



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-Não Comercial-Compártilha Igual 4.0 Internacional.

Roberto José Hezer Moreira Vervloet[✉]

Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo (IEMA/ES)
Núcleo de Estudo, Pesquisa e Extensão em Mobilizações Sociais (ORGANON-UFES)

robertovervloet@gmail.com

Pablo Merlo Prata[✉]

Departamento Estadual de Estradas e Rodagem do Espírito Santo (DER/ES)

pablomerloprata@gmail.com

Artigo recebido em:

18/07/2022

Artigo aprovado em:

03/03/2023

Artigo publicado em:

10/07/2023

Alterações geomórficas da linha de costa após implantação de terminal portuário no litoral sul do Espírito Santo, Brasil

Geomorphic activity alterations over the implementation of the Port Terminal on the South Coast of Espírito Santo, Brazil

Alteraciones geomórficas del litoral después la implantación de un terminal portuario en el litoral sur de Espírito Santo, Brasil

Modifications géomorphologiques du littoral après la mise en place d'un ensemble portuaire sur la côte sud de l'Etat de l'Espírito Santo, Brésil

RESUMO

O artigo deriva de estudo científico realizado pelo Instituto Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo objetivando analisar os processos de alteração da linha de costa na Enseada Meaípe-Maimbá, após a implantação do Terminal Portuário da Samarco Mineração em Ubu, município de Anchieta em 1977. A metodologia foi fundamentada no conjunto integrado de técnicas de sensoriamento remoto, fotointerpretação, georreferenciamento de fotografias aéreas, dados de perfis de praia e cálculo da quantidade de sedimentos aprisionados pelo método matemático dos trapézios. Também é avaliado o processo de progradação da linha de costa e o grau de influência do molhe hidráulico do terminal portuário no aprisionamento de 335.972,68 m³ de sedimentos, nos últimos 42 anos, em sua porção sul e erosão na porção norte. Esse aprisionamento interfere fortemente no balanço e distribuição de sedimentos ao longo das praias da enseada, fato esse que responde pela diminuição da faixa de areia e destruição da orla de Meaípe.

PALAVRAS-CHAVE: progradação; morfodinâmica costeira; terminal portuário; Espírito Santo; Brasil.

ABSTRACT

This paper is the result of a scientific study carried out by the State Institute for the Environment and Water Resources of Espírito Santo. It focuses on the processes of coastal alteration in the Embaiamento Meaípe-Maimbá following the construction of a port terminal in 1977 by the Samarco Mineração company in the community of Ubú, located in the coastal city of Anchieta. The methodology was based on remote sensing techniques, photointerpretation, georeferencing of aerial imagery, beach profile data and calculation of the number of accumulated sediments using the differential equation of the trapezoidal rule. The process of the progradation of the coastline and the determination of the degree of influence of the hydraulic mole of the port terminal on the accumulation of 335,972.68 m³ of sediment in the

last 42 years in its southern part and on the erosion in the northern part are also evaluated. This accumulation strongly affects the balance and distribution of sediments along the beaches of the bay, explaining the reduction of the sand strip and the destruction of the edge of Meaípe.

KEYWORDS: progradation; coastal morphodynamics; port terminal; Espírito Santo; Brazil.

RESUMEN

Este artículo tiene su origen en un estudio científico realizado por el Instituto Estadual de Medio Ambiente y Recursos Hídricos de Espírito Santo; el objetivo es analizar los procesos de alteración del litoral en el Ensenada de Meaípe-Maimbá, ocurridos después de la implantación del Terminal Portuario de la compañía Samarco Mineração en Ubú, municipio de Anchieta, en 1977. La metodología se basó en el conjunto integrado de técnicas de teledetección, fotointerpretación, georreferenciación de fotografías aéreas, datos de perfil de playa y el cálculo de la cantidad de sedimentos acumulados, mediante el método matemático de trapecios. También se evaluó el proceso de progradación del litoral y se determinó el grado de influencia que ha tenido el muelle hidráulico del terminal portuario, durante los últimos 42 años, en la acumulación de 335.972,68 m³ de sedimentos en su parte sur y en la erosión de la parte norte. Esta acumulación interfiere fuertemente en el equilibrio y en la distribución de sedimentos a lo largo de las playas de la ensenada, hecho que explica la disminución de la franja de arena y la destrucción del borde costero de Meaípe.

PALABRAS-CLAVE: progradación; morfodinámica costera; terminal portuario; Espírito Santo; Brasil.

RÉSUMÉ

L'article est issu d'une étude réalisée par l'Institut Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo (IEMA), visant à analyser les processus d'altération de ligne côtière de l'anse Meaípe-Maimbá, après la construction en 1977 du port de l'entreprise Samarco Mineração à Ubu, municipalité d'Anchieta, Espírito Santo, Brésil. La méthodologie est basée sur l'ensemble intégré de techniques de télédétection, de photo-interprétation, de géoréférencement de photographies aériennes, de données de profil de plage et de calculs de la quantité de sédiments piégés en utilisant la méthode mathématique des trapèzes. Il est aussi évalué le processus de progradation de ligne côtière et le degré d'influence de la jetée du port sur le piégeage de 335.972,68 m³ de sédiments au cours des 42 dernières années dans la partie sud et l'érosion dans la partie nord du port. On a constaté une forte interférence de ces sédiments piégés dans l'équilibre et leur distribution au long des plages de l'anse, un fait qui explique la diminution de la bande de sable et la destruction du bord de mer de la plage de Meaípe.

MOTS-CLÉS : progradation de plages ; morfo-dynamique côtière ; port industriel ; Espírito Santo ; Brésil.



Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia e do Departamento de Geografia da UFES

Volume 3, n. 36
Julho-Dezembro, 2023
ISSN: 2175-3709

INTRODUÇÃO: A NATUREZA DO PROBLEMA

A Zona Costeira se caracteriza pelo conjunto integrado de ambientes que possuem um equilíbrio frágil em relação às alterações e intervenções oriundas da instalação de obras de engenharia, a exemplo de estruturas portuárias. Dificilmente um projeto de intervenção desse tipo, executado nesse ambiente, finaliza sem agravar ou intervir o mínimo possível no equilíbrio dinâmico da morfodinâmica costeira. Na maioria dos casos, há aumento de processos erosivos de um lado e incremento de sedimentação de outro, ou seja, com retrogradações e progradações que ocasionam alterações na própria linha de costa, especialmente na morfologia e morfodinâmica do sistema praia planície.

Dentre os resultados dessas ações, encontram-se consequências diretas nos espaços urbanos situados nessas zonas, ocasionando problemas socioambientais de custos elevados para a sociedade. Comunidades pesqueiras, zonas turísticas, populações costeiras e espaços de preservação e de uso público são exemplos de setores diretamente afetados (HOFMANN, 2015; ROBERT MORAES, 1999).

A instalação de obras de engenharia para construção de terminais portuários, muitas vezes demanda a construção de molhes, píeres, quebra-mares, dentre outras estruturas que, em grande parte dos casos, interferem no balanço de sedimentos sustentado pelos processos de deriva litorânea, com prograda-

ção e/ou retrogradação da costa, a depender da direção dessa deriva (LÄMMELE; ROSA; BULHOES, 2017; VIEIRA; PINTOBEIRA; SOUZA, 2007; XIMENEZ NETO; MORAIS; PINHEIRO, 2018; LIMA BARRA, 2015; PROCOSTA, 2018; ALFREDINI; ARASAKI, 2014; MAGINI *et al.*, 2011; MARQUEZ, 2009; MELO; GONZALEZ, 1995).

O papel da deriva litorânea na construção de planícies, deltas e manutenção das praias é tema bem estudado pela literatura e, em grande parte das obras realizadas na costa, tem-se como resultado o aprisionamento de sedimentos próximos a essas estruturas, com efeitos na dinâmica da deriva litorânea, no balanço positivo e na distribuição dos sedimentos ao longo das praias (DOMINGUEZ; BITTENCOURT; MARTIN, 1981a, 1982b; DOMINGUEZ, 1982; DOMINGUEZ *et al.*, 1982), (WRIGHT; SHORT, 1984; WRIGHT; SHORT; GREEN, 1985; HOEFEL, 1998; BIRD, 2008), (ADDAD, 1997; DAVIDSON-ARNOTT, 2010). A solução, frequentemente adotada, tem sido utilizar dinheiro público para realizar programas de “recuperação” de praias impactadas por empresas privadas, por meio de projetos de “engordamento” elaborados com sedimentos de ambientes próximos, como é o conhecido caso da Praia de Camburi, em Vitória, impactada pelo Porto de Tubarão da Vale, nos anos 1970. Entretanto, essa solução tem apresentado sérios pro-

blemas geomórficos em termos de busca de equilíbrio dinâmico nos processos costeiros, pois se trata de projetos que não podem ser aplicados em todos os casos, somente em situações específicas e muito bem planejadas (SWART, 1991; KANA; MOHAN, 1998; HANSON *et al.*, 2002).

O sistema praia planície é considerado um dos principais ambientes da Zona Costeira e, segundo o art. 10 da Lei nº 7.661/88, as praias são consideradas como espaços públicos de uso comum, tendo que ser assegurado, a todos os cidadãos, o livre e amplo acesso ao mar em qualquer direção e sentido, sendo, neste contexto, territórios de proteção especial. Portanto, tratam-se de espaços de uso público que precisam ser preservados como bem de uso comum, pressupondo ao Poder Público atuar, sempre que se fizer necessário, no sentido de garantir todos os processos físicos e biológicos responsáveis pela manutenção da originalidade de sua paisagem.

Em Guarapari, no Espírito Santo, na área que denominamos como Enseada Meaípe Maimbá, as praias vêm sofrendo processos de progradação e retrogradação que fogem aos mecanismos geomórficos naturais de manutenção desses ambientes, onde foi instalado o Terminal Portuário de Ubu. Esse terminal é de propriedade da empresa Samarco Mineração S.A. e foi construído para exportação de *pellets* de ferro, explorados no Quadrilátero Hídrico¹ de Minas Gerais.

As referidas praias têm sido fortemente impactadas

por mudanças em seu equilíbrio dinâmico e balanço de sedimentos pelos processos de deriva litorânea, com deposição de sedimentos em uma ponta e erosão costeira em outra, como bem salientado por Albino *et al.* (2016) e Albino *et al.* (2018). Tais mudanças vêm interferindo diretamente na preservação desse espaço de uso público muito utilizado pela comunidade turística e pelo comércio local. Recentemente, o governo do Espírito Santo aprovou uma ordem de serviço para obras de engordamento, dragagem, aterro hidráulico e enrocamento na praia de Meaípe, no valor de R\$ 67 milhões, a serem pagos com dinheiro público, para recuperação de uma praia impactada diretamente pelo terminal de uma empresa privada. Dessa forma, além da empresa não arcar com os custos da recuperação, são transferidos para a sociedade os custos ambientais e problemas geomorfológicos ocasionados por esses terminais privados.

Para analisar as alterações que esse terminal ocasiona na área da Enseada Meaípe Maimbá foi realizado um estudo científico por técnicos do Instituto Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo (IEMA, 2019), com o objetivo de caracterizar os processos geomorfológicos e de alteração da linha de costa na área da enseada, originados da implantação desse terminal. Este estudo avaliou a progradação da linha de costa (pós-terminal) e a determinação do grau de influência do molhe hidráulico do terminal portuário,

1. Em oposição ao termo "Quadrilátero Ferrífero" popularizado pelas empresas de mineração de forma estratégica e política, preferimos utilizar o termo "Quadrilátero Hídrico" como é utilizado pelos movimentos sociais, populações locais e cultura local, em referência à riqueza hídrica e paisagística dessa região.



Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia e do Departamento de Geografia da UFES

Volume 3, n. 36
Julho-Dezembro, 2023
ISSN: 2175-3709

com foco no aprisionamento de sedimentos em sua porção norte. Isso possibilitou, de certa forma, investigar melhor o grau e magnitude das alterações da morfologia e morfodinâmica das praias presentes na área.

Neste trabalho, o aprisionamento de sedimentos é entendido como o processo de confinamento desses em um setor, de modo a não ficar mais disponível ao balanço sedimentar do sistema praia. Após deposição, esse material sedimentar não retorna aos processos de deriva litorânea, devido ao seu confinamento em um dado setor. O cálculo de estimativa da quantidade de sedimentos aprisionados no setor sul foi realizado por meio da técnica matemática dos trapézios.

LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo corresponde à região denominada de Enseada Meaípe Maimbá, nos municípios de Guarapari e Anchieta. O acesso se dá pela Rodovia ES-060 (Rodovia do Sol), no trecho entre os distritos de Meaípe e Ubu. Esse trecho costeiro possui aproximadamente 10km de extensão, sendo delimitado ao norte e ao sul por dois promontórios, o de Meaípe e Ubu, respectivamente, conforme Figura 1.

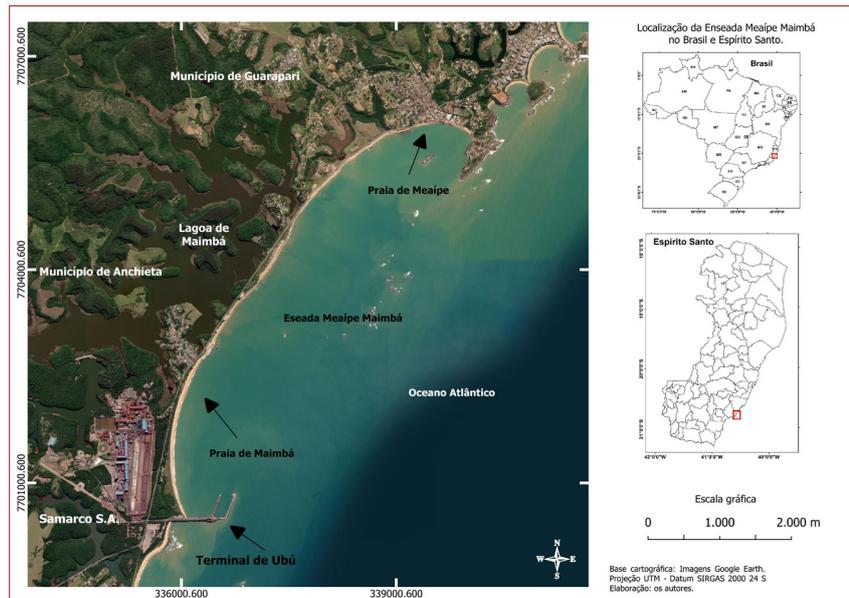
Duas praias ocorrem na enseada, a de Meaípe e a de Maimbá, que, além dos moradores locais, recebem grandes contingentes de turistas que fazem uso público desse balneário para atividades de recreação e lazer nos meses

de verão. O comércio e a população local dependem desse contingente turístico que responde pela dinamização sazonal da economia regional.

Conforme a descrição de Albino, Jiménez e Oliveira (2016), análise de Albino, Girardi e Nascimento (2006) e Albino *et al.* (2018), essa enseada se caracteriza pela presença de colinas esculpidas em rochas cristalinas pré-cambrianas e planícies sedimentares neogênicas alternadas, formando praias e planícies costeiras descontínuas. Na classificação de Wright e Short (1984), a praia de Meaípe apresenta estágios que vão de refletiva a intermediária, ao passo que na praia de Maimbá há predomínio do estágio intermediário.

Há presença de pequenos cordões litorâneos estreitos sob efeito de transposição das ondas, dunas transversais, praias intermediárias e substrato horizontal recoberto por concreções lateríticas em alguns pontos. Observa-se ainda a ocorrência de pequenos arcos de praia e a presença de falésias ativas, precedidas de praias com pequenas ilhas e terraços de abrasão presentes na porção central dessa enseada (ALBINO *et al.*, 2018). Esses autores chamam atenção para o recuo dessas falésias na ordem de 0,47 metros/anos nos últimos 60 anos, provocando diminuição da faixa de areia. Ocorre ainda, no local, a lagoa de Maimbá que possui uma pequena drenagem, que deságua na praia de Meaípe. No entanto, não existe desembocadura fluvial significativa no trecho estudado.

Figura 01. Localização geográfica da área de estudo.



Elaborado pelos autores.

O clima na região é caracterizado por chuvas tropicais de verão, com estação seca durante o outono e inverno. Porém, essas duas estações podem registrar precipitações frontais oriundas das massas polares originadas no sul do Brasil. A temperatura média anual é de 22° C, ficando a média das máximas entre 28° e 30°C, enquanto as mínimas se apresentam em torno de 15°C (ALBINO; GIRARDI; NASCIMENTO, 2006).

De acordo com Bandeira, Petri e Suguio (1975), os ventos de maior frequência e maior intensidade são os provenientes dos quadrantes NE-ENE e SE, respectivamente. Os primeiros estão associados aos ventos alísios, que sopram durante a maior parte do ano, enquanto os de SE estão relacionados às frentes frias que chegam periodicamente à costa capixaba.

Nesse sentido, as ondas que atingem a costa capixaba procedem de dois sistemas principais NE-E e SE-E, com predominância

do primeiro (BANDEIRA *et al.*, 1975). Essas ondas são geradas, portanto, por esses dois sistemas, sendo que as ondas do sistema SE-E, associadas às frentes frias, embora sejam menos frequentes, são mais pronunciadas do que as do quadrante NE, ocorrendo com mais frequência no inverno e início do verão. Já o trem de ondas provenientes dos sistemas NE-E tem frequência maior, atuando nos meses de verão e outono, quando há predominância de tempo com maior grau de estabilidade. Dados sobre altura, frequência e período das ondas que ocorrem especificamente na área de estudo foram obtidos em relatório de Cepemar (2009) e serão apresentados no tópico análise de resultados. Souza e Albino (2020) e Souza (2018) apresentam dados mais recente de ondas para a região, confirmando o padrão proveniente dos quadrantes NE e SE, segundo os autores, associado ao sistema de ventos característicos que atuam na região.

Em 1977, com a construção do Terminal Portuário de Ubu, o trecho foi segmentado, parecendo haver interferência no transporte líquido de sedimentos na célula de circulação que responde pelos processos de deriva litorânea, com acúmulo e aprisionamento de sedimentos na porção norte do molhe portuário. Fato que parece indicar atuação preferencial do transporte longitudinal de sedimentos no sentido norte-sul, como já evidenciado por Albino *et al.* (2018) e observável pela Figura 2.

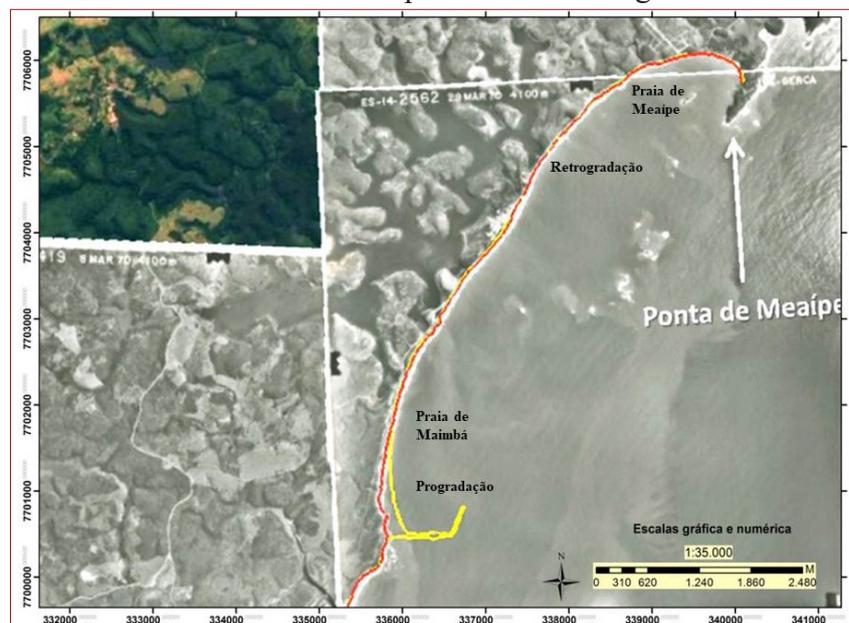
De outro lado, há acentuada diminuição do estoque de sedimentos nas praias situadas próximas à Ponta de Meaípe, uma vez que esse sedimento aprisionado na porção sul não é redistribuído ao longo de toda enseada, respondendo, dessa forma, por um balanço negativo

de sedimentos nesse setor da costa. Dessa forma, há aumento da intensidade de processos erosivos ocorrentes nessa praia, diminuindo a largura da faixa de areia e erodindo a orla, além de aumento da inclinação da face praial, como é possível visualizar pelas fotos da Figura 3.

METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS TÉCNICOS REALIZADOS

A metodologia que embasou a realização deste estudo pode ser dividida em duas grandes etapas: *trabalhos de gabinete e trabalhos de campo*, numa ótica integrada. Dentro dessas duas etapas foram realizados procedimentos, podendo ser considerados como subetapas no processo de investigação, na qual técnicas foram aplicadas, conforme a natureza da informação que estava sendo coletada.

Figura 02. Aspectos da Enseada Meaípe Maimbá em 1970, anterior ao Terminal Portuário de Ubú. A linha vermelha é a linha de costa em 1970, a linha amarela é a linha de costa atual. Nota-se o processo de retrogradação e progradação após implantação do terminal. As letras em amarelo são as fotos posicionadas da figura 03.



Fonte: fotografias aéreas IBC-1970. Elaborado pelos autores.

Figura 03. Nas fotos A e B a Praia de Meaípe na porção norte da enseada, com processos erosivos e destruição da orla. Na foto C é possível observar a porção sul onde ocorre aprisionamento dos sedimentos e o terminal portuário, na praia de Maimbá. Na foto D trecho destruído da rodovia ES-060 que cruza a região da enseada no sentido norte-sul.



Fonte: arquivo pessoal. Elaborado pelos autores.

TRABALHOS DE GABINETE

Os trabalhos de gabinete consistiram na realização das seguintes subetapas:

- Primeiro foi realizado procedimentos de cartografia retrospectiva, onde foi possível, por meio de fotografias aéreas e imagens de satélite, acompanhar a configuração da linha de costa da enseada nos anos de 1970, 2003, 2012 e 2022. A base utilizada foi de fotografias aéreas de 1970 do Instituto Brasileiro do Café (IBC), acervo GEOBASES/ES, levantamento aerofotogramétrico que compõe o Ortofotomosaico IEMA do ano de 2012, compatível com uma escala que pode chegar ao nível de detalhamento de 1:15.000 e resolução espacial de 0,50 cm e imagens do satélite Geoeye do site Google Earth, anos 2003 e 2022. Tra-

ta-se dos anos nos quais foi possível obter documentos cartográficos de melhor qualidade da área. Isso permitiu conhecer a linha de costa no período pré e pós-implantação do terminal. Essa subetapa consistiu em fotointerpretação desses documentos por estereoscopia e uso de *softwares* de geoprocessamento, com elaboração de mapas da linha de costa nos respectivos anos, para acompanhamento dos setores de deposição e erosão ao longo da enseada. Essa comparação de intervalos de documentos cartográficos com essa resolução temporal tornou possível realizar o mapeamento. Comparando fotografias aéreas de 1970 (pré-terminal) e 2012 (pós-terminal), possibilitou avaliar algumas possíveis dinâmicas que interferem no

GEOGRAFARES

Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia e do Departamento de Geografia da UFES

Volume 3, n. 36
Julho-Dezembro, 2023
ISSN: 2175-3709

aprisionamento de sedimentos. O intervalo adotado justifica-se por nos auxiliar na observação e avaliação do que ocorrera no período anterior e posterior a implantação do terminal. Não é nossa intenção avaliar a evolução da deposição e erosão em períodos sucessivos de tempos, entre esse intervalo. Portanto, resalta-se que não é objetivo aqui estudar os processos de evolução dinâmica da costa ao longo desse tempo, mas os cenários que se configuraram no período pré e pós-terminal por meio da caracterização da alteração da linha de costa posterior à construção desse.

- Após os procedimentos de cartografia foi realizada, por meio de *software* de geoprocessamento e fotointerpretação, mapa da poligonal de engorda para planejamento dos trabalhos de campo. Foi feito ainda o cálculo do volume de sedimentos aprisionados e planejamento do levantamento dos perfis topográficos. Isso permitiu inserir os locais onde seriam realizados os levantamentos através de perfis topográficos transversais e mensurar a área que sofreu progradação, por meio de um mapa com escala compatível com os processos analisados.
- Junto aos procedimentos cartográficos, a compilação de dados sobre a granulometria dos sedimentos de praia foi obtida em informações contidas nos relatórios Samarco (2013) e Cepemar (2009).

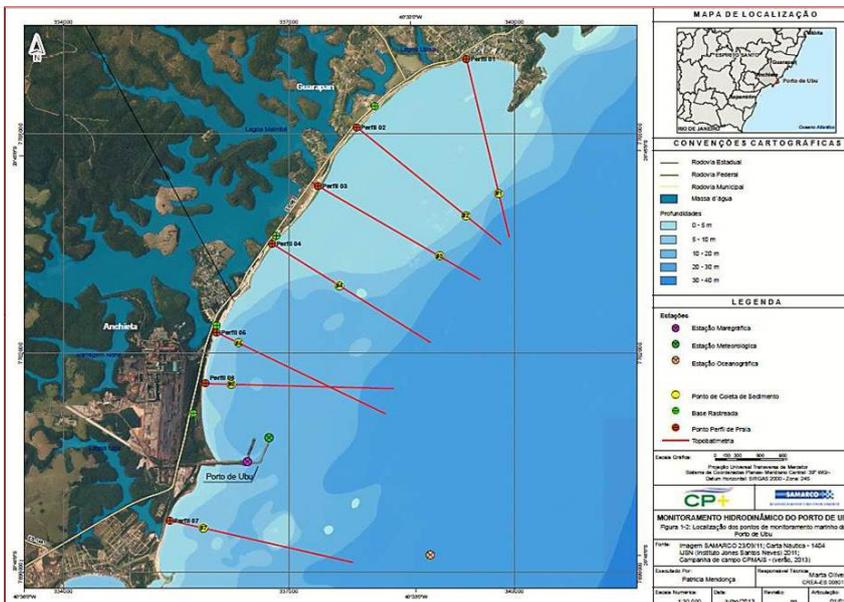
Foram utilizados dados de monitoramento contidos nesses dois relatórios técnicos para compreender o comportamento morfodinâmico do trecho localizado dentro da denominada “Área de Influência Portuária”. As informações granulométricas dos sedimentos que compõem as praias da enseada foram, também, tomadas desses relatórios, além de dados como *frequência, período, altura e direção de ondas*.

Nessa “área de influência” estão inseridas sete estações amostrais, as quais forneceram informações utilizadas para construção de um diagnóstico do transporte de sedimentos longitudinalmente à costa, além das características granulométricas desses sedimentos. O mapa da Figura 4 apresenta essas estações amostrais que serviram como subsídio a este estudo. Cada estação corresponde a um levantamento de perfil transversal à praia, acompanhados de coletas de sedimentos nas feições *berma, face, calha e antepraia*. Para os objetivos deste trabalho, foram utilizados os valores de diâmetro médio dos sedimentos coletados na *face praial*, por melhor representar o transporte longitudinal ao longo da enseada, conforme os intervalos de classe estabelecidos por Wentworth (1922). Esse mapa também apresenta dados de batimetria que auxiliaram na análise do transporte longitudinal de sedimentos.

• No levantamento de referências sobre a temática, observou-se que a literatura sobre impactos geomórficos de portos no Brasil ainda é insuficiente. Quando se pesquisa essa temática no Espírito Santo, numa ótica regional, é mais difícil ainda encontrar trabalhos nessa temática. A insuficiência de pesquisa nesse campo foi estudada por Milanez, Santos e Mansur (2016) que identificaram a ausência de pesquisas acadêmicas sobre os problemas ambientais dessas empresas e a correlação do poder corporativo na produção acadêmica. Em geral, a restrita produção sobre o tema se justifica, porque seria uma grande contradição que pesquisadores e professores investigassem possíveis impactos ambientais causados pelas mesmas empresas que financiam projetos acadêmicos de seus respectivos interesses nas regiões

em que atuam. Mesmo em revistas especializadas no tema, é limitado o número de artigos científicos sobre impactos geomórficos que esses terminais portuários provocam na linha de costa, fato esse que pode estar relacionado ao poder corporativo que essas empresas possuem. Foi possível encontrar referências realizadas em terminais portuários de outros estados, entretanto, esses estudos não pesquisaram, necessariamente, alterações de linha de costa ocasionadas pela implantação de terminais portuários. Inclusive, foram encontrados estudos apontando somente os aspectos positivos desses projetos portuários, mesmo sendo de conhecimento público a existência de efeitos negativos de processos costeiros ocasionados pelas infraestruturas dos portos. Por apresentarem certo enviesamento, essas referências foram desconsideradas.

Figura 04. Mapa das estações amostrais consideradas neste estudo.



Fonte: SAMARCO (2013).



Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia e do Departamento de Geografia da UFES

Volume 3, n. 36
 Julho-Dezembro, 2023
 ISSN: 2175-3709

TRABALHOS DE CAMPO

Com os mapas elaborados, os trabalhos de campo foram planejados e consistiram em reconhecimento de toda a extensão da enseada, locais de ocorrência dos processos erosivos e de acúmulo de sedimentos, área de influência do molhe portuário, reconhecimento da área poligonal de deposição e aprisionamento de sedimentos.

- Após reconhecimento dessa poligonal, foi feito o levantamento dos perfis topográficos transversais de praia, por meio da técnica de nivelamento geométrico. A referida técnica objetivou subsidiar o cálculo de sedimentos acumulados desde a implantação da estrutura portuária até os dias atuais, além de subsidiar o conhecimento da morfologia praial.

Importante salientar que o cálculo realizado para obter a taxa estimada de sedimentos aprisionados se refere ao perfil subaéreo, ou seja, aos sedimentos depositados no perfil de praia acima da linha de maré, e não abaixo dela. A linha de maré considerada para esse cálculo é a de baixamar do primeiro perfil de levantamento. Portanto, o perfil emerso considera o que está acima da linha de baixamar levantada no primeiro perfil topográfico. Foram um total de quatro perfis levantados, em uma única campanha, que foram ajustados com o nível de maré do dia 25/06/2019, com o horário correspondente ao

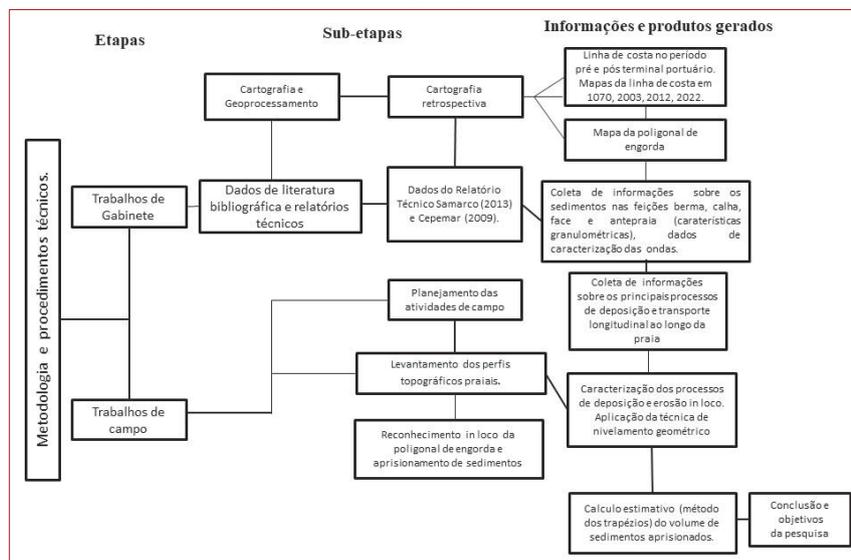
último ponto de cota. O nível do mar de referência que foi utilizado é o da Estação Maregráfica Terminal Ponta de Ubu (Código 40280). O nível de redução nessa estação está 47,09cm acima do zero da régua, sendo que o nível médio (ZO) está 81,2cm acima do nível de redução (Triangulação a partir da Referência de Nível RN4-DHN). O levantamento foi realizado por meio de equipamento de teodolito com estação total.

- A escolha da posição dos perfis foi realizada, tendo como critério, posicionar o perfil próximo a setores que pudessem ser bem representativos do perfil de praia, ao longo do polígono de engorda mapeado. Assim, os perfis se posicionam no sentido de sul em direção ao norte do polígono, em ordem crescente, tendo como ponto inicial uma faixa de praia correspondente ao traçado da linha de costa, em uma situação anterior à implantação do terminal portuário. Desse modo, foi possível obter informações sobre os processos mais representativos do polígono de engorda mapeado nos mapas preliminares. A linha de costa tomada como referência foi tomada por fotointerpretação em fotografias aéreas de 1970 do Instituto Brasileiro do Café (IBC), acervo GEOBASES/ES.
- Após as referidas etapas, foi realizado o cálculo do volume de sedimentos, dis-

postos ao norte da estrutura portuária, pelo método matemático dos trapézios, tendo como referência os perfis transversais e o polígono da área de progradação. Esse método matemático é considerado o mais aconselhável para cálculo de sedimentos

em polígonos de extensões territoriais e para casos como o de acúmulo de sedimentos, em perfis de praia subaéreos (RUGGIERO; LOPES, 2000). O fluxograma da Figura 5 apresenta de forma sistemática a metodologia e procedimentos técnicos.

Figura 05. Fluxograma metodológico com as etapas e subetapas realizadas para os objetivos da pesquisa.



Elaborado pelos autores.

APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os procedimentos de cartografia retrospectiva da linha de costa na enseada evidenciam duas situações em termos de configuração dessa linha: na primeira, as praias no período pré-terminal, com a linha de costa em seu estado mais próximo do “normal” (ano de 1970), sem intervenção portuária; na segunda situação foi destacado o período pós-implantação do terminal, com alteração significativa das características praias e da linha de costa (pós ano de 1970), como podem ser observadas nos mapas das Figuras 6 e 7.

De fato, a linha de costa extraída das fotografias aéreas de 1970, quando posicionada nas fotografias dos anos posteriores a construção do terminal, nos anos 2003, 2012 e 2022, evidencia o recuo da linha de costa, em alguns setores da ordem de dezenas de metros, como é possível observar nas quadrículas em escala mais detalhada nos mapas. A literatura científica aponta que esse sedimento de mesmas características deveria ser distribuído naturalmente pelos processos de deriva litorânea ao longo das praias da enseada



Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia e do Departamento de Geografia da UFES

Volume 3, n. 36
 Julho-Dezembro, 2023
 ISSN: 2175-3709

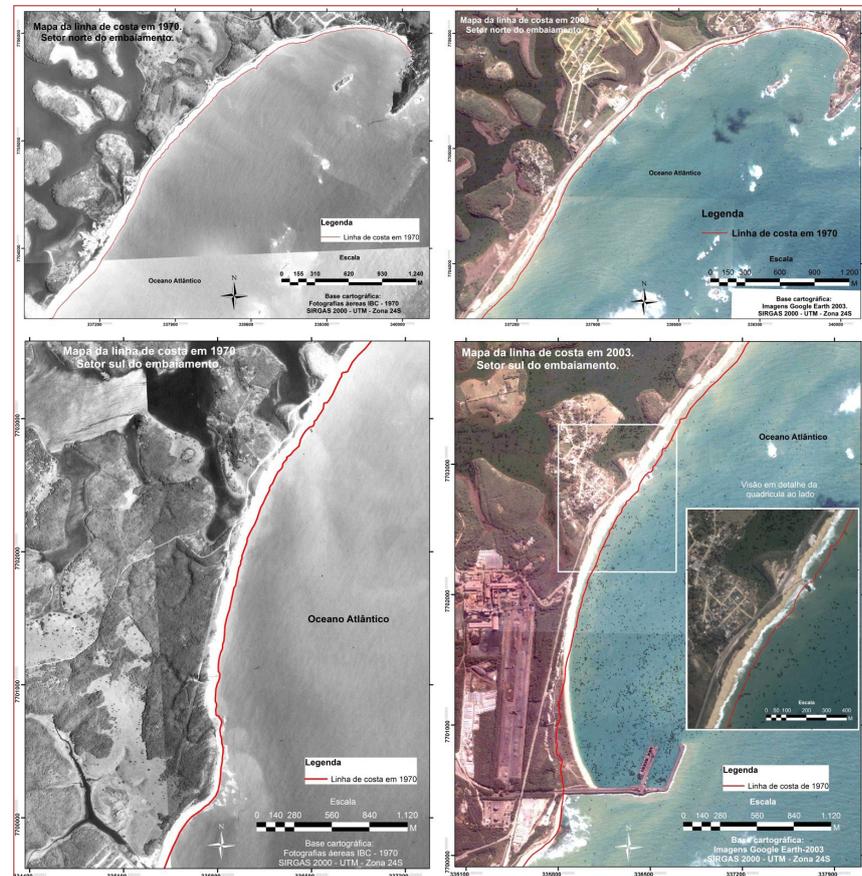
(BIRD, 2008; DAVIDSON-ARNOTT, 2010). Entretanto, o que se observa é a retenção, ou seja, o aprisionamento por efeito do molhe portuário, na zona de “influência portuária”, ao passo que mais ao sul da estrutura portuária, a linha de costa de 1970 é condizente com as dos anos 2003, 2012 e 2022, evidenciando relativa estabilidade.

O acúmulo desse sedimento na porção norte da estrutura portuária indica predominância do fluxo de sedimentos no sentido norte-sul. Assim sendo, a face praias no sistema praia pertencente à enseada é a feição que melhor caracteriza o transporte longitudinal, pois em termos de morfodinâmica, essa participa

do contexto hidrodinâmico pela ação do espraiamento e refluxo de ondas, fluxo bidimensional que permite apresentar melhor seleção da areia que compõe esses sedimentos (DAVIDSON-ARNOTT, 2010).

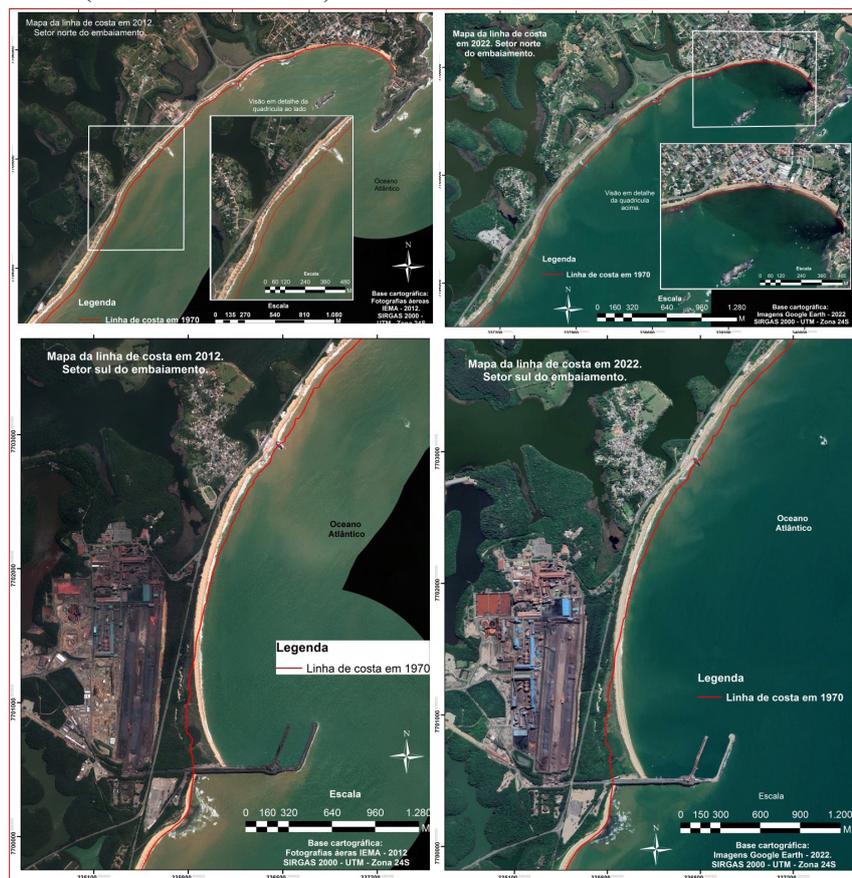
Experimentos realizados por McCave (1978) demonstraram que o tamanho das partículas sedimentares varia ao longo do transporte longitudinal, aumentando em diâmetro no sentido da corrente. Isso ocorre devido à contínua perda de sedimentos finos, que ficam retidos na praia pelo processo de espraiamento. Nesse sentido, a partir do conhecimento da distribuição do diâmetro médio desses sedimentos arenosos ao longo das praias da enseada, foi possível

Figura 06. Mapas da linha de costa da enseada nos anos de 1970 e 2003 (setores norte e sul).



Elaborado pelos autores.

Figura 07. Mapas da linha de costa da enseada nos anos de 2012 e 2022 (setores norte e sul).



Elaborado pelos autores.

definir a direção predominante do transporte longitudinal. É o que demonstra a variação do diâmetro médio das areias da face praial na área analisada, determinada a partir dos intervalos de classe de tamanhos de grãos definidos por Wentworth (1922).

Os dados contidos nos relatórios de monitoramento realizados entre 2013 (SAMARCO, 2013) e 2019 em pesquisa de campo são apresentados na Tabela 1. A tabela contém os diâmetros médios dos sedimentos da face praial coletados nas estações amostrais P1 a P7 (vide Figura 4) o que permitiu visualizar essa variação dos diâmetros médios.

Os dados dessa tabela, quando colocados na forma de gráfico (Figura 8), permite observar o

comportamento do diâmetro médio das areias na face praial, caracterizando a distribuição temporal do diâmetro médio das areias desse setor em diferentes campanhas realizadas entre 2013 e 2019.

O gráfico demonstra que o diâmetro médio dessas areias variou, em média, da classe de areia média para areia grossa, ou seja, houve aumento no sentido norte para sul (vide perfil de amostragem P7 da Tabela 1 e Figura 4), conforme postulado por McCave (1978) e confirmado por Albino *et al.* (2016). A linha vermelha vertical plotada no gráfico que representa a média dos diâmetros médios obtidos nas estações amostrais, nas diversas campanhas, demonstra de forma objetiva que o transporte líquido de sedi-

Tabela 01. Compilação do parâmetro diâmetro médio das areias na face praial das estações amostrais P1 a P7 em diferentes campanhas.

Estações Amostrais (Diâmetro Médio das Areias na Face Praial em Phi)							
Campanhas	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Verão 2013	1,36	1,62	1,68	0,74	0,74	0,15	1,13
Inverno 2013	1,62	1,38	1,20	1,13	1,20	0,95	0,76
Verão 2014	1,70	2,25	1,98	1,04	1,31	0,77	0,98
Inverno 2014	1,33	1,28	1,10	1,23	0,98	1,06	0,95
Verão 2015	1,49	1,81	1,05	1,47	1,12	1,07	0,97
Verão 2016	1,60	2,06	0,69	1,55	1,41	0,99	0,59
Outono 2016	2,08	1,99	1,52	1,66	0,99	1,20	0,92
Inverno 2016	1,96	1,42	1,38	1,60	0,40	1,38	0,82
Primavera 2016	1,97	1,39	1,80	1,63	1,75	1,35	1,10
Verão 2017	1,54	1,85	2,01	1,72	1,40	1,02	1,10
Outubro 2017	2,17	1,14	2,45	1,77	1,34	1,69	1,09
Inverno 2017	2,11	2,09	1,77	1,43	1,42	1,15	1,35
Primavera 2017	2,49	2,13	2,08	2,03	1,43	1,11	1,03
Verão 2018	2,40	2,52	2,14	1,78	1,51	2,00	1,36
Outono 2018	2,39	2,33	1,75	1,35	1,13	1,14	1,14
Inverno 2018	2,56	1,75	1,72	2,59	1,44	0,81	0,77
Primavera 2018	1,68	1,34	1,84	1,47	1,40	1,06	1,09
Verão 2019	2,57	1,31	2,04	1,14	0,94	1,65	1,12
Média	1,95	1,76	1,68	1,52	1,22	1,14	1,01

mentos ocorre de norte para sul, devido ao aumento da granulometria dos sedimentos nesse sentido, corroborando com as observações de McCave (1978). Isso ocorre porque quando esses sedimentos são colocados em suspensão pelo processo de quebra de onda, na zona de surfe, são submetidos aos fluxos resultantes da chegada de ondas obliquamente à costa, produzindo a corrente longitudinal que transporta sedimentos da zona de surfe ao longo da costa (WRIGHT; SHORT, 1984; WRIGHT; SHORT; GREEN, 1985).

Próximo à praia ocorre outro mecanismo responsável por movimentar areias em zigue-zague na face praial, pela ação do espraiamento e refluxo das ondas, resultando na denominada deriva litorânea. Ambos os fluxos cor-

rem sempre na mesma direção, caracterizando assim um transporte longitudinal de sedimentos paralelo à costa (HOEFEL, 1998; BIRD, 2008; DAVIDSON-ARNOTT, 2010).

O gráfico também apresenta a ocorrência da diminuição dos diâmetros médios em algumas estações amostrais implicando, em determinadas ocasiões, o transporte longitudinal de sul para norte. Depreende-se dessa questão que a resposta granulométrica obtida é resultado de processos hidrodinâmicos locais associados aos processos descritos. No entanto, para melhor compreensão desses processos, cabe também explorar os agentes responsáveis pelo transporte sedimentar, neste caso as ondas.

O monitoramento de ondas

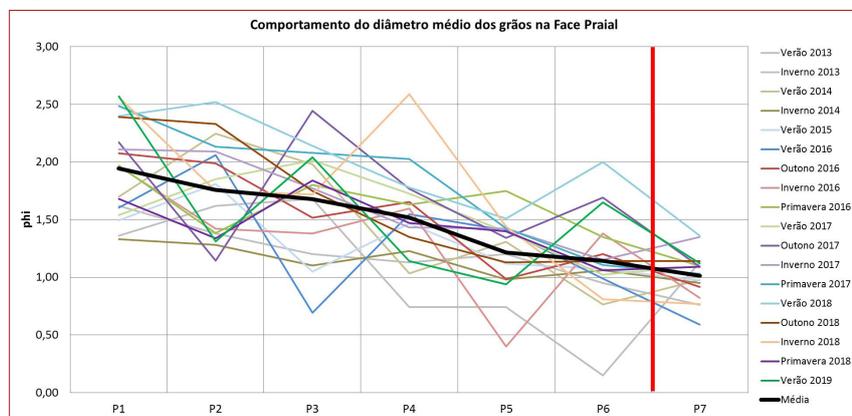
realizado por CEPEMAR (2009), entre 2007 e 2008, indica que na região do Porto de Ubu predominam ondas com altura significativa (H_s) entre 0,9 e 1,2 m, com período (T_p) entre 6 e 8 segundos e direção nordeste-leste (NE-E), conforme apresentado no gráfico da altura de ondas (Figura 9), período (Figura 10) e direção de onda (Figura 11).

Apesar da predominância de ondas provenientes de NE-E, observa-se que as ondas E-SE e SE-S podem representar cerca de 42% das ocorrências. Os maiores valores de H_s e T_p estão associados, principalmente, às ondas oriundas dos quadrantes E-SE e SE-S (Figura 12 e 13), estando associados à entrada de frentes frias. Essas ondas, por sua vez,

parecem ter atuação mais pronunciada na dinâmica dos processos de transportes longitudinais. Esses valores representam menos de 3% das alturas maiores do que 2m e 20% dos períodos maiores que 10s.

Considerando que a enseada de Meaípe Maimbá está alinhada, aproximadamente, cerca de 30° em relação ao norte, tal posição permite que ondas provenientes do quadrante NE-E cheguem obliquamente à costa, entre 30° e 60° , produzindo um transporte longitudinal de sedimentos para sul. A predominância de ondas desse quadrante corrobora com os resultados granulométricos indicando transporte líquido para sul, sendo esse o processo predominante.

Figura 08. Comportamento do diâmetro médio dos sedimentos arenosos ao longo das estações amostrais. A linha vermelha representa a presença do molhe do Terminal Portuário de Ubú.



Elaborado pelos autores.

As Figuras 14 e 15 apresentam, respectivamente, a ocorrência das alturas e períodos de onda em cada estação do ano. Percebe-se que durante o outono acontece a mais significativa mudança de direção de ondas, com dominância dos quadrantes E-SE e SE-S, representada por ondas com menores alturas, porém com maiores perí-

odos, indicando forte associação com entradas de frentes frias muito comuns nesta época do ano.

Os quadrantes E-SE e SE-S também proporcionam a entrada oblíqua de ondas com azimute de 120° . Essas ondas com maiores períodos (T_p), observadas durante o outono, possuem, por consequência, maiores comprimentos de

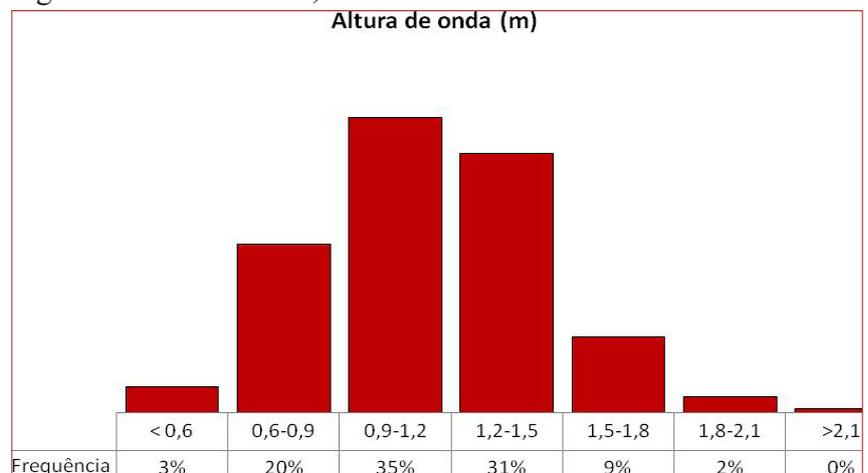
onda que, ao se aproximarem da costa, interagem com a batimetria convertendo energia cinética em potencial, elevando a altura significativa das ondas bem próximo à costa, resultando em um significativo transporte na direção sul-norte.

A direção predominante da deriva litorânea, nesse trecho do litoral, também seria de sul-norte, como ocorre em outros setores de planícies deltaicas e costeiras do Brasil (DOMINGUEZ; BITTENCOURT; MARTIN, 1981a, 1982b, 1983c; DOMINGUEZ, 1983; DOMINGUEZ *et al.*, 1982). Esse mecanismo é comprovado pela diminuição na granulome-

tria das areias nos Perfis 2, 3 e 4 (Figura 8), localizados além da região de interferência do molhe portuário.

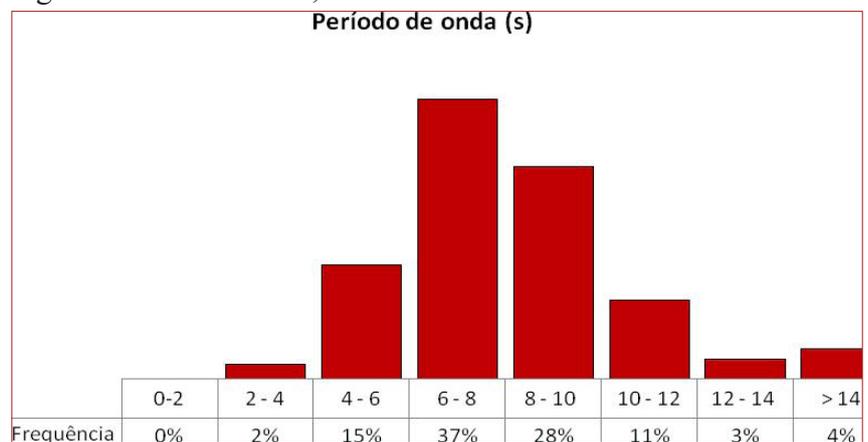
Albino, Jimenez e Oliveira (2016) demonstraram que o molhe portuário, além de barrar os sedimentos vindos de norte, impede a mobilização dos sedimentos retidos em direção ao norte, quando há a inversão da corrente longitudinal, em razão da entrada de ondas dos quadrantes de E a S. Há que se concordar com essa interpretação, uma vez que no setor da Ponta de Meaípe há *déficit* de sedimentos com intensificação de processos erosivos sobre a praia.

Figura 09. Frequência de ocorrência de altura de ondas medida na região do Porto de Ubú, nos anos de 2007 e 2008.



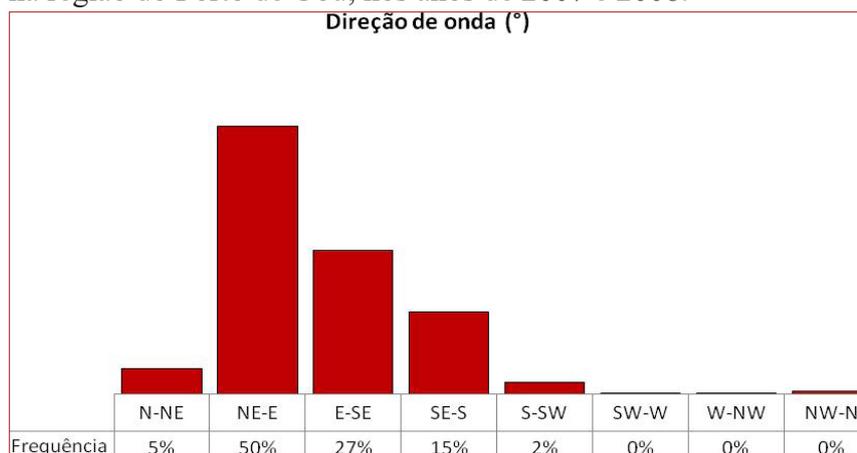
Fonte: CEPEMAR (2009).

Figura 10. Frequência de ocorrência de período de onda medida na região do Porto de Ubú, nos anos de 2007 e 2008.



Fonte: CEPEMAR (2009).

Figura 11. Frequência de ocorrência de ondas, por direção, medidos na região do Porto de Ubú, nos anos de 2007 e 2008.



Fonte: CEPEMAR (2009).

Comparando-se as linhas de costa de 1970 a 2022 (Figuras 6 e 7) é possível definir a poligonal relativa à progradação da linha de costa, que apresentou área de 191.872m², sendo aqui denominada de “área de engorda Porto de Ubu”.

O mapa do setor que sofreu progradação apresenta a poligonal dessa área de engorda mais detalhadamente (Figura 16), junto com os quatro perfis transversais de praia (Figura 17), alinhados ao azimute de 110° para obtenção das informações pertinentes à morfodinâmica e morfologia do sistema praial.

Em relação ao nível de redução local ($Z_0 = 0,81$), os Perfis 2 e 3 apresentaram maiores alturas, alcançando 3,62 e 3,42m, respectivamente, ao passo que o Perfil 1 apresentou menores cotas, uma vez que está situado em região mais abrigada de ondas. Os Perfis 3 e 4 apresentaram menor inclinação da face, indicando que a batimetria ao longo desse setor segue essa tendência na morfologia praial.

O estágio morfodinâmico da praia, segundo a classificação de

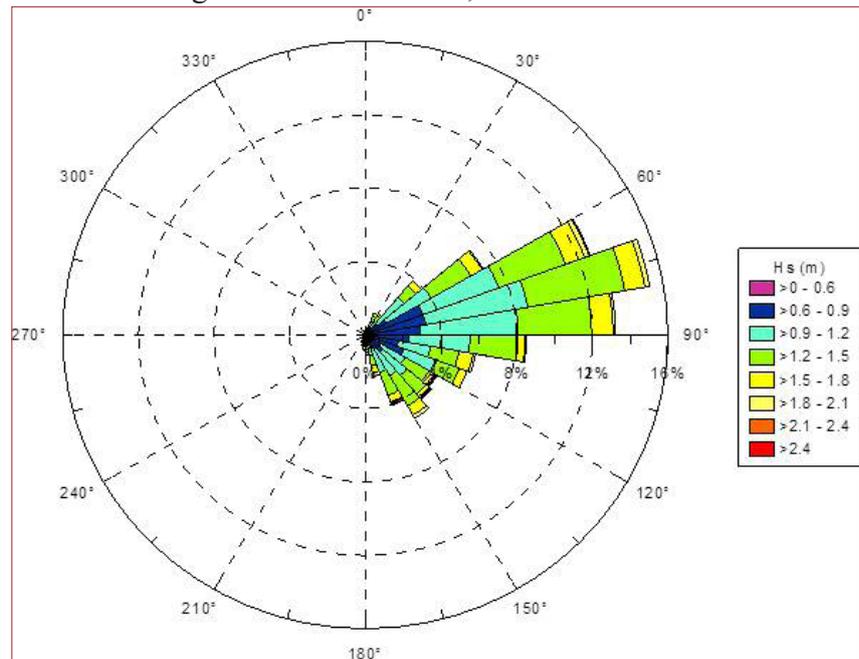
Wright e Short (1984), nos Perfis 1 e 2 são fortemente refletivos, com embate quase que direto das ondas sobre a face praial e, como se percebe, forte acúmulo de areia em grande extensão na retropraia. Observa-se também que essa retropraia se estende com dunas e pequenos cordões com cristas espaçadas em distâncias diversas, indicando forte deposição das areias. Essa condição tende a desaparecer no sentido sul para norte, à medida que vai diminuindo a ação do molhe portuário e o embate das ondas torna-se menor, o que permite que o estágio da praia se configure como refletivo para intermediário em alguns trechos.

Em estudo de Albino, Jimenez e Oliveira (2016) foi aplicado modelo de forma parabólica para determinar o perfil em planta e a variabilidade de praias da enseada. Os referidos autores levaram em consideração, também, a variação nas condições de onda. O modelo aplicado tomou como ponto de difração de onda a extremidade do molhe portuário. Também submeteram a estrutura às ondas

provenientes da direção de 113° (que representa o quadrante E-SE) e notaram a existência de equilíbrio estático nesse trecho de praia, acompanhado de um processo de progradação em direção aos berços de atracação.

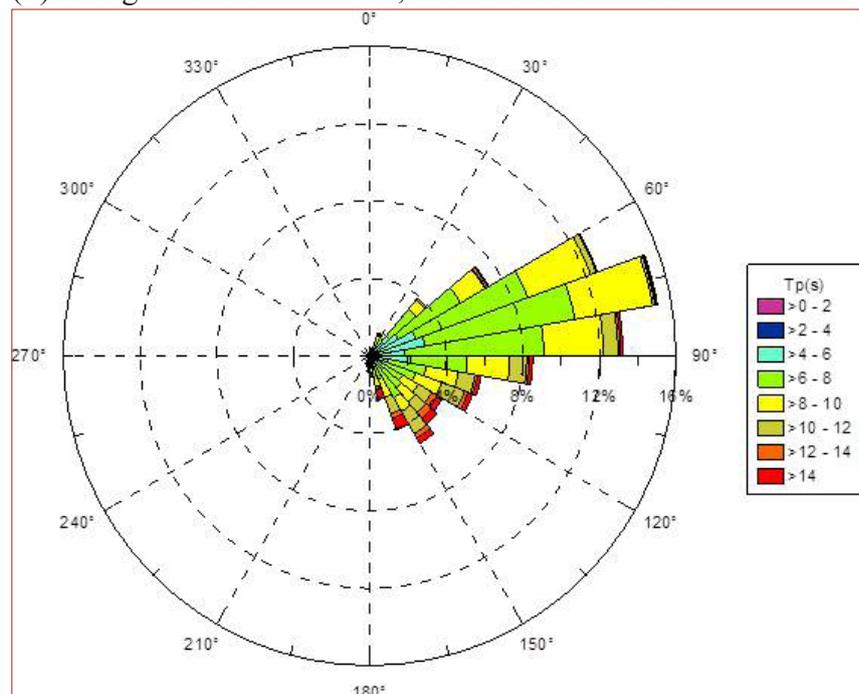
De fato, depreende-se, por meio do levantamento dos perfis realizados, a forte progradação da linha de costa nesse setor, fato que é fortemente observável nas imagens aéreas e no mapa anterior.

Figura 12. Direção em azimute e altura de onda (Hs), em metros, medidos na região do Porto de Ubú, nos anos de 2007 e 2008.



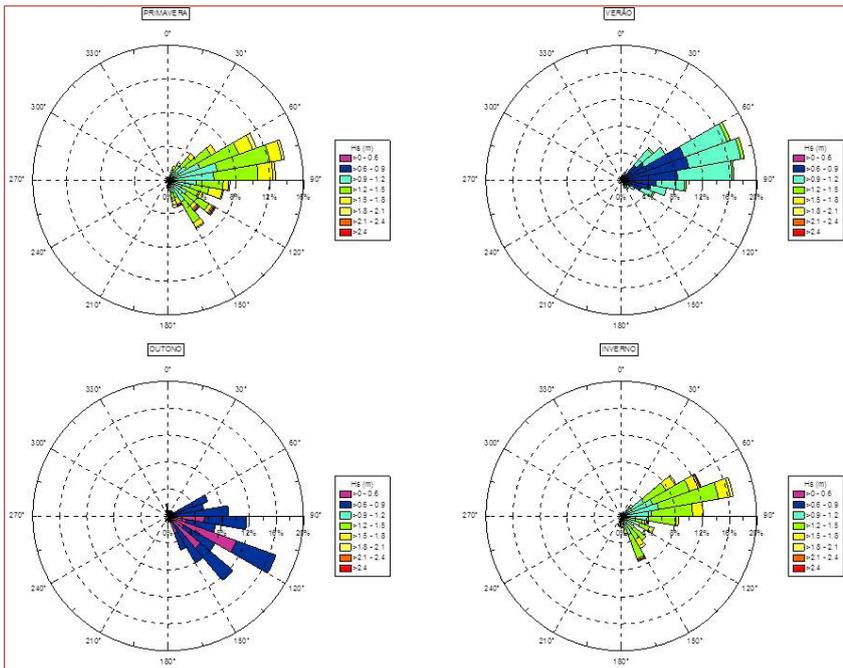
Fonte: CEPEMAR (2009).

Figura 13. Direção em azimute e período de onda (Tp), em segundos (S) na região do Porto de Ubú, nos anos de 2007 e 2008.



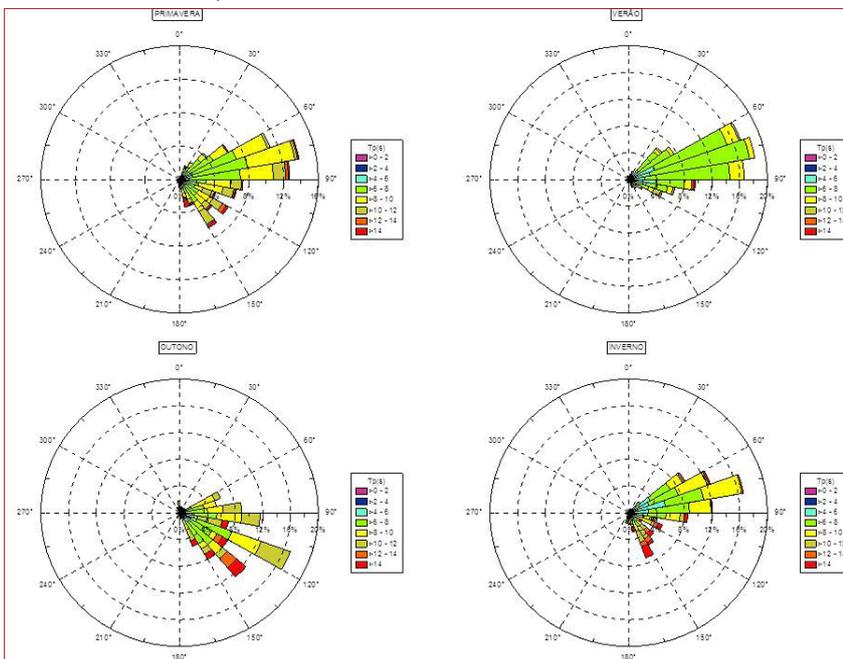
Fonte: CEPEMAR (2009).

Figura 14. Direção em azimute e altura das ondas (H_s), em metros (m), para diferentes estações do ano, medidos na região do Porto de Ubú, nos anos de 2007 e 2008.



Fonte: CEPEMAR (2009).

Figura 15. Direção em azimute e período das ondas (T_p), em segundos (S), para diferentes estações do ano, medidos na região do Porto de Ubú, nos anos de 2007 e 2008.



Fonte: CEPEMAR (2009).

Considerando que o transporte de sedimentos ocorre majoritariamente na zona de surfe, (HOEFEL, 1998; BIRD, 2008; DAVIDSON-ARNOTT, 2010), provavelmente, a antepraia no

trecho dos Perfis 3 e 4 é o sorvedouro de material para a progradação dos perfis localizados mais ao sul. Nesse raciocínio, é de se esperar que a antepraia dos trechos mais progradados seja

constituída de material mais fino, devido à mudança nos processos hidrodinâmicos local promovida pela estrutura portuária, o que justifica a maior inclinação da face praial nos trechos mais próximos do molhe.

Por fim, no cálculo do volume sedimentar aprisionado, as alturas médias e as áreas dos trapézios correspondentes a cada perfil são os que constam na Tabela 2. A partir dos dados dessa tabela e aplicando duas maneiras de estimar o

volume de sedimentos, conforme Ruggiero e Lopes (2000) temos:

a) Volume = Média dos trapézios x Comprimento longitudinal da poligonal

Média dos trapézios: 210,78m

Comprimento longitudinal da poligonal: 1.340m

Volume: 282.445,20m³

b) Volume = Média das cotas x Área da poligonal

Média das cotas: 2,03m

Área da poligonal: 191.872m²

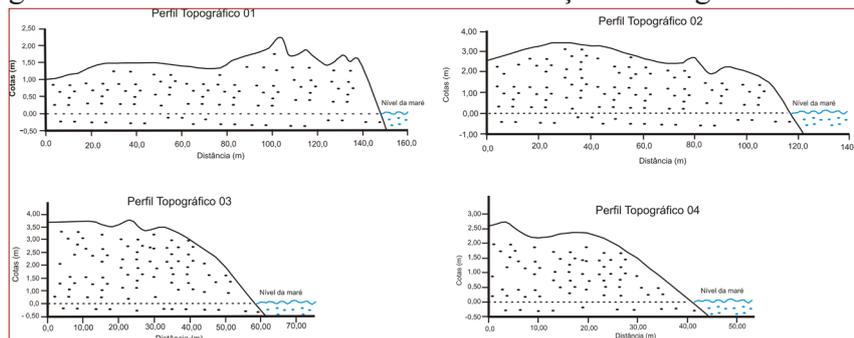
Volume = 389.500,16m³

Figura 16. Poligonal da área que sofreu progradação e perfis topográficos.



Elaborado pelos autores.

Figura 17. Perfis topográficos de praia obtidos por nivelamento geométrico realizado na área. Para localização vide figura 16.



Elaborado pelos autores.

Tabela 02. Valores obtidos e utilizados para o cálculo da estimativa de volume sedimentar da área em progradação.

Perfil	Média das cotas (m)	Área do trapézio (m ²)
01	1,44	251,30
02	2,35	330,33
03	2,49	170,13
04	1,86	91,40
Média	2,03	210,79

No primeiro cálculo é possível observar que na obtenção do resultado há subestimação do volume, uma vez que os perfis foram levantados sem considerar as extremidades norte e sul da poligonal. No segundo cálculo ocorre sobrestimação, pois considera a média das cotas, sendo esse valor a altura do prisma, não considerando a inclinação da face praial. Obtendo uma estimativa mais próxima do volume real aprisionado e com os recursos técnicos disponíveis no cálculo da média simples dos volumes, o resultado apresentado é mais próximo da realidade. Assim, a partir da fórmula ($\text{Volume médio} = \text{Volume}_A + \text{Volume}_B / 2$) o resultado obtido foi $\text{Volume médio} = 335.972,68 \text{ m}^3$ de sedimentos aprisionados na “área de engorda” do terminal portuário.

Cabe ressaltar que esse volume médio se refere a todo pacote sedimentar disposto acima do nível médio, descontado o nível da maré

local (perfil subaéreo). Portanto, esse é o volume de areia calculado e aprisionado na “área de engorda” que deveria ser continuamente distribuído pelas praias da enseada, mantendo o equilíbrio dinâmico do sistema praial de forma a evitar a erosão em pontos em que a deriva litorânea tem atuado de forma mais incisiva.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando o tempo de implantação do terminal portuário, as informações bibliográficas compiladas e com base na metodologia e procedimentos técnicos realizados, observa-se que ao longo dos últimos 42 anos foram aprisionados, ao norte do molhe do porto, aproximadamente $335.972,68 \text{ m}^3$ de sedimentos.

Pelo mapa da área de engorda do porto (Figura 16), observa-se que a linha de costa pré-terminal, tomando-se como referência a costa atual ao norte do molhe



Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia e do Departamento de Geografia da UFES

Volume 3, n. 36
 Julho-Dezembro, 2023
 ISSN: 2175-3709

portuário teve, nesse ponto, um avanço de 250m em direção ao mar. Esse fato corresponde a uma taxa média anual de aproximadamente 6m/ano de progradação. A existência de equilíbrio estático da área progradada, conforme apontado por Albino, Jimenez e Oliveira (2016), se refere ao perfil subaéreo. Tal premissa não pode ser considerada para a batimetria, ou seja, o perfil submerso, pois o modelo utilizado por esses autores não serve para o estudo das trocas transversais na costa.

Se a regularidade do aporte de material se mantiver em detrimento de processos erosivos no setor norte da enseada (correspondendo à área de influência dos Perfis 1 e 2 da Figura 4), fortemente expresso nas erosões incidentes das estruturas urbanas da praia de Meaípe, haverá também o preenchimento da antepraia na região mais próxima ao molhe (correspondendo à área de influência dos Perfis 5 e 6 da mesma figura) e até mesmo zonas mais profundas do perfil submerso. Com o passar dos anos pode-se requerer da empresa maior esforço de dragagem em menor espaço de tempo. Tal efeito já é sentido nos Perfis 3 a 4 (Figura 4).

Os resultados demonstram que os sedimentos da face praial são suficientes para determinar a dinâmica de transporte de sedimentos

ao longo da costa. As variações do diâmetro médio observadas apontam para existência de transporte de sedimentos para norte e para sul, com predominância para sul, fato que respondia pelo equilíbrio dinâmico dessas praias no período pré-implantação do terminal, como aventado por Albino *et al.* (2016).

Foi possível verificar que a estrutura portuária vem provocando difração das ondas responsáveis pela inversão do transporte de sedimentos, criando, assim, uma “zona de sombra”, mecanismo que aprisiona sedimentos impedindo o retorno desses para o setor norte da enseada.

O impedimento do fluxo que transporta sedimentos para norte está acelerando os processos erosivos nesse setor. Os pontos erosivos têm início a partir da antiga ligação da Lagoa Maimbá com o mar e segue para norte até a Praia de Meaípe. Seu limite sul coincide perfeitamente com o fechamento da influência do molhe portuário na difração de ondas.

Observa-se que a instalação do terminal portuário interferiu diretamente no transporte de sedimentos da Enseada Meaípe Maimbá, podendo constituir um passivo ambiental a ser considerado, tendo em vista o cenário erosivo do setor norte e a falta de afluxos sedimentares externos a esse sistema. ●

REFERÊNCIAS

- ADDAD, J. Alterações fluviais e erosão costeira. *In: Revista Brasileira de Recursos Hídricos - RBRH*, Porto Alegre: v. 2, n. 2, p. 21-44, jul./dez. 1997.
- ALBINO, J.; JIMÉNEZ, J. A.; OLIVEIRA, T. C. A. Platforms and mobility in the Meaípe Maimbá embayed beach on the South East coast of Brazil. *In: Geomorphology*. New York, EUA, v. 253, n. 15, p. 110-122, jan. 2016.
- ALBINO, J.; GIRARDI, G.; NASCIMENTO, K. A. Espírito Santo. *In: MUHE, D. (org.). Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro*, Brasília: MMA, p. 227-264, 2006.
- ALBINO, J.; COELHO, A. L. N.; GIRARDI, G.; NASCIMENTO, K. A. Espírito Santo. *In: MUHE, D. (org.). Panorama da Erosão Costeira no Brasil*, Brasília: MMA, 2018. p. 433-476.
- ALFREDINI, P.; ARASAKI, E. *Engenharia Portuária*. 2. ed. São Paulo: Ed. Blucher, 2014.
- BIRD, E. *Coastal geomorphology: an introduction*. 2. ed. New Jersey: EUA, John Wiley & Sons, 2008.
- CEPEMAR. *Estudo hidrodinâmico da área de influência do Porto de Ubu*. Relatório Técnico interno CPM RT 373/09 [apresentado ao IEMA], Cariacica: 2009. p. 112.
- DAVIDSON-ARNOTT, R. *Introduction to coastal processes and geomorphology*. New York, EUA: Cambridge University Press, 2010.
- DOMINGUEZ, J. M. L. *Evolução quaternária da planície costeira associada à foz do rio Jequitinhonha/BA: influência das variações do nível do mar e da deriva litorânea de sedimentos*. 1982. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 1982. p. 73.
- DOMINGUEZ, J. M. L.; BITTENCOURT, A. C. S. P.; MARTIN, L. Esquema evolutivo da sedimentação quaternária nas feições deltaicas dos rios São Francisco (SE/AL), Jequitinhonha (BA), Doce (ES) e Paraíba do Sul (RJ). *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo/SP, v. 11, n. 4, p. 227-237. 1982a.
- DOMINGUEZ, J. M. L.; BITTENCOURT, A. C. S. P.; MARTIN, L. Evolução paleogeográfica do delta do rio Jequitinhonha durante



Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia e do Departamento de Geografia da UFES

Volume 3, n. 36
Julho-Dezembro, 2023
ISSN: 2175-3709

o quaternário: influência das variações do nível do mar. *In*: SIMPÓSIO DO QUATERNÁRIO NO BRASIL, 4., 1981, Rio de Janeiro. *Atas...* Rio de Janeiro: Cenpes-Petrobras, 1982c. p. 69-92.

DOMINGUEZ, J. M. L.; BITTENCOURT, A. C. S. P.; MARTIN, L.; PEREIRA, Y. A.; FLEXOR, J. M. Sobre a validade da utilização do termo para designar as planícies costeiras associadas às desembocaduras dos grandes rios da costa brasileira. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32., 1982, Rio de Janeiro. *Boletim n° 2...* Salvador: Resumos e Breves Comunicações, 1982. p. 92.

HANSON, H.; *et al.* Beach nourishment projects, practices, and objectives: a European overview. *Coastal Engineering Cantábria, Espanha*, v.2, n. 47, p. 81-111, 2002.

HOEFEL, F. G. *Morfodinâmica de praias arenosas: uma revisão bibliográfica*. Itajaí: Editora da Univali, 1998.

HOFMANN, R. M. *Impactos ambientais causados pelas obras de construção e ampliação de portos marítimos no Brasil com ênfase nas comunidades pesqueiras*. Brasília: Consultoria Legislativa, Câmara dos Deputados, ago. 2015.

IEMA - Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Relatório Técnico Científico COGEST n° 001-2019. *In*: *Relatório Interno IEMA*, Cariacica: jun. 2019. p. 18.

KANA, T. W.; MOHAN, R. K. Analysis of nourished profile stability following the fifth Hunting Island SC beach nourishment project. *Coastal Engineering, Cantábria, Espanha*: n. 33, p. 117-136, 1998.

LÄMMELE, L.; ROSA BULHÕES, E. M. Impactos das obras costeiras na morfologia da linha de costa: o caso do Porto do Açú, São João da Barra, RJ. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA E CONGRESSO NACIONAL DE GEOGRAFIA FÍSICA, 17./1., Campinas. *Anais...* Campinas: Unicamp, 2017, p. 2782-2794.

LIMA BARRA, O. A. de O. *Portos e gestão ambiental: análise dos impactos ambientais decorrentes da implantação do terminal marítimo de passageiros na praia Mansa*. 2015. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2015, 186 p.

MAGINI, C.; MARTINS, A. H. O.; PITOMBEIRA, E. da S. A influência da estrutura portuária na dinâmica costeira na Vila do Pecém, Ceará, Brasil. *Revista de Geologia*, Fortaleza: UFC, v. 24, n. 2, p. 136-149, 2011.

MARQUEZ, A. L. *Estudo de agitação, correntes induzidas por ondas e balanço sedimentar da região do Porto do Tubarão e praia de Camburi, Vitória/ES*. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto Oceanógrafo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. 283 p.

MCCAIVE, I. N. Grain-size trends and transport along beaches: example from eastern England. *Marine Geology*, London, England. v. 28, p. 43-51, 1978.

MELO, E.; GONZALEZ, J. de A. *Coastal erosion at Camburi Beach (Vitória, Brazil) and its possible relation to port works*. In: International Conference on Coastal and Port Engineering in Developing Countries - COPEDEC, IV, Rio de Janeiro/RJ, Brazil: 1995, Proceedings, p. 397-411.

MILANEZ, B.; SANTOS, R. S. P. dos.; MANSUR, M. S. A firma e suas estratégias corporativas no Pós-Boom das commodities. In: ZONTA, M.; TROCATE, C. (orgs.). *A questão mineral no Brasil*, Marabá/PA: v. 2, p. 51-86. Editorial iGuana, 2016.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental, Departamento de Gestão Ambiental Territorial. In: *Programa Nacional para Conservação da Linha de Costa - PROCOSTA*, Brasília/DF: MMA, 2018.

ROBERT MORAES, A. C. *Contribuições para a gestão da zona costeira do Brasil: elementos para uma geografia do litoral brasileiro*. São Paulo: Hucitec, EDUSP, 1999.

RUGGIERO, M. G.; LOPES, V. R. *Cálculo numérico: aspectos teóricos e computacionais*. São Paulo: McGraw Hill, 2000.

SAMARCO MINERAÇÃO S.A. *Monitoramento marinho do Terminal Marítimo Privativo da Ponta de Ubu: relatório técnico CP+RT 149/13*. Relatório técnico interno apresentado ao IEMA, [6 anexos] Cariacica: 2013. p. 95.

SOUZA, B. S. *Desenvolvimento e morfodinâmica de praias sobre plataformas de abrasão em litorais de micromaré dominados por ondas*. 2018. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental,



Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia e do Departamento de Geografia da UFES

Volume 3, n. 36
Julho-Dezembro, 2023
ISSN: 2175-3709

Universidade Federal do Espírito Santo, Aracruz, 2018. 66 p.

SOUZA, B. S., ALBINO, J. Development and morphodynamics of beaches on horizontal shore platforms on the microtidal southeast coast of Brazil. *Geomorphology*, Amsterdam, Netherlands: v. 363, p. 1-8, 2020.

SWART, D. H. Beach nourishment and particle size effects. *Coastal Engineering*, Amsterdam, Netherlands: n. 16, p. 61-81, 1991.

VIEIRA, L. A. de A.; PITOMBEIRA, E. da S.; SOUZA, R. O. de. Comprovação das alterações da linha de costa e de transporte de sedimentos na área costeira do Porto do Pecém. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 17., 2007, São Paulo. *Anais...* São Paulo: ABRH, 2007. p. 01-17.

WENTWORTH, C. K. *A Scale of Grade and Class Terms for Plastic Sediments*. The Journal of Geology, University of Chicago Press, Chicago, USA, v. 30, n. 5, p. 377-392, 1922.

WRIGHT, L.D. and SHORT, A.D. *Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis*. Marine Geology, Amsterdam, Netherlands, 56, p.93-118. 1984.

WRIGHT, L.D.; SHORT, A.D.; GREEN, M.O. Short-term changes in the morphodynamic states of beaches and surf zones: an empirical predictive model. In: *Marine Geology*, Amsterdam, Netherlands: v. 62, p. 339-364, 1985.

XIMENES NETO, A. R.; MORAIS, J. O.; PINHEIRO, L. S. Modificações na geomorfologia marinha a partir de estruturas portuárias: o caso do Mucuripe, Fortaleza, Ceará. In: *Geociências*, Rio Claro/SP: UNESP, v. 37, n. 4, p. 793-805, 2018.