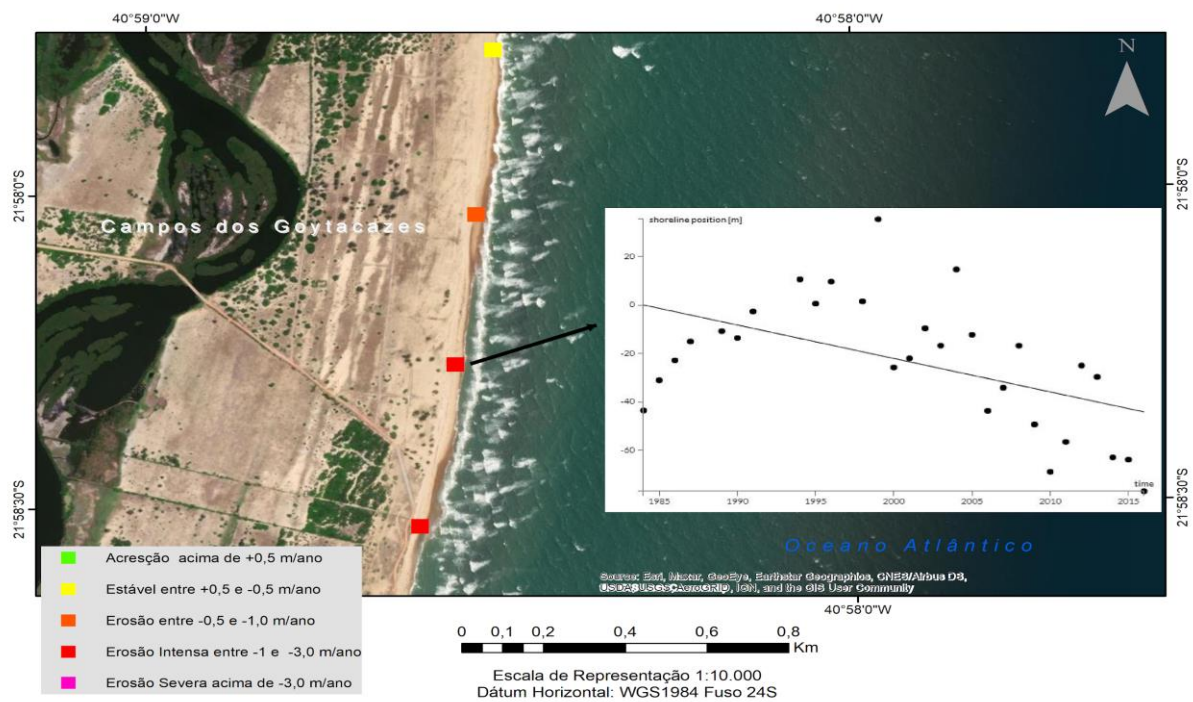


Fonte: Elaborado pelo autor e pelo orientador a partir de dados de Luijendijk et al. 2018

Os pontos dentro do gráfico na Figura 8 que apontam a detecção comparativa do deslocamento da posição da linha de costa mostram que a mesma variou da posição +30 em 1991 para a posição -50 no ano de 2010 e esses são os extremos no conjunto de dados. Considerando todo o período, o deslocamento erosivo foi de aproximadamente 30 metros, com períodos de relativa estabilidade entre os anos de 1995 e 2009.

Os perfis que indicam a condição de erosão intensa, com taxas de recuo da posição da linha de costa entre -1,0 e -3,0 metros por ano, representam a maior parte da situação da orla marítima do município. Tal condição perfaz 41% (n=25) da base de dados analisada. Isso representa aproximadamente 12,5 km da linha de costa e a taxa média de erosão intensa é de -2,1 metros por ano, com máximas e mínimas de, respectivamente, -3,0 e -1,1. A Figura 9 apresenta um exemplo de perfil em erosão intensa na porção norte da orla onde a taxa média de erosão foi de 1,4 metros por ano quando considerado todo o intervalo entre 1984 e 2016.

Figura 9. Erosão Intensa como tendência de mobilidade da linha de costa em Campos dos Goytacazes, RJ.



Fonte: Elaborado pelo autor e pelo orientador a partir de dados de Luijendijk et al. 2018

Trata-se de um dos trechos do litoral onde não há ocupação residencial. O gráfico representativo deste perfil aponta uma tendência de acreção nos primeiros 15 anos da série (1985-2000) e depois uma tendência evidente de erosão que se fosse considerada nos últimos 15 anos da série apresentaria taxa superior a 3 metros por ano. Ribeiro et al. (2016) mostraram o resultado inicial de um monitoramento morfológico nessa posição e destacaram a ocorrência de impactos erosivos associados à ação de ondas de tempestade (Figuras 10 e 11), sobretudo dos quadrantes Leste e Sudeste. Bastos e Silva (2000) indicaram elevado índice de mobilidade da largura da praia para esta posição.

Figura 10. Erosão intensa atingindo estrada vicinal na porção norte da orla marítima de Campos dos Goytacazes e Figura 11. Erosão da base das dunas frontais resultante da ação colisional das ondas de tempestade.

10



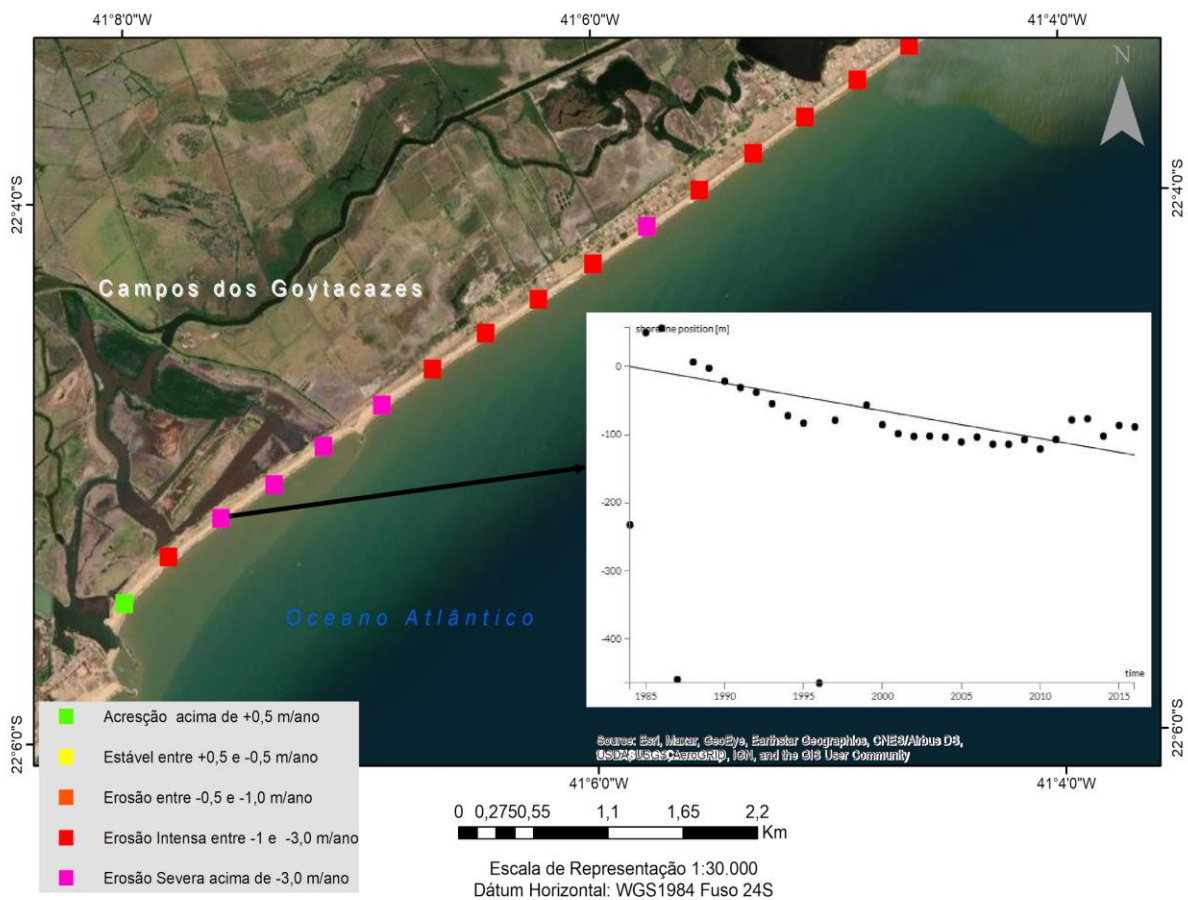
11

Fonte: Ribeiro et al (2016).

Os trechos do litoral de Campos dos Goytacazes que sofrem de forma mais forte o processo de erosão costeira situam-se basicamente na porção sul da orla marítima do município. Tais perfis classificados como Erosão Severa ocorrem ao longo de 11% (n=7) do litoral do município, ocupando um segmento estimado em 3,5 km de linha de costa. Neste

trecho a taxa média de erosão é de -3,5 metros por ano, com a máxima em -4,1 e a mínima -3,1 metros por ano. A figura 12 ilustra o principal trecho de erosão no município e a figura 13 mostra uma fotografia que compreende esse segmento e ajuda a entender as causas da erosão neste segmento.

Figura 12. Erosão Severa como tendência de mobilidade da linha de costa em Campos dos Goytacazes, RJ.



Fonte: Elaborado pelo autor e pelo orientador a partir de dados de Luijendijk et al. 2018

O perfil representativo para o trecho em erosão severa mostra uma tendência linear de erosão no período. Neste perfil a taxa de erosão é de -4,1 metros por ano com desvio padrão de 0,6m e o gráfico dentro do mapa mostra o recuo de aproximadamente 120 metros em 30 anos. Neste trecho do litoral a erosão é resultante da influência da redução do transporte litorâneo de sedimentos que é do sul para o norte (CASSAR; NEVES, 1993) e consequente retenção de materiais ao sul da obra costeira denominada guia-corrente que foi finalizada no início da década de 1980 com o objetivo de manter o canal de escoamento aberto. Desde então essa estrutura atua no realinhamento da linha de costa com acumulação ao sul (taxas de

acumulação de aproximadamente 6 metros por ano) e erosão ao norte da estrutura com taxas próximas a 4 metros por ano (Ribeiro et al. 2016; Muehe, 2018). Tal fato pode ser ilustrado pela Figura 13.

Figura 13. Realinhamento da linha de costa em resposta à redução do transporte de sedimentos junto às estruturas do canal das flechas na localidade de Barra do Furado, Quissamã, RJ.



Fonte: Eduardo Bulhões, 2019.

Além do gradual recuo erosivo causado pelo déficit de sedimentos que ficam retidos ao sul, tal segmento do litoral também sofre com impactos esporádicos do ataque de ondas de tempestade, sobretudo provenientes de da direção Sul-Sudeste que atinge essa porção do litoral com alturas de ondas de, em média, 3,2 metros, com duração média de 36 horas ocorrendo entre os meses de abril e setembro (Souza et al. 2015). Então neste trecho do litoral os impactos durante as tempestades são o de transposição de ondas (Figura 14), normalmente com o comprometimento das vias de acesso ao município (Figura 15).

Figura 14. Transposição de ondas no segmento sul da orla marítima de Campos dos Goytacazes. Figura 15. Impactos das ondas de tempestade no segmento sul da orla marítima de Campos dos Goytacazes.



14



15

Fotos: Eduardo Bulhões, 2014.

CONCLUSÕES

A partir de dados dos perfis de mobilidade da faixa de areia retirados do sistema Aqua Monitor produzido por Luijendijk no ano de 2018 e de pesquisas feitas sobre os comportamentos do litoral do município de Campos dos Goytacezes, foi possível identificar uma gama de fatores que influenciam nas características da orla marítima do município. Considerando a fatores pressões naturais e antrópicas diversas exercidas sobre a zona costeira e ainda sua importância ecológica, identificamos um cenário de que mais da metade da orla do município (59%) está sujeita a uma tendência de erosão enquanto que outros 41% estão submetidos às condições de estabilidade e acreção. É notório que em determinados pontos esse ambiente está passando por um grande processo erosivo o primeiro deles ao sul da orla, está associado ao déficit sedimentar promovido pela redução da capacidade natural de transporte sedimentar ocasionado devido à obra costeira na Barra do Furado, gerando um recuo erosivo de aproximados 7,0 km ao norte da linha de costa. Outro ponto analisado é provavelmente associado ao impacto de ondas de tempestade que podem chegar a 4,0 metros entre os meses de outono e inverno (SOUZA et al. 2015) gerando impactos colisionais na praia e na base das dunas frontais.

Em outros pontos da linha de costa observamos também áreas em estabilidade e acreção que ocorrem majoritariamente adjacentes ao segmento central da orla do município, justamente nas áreas onde há maior adensamento da ocupação residencial, ou seja, não havendo riscos as residências instaladas nas áreas não erosivas, tranquilizando a população no que tange ao comprometimento e a perda de infraestrutura pública e privada. As áreas em erosão ocorrem onde não há ocupação, na porção norte da orla municipal, ou onde a ocupação é esparsa, ao sul do município, o que de certa forma limita o planejamento de expansão do núcleo urbano. Não foram encontrados estudos específicos que justifiquem as taxas de acreção, no entanto, deduz-se que as fontes principais de aporte sedimentar é o transporte litorâneo intenso, característico do litoral norte fluminense.

A partir dos resultados, é possível contribuir diretamente em eventuais estudos sobre o litoral de Campos dos Goytacezes, sobre esses processos, despertando interesses para ações de planejamentos na gestão costeira e melhor manuseio desses locais, minimizando impactos possibilitando a expansão da malha urbana e agregando no turismo podendo assim minimizar os impactos na biodiversidade por falta de planejamento. É importante frisar que houve certa limitação no processo de levantamento de dados, pois esse trabalho foi elaborado no período da Pandemia do COVID-19, mas não impossibilitou a aquisição de informações precisas sobre o comportamento litorâneo do município.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, Aziz Nacib; HOLMQUIST, Charles. Litoral do Brasil : Brazilian Coast. [S.l: s.n.], 2001.
- AMORIM, I. B. S.; BULHÕES, E. Análise das condições sinóticas de eventos de ondas de tempestade no litoral Norte Fluminense. Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego, v. 10, n. 1, p. 253-279, 2016. DOI: 10.19180/2177-4560.v10n12016p253-279
- BASTOS, A.C.; SILVA, C.G. Caracterização morfodinâmica do litoral Norte Fluminense, RJ, BRASIL. Revista Brasileira de Oceanografia, v. 48, n. 1, p. 41-60, 2000
- BELCHIOR, Constança. Gestão Costeira Integrada - Estudo de Caso do Projeto ECOMANAGE na Região Estuarina de Santos - São Vicente, SP, Brasil. 2008. Dissertação de Pós-Graduação - Ciência Ambiental - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt-br>>
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil – Brasília: MMA, 2008.
- BULHÕES, E.; KLOTZ, S.K.V.; MOTA, I.S.A.; TAVARES, T. C.; SANGUEDO, J. B.; CIDADE, C.A.S. Projeto de gestão integrada da orla marítima. A experiência do município de Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil. Revista Sociedade e Natureza, v. 28, n. 2, p. 285-300. <https://doi.org/10.1590/1982-451320160208>
- CASSAR, J.C.M.; NEVES, C.F. Aplicação das rosas de transporte litorâneo à costa Norte Fluminense. Revista Brasileira de Engenharia, v. 11, n. 1, p. 81-103, 1993.
- CAVALCANTE, Juliana. Áreas Costeiras: Gestão, Problemáticas e Percepções Ambientais no Município de Areia Branca, Rio Grande do Norte, Brasil. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2018.
- CIRM - Comissão Interministerial para os Recursos do Mar. Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro II. Resolução CIRM, n 5, 3 de dezembro de 1997
- FAO - Food and Agriculture Organization. Integrated coastal area management and agriculture, forestry and fisheries. Scialabba, N. (Ed.) FAO Guildelines. Environment and Natural Resources Service, Rome: FAO, 1998, 56p.

FAO - Food and Agriculture Organization. The State of Food Insecurity in the World. Monitoring progress towards the World Food Summit and Millennium Development Goals. 2004.

FIRMINO, L.A.C. Diagnóstico Geoambiental e Proposta de Planejamento: Subsídio à Gestão da Área de Proteção Ambiental do LAGAMAR. Dissertação (Mestrado em Geografia), Programa de Pós-graduação em Geografia. Universidade Federal Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2021.

GOMES, T.B. Mapeamento de Geoindicadores e Parâmetros de Qualidade Ambiental na Orla de Campos dos Goytacazes. Dissertação (Mestrado em Geografia), Programa de Pós-graduação em Geografia. Universidade Federal Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2021.

GONÇALVES, C. Z.; SILVA, C. G. Proveniência e distribuição dos minerais pesados no Complexo Deltaico do Rio Paraíba do Sul. Anais do X Congresso da ABEQUA, Guarapari, 2005.

GRUBER, N. L. S.; NICOLODI, J. L. Geografia dos Sistemas Costeiros e Oceanográficos: Subsídios para gestão integrada da zona costeira. Gravel, v. 1, n. 1, p. 81-89, 2003

JICKELLS, T.D. Nutrient biogeochemistry of the coastal zone. Science, v. 281

LAMMLE, L. Impactos de Obras Costeiras na Morfologia da Linha de Costa. O caso do Porto do Açú, Município de São João da Barra, RJ. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2018.

Lei de Gestão da Zona Costeira. Wikipedia. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Coastal_Zone_Management_Act>

LEMAY, M.H. Manejo de los recursos costeros y marinos en América Latina y el Caribe. Informe Técnico, ENV-128, BID, Washington, D.C. 1998

LUIJENDIJK; A.; HAGENAARS, G.; RANASINGHE, R.; BAART, F.; DONCHYTS, G.; AARNINKHOF, S. The state of the world 's beaches. Nature Scientific Reports, v. 8, n. 6641, 2018.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Projeto orla: guia de implementação / Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Qualidade Ambiental; Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Secretaria do Patrimônio da União – Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005, 36p.

MUEHE, Dieter (Org). Panorama da Erosão Costeira no Brasil. Brasília, 2018.

NORDSTROM, Karl F. Recuperação de praias e dunas. São Paulo: Oficina de textos, 2010. 263 p.

PINHO, U.F. Caracterização dos estados de mar na Bacia de Campos. Dissertação (Mestrado em

Engenharia) Coordenação dos Programas de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003, 137p.

PINTO, Pedro. Sistema de Apoio à Gestão de Zonas Costeiras: aplicação de um modelo para simulação do crescimento urbano no trecho Over-Mira. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciência e Sistemas de Informação Geográfica), Universidade de Nova Lisboa, Nova Lisboa, 2008.

RIBEIRO, M.G.; GOMES, T.B.; BULHÕES, E. Respostas morfodinâmicas e fisiográficas da zona costeira ao norte da Bacia de Campos frente a eventos de tempestade. Revista Tamoios, v. 12, n. 2, p.91-111, 2016.

ROCHA, T.B. A planície costeira meridional do complexo deltaico do rio Paraíba do Sul (RJ): Arquitetura deposicional e evolução da paisagem durante o Quaternário tardio. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

SOUZA, T.A.; BULHÕES, E.; AMORIM, I.B.S. Ondas de tempestade na costa Norte Fluminense. Quaternary and Environmental Geosciences, v. 6, n. 2, p. 10-17, 2015.

SOUZA, M. H. S. Clima de ondas ao norte do Estado do Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Coordenação dos Programas de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1988, 181p.

SOFFIATI, A. De Barra à Barra. A zona costeira de Campos dos Goytacazes. 1a Edição. Rio de Janeiro: Editora Autografia, 2020.

TAVARES, A.C.A; BULHOES, E.; DUQUE-ESTRADA, A.F. Distribuição de fácies sedimentares e tendências de transporte de sedimentos na enseada de Manguinhos, Armação dos Búzios, RJ. Revista de Geografia. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. especial VIII SINAGEO, n. 2, Set. 2010

UNEP - United Nations Environment Programme. Marine and coastal ecosystems and human well-being: A synthesis report based on the findings of the Millennium Ecosystem Assessment. Nairobi: UNEP, 2006, 76p.

WRI - World Resources Institute. A guide to world resources 2000-2001 - People and ecosystems: The fraying web of life. Washington DC, 2000.