



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR - LABOMAR  
CURSO DE OCEANOGRAFIA**

**KEVIN SAMUEL FELIX LIMA**

**CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTOLÓGICA DO SISTEMA ESTUARINO-  
LAGUNAR DE ITAREMA, COSTA OESTE DO CEARÁ, BRASIL**

**FORTALEZA  
2020**

KEVIN SAMUEL FELIX LIMA

CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTOLÓGICA DO SISTEMA ESTUARINO-LAGUNAR  
DE ITAREMA, COSTA OESTE DO CEARÁ, BRASIL

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Oceanografia do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará, como um dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Oceanografia.

Orientadora: Profa. Dra. Lidriana de Souza  
Pinheiro.

Coorientador: Prof. Dr. Antonio Rodrigues Ximenes  
Neto

FORTALEZA

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- L698c Lima, Kevin Samuel Felix.  
Caracterização sedimentológica do sistema estuarino-lagunar de Itarema, costa oeste do Ceará, Brasil /  
Kevin Samuel Felix Lima. – 2020.  
53 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do  
Mar, Curso de Oceanografia, Fortaleza, 2020.  
Orientação: Profa. Dra. Lidriana de Souza Pinheiro.  
Coorientação: Prof. Dr. Antonio Rodrigues Ximenes Neto.
1. Planície estuarino-lagunar. 2. Testemunho sedimentar. 3. Sedimentologia. I. Título.
- CDD 551.46
-

KEVIN SAMUEL FELIX LIMA

CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTOLÓGICA DO SISTEMA ESTUARINO-LAGUNAR  
DE ITAREMA, COSTA OESTE DO CEARÁ, BRASIL

Monografia apresentada ao Curso de Graduação  
em Oceanografia do Instituto de Ciências do Mar,  
da Universidade Federal do Ceará, como  
requisito parcial à obtenção do título de Bacharel  
em Oceanografia.

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

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

---

Prof. Dr. Antonio Rodrigues Ximenes Neto (Coorientador)  
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

---

Dra. Mônica Pimenta de Novaes Castelo Branco  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. David Hélio Miranda de Medeiros  
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

À minha avó Maria de Lourdes Nascimento  
Lima (*in memoriam*).

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Enilva e Flaviano, que sempre se esforçaram para poder me proporcionar a melhor educação possível e por sempre me apoiarem.

À Prof. Dra. Lidriana de Souza Pinheiro, pela orientação e incentivo durante este trabalho e ao longo da graduação. Ao Dr. Antonio Rodrigues Ximenes Neto (Tião), pela coorientação, paciência e ajuda durante a realização deste e de outros trabalhos durante a graduação. À amiga Rhaiane Rodrigues da Silva, por ter contribuído tanto na minha graduação, orientando e sempre disposta a ajudar. Muito obrigado Rhai!

À banca examinadora Dra. Mônica Pimenta de Novaes Castelo Branco e Prof. Dr. David Hélio Miranda de Medeiros por terem aceitado o convite em participar e colaborar com este trabalho.

Aos colegas de curso pela amizade e companheirismo: Bruna, Caio Erick, Débora Melo, Eveline, Isaias, Gabi, Gabriel Costa, Liane, Lydiana, Mariana Rodrigues, Rute, Stefanni, Tiffany Késsia, Thaís, Yasmin, entre outros.

Ao Laboratório de Oceanografia Geológica (LOG/UFC) e Laboratório de Geomorfologia Costeira e Oceânica (LGCO/UECE) pela infraestrutura de equipamentos e recursos humanos. Em especial à Cida, Mônica e Paulo por sempre estarem dispostos a ajudar. Aos professores, técnicos e servidores do Instituto de Ciências do Mar (Labomar) por terem contribuído com minha formação e pelas experiências acadêmicas vivenciadas.

Ao CNPq pela bolsa de Iniciação Científica (PIBIC) e apoio ao projeto “Dinâmica ambiental e impactos nos sistemas estuarinos-lagunares sob a influência da semiaridez” - Edital Universal, pelo qual foi possível realizar este trabalho.

Enfim, a todos que colaboraram de alguma forma com este trabalho. Muito obrigado!

## RESUMO

Lagunas são ambientes de transição entre o ambiente continental e marinho, e não possuem influência fluvial, porém destaca-se que podem existir efêmeras drenagens. São localizadas em planícies costeiras e podem estar associadas a bancos arenosos e ilhas-barreiras. São ambientes que possuem uma importância ecológica, recreativa e comercial. O ambiente lagunar adjacente a localidade de Porto dos Barcos no município de Itarema, costa oeste do Ceará, possui uma barreira costeira e ecossistema manguezal. Dessa forma, este trabalho teve como objetivo caracterizar a sedimentologia de uma laguna no sistema estuarino-lagunar do município de Itarema, costa oeste do estado do Ceará. A metodologia utilizada consistiu em ida a campo, onde foi coletado dois testemunhos sedimentares (T1 e T2) por meio de tubos de 50 mm de diâmetro e 1 metro de comprimento. Posteriormente foi realizada a descrição macroscópica dos testemunhos sedimentares de acordo com a coloração, granulometria e presença de fragmentos de natureza orgânica. Em laboratório foi feita análise granulométrica e geoquímica (quantificação dos teores de carbonato de cálcio e matéria orgânica). A partir da integração dos dados, foi elaborado perfis colunares dos testemunhos. Os resultados obtidos indicam uma variação da coloração entre tons de preto, cinza e verde, além de alguns tons de branco e azul no testemunho T2. Foi verificada a presença de fragmentos vegetais ao longo de todo os testemunhos, como também foi observado fragmento de conchas e raízes em algumas frações dos testemunhos. A granulometria mostrou um predomínio da fração areia em relação a outras classes granulométricas. Contudo também foi identificado frações lamosas nos testemunhos, principalmente no testemunho T2. Os parâmetros estatísticos de granulometria (diâmetro médio, desvio padrão, assimetria e curtose) demonstraram um relativo padrão entre si. O teor de carbonato de cálcio nos sedimentos variou de 0,90% a 26,84% e de matéria orgânica entre 1,06% e 13,2%. A integração dos resultados obtidos possibilitou a identificação de fácies sedimentares bimodais arenosas e areno-lamosas nos dois testemunhos, havendo uma maior alternância entre as fácies no testemunho T2, indicando uma dinâmica sedimentar maior neste setor lagunar. Conclui-se que na planície estuarino-lagunar estudada, é comum a presença das fácies analisadas, e a diferença entre as fácies está relacionada a subambientes presentes na planície estuarino-lagunar.

**Palavras-chave:** Planície estuarino-lagunar. Testemunho sedimentar. Sedimentologia.

## ABSTRACT

Lagoons are transition environments between the continental and marine environments, and have no fluvial influence, however it is worth mentioning that there may be ephemeral drains. These are benefits on coastal plains and may be associated with sandy banks and barrier islands. They are environments that have an ecological, recreational and commercial importance. The lagoon environment adjacent to a locality of Porto dos Barcos in the municipality of Itarema, west coast of Ceará, has a coastal barrier and mangrove ecosystem. Thus, this study aimed to characterize the sedimentology of a lagoon in the estuarine-lagoon system in the municipality of Itarema, on the west coast of the state of Ceará. The methodology used consisted of going to the field, where two sedimentary cores (T1 and T2) were collected through tubes of 50 mm in diameter and 1 meter in length. Subsequently, the macroscopic description of the sedimentary cores was performed according to color, granulometry and presence of fragments of an organic and mineral nature. In the laboratory, a granulometric and geochemical analysis (quantification of the levels of calcium carbonate and organic matter) was performed. From the integration of the data, columnar profiles of the cores were elaborated. The results obtained indicated a variation color between shades of black, gray and green, in addition to some shades of white and blue in the T2 core. The presence of vegetable fragments was verified throughout all cores, as well as shell and root fragments in some fractions of the cores. The granulometry showed a predominance of the sand fraction in relation to other granulometric classes. However, muddy fractions were also identified in the cores, mainly in the T2 core. The statistical parameters of particle size (mean, standard deviation, skewness and kurtosis) showed a relative pattern between them. The calcium carbonate content in sediments varied from 0,90% to 26,84% and organic matter between 1,06% and 13,2%. The integration of the results obtained enabled the identification of sandy and sandy muddy bimodal sedimentary facies in the two cores, with a greater alternation between the facies in the T2 core, indicating a greater sedimentary dynamic in this lagoon sector. It is concluded that in the studied estuarine-lagoon plain, the presence of the analyzed facies is common, and the difference between the facies is related to sub-environments present in the estuarine-lagoon plain.

**Keywords:** Lagoon-estuarine plain. Sediment core. Sedimentology.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistemas aquáticos costeiros.....	15
Figura 2 - Subdivisão de lagunas costeiras em sistemas obstruídos (choked), restritos (restricted) e vazados (leaky), com base no grau de troca de água com o oceano costeiro adjacente. ....	16
Figura 3 - Relação de causa e efeito entre os ambientes de sedimentação e as fácies sedimentares. ....	18
Figura 4 - Modelo esquemático para ilustrar o status de acréscimo das lagunas. ....	19
Figura 5 - Mapa de localização da área de estudo. ....	21
Figura 6 - Mapa de compartimentação geoambiental da planície litorânea de Itarema – CE. ....	23
Figura 7 - Análise multi-temporal da carcinicultura na planície litorânea do município de Itarema (CE) entre os anos de 2004, 2012 e 2016. ....	25
Figura 8 - Fluxograma das etapas do trabalho.....	26
Figura 9 – Carta imagem de localização dos pontos de coleta. ....	28
Figura 10 - Coleta de testemunho sedimentar no sistema estuarino-lagunar de Itarema.....	29
Figura 11 - Processo de identificação das fácies sedimentares do testemunho T1.....	30
Figura 12 - Processo de identificação das fácies sedimentares do testemunho T2.....	30
Figura 13 - Procedimento de análise de pipetagem. ....	31
Figura 14 - Processo de obtenção do teor de matéria orgânica. ....	33
Figura 15 - Seção colunar do testemunho T1. ....	35
Figura 16 - Seção colunar do testemunho T2. ....	37
Figura 17 - Artificialização de <i>tidal flats</i> associados a tanques de carcinicultura. ....	47

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Frequência acumulada do testemunho T1. ....	38
Gráfico 2 - Variação dos parâmetros estatísticos da distribuição granulométrica ao longo do testemunho T1.....	39
Gráfico 3 - Frequência acumulada do testemunho T2. ....	40
Gráfico 4 - Variação dos parâmetros estatísticos da distribuição granulométrica ao longo do testemunho T2.....	41

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Localização geográfica e profundidade dos testemunhos analisados.....	27
--	----

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

CaCO<sub>3</sub> – Carbonato de Cálcio

COGERH - Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

HCl – Ácido Clorídrico

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPECE - Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará

K - Curtose

Labomar – Instituto de Ciências do Mar

LOG – Laboratório de Oceanografia Geológica

LGCO - Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica

> - Maior que

MO – Matéria Orgânica

< - Menor que

Ø - Phi

% - Porcento

UECE – Universidade Estadual do Ceará

UFC – Universidade Federal do Ceará

SAG – Sistema de Análise Granulométrica

σ - Desvio Padrão

Sigrain – Sistema de Informações Granulométricas

Sk - Assimetria

T1 – Testemunho T1

T2 – Testemunho T2

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>14</b>
2.1 Objetivo geral	14
2.2 Objetivos específicos	14
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>14</b>
3.1 Laguna	14
3.2 Ambiente de sedimentação lagunar	17
<b>4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b>	<b>20</b>
4.1. Localização geográfica	20
4.2. Parâmetros meteoceanográficos	21
4.3. Aspectos geológico-geomorfológicos	22
<b>5. MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>25</b>
5.1 Localização dos pontos de coleta	27
5.2 Coleta dos testemunhos	28
5.3 Atividades de laboratório	29
5.3.1 <i>Descrição dos testemunhos</i> .....	29
5.3.2 <i>Análises granulométricas</i> .....	30
5.3.3 <i>Quantificação dos teores de carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>)</i> .....	31
5.3.4 <i>Quantificação do teor de matéria orgânica (MO)</i> .....	32
<b>6. RESULTADOS</b>	<b>33</b>
6.1 Análise sedimentológica	33
6.1.1 <i>Descrição dos testemunhos</i> .....	33
6.1.2 <i>Granulometria</i> .....	38
6.2 Análise geoquímica	41

<b>7. DISCUSSÃO</b>	<b>42</b>
<b>8. CONCLUSÃO</b>	<b>47</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>49</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>53</b>
<b>ANEXO A – Granulometria do testemunho T1.</b>	<b>53</b>
<b>ANEXO B – Granulometria do testemunho T2.</b>	<b>53</b>

## 1. INTRODUÇÃO

As lagunas costeiras são corpos rasos de água, localizados em planícies costeiras e geralmente separados do mar aberto por bancos arenosos ou ilhas-barreiras, entretanto com canais de comunicação moderadamente eficientes (SUGUIO, 2003). Estão presentes em cerca de 12% da costa mundial, sendo formadas há cerca de 6.000 anos, durante os estágios finais da transgressão marinha do Holoceno (BIRD, 2008).

Estes ambientes possuem uma grande importância ecológica, recreativa e comercial. Fornecem habitats diversificados proporcionando berçário, alimentação e refúgio para organismos. Além disso, as lagunas costeiras são utilizadas pelo ser humano para aquicultura, transporte, geração de energia elétrica e biotecnologia. Com isso, contribuem na economia das regiões costeiras do mundo (KENNISH; PAERL, 2010).

Dentre os ambientes costeiros do estado do Ceará, encontra-se os sistemas estuarino-lagunares e lagunas costeiras no município de Itarema, litoral oeste do Estado. Tal ambiente, próximo a comunidade de Porto dos Barcos, é caracterizado por barreira costeira associada com ecossistema manguezal, no qual possui uma elevada morfodinâmica com indícios de processos degradativos. Estes processos têm como gêneses ações antrópicas, assim como pela própria dinâmica natural (BEZERRA FILHO, 2017).

Diante disso, justifica-se a realização do presente trabalho pelo fato de a região próxima a localidade do Porto dos Barcos possuir poucos trabalhos científicos realizados, além de ser um ambiente lagunar com relativa atividades humanas e significativa relevância ambiental para a conservação da diversidade biológica. Desta forma, o entendimento da distribuição sedimentológica e dos processos de sedimentação do ambiente lagunar de Itarema é importante para que possa haver uma melhor compreensão do impacto de degradação ambiental e de sua dinâmica sedimentar.

A utilização de testemunhos sedimentares é importante para entender a evolução dos ambientes deposicionais, por meio do estudo de estruturas sedimentares e vestígios fósseis para determinar fácies sedimentares (FEA et al., 2019). Ademais, compreensão da dinâmica não apenas geológica, mas também física, química e ecológica das lagunas é importante para o planejamento e implementação de estratégias de gestão costeira nas lagunas costeiras (KJERFVE, 1994).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Avaliar as características dos sedimentos do sistema estuarino-lagunar de Itarema, no litoral oeste do Ceará para explicar sua origem e evolução.

### **2.2 Objetivos específicos**

1. Avaliar a granulometria, textura e cor dos testemunhos sedimentares a partir da sua sequência de fácies sedimentar;
2. Avaliar os teores geoquímicos (carbonato de cálcio e matéria orgânica) dos testemunhos sedimentares.

## **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **3.1 Laguna**

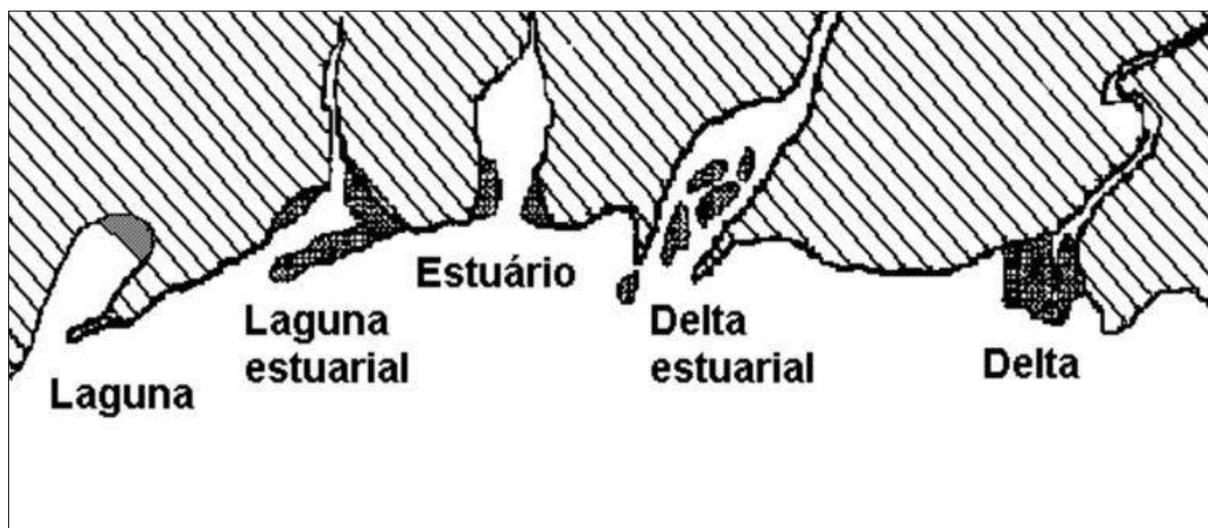
A laguna costeira é uma massa de água interior, normalmente paralela à costa, separada do oceano por uma barreira, sendo conectada ao oceano por uma ou mais entradas restritas nas quais as profundidades são apenas de alguns metros (KJERFVE, 1994). Diferente dos estuários, as lagunas não recebem escoamento regular por bacia de drenagem continental, apesar de poder existir drenagens breves, e possuem uma circulação mais limitada com o ambiente marinho aberto (D'ALUISIO-GUERRIERI; DAVIS, 1988).

A origem das lagunas costeiras e de outros ambientes costeiros como estuários, enseadas e baías, deve-se a progressiva inundação das planícies costeiras e vales dos rios, ocorrida entre sete e dois mil anos do presente, no final de um processo de transgressão em que o nível do mar atingiu um nível próximo ao atual (MIRANDA; CASTRO; KJERFVE, 2002). Este ambiente situa-se em planícies costeiras próximas a amplas plataformas continentais de baixa declividade, em que a velocidade de transgressão marinha, no período pós-glacial, tenha ocorrido muito lenta (SUGUIO, 2003).

Em relação aos tipos de sistemas aquáticos costeiros (FIGURA 1) destacam-se laguna, laguna estuarial, estuário, delta estuarial e delta. Em um extremo têm-se as lagunas costeiras, produzidas pela ação da agitação marítima e onde os sedimentos são predominantemente marinhos e arenosos. No outro extremo encontram-se os deltas, formados na foz de um rio e geralmente em costas de pequena amplitude de maré e de fraca agitação

devido principalmente a processos fluviais que criam uma zona de deposição de sedimentos finos, espreada na bacia costeira adjacente (SILVA, 2000).

**Figura 1 - Sistemas aquáticos costeiros.**



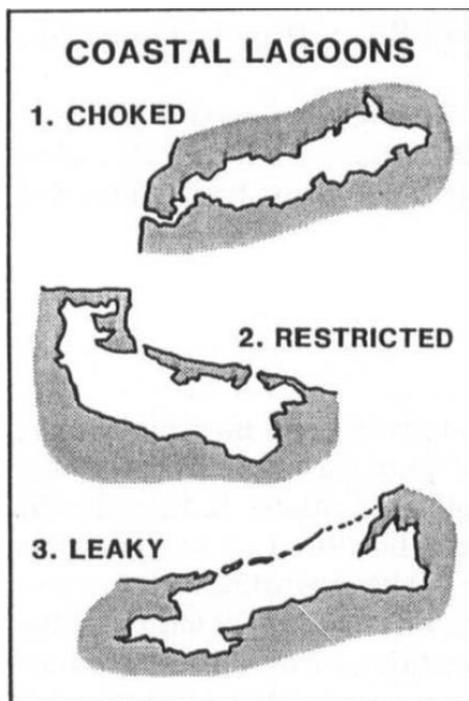
Fonte: Day *et al.* (1989, adaptada) *apud* Silva (2000).

A área de estudo apresenta classificação de sistema estuarino-lagunar. Um sistema estuarino-lagunar é um amplo ambiente costeiro de planície costeira constituída de uma rede de canais interligados entre si e com o oceano, recebendo descarga fluvial de numerosas fontes (MIRANDA; CASTRO; KJERFVE, 2002).

Sobre os tipos de lagunas costeiras (FIGURA 2), Kjerfve (1986) subdividiu-as em três tipos geomórficos de acordo com as trocas de água com o oceano costeiro (KJERFVE, 1994):

- I. Obstruída (*choked*): apresentam apenas um canal, estreito e longo, de conexão com o oceano, são dominadas pelos ciclos hidrológicos/ribeirinhos, comuns ao longo de costa com energia de onda média a alta e com considerável deriva litorânea.
- II. Restrita (*restricted*): apresentam mais de um canal, grande e largo, de conexão com o oceano, circulação das marés bem definidas, influenciadas pelos ventos, verticalmente bem misturadas com salinidades de água salobra a oceânica. Representam um espectro intermediários entre os extremos das lagunas obstruídas e vazadas;
- III. Vazada (*leaky*): apresentam vários canais alongados de conexão com o oceano, são dominadas por influência marinha, salinidade próxima da oceânica, grande variabilidade de marés, correntes de maré são fortes o suficiente para superar as tendências das ondas e deriva litorânea para fechar as entradas do canal.

**Figura 2 - Subdivisão de lagunas costeiras em sistemas obstruídos (*choked*), restritos (*restricted*) e vazados (*leaky*), com base no grau de troca de água com o oceano costeiro adjacente.**



Fonte: Kjerfve (1994).

O padrão de salinidade das lagunas costeiras pode ser influenciado pelo tamanho da entrada lagunar. O regime de salinidade pode mudar conforme a mudança de sazonalidade de precipitação da região. Em regiões úmidas, as lagunas geralmente possuem regimes de salinidade estuarina, em que o fluxo de água salgada do mar é diluído pelas chuvas e pelo escoamento de água doce do sistema lagunar. Enquanto em costas áridas, a perda de água por evaporação pode ser maior do que o fluxo de água que recebem por meio de chuvas e escoamento, e caso a entrada de água marinha seja escassa, as lagunas podem se tornar hipersalina ou até secam como salinas (BIRD, 2008).

As barreiras costeiras são corpos sedimentares que, em geral, estão separadas do continente por meio de corpos d'água, como lagunas. Tais corpos sedimentares podem segregar linhas de costa e áreas de baía, agindo como uma barreira de proteção do continente em oposição a ação direta de ondas e marés. Existem duas categorias principais para estas barreiras: ilhas barreiras (*barrier islands*) e as flechas litorâneas (*spits*, restingas, esporões arenosos) (MOURA, 2018).

### 3.2 Ambiente de sedimentação lagunar

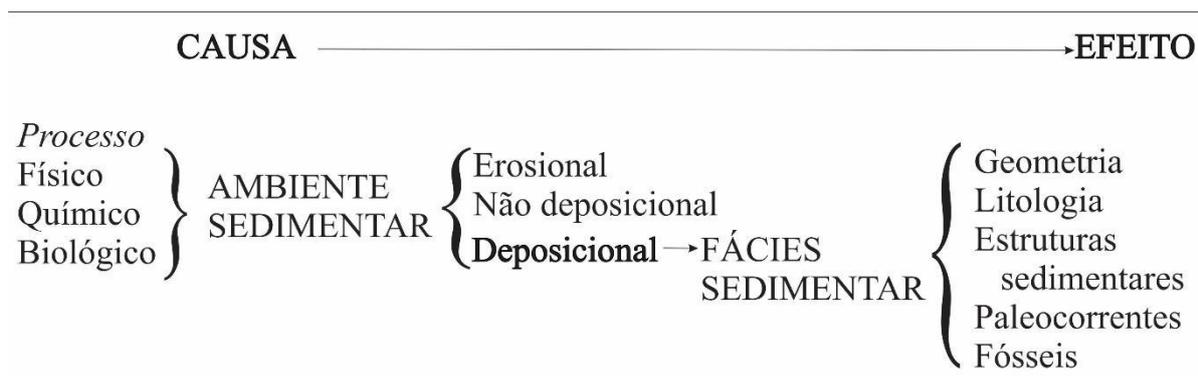
Um ambiente sedimentar é uma parte da superfície da Terra que é fisicamente, quimicamente e biologicamente distinta das áreas adjacentes (SELLEY, 1985). Os parâmetros físicos compreendem as variações de velocidades ou de sentidos de atuação de vento, onda ou água corrente; além do clima, em função de variáveis como temperatura, a pluviosidade, a pressão atmosférica etc. Os parâmetros químicos abrangem a composição da água nos ambientes subaquáticos e a geoquímica das rochas, nas áreas de influência de um ambiente continental, além dos parâmetros físico-químicos como Eh, pH etc. Os parâmetros biológicos compreendem as associações faunísticas e florísticas, assim como as suas interações (SUGUIO, 2003).

Em um ambiente sedimentar pode existir um local de erosão, não deposição (equilíbrio) ou deposição. De forma geral, os locais erosivos costumam ocorrer em ambientes subaéreos, enquanto locais deposicionais costumam ocorrer em ambientes subaquosos. Já os vales fluviais são um exemplo de locais não deposicionais, havendo um equilíbrio entre erosão e deposição. No ambiente sedimentar deposicional é onde é preservado o registro estratigráfico na forma de fácies sedimentares (SELLEY, 1985).

Segundo Selley (1985, p. 2), “uma fácies sedimentar é uma massa de rocha sedimentar que pode ser definida e distinguida de outras por sua geometria, litologia, estruturas sedimentares, padrão de paleocorrente e fósseis” (FIGURA 3). Elas são delimitadas agrupando amostras de sedimentos que apresentam distribuição similar de tamanho de grão e conteúdo orgânico e mineral (D’ALUISIO-GUERRIERI; DAVIS, 1988). Dessa forma, a fácies representa um aspecto distinto, mas que possui uma continuidade às outras fácies, ou seja, uma fácies não existe por si só, senão relacionada às outras fácies de uma unidade estratigráfica. À medida que a sedimentação prossegue, os limites das fácies sedimentares migram sob o efeito da transgressão ou regressão e dispõem-se em uma sequência ordenada, tanto vertical como horizontalmente. Os depósitos sedimentares pretéritos, por meio de suas fácies sedimentares, refletem sequências ocorridas nos paleoambientes de sedimentação, exibindo também as feições relacionadas às fases erosivas e não-deposicionais (SUGUIO, 2003).

Como as lagunas não possuem carga significativa fornecida ao sistema por processos fluviais, a principal fonte de sedimento é marinha, podendo ser dominadas em diferentes intensidades por onda e maré (BOYD *et al.*, 2006). Uma das principais características das planícies de marés (*tidal flats*) é o afinamento do tamanho dos grãos em direção à costa, implicando na mudança gradual na composição textural dos sedimentos (FLEMMING, 2012).

**Figura 3 - Relação de causa e efeito entre os ambientes de sedimentação e as fácies sedimentares.**



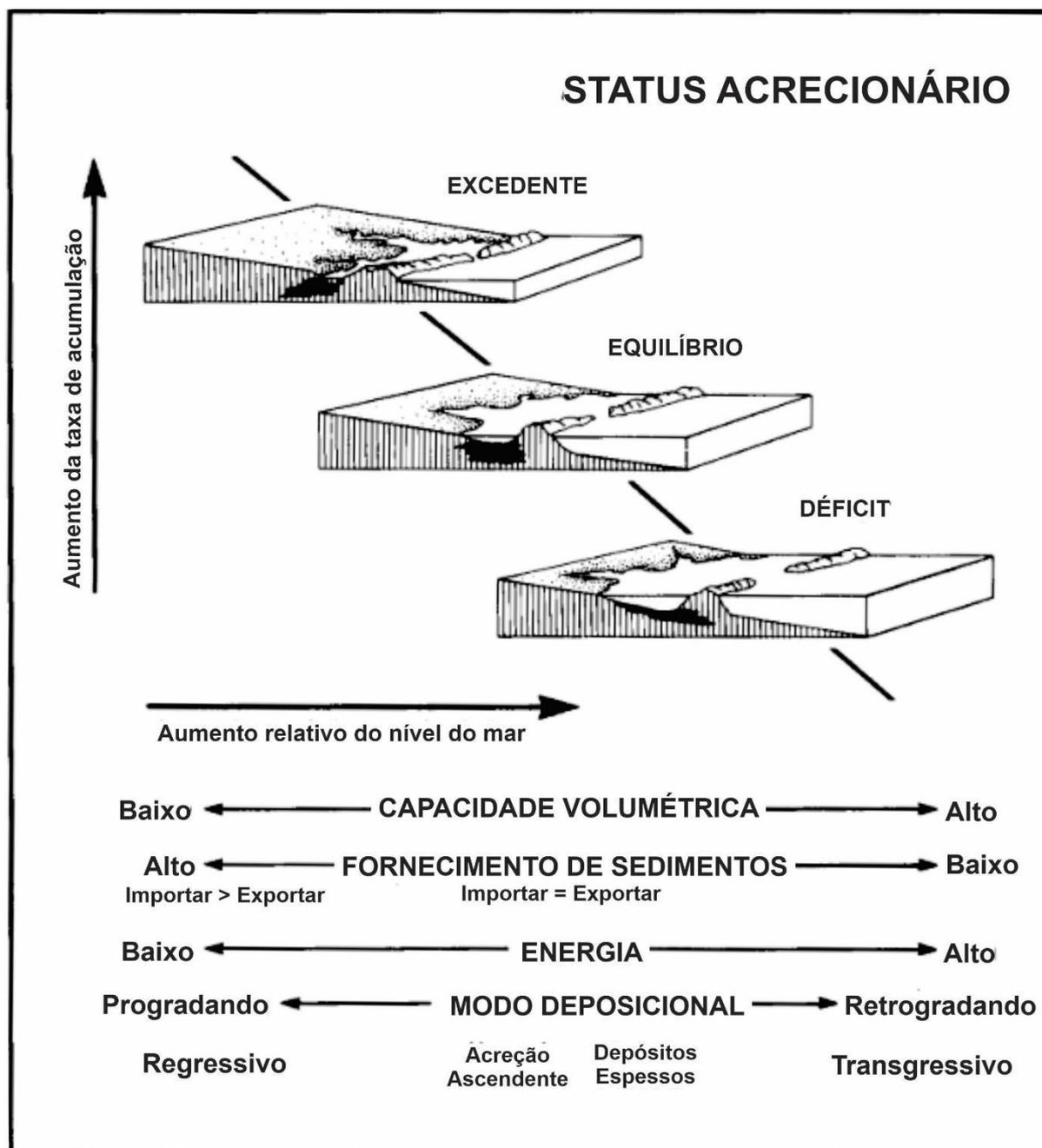
Fonte: Selley (1996, com adaptações).

De acordo com Nichols (1989), a condição de acréscimo de sedimento das lagunas é relevante pois regulam sua evolução e a estratigrafia resultante (FIGURA 4). Segundo o autor, a diferença entre a taxa de acumulação de sedimento e taxa de aumento relativo do nível do mar é o principal determinante da condição de acréscimo de uma laguna. O autor também afirma que a profundidade mínima ou base da bacia da laguna que pode acumular sedimento é modulada significativamente pela dissipação de energia das ondas e correntes. Além disso, o autor diz que para que ocorra um equilíbrio entre a acumulação de sedimentos e a dissipação de energia, a taxa de acumulação de sedimentos precisa ser igual à taxa de aumento do nível relativo do mar.

De acordo com Suguio (2003), as lagunas costeiras brasileiras atualmente são separadas do mar por falsas ilhas-barreira ou por esporões arenosos. Tanto o ambiente lagunar como o ambiente estuarino são muito característicos de costa em transgressão (ou em submersão) e, portanto, não constituem ambiente de sedimentação muito representativos do atual litoral brasileiro.

As barreiras costeiras apresentam relação com o aumento do nível do mar e o suprimento de sedimentos. Elas ao protegerem as lagunas das condições do oceano aberto durante a transgressão podem produzir estilos de sedimentos evidentemente diferentes no mesmo sistema de vale entalhado, podendo influenciar ainda mais os estilos posteriores de sedimentação, alterando a profundidade de cada sub-bacia separada na barreira costeira. Ademais, um sistema de barreira não migratória pode produzir um conjunto único de condições que reduzem a destruição oceânica no segmento médio e externo do vale, resultando em um enchimento transgressivo espesso e heterogêneo, geralmente representativo de um único ciclo transgressivo (BENALLACK et al., 2016).

Figura 4 - Modelo esquemático para ilustrar o status de acréscimo das lagunas.



Fonte: Nichols (1989, com adaptações).

Por meio da análise granulométrica é possível adquirir informações acerca da dispersão e fontes dos sedimentos, e com isso pode-se compreender relações com processos fluviais, regime de maré ou ainda, considerar o resultado de atividades antrópicas como ocupação das margens de estuários e a dragagem de canais (MARTINS, 2005). Dentre os parâmetros estatísticos de granulometria existentes, consideraram-se para o estudo deste trabalho os seguintes:

- I. Diâmetro médio ou média ( $\bar{\phi}$ ): é o tamanho médio do grão (em phi), no qual reflete a média geral das partículas nos sedimentos, e é afetada pela fonte de suprimento do material, pelo processo de deposição e pela velocidade da corrente (FRIEDMAN, 1961; SUGUIO, 1973).
- II. Desvio padrão ( $\sigma$ ): mede o grau de selecionamento do sedimento que coincide ao desvio padrão adquirido com base em um cálculo do diâmetro médio (MARTINS, 2005). O grau de seleção pode depender consideravelmente de mecanismos de deposição e de transporte dos sedimentos que podem atuar simultaneamente ou com a predominância de um dos mecanismos (SUGUIO, 1973). Grãos com pequena dispersão dos seus valores granulométricos, ou dos valores das medidas de tendência central, são mais bem selecionados (JESUS; ANDRADE, 2013).
- III. Assimetria ( $Sk$ ): é indicada pelo distanciamento do diâmetro médio em relação à mediana, quando o diâmetro médio e a mediana coincidem a distribuição é simétrica (SUGUIO, 1973). A assimetria é positiva quando o valor da média é maior que o da mediana e a cauda da curva de distribuição é mais acentuada para a direita (indicando partículas finas), já a assimetria é negativa quando o valor da média é menor que o da mediana e a cauda da curva de distribuição é mais acentuada para a esquerda (indicando partículas grosseiras) (DIAS, 2004).
- IV. Curtose ( $K$ ): mede o grau de angulosidade dos picos de curva de distribuição de frequência granulométrica, ou seja, a razão entre a dispersão (espalhamento) na parte central e nas caudas das curvas de distribuição (FRIEDMAN, 1961; SUGUIO, 1973; DIAS, 2004). A curtose pode ser classificada em curva de distribuição platicúrtica ou achatada ( $K_G < 1,00$ ), mesocúrtica ou normal ( $K_G \sim 1,00$ ), e leptocúrtica ou alongada ( $K_G > 1,00$ ) (FOLK; WARD, 1957; SUGUIO, 1973; DIAS, 2004; JESUS; ANDRADE, 2013).

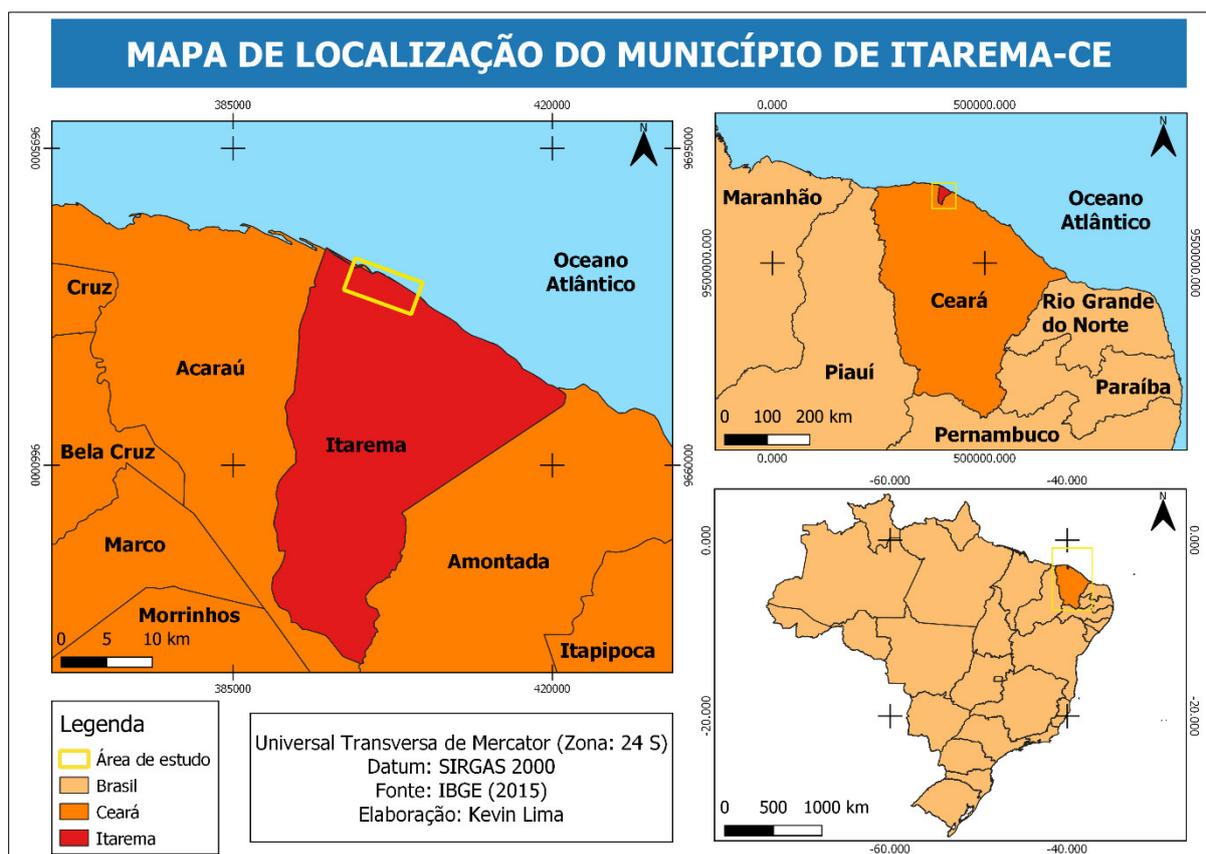
## **4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

### **4.1. Localização geográfica**

A área de estudo deste trabalho está inserida próximo a localidade de Porto dos Barcos no município de Itarema na costa oeste do Estado do Ceará à 185 km da capital, Fortaleza (FIGURA 5). A área absoluta do município é de 720,7 km<sup>2</sup> e encontra-se na coordenada geográfica 2° 55' 13" de latitude (S) e 39° 54' 54" de longitude (WGr) (IPECE, 2017). Os

municípios limítrofes ao leste são Amontada e Oceano Atlântico, ao oeste está Acaraú, ao sul estão Acaraú e Amontada, e ao norte estão o Oceano Atlântico e Acaraú (IPECE, 2018). Segundo dados do censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010) sobre a população, o município de Itarema refere-se a 37.471 pessoas com uma densidade demográfica de 52,00 hab/km<sup>2</sup>. O município pode ser acessado, partindo de Fortaleza, por meio da BR-222 até Sobral, seguidamente, pela estrada estadual que leva a Santana do Acaraú e Morrinhos (CPRM, 1998).

**Figura 5 - Mapa de localização da área de estudo.**



Fonte: elaborada pelo autor.

## 4.2. Parâmetros meteoceanográficos

Os aspectos climáticos da região apresentam clima Tropical Quente Semi-árido Brando e Tropical Quente Semi-árido, com pluviosidade de 1.139,7 mm, temperatura média de 26°C a 28°C, e período chuvoso nos cinco primeiros meses do ano (IPECE, 2018), marcado por dois períodos definidos - um seco (longo) e outro úmido (curto e irregular) (MORAIS *et al.*, 2006).

No estado do Ceará, o período entre maio e agosto é de transição, no qual o ciclo térmico e diurno terra-oceano passa a alternar brisas marinhas e terrestres, resultando em ventos de

ENE-E (60°-90°) durante o dia, e E-SE (90°-150°) à noite. No período entre setembro-dezembro tanto os ventos alísios quanto às brisas marinhas se intensificam, com direção predominante variando de E a SE, com predomínio dos ventos alísios de E. Os ventos mais intensos são atingidos entre setembro e novembro (interanualmente variável) (MORAIS et al., 2006). E possuem velocidade média de 5,5 m/s (AGUIAR et al., 2013)

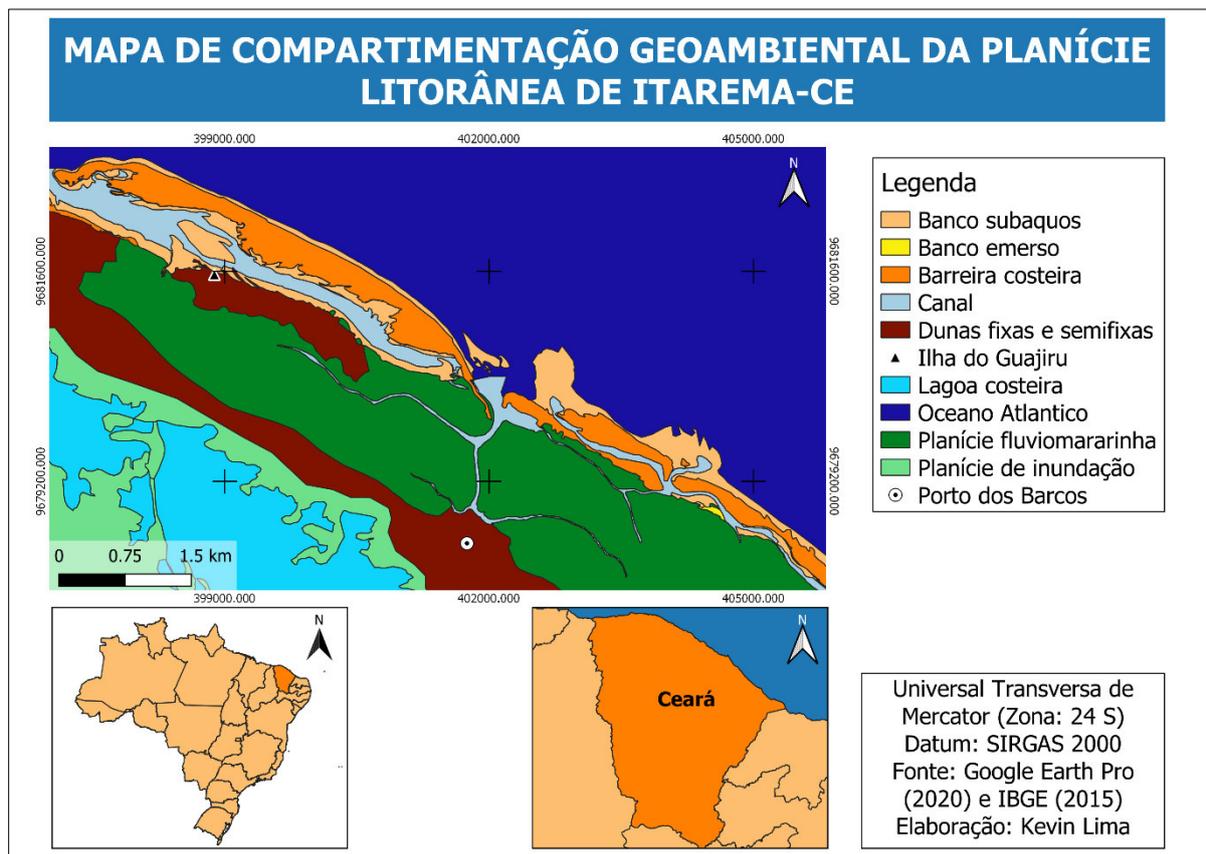
O regime de marés no estado do Ceará é caracterizado como meso-maré com periodicidade semidiurna (MAIA, 1998). De acordo com Moraes *et al.* (2006), as ondas no litoral cearense apresentam uma forte componente de E com direções variando entre os quadrantes E, E-NE e E-SE mantendo uma estreita relação com as direções predominantes dos ventos. Ainda segundo este autor, no primeiro semestre a frequência de ondas *swell* (ondas com períodos de pico acima de 10 segundos) é bem maior, devido a diminuição da influência dos alísios de SE e o aumento da turbulência no Atlântico Norte.

### **4.3. Aspectos geológico-geomorfológicos**

A bacia hidrográfica da região estudada é a Bacia do Litoral que compõem 13 municípios: Acaraú, Amontada, Iruçuba, Itapipoca, Itarema, Marco, Miraíma, Morrinhos, Santana do Acaraú, Sobral Trairi, Tururu e Uruburetama. Possui uma área de drenagem de 8.472,77 km<sup>2</sup>, correspondente a 6% do território cearense. A presença de lagos e lagoas na bacia do Litoral é devido principalmente a extensa faixa litorânea e predominância de relevo muito suave e baixa altitude na bacia do Litoral (COGERH, 2019). Os principais cursos d'água da região hidrográfica do Litoral são os rios Aracatimirim e Aracatiaçu (CPRM, 1998). No entanto, na localidade do Porto dos Barcos não há curso fluvial, não havendo, portanto, uma importante drenagem influenciando neste ambiente de sedimentação.

O ambiente costeiro de Porto dos Barcos é envolvido pela planície litorânea, sendo representada por feições de faixa de praia e campo de dunas móveis e fixas, e também das planícies fluviomarinhas (BEZERRA FILHO, 2017). A compartimentação mais detalhada é mostrada na Figura 6.

**Figura 6 - Mapa de compartimentação geoambiental da planície litorânea de Itarema – CE.**



Fonte: elaborada pelo autor.

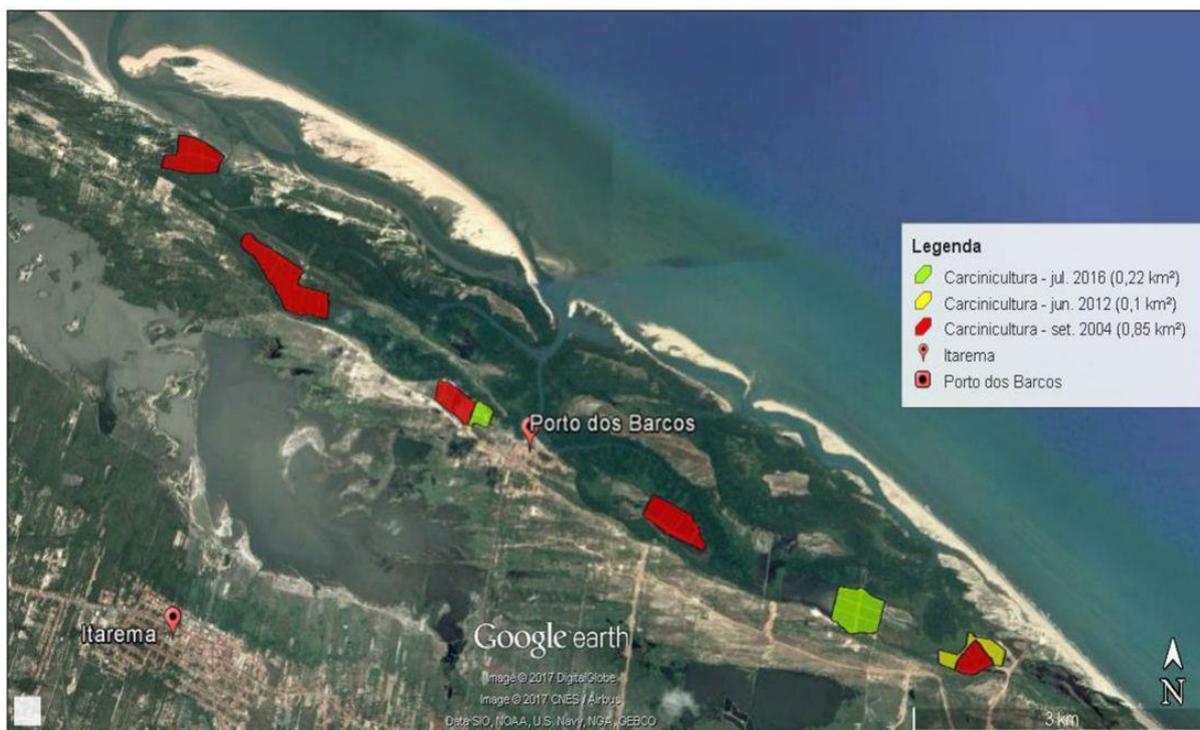
Segundo Moraes *et al.* (2006), as lagoas presentes na Planície Litorânea formam lagoas interdunares por estarem associadas a aquíferos dunares, oscilações sazonais das condições climáticas e flutuações do lençol freático. Ainda segundo este autor, os Tabuleiros Pré-Litorâneos constituem-se de sedimentos Tércio-Quartenários da Formação Barreiras.

O *spit* localizado na Ilha do Guajiru alterna ciclos com diferentes configurações entre *spit* e ilha barreira, atuando como barreira protetiva contra a ação direta de ondas e marés para a comunidade local e para a área de manguezal (MOURA, 2018).

As praias na região de Itarema estão sob domínios de ambientes com largos cordões arenosos e restingas e são principalmente dissipativas associadas a planícies de marés arenosas, as quais possuem faixas de praia com extensão por volta de 600 m (MORAIS *et al.*, 2006). Além disso, “ações erosivas do perfil sub-aéreo são observadas sazonalmente apenas nas preamares de sizígia e/ou mediante alterações no transporte de sedimentos nos cordões arenosos” (MORAIS *et al.*, 2006, p. 144).

Dentre os principais condicionantes antrópicos que ocorrem nas adjacências do sistema estuarino lagunar de Itarema, destacam-se a carcinicultura e atividades portuárias (CALANDRINE, 2019). De acordo com Moraes *et al.* (2006), o desmatamento das áreas com manguezais em Itarema aumentaram para a construção de viveiros de camarão. Segundo Bezerra Filho (2017), apesar de Itarema ser próxima de um polo costeiro de carcinicultura, localizado no estuário do rio Acaraú, o processo dessa atividade socioeconômica é mais recente, surgindo somente no início do século XXI. Na localidade de Porto de Porto dos Barcos, esse processo de ocupação espacial da carcinicultura vêm ocorrendo na Planície fluviomarinha da região (FIGURA 7).

**Figura 7 - Análise multi-temporal da carcinicultura na planície litorânea do município de Itarema (CE) entre os anos de 2004, 2012 e 2016.**

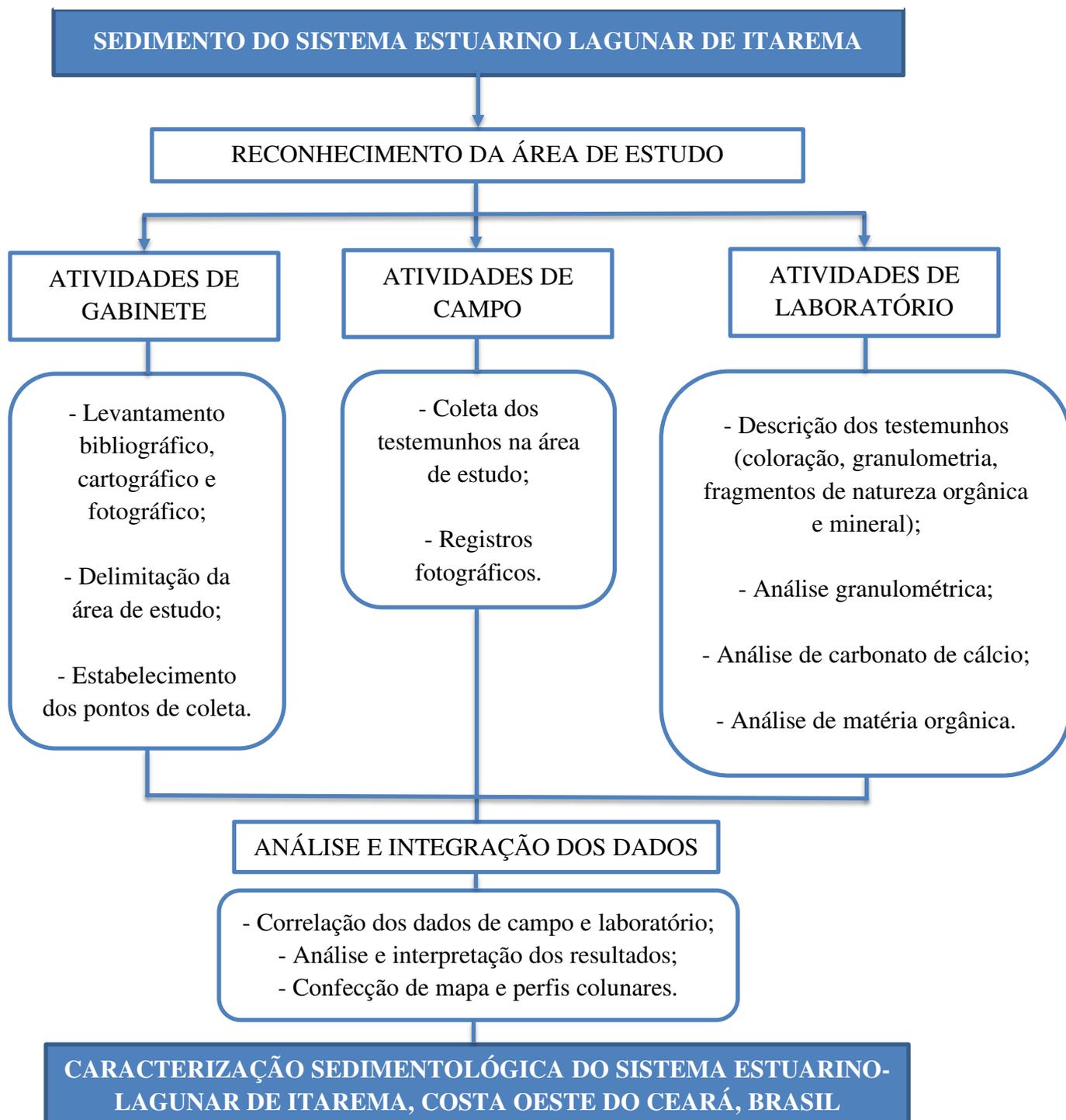


Fonte: Bezerra Filho (2017).

## 5. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo da caracterização sedimentológica do sistema estuarino-lagunar de Itarema foi realizado em quatro etapas: 1 – Etapa de gabinete; 2 – Etapa de campo; 3 – Etapa de laboratório e 4 – Análise e integralização dos dados; permitindo uma melhor organização dos resultados (FIGURA 8).

**Figura 8 - Fluxograma das etapas do trabalho.**



Fonte: elaborada pelo autor.

A etapa de gabinete consistiu em levantamento bibliográfico, cartográfico e fotográfico junto a órgãos públicos e trabalhos já publicados sobre os temas tratados na pesquisa a fim de embasar o referencial teórico e compreender melhor a área de estudo. A etapa de campo consistiu na coleta dos testemunhos e registros fotográficos.

Nas etapas de laboratório foi realizada a descrição dos testemunhos no Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica (LGCO) da Universidade Estadual do Ceará (UECE). As demais análises: granulométrica, carbonato de cálcio e matéria orgânica foram realizadas no Laboratório de Oceanografia Geológica (LOG) da unidade acadêmica Instituto de Ciências do Mar (Labomar) da Universidade Federal do Ceará (UFC).

Após a realização de todos os estudos foi feita análise e integração dos dados obtidos por meio de tabulação dos dados em planilhas eletrônicas, correlação dos dados de campo e laboratório. Para a geração de mapas foi utilizado o *software* de geoprocessamento QGIS 3.10.5, o *software* Sistema de Análise Granulométrica (SAG) auxiliou nos cálculos dos parâmetros estatísticos (média, mediana, assimetria, selecionamento e curtose) e na classificação do material sedimentar. O *software* CorelDRAW auxiliou na manipulação de figuras. A elaboração da coluna litoestratigráfica dos testemunhos foi realizada através do *software* SedLog que é um programa *shareware* para desenho e manipulação de colunas estratigráficas. Alguns gráficos foram efetuados no *software* Excel e no Sistema de Informações Granulométricas (Sigran). Este último, está sendo desenvolvido no âmbito do LGCO da UECE.

### 5.1 Localização dos pontos de coleta

A coleta das amostras ocorreu no mês de janeiro de 2018 e consistiu em dois testemunhos localizados em regiões distintas (TABELA 1).

**Tabela 1 - Localização geográfica e profundidade dos testemunhos analisados.**

TESTEMUNHO	LATITUDE (S)	LONGITUDE (W)	PROFUNDIDADE (cm)
T1	2°54'44,4''	39°51'51,7''	65
T2	2°53'04,1''	39°54'40,9''	86

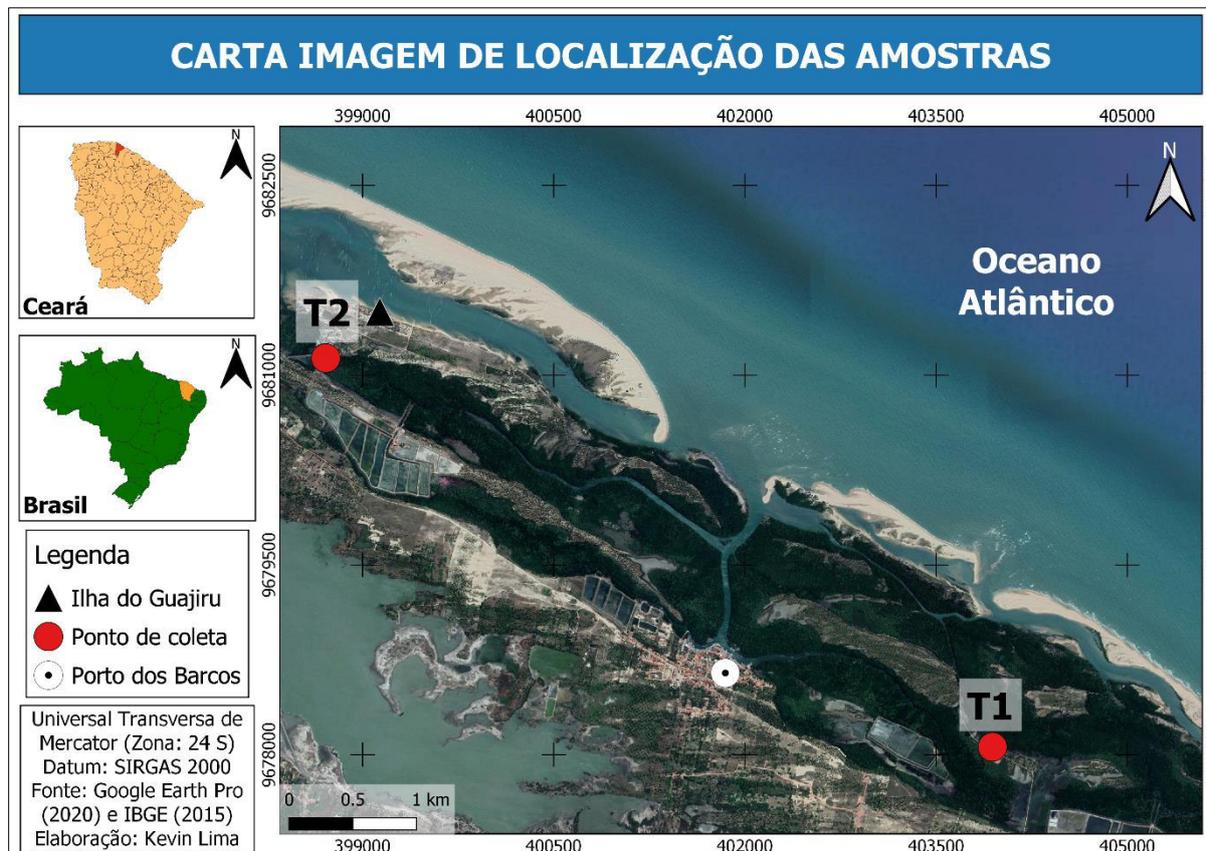
Fonte: elaborada pelo autor.

Foram coletados dois testemunhos (T1 e T2) distantes cerca de 6 km entre si, na região adjacente a localidade de Porto dos Barcos, no município de Itarema (FIGURA 9).

O ponto de coleta do testemunho T1 encontra-se a leste de Porto dos Barcos, e em suas imediações encontra-se uma estrada de chão, vegetação de manguezal, além de fazendas de carcinicultura e plantação de coqueiros. O ponto de coleta do testemunho T2 encontra-se a oeste do Porto dos Barcos, mais próximo à Ilha do Guajiru, e em suas imediações situa-se

uma estrada asfaltada, vegetação de manguezal e fazendas de carcinicultura em suas adjacências.

**Figura 9 – Carta imagem de localização dos pontos de coleta.**



Fonte: elaborada pelo autor.

## 5.2 Coleta dos testemunhos

Foram coletados dois testemunhos utilizando tubos de PVC de 50 mm de diâmetro e 1 m e altura. A coleta destes testemunhos consistiu na utilização de técnica de percussão manual, na qual os tubos de PVC são penetrados manualmente no solo (FIGURA 10). Em seguida, foi retirado manualmente, com cuidado para evitar perdas de coluna sedimentar, e fechado nas duas aberturas com tampas de PVC. Posteriormente, foi identificado o topo e a base dos testemunhos.

Este trabalho faz parte do projeto “Dinâmica ambiental e impactos nos sistemas estuarinos-lagunares sob a influência da semiaridez” - Edital Universal, e os testemunhos utilizados neste trabalho foram coletados em etapa anterior do projeto.

**Figura 10 - Coleta de testemunho sedimentar no sistema estuarino-lagunar de Itarema.**



Fonte: elaborada pelo autor.

### **5.3 Atividades de laboratório**

#### **5.3.1 Descrição dos testemunhos**

Os testemunhos que estavam armazenados no Laboratório de Geomorfologia Costeira e Oceânica foram abertos para a identificação das fácies sedimentares. As fácies sedimentares foram identificadas de acordo com a coloração, granulometria e presença de fragmentos de natureza orgânica e mineral. A identificação da cor foi feita em ambiente de luz natural para melhor visualização e auxiliada pelo uso da carta de cores *Geological Rock – Color Chart* (COLOR, 2009). A medição de cada testemunho foi feita utilizando fita métrica, medindo o

comprimento total e o comprimento de cada fácies identificada, conforme as Figuras 11 e 12. Por fim, as fácies foram separadas em sacos plásticos para posteriores análises.

**Figura 11 - Processo de identificação das fácies sedimentares do testemunho T1.**



Fonte: elaborada pelo autor.

**Figura 12 - Processo de identificação das fácies sedimentares do testemunho T2.**



Fonte: elaborada pelo autor.

### 5.3.2 Análises granulométricas

Nesta fase, as amostras foram pesadas em laboratório em uma balança digital. Em algumas amostras foi pesada 100 gramas de sedimento cada amostra, porém não foi viável em todas as amostras, pois o tamanho de algumas fácies era muito pequeno. Portanto algumas amostras foram pesadas em outras medidas, como 10 gramas e 25 gramas.

Inicialmente, as análises foram lavadas para retirar os sedimentos mais finos colocando-as em uma peneira de 0,062 mm sob água corrente. Em seguida foram colocadas em uma estufa para a secagem do sedimento por cerca de pelo menos 2 dias em 60° C.

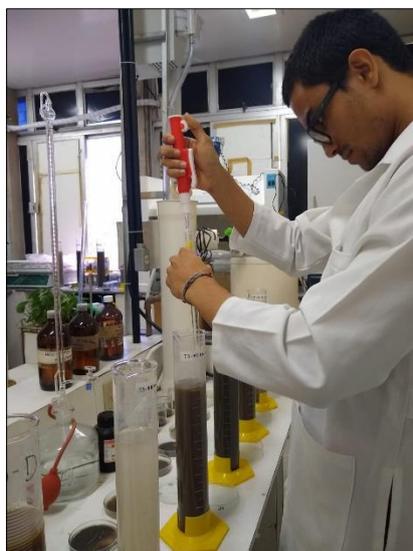
Após a secagem das amostras, foram colocadas em uma sequência de peneiras com um agitador mecânico (*rot up*), na ordem da mais grossa, de 4,000 mm, na parte mais superior, à mais fina, de 0,062 mm, na parte mais inferior da sequência. A escala granulométrica utilizada

foi a de Wentworth, 1922 (SUGUIO, 1973). O material retido em cada sequência de peneiras é pesado e anotado.

Em algumas amostras foram feitas pipetagem (FIGURA 13), para classificar os grãos mais finos entre silte e argila. No processo de pipetagem, o material mais fino que não ficou retido na peneira foi colocado em provetas de 1L que foram preenchidas com água destilada, e deixado em repouso por 24 horas. Após esse período de repouso, as amostras foram agitadas por 1 minuto e passado o tempo determinado, retira-se 20 ml na marca de 400 ml da proveta.

O procedimento é feito seis vezes, no entanto, a partir da segunda vez em diante retira-se o material na marca de 700 ml da proveta. O material é colocado em vidrarias pesadas anteriormente a cada tirada, sendo levado para secagem em estufa. As vidrarias são novamente pesadas após a secagem e esfriamento.

**Figura 13 - Procedimento de análise de pipetagem.**



Fonte: elaborada pelo autor.

### **5.3.3 Quantificação dos teores de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ )**

Os teores de  $\text{CaCO}_3$  das amostras foram determinados por meio do método calcímetro de Bernard adaptado, utilizando duplicata em todas as amostras dos testemunhos. A medição ocorre por meio indireto, onde 0,5 gramas de amostra é adicionada em um *kitassato* e, no tubo de ensaio agregado, coloca-se 2 mL de ácido clorídrico (HCl), diluído a 10%, com isso o sedimento e o ácido não se misturam. Em seguida, depois do sistema ser fechado e a bureta zerada, entortou-se o *kitassato* de forma que o HCL se misturasse com o sedimento. Essa mistura fez reagir o carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), presente na amostra, com o ácido clorídrico (HCl), produzindo gás carbônico que desloca uma solução salina presente no tubo contrário.

Após ser feita a análise dos sedimentos, foi realizada análise do “branco”, ou seja, a análise de controle com o  $\text{CaCO}_3$  a 99%, da mesma forma que foi feita com os sedimentos. O percentual de carbonato de cálcio é medido de acordo com a fórmula abaixo:

$$C_{\text{amostra}} (\% \text{CaCO}_3) = \frac{(V_{\text{amostra}} \times C_{\text{padrão}})}{V_{\text{padrão}}}$$

Onde:

$C_{\text{amostra}}$  = concentração de  $\text{CaCO}_3$  da amostra;

$V_{\text{amostra}}$  = volume da solução salina deslocado pelo gás carbônico produzido na reação das misturas de HCl com o carbonato presente nas amostras;

$C_{\text{padrão}}$  = concentração padrão da amostra a 99% de  $\text{CaCO}_3$ ;

$V_{\text{padrão}}$  = volume de solução salina deslocada pela amostra padrão.

#### 5.3.4 Quantificação do teor de matéria orgânica (MO)

A quantificação do teor de matéria orgânica nos sedimentos foi obtida por meio da metodologia baseada na calcinação “*Less of Ignition*” (adaptação de Davis, 1974). A calcificação utiliza a gravimetria para determinar a matéria orgânica existente nas amostras de sedimentos.

Inicialmente foram pesados os cadinhos de porcelana vazios em uma balança eletrônica de precisão. Posteriormente foi adicionado 2g dos sedimentos coletados aos cadinhos, anotando-se novamente o peso dos cadinhos de porcelana com sedimentos.

Em seguida, as amostras são colocadas em um forno mufla e incineradas a 450°C por 2h. Neste processo, a matéria orgânica presente nas amostras é queimada, restando apenas matéria siliciclástica nos cadinhos.

Após esse processo, espera-se as amostras esfriarem para pesá-las novamente (FIGURA 14):

$$P_{(cs)} - P_{(f)} = Q_{(s2)}$$

Onde:

$P_{(cs)}$  = peso do cadinho com sedimento;

$P_{(f)}$  = peso do cadinho que foi queimado;

$Q_{(s2)}$  = peso que sobrou da etapa de incineração.

Para obter o teor de matéria orgânica das amostras foi feita uma simples regra de três:

$$\text{M. O. (\%)} = \frac{(Q_{(s2)} \cdot 100)}{Q_{(s1)}}$$

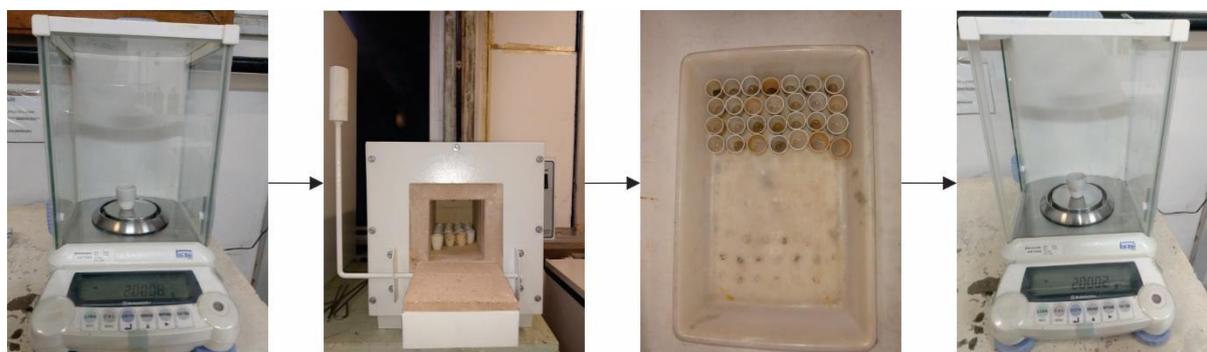
Onde:

**M. O.** = percentual de matéria orgânica das amostras;

$Q_{(s2)}$  = diferença entre  $P_{(cs)} - P_{(f)}$ ;

$Q_{(s1)}$  = quantidade de sedimentos colocados inicialmente nos cadinhos.

**Figura 14 - Processo de obtenção do teor de matéria orgânica.**



Fonte: elaborada pelo autor.

## 6. RESULTADOS

### 6.1 Análise sedimentológica

#### 6.1.1 Descrição dos testemunhos

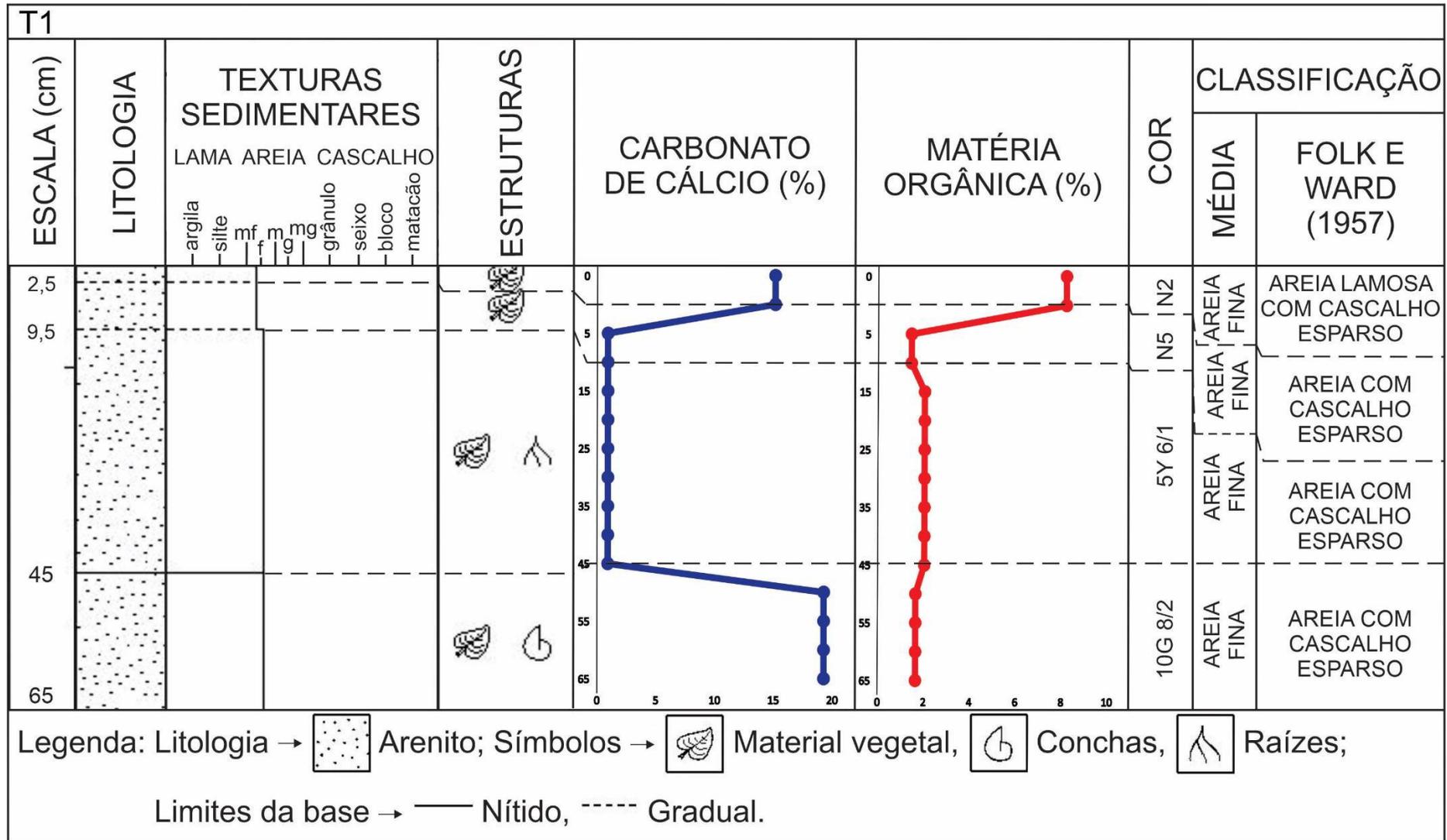
Nos testemunhos T1 e T2, respectivamente, foram recuperados 65 e 86 centímetros de sedimento de 1 metro de testemunho sedimentar utilizado em ambos. O testemunho T1 em estado úmido foi dividido em 4 tenças de acordo com a coloração e textura de sedimentos. “Tenças” é um termo utilizado pela Marinha do Brasil para se referir a uma descrição visual, expedita e preliminar de amostras geológicas no momento de sua coleta (DIAS; MEDEIROS, 2005).

A primeira tença está localizada no topo do testemunho, no intervalo de 0-2,5 cm, composta de lama orgânica de coloração *Grayish Black* – N2. A segunda tença, localizada no intervalo 2,5-9,5 cm, possui areia de coloração *Medium Gray* – N5, com presença de

laminações de lama de coloração *Light Olive Gray* - 5Y 6/1. A terceira tença, localizada no intervalo 9,5-45 cm, é composta de sedimento areno-lamoso com predomínio de areia de coloração *Light Olive Gray* - 5Y 6/1 com laminações de coloração *White* – N9 e *Olive Gray* - 5Y 4/1. A quarta tença, localizada na base do testemunho, no intervalo 45-65 cm, é composta de sedimento arenoso de coloração *Very Pale Green* - 10G 8/2. A sequência entre as tenças sedimentares é gradual, com exceção de um contato nítido entre a terceira e quarta tença do testemunho. Em todas as tenças observou-se a presença de material vegetal, com a terceira e a quarta tença apresentando, respectivamente, raízes e conchas.

Na Figura 15 é possível observar uma seção colunar do testemunho T1 e suas características de acordo com a profundidade.

Figura 15 - Seção colunar do testemunho T1.

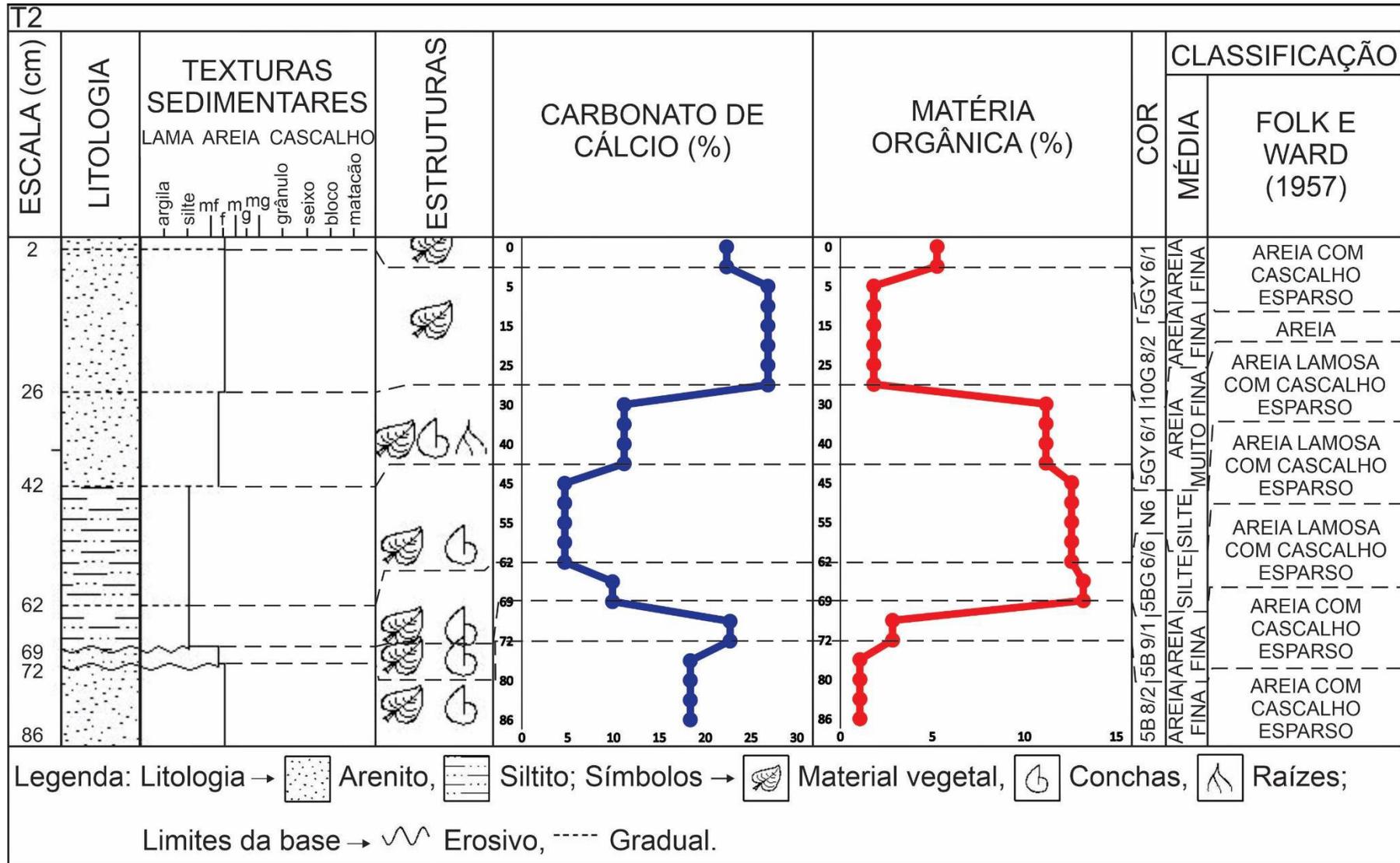


Fonte: elaborada pelo autor.

O testemunho T2 em estado úmido foi dividido em 7 tenças de acordo com a coloração e textura de sedimentos. A primeira tença está localizada no topo do testemunho, no intervalo de 0-2 cm, e é composta de lama-arenosa orgânica de coloração *Greenish Gray* - 5GY 6/1. A segunda tença, localizada no intervalo 2-26 cm, é constituída de areia média com coloração *Very Pale Green* - 10G 8/2. A terceira tença, localizada no intervalo 26-42 cm, apresenta areia-lamosa de coloração *Greenish Gray* - 5GY 6/1. A quarta tença, localizada no intervalo 42-62 cm, é formada de lama-arenosa de coloração *Medium Light Gray* - N6. A quinta tença, localizada no intervalo 62-69 cm, é formada de lama maciça com coloração *Light Blue Green* - 5BG 6/6. A sexta tença, localizada no intervalo 69-72 cm, é constituída de areia bioclástica com coloração de *Bluish White* - 5B 9/1. A sétima tença está localizada na base, no intervalo 72-86 cm, é constituída de areia com nível de oxidação na base com coloração *Very Pale Blue* - 5B 8/2. A sequência entre as tenças sedimentares é gradual, com exceção entre a quinta e sexta, e a sexta e sétima tenças que observou-se um contato erosivo entre elas. Em todas as tenças observou-se a presença de material vegetal, na terceira tença observou-se a presença de raízes e a partir da mesma foi encontrado conchas até a base.

Na Figura 16 é possível observar uma tença colunar do testemunho T2 e suas características de acordo com a profundidade.

Figura 16 - Seção colunar do testemunho T2.

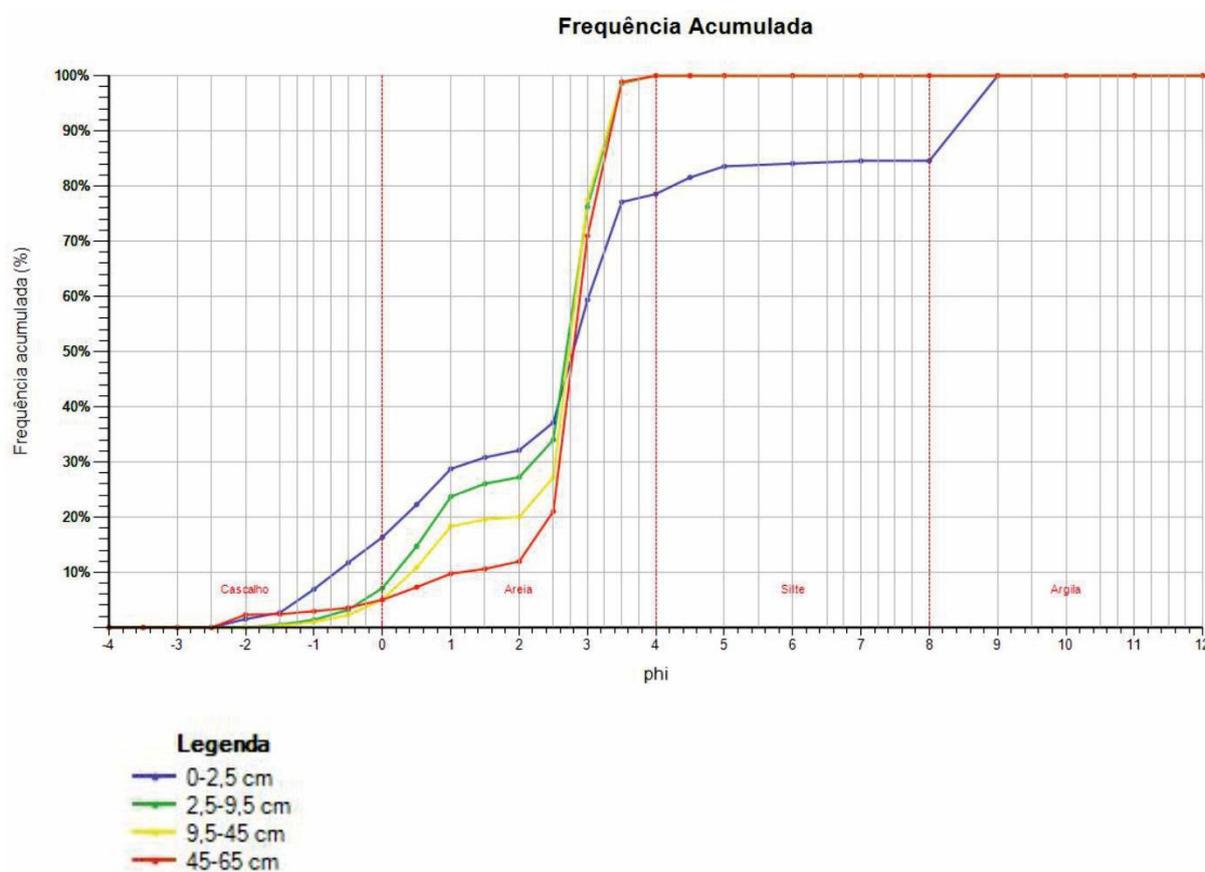


Fonte: elaborada pelo autor.

### 6.1.2 Granulometria

De acordo com os resultados de análise granulométrica foi possível confirmar a subdivisão de fácies baseada na descrição visual dos testemunhos. No testemunho T1 (GRÁFICO 1), na profundidade de 0-2,5 cm, próxima ao topo do testemunho, observou-se uma concentração do teor de lama (silte e argila) de 21%, com 72% de areia e 7% de cascalho, sendo classificado de acordo com Folk e Ward (1957) como areia lamosa com cascalho esparso. Ao longo do restante do testemunho (2,5-65 cm) a granulometria mostrou-se constante com cerca de 98% de teor de areia, classificado de acordo com Folk e Ward (1957) como areia com cascalho esparso (ANEXO A).

**Gráfico 1 - Frequência acumulada do testemunho T1.**

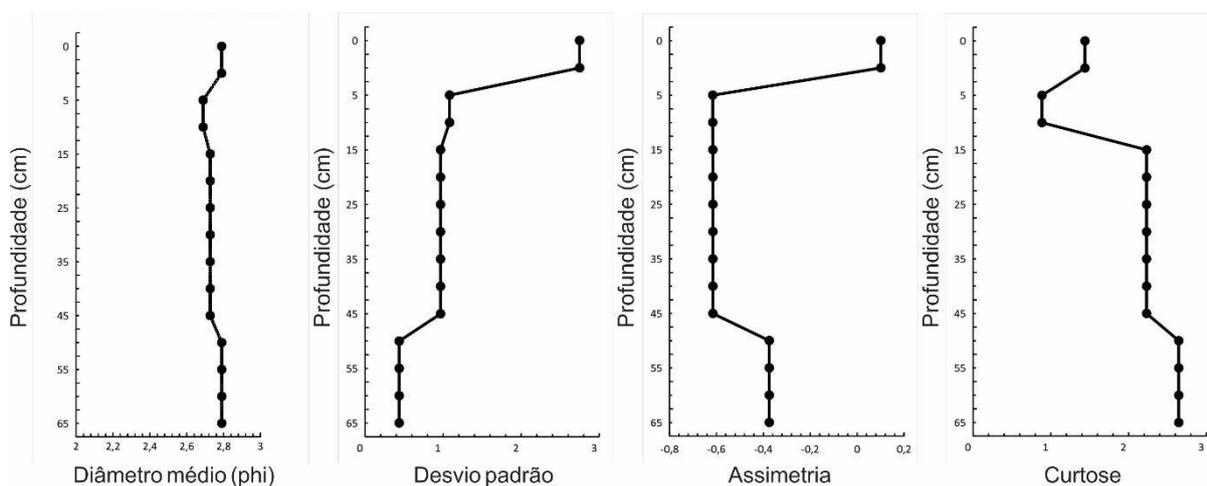


Fonte: elaborado pelo autor.

A fácies de areia lamosa orgânica (0-2,5 cm) é caracterizada pelo diâmetro médio de areia fina (2,789  $\phi$ ), muito pobremente selecionado ( $\sigma = 2,746$ ) e pelo caráter assimétrico positivo ( $Sk = 0,1$ ) e curtose leptocúrtica ( $K = 1,438$ ) da distribuição de frequências de granulometria.

A fácies arenosa com laminações (2,5-65 cm) é classificada pela média como areia fina e possui um diâmetro médio semelhante da fácies anterior (entre 2,689 e 2,79  $\phi$ ). O selecionamento é melhor com o desvio padrão diminuindo em direção à base ( $\sigma = 0,436$  a 1,082) e assimetria negativa em direção à base ( $Sk = -0,616$  a  $-0,375$ ). Um achatamento (platicúrtica) ( $K = 0,885$ ) inicial da curva no intervalo 2,5-9,5 cm, porém o valor da curtose aumentou em direção à base do testemunho levando a uma tendência de curva mais alongada (muito leptocúrtica) ( $K = 2,23$  a 2,644) (GRÁFICO 2).

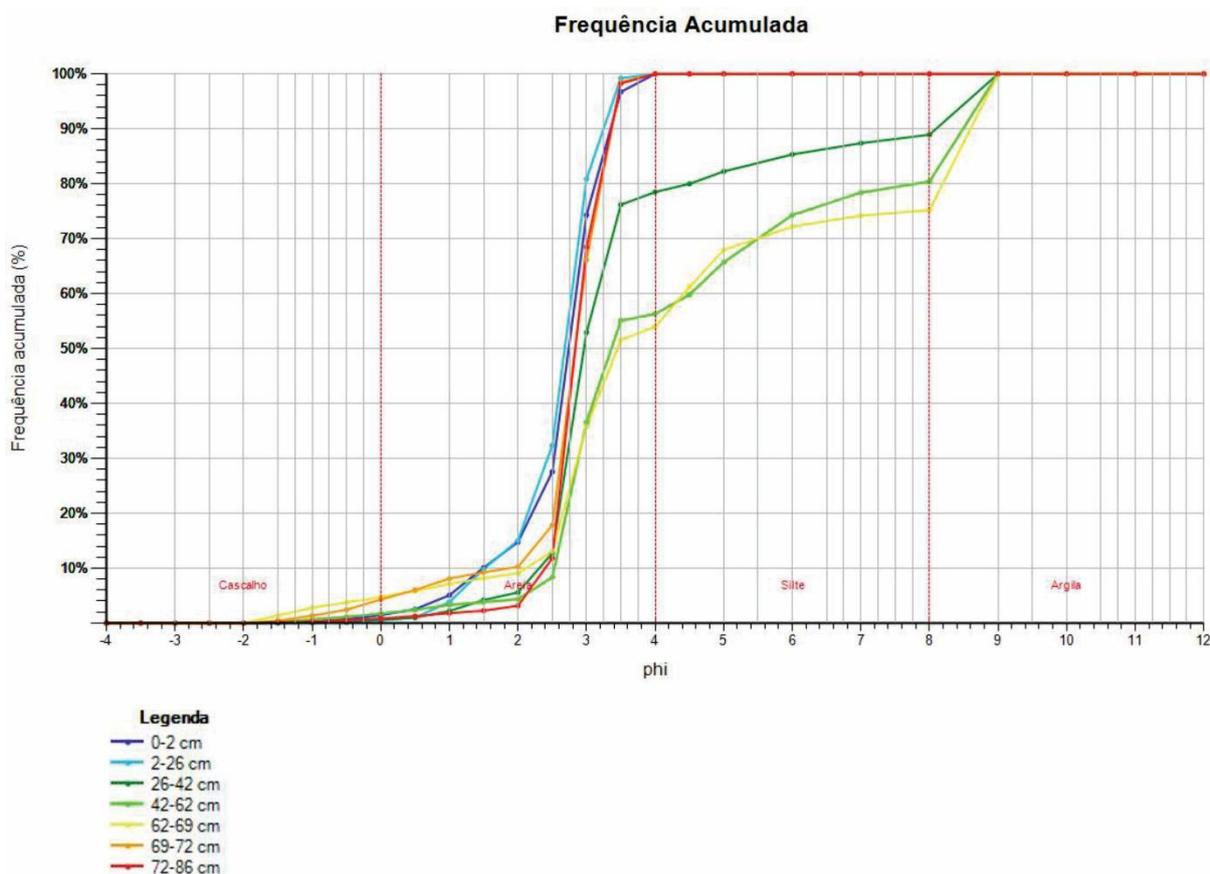
**Gráfico 2 - Variação dos parâmetros estatísticos da distribuição granulométrica ao longo do testemunho T1.**



Fonte: elaborado pelo autor.

A granulometria no testemunho T2 (GRÁFICO 3), apresentou-se a partir do topo (0-26 cm) com teor médio de 99% de areia e com classificação de Folk em areia com cascalho esparsos e areia, a contar deste limite, os teores de areia diminuíram para 78% verificando-se o aumento dos teores mais finos (silte e argila) para 21%. A partir da profundidade de 42 cm os teores de areia diminuíram ainda mais, apresentando cerca de 53%, enquanto os teores de lama (silte e argila) aumentaram para cerca de 45%. No intervalo de 26-69 cm, o sedimento foi classificado segundo Folk em areia lamosa com cascalho esparsos. Próximo a base, na profundidade de 69 cm, voltou a ocorrer a fração areia (99%) que continuou até o final do testemunho na profundidade da base de 86 cm. No intervalo 69-86 cm, o sedimento foi classificado, segundo Folk, em areia com cascalho esparsos (ANEXO B).

Gráfico 3 - Frequência acumulada do testemunho T2.



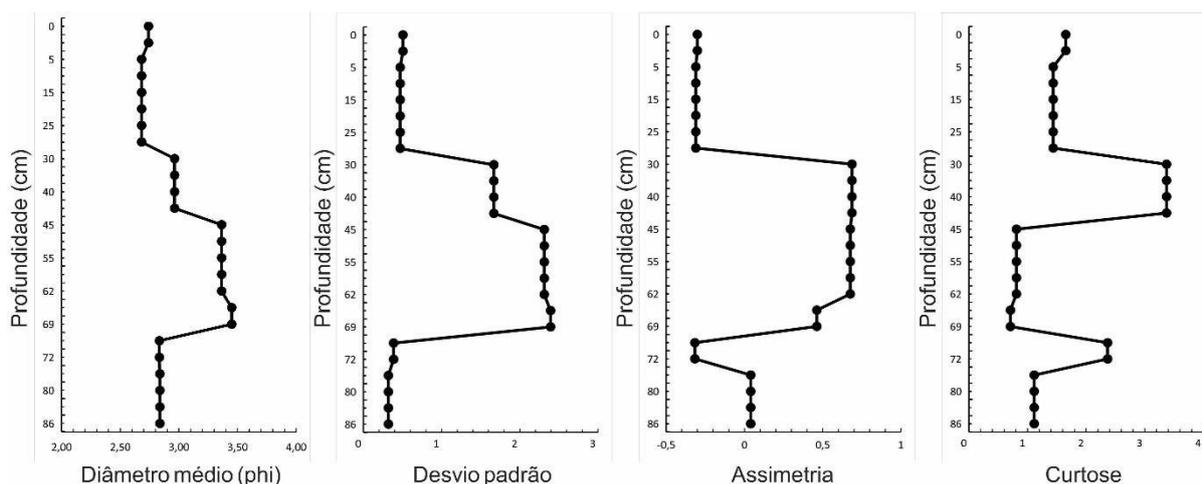
Fonte: elaborado pelo autor.

Na fácies arenosa próxima ao topo do testemunho (0-26 cm) observa-se alguns padrões de variação vertical, na qual caracteriza-se pela classificação pela média de areia fina, diâmetro médio de areia fina entre 2,682 e 2,74 Ø, bom grau de selecionamento ( $\sigma = 0,47$  a 0,506), assimetria muito negativa ( $Sk = -0,311$  a  $-0,301$ ) e curtose muito leptocúrtica ( $K = 1,651$ ) à leptocúrtica ( $K = 1,437$ ).

A seguir, observou-se um começo de padrão de uma fácies mais areno-lamosa, em que o intervalo de 26 a 42 cm apresenta características intermediárias entre o intervalo anterior e o seguinte do testemunho. A classificação pela média é de areia muito fina, diâmetro médio de 2,963 Ø, o grau de selecionamento começa a piorar ( $\sigma = 1,667$ ) e o índice de curtose aumenta para extremamente leptocúrtica ( $K = 3,37$ ). Ainda na fácies areno-lamosa, nos intervalos de 42-62 cm e 62-69 cm, a classificação pela média passou a ser silte, as variáveis de diâmetro médio e desvio padrão aumentam, respectivamente, para areia muito fina (3,363 a 3,45 Ø) e muito pobremente selecionada ( $\sigma = 2,313$  a 2,392). Enquanto isso, a curtose diminui para platicúrtica ( $K = 0,706$  a 0,809). A assimetria em toda a fácies areno-lamosa (26-69 cm) mantém-se constante em valores muito positivos ( $Sk = 0,463$  a 0,687).

Nos intervalos próximos à base, de 69-72 cm e 72-86 cm, percebe-se um padrão parecido da fácies arenosa presente no topo do testemunho, com classificação pela média em areia fina, diâmetro médio de areia fina ( $2,83 \text{ } \phi$ ), bem selecionado ( $\sigma = 0,319$ ) à muito bem selecionado ( $\sigma = 0,385$ ), assimetria muito negativa ( $Sk = -0,317$ ) à aproximadamente simétrica ( $Sk = 0,04$ ) e curtose com tendências muito leptocúrtica ( $K = 2,363$ ) à leptocúrtica ( $K = 1,112$ ) próxima à base (GRÁFICO 4).

**Gráfico 4 - Variação dos parâmetros estatísticos da distribuição granulométrica ao longo do testemunho T2.**



Fonte: elaborado pelo autor.

## 6.2 Análise geoquímica

O teor de carbonato, segundo Machado (2014), é uma variável adequada para indicar a distinção de ambientes de origem marinha ou continental. Este autor também diz que o baixo índice de carbonato sugere a origem terrígena do material, porém não exclui a possibilidade de depósito sob influência marinha. Os carbonatos são formando quando o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) da atmosfera se combina com a água formando o ácido carbônico, que reage aos poucos com o cálcio e com o magnésio da crosta terrestre (MIOLA, 2013). Eles podem ser oriundos de várias fontes, tendo como exemplo as carapaças de organismos marinhos, como os foraminíferos (MARTINS, 2005).

A maioria da matéria orgânica, segundo Vidal e Becker (2006), é encontrada associada a sedimentos de granulometria fina (fração silte e argila). Ainda de acordo com as autoras, devido à grande competência de adsorção das argilas, as partículas de menor tamanho associam-se a maior quantidade de matéria orgânica. As principais fontes de matéria orgânica

em substratos de manguezais são folhas, raízes e troncos de árvores de manguezal (MIOLA, 2013).

A concentração de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) no testemunho T1, apresentadas em porcentagem, variou de 0,9 a 19,27%, ocorrendo um maior teor no topo do testemunho, na fácies de areia lamosa orgânica (0-2,5 cm) e próximo a base do testemunho, na parte mais profunda da fácies de areia com laminações (45-65 cm), enquanto na região intermediária do testemunho (2,5-45 cm) observou-se as menores concentrações. O comportamento da matéria orgânica (MO) em T1 variou de 1,45 a 8,2%, com a maior concentração encontrada na porção superior do testemunho (fácies areia lamosa orgânica). Na Figura 14 é possível observar os gráficos de  $\text{CaCO}_3$  e MO do testemunho T1.

Em T2, a porcentagem de  $\text{CaCO}_3$  variou de 4,68% a 26,84%, em um parâmetro parecido com o de T1, no qual as maiores concentrações encontram-se no topo e base, e na região intermediária apresentou as menores concentrações. Assim, a fácies arenosa localizadas nos intervalos de 0-26 cm e 69-86 cm apresentou uma maior concentração de carbonato ( $\text{CaCO}_3 > 18\%$ ), enquanto a fácies areno-lamosa (26-69 cm) observou-se menores valores ( $\text{CaCO}_3 < 11\%$ ). Sobre a MO em T2, os valores variaram de 1,06 a 13,2% e apresentaram uma característica oposta a identificada com o  $\text{CaCO}_3$  no testemunho T2. A fácies arenosa (0-26 cm e 69-86 cm) apresentaram os menores índices (MO < 6%), enquanto a fácies areno-lamosa tiveram os maiores (MO > 11%). Na Figura 15 é possível observar os gráficos de  $\text{CaCO}_3$  e MO do testemunho T2.

## 7. DISCUSSÃO

A coloração em tons de preto (*Grayish Black* – N2) observada no topo de T1, também foi observada por Lima (2012) no topo de uma sondagem tipo SPT (IP-5) realizada em Itapeva no estado do Rio Grande do Sul, e por Calandrine (2019) no topo em um testemunho sedimentar (A1) amostrado no sistema estuarino-lagunar de Itarema. A coloração em tons de cinza (*Medium Gray* - N5) presente no testemunho T1 foi predominante nos testemunhos analisados por Miola (2013) no manguezal do estuário do Rio Coreaú.

Através da granulometria apresentada ao longo do testemunho T1 foi percebido uma concentração de uma fração considerável de lama no topo do testemunho (0-2,5 cm). No entanto, ao longo da maior parte do testemunho a concentração de areia média foi constante e predominante. Calandrine (2019) realizou trabalho com testemunhos sedimentares na região próxima de Porto dos Barcos, e em um dos testemunhos amostrados por ela, em um setor

próximo ao do testemunho T1, foi observado também uma característica similar em que uma fração de sedimento mais finos se concentrou no topo, enquanto uma camada mais arenosa seguiu em direção a uma profundidade similar do testemunho observado no T1. A autora ressalta que esta mudança de granulometria seria devido a uma variação de energia no ambiente que influenciou numa alteração na dinâmica deposicional. Ainda de acordo com a autora, uma energia mais alta influenciou na deposição de sedimentos mais finos no topo do testemunho, e com uma diminuição de energia concentrou um sedimento mais grosso ao longo do testemunho até a base. A energia alta, segundo Calandrine (2019), pode ter relação com os efluentes de uma carcinicultura que se encontra próxima ao testemunho T1.

Porém, T1 está próximo de uma antiga barreira costeira inativa (paleo ilha barreira) e esse subambiente deve ter contribuído com uma maior concentração de areia nesse testemunho. Já a pequena fácies de material mais fino no topo do testemunho pode estar relacionada a um recente avanço do ecossistema manguezal da região.

O diâmetro médio mostrou-se constante com a presença de areia fina ao longo de todo o testemunho sedimentar. Apesar disso, apresentou uma concentração considerável de lama no topo, como mencionado anteriormente. De acordo com Fukumoto (2007), o aumento de concentração de sedimentos finos em direção ao topo dos testemunhos pode ser atribuído a atividades antrópicas. Dentre essas atividades antrópicas, segundo a autora, a alteração das condições químicas das águas superficiais pelo lançamento de resíduos industriais pode modificar os processos de remoção e deposição de sedimentos. Situação essa que pode estar relacionado a carcinicultura próxima ao testemunho T1 e a possibilidade de interrupção de fluxo de marés nos canais.

Como observado, o selecionamento apresentou uma melhora à medida que aumentava a profundidade do testemunho, passando de muito pobremente selecionado no topo (fácies areia lamosa orgânica) à bem selecionado na base (fácies arenosa com laminações). Isso significa que a dispersão dos valores granulométricos foi menor na base do que no topo do testemunho em decorrência de um aumento do transporte ou da agitação do meio próximo ao topo do testemunho, implicando em uma maior dispersão de valores granulométricos próximo ao topo do testemunho T1 (JESUS; ANDRADE, 2013). Este padrão de selecionamento das amostras também foi observado por Machado (2014), em que houve um melhor selecionamento nas amostras arenosas, geralmente associadas a ambientes praias e pior selecionamento nas amostras lamosas, comum em ambientes lagunares e estuarinos.

A assimetria mostrou-se positiva na parte superior (fácies areia lamosa orgânica) e no decorrer do testemunho em direção à base (fácies arenosa com laminações), a assimetria

tornou-se muito negativa. Isso coincide com as características deste parâmetro estatístico, no qual a assimetria positiva tende a indicar grãos mais finos, enquanto assimetria negativa tende a indicar grãos mais grossos (DIAS, 2004; OLIVEIRA *et al.*, 2018). A assimetria positiva observada pode ser relacionada a um transporte de um fluxo unidirecional característico de ambiente fluvial e eólico (FRIEDMAN, 1961; MARTINS, 1965, 2003). Em contraposição, de acordo com os autores citados anteriormente, a assimetria negativa observada na fácies arenosa com laminações pode ser causada devido a remoção da cauda de grão fino da distribuição por meio da adição ou separação de material grosso caracterizando ambiente de praia.

A curtose mostrou-se predominantemente leptocúrtica à medida que aumenta a profundidade, com exceção do intervalo de 2,5-9,5 cm em que a curtose foi platicúrtica. De acordo com Martins (1965) sedimentos de assimetria normal ou negativa e curtose leptocúrtica caracterizam areias de praia, ou seja, ambientes de mais alta energia.

O testemunho T1 está em uma área mais abrigada e com isso a intensidade das correntes tende a ser mais reduzida devido ao atrito com as margens, fundo e raízes de mangues. Desta forma, a deposição de sedimentos finos é facilitada, dado a menor energia refletida ao ambiente.

Amaral (2008) em seu trabalho com testemunhos sedimentares na laguna de Jaguaruna em Santa Catarina observou um padrão de fácies em um testemunho amostrado (SAN) parecido com a fácies arenosa com laminações observada no testemunho T1. Tal fácies apresentou uma homogeneidade do diâmetro médio (areia muito fina) ao longo da coluna, assimetria negativa e curtose leptocúrtica.

Em relação a geoquímica do T1, o carbonato de cálcio apresentou maiores concentrações próximo no topo e base, enquanto na parte intermediário concentrou-se valores ínfimos. O maior teor de  $\text{CaCO}_3$  no topo pode ter relação com a maior concentração de frações de cascalho, como foi observado por Miola (2013) e Martins (2017) em que frações dos testemunhos que tiveram uma relativa concentração de cascalho o  $\text{CaCO}_3$  foi relativamente maior. A base do testemunho pode ser relacionada a presença de fragmentos de conchas presentes nesta região. Porém, não foi observado uma relação entre o teor de  $\text{CaCO}_3$  e o diâmetro médio.

Enquanto isso, a matéria orgânica concentrou um maior teor na fácies areia lamosa orgânica no topo do testemunho. Com isso, é possível observar que a MO apresentou uma relação com o teor de lama (silte e argila) no topo do testemunho, característico de áreas de manguezais.

A coloração em tons de cinza (*Medium Light Gray* - N6) presente no testemunho T2 também esteve presente em sedimento de um testemunho sedimentar (A1) analisado por Calandrine (2019).

Através da granulometria apresentada ao longo do testemunho T2 foi identificado um padrão bimodal de granulometrias arenosas (fácies arenosa) e arenosas com frações lamosas (fácies areno-lamosa). Como foi observado, houve uma alternância entre as fácies no testemunho, ocorrendo a presença da fácies arenosa nos extremos do testemunho (topo e base) e a fácies areno-lamosa na porção intermediária. Essa alternância granulométrica evidencia uma diferença de eventos, como variação do fluxo de marés nos canais, que contribuíram com cada processo de deposição.

O diâmetro médio no T2 foi caracterizado por uma característica bimodal entre areia fina (topo e base do testemunho) e silte (meio do testemunho), havendo uma camada de areia muito fina mostrando uma camada sedimentar intermediária. Em algum dos testemunhos sedimentares analisados por Moura (2018), a presença de areia fina foi relacionada a um ambiente de baixa energia, característico de setores abrigados em que o componente eólico preponderou. Ainda segundo este autor, a presença de silte requer um tempo de deposição bastante superior, implicando em um ambiente de sedimentação mais tranquilo, em que forças hidrodinâmicas são menos frequentes. De acordo com o autor, o canal de maré é o ambiente mais propício a esse tipo de deposição, podendo haver vegetação de mangue associada.

No T2 foi observado vários padrões entre os parâmetros granulométricos, no qual diferenciou as fácies arenosa e areno-lamosa. A fácies arenosa caracterizou-se por um diâmetro médio de areia fina, moderadamente a muito bem selecionado, assimetria aproximadamente simétrica a muito negativa e curtose leptocúrtica a muito leptocúrtica. Essas características, como discutido anteriormente, indicam um tipo de ambiente de baixa energia de origem praial. Em que o sedimento bem selecionado indica areia de praia (MARTINS, 2003), a assimetria negativa também indica ambiente praial, relacionando a grãos mais grossos devido a remoção de grãos finos ou adição de grãos grossos (FRIEDMAN, 1961; MARTINS, 1965, 2003). Ademais a curtose leptocúrtica também é um indício de sedimento praial (MARTINS, 1965).

Já a fácies areno-lamosa possui um diâmetro médio de areia muito fina e silte, sedimento pobremente a muito pobremente selecionado, assimetria muito positiva e curtose extremamente leptocúrtica e platicúrtica. O mal selecionamento indica sedimentos mais finos de ambientes fluviais (MARTINS, 2003), a assimetria muito positiva relaciona-se a sedimentos mais finos devido a um fluxo unidirecional caracterizando um ambiente fluvial e eólico

(FRIEDMAN, 1961; MARTINS, 1965, 2003), e a curtose platicúrtica são relacionadas a granulometrias finas (silte) enquanto a curtose extremamente leptocúrtica são relacionadas a granulometria de areia muito fina (SUGUIO, 1973).

Barroso *et al.* (2019) observou que o aspecto sedimentar do estuário na foz do Rio Coreaú é caracterizado por uma mediana de areia fina, sedimento pobremente selecionado, assimetria muito positiva e curtose extremamente leptocúrtica. Os resultados apresentados pelos autores, coincidem com uma camada intermediária (26-42 cm) na fácies areno-lamosa do testemunho T2.

O  $\text{CaCO}_3$  no T2 mostrou-se mais concentrado na fácies arenosa, apresentando com isso uma relação com uma granulometria mais grossa. Em contraposição, a MO apresentou uma maior relação com a granulometria mais fina, estando presente em maiores concentrações na fácies areno-lamosa.

Isso pode ser devido a condição de retrabalhamento, pois o ambiente é dominado por forçantes marinhas. A barreira costeira pode sofrer mudanças, tornando-se por vezes uma ilha ou *spit*, e com isso modificar a entrada de energia no sistema, influenciando na dinâmica de transporte e deposição. Dessa forma, a morfodinâmica da barreira costeira pode ter contribuído com a variedade de energias ao longo de diferentes estágios que resultou nos resultados observados nos testemunhos.

Costa (2018) encontrou valores de  $\text{CaCO}_3$  em três testemunhos sedimentares no estuário do Rio Potengi no Rio Grande do Norte com teor médio de 16% em dois dos testemunhos analisados (CPOT B e CPOT C). Os maiores valores foram de 46% e 30% em dois testemunhos (CPOT A e CPOT C, respectivamente) foram associados a fragmentos de organismos bentônicos. E os menores valores foi observado no testemunho mais arenoso (CPOT C) com média em torno de 7%. Já a matéria orgânica observada por Costa (2018) não ultrapassou 10% de concentração nos testemunhos com maiores concentrações de lama (CPOT A e CPOT B), enquanto no testemunho mais arenoso (CPOT C) a matéria orgânica foi inferior a 1%.

Denota-se com isso uma associação do  $\text{CaCO}_3$  com os fragmentos de organismos bentônicos. A matéria orgânica estar mais presentes em sedimentos mais finos, pode ser devido a maior área superficial dos sedimentos.

O material orgânico nos sedimentos de ambos os testemunhos analisados (T1 e T2) tiveram uma relação com grãos finos. Miola (2017) afirma que o conteúdo orgânico pode ser diretamente correlacionado com a mediana, diâmetro médio e, sobretudo, com a porcentagem de argila do sedimento. Ademais, a autora diz que fatores naturais como a disponibilidade de

nutrientes irão influenciar o teor de matéria orgânica em argilas. Além disso, também segundo a autora, a ação antrópica também pode ser outro fator a influenciar, como carcinicultura e a região portuária. A Figura 17 demonstra a artificialização da área por meio de tanques de carcinicultura, estradas e modificações da vazão da maré.

**Figura 17 - Artificialização de *tidal flats* associados a tanques de carcinicultura.**



Fonte: elaborada pelo autor.

## 8. CONCLUSÃO

Por meio das características dos parâmetros estatísticos granulométricos, foi observado um padrão bimodal de fácies mais arenosas (fácies arenosa com laminações em T1 e a fácies arenosa em T2) e fácies mais areno-lamosas (fácies areia lamosa orgânica em T1 e fácies areno-lamosa em T2). Isso demonstra uma alteração nos padrões deposicionais na região devido a morfodinâmica da barreira arenosa. Por T2 ter apresentado uma alternância das fácies, indica uma maior dinâmica sedimentar no ambiente adjacente de T2. Enquanto em T1, a menor alternância de fácies, indica um ambiente com uma dinâmica sedimentar mais constante no local onde este testemunho foi amostrado, revelando a dinâmica dominante nos dois meios (T1 e T2).

Desta forma, evidencia-se que a planície do sistema estuarino-lagunar estudada possui uma dinâmica deposicional característica, conforme foi observado no padrão de fácies analisados. E tais fácies diferenciam-se entre si devido aos subambientes presentes na planície estuarino-lagunar, como as modificações da barreira costeira. Ademais, as atividades

antrópicas, em destaque a carcinicultura, demonstram uma importância morfo-sedimentar na região, já que controlam a vazão de canais de maré por meio dos tanques de carcinicultura.

Quanto a variedade da coloração dos sedimentos dos testemunhos, foram identificadas variações de tons de preto, cinza e verde, além de colorações de branco e azul presentes em T2. O  $\text{CaCO}_3$  demonstrou uma relação com grãos mais grossos, indicando um retrabalhamento de forçantes marinhas devido a morfodinâmica da barreira costeira. A MO apresentou uma relação maior com sedimentos de grãos mais finos, devido a maior competência de adsorção de argilas.

Por fim, os resultados obtidos neste trabalho irão contribuir para um melhor entendimento da sedimentologia, tanto da área de estudo, como dos sistemas estuarino-lagunares como um todo. Salienta-se a importância deste tipo de estudo para aquisição de maiores informações acerca das características desses ambientes e com isso proporcionar um melhor planejamento e implementação de estratégias de gestão costeira nesses ambientes.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, P. F. de *et al.* Morfodinâmica de praias dominadas por mesomarés na Planície Arenosa de Almofala, NW do Ceará (Brasil). **Pesquisas em Geociências**, Porto Alegre, v. 40, n. 1, p. 61–73, jan./abr. 2013.
- AMARAL, P. G. C. do. **Evolução da sedimentação lagunar holocênica na região de Jaguaruna, estado de Santa Catarina: uma abordagem sedimentológica-micropaleontológica integrada**. 165 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 2008.
- BARROSO, T. C. *et al.* CARACTERIZAÇÃO DOS ASPECTOS SEDIMENTOLÓGICOS E GRANULOMÉTRICOS ASSOCIADOS À FOZ DO RIO COREAÚ – CE , BRASIL. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, Sobral, v. 21, n. 2, set. 2019.
- BENALLACK, K. *et al.* The stratigraphic evolution of a large back-barrier lagoon system with a non-migrating barrier. **Marine Geology**, v. 379, set. 2016.
- BEZERRA FILHO, F. A. A. **Sistemas Estuarinos De Torrões E Porto Dos Barcos, Itarema (Ceará, Brasil): um olhar a partir da percepção ambiental**. 177 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual do Ceará, 2017.
- BIRD, E. **Coastal Geomorphology: An Introduction**. 2. ed., [S.l.]: John Wiley & Sons, 2008.
- BOYD, R.; DALRYMPLE, R.; ZAITLIN, B. Estuarine and incised-valley facies models. *In*: POSAMENTIER, H. W. (Ed.); WALKER, R. G. (Ed.). **Facies Models Revisited**. Tulsa: SEPM (Society for Sedimentary Geology), 2006. p. 171-235.
- CALANDRINE, F. P. **Diagnóstico de impactos ambientais no Sistema Estuarino-Lagunar de Itarema, litoral oeste do Ceará**. 114 f. Dissertação (Mestrado) - Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual do Ceará, 2019.
- COGERH - Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará. **Litoral**. Fortaleza: COGERH, 2019. Disponível em: <http://portal.cogerh.com.br/litoral/#>. Acesso em: 15 maio 2020.
- COSTA, S. **Avaliação geoquímica de elementos-traços em testemunhos no estuário do Rio Potengi - RN**. 101 f. Dissertação (mestrado) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2018.
- CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Programa de recenseamento de fontes de abastecimento por água subterrânea no estado do Ceará**. Diagnóstico do Município de Itarema. VIEIRA, A. T. (org.); FEITOSA, F. A. C. (org.); BENVENUTI, S. M. P. (org.). Fortaleza: CPRM/Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial/Residência de Fortaleza, 1998.
- D'ALUISIO-GUERRIERI, G. M.; DAVIS, R. A. Infilling of coastal lagoons by terrigenous siliciclastic and marine carbonate sediment: Vieques, Puerto Rico. **Developments in Sedimentology**, v. 42, p. 207–230, 1988.
- DAVIS, B. E. Loss-on-ignition as an Estimate of Soil Organic Matter. **Soil Sci. Soc. Am. Proc**, v. 38, p. 347-353, 1974.

DIAS, J. A. **A análise sedimentar e o conhecimentos dos sistemas marinhos (Uma Introdução à Oceanografia Geológica)**. Faro: Universidade de Algarve, 2004. *E-book*.

Disponível em:

[https://www.researchgate.net/publication/236551412\\_A\\_ANALISE\\_SEDIMENTAR\\_E\\_O\\_CONHECIMENTOS\\_DOS\\_SISTEMAS\\_MARINHOS\\_Uma\\_Introducao\\_a\\_Oceanografia\\_Geologica](https://www.researchgate.net/publication/236551412_A_ANALISE_SEDIMENTAR_E_O_CONHECIMENTOS_DOS_SISTEMAS_MARINHOS_Uma_Introducao_a_Oceanografia_Geologica). Acesso em: 2 jul. 2020.

DIAS, G. T. DE M.; MEDEIROS, M. F. DE. **Proposta de metodologia para elaboração de cartas sedimentológicas**. Anais X ABEQUA, Associação Brasileira de Estudos do Quartenário, Guarapari - ES, 2005.

FEA, I. et al. Characterization of the salinity conditions of Cenomanian formations based on sedimentological and ichnological data of selected cores from Ivoirian offshore basin (septentrional Gulf of Guinea). **Journal of African Earth Sciences**, v. 149, p. 367–397, 2019.

FLEMMING, B. Siliciclastic Back-Barrier Tidal Flats. *In*: DAVIS, Richard; DALRYMPLE, Robert. **Principles of Tidal Sedimentology**. Dordrecht: Springer, 2012. p. 231-267.

FOLK, R. L.; WARD, W. C. BRAZOS RIVER BAR: A STUDY IN THE SIGNIFICANCE OF GRAIN SIZE PARAMETERS. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 27, n. 1, p. 3–26, mar. 1957.

FRIEDMAN, G. DISTINCTION BETWEEN DUNE, BEACH, AND RIVER SANDS FROM THEIR TEXTURAL CHARACTERISTICS. **JOURNAL OF SEDIMENTARY PETROLOGY**, v. 31, n. 4, p. 514–529, dez. 1961.

FUKUMOTO, M. **Determinação da história deposicional recente do Alto Estuário Santista, com base nos teores de metais e na suscetibilidade magnética dos sedimentos**. 123 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, 2007.

IBGE. **Itarema**. Fortaleza: IBGE, 2017. Disponível em:

<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/itarema/panorama>. Acesso em: 09 abril 2020.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ - IPECE. **Perfil Municipal 2017 Itarema**. Fortaleza: IPECE, 2018. Disponível em:

[https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Itarema\\_2017.pdf](https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Itarema_2017.pdf). Acesso em: 29 maio 2020.

JESUS, L. V; ANDRADE, A. C. S. Parâmetros Granulométricos dos sedimentos da praia dos Artistas-Aracaju-SE. **Scientia Plena**, v. 9, n. 5, p. 1-11, 2013.

KENNISH, M.; PAERL, H. **Coastal Lagoons: Critical Habitats of Environmental Change**. [s.l.]: CRC Press, 2010.

KJERFVE, B. Comparative Oceanography of Coastal Lagoons. *In*: WOLFE, D. (Ed.), **Estuarine Variability**. [s.l.]: Academic Press, 1986. p. 63–81.

KJERFVE, B. Coastal Lagoons. *In*: KJERFVE, B. (Ed). **Coastal Lagoon Processes**. London: Elsevier Oceanography Series. 1994. p. 1-8.

LIMA, L. G. de. **Estratigrafia e evolução holocênica de uma barreira costeira transgressiva/regressiva, Litoral Norte do Rio Grande do Sul, Brasil**. f. 119. Tese

(Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012.

MACHADO, G. M. V. **Sedimentologia e estratigrafia quaternária dos depósitos costeiros da região de Vitória, ES.** 285 f. Tese (Doutorado em Oceanografia) - Centro de Ciências Humanas e Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo, 2014.

MAIA, L. P. **Procesos costeros y balance sedimentario a lo largo de Fortaleza (NE-Brasil):** implicaciones para una gestión adecuada de la zona litoral. 269 f. Tese (Doutorado em Geologia) - Departamento d'Estratigrafia i Paleontologia, Universitat de Barcelona. 1998.

MARTINS, C. C. **Marcadores Orgânicos Geoquímicos em testemunhos de sedimento do Sistema Estuarino de Santos e São Vicente, SP:** um registro histórico da introdução de hidrocarbonetos no ambiente marinho. 215 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, 2005.

MARTINS, L. R. Significance of skewness and kurtosis in environmental interpretation. **Journal of Sedimentary Research**, v. 35, n. 1, p. 768–770, 1965.

MARTINS, L. R. Recent sediments and grain-size analysis. **Gravel**, Porto Alegre, v. 1, p. 90–105, jan. 2003.

MARTINS, S. **Caracterização paleoambiental de sedimentos holocênicos da plataforma continental interna adjacente ao Porto de Recife e do estuário do Rio Formoso, costa de Pernambuco – Brasil.** 181 f. Tese (Doutorado em Geociências) - Departamento de Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, 2017.

MIOLA, B. **Caracterização geoquímica e mineralógica dos sedimentos do manguezal do estuário do Rio Coreau, Ceará, Brasil.** 87 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) - Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, 2013.

MIOLA, B. **PROVENIÊNCIA DE SEDIMENTOS PARA OS ECOSISTEMAS ESTUARINOS DO LITORAL OESTE DO CEARÁ.** 164 f. Tese (Doutorado em Ciências Marinhas Tropicais) - Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, 2017.

MIRANDA, L. B. de; CASTRO, B. M. de; KJERFVE, B. **Princípios de Oceanografia Física de Estuários.** São Paulo: EdUSP, 2002.

MORAIS, J. O. de *et al.* Ceará. *In:* MUEHE, D. (Ed.). **Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006. p. 131–154.

MOURA, F. J. M. de. **Dinâmica de barreiras costeiras na Costa Semiárida Brasileira: o caso do litoral de Acaraú e Itarema - Ceará.** 266 f. Tese (Doutorado em Ciências Marinhas Tropicais) - Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, 2018.

MUNSELL COLOR. **Geological Rock Color Chart.** Grand Rapids, MI: Munsell Color, 2009.

NICHOLS, M. M. Sediment accumulation rates and relative sea-level rise in lagoons. **Marine Geology**, v. 88, p. 201–219, 1989.

OLIVEIRA, E. *et al.* **CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTOLÓGICA DA PRAIA DE ARAMBARÉ, LAGUNA DOS PATOS, RIO GRANDE DO SUL, BRASIL.** **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 19, n. 4, p. 665–678, out./dez, 2018.

PARDAL, E. **Aspectos sedimentológicos e geoquímicos do estuário do rio Capibaribe, Recife, Pernambuco**. 152 f. Tese (Doutorado em Geociências) - Centro Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, 2019.

SELLEY, R. **Ancient Sedimentary Environments and their sub-surface diagnosis**. 3. ed. [s.l.]: Springer, 1985.

SILVA, M. Estuários - Critérios Para Uma Classificação Ambiental. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, [s.l.], v. 5, n. 1, Jan/Mar. p. 23–35, 2000.

SUGUIO, K. **Formação Bauru, calcários e sedimentos detriticos associados**. 236 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 1973.

SUGUIO, K. **Geologia Sedimentar**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2003.

VIDAL, R.; BECKER, H. Distribuição de manganês, ferro, matéria orgânica e fosfato nos sedimentos do manguezal do Rio Piranji, Ceará. **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, v. 39, p. 34–43, 2006.

## ANEXOS

### ANEXO A – Granulometria do testemunho T1.

PROFUNDIDADE	CASCALHO	AREIA	LAMA
0-2,5 cm	6,94	71,63	21,43
2,5-9,5 cm	1,37	98,62	0
9,5-45 cm	0,99	99,00	0
45-65 cm	2,93	97,06	0

### ANEXO B – Granulometria do testemunho T2.

PROFUNDIDADE	CASCALHO	AREIA	LAMA
0-2 cm	0,27	99,73	0
2-26 cm	0,05	99,95	0
26-42 cm	0,11	78,38	21,51
42-62cm	0,66	55,64	43,70
62-69cm	2,82	51,13	46,05
69-72cm	1,36	98,64	0