

Capítulo II

Caracterização sedimentológica da interação praia-falésia: estudo de caso na praia do Pacheco, litoral de Caucaia – CE





CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTOLÓGICA DA INTERAÇÃO PRAIA-FALÉSIA: ESTUDO DE CASO NA PRAIA DO PACHECO, LITORAL DE CAUCAIA – CE

Matheus Cordeiro Façanha^{1,2}; Miguel da Guia Albuquerque²; Davis Pereira de Paula³; Jean Marcel Espinoza⁴; Melvin Moura Leisner³; Veridiana Silva Herreira¹; Leticia Porciúncula de Sá¹

¹Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, Rio Grande do Sul (RS), Brasil (matheuscordeiro@edu.unifor.br; veridianaherreira@gmail.com; leticiapscoast@gmail.com); ²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Rio Grande, RS, Brasil (migueldaguia@gmail.com); ³Universidades Estaduais do Ceará – UECE, Itaperi, Fortaleza, CE, Brasil (davispp@gmail.com; melvin.leisner@aluno.uece.br); ⁴Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Campus Garopaba, SC, Brasil (spinoza.almeida@gmail.com).

RESUMO

As áreas costeiras desempenham um papel significativo na transição entre os ambientes terrestre e marinho, caracterizando-se por uma interação dinâmica entre ambos, o que resulta em processos complexos. As falésias, constituindo-se em formações rochosas escarpadas, são modeladas pela ação contínua das ondas e das marés, representando uma característica distintiva dessas regiões. A morfologia e a dinâmica das praias refletem não apenas a geologia local, mas também processos intrincados de transporte e deposição sedimentar. O objetivo deste estudo é analisar o comportamento sedimentar do sistema praia-falésia na Praia do Pacheco, no Ceará, inserindo os resultados em um contexto de mudanças costeiras. Busca-se, assim, ampliar a compreensão dos processos erosivos e de sedimentação, fornecendo bases para estratégias de gestão costeira sustentável aplicáveis além de abordar desafios como erosão e elevação do nível do mar, relevantes mundialmente. No campo, foram coletadas 126 amostras de sedimentos em diferentes áreas da praia, ao longo de um segmento costeiro de 700 metros, durante um período de um ano, contemplando tanto a estação seca quanto a chuvosa. Em laboratório, essas amostras foram submetidas a análises granulométricas, com o intuito de caracterizar a distribuição dos tamanhos dos grãos. Além disso, amostras provenientes das falésias foram submetidas a ensaios de limites de Atterberg, conforme as normas técnicas brasileiras. Os resultados obtidos indicaram que todas as amostras coletadas na praia do Pacheco eram predominantemente compostas por areia, com uma predominância de tamanhos médios e finos. Quanto ao diâmetro médio dos grãos, observou-se uma predominância da fração de areia fina nos três setores analisados, com uma proporção menor de areia média. Esses resultados sugerem que a praia do Pacheco está sujeita a uma alta energia hidráulica. Aspectos como esses exercem influência não apenas sobre a estabilidade e resiliência das praias enquanto ecossistemas, mas também

sobre sua importância econômica e social, especialmente em regiões dependentes do turismo costeiro. Nesse contexto, compreender a dinâmica sedimentar dessas áreas torna-se fundamental para uma gestão e conservação adequadas do litoral, considerando seu papel essencial na proteção contra eventos de alta energia e gestão costeira de áreas com falésias.

Palavras-chave: Áreas costeiras; Praia-Falésia; Sedimentologia; Dinâmica sedimentar.

Sedimentological characterization of beach-cliff interaction: case study on Pacheco beach, Caucaia coast – CE

ABSTRACT

Coastal areas have an important role to play in the transition between the terrestrial and marine environments, characterized by a dynamic interaction between the two, which results in complex processes. Cliffs, which are steep rock formations, are shaped by the continuous action of waves and tides and are a distinctive feature of these regions. The morphology and dynamics of beaches reflect not only the local geology, but also intricate processes of sediment transport and deposition. The aim of this study is to analyze the sedimentary behavior of the beach-cliff system at Praia do Pacheco, in Ceará, placing the results in a context of coastal change. The aim is to broaden the understanding of erosion and sedimentation processes, providing a basis for sustainable coastal management strategies, as well as addressing challenges such as erosion and sea level rise, which are relevant worldwide. 126 sediment samples were collected in the field from different areas of the beach, along a 700-meter coastal segment, over a period of one year, covering both the dry and rainy seasons. In the laboratory, these samples were subjected to particle size analysis to characterize the distribution of grain sizes. In addition, samples from the cliffs were subjected to Atterberg limit tests, in accordance with Brazilian technical standards. The results

obtained indicated that all the samples collected on Pacheco beach were predominantly composed of sand, with a predominance of medium and fine sizes. In terms of average grain diameter, there was a predominance of fine sand in the three sectors analyzed, with a smaller proportion of medium sand. These results suggest that Pacheco beach is subject to high hydraulic energy. Aspects such as these influence not only the stability and resilience of beaches as ecosystems, but also their economic and social importance, especially in regions

dependent on coastal tourism. In this context, understanding the sedimentary dynamics of these areas becomes fundamental for proper coastal management and conservation, considering their essential role in protection against high-energy events and coastal management of areas with cliffs.

Keywords: Coastal areas; Beach-cliff; Sedimentology; Sedimentary dynamics.

INTRODUÇÃO

As zonas costeiras apresentam morfologias variadas e se destacam pela sua notável dinamicidade, constituindo uma área de transição fundamental entre os ambientes continental e marinho onde, segundo LEAL *et al.* (2018), a interação entre os dois domínios é particularmente intensa, resultando em processos complexos. No caso da linha de costa, esta é altamente variável em termos espaciais, e compreende vários tipos diferentes de relevo costeiro (eg. ilhas-barreira, falésias marítimas, planícies de maré e deltas de rios) (LUIJENDIJK *et al.*, 2018).

As falésias são feições que estão presentes em 52% dos litorais do mundo (YOUNG e CARILLI, 2019). No litoral brasileiro as falésias estão distribuídas pela região nordeste, sendo que o estado do Ceará, foco deste estudo, apresenta uma extensão de linha de falésias de aproximadamente 39 km.

As falésias são formações geomorfológicas caracterizadas por um declive acentuado, variando entre 15° e 90° (REVISTA DE GESTÃO COSTEIRA INTEGRADA, 2024). Estas estruturas podem apresentar composições diversas, sendo formadas por rochas ígneas ou metamórficas, que possuem maior resistência, ou por rochas sedimentares, que são mais suscetíveis à erosão. De modo geral, as falésias são resultantes de processos erosivos, frequentemente influenciados pela ação de ondas e marés, bem como por agentes subaéreos como ventos e precipitações pluviais (TRENHAILE, 1987; SUNAMURA, 1992; BIRD, 2008; SILVA *et al.*, 2019). Portanto, as falésias marinhas variam significativamente em diferentes litorais ao redor do globo, refletindo as características geológicas, climáticas e oceanográficas de cada região.

Desse modo, o presente estudo tem como objetivo caracterizar o comportamento sedimentar

de uma praia com falésia, concentrando-se na interação dinâmica entre os sedimentos da falésia e da praia adjacente. A investigação busca entender os processos de transferência de sedimentos entre a falésia e a praia, incluindo os mecanismos de erosão, transporte e deposição. Para isso, foram coletadas amostras de sedimentos diretamente da falésia e da praia adjacente. A análise sedimentológica dessas amostras permite elucidar como esses dois ambientes distintos interagem e influenciam a morfologia e a dinâmica sedimentar da região costeira.

Nesse sentido, o presente estudo buscou caracterizar o comportamento sedimentar do sistema praia-falésia na praia do Pacheco, litoral do Ceará, Brasil. A compreensão desses processos é essencial para a gestão sustentável das zonas costeiras, que enfrentam desafios como a erosão e a elevação do nível do mar. Os resultados podem fornecer conhecimentos valiosos aplicáveis globalmente, informando políticas de conservação, estratégias de mitigação de riscos e práticas de gestão ambiental (Figura 1).

A Praia do Pacheco (Figura 2), situada em Caucaia na região metropolitana de Fortaleza, é destacada por suas falésias ativas que enfrentam um processo contínuo de erosão, abrangendo cerca de 700 metros. Conforme LEISNER (2023), este dinâmico sistema praia-falésia não só modifica a paisagem, mas também impacta diretamente a comunidade local, ameaçando pessoas e propriedades. Entender esses processos erosivos é essencial para prevenir acidentes e informar estratégias de gestão de risco e planejamento territorial. Assim, a Praia do Pacheco serve como um importante campo de estudo para práticas sustentáveis de manejo costeiro e mitigação de impactos ambientais.

A orla da Praia de Pacheco se encontra consideravelmente alterada devido a obras de

contenção costeira. No trecho do litoral ocorre também a presença de edificações urbanas sobre as falésias. A localidade é caracterizada por um regime de ventos predominantes com direções incidentes de E, SE e ESE, velocidades médias

entre 5 m/s e 7 m/s durante o primeiro semestre do ano, e entre 7 m/s e 10 m/s no segundo semestre, sendo as maiores médias de velocidade registradas entre os meses de setembro e outubro (NCEP, 2022).

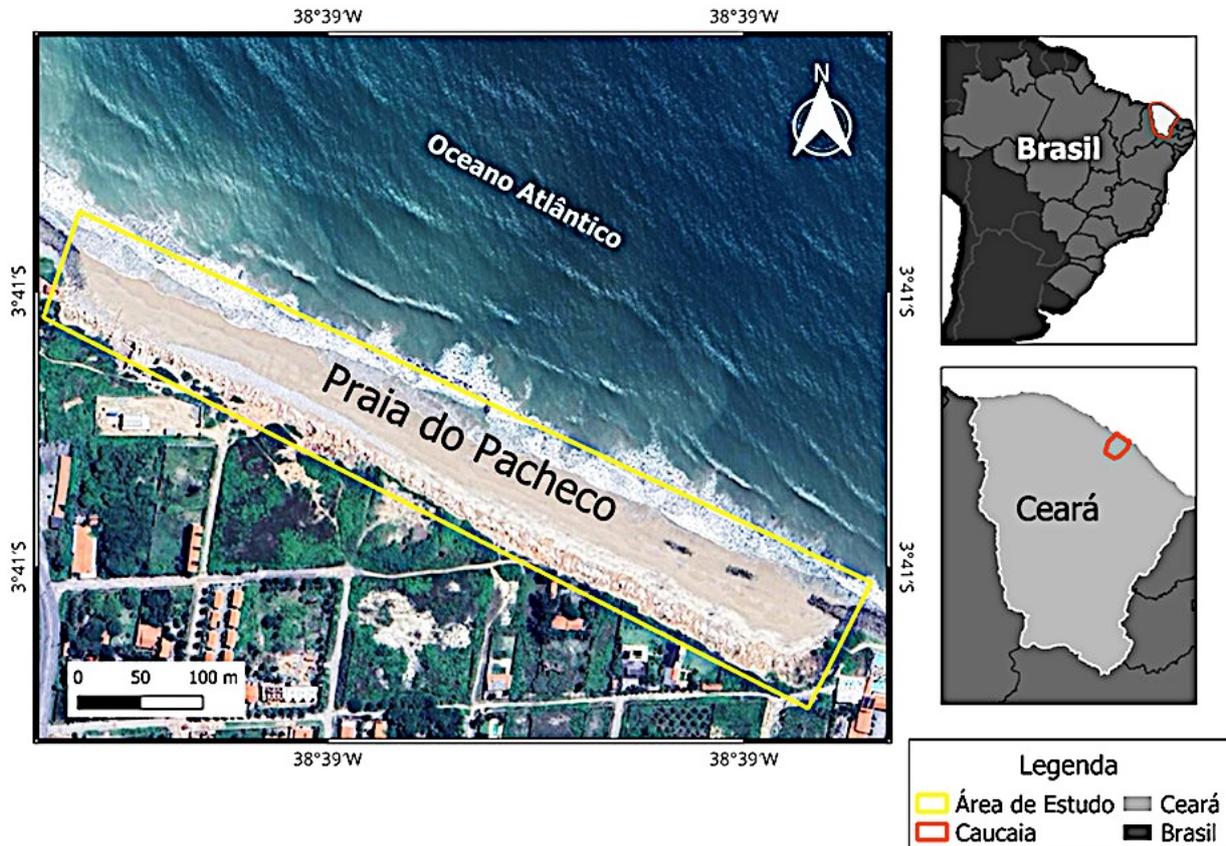


Figura 1. Localização da área de estudo.



Figura 2. Praia do Pacheco, Caucaia – CE.

O clima de ondas, segundo PAULA *et al.* (2021), tem incidência predominante do quadrante E, com ondas do tipo *Sea*, e valores médios de altura significativa (H_s) de 1,15 m. Em menor proporção ocorrem ondas do tipo *Swell*, com

predominância das direções do quadrante N/NNE, altura significativa (H_s) variando entre 1 m e 1,6 m.

METODOLOGIA

Para esse estudo foi realizada uma revisão bibliográfica sobre o tema e trabalhos desenvolvidos em áreas similares, os quais foram obtidos através de ferramentas digitais como *Science direct*, *SciELO* e *AGU Journals*. Dados pluviométricos foram obtidos pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME.

Em campo foram coletadas 126 amostras de sedimentos (Tabela I), nas porções do estirâncio superior, estirâncio inferior e antepraia, ao longo de um segmento costeiro de 700m. As coletas foram feitas de forma sazonal (a cada dois meses), e realizadas no período de maio/ 2021 a março de

2022, intervalo temporal que abrangeu os períodos de estiagem e de chuva na localidade.

Já no que diz respeito às amostras de falésias, estas foram realizadas em agosto/ 2023. No total foram realizadas 3 coletas (Figura 3), respectivamente, uma na base (plataforma de abrasão), ravinamento (meio da falésia), e uma do material que sofreu movimento de massa (Figura 4 A, B e C).

Em laboratório foram realizadas análises granulométricas, de forma a caracterizar a classe textural dos sedimentos. Inicialmente, cada amostra foi inserida em uma peneira de malha 0,062mm, e submetida a um processo de lavagem em água corrente. Este procedimento visou a remoção dos sais solúveis, bem como separar as frações de granulometria grossa dos materiais finos. Na sequência as amostras foram colocadas para secagem em estufa a aproximadamente 60°C.

Após a conclusão do processo de secagem, os materiais foram retirados da estufa, e submetidos ao processo de resfriamento à temperatura ambiente. Posteriormente, as amostras foram quarteadas para obtenção de subamostras representativas. A separação da fração de areia ocorreu por meio de peneiramento a seco, utilizando um agitador mecânico por 10 minutos, com aberturas de peneiras variando de 1 a 0,062mm. Na sequência foi realizada a pesagem dos materiais retidos nas peneiras. Os pesos foram anotados em planilhas e posteriormente inseridos no *software* SIGRAN 3.0 para extração de parâmetros estatísticos, como diâmetro médio e assimetria, seguindo a classificação proposta por FOLK & WARD (1957).

Referente às amostras da falésia, estas foram submetidas aos ensaios de limites de ATTERBERG (liquidez e plasticidade), com base nas Normas Técnicas Brasileiras (NBR) 6459 e 7180. Na NBR - 6459, o limite de liquidez (LL) é determinado pelo teor de umidade no qual as bordas inferiores de uma canelura, feita em uma massa de solo na concha de um aparelho padronizado (Aparelho de Casagrande). O LL representa a transição do estado plástico para o estado líquido, sendo expresso em porcentagem.

Para análise da amostra, o material coletado é inserido em um recipiente de porcelana, sendo acrescentada água gradativamente até atingir uma massa homogênea. Em seguida, uma quantidade específica dessa massa é transferida para a concha

do aparelho de Casagrande, sendo nivelada com uma espátula para que a parte central alcance 1 cm de espessura.

Tabela I. Tabela de Amostragem.

Mês/Ano	Local da Coleta	Número de Amostras
Mai/21	Estirâncio Superior	7
	Estirâncio Inferior	7
	Antepraia	7
Jul-21	Estirâncio Superior	7
	Estirâncio Inferior	7
	Antepraia	7
Set/21	Estirâncio Superior	7
	Estirâncio Inferior	7
	Antepraia	7
Nov-21	Estirâncio Superior	7
	Estirâncio Inferior	7
	Antepraia	7
Jan-22	Estirâncio Superior	7
	Estirâncio Inferior	7
	Antepraia	7
Mar-22	Estirâncio Superior	7
	Estirâncio Inferior	7
	Antepraia	7
Total		126

Utilizando um cinzel, é feita uma ranhura no meio da massa, seguindo o maior comprimento do aparelho. A manivela é girada a duas voltas por segundo, contando-se os golpes até que a ranhura se feche em um comprimento de 1,2 cm, momento em que a operação é interrompida. Em seguida, retira-se uma pequena quantidade de material do ponto onde as bordas da ranhura se encontraram para a determinação da umidade. O material é transferido de volta ao recipiente de porcelana, adiciona-se mais água e o processo é repetido pelo menos seis vezes.

O limite de plasticidade (LP) é definido pela NBR 7180 como sendo o teor mínimo de umidade necessário para moldar um cilindro de solo com 3 mm de diâmetro, utilizando a palma da mão durante o processo de rotação. O LP é essencial para o cálculo do Índice de Plasticidade dos solos, e é expresso em porcentagem.

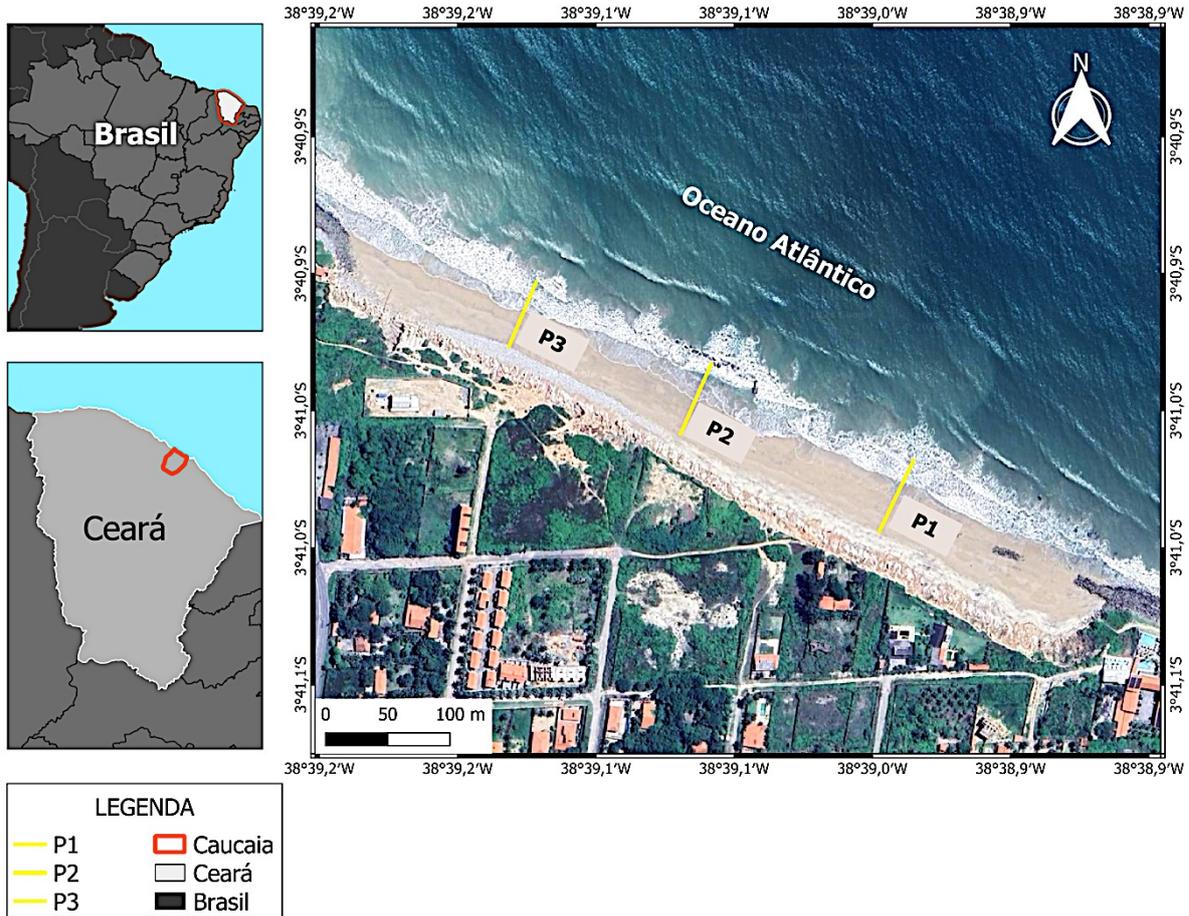


Figura 3. Localização dos perfis.



Figura 4. A, B e C: Pontos de coleta de sedimento.

Para o cálculo do LP foi utilizada uma porção de 200 gramas de amostra, que foi inicialmente colocada no recipiente de porcelana, sendo adicionada água gradualmente até que a massa atinja uma homogeneização adequada. Em seguida foi moldada uma quantidade específica dessa massa em forma elipsoidal, rolando-a sobre uma placa de vidro até que se fizessem pequenos fragmentos, com intuito de atingir as dimensões de 3mm de diâmetro e 10cm de comprimento.

Após o processo de homogeneização, alguns fragmentos fissurados foram coletados para a

determinação da umidade da amostra. O procedimento foi repetido, no mínimo, por mais quatro vezes, de forma a garantir uma abordagem consistente na obtenção do Limite de Plasticidade. Após a realização dos ensaios de liquidez e plasticidade, os sedimentos foram enquadrados em plásticos ou líquidos.

Após os procedimentos de laboratório, as amostras da falésia foram classificadas com base no Sistema Unificado de Classificação dos Solos - SUCS (SUCS, 1942), a qual se baseia na identificação dos solos de acordo com suas

características de textura e plasticidade. Na escala SUCS, os sedimentos podem ser classificados em Areia Argilosa (SC) ou Areia Siltosa (SM).

O fluxograma da Figura 5 sintetiza todas as etapas de processamento das amostras em gabinete.

Fluxograma de Análise Granulométrica

Matheus Cordeiro Façanha | March 4, 2024

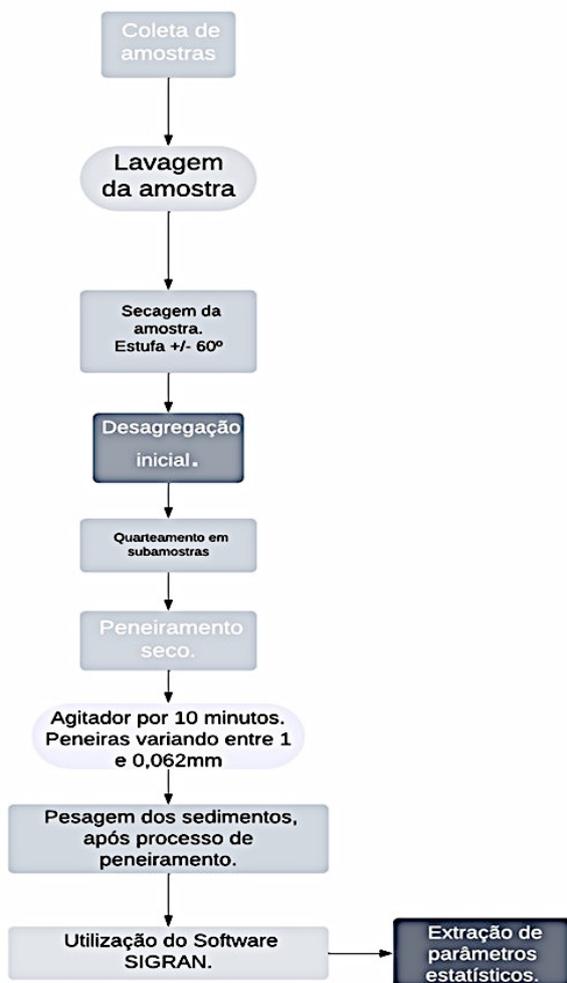


Figura 5. Fluxograma da análise granulométrica.

Para o enquadramento textural das amostras, tanto das amostras de praia quanto as da falésia, utilizou-se a classificação do diagrama triangular de SHEPARD (1954). Essa abordagem proporcionou uma análise detalhada da distribuição granulométrica, contribuindo para uma compreensão abrangente das características dos sedimentos estudados. Todas as amostras de praia foram processadas no Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica (LGCO), da Universidade Estadual do Ceará (UECE). As amostras de sedimentos da falésia foram processadas no Laboratório de Geotecnia, da Universidade Federal do Rio Grande (FURG).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação a caracterização sedimentológica, as 126 amostras coletadas na praia do Pacheco foram categorizadas como pertencentes à fração de areia, com predominância de tamanho dos grãos entre as classes média e fina. Quando observadas pontualmente, as 42 amostras do estirâncio superior (Figura 6) 83,33% foram classificadas como areia média. Os demais percentuais foram de 2,38% a areia fina, 11,90% a areia grossa, e 2,38% a seixos.

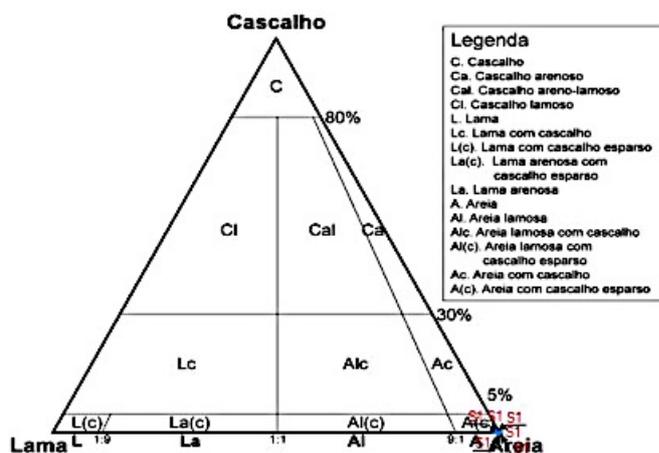


Figura 6. Classificação textural dos sedimentos do estirâncio superior no diagrama triangular de Folk (Grosseiros) (1954).

Das 42 amostras coletadas na antepraia (Figura 7), observou-se que 71,43% foram classificadas como areia fina, enquanto 26,19% apresentaram uma classificação de areia média, e 2,38% foram identificadas como areia grossa.

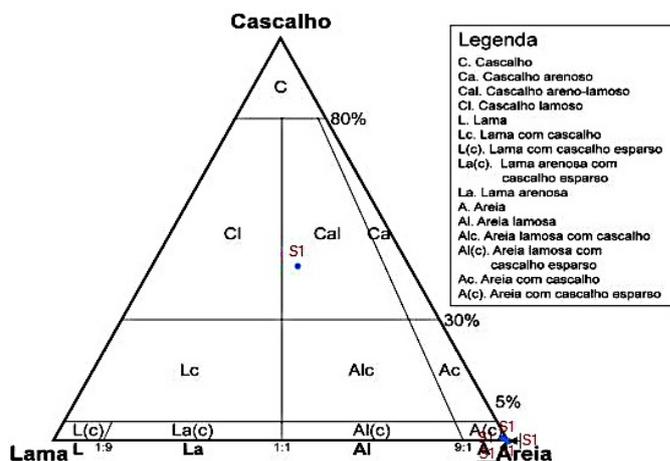


Figura 7. Classificação textural dos sedimentos da antepraia da praia no diagrama triangular de Folk (Grosseiros) (1954)

Das 42 amostras coletadas na área do estrirâncio inferior (Figura 8), 3,81% delas são predominantemente constituídas por areia fina, enquanto 47,62% apresentam uma classificação de areia média. Adicionalmente, 16,67% das amostras foram identificadas como areia grossa, e 11,90% foram categorizadas como areia muito grossa.

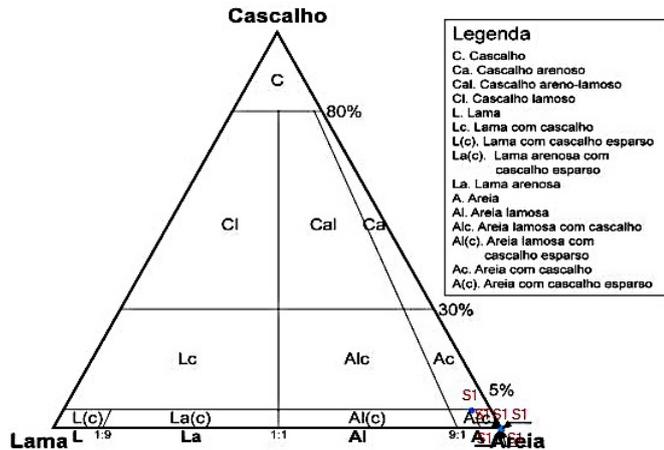


Figura 8. Classificação textural dos sedimentos da do estrirâncio inferior da praia no diagrama triangular de Folk (Groseiros) (1954).

No estrirâncio superior foram observados depósitos arenosos intercalados por seixos (Figura 9), ao longo de 400 metros, formando uma espécie de enrocamento natural. Esses depósitos desempenham um papel importante como uma barreira natural, protegendo parte da falésia ao dissipar a energia das ondas. Contudo, sua origem ainda carece de uma análise detalhada em termos geológicos.

Nos meses de maio de 2021, janeiro e março de 2022, a localidade apresentou índices pluviométricos elevados de 153,2 mm, 264,10 mm e 490,90 mm, respectivamente. Os sedimentos finos presentes na falésia foram submetidos ao processo de tixotropia, em virtude de as frações mais finas perderem a capacidade de adsorver o excedente hídrico. Esse processo gerou uma mudança de estado dos sedimentos finos, com posterior escoamento de material fluidificado pela face da falésia em direção ao mar. Esse processo se reflete na zona de espraiamento e arrebentação, onde são observados sedimentos de granulometria fina e em suspensão.

Em termos texturais, a predominância de areia fina na Praia do Pacheco pode ser explicada pelo baixo nível energético dos agentes de transporte, especialmente em áreas protegidas por uma

plataforma de abrasão, e enrocamentos instalados pela população local. Essas estruturas atuam como dissipadores de energia de onda, reduzindo a capacidade de transporte de grãos com diâmetro maior.



Figura 9. Presença de seixos ao longo da praia. Foto: Matheus Façanha.

A presença ocasional de areia média em alguns pontos da praia pode ser justificada pela existência de pequenas aberturas entre os enrocamentos. Esses espaços entre as estruturas possibilitam uma maior agitação marítima, facilitando a remoção da areia fina e permitindo a deposição de grãos de tamanho intermediário.

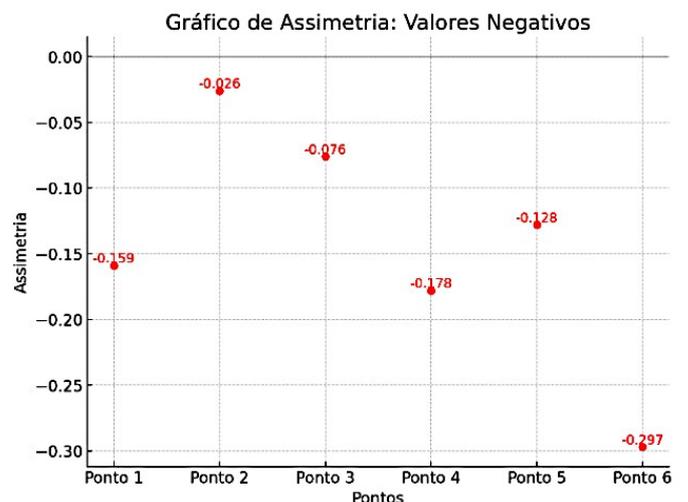


Figura 10. Gráfico bi-variado estrirâncio superior.

Os resultados estatísticos das amostras do estrirâncio superior mostram uma predominância de

assimetria negativa dos grãos (Figura 10), indicando que há mais remoção de sedimentos finos do que deposição. Isso sugere que a área, especialmente próxima à base da falésia, está sujeita a processos erosivos, possivelmente devido a ondas fortes, correntes de água, vento ou atividades biológicas. A variação nos valores de assimetria reflete a não uniformidade desses processos ao longo da falésia.

As amostras do estirâncio inferior mostram variação entre assimetria negativa e positiva (Figura 11), indicando um ambiente sedimentar dinâmico. A predominância de deposição de sedimentos finos na face da praia é sugerida, apesar de haver remoção em algumas áreas. Assimetria negativa aponta para processos erosivos locais, enquanto a assimetria positiva sugere deposição em áreas de baixa energia. A variação de assimetria reflete a complexidade das condições ambientais e hidrodinâmicas que afetam a deposição e erosão dos sedimentos na região.

34

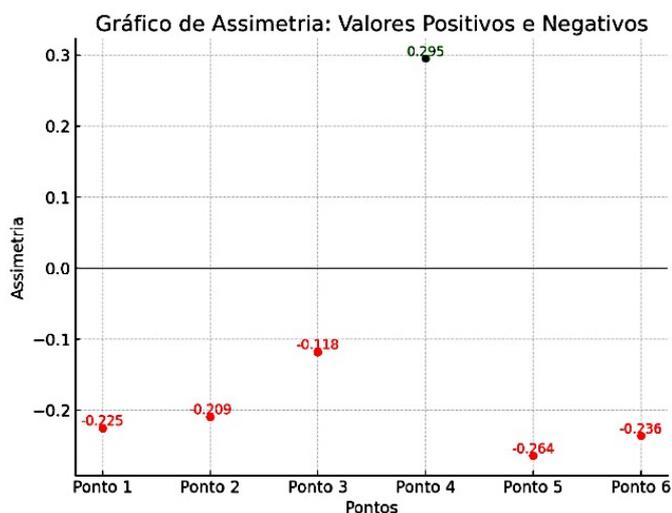


Figura 11. Gráfico bi-variado estirâncio inferior.

Por fim, os resultados das amostras de sedimentos da antepraia mostram variação nos graus de assimetria, com valores negativos, aproximadamente simétricos e positivos (Figura 12). Isso indica um intenso retrabalhamento sedimentar na zona de arrebenção, resultando em predominância de remoção de sedimentos finos sobre deposição. A assimetria negativa sugere alta energia das ondas e correntes de retorno removendo sedimentos finos. Os valores simétricos e positivos indicam equilíbrio ou deposição em áreas de menor energia. A variação reflete a complexidade dos processos

sedimentares e a influência significativa da zona de arrebenção na dinâmica sedimentar da antepraia.

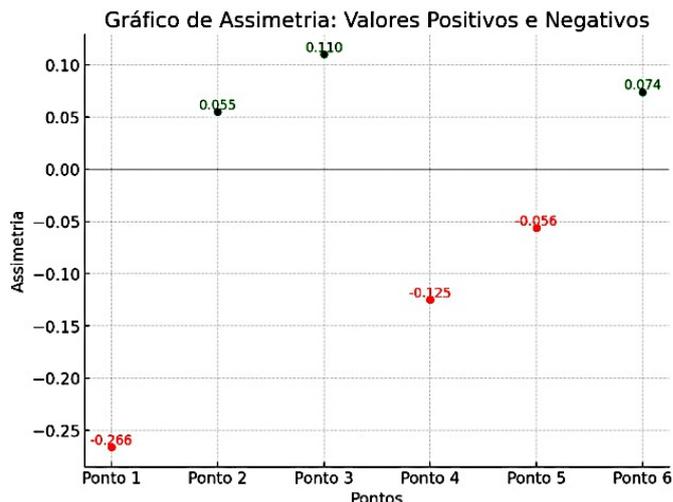


Figura 12. Gráfico bi-variado antepraia.

Em relação aos sedimentos coletados na falésia, e com base nos limites de Liquidez e Plasticidade (Tabela II), as amostras da plataforma de abrasão foram classificadas como areia argilosa (SC). Ambos os materiais coletados no ravinamento (meio da falésia) e do movimento de massa foram classificados em areia argilo-siltosa (SC – SM).

Tabela II. Limites de Atterberg e classificação dos solos pelo SUCS (1942).

Local de Coleta	Límite de Liquidez	Límite de Plasticidade	Índice de Plasticidade	Classificação SUCS
Plataforma de Abrasão	43,19%	9%	43,10%	SC
Ravinamento Meio da Falésia	43,19%	20%	42,99%	SC-SM
Movimento de Massa	40,94%	18%	40,76%	SC-SM

CEDAMEN (2024) destaca que solos com índices de plasticidade mais altos tendem a ser mais suscetíveis a movimentos de massa, como deslizamentos de terra, o que pode ser um aspecto importante a consideração em áreas de falésias. O limite de plasticidade de 9% encontrado para os sedimentos da plataforma de abrasão sugere que,

esta é a quantidade mínima de água necessária para que o solo alcance uma condição moldável sem rupturas.

Em relação aos sedimentos do ravinamento e do movimento de massa, estes apresentaram valores de limite de plasticidade de 20% e 18%, respectivamente. Quando comparado ao valor obtido para a plataforma de abrasão, os valores de LP praticamente dobram nessas duas regiões da falésia. O valor encontrado mostra que a plataforma de abrasão é mais suscetível a condições de elevada pluviometria e umidade, quando comparado aos demais valores, o que pode resultar em instabilidade na falésia.

O limite de liquidez para a plataforma de abrasão foi de 43,19%, indicando que o solo se torna suscetível à deformação e pode fluir como um líquido sob ação de forças externas (e.g. chuvas). Para os materiais do ravinamento e do movimento de massa, os percentuais foram de 43,19% e 40,94%, respectivamente. As faixas de valores encontradas indicam uma presença significativa de argila no solo. Essa característica confere ao material uma maior capacidade de adquirir plasticidade quando umedecido. VANACÔR (2006) destaca que essa faixa de percentual de liquidez de amostras é problemática em termos de estabilidade, uma vez que possui baixa resistência e elevada plasticidade. Sedimentos com essa configuração exibem um comportamento visco-plástico nos períodos de grande precipitação pluvial, o que favorece a ocorrência de movimentos de massa.

O índice de plasticidade dos sedimentos da plataforma de abrasão foi de 43,10%. Para as amostras do ravinamento e do movimento de massa, os valores foram de 42,99% e 40,76%, respectivamente. Esse índice é obtido pela diferença entre o limite plástico e o limite de liquidez, e se traduz na quantidade de água necessária para que o solo possa ser moldado sem sofrer tixotropia. Em geral, a faixa de umidade média necessária para que o solo seja capaz de manter suas propriedades plásticas é de aproximadamente 42,28%. CEMADEN (2024) destaca que para valores acima desse percentual, o material superficial tem uma maior probabilidade de se liquefazer, e acaba escoando encosta abaixo em forma de um material viscoso composto por

lama e detritos rochosos. Para o litoral do Rio Grande do Norte, SANTOS Jr. *et al.* (2015) demonstraram que o limite de liquidez inferior a 50% acarretava movimentos de massa nas falésias da região. Em termos geomorfológicos, as características das falésias do litoral do RN apontadas por SANTOS Jr. *et al.* (*Op cit.*), são muito similares às do litoral do Ceará.

CONCLUSÕES

Esse estudo buscou um melhor entendimento das condições sedimentológicas, geoambientais, e dos diversos dinamismos naturais envolvidos no sistema praia-falésia da localidade do Pacheco. No que diz respeito ao diâmetro médio dos grãos, observou-se ao longo do segmento costeiro estudado a predominância da fração de areia fina, com uma menor proporção de areia média.

A presença de areia média em certos pontos pode ser explicada pela existência de pequenas aberturas entre os afloramentos da plataforma de praia, permitindo uma maior ação da energia das ondas na praia e, conseqüentemente, removendo a areia fina. Os resultados obtidos através dos limites de liquidez e plasticidade evidenciaram que nos três pontos de coleta valores elevados evidenciaram uma maior suscetibilidade a movimentos de massa, a depender da época do ano, ou eventos de grandes volumes pluviométricos. Em termos estatísticos, destaca-se que os valores predominantes de assimetria nos setores são positivos, indicando uma prevalência na deposição de material fino, o que está em consonância com os resultados anteriores referentes ao diâmetro médio dos grãos.

A análise sedimentológica da Praia do Pacheco proporcionou uma visão abrangente da dinâmica dos sedimentos, originados de diversas fontes, e sujeitos a diferentes agentes mobilizadores. Tendo em vista que as praias e falésias emergem como elementos das zonas costeiras essenciais para a estabilidade e proteção do litoral contra eventos de alta energia. Por fim, o conhecimento do comportamento dos sedimentos se torna importante na compreensão da estabilidade do solo, e dos processos de movimentos de massa ocorridos entre o sistema praia-falésia.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de mestrado, ao Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica (LGCO), da Universidade Estadual do Ceará (UECE), pelo auxílio e logística de campo; e ao Laboratório de Geotecnia, da Universidade Federal do Rio Grande (FURG), pelos ensaios da NBR.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

36

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6459: Solo - Determinação do Limite de Liquidez. Rio de Janeiro: Abnt, 2016. Disponível em: https://saturno.crea-rs.org.br/pop/profissional/ABNT_NBR_6459_2016_Versao_Corrigida_2017.pdf. Acesso em: 11 mar. 2024.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7180: Solo - Determinação do Limite de Plasticidade. Rio de Janeiro: Abnt, 2016. (Disponível em: https://saturno.crea-rs.org.br/pop/profissional/ABNT_NBR_7180_2016.pdf.) (Acesso em: 11 mar. 2024)
- BARBOSA, N.M. 2017. *Estabilidade das falésias da barreira do inferno - RN*. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. 131p. (Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/23446/1/NathaliaMarinhoBarbosa_DISSE RT.pdf.) (Acesso em: 14 mar. 2024.)
- BARROS, E.L. 2018. *Erosão costeira no litoral do município de Icapuí-CE na última década: causas, consequências e perspectivas futuras*. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza,. (257 f. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/33205>.) (Acesso em: 11 mar. 2024)
- BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. 2018. *Características e limites da zona costeira e espaço marinho*. (Disponível em: <http://www.mma.gov.br/gestao-territorial/gerenciamento-costeiro/zona-costeira-e-seus-m%C3%BAltiplos-usos/caracteristicas-da-zona-costeira.html>.) (Acesso em: 5 mar. 2024.)
- CEDAMEN, Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. Movimento de Massa. (Disponível em: <http://www2.cemaden.gov.br/deslizamentos/>.) (Acesso em: 5 mar. 2024.)
- COUTINHO, et al. 1997. Estudo da erosão marinha nas praias de Piedade e de Candeias e no estuário de Barra de Jangadas – município de Jaboatão dos Guararapes. Recife, 154 p. (Relatório Técnico).
- CUNHA, E.M.S. 2004. *Evolução atual do litoral de Natal – RN (Brasil) e suas aplicações a gestão integrada*. Tese (Doutorado em ciências do mar). Universidade de Barcelona, 385p.
- FOLK, R.L & WARD. W.C. 1957. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*. 27:3-27.
- FUNCEME. CHUVA MÉDIA DO MÊS POR MUNICÍPIO. (Disponível em: http://www.funceme.br/?page_id=2694.) (Acesso em: 27 abr. 2023.)
- GUERRA, A.T., 2009. *Novo dicionário geológico-geomorfológico – 7ª ed.* - Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 652p.
- IPT. 1991. *Manual: Ocupações de Encostas*. São Paulo: IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo.
- LEAL, K.B.; OLIVEIRA, U.R.; ESPINOZA, J.M.A. 2018. Beach dune limit variation on Mostardense, Mar Grosso, Cassino and Barra do Chui beaches, in the south of Brazil between 2003-2015. *Quaternary Environmental Geosciences*, 9(1):25-37, (doi: 10.5380/abequa.v9i1.53226.).
- LEISNER, M.M. 2023. Morfodinâmica de falésias ativas e riscos costeiros no litoral de Caucaia-CE. 2023. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Acadêmico em Geografia do Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza. 141p. (Disponível em: <https://siduece.uece.br/siduece/trabalhoAcademicoPublico.jsf?id=109238>.) (Acesso em: 07 mar. 2024.)
- LUIJENDIJK, A., HAGENAARS, G., RANASINGHE, R., BAART, F., DONCHYTS, G. & AARNINKHOF, S., 2018. The state of word's beaches. *Nature*, 8, 6641.
- NCEP. CLIMATE PREDICTION CENTER. 2022. (Disponível em: https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/JAWF_Monitoring/Brazil/index.shtml) (Acesso em: 15 mar. 2024.)
- PASSOS, V.S.A. et al. 2019. Sedimentologia do ambiente praiial da porção norte do município de Jaboatão dos Guararapes - PE, Nordeste do Brasil. *Estudos Geológicos*, 29(1): 135-150, Recife, jun. (Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/estudosgeologicos/article/view/242413>.) (Acesso em: 11 mar. 2024)
- REVISTA DE GESTÃO COSTEIRA INTEGRADA. Glossary. (Disponível em: <https://www.aprh.pt/rgci/glossario/arriba.html>.) (Acesso em: 25 jun. 2024).
- SANTOS JR. O.F., SEVERO, R.N. FREITAS NETO, O. & FRANÇA, F.A.N. 2005. Análise de estabilidade nas falésias entre Tibau do Sul e Pipa – RN. IV Conferência Brasileira Sobre Estabilidade de Encostas, Anais da IV COBRAE, Salvador: Escola Politécnica, UFBA, 1:487-496.
- SHEPARD, F.P. 1954. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. *Journal Sedimentary Petrology*, 24:151-158.
- SILVA, R.R.; LACERDA BARROS, E.; CAMARA, I.F.; FELIX LIMA, K.S.; XIMENES NETO, A.R. & PINHEIRO, L.S. 2019. Características Morfológicas das Fácies Sedimentares nas Falésias do Litoral Leste do Ceará. In: PINHEIRO, L.S. & GORAYEB, A. *Geografia Física e as Mudanças Globais: zonas costeiras, processos, vulnerabilidades e gestão*. Fortaleza: Ufc, 25p. (ISBN: 978-85-7282-778-2).

- SUNAMURA, T. 1992. *Geomorphology of Rocky Coasts*. Chichester: John Wiley & Sons.
- SURFGURU. Histórico da Previsão. (Disponível em: <https://surfguru.com.br/historico/brasil/ceara/caucaia/oceanica/>) (Acesso em: 27 fev. 2024).
- TRENHAILE, A.S. 1987. *The Geomorphology of Rock Coasts*. Oxford: Clarendon Press.
- VANACÔR, R.N. 2006. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao mapeamento das áreas susceptíveis a movimentos de massa na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 132p.
- YOUNG, A.P. & CARILLI, J.E. 2019. Global distribution of coastal cliffs. *Earth Surf. Process. Landforms* 44:1309–1316. (doi: 10.1002/esp.4574).

