



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR
CURSO DE OCEANOGRAFIA

ANTONIO WELLYNGTON DOS SANTOS SILVA

CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTAR DO ESTUÁRIO DO RIO PACOTI, CEARÁ

FORTALEZA

2026

ANTONIO WELLYNGTON DOS SANTOS SILVA

CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTAR DO ESTUÁRIO DO RIO PACOTI, CEARÁ

Monografia apresentada ao Curso de Oceanografia do Instituto de Ciências do Mar – Labomar, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Oceanografia.

Orientador: Profa. Dra. Lidriana de Souza Pinheiro

Coorientador: Francisco Gleidson da Costa Gastão

FORTALEZA

2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S1c SILVA, ANTONIO WELLYNGTON DOS SANTOS.
CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTAR DO ESTUÁRIO DO RIO PACOTI, CEARÁ / ANTONIO
WELLYNGTON DOS SANTOS SILVA. – 2026.
49 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do
Mar, Curso de Oceanografia, Fortaleza, 2026.

Orientação: Profa. Dra. Lidriana de Souza Pinheiro.

Coorientação: Prof. Dr. Francisco Gleidson da Costa Gastão.

1. Estuário do rio Pacoti. 2. sedimentologia. 3. granulometria. 4. sólidos suspensos totais. I. Título.

CDD 551.46

ANTONIO WELLYNGTON DOS SANTOS SILVA

CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTAR DO ESTUÁRIO DO RIO PACOTI, CEARÁ

Monografia submetida à Coordenação do Curso de Oceanografia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito para obtenção do grau em Oceanografia.

Aprovada em: 28/01/2026.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Lidriana de Souza Pinheiro (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Francisco Gleidson da Costa Gastão (Coorientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dra. Isabelly Maria Maia Ferro
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Alexandre Medeiros de Carvalho
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dedico este trabalho à memória de minha avó,
Sebastiana Mariana de Almeida, mais
conhecida como Simone.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Ceará e ao Labomar, pelo suporte institucional, pela infraestrutura disponibilizada e pela contribuição na minha formação acadêmica ao longo do curso.

Ao Programa Ecológico de Longa Duração da Costa Semiárida Brasileira, pela oportunidade de realizar esse trabalho e por tantos aprendizados.

À Fundação Cearense de Apoio Científico e Tecnológico e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pelo financiamento da pesquisa e fomento de bolsa.

Ao Laboratório de Oceanografia Geológica, pela oportunidade de integrar a equipe, pelo apoio técnico-científico, pela infraestrutura oferecida e pelo ambiente de aprendizado que possibilitou o desenvolvimento das atividades de pesquisa.

Aos professores e orientadores, em especial à Profª. Dra. Lidriana de Souza Pinheiro e ao Prof. Francisco Gleidson da Costa Gastão, pela orientação, dedicação, paciência e valiosas contribuições ao longo de todas as etapas deste trabalho.

À minha família, pelo apoio incondicional, incentivo constante, compreensão e confiança, que foram essenciais para a realização deste trabalho e para a minha trajetória acadêmica. Em especial, à minha mãe, Edileuza Mariano da Silva, e às minhas irmãs, Carolina Silva, Beatriz Santos e Aparecida Cristina, que são peças fundamentais na minha formação como pessoa.

Aos colegas de turma e de trabalhos, em especial a Rebeca Amon, Endrel Luis, Elizabeth Camilo, Igor Pereira, Eduardo Cerveira, Larissa Freitas, Hayssa Allana, Emylli Acioli, Emanuelle Ribeiro, Miliana Teixeira, Lara Cavalcante, Jucília Fragoso e Yasmin Alencar, pelo companheirismo, pelas trocas de conhecimento, pelo apoio mútuo e pela convivência ao longo da graduação.

Aos amigos próximos, em especial ao Samuel Silva Pereira, pelo incentivo, amizade, compreensão e apoio nos momentos mais desafiadores dessa jornada.

Por fim, a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, o meu sincero agradecimento.

“Ninguém pode entrar duas vezes no mesmo rio, pois quando nele se entra novamente, não se encontra as mesmas águas, e o próprio ser já se modificou.” (Heráclito de Éfeso)

RESUMO

Os estuários são ambientes costeiros altamente dinâmicos, resultantes da interação entre processos fluviais e marinhos, nos quais os sedimentos registram variações hidrodinâmicas e influenciam diretamente a estrutura ecológica do sistema. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo caracterizar a sedimentologia do estuário do Rio Pacoti, localizado no litoral leste do estado do Ceará, ao longo do ano de 2022, por meio da análise granulométrica e da determinação dos teores de matéria orgânica (MO) e carbonato de cálcio (CaCO_3), bem como avaliar a distribuição espacial e sazonal das concentrações de sólidos suspensos totais (SST) na coluna d'água. Foram realizadas três campanhas amostrais nos meses de abril, agosto e novembro, nas quais foram realizadas amostragens de sedimentos e água. As análises laboratoriais incluíram peneiramento mecânico e úmido para caracterização granulométrica, calcinação para determinação da MO e o método do calcímetro de Bernard modificado para quantificação de CaCO_3 , bem como análises gravimétricas para quantificação dos SST. Os resultados indicaram predominância de sedimentos arenosos em todo o estuário, com variações espaciais e sazonais associadas às condições hidrodinâmicas. As concentrações de SST demonstraram homogeneidade vertical da coluna d'água, com algumas exceções pontuais, e uma variação sazonal bem definida. Os teores de MO e CaCO_3 apresentaram variação sazonal e espacial, com valores mais elevados para o período seco, com destaques pontuais, refletindo influência marinha, fluvial, contribuição dos manguezais e possíveis influências antrópicas. Conclui-se que a dinâmica sedimentar do estuário do Rio Pacoti é controlada pela interação entre processos fluviais, marinhos e atividades humanas, apresentando variações espaciais e sazonais significativas, o que reforça a importância de estudos integrados para o monitoramento ambiental e a gestão sustentável desse ecossistema estuarino.

Palavras-chave: Estuário do rio Pacoti; sedimentologia; granulometria; sólidos suspensos totais.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Malha amostral.....	21
Figura 2 - GPS Garmin.....	21
Figura 3 - Draga Van Veen.....	23
Figura 4 - Garrafa Van Dorn.....	23
Figura 5 - Imagens do trabalho em campo.....	23
Figura 6 - Fluxograma da análise granulométrica.....	25
Figura 7 - Fluxograma da análise de MO.....	27
Figura 8 - Fluxograma da análise de CaCO ₃	28
Figura 9 - Fluxograma da análise de SST.....	29
Figura 10 - Gráfico de Diâmetro Médio (Dz).....	32
Figura 11 - Gráfico de Assimetria (Sk).....	33
Figura 12 - Gráfico de Curtose (Kg).....	34
Figura 13 - Gráfico de Grau de seleção (So).....	35
Figura 14 - Gráfico de percentual de Matéria Orgânica (MO).....	36
Figura 15 - Gráfico de percentual de CaCO ₃	36
Figura 16 - Gráfico de distribuição de concentrações de SST (mg/L).....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Localização das estações amostrais (UTM).....	22
Tabela 2 - Frações, profundidade e tempos para análise granulométrica por pipetagem.....	26

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SEMACE	Superintendência estadual do Meio Ambiente do Ceará
COGERH	Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
PELD-CSB	Programa Ecológico de Longa Duração da Costa Semiárida Brasileira
LOG	Laboratório de Oceanografia Geológica
Labomar	Instituto de Ciências do Mar
MO	Matéria Orgânica
ANASED	Programa de Análise de Sedimentos
Mz	Diâmetro Médio
Sk	Assimetria
Kg	Curtose
So	Grau de seleção
SST	Sólidos Suspensos Totais

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	16
2.1. Objetivo Geral	16
2.2. Objetivos específicos	16
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	17
3.1. Clima	17
3.2. Ondas e marés	18
3.3. Geologia e Geomorfologia	19
4. MATERIAL E MÉTODOS	20
4.1. Coleta de dados	20
4.2. Atividades em Laboratório	24
4.2.1. Preparação das amostras	24
4.2.2. Análise granulométrica	24
4.3. Análise de Matéria Orgânica (MO)	26
4.4. Análise de Carbonato de Cálcio (CaCO ₃)	27
4.5. Análise de Sólidos Suspensos Totais	28
4.6. Análise dos dados	29
4.6.1. <i>Granulometria</i>	29
4.6.2. Média (z)	30
4.6.3. Assimetria (Sk)	30
4.6.4. Curtose (Kg)	30
4.6.5. Grau de seleção (So)	31
5. RESULTADOS	31
5.1. <i>Média (z)</i>	31
5.2. Assimetria (Sk)	32
5.3. Curtose (Kg)	33
5.4. Grau de seleção (So)	34
5.5. Matéria orgânica e CaCO ₃	35
5.6. Sólidos suspensos totais	36
6. DISCUSSÕES	39
7. CONCLUSÃO	44
8. REFERÊNCIAS	47

1 INTRODUÇÃO

Do ponto de vista oceanográfico, os estuários são definidos como corpos d'água costeiros semi-confinados, nos quais ocorre a mistura de águas continentais doces com águas salgadas de origem marinha (PRITCHARD, 1967; MIRANDA; CASTRO; KJERFVE, 2002). Esses ambientes são caracterizados por elevada dinamicidade, resultante da interação entre processos fluviais e marinhos, como descarga fluvial, ação das marés, ondas e correntes. Tais interações promovem variações acentuadas nos parâmetros físico-químicos da água e condicionam transformações geomorfológicas contínuas, favorecendo elevada produtividade biológica e biodiversidade (DAY et al., 1989; DYER, 1997).

A dinâmica flúvio-marinha nos estuários é responsável pela intensa troca de matéria e energia, incluindo o transporte, a redistribuição e a deposição de sedimentos. Esses sedimentos constituem um importante registro dos processos hidrodinâmicos atuantes, refletindo tanto o aporte continental quanto a influência marinha, sendo fundamentais para a compreensão da evolução ambiental dos sistemas estuarinos (ALLEN, 1991; NICHOLS; BIGGS, 1985).

Outro material mobilizado pela dinâmica estuarina são os denominados sólidos suspensos totais (SST), que correspondem à soma das partículas sólidas orgânicas e inorgânicas mantidas em suspensão na coluna d'água (APHA, 2017). A concentração desses sólidos está diretamente relacionada às condições hidrodinâmicas do estuário, sendo influenciada por processos como a ação das marés, a descarga fluvial, a ressuspensão do sedimento de fundo e a erosão das margens (DYER, 1997).

Os SST desempenham papel fundamental no funcionamento dos ecossistemas aquáticos, uma vez que controlam a transparência da água e a penetração da radiação luminosa na coluna d'água. Concentrações elevadas de sólidos suspensos reduzem a disponibilidade de luz para os organismos fotossintetizantes, como o fitoplâncton e as macrófitas aquáticas, afetando a produtividade primária e, conseqüentemente, a base da cadeia trófica (WETZEL, 2001). Além disso, os sólidos suspensos podem atuar como vetores de nutrientes, matéria orgânica e contaminantes, influenciando processos biogeoquímicos e a

qualidade da água. A adsorção de metais pesados e outros poluentes às partículas em suspensão favorece sua dispersão no ambiente estuarino, podendo gerar impactos negativos sobre a biota aquática (ESTEVES, 2011).

Dessa forma, a variabilidade espacial e temporal dos SST reflete o equilíbrio dinâmico entre os processos físicos, químicos e biológicos do ambiente estuarino, constituindo um importante indicador da qualidade ambiental e das condições ecológicas dos ecossistemas aquáticos (DYER, 1997; ESTEVES, 2011).

No estuário do Rio Pacoti, localizado no litoral leste do estado do Ceará, a dinâmica sedimentar é condicionada pela interação entre processos fluviais e marinhos, associada a variações sazonais do regime hidrológico e à influência das marés semidiurnas. Além disso, a intensificação das atividades humanas nas últimas décadas, como a expansão urbana, a aquicultura e as intervenções ao longo do curso do rio, tem potencial para modificar os padrões naturais de sedimentação (TROMPIERI, 1999; GORAYEB; SILVA; MEIRELES, 2013; CEARÁ, 2016). As características físicas e químicas dos sedimentos exercem influência determinante sobre a estrutura dos habitats e a distribuição das comunidades bentônicas, uma vez que a composição granulométrica, o teor de matéria orgânica e a concentração de carbonato de cálcio no substrato estão diretamente associados à abundância e à organização espacial das espécies. Silva, Franklin-Junior e Rocha-Barreira (2017) demonstram que organismos bentônicos apresentam forte relação com os parâmetros sedimentares locais, formando microhabitats heterogêneos que condicionam a presença de determinadas espécies nas planícies de maré. Além disso, a deposição preferencial de partículas finas, resultante da interação entre o fluxo fluvial e o regime de marés, favorece a retenção de materiais como contaminantes e microplásticos, podendo gerar impactos sobre filtradores bentônicos e outros organismos dependentes desses sedimentos como substrato e fonte alimentar (REINALDO, 2023).

Os estudos sedimentológicos buscam compreender os processos de origem, transporte, deposição e transformação dos sedimentos, bem como sua diagênese e litificação (SUGUIO, 1973; BOGGS, 2011). Quando uma rocha é submetida a condições físicas,

químicas e biológicas distintas daquelas sob as quais foi originalmente formada, torna-se suscetível aos processos de intemperismo, responsáveis pela sua desagregação e decomposição. Em sequência, os materiais resultantes são removidos por processos erosivos, transportados por diferentes agentes e, posteriormente, depositados em ambientes de menor energia, onde podem ser acumulados, compactados e, por meio da diagênese, originar rochas sedimentares. A movimentação crustal pode expor novamente essas rochas à superfície, reiniciando esse conjunto de processos, conhecido como ciclo sedimentar (SUGUIO, 1980; PRESS et al., 2006).

A partir da análise das propriedades sedimentares, é possível inferir as condições ambientais pretéritas e atuais, identificar agentes de transporte predominantes e interpretar os ambientes deposicionais associados aos diferentes contextos hidrodinâmicos (FOLK; WARD, 1957; TUCKER, 2001). A análise sedimentológica é comumente realizada a partir da caracterização granulométrica e da determinação dos teores de carbonato de cálcio (CaCO_3) e de matéria orgânica. A granulometria fornece informações sobre a energia do meio deposicional e os mecanismos de transporte, enquanto o CaCO_3 está frequentemente associado à contribuição marinha e biogênica, e a matéria orgânica reflete tanto a produtividade biológica quanto o aporte continental e possíveis influências antrópicas (FOLK, 1980; BORDOVSKIY, 1965; MEYERS, 1994).

Diante desse cenário, a problemática deste estudo consiste em compreender como os processos flúvio-marinhos e as variações sazonais influenciam a distribuição granulométrica dos sedimentos, a suspensão de material sólido e os teores de CaCO_3 e matéria orgânica ao longo do estuário do Rio Pacoti. A realização deste estudo justifica-se pela necessidade de ampliar o conhecimento sobre a dinâmica sedimentar local, fornecendo subsídios para o monitoramento ambiental, a avaliação de impactos antrópicos e o planejamento e a gestão sustentável desse ecossistema estuarino, de elevada relevância ecológica e socioeconômica.

2 OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Caracterizar a sedimentologia e as concentrações de sólidos suspensos totais ao longo do estuário do Rio Pacoti, Ceará, durante o ano de 2022.

2.2. Objetivos específicos

- Caracterizar os parâmetros granulométricos e estatísticos dos sedimentos do estuário;
- Quantificar a composição de matéria orgânica e teor de CaCO_3 presente nos sedimentos do estuário;
- Quantificar a concentração e caracterizar a variação de sólidos suspensos totais ao longo do estuário durante o ano de 2022.

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O rio Pacoti está localizado no estado do Ceará e possui cerca de 150 km de extensão, desde sua nascente no Maciço da Serra de Baturité até sua foz no litoral, desempenhando papel fundamental no abastecimento hídrico e na dinâmica ambiental da Região Metropolitana de Fortaleza (SEMACE, 2010). Dentro de sua bacia hidrográfica encontram-se importantes reservatórios, como o açude Pacoti/Riachão, integrante do sistema hídrico responsável pelo fornecimento de água para Fortaleza e municípios adjacentes. De acordo com a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará, o açude Riachão apresenta capacidade próxima de 49,8 hm³, compondo, junto ao sistema Pacoti, um dos principais suportes ao abastecimento regional (COGERH, 2023). Embora esses barramentos sejam essenciais para a segurança hídrica da população, estudos indicam que a presença de represas pode alterar a vazão fluvial e reduzir o transporte natural de sedimentos em direção ao estuário, interferindo nos processos geomorfológicos e ecológicos costeiros (SILVA; FRANKLIN-JUNIOR; ROCHA-BARREIRA, 2017).

O estuário do rio Pacoti também se destaca por sua relevância ambiental, sendo protegido pela Área de Proteção Ambiental (APA) do Rio Pacoti, criada em 15 de fevereiro de 2000 pelo Decreto nº 25.778. Essa unidade de conservação de uso sustentável abrange ecossistemas costeiros como manguezais, dunas e vegetação de tabuleiro, além de oferecer abrigo a uma fauna diversificada associada ao ambiente estuarino (SEMA, 2013).

3.1. Clima

A região do estuário do rio Pacoti, localizada no litoral leste do Estado do Ceará, insere-se em um contexto climático típico do Nordeste brasileiro, caracterizado pela transição entre o clima tropical úmido litorâneo e o tropical semiárido, predominante no interior do estado. A proximidade com o Oceano Atlântico exerce influência significativa sobre os elementos climáticos locais, resultando em condições de maior umidade relativa do ar e menores amplitudes térmicas quando comparadas às áreas continentais mais afastadas da costa (FUNCEME, 2022; MAIA; BEZERRA; FREIRE, 1998).

As temperaturas médias anuais na região são elevadas, geralmente superiores a 26 °C, com baixa variação sazonal ao longo do ano, característica típica de regiões tropicais. A atuação das brisas marítimas, intensificada pela diferença térmica entre o continente e o oceano, contribui para a moderação das temperaturas diurnas e para o aumento da umidade atmosférica nas áreas costeiras, especialmente durante o período seco (INMET, 2023; DYER, 1997).

O regime pluviométrico do estuário do rio Pacoti apresenta forte sazonalidade, com uma estação chuvosa bem definida, concentrada principalmente entre os meses de fevereiro e maio, período conhecido regionalmente como “quadra chuvosa”. Esse padrão está diretamente associado à migração sazonal da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), principal sistema atmosférico responsável pelas precipitações no norte do Nordeste brasileiro (FUNCEME, 2022; KREIS et al., 2024). Durante esse período, ocorre a maior parte do volume anual de chuvas, enquanto os meses restantes do ano são marcados por precipitações escassas ou ausentes.

Os totais pluviométricos anuais na região costeira do Ceará variam espacialmente, mas, em áreas próximas ao litoral, como o estuário do rio Pacoti, os valores médios anuais costumam situar-se entre 1.000 e 1.500 mm, refletindo a influência marítima e a maior disponibilidade de umidade em relação ao interior semiárido do estado (FUNCEME, 2022; MAIA; BEZERRA; FREIRE, 1998). Essa variabilidade pluviométrica exerce controle direto sobre a descarga fluvial, a dinâmica hidrossedimentar e os processos ecológicos no ambiente estuarino.

3.2. Ondas e marés

O regime de ondas na costa cearense é predominantemente controlado pelos ventos alísios de sudeste, que atuam de forma persistente ao longo do ano. As ondas incidentes apresentam, em geral, alturas moderadas, com aumento da energia no segundo semestre, período associado à intensificação dos ventos regionais. A propagação das ondas em direção à linha de costa favorece processos de erosão, ressuspensão e retrabalhamento

sedimentar, especialmente nas proximidades da foz do Rio Pacoti, contribuindo para o aporte de sedimentos de origem marinha no interior do estuário (MAIA; BEZERRA; FREIRE, 1998; CALLIARI et al., 2003).

As marés na região são classificadas como mesomarés, com regime semidiurno, caracterizado pela ocorrência de duas preamares e duas baixa-mares ao longo do dia lunar. A amplitude de maré exerce forte controle sobre a circulação estuarina, promovendo a alternância entre os fluxos de enchente e vazante, o que favorece a mistura entre águas marinhas e fluviais. Durante os períodos de maré de sizígia, quando as amplitudes são mais elevadas, ocorre maior penetração da cunha salina no estuário, intensificando o transporte de sedimentos marinhos e a ressuspensão do material de fundo (DYER, 1997; MIRANDA; CASTRO; KJERFVE, 2002).

A interação entre ondas e marés é particularmente relevante na zona da foz do Rio Pacoti, onde a energia hidrodinâmica é mais elevada. Nesse setor, as correntes de maré associadas à ação das ondas contribuem para a deposição de sedimentos arenosos e carbonáticos, incluindo fragmentos biogênicos, além de influenciar a morfodinâmica das barras arenosas e dos canais estuarinos. Em períodos de menor descarga fluvial, a influência marinha torna-se mais expressiva, permitindo o avanço das marés e o aumento da predominância de processos oceânicos no estuário (MEDEIROS; KJERFVE, 1993; TROMPIERI, 1999).

3.3. Geologia e Geomorfologia

A região do estuário do Rio Pacoti, localizada no litoral leste do estado do Ceará, insere-se no domínio da planície costeira cearense, apresentando características geológicas e geomorfológicas típicas de ambientes fluviomarinhos quaternários. De acordo com o Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Ceará (ZEE-CE), essa área é composta predominantemente por depósitos sedimentares recentes, associados à dinâmica integrada entre processos fluviais, marinhos e eólicos, que condicionam a evolução morfológica do estuário (CEARÁ, 2016).

Do ponto de vista geológico, o estuário do Rio Pacoti é constituído majoritariamente por sedimentos inconsolidados de idade quaternária, formados por areias quartzosas, siltes e argilas, com intercalações de material orgânico em áreas de manguezal. Esses depósitos recobrem unidades mais antigas do embasamento cristalino, que afloram de forma restrita em áreas interiores da bacia hidrográfica. Segundo o ZEE-CE, a predominância de sedimentos arenosos está relacionada à intensa atuação dos processos costeiros e à contribuição de materiais retrabalhados a partir de dunas e praias adjacentes, além do aporte fluvial sazonal (CEARÁ, 2016).

Geomorfologicamente, a região estuarina do Pacoti é caracterizada por uma planície fluviomarina de baixa altitude, sujeita à influência direta das marés, onde se desenvolvem feições como canais estuarinos, bancos arenosos, barras de maré e extensas áreas de manguezais. O ZEE-CE destaca que essas formas de relevo são altamente dinâmicas, respondendo às variações do nível do mar, ao regime de marés semidiurnas e às flutuações na descarga fluvial ao longo do ano hidrológico (CEARÁ, 2016).

Associados à planície estuarina, ocorrem campos de dunas móveis e fixas, bem como paleodunas, que exercem papel fundamental no fornecimento de sedimentos arenosos para o sistema estuarino. Esses depósitos eólicos, segundo o ZEE-CE, constituem importantes reservatórios sedimentares que, sob ação dos ventos e da dinâmica costeira, contribuem para a alimentação das praias e do estuário, influenciando diretamente a morfodinâmica local (CEARÁ, 2016; GORAYEB; MEIRELES, 2014).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Coleta de dados

No ano de 2022 foram realizadas aquisições de dados *in situ* em três campanhas, nos meses de abril, agosto e novembro, durante as atividades do Programa Ecológico de Longa Duração da Costa Semiárida do Brasil (PELD-CSB) no estuário do Rio Pacoti. A amostragem consistiu na coleta de sedimentos e água nas três campanhas em pontos fixos georreferenciados com auxílio de um GPS Garmin (Figura 2).

Malha Amostral

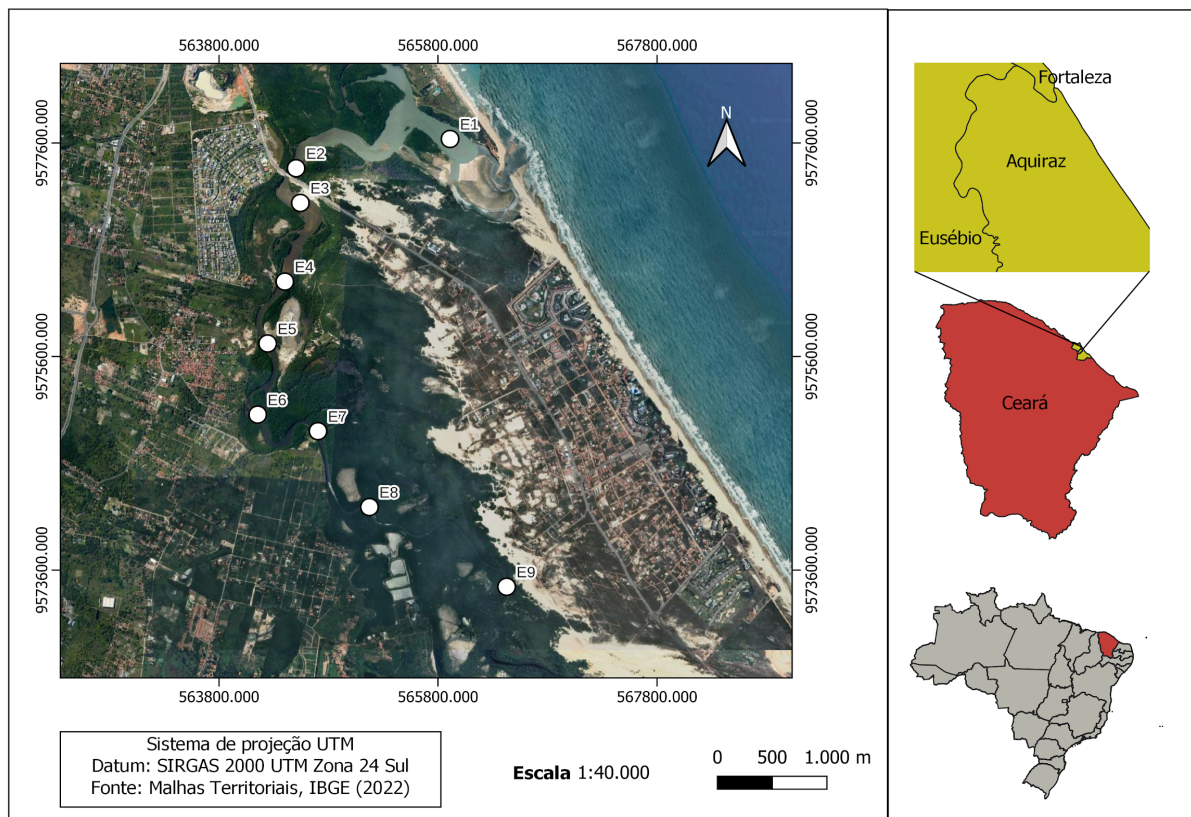


Figura 1 - Malha amostral.
 Fonte: Elaborado pelo autor (2024).



Figura 2 - GPS Garmin (GPSmap 520).
 Fonte: GPS CITY (2026).

Tabela 1 - Localização das estações amostrais (UTM).

Estação	X (UTM)	Y (UTM)	Água	Sedimentos	Distância da Foz (m)
E1	565910	9577637	X	X	803,23
E2	564504	9577363	X	X	2709,91
E3	564543	9577038		X	3007,15
E4	564401	9576301	X	X	3970,01
E5	564244	9575721		X	4602,12
E6	564153	9575055	X	X	5459,81
E7	564704	9574900		X	6158,42
E8	565174	9574189	X	X	7371,31
E9	566427	9573442	X	X	9124,61

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Durante as atividades de campo foi realizada a coleta de no total 27 amostras de sedimento, das quais foram coletadas 9 amostras por campanha, sendo uma amostragem por estação. As coletas foram realizadas com o uso de um amostrador pontual do tipo Van Veen (Figura 2), que funciona aprisionando os sedimentos superficiais ao entrar em contato com o substrato. As amostras foram armazenadas em sacos plásticos lacrados e etiquetados para processamento no Laboratório de Oceanografia Geológica (LOG) do Instituto de Ciências do Mar (Labomar), onde foram refrigeradas para manter suas propriedades químicas e físicas.

Ao todo foram coletadas 36 amostras de água, sendo coletadas 12 amostras por campanha em 6 pontos amostrais, com coleta superficial (0,10 m) e coleta tocando o substrato do fundo do estuário. Para isto foi utilizada a garrafa horizontal Van Dorn (Figura 3) para coleta de amostras estratificadas. As águas foram armazenadas em garrafas de plástico identificadas e levadas para refrigeração no LOG para manter suas propriedades químicas e físicas.



Figura 3 - Draga Van Veen.
Fonte: Aatoria própria (2025).



Figura 4 - Garrafa Van Dorn.
Fonte: Aatoria própria (2025).



Figura 5 - Imagens do trabalho em campo.
Fonte: Aatoria própria (2026).

4.2. Atividades em Laboratório

4.2.1. Preparação das amostras

Em laboratório, as amostras de sedimento foram descongeladas e levadas à estufa a 55 °C para secagem. Após a secagem as amostras foram maceradas para desagregação dos grãos e quarteadas para retirada de porções a serem analisadas. As amostras de água foram descongeladas e passaram por um processo de agitação manual para homogeneização da amostra.

4.2.2. Análise granulométrica

As amostras de sedimentos passaram por três análises, sendo elas a análise granulométrica, a determinação de matéria orgânica e a determinação de CaCO₃.

Para a análise granulométrica foi utilizado o método gravimétrico de peneiramento mecânico e úmido de Suguio (1973). Foi realizada a pesagem de 100 g de sedimentos para o processo de peneiramento úmido com a peneira de 0,062 mm para separação dos sedimentos finos (silte e argila).. As porções retidas na peneira de 0,062 mm foram sujeitas ao processo de peneiramento mecânico, que consiste na separação dos grãos utilizando um conjunto de 12 peneiras, com malha variando de 2,830mm a 0,062mm e o fundo no qual se deposita a fração 0,062mm, submetido a vibração utilizando um agitador mecânico. As frações foram separadas e foi realizada sua pesagem utilizando uma balança analítica. As amostras que os valores de finos corresponderam a mais de 10% passaram pelo processos de sedimentação por pipetagem para caracterização dos sedimentos finos.

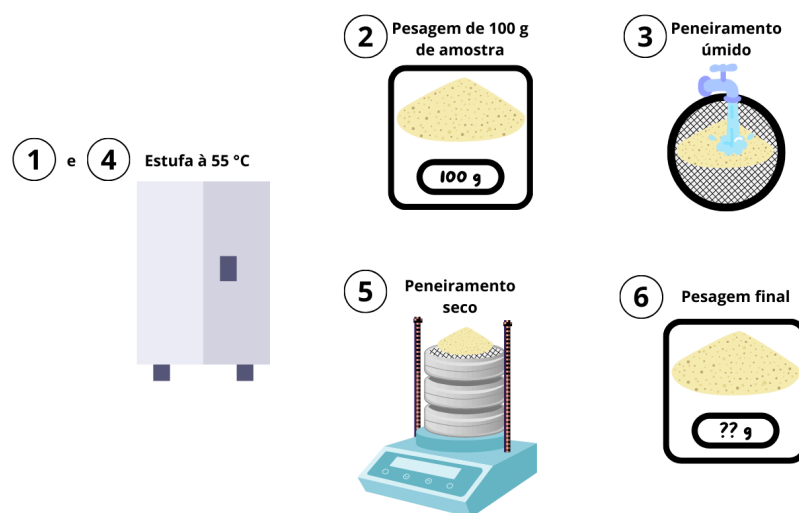


Figura 6 - Fluxograma da análise granulométrica.
Fonte: elaborado pelo autor (2025).

A caracterização da fração fina (silte + argila, $< 0,062$ mm) foi conduzida por meio do método de sedimentação por pipetagem. Esse procedimento foi aplicado sempre que o teor de sedimentos finos ultrapassou 10% do material total, uma vez que, acima desse valor, o peneiramento torna-se insuficiente para representar adequadamente a distribuição granulométrica completa. A adoção desse limite é amplamente utilizada em estudos sedimentológicos, pois a fração fina passa a exercer influência significativa na textura e no comportamento deposicional do sedimento (FLEMMING, 2000). Além disso, Suguio (1973) destaca que a pipetagem constitui um método essencial para a quantificação precisa das frações finas, especialmente em sedimentos mistos, onde silte e argila controlam importantes processos sedimentares.

Para a execução do método, o sedimento foi submetido à dispersão química com oxalato de sódio, utilizado como agente defloculante para evitar a agregação das partículas finas e assegurar a sedimentação individual dos grãos. Após a dispersão química do sedimento com oxalato de sódio, o material foi transferido para uma proveta de sedimentação de 1 L, completando-se o volume com água destilada e realizando-se agitação intensa para

homogeneização da suspensão. A separação das frações finas foi conduzida pelo método da pipetagem, fundamentado na Lei de Stokes, que relaciona o tempo de decantação ao diâmetro equivalente das partículas (SUGUIO, 1973).

A coleta das alíquotas foi realizada com pipeta volumétrica de 10 mL, em profundidade fixa de 20 cm e 10 cm, abaixo da superfície da suspensão, em tempos previamente determinados para separar os intervalos granulométricos correspondentes ao silte e à argila. As coletas foram realizadas até a fração correspondente a silte muito fino e, a partir disso, o valor subtraído foi caracterizado como argila.. O material coletado em cada etapa foi transferido para recipientes previamente pesados, seco em estufa a 55 °C e posteriormente pesado para determinação gravimétrica das porcentagens relativas.

Tabela 2 – Frações, profundidade e tempos para análise granulométrica por pipetagem.

Frações (mm)	Profundidade (cm)	Tempo (h:min:s)
0,062	20	0:00:58
0,031	10	0:03:52
0,016	10	0:07:44
0,008	10	0:31:00
0,004	10	2:03:00

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

4.3. Análise de Matéria Orgânica (MO)

Para a determinação do teor de matéria orgânica (MO) foi utilizado o método gravimétrico de calcinação (Davies, 1974), que consiste na queima da MO presente nos sedimentos. Para isso, foram pesadas 2 g de sedimentos de cada amostra. As porções foram colocadas em cadinhos de porcelana e levadas para a mufla, onde foram expostas por duas horas a uma temperatura de 450° C. Após a queima os sedimentos foram novamente pesados e foi estimado o percentual de matéria orgânica nos sedimentos com o seguinte cálculo:

$$MO = Pf x \frac{100}{Pi}$$

Pf = peso final

Pi = peso inicial

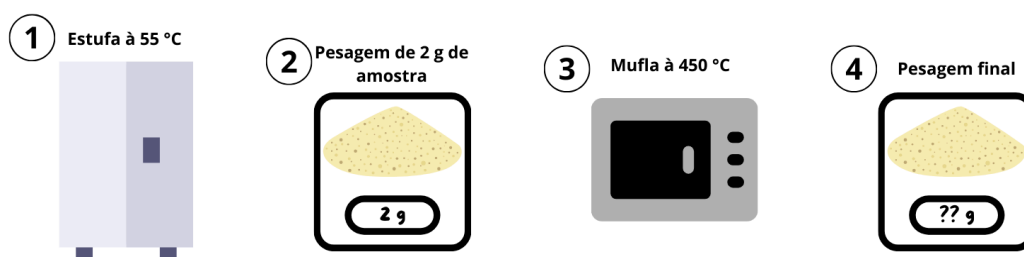
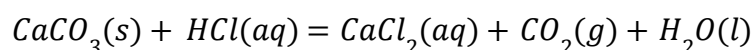


Figura 7 - Fluxograma da análise de MO.
Fonte: elaborado pelo autor (2025).

4.4. Análise de Carbonato de Cálcio (CaCO₃)

A determinação das concentrações de CaCO₃ é realizada a partir do método do calcímetro de Bernard modificado (Lamas 2005). O método consiste na medição de CaCO₃ através da captação e medição de gás carbônico com o uso de um calcímetro volumétrico.

Foram pesadas 0,5 g de sedimentos de cada amostra para reagir com 2 mL de HCl. O HCl reage com o CaCO₃ dos sedimentos e produz CO₂ proporcional à concentração de CaCO₃, como mostrado na fórmula a seguir:



A reação ocorre em um sistema hermeticamente fechado, deslocando a coluna d'água contida em uma bureta. O volume deslocado é medido e comparado com o deslocamento de uma amostra padrão de CaCO₃ puro. A concentração de CaCO₃ é encontrada a partir do cálculo:

$$CaCO_3 = 100x \frac{Da}{Dp}$$

Da = deslocamento da amostra de sedimentos

D_p = deslocamento da amostra de padrão

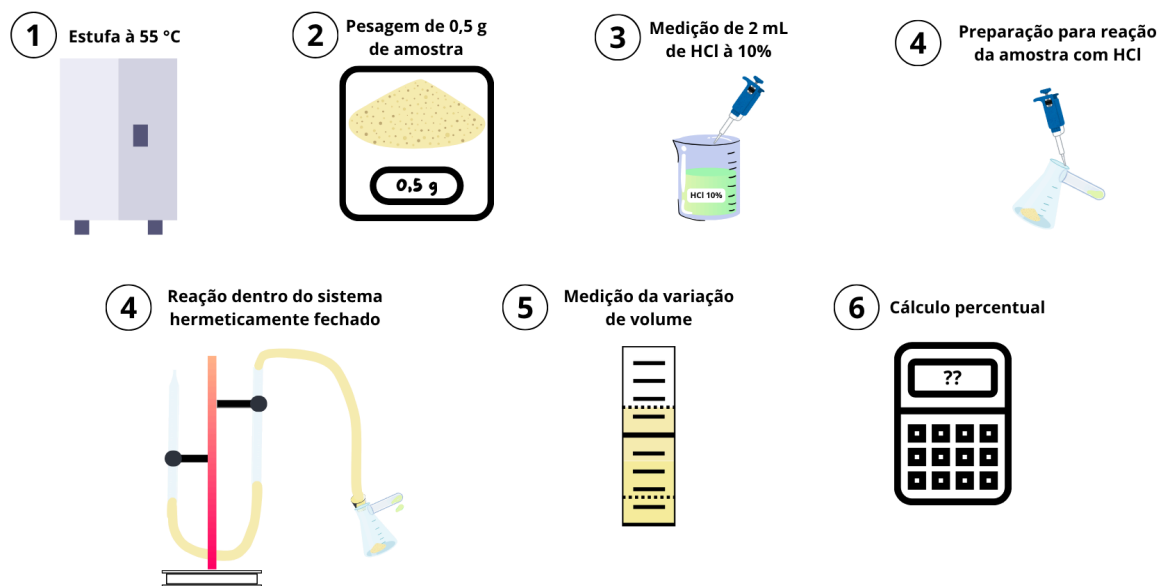


Figura 8 - Fluxograma da análise de CaCO_3 .
Fonte: elaborado pelo autor (2025).

4.5. Análise de Sólidos Suspensos Totais (SST)

Após o processo de homogeneização das amostras de água, utilizando filtros de membranas microporosas de 0,45 μm e um sistema de filtração de água acoplado a uma bomba a vácuo, são colocados 500 ml de água de cada amostra para filtração. As membranas são pesadas antes e após a filtração, quando secas, para determinação do peso de sólidos suspensos totais a partir do seguinte cálculo:

$$P_s = P_f - P_i$$

P_s = peso dos sólidos

P_f = peso da membrana seca após a filtração

P_i = peso da membrana antes da filtração

Sabendo o peso de sólidos suspensos totais é feito um cálculo de determinação da concentração de SST por volume de água, apresentado a seguir:

$$\text{SST} = P_s / 500$$

Onde o valor de SST é dado em g/mL.

SST



Figura 9 - Fluxograma da análise de SST.
Fonte: elaborado pelo autor (2025).

4.6. Análise dos dados

4.6.1. Granulometria

Os dados da análise granulométrica foram inseridos no Programa de Análise de Sedimentos (ANASED), no qual foram realizadas as curvas acumulativas de distribuição de frequência e os cálculos de Média, Mediana, Assimetria, Curtose, Grau de seleção e a classificação dos sedimentos de acordo com Folk e Ward (1957).

A análise estatística dos parâmetros granulométricos, como média, grau de seleção, assimetria e curtose, é essencial em estudos sedimentológicos, pois permite caracterizar quantitativamente a distribuição dos tamanhos de grãos e interpretar com maior precisão os processos de transporte e deposição. A média indica a competência do agente

sedimentar, o grau de seleção reflete a estabilidade e uniformidade das condições hidrodinâmicas, enquanto a assimetria e a curtose fornecem informações sobre a predominância de frações finas ou grossas e sobre a concentração dos dados em torno da média, auxiliando na identificação de ambientes deposicionais distintos e na reconstrução paleoambiental (FOLK; WARD, 1957).

A curva de distribuição é realizada utilizando o ϕ (\emptyset), que consiste no logaritmo negativo de base 2 da granulometria em mm, segundo KRUMBEIN (1934). Os valores granulométricos então são distribuídos em classes de ϕ , que são números inteiros que correspondem às classes da escala de Wentworth. Com a determinação da frequência de distribuição granulométrica de ϕ são realizados os seguintes cálculos:

4.6.2. Média (Mz)

A média corresponde ao valor médio que reflete a média de tamanhos de uma série de valores da curva de distribuição e é calculada da seguinte forma:

$$Mz = \frac{(\emptyset_{16} + \emptyset_{50} + \emptyset_{84})}{3}$$

\emptyset_n = Malha da peneira na qual n% do peso da amostra possui diâmetro superior.

4.6.3. Assimetria (Sk)

A assimetria mede o afastamento do diâmetro médio em relação à mediana. É dado pela seguinte fórmula:

$$Sk = \left[\frac{(\emptyset_{16} + \emptyset_{84} - 2 * \emptyset_{50})}{(2 * (\emptyset_{84} - \emptyset_{16}))} \right] + \left[\frac{(\emptyset_{05} + \emptyset_{95} - 2 * \emptyset_{50})}{(2 * (\emptyset_{95} - \emptyset_{05}))} \right]$$

4.6.4. Curtose (Kg)

Curtose é a medida que determina o grau de concentração dos valores nas curvas de distribuição de frequência. É calculada pela seguinte forma:

$$Kg = \frac{(\emptyset_{95} - \emptyset_{05})}{(2.44 * (\emptyset_{75} - \emptyset_{25}))}$$

4.6.5. Grau de seleção (S_o)

O grau de seleção mede o desvio padrão dos valores a partir da média. Sua fórmula é a seguinte:

$$S_o = \left[\frac{(\emptyset 84 - \emptyset 16)}{4} \right] + \left[\frac{(\emptyset 95 - \emptyset 05)}{6.6} \right]$$

5 RESULTADOS

5.1. Diâmetro médio (M_z)

Os resultados para o diâmetro médio apresentaram valores variando de areia grossa à silte fino, com uma predominância evidente de areia média e areia fina. Os valores para diâmetro médio apresentaram para o mês de abril os seguintes valores: areia grossa (11,11%), areia média (44,44%), areia fina (33,33%) e silte médio (11,11%)(Figura 6). Quanto ao mês de agosto, os resultados apresentaram unanimidade do valor médio, apresentando somente diâmetro de areia média (100%). E, em relação ao mês de novembro, os valores de diâmetro médio apresentaram valores com os seguintes diâmetros médios: areia grossa (11,11%), areia média (44,44%), areia fina (22,22%) e areia muito fina (22,22%).

Para o período de abril, houve tendência de diminuição do valor médio, seguindo de areia grossa no ponto E1, areia média do ponto E2 ao E4, areia fina do ponto E5 ao E7, silte médio no ponto E8 e, no ponto E9, novamente areia média.

Já para novembro, ocorre uma tendência para granulometria mais fina nos pontos amostrados mais extremos, com areia muito fina nos pontos E1 e E9 e areia fina no ponto E2, enquanto na região central tem-se uma tendência a granulometria média, com areia média no pontos E3 a E5 e E7, exceto pelo pontos E8 e E6 que resultaram em areia grossa e areia fina, respectivamente.

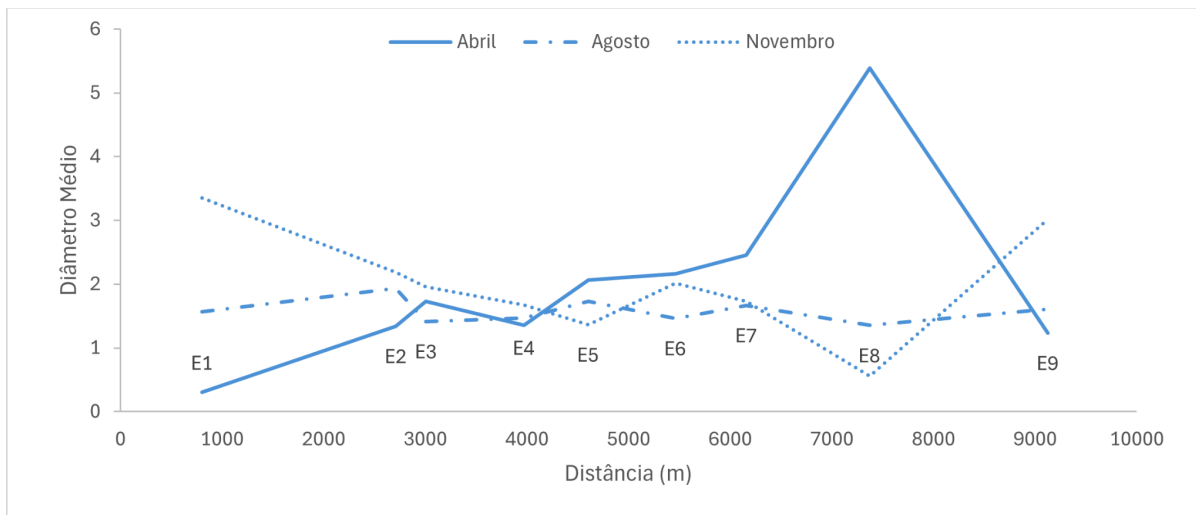


Figura 10 - Gráfico de Diâmetro médio (Dz).
Fonte: elaborado pelo autor (2025).

5.2. Assimetria (Sk)

Os resultados do cálculo de assimetria apresentaram variação de assimetria muito negativa à assimetria muito positiva. Os valores de assimetria para abril apresentaram assimetria negativa e muito negativa nas estações de localização mais extrema, com E2 e E9 como negativa e E1 como muito negativa, enquanto as estações centrais apresentaram valores de assimetria positiva nas estações E4 a E6 e assimetria muito positiva na estação E7. As estações E3 e E8 resultaram em aproximadamente simétricas.

Em relação a agosto, os valores de assimetria variaram de aproximadamente simétrica a muito positiva, com aproximadamente simétrica nas estações E2, E6 e E8, positiva nas estações E1, E3, E4 e E5, e muito positiva nas estações E7 e E9.

Quanto ao mês de novembro, os resultados variaram entre assimetria muito positiva a assimetria negativa, com assimetria muito positiva nas estações E1 e E8, positiva nas estações E3, E4 e E7, aproximadamente simétrica nas estações E2, E6 e E9 e, negativa na estação E5.

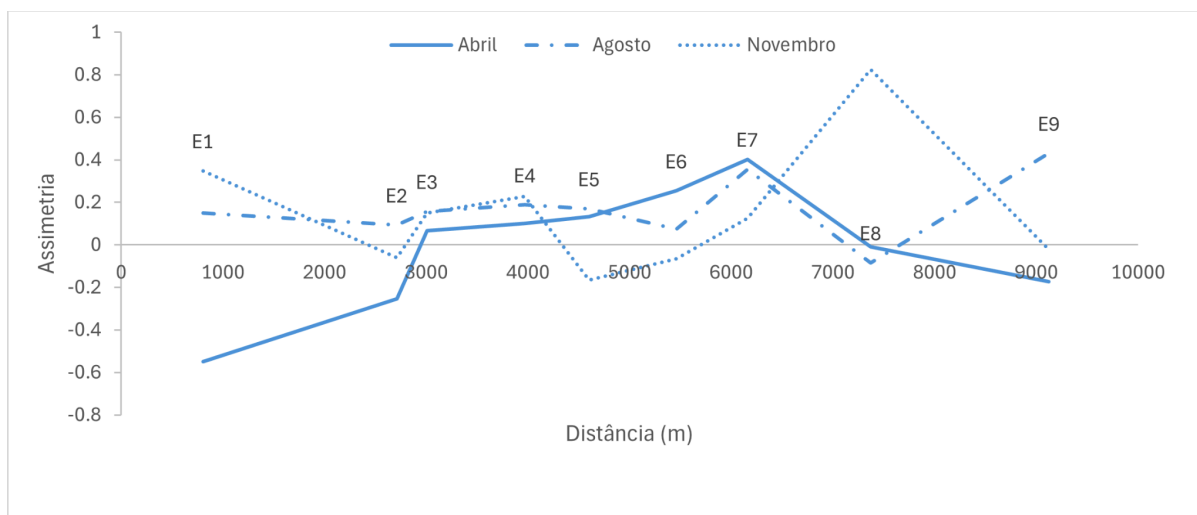


Figura 11 - Gráfico de Assimetria (Sk).
Fonte: elaborado pelo autor (2025).

5.3. Curtose (Kg)

Para o parâmetro de curtose, os valores apresentaram variação de muito platicúrtica à extremamente leptocúrtica. Em relação ao mês de abril, observou-se os seguintes resultados: para a estação E1 como muito platicúrtica, E3 e E8 como platicúrtica, E5 como mesocúrtica, E4 como leptocúrtica e as estações E2, E6, E7 e E9 como muito leptocúrtica.

Para o mês de agosto as estações E1 e E2 foram classificadas como mesocúrtica, E3 a E5 como leptocúrtica, E6 e E8 como muito leptocúrtica e, como extremamente leptocúrtica, as estações E7 e E9.

Já para novembro, foram classificadas como platicúrtica as estações E8 e E9, como leptocúrtica as estações E2 a E4, E6 e E7, e, as estações E1 e E5, como muito leptocúrtica.

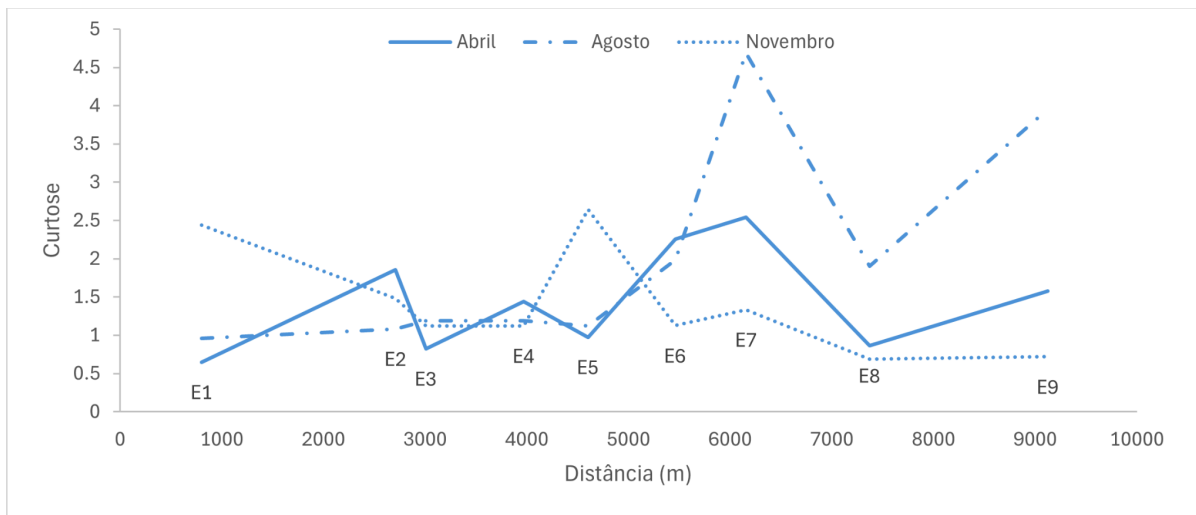


Figura 12 - Gráfico de Curtose (Kg).
Fonte: elaborado pelo autor (2025).

5.4. Grau de seleção (So)

Os resultados para Grau de seleção apresentaram variação de muito bem selecionado a muito pobremente selecionado. Para o mês de abril, os seguintes valores foram observados: bem selecionado na estação E4, moderadamente bem selecionado nas estações E3 e E9, moderadamente selecionado na E5, pobremente selecionado nas estações E1, E2, E6 e E7 e, como muito pobremente selecionado, na estação E8.

Em relação ao mês de agosto, foi apresentado como bem selecionado as estações E2 a E4, moderadamente bem selecionado as estações E5 e E8, moderadamente selecionado a estação E1 e, como pobremente selecionado, E6, E7 e E9.

Para o período de novembro, foram apresentados os seguintes valores: a estação E2 como muito bem selecionado, as estações E1, E4, E6 e E7 como moderadamente bem selecionado, E3 como moderadamente selecionado, E5 como pobremente selecionado, a estação E8 como muito pobremente selecionado e, a estação E9, como extremamente pobremente selecionado.

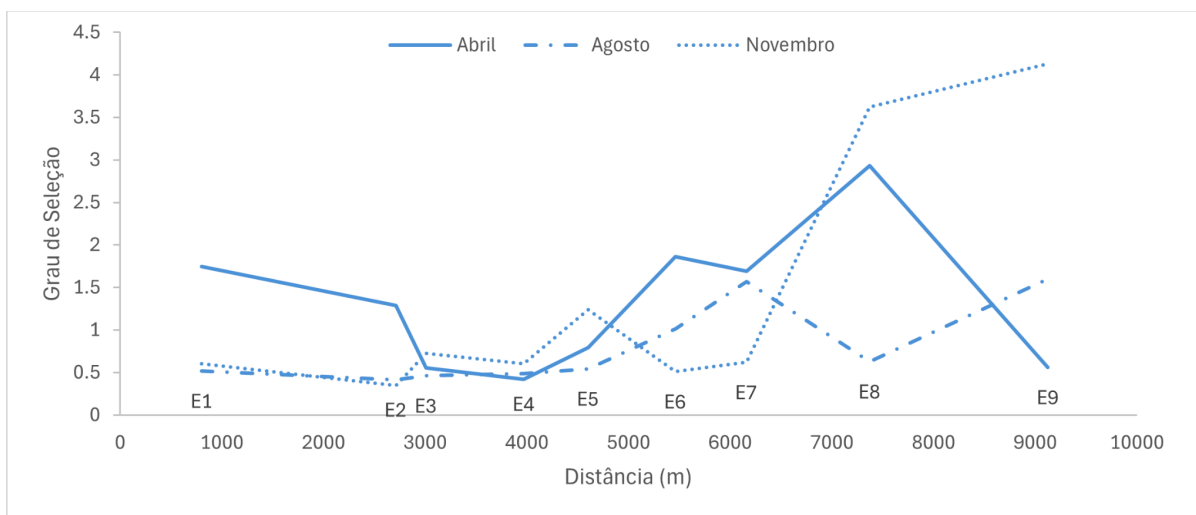


Figura 13 - Gráfico de Grau de seleção (So).
Fonte: elaborado pelo autor (2025).

5.5. Matéria orgânica e CaCO₃

Os percentuais de MO nos sedimentos apresentaram maior valor médio para a 3ª campanha (4,06%), seguido pelas 1ª (1,85%) e 2ª (0,96%) campanhas. Os maiores percentuais de MO foram determinados no ponto E8, durante as 1ª (9,14%) e 3ª (21,22%) campanhas, e no ponto E9, na 3ª campanha (9,59%), sendo valores, aproximadamente, 5 vezes maiores que as médias das campanhas. Os valores mínimos determinados entre as campanhas foram semelhantes, entre 0,20 e 0,35%, com o menor valor determinado no ponto E9 durante o período chuvoso (0,20%).

Os valores percentuais para CaCO₃, assim como para MO, demonstraram maior valor médio para a 3ª campanha (6,56%), seguido pelas 1ª (4,25%) e 2ª (2,90%) campanhas. Foram identificados valores acima da média nos pontos próximos à foz do estuário, com os percentuais mais elevados apresentados nas estações E1, na 3ª campanha (17,96%), e E2, nas 1ª (9,99%) e 3ª campanhas (8,98%). Os valores mínimos encontrados foram semelhantes entre as 1ª (1,74%) e 2ª (1,85%) campanhas e, um pouco maior na 3ª campanha (3,14%).

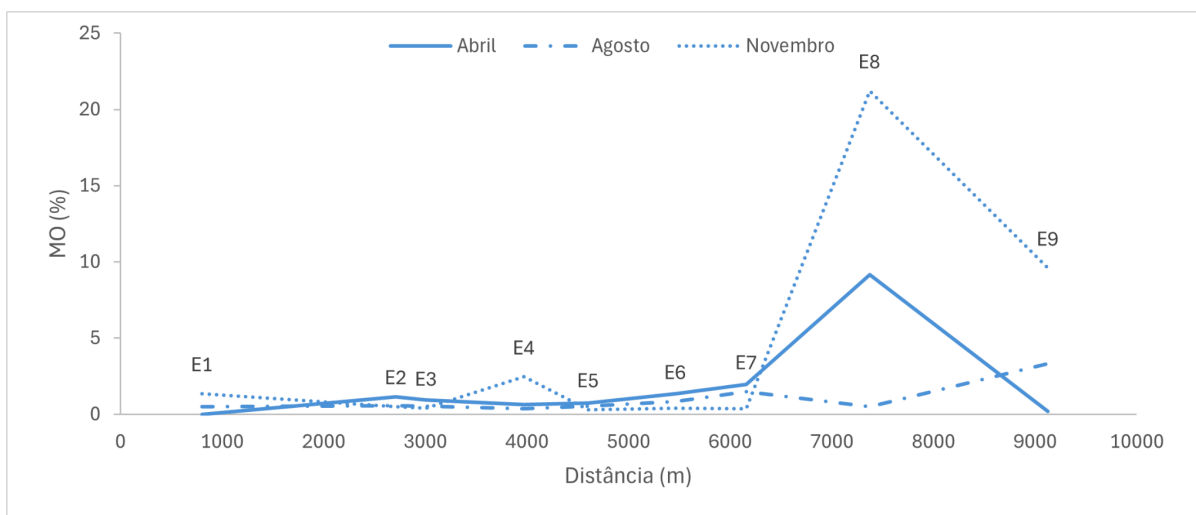


Figura 14 - Gráfico de percentual de Matéria Orgânica (MO).

Fonte: elaborado pelo autor (2025).

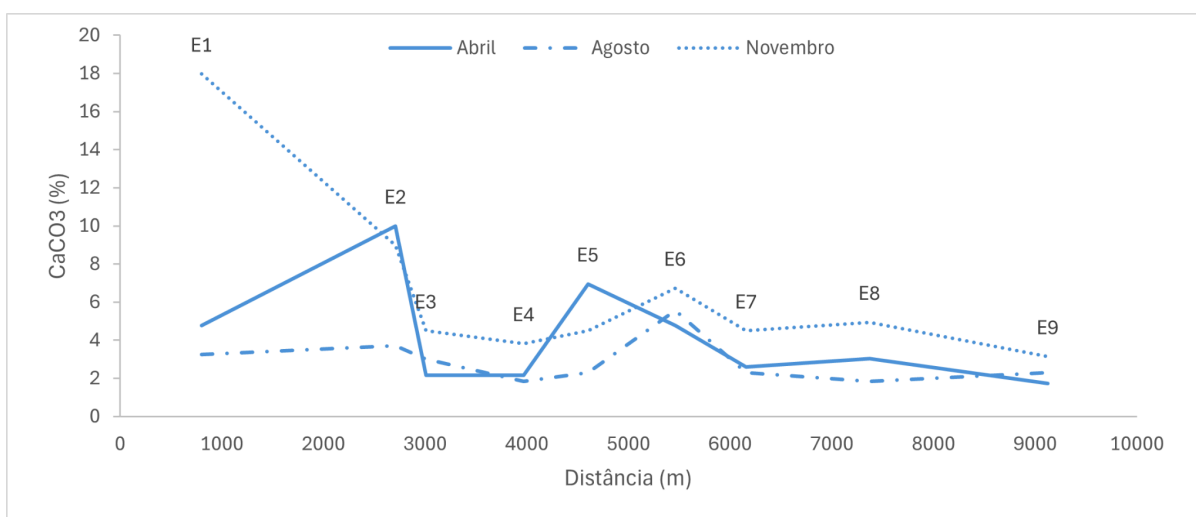


Figura 15 - Gráfico de percentual de CaCO₃.

Fonte: elaborado pelo autor (2025).

5.6. Sólidos Suspensos Totais

Os resultados das amostragens demonstraram, em sua maioria, valores de concentração aproximados entre superfície e fundo. Exceto, em algumas amostragens dos

períodos de abril e de agosto, que apresentam concentrações mais elevadas nas amostragens de fundo.

A maior concentração média de sólidos suspensos totais foi registrada no mês de abril (84,5 mg/L), com as maiores concentrações, de 336 mg/L e 130 mg/L, apresentadas nos pontos E1 e E8, respectivamente. No mês de agosto, os resultados mostraram concentrações menores em comparação com o mês de abril, com média de 31,5 mg/L, não ocorrendo diferenças significativas nas concentrações de SST, exceto, a amostragem de fundo no ponto E6, que apresentou uma concentração de 118 mg/L. Já o mês de novembro, apresentou os menores valores de concentração, com média de 16,3 mg/L, e as concentrações não apresentaram diferenças significativas, tanto comparando os valores entre superfície e fundo quanto entre as amostras.

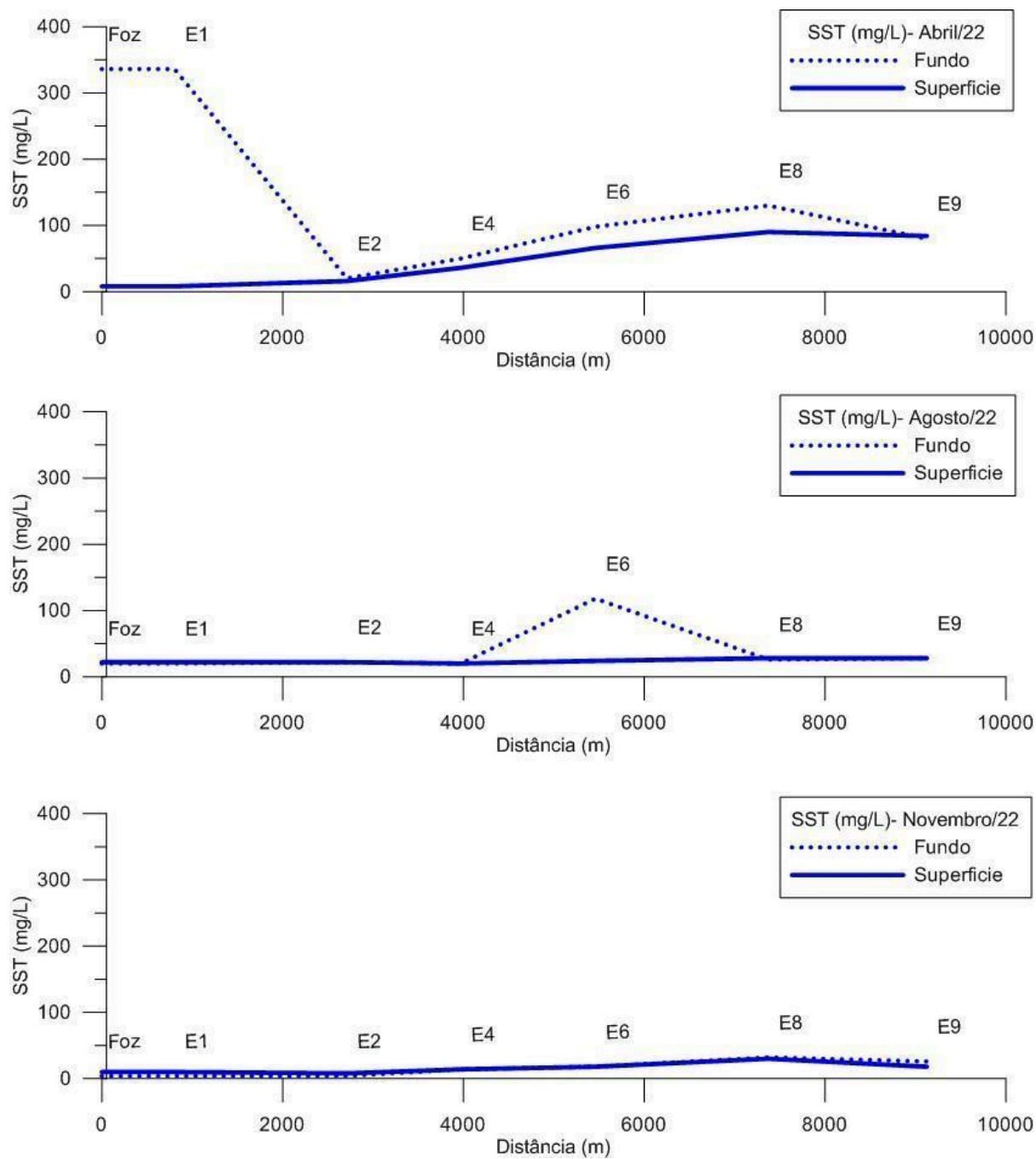


Figura 16 - Gráfico de distribuição de concentrações de SST (mg/L).
 Fonte: elaborado pelo autor (2025).

6 DISCUSSÕES

O presente estudo indicou a predominância de sedimentos classificados como arenosos no estuário do Rio Pacoti, estão em consonância com os achados de Trompieri (1999), que, em seu estudo, identificou uma forte presença de sedimentos arenosos na região, especialmente nas proximidades da foz, com destaque para frações de areia com cascalho esparsos e areia.

Para o mês de abril, os valores de grãos mais grossos ocorreram, majoritariamente, nos pontos mais próximos à foz, com o registro da presença de cascalhos litoclásticos esparsos no ponto E1. Esse padrão indica maior energia hidrodinâmica nas proximidades da foz, decrescendo conforme o afastamento da mesma, corroborando a relação inversa entre granulometria e energia do meio, como já descrito por Flemming (2000) e Martins et al. (2015). Nesse setor, a contribuição de sedimentos eólicos oriundos das dunas costeiras próximas pode reforçar a ocorrência de areias mais grossas e bem selecionadas, atuando como uma fonte complementar de material sedimentar para o estuário. Adicionalmente, a presença de estruturas artificiais de retenção de água a montante pode reduzir o aporte de sedimentos mais grossos para o estuário, favorecendo o predomínio de frações arenosas apenas nos setores diretamente influenciados pelo mar.

Devido a quadra chuvosa nesse período, há a ocorrência do encontro das ondas e marés com uma carga fluvial elevada, o que intensifica a hidrodinâmica local. Esse processo favorece a deposição de sedimentos de granulometria mais grossa, especialmente nas áreas próximas à foz, conforme observado em um estudo realizado na bacia do Riacho Mimoso, Pernambuco (SILVA JR. et al., 2011).

Quanto ao período de agosto, os dados demonstraram predominância de areia média em todo o estuário, indicando uma relativa uniformidade hidrodinâmica ao longo do trecho analisado. Esse comportamento é característico do período de transição entre as estações chuvosa e seca, quando há redução da vazão fluvial e menor influência dos eventos extremos de descarga (Medeiros et al., 2010).

Já em novembro, foi observada granulometria média mais grossa na região central do estuário, em comparação com os pontos mais extremos (montante e jusante). Tal distribuição sugere que o regime hidrodinâmico tende a se intensificar no setor central. Adicionalmente, nos pontos E8 e E9, apesar dos valores médios indicarem granulometria fina, foi registrada a presença de galhos e folhas depositados juntos aos sedimentos, o que pode ser atribuído à deposição de detritos vegetais, comum em áreas de manguezal. Esses ambientes são caracterizados por baixa energia hidrodinâmica, favorecendo a acumulação de matéria orgânica junto aos sedimentos finos. Estudos realizados no estuário do Rio Apodi-Mossoró, no Rio Grande do Norte, também identificaram a influência de manguezais na composição granulométrica dos sedimentos (MEDEIROS et al., 2018). A presença de extensos manguezais nas proximidades desses pontos atua como um importante agente controlador da sedimentação, uma vez que o emaranhado de raízes reduz a velocidade das correntes e promove maior retenção de partículas finas e detritos orgânicos.

Os valores de assimetria dos sedimentos no estuário do Rio Pacoti variam de muito positivos a muito negativos, indicando oscilações na energia hidrodinâmica e nos processos de transporte sedimentar. Assimétrias positivas estão associadas à predominância de sedimentos finos transportados por correntes mais energéticas, enquanto assimétrias negativas indicam maior proporção de sedimentos grossos, geralmente em ambientes de menor energia ou com influência de retrabalhamento local (SUGUIO, 1973; FOLK; WARD, 1957). Ademais, de acordo com Santos (1998), assimetria aproximadamente simétrica indica ambientes com alternância de energia, ora mais baixa, ora mais alta, resultando em uma distribuição granulométrica equilibrada.

A análise da assimetria dos sedimentos ao longo dos meses revela a influência da sazonalidade nas condições hidrodinâmicas do estuário porém, não apresenta padrões de evolução dos valores ao longo do estuário.

Abril teve destaque para assimétrias negativas comparado aos demais períodos, com a presença de assimetria muito negativa e negativa nos pontos E1, E2 e E9, sugerindo

deposição de sedimentos grossos em áreas de menor energia. Esse comportamento nos pontos mais próximos à foz pode ser reforçado pela contribuição de sedimentos eólicos oriundos de dunas costeiras, que aumentam a proporção de frações arenosas grossas depositadas sob condições hidrodinâmicas menos intensas. Já em relação a agosto e novembro, a predominância de assimetria positiva indica maior deposição de sedimentos finos em ambientes de maior energia. Essas variações são características de estuários semiáridos, onde as mudanças sazonais afetam diretamente a dinâmica sedimentar (SILVEIRA, 2019).

A predominância de curvas leptocúrticas e muito leptocúrticas nos meses analisados indica ambientes de alta energia, com transporte eficiente de sedimentos. Esse padrão é comum em estuários influenciados por marés e ondas. Um estudo realizado na costa oeste do Ceará observou características semelhantes em ambientes lagunares, destacando a influência de processos hidrodinâmicos na distribuição granulométrica (LIMA et al., 2022).

A variação no grau de seleção dos sedimentos reflete mudanças nas condições hidrodinâmicas e nas fontes de sedimento. Em ambientes semiáridos, a sazonalidade das chuvas pode influenciar significativamente a seleção dos grãos. Silveira (2019) analisou a dinâmica de sedimentos em ambientes semiáridos, destacando como a variabilidade climática afeta a granulometria e a distribuição dos sedimentos.

O grau de seleção das amostras variou entre muito bem selecionado e muito pobremente selecionado, apresentando grande variação dos valores, tanto comparando as amostras dentro do mesmo período amostral quanto comparando os períodos amostrados entre si.

Para abril os valores tendem a pobremente selecionado e muito pobremente selecionado, demonstrando maior oscilação de energia para esse período amostral. Já para agosto, não é evidenciada uma tendência de acúmulo de seleção, sendo um período de valores mais diversos. E, para novembro, é evidenciada uma tendência a ser muito bem selecionado e moderadamente bem selecionado, indicando que durante esse período a atuação da energia sob os sedimentos é mais uniforme.

Para todas as campanhas, os resultados para CaCO_3 apontaram uma maior predominância marinha de sedimentos para o estuário. A contribuição de sedimentos marinhos está associada, principalmente, ao transporte realizado por ondas e marés, além de transporte eólico que mobiliza sedimentos de dunas eólicas.

As estações E2 e E6 apresentaram valores de CaCO_3 acima da média em todas as campanhas. Os valores altos no ponto E2 podem estar relacionados com a proximidade com a foz e com a presença de fragmentos de concha, assim como os valores do ponto E6. Quanto ao maior valor de CaCO_3 registrado no ponto E1 da 3ª campanha, é possível relacionar com os baixos valores de aporte fluvial nessa época do ano, que possibilita maior influência do mar na região.

Quanto a MO, os maiores valores registrados no ponto E8, durante as 1ª e 3ª campanhas, e no ponto E9, na 3ª campanha, podem estar relacionados à localização destes pontos amostrais, que se encontram mais distantes da foz, e, possivelmente, pela presença de uma fazenda de aquicultura próximo a estes pontos. O valor mínimo determinado no ponto E9 durante a 3ª campanha indica uma menor deposição de matéria orgânica nessa estação durante o período de maior aporte fluvial.

A presença de uma fazenda de aquicultura nas proximidades das estações E8 e E9 constitui um fator relevante na dinâmica ambiental local, pois esse tipo de atividade pode aumentar a disponibilidade de matéria orgânica no sistema através do acúmulo de ração não consumida, excretas e material particulado em suspensão. Esses aportes adicionais podem intensificar processos de enriquecimento orgânico e modificar as condições naturais de deposição, favorecendo a retenção de sedimentos finos e o aumento dos teores de MO nas áreas adjacentes.

Os resultados obtidos neste estudo diferem daqueles obtidos por Trompieri (1999) que, para os valores de CaCO_3 encontrou média de 8,17%, máximo de 38,18% e mínimo de 3,64%. Já para os valores de MO, encontrou média de 4,57%, máximo de 17,96% e mínimo de 1,74%.

Os valores encontrados por Trompieri (1999) foram significativamente superiores para CaCO_3 e consideravelmente inferiores para MO. As diferenças de valores encontrados podem ter relação com a diferença de metodologia que, no caso da medição de MO, a metodologia utilizada por Trompieri (1999) difere da metodologia utilizada no presente estudo, além de que, o presente estudo foi realizado em três períodos distintos do ano enquanto que, o estudo realizado por Trompieri (1999) não é informado o período do ano que foi realizado, pode também estar relacionadas com as mudanças que ocorreram no Rio Pacoti ao longo do tempo devido a intervenção humana, como barramentos e presença de atividades humanas ao longo do rio. Essas intervenções incluem não apenas estruturas de retenção e regularização do fluxo, mas também a expansão urbana, lançamento de efluentes e atividades econômicas como a aquicultura, que podem alterar a qualidade da água, o aporte sedimentar e os processos biogeoquímicos do estuário. Portanto, a comparação entre estudos de períodos distintos deve considerar as transformações ambientais ocorridas no sistema ao longo das últimas décadas.

Os resultados obtidos na análise dos sólidos suspensos totais (SST) indicam, de modo geral, uma homogeneidade vertical nas concentrações, evidenciada pelos valores semelhantes entre as amostragens de superfície e fundo. Esse padrão sugere uma coluna d'água predominantemente bem misturada, característica comum em ambientes estuarinos submetidos à ação de marés e à elevada turbulência hidrodinâmica, que favorecem a redistribuição das partículas em suspensão (DYER, 1997).

As exceções observadas em algumas amostragens dos meses de abril e agosto, com maiores concentrações no fundo, podem estar associadas a processos pontuais de ressuspensão de sedimentos, intensificados por correntes de maré, ventos ou aumento da descarga fluvial. Esses processos promovem a incorporação de partículas previamente depositadas no sedimento de fundo à coluna d'água, elevando localmente as concentrações de SST (ESTEVEZ, 2011).

O mês de abril apresentou a maior concentração média de SST, com destaque para os valores elevados registrados nos pontos E1 e E8. Esse comportamento pode estar relacionado a condições hidrológicas mais energéticas, típicas de períodos chuvosos, quando o aumento da vazão fluvial intensifica o aporte de material particulado de origem continental, além de favorecer a erosão das margens e a ressuspensão do sedimento estuarino (DYER, 1997). Concentrações elevadas de SST nesse período refletem, portanto, maior influência continental e maior dinamismo físico do sistema.

Em contraste, no mês de agosto, observou-se uma redução significativa nas concentrações médias de SST, indicando menor aporte de material particulado e condições hidrodinâmicas mais estáveis. A exceção registrada no ponto E6, com elevada concentração na amostragem de fundo, sugere a ocorrência de processos locais de ressuspensão, possivelmente associados à morfologia do fundo ou a alterações pontuais no regime de correntes (WETZEL, 2001).

O mês de novembro apresentou os menores valores de SST, além de baixa variabilidade espacial e vertical, indicando um período de maior estabilidade hidrodinâmica e menor aporte de sedimentos ao sistema. A ausência de diferenças significativas entre superfície e fundo reforça a condição de equilíbrio entre os processos de deposição e ressuspensão, resultando em uma coluna d'água mais clara e com menor carga particulada.

7 CONCLUSÃO

O presente estudo permitiu caracterizar a dinâmica sedimentológica e a distribuição de sólidos suspensos totais ao longo do estuário do rio Pacoti durante o ano de 2022, evidenciando a predominância de sedimentos arenosos em todo o sistema, especialmente nas proximidades da foz. Essa configuração reflete a maior energia hidrodinâmica associada à ação combinada de ondas e marés, que favorece a deposição de frações mais grossas nos setores jusantes. Além disso, a proximidade de campos de dunas eólicas na região costeira pode contribuir significativamente para o aporte de sedimentos

arenosos na foz, por meio do transporte eólico e do retrabalhamento dessas areias pelo sistema estuarino, reforçando a predominância de frações grossas nessa porção do estuário. Observou-se ainda a influência da sazonalidade, com intensificação dos processos hidrodinâmicos durante o período chuvoso, quando o aumento da descarga fluvial contribui para maior aporte e redistribuição de sedimentos. Além dos condicionantes naturais, intervenções humanas ao longo do rio, como barramentos, ocupação das margens e atividades econômicas, têm potencial para alterar o transporte sedimentar, modificando o balanço deposicional e influenciando a evolução ambiental do estuário.

A análise granulométrica e estatística revelou elevada variabilidade espacial e temporal, com tendência de sedimentos mais grossos próximos à foz e frações mais finas nos setores internos. Essa predominância de sedimentos grossos nas estações jusantes pode estar associada não apenas à maior energia hidrodinâmica marinha, mas também ao aporte adicional de areias provenientes de dunas costeiras próximas, que podem ser transportadas pelo vento e incorporadas ao sistema deposicional estuarino. Os valores de assimetria oscilaram entre muito positivos e muito negativos, indicando alternância nas condições de energia e nos mecanismos de transporte sedimentar ao longo do estuário. Nesse contexto, a contribuição de sedimentos eólicos na região da foz pode influenciar a distribuição granulométrica e os padrões de assimetria, uma vez que a introdução de areias bem selecionadas tende a modificar a forma das curvas granulométricas e refletir processos adicionais de retrabalhamento sedimentar. A predominância de curvas leptocúrticas sugere ambientes de transporte eficiente e influência significativa de processos hidrodinâmicos, enquanto o grau de seleção apresentou ampla variação, refletindo mudanças sazonais e heterogeneidade nas fontes sedimentares. Nos pontos mais internos, especialmente nas estações associadas a manguezais, a baixa energia favoreceu a retenção de partículas finas e detritos vegetais, demonstrando a importância desses ecossistemas como zonas naturais de deposição e acumulação sedimentar.

Os resultados geoquímicos indicaram contribuição marinha expressiva no estuário, evidenciada pelos teores de CaCO_3 , particularmente elevados em estações próximas

à foz, onde fragmentos bioclásticos e maior influência oceânica são mais frequentes, sobretudo em períodos de menor aporte fluvial. Em relação à matéria orgânica, os maiores valores foram registrados nas estações internas, como E8 e E9, associadas tanto à deposição natural em áreas de manguezal quanto à influência antrópica. A presença de uma fazenda de aquicultura nas proximidades desses pontos representa um fator adicional relevante, uma vez que o acúmulo de ração, excretas e material particulado pode intensificar o enriquecimento orgânico e modificar a dinâmica deposicional local. Dessa forma, além dos processos naturais, as atividades humanas configuram-se como elementos importantes na composição e distribuição da matéria orgânica no sistema.

As concentrações de sólidos suspensos totais apresentaram, de modo geral, homogeneidade vertical, indicando uma coluna d'água bem misturada sob influência da ação de marés e da turbulência hidrodinâmica característica de ambientes estuarinos. O período chuvoso, representado pelo mês de abril, exibiu as maiores concentrações médias de SST, refletindo maior aporte continental, erosão marginal e ressuspensão de sedimentos. Em contraste, agosto e novembro apresentaram valores reduzidos, associados a condições hidrodinâmicas mais estáveis e menor carga particulada em suspensão. Assim, a dinâmica dos SST mostrou-se fortemente condicionada pela sazonalidade climática, pelos processos de ressuspensão e pelas alterações ambientais impostas por intervenções humanas, reforçando a complexidade dos controles naturais e antrópicos sobre o estuário do rio Pacoti.

8 REFERÊNCIAS

- ALLEN, J. R. L. *Sedimentary processes and facies*. Oxford: Blackwell, 1991.
- APHA. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 23. ed. Washington, DC: American Public Health Association, 2017.
- ÁREA de Proteção Ambiental do Rio Pacoti. Fortaleza: SEMACE, 2010. Disponível em: <https://www.semace.ce.gov.br/2010/12/08/area-de-protecao-ambiental-do-rio-pacoti/>. Acesso em: 25 ago. 2024.
- BOGGS, S. *Principles of sedimentology and stratigraphy*. 5. ed. Boston: Pearson, 2011.
- BORDOVSKIY, O. K. Accumulation of organic matter in bottom sediments. *Marine Geology*, v. 3, p. 33–82, 1965.
- CALLIARI, L. J. et al. *Processos costeiros e evolução morfológica da costa brasileira*. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2003.
- CEARÁ. Secretaria do Meio Ambiente (SEMA). Área de Proteção Ambiental do Rio Pacoti. Fortaleza, 2013. Disponível em: <https://www.sema.ce.gov.br/2013/05/31/area-de-protecao-ambiental-do-rio-pacoti>. Acesso em: 4 fev. 2026.
- CEARÁ. Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Ceará – ZEE-CE. Fortaleza: Secretaria do Meio Ambiente, 2016. Disponível em: <https://www.semace.ce.gov.br/zoneamento-ecologico-economico/>. Acesso em: 11 jan. 2026.
- COGERH – Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará. Ficha técnica do Açude Riachão. Fortaleza, 2023. Disponível em: <https://www.cogerh.com.br/FichaTecnicaDosAcudes/fichaTecnicaAcude.php?acude=Riach%C3%A3o>. Acesso em: 4 fev. 2026.
- DAVIES, B.E. 1974. Loss-on-ignition as an estimate of soil organic matter, *Soil Soil. Science Society of America Journal.*, v. 38, p. 347-353, 1974.
- DAY, J. W. et al. *Estuarine ecology*. New York: John Wiley & Sons, 1989.
- DYER, K. R. *Estuaries: a physical introduction*. 2. ed. Chichester: John Wiley & Sons, 1997.
- ESTEVEZ, F. A. *Fundamentos de limnologia*. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.
- FLEMMING, B. W. The influence of grain-size analysis methods on results: a case study using sandy marine sediments. *Sedimentology*, v. 47, p. 119–126, 2000.
- FOLK, R. L. *Petrology of sedimentary rocks*. Austin: Hemphill, 1980.
- FOLK, R. L.; WARD, W. C. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 27, p. 3–26, 1957.
- FUNCEME. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Clima do Ceará. 2022. Disponível em: <https://www.funceme.br>. Acesso em: 27 abr. 2024.

- GORAYEB, A.; MEIRELES, A. J. A. Planejamento ambiental e vulnerabilidade costeira no litoral do Ceará. Fortaleza: Edições UFC, 2014.
- GORAYEB, A.; SILVA, E. V.; MEIRELES, A. J. A. Meio ambiente e condições de sustentabilidade da planície fluvio-marinha do Rio Pacoti – Ceará – Brasil. *Geoambiente On-line*, n. 2, p. 1–17, 2013.
- GRAY, J. S. *The ecology of marine sediments*. Cambridge: Cambridge University Press, 1981.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Dados climáticos do Ceará. 2023. Disponível em: <https://www.inmet.gov.br>. Acesso em: 27 abr. 2024.
- KREIS, M. B. et al. Isotopic signature of precipitation in the semi-arid region of Ceará, Northeastern Brazil. *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences*, v. 385, p. 17–24, 2024.
- LIMA, K. S. F. et al. Padrões sedimentares de estratigrafia rasa em uma planície lagunar, costa oeste do Ceará, Brasil. *Quaternary and Environmental Geosciences*, v. 13, n. 1, p. 1–12, 2022.
- MAIA, L. P.; BEZERRA, F. H. R.; FREIRE, G. S. S. *Dinâmica costeira do litoral do Ceará*. Fortaleza: Edições UFC, 1998.
- McLAREN, P.; BOWLES, D. The effects of sediment transport on grain-size distributions. *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 55, n. 4, p. 457–470, 1985.
- MEDEIROS, C.; KJERFVE, B. Hydrology of a tropical estuarine system: Itamaracá, Brazil. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 36, p. 495–515, 1993. DOI: <https://doi.org/10.1006/ecss.1993.1030>.
- MEDEIROS, D. H. M. et al. Respostas dos padrões de sedimentação e hipersalinidade na cobertura vegetal de planície estuarina sob influência da semi-aridez. *Geosul*, v. 33, n. 66, p. 70–84, 2018.
- MEDEIROS, P. R. P. et al. Influência sazonal na hidrodinâmica e transporte de sedimentos no estuário do rio Jaguaribe, Ceará. *Geochimica Brasiliensis*, v. 24, n. 1, p. 13–23, 2010.
- MEYERS, P. A. Preservation of elemental and isotopic source identification of sedimentary organic matter. *Chemical Geology*, v. 114, p. 289–302, 1994.
- MIRANDA, L. B.; CASTRO, B. M.; KJERFVE, B. *Princípios de oceanografia física de estuários*. São Paulo: Edusp, 2002.
- NICHOLS, M. M.; BIGGS, R. B. Estuaries. In: DAVIS, R. A. (ed.). *Coastal sedimentary environments*. New York: Springer, 1985. p. 77–186.
- PRESS, F. et al. *Understanding Earth*. 4. ed. New York: W. H. Freeman, 2006.
- PRITCHARD, D. W. What is an estuary: physical viewpoint. In: LAUFF, G. H. (ed.). *Estuaries*. Washington: American Association for the Advancement of Science, 1967. p. 3–5.

SEMACE – Superintendência Estadual do Meio Ambiente. Área de Proteção Ambiental do Rio Pacoti. Fortaleza, 2010. Disponível em: <https://www.semace.ce.gov.br/2010/12/08/area-de-protecao-ambiental-do-rio-pacoti/>. Acesso em: 4 fev. 2026.

SILVA, A. F. da; FRANKLIN-JUNIOR, W.; ROCHA-BARREIRA, C. de A. Variação em pequena escala da macrofauna bentônica em uma planície de maré do estuário do Rio Pacoti – Ceará, Brasil. *Arquivos de Ciências do Mar*, v. 50, n. 1, p. 107–123, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufc.br/arquivosdecienciadomar/article/view/19285>. Acesso em: 4 fev. 2026.

SILVA JR., V. P. et al. Produção de água e sedimentos em bacia representativa do semiárido pernambucano. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 15, n. 10, p. 1061–1067, 2011.

SOUZA, E. L.; SAITO, C. H. Distribuição granulométrica de sedimentos e sua relação com os processos hidrodinâmicos no estuário do rio Sergipe, SE, Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 33, n. 4, p. 503–510, 2003.

SUGUIO, K. Introdução à sedimentologia. São Paulo: Edgard Blücher, 1973.

SUGUIO, K. Rochas sedimentares: propriedades, gênese e importância econômica. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

SUGUIO, K.; MARTIN, L. Geologia do Quaternário. São Paulo: Edgard Blücher, 1997.

TROMPIERI, M. A. Caracterização sedimentológica do estuário do Rio Pacoti (CE). 1999. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1999.

WETZEL, R. G. *Limnology: lake and river ecosystems*. 3. ed. San Diego: Academic Press, 2001.