



---

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS – GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA E GEOQUÍMICA**

**TESE DE DOUTORADO**

**CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA,  
ESTRATIGRÁFICA E GEOQUÍMICA DA PLANÍCIE  
COSTEIRA DO MUNICÍPIO DE ITAREMA – CE**

**Tese apresentada por:**

**LAMARKA LOPES PEREIRA**

**Orientador: Prof. Dr. Maâmar El Robrini (UFPA)**

**Coorientação: Prof. Dr. George Satander Sá Freire (UFC)**

---

**BELÉM  
2011**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação(CIP)  
Biblioteca Geólogo Raimundo Montenegro Garcia de Montalvão

---

P436e Pereira, Lamarka Lopes  
Caracterização geomorfológica estratigráfica e geoquímica da  
Planície Costeira do município de Itarema-CE / Lamarka Lopes  
Pereira; Orientador: Maamar El-Robrini; Coorientador: George  
Satander Sá Freire – 2011  
xxiv, 158 f.: il.

Tese (Doutorado em Geologia) – Programa de Pós-Graduação em  
Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade  
Federal do Pará, Belém, 2011.

1. Geomorfologia. 2. Sedimentologia. 3. Geoquímica. 4. Planície  
Costeira. 5. Itarema-CE. I. El-Robrini, Maamar, *orient.* II. Freire,  
George Satander Sá, *coorient.* III. Universidade Federal do Pará IV.  
Título.

CDD 22. ed.: 551.41098131

---



**Universidade Federal do Pará**  
**Instituto de Geociências**  
**Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica**

**CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA,  
ESTRATIGRÁFICA E GEOQUÍMICA DA PLANÍCIE  
COSTEIRA DO MUNICÍPIO DE ITAREMA – CE**

**TESE APRESENTADA POR**

**LAMARKA LOPES PEREIRA**

**Como requisito parcial à obtenção do Grau de Doutora em Ciências na Área de  
GEOLOGIA**

**Data de Aprovação:** 01 / 09 / 2011

**Banca Examinadora:**

Prof. Dr. MAÂMAR EL-ROBRINI  
(Orientador-UFPA)

Prof.ª Dr.ª TEREZA CRISTINA MEDEIROS DE ARAÚJO  
(Membro-UFPE)

Prof. Dr. VALDIR DO AMARAL VAZ MANSO  
(Membro-UFPE)

Prof. Dr. NORBERTO OLMIRO HORN FILHO  
(Membro-UFSC)

Prof. Dr. AFONSO CÉSAR RODRIGUES NOGUEIRA  
(Membro-UFPA)

*“Dedico ao Senhor Jesus Cristo  
o Único e Verdadeiro Deus,  
para Sua Honra e Glória”*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço em especial e em primeiro lugar ao Senhor Jesus Cristo, que como O Maior de todos os Geólogos, Deus e Criador, mostrou a criatura um pouco do que fez no município de Itarema para que pudesse ser transmitido a todos, Quão Grandioso e Poderoso Ele É, pois não há obra de mãos humanas que possam aproximar-se das de Deus;

Ao CNPQ pela concessão da bolsa de estudos e ajuda de custo, para o desenvolvimento da pesquisa;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Maamar El-Robrini, que mesmo com tantas cobranças pela minha ausência não desistiu do nosso trabalho, obrigada professor;

Ao querido Professor George Satander, muito mais do que meu co-orientador, poderia dizer que é como um pai, sempre muito prestativo, atencioso, cuidadoso e presente em todas as etapas do meu progresso acadêmico, profissional e pessoal. O Senhor é um exemplo de pessoa para mim, obrigada;

Aos membros da coordenação do PPGG atuais e das gestões anteriores, sempre atenciosos e prestativos, a querida Cleida sempre me auxiliando, a Gladys, ao querido professor José Augusto, aos queridíssimos professores Lafon e Werner, ao nosso atual coordenador professor Marcondes e ao colegiado, nossos agradecimentos pela atenção, dedicação e compreensão;

Aos queridos professores Maurício Borges, Pedro Walfir, Marcelo Cohen, Maamar El Robrini, José Augusto pelo conhecimento a nós transmitido;

Aos amigos conquistados Gheisa, Sury, Charles (in memória), Juliana, Leandro, Marcelo, Ismaily, queridos amigos.

A minha grande amiga Aleksandra, que cuidou de mim em Belém, na minha chegada, no momento da qualificação e em todos os momentos necessários e, além disso, me presenteou com a sua família maravilhosa;

A todos da maravilhosa família da Aleksandra, a Dona Maza e Seu Chico que me acolheram e adotaram em Belém, Norma, tia Coca...

Ao Nego amigão, irmão e companheiro, um braço forte para mim em Belém.

Aos amigos do LGA-UFC Tony, Idenbergue, Claudia, Elisangela, Márcio, Ludimila, Diolande e do LGMA-UFC Seu Edilson, Claudinha, Serginho, Clarinha, Inácio, Narely, Brigida, Josy e a todos que contribuíram de alguma forma;

A querida professora Loreci (in memória), tão amável e dedicada, obrigada;

A minha grande amiga e irmã Rose, sempre disposta e presente nos momentos cruciais, amiga, amiga, amiga.

A queridíssima Denise Fernandes, um pouco de tudo amiga, mãe e MÃE, conta corrente, editora de última hora, faz tudo, pau pra toda obra;

A painho, mainha que tanto ansiaram, sofreram e torceram, meu irmão Anaxymandro e todos os tios, tias, primos e primas que oram a Deus e torcem por mim;

A minha grande amiga e irmã Leila, que sofreu e chorou comigo, torceu, apoiou deu força e me levantou e segurou de pé, várias vezes quando caí pensando em desistir de tudo, muito, muito obrigada, anjo enviado por Deus;

E a lista é grande, muito grande e penso que sem fim e mesmo não sendo aqui citados todos foram imensamente importantes, pois, em determinado momento cada um foi essencial para que eu concluísse este trabalho.

*“Mas onde se acha a sabedoria? E onde está o lugar do entendimento?  
O homem não conhece o valor dela, nem se acha ela na terra dos viventes.  
Eis que o temor do Senhor é a sabedoria, e o apartar-se do mal é o entendimento.”*

JÓ, Capítulo 28, Versículos 12 – 28

Bíblia Sagrada

## RESUMO

A planície costeira do município de Itarema litoral Oeste do Ceará, está dentro região dominada por coberturas sedimentares cenozóicas. O presente trabalho vem descrever os aspectos geomorfológicos, sedimentológicos e geoquímicos da planície costeira Itarema. A compartimentação da planície costeira do município de Itarema é representada por duas grandes unidades morfo-estruturais: Tabuleiros pré-litorâneos e planície litorânea, sendo esta última a unidade mapeada com detalhes neste trabalho e subdividida nas unidades litoestratigráficas: planície lagunar, planície de maré com e sem mangue, planície flúvio marinha com e sem mangue, dunas móveis e fixas, cordões litorâneos, canais de maré, barras arenosas e praias. O aporte e o transporte sedimentar na área estão intimamente ligados as condições climáticas, meteorológicas e oceanográficas. O estudo estratigráfico e sedimentar juntamente com os dados e geoquímicos e geomorfológicos permitiu definir cinco unidades litológicas: Depósitos lagunares, Depósitos dunares, Depósitos de eolianitos, Depósitos de praia e Depósitos de leques aluviais e sete litofácies associadas: Fácies lama e lama arenosa, Fácies areia lamosa, Fácies areia fina, Fácies areia média, Fácies areno-argilosa conglomerática com características distintas através das quais foram delimitadas correlações laterais e verticais, permitindo assim a interpretação dos paleoambientes deposicionais relacionados com a evolução da Planície Litorânea da área. A associação das unidades litológicas permitiu a reconstrução de uma sucessão indicativa de processos transgressivos progradantes durante os quais o sistema laguna-barreira foi instalado sobre o sistema de leques aluviais, pelo barramento de pequenos córregos, formando a planície lagunar, verificou-se também que o corpo lagunar sofreu variações no seu tamanho tanto pela progradação da barreira como posteriormente pela deposição de sedimentos eólicos dentro da mesma. A planície costeira de Itarema apresenta fisiografia costeira de feições do tipo promontório ou núcleos centrais de embaimentos na forma de espiral que teria proporcionado a evolução para o ambiente atual e o modelo atual da linha de costa com praias do tipo praia-barreira sugere que está ocorrendo uma repetição na construção da morfologia comparada a morfogenética atuante no passado da região.

**Palavras-Chaves:** Geomorfologia. Sedimentologia. Geoquímica. Planície costeira. Itarema - CE.



## ABSTRACT

The Itarema coastal plain, situated at the western coast of Ceará, in the area dominated by the Cenozoic sedimentary cover. This thesis shows the geomorphological, sedimentological and geochemical features of this coastal plain. The Itarema coastal plain is subdivided in two major morpho-structural units: pre-coastal "plateaus" and coastal plain, that is subdivided into lithostratigraphic units, lagoon plain, tidal plain with and without mangroves, marine and fluvial plain, mobile and fixed dunes, beach ridges, tidal channels, sand bars and beaches. The supply and sediment transport in the area are closely linked to the climatic, meteorological and oceanographic conditions. The sedimentary, stratigraphy, geomorphological and geochemical data have been defined: (1) five lithological units: Lagoon Deposits, dune deposits, eolian deposits, beach deposits and alluvial deposits and (2) seven lithofacies: mud sandy, mud, Sand mud, fine sand, medium sand, thick sand, conglomeratic sand-clay with different characteristics which have been drawn through the lateral and vertical correlations, thus allowing the interpretation of depositional paleoenvironments related to the evolution of the Itarema Coastal Plain. The analysis of the lithological units allowed the reconstruction of the processes indicative of a transgressive succession prograded during which the lagoon-barrier system was installed on the system of alluvial fans, the bus of small streams, forming the lagoon plain, it was also noted that the lagoon has undergone changes in their size both by progradation of the barrier and subsequently by the deposition of sediments within the same wind. The Itarema coastal plain presents physiographic features of an coastal promontory or embayments of central nuclei as a spiral, that would have provided the evolution to the current environment and the current model of coastline with beaches of the barrier beach-type and suggests that is occurring repetition in the construction of comparative morphology morphogenetic active in the region's past.

**Key Words:** Geomorphology. Sedimentology. Geochemistry. Coastal plain. Itarema - CE

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>FIGURA 1</b> – Mapa de localização da área de estudo.....	<b>5</b>
<b>FIGURA 2</b> – Principais componentes do sistema de testemunhagem <i>vibra corer</i> . A - Alça e cabo; B – Tripé e talha.....	<b>7</b>
<b>FIGURA 3</b> – Mapa de localização das estações de amostragem de sub-superfície.....	<b>8</b>
<b>FIGURA 4</b> – A – Antena fixa do DGPS (Base), instalada no marco do IBGE, dentro do hospital de Itarema; B – Antenas móveis do DGPS, utilizada para as medições em campo.....	<b>9</b>
<b>FIGURA 5</b> – Visualização da pequena profundidade da laguna, após o período chuvoso, não ultrapassa 50 cm de lamina d’água.....	<b>10</b>
<b>FIGURA 6</b> – A e B – Marcação feita nos testemunhos para a sua abertura.....	<b>11</b>
<b>FIGURA 7</b> – A: Testemunho de sub-superfície logo após a sua abertura, visualização perfeita das camadas de sedimentação. B: Retirada das amostras de sedimentos dos testemunhos de sub-superfície.....	<b>11</b>
<b>FIGURA 8</b> – Organograma das etapas seguidas para a análise granulométrica dos sedimentos.....	<b>13</b>
<b>FIGURA 9</b> – Compartimentação tectônica do estado do Ceará .....	<b>17</b>
<b>FIGURA 10</b> – Mapa tectônico sedimentar da Planície Costeira e plataforma continental do NW do estado do Ceará.....	<b>19</b>
<b>FIGURA 11</b> – Classificação das unidades morfoestruturais do estado do Ceará (Souza, 1988).....	<b>21</b>
<b>FIGURA 12</b> – Esquema da geologia e geomorfologia costeira na área de estudo. Fonte: Modificado de Maia, 1998.....	<b>23</b>
<b>FIGURA 13</b> – Desenho Esquemático da Deposição da Formação Barreiras (MAIA, 1993).....	<b>24</b>
<b>FIGURA 14</b> – Bacias hidrográficas do estado do Ceará (COGERH & IPECE, 2007).....	<b>29</b>
<b>FIGURA 15</b> – Precipitação pluviométrica média mensal (mm), no período de (1976 a 2006), no município de Acaraú – CE.....	<b>32</b>
<b>FIGURA 16</b> – Umidade relativa do ar média mensal (%), durante o período de (2006 a	

2010), no município de Acaraú – CE.....	33
<b>FIGURA 17</b> – Variação da temperatura média anual do ar (°C) no período de 2006 a 2010, no município de Acaraú – CE.....	34
<b>FIGURA 18</b> - Distribuição das velocidades e direções de ventos na costa cearense (Maia, 1998).....	36
<b>FIGURA 19</b> – Distribuição das correntes permanentes da região Nordeste do Brasil. CNB: Corrente Norte Brasileira (Freire & Cavalcanti, 1998).....	38
<b>FIGURA 20</b> – Mapa geomorfológico da laguna Salgada e região adjacente no município de Itarema – Ceará.....	43
<b>FIGURA 21</b> – Limite entre os tabuleiros pré-litorâneos e a planície litorânea. Ao fundo vegetação de carnaubal dos tabuleiros e mais a frente iniciando o corpo lagunar com vegetação gramínea e sedimentos expostos da planície lagunar, que marca o início da planície litorânea.....	44
<b>FIGURA 22</b> – (a) Topo do Tabuleiro pré-litorâneo, mostrando decaimento suave em direção ao oceano. (b, c) Continuação do Tabuleiro pré-litorâneo, mostrando decaimento suave em direção ao oceano.....	45
<b>FIGURA 23</b> – No detalhe A lagoa Seca, no detalhe B pequena ilha dentro do corpo lacustre colonizada por coqueiros, início do período chuvoso (03/2007) e no detalhe C alto da pequena ilha após o período chuvoso (09/2010).....	46
<b>FIGURA 24</b> – Localização dos canais de maré 1 e 2 da laguna Salgada Fonte: <i>Google Earth</i> . Data da imagem: 26/10/2006.....	48
<b>FIGURA 25</b> – Canal de maré 1 da laguna Salgada, com 400 m de extensão, largura média de 10 m e salinidade 9, nas bordas apresenta sedimentos eólicos, com afloramentos de eolianitos e colonizado ao seu longo por coqueiros e mangue. Foto: Lamarka Lopes Pereira 11/2007.....	49
<b>FIGURA 26</b> – Continuação do canal de maré 1, com detalhe da barragem construída na localidade de Olho d'água, responsável pelo controle tanto da entrada da água do mar na laguna quanto pela saída de águas continentais na época chuvosa, localidade Faísca. Foto: Lamarka Lopes Pereira 11/2007.....	50
<b>FIGURA 27</b> – No círculo preto peixes mortos na margem da laguna e no detalhe do círculo branco precipitação de sal. Foto: Lamarka Lopes Pereira 11/2007.....	51

<b>FIGURA 28</b> – Ponte sobre o canal de maré 2, onde verificou-se a esquerda a margem lagunar e a direita o canal, localidade Ediom. Foto: Lamarka Lopes Pereira 11/2007.....	<b>52</b>
<b>FIGURA 29</b> – Margem lagunar do canal de maré 2, localizado a noroeste da laguna Salgada. Foto: Lamarka Lopes Pereira 11/2007.....	<b>52</b>
<b>FIGURA 30</b> – Um dos córregos que abastece a laguna com águas continentais em épocas chuvosas. Foto: Lamarka Lopes Pereira 11/2007.....	<b>53</b>
<b>FIGURA 31</b> – Córrego do Gargoê, intermitente, abastece o setor leste da laguna Salgada. Foto: Lamarka Lopes Pereira 09/2008.....	<b>53</b>
<b>FIGURA 32</b> – A e B – Terraços erosivos com 2 m de altitude em relação ao nível do mar, não ultrapassa 30 cm de altura, sedimentos areno-lamosos, pobremente selecionados, típicos de margem lagunar, com deposição mista, lagunar e eólica e baixo teor de matéria orgânica < 0,5 %, colonizados na superfície por gramíneas. C – 3 m de altitude em relação ao nível do mar, 60 cm de espessura. D – 5 m de altitude em relação ao nível do mar, 1,60 cm de altura, localidade Alto do Siri – região de antiga olaria, de onde eram retirados sedimentos argilosos para fabricação de tijolos. Fotos: Lamarka Lopes Pereira 11/2007.....	<b>54</b>
<b>FIGURA 33</b> – Terraços erosivos no setor central da planície lagunar, com 5 m em média de altitude em relação ao nível do mar. Foto: Lamarka Lopes Pereira 09/2008.....	<b>55</b>
<b>FIGURA 34</b> – Planície flúvio marinha do rio Zumbi, no detalhe circulado em branco verifica-se a área que foi desmatada para a construção de viveiros de criação de camarão e no detalhe em preto verifica-se a área ainda vegetada. Foto: Lamarka Lopes Pereira 11/2007.....	<b>56</b>
<b>FIGURA 35</b> – A – Planície de inundação com fazenda de camarão, na praia do Farol, região da flecha litorânea do Farol; B – Planície de inundação com mangue a retaguarda da praia da Barra, na região da flecha litorânea da Ilha Grande. Fotos: Lamarka Lopes Pereira 02/2007.....	<b>57</b>
<b>FIGURA 36</b> – Dunas móveis frontais. Foto: Lamarka Lopes Pereira, 02/2007.....	<b>59</b>
<b>FIGURA 37</b> – Acima localização das estações amostrais das dunas fixas. A: Dunas fixas 1, B: Dunas fixas 2, C: Dunas fixas 3 e D Dunas fixas 4. Fotos: Lamarka Lopes	

Pereira, 2007/2010.....	<b>60</b>
<b>FIGURA 38</b> – Acima localização dos afloramentos de eolianitos na planície litorânea de Itarema.....	<b>61</b>
<b>FIGURA 39</b> – A e B – Eolianitos 1, na praia de Almofala, C e D – Eolianitos 2, no campo de dunas que forma a barreira de separação laguna/oceano. Fotos: Lamarka Lopes Pereira, 2007/2010.....	<b>62</b>
<b>FIGURA 40</b> – Acima localização das estações amostrais dos eolianitos. A e B – Eolianitos 3, no campo de dunas que forma a barreira de separação laguna/oceano, C e D – Eolianitos 4 – No canal de maré da laguna Salgada. Fotos: Lamarka Lopes Pereira, 2007/2010.....	<b>63</b>
<b>FIGURA 41</b> – Acima localização dos canais de maré. A: Canal de maré de Almofala, durante a maré vazante; B: Canal de maré da Ilha Grande, durante a maré enchente; C: Canal de maré da praia do Farol, afloramento de paleomangue. Fotos: Lamarka Lopes Pereira, 02/2007.....	<b>64</b>
<b>FIGURA 42</b> – Localização das flechas litorâneas de Almofala, da Ilha Grande e do Farol.....	<b>65</b>
<b>FIGURA 43</b> – Flecha litorânea de Almofala. Fonte: Sales (2002).....	<b>66</b>
<b>FIGURA 44</b> – Flecha litorânea da Ilha Grande. Fonte: Sales (2002).....	<b>67</b>
<b>FIGURA 45</b> – Flecha litorânea do Farol. Fonte: Sales (2002).....	<b>67</b>
<b>FIGURA 46</b> – Plataformas de abrasão em Almofala, A - Aflorando na praia e B – Aflorando no canal de maré.....	<b>68</b>
<b>FIGURA 47</b> – Praia de Almofala, estirâncio e afloramentos de eolianitos a sua retaguarda. Foto: Lamarka Lopes Pereira, 2007.....	<b>69</b>
<b>FIGURA 48</b> – Praia da Barra, A – maré vazante e B – maré enchente, exibindo a flecha litorânea a sua frente. Foto: Lamarka Lopes Pereira, 2007.....	<b>70</b>
<b>FIGURA 49</b> – Praia do Farol, A - Erosão da praia e B – Paleomangue aflorando na linha de praia. Foto: Lamarka Lopes Pereira, 2007.....	<b>71</b>
<b>FIGURA 50</b> – Mapa Geológico da Planície Costeira de Itarema.....	<b>72</b>
<b>FIGURA 51</b> – Modelo conceitual da fisiografia costeira em espiral na área estudada. RO = Linha de controle espiral e R = raio do espiral (modificado de Yasso, 1965).....	<b>76</b>

<b>FIGURA 52</b> – Fisiografia da paleolinha de costa da planície costeira de Itarema com base no modelo digital de terreno ( <i>SRTM</i> ).....	<b>78</b>
<b>FIGURA 53</b> – Imagem <i>LANDSAT 2 MSS</i> , 1977, Banda 6. 1 – Flecha de Almofala, 2 – Flecha da Ilha Grande e 3 – Flecha do Farol e de 4 – Flecha do Farol 2. Barra no canal de maré da flecha 2 no círculo branco.....	<b>79</b>
<b>FIGURA 54</b> – Imagem <i>LANDSAT 2 MSS</i> , 1981, Banda 6. Segmentação da flecha 4, formação de delta de maré pelo acúmulo de sedimentos na desembocadura do canal de maré da flecha 2.....	<b>81</b>
<b>FIGURA 55</b> – Imagem <i>LANDSAT</i> , 1992, Banda 7. Segmentação total da Flecha 4 e início da formação da barra no canal de maré da flecha 2.....	<b>81</b>
<b>FIGURA 56</b> – Imagem <i>LANDSAT</i> , 2001, Banda 2. Desaparecimento da flecha 4 e início da instalação de tanques de carcinicultura na planície de maré da praia do farol (círculo preto). Crescimento da barra do canal de maré da flecha 2 com formação de uma nova flecha pequena entre as flechas 2 e 3 (círculo branco).....	<b>82</b>
<b>FIGURA 57</b> – <i>LANDSAT TM 5</i> , 2003, Banda 4. Aumento da área dos tanques de carcinicultura na planície de maré da praia do farol (círculo preto). Segmentação da barra entre as flechas 2 e 3 (círculo branco).....	<b>82</b>
<b>FIGURA 58</b> – Imagem <i>Google Earth</i> , mosaico com imagens de 09/2004 e 05/2007. Aumento da área dos tanques de carcinicultura na planície de maré da praia do farol (círculo preto). Segmentação da barra entre as flechas 2 e 3 (círculo branco).....	<b>83</b>
<b>FIGURA 59</b> – Localização dos elementos originados pelas mudanças do nível do mar na planície costeira de Itarema. Fonte: <i>Google Earth</i> 10/2006.....	<b>84</b>
<b>FIGURA 60</b> – Plataformas de abrasão em Almofala, A e B - Aflorando na praia e C – Aflorando dentro do mar. Fotos: Lamarka Lopes Pereira, 02/2007.....	<b>85</b>
<b>FIGURA 61</b> – A1: Paleomangue aflorando na linha de praia; A2: Erosão da praia do Farol; A3 e A3': níveis de conchas no terraço marinho, mostrando nível do mar acima do atual. Fotos: Lamarka Lopes Pereira, 02/2007.....	<b>86</b>
<b>FIGURA 62</b> – A e B – Eolianitos - Na praia de Almofala, C e D – Eolianitos 1, E e F – Eolianitos 2, – Na barra que separa a laguna do oceano, G e H – Eolianitos 3 – No canal de maré da laguna Salgada. Fotos: Lamarka Lopes Pereira, 02/2007 e 09/2010.	

.....	<b>87</b>
<b>FIGURA 63</b> – Terraço de construção marinha, mostrando estratos de ambiente praiial antigo A’1 e A’2 recoberto por sedimentos eólicos A’, localizado na barreira que separa a laguna Salgada do oceano. Fotos: Lamarka Lopes Pereira, 09/2010.....	<b>88</b>
<b>FIGURA 64</b> – Modelo evolutivo da planície costeira do município de Itarema – CE. A – Fisiografia da paleolinha de costa com feições do tipo promontório ou núcleos centrais de embaimentos na forma de espiral. B – Início da formação da flecha litorânea do sistema ilha-barreira da laguna Salgada. ....	<b>90</b>
<b>FIGURA 65</b> – Modelo evolutivo da planície costeira do município de Itarema – CE. A e B – Crescimento da flecha litorânea do sistema ilha-barreira da laguna Salgada.....	<b>91</b>
<b>FIGURA 66’</b> – A – Flecha ou conjunto de flechas antigas e linha de costa atual pontilhado em amarelo. B – Morfologia atual o sistema laguna-barreira com seus principais ambientes: planície da laguna Salgada e as planícies flúvio-marinhas do rio Zumbi e Acaraú, e flechas litorâneas atuais.....	<b>92</b>
<b>FIGURA 66</b> – Mapa de localização das estações de amostragem de sub-superfície.....	<b>95</b>
<b>FIGURA 67</b> – Foto, litologia e resultados granulométricos, % de carbonatos, matéria orgânica e carbono orgânico do testemunho 1.....	<b>96</b>
<b>FIGURA 68</b> – Foto, litologia, componentes biogênicos, resultados granulométricos, % de carbonatos, matéria orgânica e carbono orgânico do testemunho B.....	<b>97</b>
<b>FIGURA 69</b> – Foto, litologia, estruturas, componentes biogênicos, resultados granulométricos, % de carbonatos, matéria orgânica e carbono orgânico do testemunho D.....	<b>98</b>
<b>FIGURA 70</b> – Litologia, estruturas, componentes biogênicos, resultados granulométricos, % de carbonatos, matéria orgânica e carbono orgânico do testemunho G.....	<b>100</b>
<b>FIGURA 71</b> – Foto, litologia e resultados granulométricos, % de carbonatos, matéria orgânica e carbono orgânico do testemunho F. ....	<b>102</b>
<b>FIGURA 72</b> – Foto, litologia e resultados granulométricos, % de carbonatos, matéria orgânica e carbono orgânico do testemunho J.....	<b>103</b>
<b>FIGURA 73</b> – Foto, litologia e resultados granulométricos, % de carbonatos, matéria	

orgânica e carbono orgânico do testemunho E.....	104
<b>FIGURA 74</b> – Foto, litologia, estruturas, componentes biogênicos, resultados granulométricos, % de carbonatos, matéria orgânica e carbono orgânico do testemunho A.....	105
<b>FIGURA 75</b> – Foto, litologia, resultados granulométricos, % de carbonatos, matéria orgânica e carbono orgânico do testemunho H.....	107
<b>FIGURA 76</b> – Foto, litologia, resultados granulométricos, % de carbonatos, matéria orgânica e carbono orgânico do testemunho I.....	108
<b>FIGURA 77</b> – Seção estratigráfica transgressiva progradante da laguna Salgada, construída através dos testemunhos de sondagem F, 1, J, E, B, D e G.....	112
<b>FIGURA 78</b> – Estágios que caracterizam o modelo evolutivo da barreira holocênica do trecho, Aracatimirim – Acaraú (esquemático - sem escala), elaborado a partir das fácies identificadas nos testemunhos de sondagem.....	114
<b>FIGURA 79</b> – Mapa de localização das estações de amostragem de sub-superfície.....	118
<b>FIGURA 80</b> – Litologia, granulometria, % carbonatos, % matéria orgânica e carbono orgânico, % nitrogênio total, relação C/N e pH do testemunho 1.....	119
<b>FIGURA 79</b> – Mapa de localização das estações de amostragem de sub-superfície.....	118
<b>FIGURA 80</b> – Litologia, granulometria, % carbonatos, % matéria orgânica e carbono orgânico, % nitrogênio total, relação C/N e pH do testemunho 1.....	119
<b>FIGURA 81</b> – Litologia, granulometria, % carbonatos, % matéria orgânica e carbono orgânico, % nitrogênio total, relação C/N e pH do testemunho J.....	120
<b>FIGURA 82</b> – Litologia, componentes biogênicos e estruturas, granulometria, % carbonatos, % matéria orgânica e carbono orgânico, % nitrogênio total, relação C/N e pH do testemunho A.....	121
<b>FIGURA 83</b> – Litologia, granulometria, % carbonatos, % matéria orgânica e carbono orgânico, % nitrogênio total, Relação C/N e pH do testemunho H.....	123
<b>FIGURA 84</b> – Litologia, componentes biogênicos e estruturas, granulometria, % carbonatos, % matéria orgânica e carbono orgânico, % nitrogênio total, relação C/N e pH do testemunho I.....	123



<b>FIGURA 85</b> – Litologia, granulometria, % carbonatos, % matéria orgânica e carbono orgânico, % nitrogênio total, relação C/N e pH do testemunho F.....	<b>124</b>
<b>FIGURA 86</b> – Litologia, granulometria, % carbonatos, % matéria orgânica e carbono orgânico, % nitrogênio total, relação C/N e pH do testemunho E.....	<b>125</b>
<b>FIGURA 87</b> – Litologia e componentes biogênicos, granulometria, % carbonatos, % matéria orgânica e carbono orgânico, % nitrogênio total, relação C/N e pH do testemunho B.....	<b>126</b>
<b>FIGURA 88</b> – Litologia, componentes biogênicos e estruturas, granulometria, % carbonatos, % matéria orgânica e carbono orgânico, % nitrogênio total, relação C/N e pH do testemunho D.....	<b>127</b>
<b>FIGURA 89</b> – Litologia, componentes biogênicos e estruturas, granulometria, % carbonatos, % matéria orgânica e carbono orgânico, % nitrogênio total, Relação C/N e pH do testemunho G.....	<b>129</b>

### LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1</b> – Coordenadas das estações de amostragem, na planície costeira de Itarema - Ce.....	<b>7</b>
<b>TABELA 2</b> – Precipitação pluviométrica média mensal (mm), no município de Acaraú – CE, durante o período de 1976 a 2006. ....	<b>32</b>
<b>TABELA 3</b> – Umidade relativa do ar média mensal (mm), no município de Acaraú – CE, durante o período de 2006 a 2010. ....	<b>33</b>
<b>TABELA 4</b> – Temperatura média mensal do ar (°C), no município de Acaraú – CE, no durante o período de 2006 a 2010. ....	<b>34</b>
<b>TABELA 5</b> - Principais feições geomorfológicas da área em estudo e área de abrangência.....	<b>48</b>
<b>TABELA 6</b> – Descrição morfométrica das flechas litorâneas da planície costeira de Itarema com para o ano de 2006 com base em imagens <i>LANDSAT</i> .....	<b>67</b>
<b>TABELA 7</b> – Valores aproximados do comprimento e variação da largura em metros das barreiras de Itarema: 1 – Flecha litorânea de Almofala, 2 – Flecha litorânea da Ilha Grande e 3 – Flecha litorânea do Farol, 4 – Flecha do Farol 2, medidas através de imagens de satélite <i>LANDSAT-2 MMS</i> , <i>LANDSAT TM5</i> , <i>TM+7</i> .....	<b>81</b>

### LISTA DE QUADROS

<b>QUADRO 1:</b> Compartimentação tectônica do estado do Ceará de acordo com a CPRM, 2003.....	<b>18</b>
<b>QUADRO 2:</b> Descrição geológico-geomorfológica, em base às observações de campo.....	<b>43</b>

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

A.P – Antes do Presente

cm - centímetro

cm<sup>3</sup> - centímetros cúbicos

C/N – Carbono / Nitrogênio

CNB - Corrente Norte Brasileira

CO – Carbono Orgânico

DGPS – *Differential Global Positionning System*

Desv. Padr. – Desvio Padrão

E – Leste

ENE – Leste Nordeste

ESE – relacionado a ventos

E – W – Leste Oeste

(°C) – Graus Celsius

g – gramas

GPS – (*Global Positionning System*)

Km – quilômetros

km<sup>2</sup> - quilômetros quadrados

LGA – (Laboratório de Geoquímica Ambiental)

LGMA – (Laboratórios de Geologia Marinha e Aplicada)

mL – mililitro

m – metro

mm – Milímetro

m<sup>2</sup> – metro quadrado

m<sup>3</sup> – metro cúbico

Máx. – Máximo

Min. – Mínimo

MO – Matéria Orgânica

m/s – metros por segundo

M.S.L. – *mean sea level*

N – Nitrogênio Total  
°N – Graus norte  
NC – Não Calculado  
ND – Não Detectado  
NE – Nordeste  
NE-SW – Nordeste Sudoeste  
NNW – Nordeste Noroeste  
NRM – Nível Relativo do Mar  
NW – Noroeste  
NW-SE – Noroeste Sudeste  
PDI – Processamento Digital de Imagens  
pH – potencial Hidrogeniônico  
P.A. – Padrão Analítico  
Prof. – Profundidade  
% - Percentual  
R - raio do espiral  
RO - Linha de controle espiral  
s – segundos  
*SRTM - Shuttle Radar Topographic Mission*  
Testem. – Testemunho  
UFC – (Universidade Federal do Ceará)  
W – Oeste  
ZCIT – (Zona de Convergência Intertropical)  
< - maior que

## SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	iv
AGRADECIMENTOS.....	v
EPÍGRAFE.....	vii
<b>RESUMO</b> .....	viii
<b>ABSTRACT</b> .....	ix
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1 APRESENTAÇÃO.....	1
1.2 OBJETIVOS.....	2
1.3 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO.....	2
1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	3
1.5 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA E VIAS DE ACESSO .....	4
<b>2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	<b>6</b>
2.1 TRABALHOS DE CAMPO.....	6
<b>2.1.1 testemunhagem</b> .....	<b>6</b>
2.1.1.1 Localização das estações de amostragem de sub-superfície.....	7
<b>2.1.2 Levantamento topográfico</b> .....	<b>9</b>
2.2 PROCEDIMENTOS LABORATORIAIS.....	10
<b>2.2.1 Abertura e descrição dos testemunhos</b> .....	<b>10</b>
<b>2.2.2 Estudos sedimentológicos</b> .....	<b>12</b>
2.2.2.1 Faciologia e granulometria.....	12
<b>2.2.3 Procedimentos analíticos</b> .....	<b>13</b>
2.2.3.1 Determinação do teor de Matéria Orgânica/ Carbono Orgânico.....	13
2.2.3.2 Determinação do Nitrogênio Total.....	14
2.2.3.3 Determinação do pH dos sedimentos.....	14
2.2.3.4 Determinação de carbonatos.....	15
<b>2.2.4 Sensoriamento Remoto e Processamento Digital de Imagens</b> .....	<b>15</b>
<b>3 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA</b> .....	<b>16</b>
3.1 GEOLOGIA, TECTÔNICA E GEOMORFOLOGIA DO ESTADO DO CEARÁ.....	16
3.2 COMPARTIMENTAÇÃO GEOLÓGICO-GEOMORFOLÓGICA DO LITORAL DO ESTADO DO CEARÁ.....	22

3.3 ESTRATIGRAFIA DO LITORAL OESTE DO ESTADO DO CEARÁ.....	22
<b>3.3.1 Embasamento Cristalino.....</b>	<b>22</b>
<b>3.3.2 Sedimentos do Grupo Barreiras.....</b>	<b>23</b>
<b>3.3.3 Cobertura colúvio-eluvionar.....</b>	<b>25</b>
<b>3.3.4 Sedimentos do Quaternário.....</b>	<b>26</b>
3.3.4.1 Depósitos Eólicos.....	26
3.3.4.2 Depósitos de marinhos praias.....	26
3.3.4.3 Depósitos Flúvio-marinhos.....	27
3.3.4.4 Depósitos Flúvio-lacustres.....	27
3.3.4.5 Depósitos Lacustres.....	27
3.4 HIDROGRAFIA DO LITORAL OESTE DO ESTADO DO CEARÁ.....	28
<b>3.4.1 Águas Superficiais.....</b>	<b>28</b>
<b>3.4.2 Águas Subterrâneas.....</b>	<b>30</b>
3.4.2.1 Domínios Hidrogeológicos.....	30
3.5 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS E PARÂMETROS METEOROLÓGICOS DO LITORAL OESTE DO ESTADO DO CEARÁ.....	30
<b>3.5.1 Clima.....</b>	<b>31</b>
<b>3.5.2 Regime Pluviométrico.....</b>	<b>31</b>
<b>3.5.3 Umidade.....</b>	<b>33</b>
<b>3.5.4 Temperatura do Ar .....</b>	<b>33</b>
<b>3.5.5 Evaporação.....</b>	<b>35</b>
<b>3.5.6 Comportamento dos Ventos.....</b>	<b>35</b>
3.6 VEGETAÇÃO.....	36
3.7 CONDIÇÕES OCEANOGRÁFICAS.....	37
<b>3.7.1 Marés (amplitude e correntes) .....</b>	<b>37</b>
<b>3.7.2 Ondas.....</b>	<b>37</b>
<b>3.7.3 Correntes Marinhas.....</b>	<b>38</b>
3.8 VARIAÇÕES DO NÍVEL DO MAR NO CEARÁ.....	39
<b>4 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA DA PLANÍCIE COSTEIRA DE ITAREMA.....</b>	<b>42</b>
4.1 UNIDADES MORFO-ESTRUTURAIS MAPEADAS.....	42

<b>4.1.1 Tabuleiros pré-litorâneos.....</b>	<b>43</b>
<b>4.1.2 Planície litorânea.....</b>	<b>47</b>
4.1.2.1 Planície lagunar (laguna Salgada).....	47
4.1.2.2 Planície flúvio-marinha.....	55
4.1.2.3 Planície de maré.....	57
4.1.2.4 Dunas.....	58
4.1.2.4.1 Dunas móveis.....	58
4.1.2.4.2 Paleodunas (dunas fixas e eolianitas) .....	59
4.1.2.5 Canais de Maré.....	63
4.1.2.6 Flechas litorâneas.....	65
4.1.2.7 Praias.....	67
4.2 GEOLOGIA DA PLANÍCIE COSTEIRA DE ITAREMA.....	72
4.3 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO.....	74
<b>5 VARIAÇÕES MORFOLÓGICAS NA LINHA DE COSTA DA PLANÍCIE COSTEIRA DE ITAREMA.....</b>	<b>76</b>
5.1 FISIOGRAFIA DA LINHA DE COSTA.....	76
5.2 MUDANÇAS MORFOLÓGICAS NA PLANÍCIE COSTEIRA DE ITAREMA ENTRE 1977 E 2006, ATRAVÉS DE IMAGENS DE SATÉLITE.....	79
5.3 INDICADORES DE FLUTUAÇÕES DO NÍVEL DO MAR.....	84
5.4 INTEGRAÇÃO DOS PROCESSOS DA DINÂMICA COSTEIRA E MODELO EVOLUTIVO GEOMORFOLÓGICO.....	89
<b>6 ESTUDO DE REGISTROS SEDIMENTARES DA PLANÍCIE COSTEIRA DE ITAREMA.....</b>	<b>93</b>
6.1 DESCRIÇÃO TESTEMUNHOS.....	93
<b>6.1.1 Seção 1.....</b>	<b>96</b>
<b>6.1.2 Seção 2.....</b>	<b>101</b>
<b>6.1.3 Testemunho A.....</b>	<b>105</b>
<b>6.1.4 Seção 3.....</b>	<b>106</b>
6.2 UNIDADES LITOLÓGICAS IDENTIFICADAS.....	109
<b>6.2.1 Formação Barreiras.....</b>	<b>109</b>
<b>6.2.2 Depósitos lagunares.....</b>	<b>109</b>

<b>6.2.3 Depósitos eólicos.....</b>	<b>110</b>
<b>6.2.4 Depósitos marinhos praias.....</b>	<b>111</b>
6.3 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO.....	111
<b>7 CARACTERIZAÇÃO GEOQUÍMICA DOS SEDIMENTOS DA PLANÍCIE COSTEIRA DE ITAREMA.....</b>	<b>116</b>
7.1 RESULTADOS DE SUB-SUPERFÍCIE (TESTEMUNHOS).....	117
<b>7.1.1 Testemunhos coletados na planície lagunar.....</b>	<b>119</b>
<b>7.1.2 Testemunhos coletados nos depósitos eólicos.....</b>	<b>124</b>
<b>7.1.3 Testemunhos coletados na linha de praia.....</b>	<b>126</b>
7.2 DEPÓSITOS SEDIMENTARES IDENTIFICADOS.....	129
<b>7.2.1 Depósitos lagunares.....</b>	<b>129</b>
<b>7.2.2 Depósitos de eólicos.....</b>	<b>130</b>
<b>7.2.3 Depósitos marinhos praias.....</b>	<b>131</b>
7.3 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO.....	131
8 CONCLUSÕES .....	133
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>136</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>146</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>157</b>



# **1 INTRODUÇÃO**

## **1.1 APRESENTAÇÃO**

A zona costeira do estado do Ceará é caracterizada por exuberantes paisagens constituídas por zonas de praia diversificadas e expressivos campos de dunas, possuindo aproximadamente 573 km de extensão.

A área em estudo trata-se da planície costeira do município de Itarema no litoral noroeste do estado do Ceará, possui 25 km de extensão entre as desembocaduras dos rios Zumbi e Aracatimirim, e aproximadamente 4 km de largura desde os tabuleiros pré-litorâneos até a linha de costa atual, composta por uma série de elementos morfológicos e ambientes deposicionais.

Ambientes e elementos estes evidenciados na área pela presença de indicadores das mudanças relativas do nível relativo do mar durante o Quaternário, tais como: presença de conchas em camadas de sedimentos lacustres, lagunares e marinhos, alinhamentos consecutivos e paralelos de flechas litorâneas, paleomangues na linha de praia atual, camadas de conchas nos terraços marinhos praias em níveis mais elevados do que o atual, plataformas de eolianitos.

Sendo as regiões litorâneas faixas de terra em contato com os oceanos, de morfologia complexa e dinâmica, encontra-se exposta a vários agentes e condicionantes como clima, condições oceanográficas, variações relativas do nível do mar constituindo uma área em constante modificação se comparadas às áreas continentais.

O entendimento acerca da gênese da faixa costeira requer um amplo conhecimento desses agentes e condicionantes modeladores da paisagem, cujos registros são materializados na forma de depósitos sedimentares ou feições erosivas, cujo reconhecimento, muitas vezes, é decisivo para a compreensão da evolução deste ambiente.

Desta forma, a caracterização de um modelo conceitual, embasado na compreensão das características morfodinâmicas do ambiente e de seus agentes e processos, e reconhecimento dos indicadores geoambientais e das características geoquímicas e sedimentológicas das camadas estratigráficas, é capaz de fornecer bases consistentes para a projeção ou antecipação das respostas do meio físico à introdução de elementos antrópicos no sistema.

Neste trabalho os processos definidos como os de maior importância para a dinâmica da planície costeira de Itarema foram os litorâneos focalizados no modelamento da linha de costa, envolvendo o transporte e sedimentação induzidos principalmente pelas ondas e deriva litorânea.

## 1.2 OBJETIVOS

Com base nos aspectos abordados anteriormente, objetivou-se neste trabalho identificar os fatores naturais, agentes e processos que comandam o comportamento dinâmico da faixa costeira, a fim de contribuir com a geração de conhecimentos e informações necessárias à compreensão da geomorfologia, geologia e história evolutiva da planície litorânea do município de Itarema localizada no litoral noroeste oeste do estado do Ceará.

Os objetivos específicos deste estudo incluem:

- Caracterização geológica-geomorfológica da planície costeira de Itarema;
- Avaliação dos principais processos envolvidos na manutenção do equilíbrio e evolução da geomorfologia costeira;
- Análise da coluna estratigráfica rasa, para delimitação dos depósitos sedimentares;
- Determinação das características texturais e granulométricas dos sedimentos de sub-superfície da área;
- Determinação dos teores de carbonatos, matéria orgânica (MO), carbono orgânico (CO), nitrogênio total e do pH nos sedimentos de sub-superfície da área;
- Análise da morfologia e morfometria da laguna Salgada;

## 1.3 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO

A planície litorânea do município de Itarema possui diversos ambientes deposicionais, depósitos e fácies sedimentares do Quaternário, com antropização ainda incipiente e é uma área ainda pouco estudada do ponto de vista geológico, geomorfológico, geoquímico, paleogeográfico e paleoambiental.

Na área encontra-se o maior corpo lagunar da região, a laguna Salgada com 13 km de extensão, 1 km de largura e pequena profundidade, com morfologia peculiar que a torna um ambiente de estudo de grande importância.

A laguna Salgada tem características de laguna colmatada, já que se podem perceber corpos lagunares menores separados dentro do mesmo sistema. As praias adjacentes a esta laguna tem morfologia com características especiais como a presença de barreiras, flechas barreiras com baixa topografia variando entre 0 e 16 m, tendo 8 m em média favorecendo o processo de acumulação de sedimentos da linha da costa, formando canais de maré e favorecendo a formação de planície de inundação.

Estudos sedimentológicos, estratigráficos e geoquímicos são de suma importância para o entendimento dos processos morfogenéticos, permitindo definir os sistemas deposicionais e a sugestão de modelos evolutivos para explicar a origem desses ambientes e favorecer o gerenciamento costeiro.

#### 1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

A elaboração desta tese seguiu o modelo tradicional de acordo com o Artigo 43, do Regimento do Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica da Universidade Federal do Pará – PPGG – UFPA.

O capítulo 1 é composto pela apresentação do tema estudado, englobando também os objetivos, a justificativa da tese e a localização da área estudada.

O capítulo 2 trata dos procedimentos metodológicos utilizados para a obtenção, processamento e descrição das amostras e dados utilizados no desenvolvimento da tese.

O capítulo 3 trata da caracterização geral da área com uma abordagem do contexto geológico, tectônico e geomorfológico regional juntamente com a descrição de diversos aspectos dinâmicos do litoral oeste do estado do Ceará, que influenciam na evolução geológica deste ambiente como: hidrografia, condições climáticas, parâmetros meteorológicos, vegetação e condições oceanográficas.

O Capítulo 4 apresenta os aspectos da geomorfologia em escala de detalhe da planície costeira do município de Itarema a partir da compilação dos dados obtidos nos trabalhos de campo, cartas e mapas geológicos e geomorfológicos pretéritos e no tratamento de dados dos sensores remotos (imagens de satélite e fotografias aéreas) e aborda ainda os depósitos e processos do Quaternário.

O capítulo 5 aborda as variações morfológicas e a fisiografia da linha de costa da planície costeira de Itarema.

O capítulo 6 trata do estudo de registros sedimentares e construção do modelo da estratigrafia rasa da planície litorânea na região do município de Itarema – Ceará.

No capítulo 7 é apresentada a caracterização geoquímica dos sedimentos de sub-superfície da planície litorânea na região do município de Itarema – Ceará.

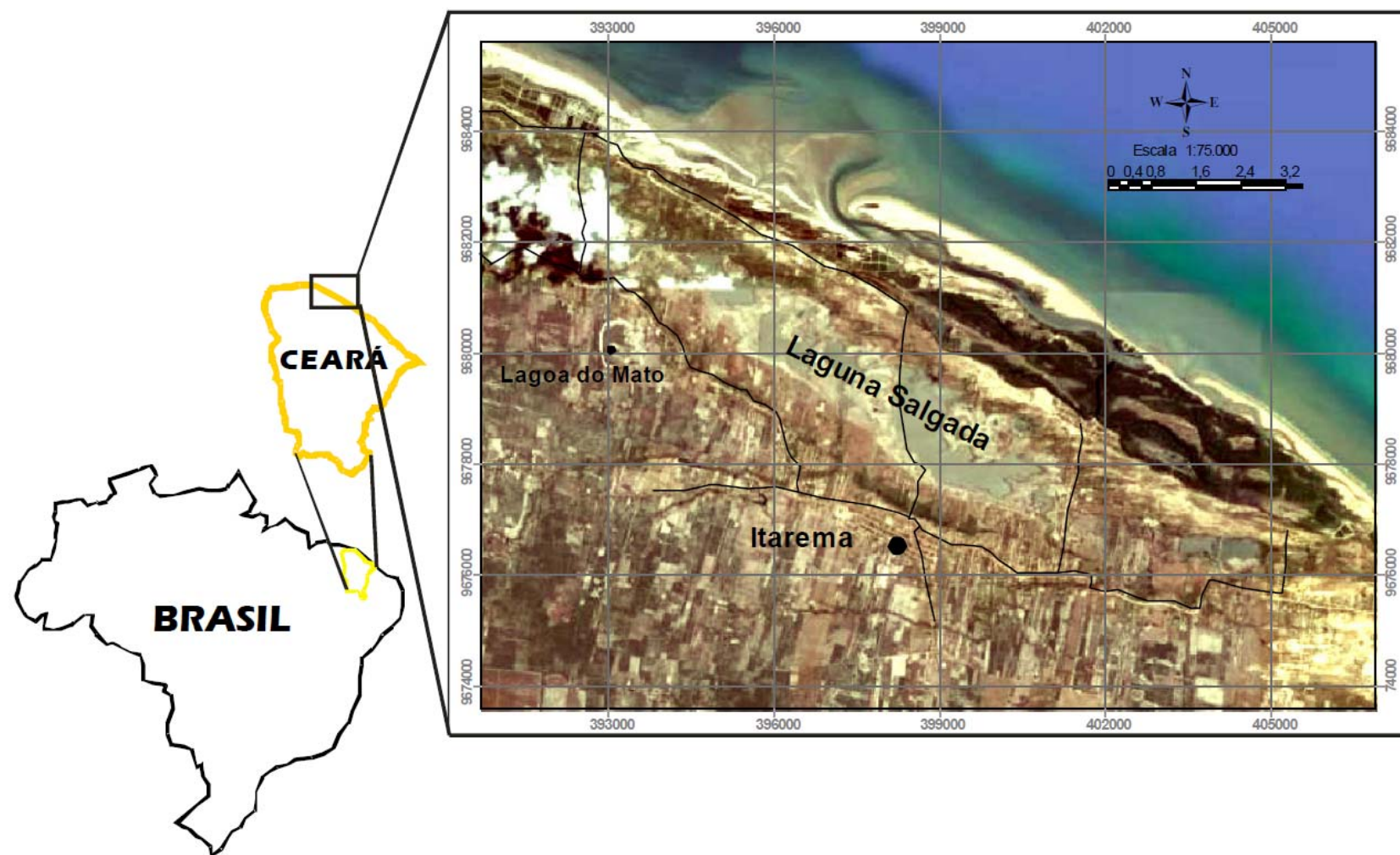
O capítulo 8 apresenta as principais conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

No capítulo 9 constam as referências bibliográficas utilizadas para o embasamento teórico desta tese de doutoramento.

## 1.5 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA E VIAS DE ACESSO

A área estudada compreende a planície litorânea do município de Itarema que localiza-se a sul do Oceano atlântico a noroeste da sede do município de Itarema (FIGURA 1), que dista 230 km de Fortaleza capital do estado do Ceará. Compreende uma área irregular de 1.008 km<sup>2</sup> e está localizado nas cartas topográficas Itarema (SA.24-Y-B-V) e Itapipoca (SA.24-Y-D-II).

O acesso partindo de Fortaleza se dá pela CE 085, passando pelos municípios de Icarai, São Gonçalo do Amarante, Paraipaba, Itapipoca, Amontada e Itarema, e pela BR 222 passando pelos municípios de Caucaia, São Luiz do Curú, Umirim, Tururu, Itapipoca, Amontada e Itarema.



**FIGURA 1** – Mapa de localização da área de estudo.

## 2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

### 2.1 TRABALHOS DE CAMPO

Os dados de campo foram obtidos em quatro campanhas, janeiro e maio de 2007, fevereiro e setembro de 2008. Na primeira campanha, foi realizado um levantamento das condições gerais da planície litorânea, condições de acesso aos corpos lagunares, condições de trabalho e mapeamento geológico-geomorfológico da área.

Na segunda campanha foi feita a coleta de sete testemunhos de sondagem, um dentro da lagoa do Mato, três na praia do Farol, um na região de dunas fixas (eoleanitos) e dois dentro da laguna Salgada.

Na terceira campanha foram coletados três testemunhos na laguna Salgada e na última campanha foram coletados dados de altimetria na laguna para a confecção do mapa topográfico da mesma, com o auxílio de um DGPS com base fixa da ASHTECH.

#### 2.1.1 Testemunhagem

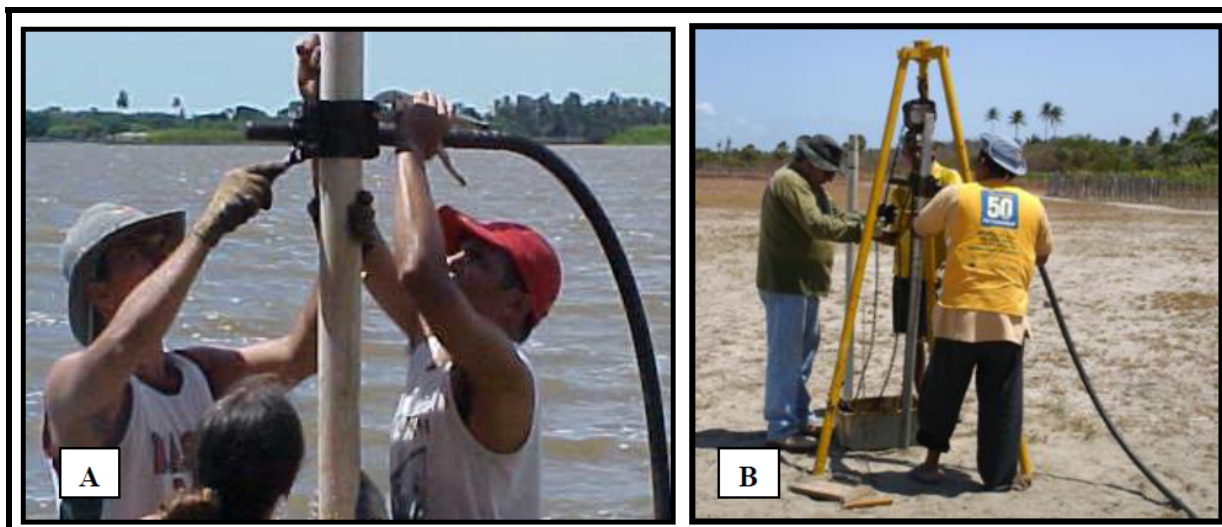
Visando-se o entendimento sobre a história evolutiva do ambiente procedeu-se a amostragem de sub-superfície da planície litorânea com testemunhagem em forma de perfis perpendiculares a linha de costa na planície lagunar e nas áreas adjacentes de dunas e praias, com o objetivo de integração dos perfis representativos das feições morfológicas.

A amostragem de sub-superfície foi feita por meio de um testemunhador do tipo *vibra corer* constituído de um cabo coaxial de metal que tem um eixo excêntrico (parte vibrante) na extremidade, impulsionado por um motor a gasolina.

A extremidade do cabo fica firmemente presa através de uma braçadeira de ferro ao tubo de coleta de PVC de 80 mm de diâmetro (FIGURA 2A). Ao vibrar o tubo liquefaz o sedimento a sua volta permitindo que o tubo penetre na coluna sedimentar.

A retirada do tubo é feita com o auxílio de um tri-pé de ferro e talha manual (FIGURA 2B). Depois da retirada dos testemunhos, estes foram devidamente lacrados, identificados, embalados e levados para o laboratório para processamento e análise.

A penetração e recuperação dos testemunhos foram efetivas na região dos depósitos eólicos e praias tendo uma menor eficiência na planície lagunar. Foram obtidos 10 testemunhos, com uma recuperação máxima de 435 cm.



**FIGURA 2** – Principais componentes do sistema de testemunhagem *vibra corer*. A - Alça e cabo; B – Tripé e talha. Foto: Lamarka Lopes Pereira, 2006.

#### 2.1.1.1 Localização das estações de amostragem de sub-superfície

A determinação das estações de amostragem foi realizada efetivamente no campo, com o auxílio do mapa geomorfológico prévio e deslocamento dentro das lagoas foi feito de carro no período de seca, e a marcação dos pontos de amostragem foi feita com o GPS (*Global Positioning System*) (GRAMIM).

A FIGURA 3 mostra a localização das estações de amostragem e TABELA 1 relaciona as coordenadas geográficas das mesmas.

**TABELA 1** – Coordenadas das estações de amostragem, na planície costeira do município de Itarema - CE.

Estação	Latitude	Longitude	Comprimento (cm)
I	9681892	393415	77
A	9678504	397959	119
B	9683088	395405	55
D	9683106	395400	159
E	9682152	395787	194,5
F	9680126	393360	246
G	9683110	395412	435
H	9676100	404183	96
I	9676342	404221	120
J	9680990	394927	66

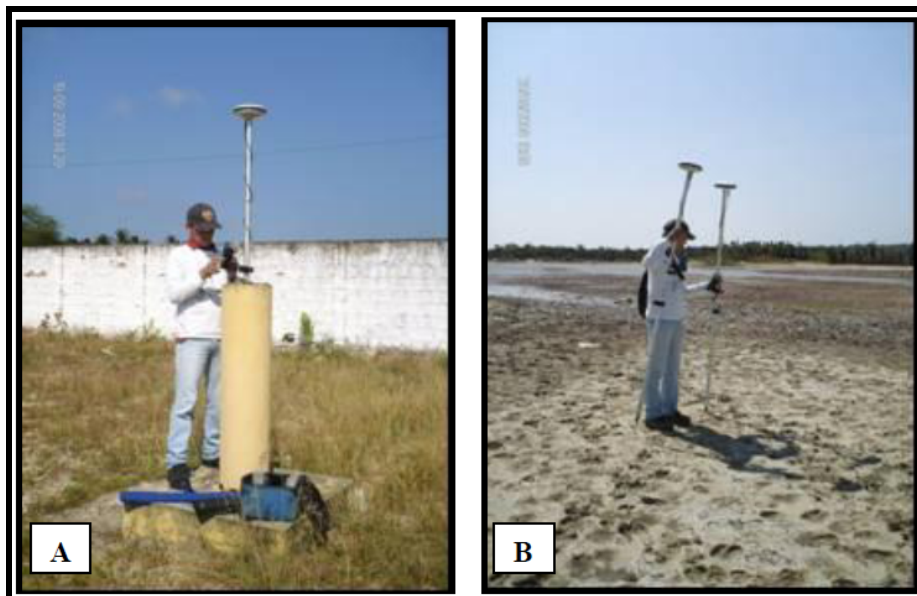


FIGURA 3 – Mapa de localização das estações de amostragem de sub-superfície.



### 2.1.2 Levantamento topográfico

A topografia foi feita na laguna Salgada durante o período seco (setembro/2008) e envolveu a realização de perfis topográficos de alta precisão, de forma contínua, ou em etapas (quando da existência de partes alagadas) perpendiculares ao eixo da laguna.



**FIGURA 4** – A – Antena fixa do DGPS (Base), instalada no marco do IBGE, dentro do hospital de Itarema; B – Antenas móveis do DGPS, utilizada para as medições em campo. Foto: Lamarka Lopes Pereira, 09/2008.

Esse levantamento foi conduzido a pé com uso de DGPS com base fixa da marca ASHTECH composto por quatro receptores compatíveis com o processador ASHTEC RELIENSE PRECISION (FIGURA 4), que propicia a determinação das coordenadas x, y e z com alta acuracidade. Os dados foram tratados em laboratório utilizando o *software* do próprio ASHTEC, para o processo de filtragem.

Optou-se pela topografia, pois, a realização da batimetria não foi possível na laguna Salgada dadas as condições da mesma. No período chuvoso (FIGURA 5) a laguna não atinge a profundidade mínima requerida pelo equipamento (ecobatímetro) para seu funcionamento que é de pelo menos 1 m de profundidade, não se pode ter acesso a maior parte da laguna que devido a sua grande extensão (10 km aproximadamente) tem muitas partes interdidas por cercas. No período seco, a parte que fica alagada é lamosa impedindo a locomoção dentro da mesma para a medição manual além de ser interdida por cercas.



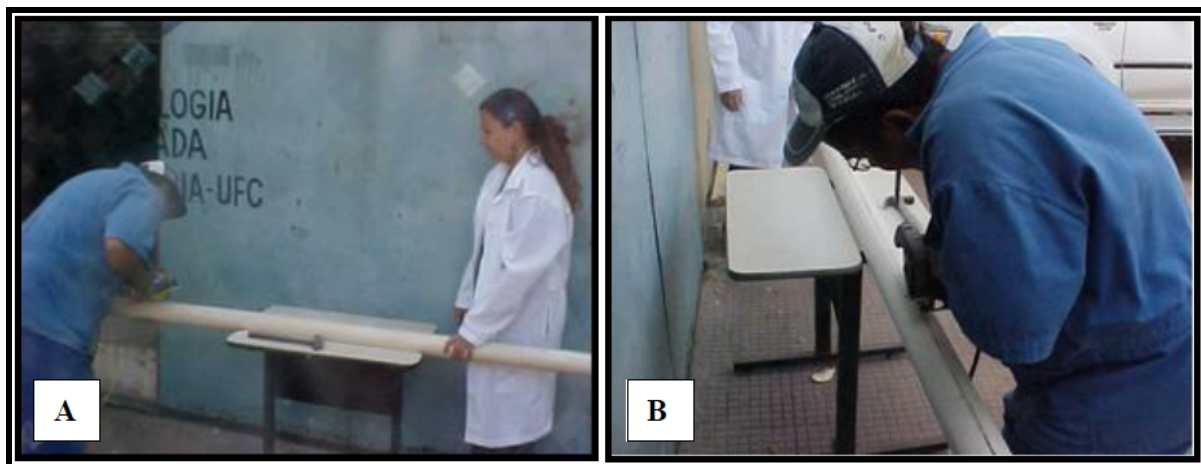
**FIGURA 5** – Visualização da pequena profundidade da laguna, após o período chuvoso, não ultrapassa 50 cm de lamina d'água. Foto: Lamarka Lopes Pereira, 09/2008.

## 2.2 PROCEDIMENTOS LABORATORIAIS

Nos laboratórios, além da abertura dos testemunhos de sub-superfície e acondicionamento das amostras de sedimentos, foram também realizadas todas as análises necessárias neste material. A abertura dos testemunhos de sub-superfície, a caracterização granulométrica e sedimentológica, as determinações dos teores de matéria orgânica, carbono orgânico, nitrogênio total, pH e carbonatos, foram feitas nos laboratórios de Geologia Marinha e Aplicada (LGMA) e de Geoquímica Ambiental (LGA), ambos no Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará.

### 2.2.1 Abertura e descrição dos testemunhos

No LGMA, foi feita uma marcação longitudinal (FIGURA 6 A e B), em lados opostos dos testemunhos, para parti-los ao meio. Esta divisão foi feita com o auxílio de uma serra elétrica de metal, havendo sempre o cuidado para que a serra não tocasse o sedimento dentro dos tubos para não haver contaminação dos mesmos.



**FIGURA 6** – A e B – Marcação feita nos testemunhos para a sua abertura.  
Foto: Lamarka Lopes Pereira, 2006.

Depois da marcação com o auxílio de uma faca de aço inoxidável, o testemunho foi previamente aberto e a abertura total foi concluída com o auxílio de um fio de náilon (derivado de resina poliamida), sendo por fim o tubo dividido ao meio (FIGURA 7A). Depois de dividir os testemunhos de sub-superfície em duas metades, os mesmos foram fotografados sendo realizada análise visual, com descrição dos perfis, e logo após, a retirada das amostras de sedimentos.



**FIGURA 7** – A: Testemunho de sub-superfície logo após a sua abertura, visualização perfeita das camadas de sedimentação. B: Retirada das amostras de sedimentos dos testemunhos de sub-superfície. Fotos: Lamarka Lopes Pereira, 2006.

Na descrição dos testemunhos, foi utilizada a ficha, na qual estão as seguintes informações: cor, tipo de litologia, comprimento do testemunho, granulometria, estruturas sedimentares físicas e biogênicas e pontos fotografados e amostrados. A descrição da coloração foi realizada mediante a carta de cores *Rock Color Chart Committee* (1984). Posteriormente, as descrições foram complementadas com a análise das fotografias, além dos resultados dos estudos sedimentológicos.

A retirada das amostras de sedimentos (FIGURA 7B) foi feita com espátulas de plástico, seguindo o sistema de pacotes sedimentares, com amostragens no topo meio e final de cada pacote ao longo do testemunho, dependendo em última instância da representatividade litológica do segmento sedimentar em estudo. Sendo depois acondicionadas em potes de vidro, e levadas à estufa a 45°C, durante 48 horas, para a secagem, minimizando as reações dentro dos sedimentos até o momento das análises de laboratório. Após a secagem, as amostras foram embaladas em sacos plásticos, devidamente etiquetados e armazenados para as análises físicas e químicas.

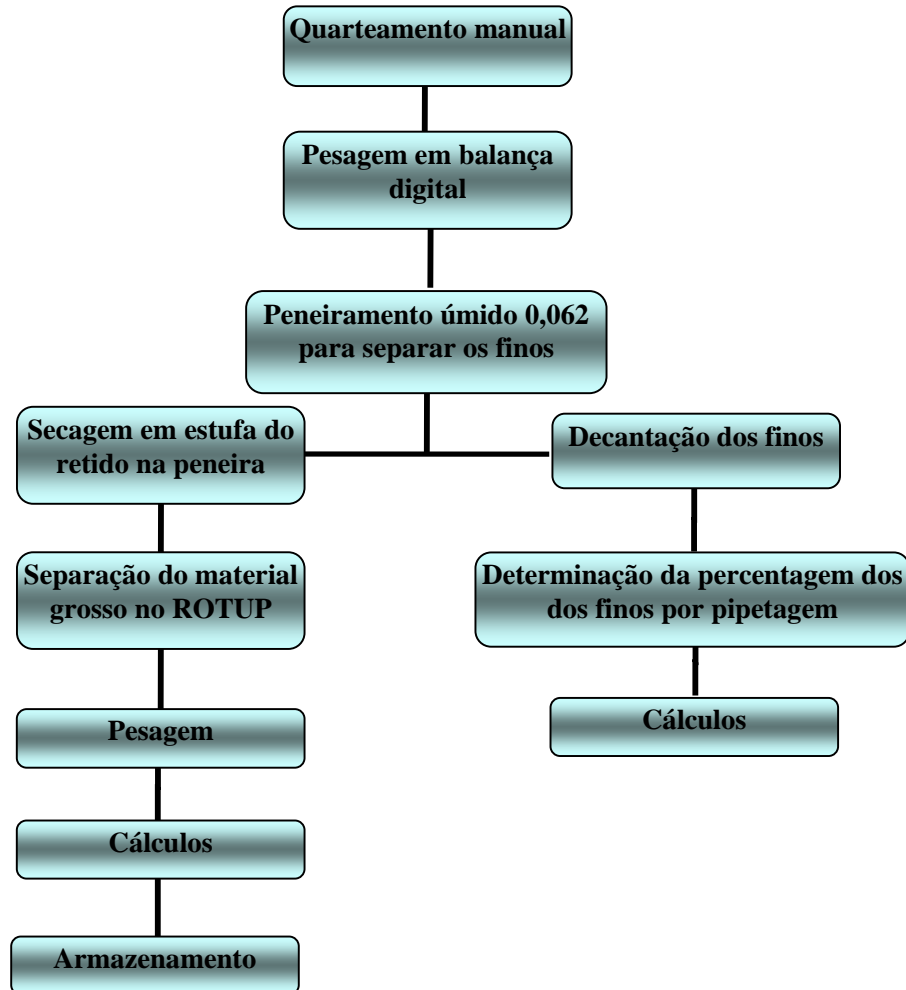
## **2.2.2 Estudos sedimentológicos**

### **2.2.2.1 Faciologia e granulometria**

As análises granulométricas foram realizadas no Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada – UFC (FIGURA 8), onde as amostras receberam tratamento de acordo com a metodologia clássica de processamento para separação das frações em intervalo de 0,5  $\phi$  e sua posterior classificação por Shepard (1957), Larssonneur (1977) *in* Dias (1996) e determinação dos parâmetros estatísticos por Folk & Ward (1953).

As amostras de sedimentos foram submetidas à classificação textural através do peneiramento úmido, que consiste na lavagem da amostra sobre uma peneira de malha de 0,062 mm, visando a separação silte e argila. Após uma nova secagem efetuou-se a análise mecânica da fração maior que 0,062 mm através de um agitador mecânico “ROT UP” que utiliza um conjunto de doze (12) peneiras com aberturas entre 5,66 e 0,088 mm.

As frações retidas nas diferentes peneiras foram pesadas e os resultados obtidos foram anotados para os cálculos dos parâmetros estatísticos, onde se utilizou o programa ANASED (Lima, 2000), desenvolvido pelo Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada/LGMA/UFC.



**FIGURA 8** – Organograma das etapas seguidas para a análise granulométrica dos sedimentos.

### 2.2.3 Procedimentos analíticos

#### 2.2.3.1 Determinação do teor de matéria orgânica/ carbono orgânico

A matéria orgânica (%MO) e o teor de carbono orgânico (%CO) foram determinados pelo método de Walkey-Black, que consiste na oxidação da matéria orgânica com uma solução de dicromato em presença de ácido sulfúrico, onde o excesso de oxidante é determinado através de uma titulação com solução de sulfato ferroso amoniacal. A percentagem de matéria orgânica (% MO) é calculada multiplicando-se a percentagem de carbono orgânico pelo fator 1,725 (Van

Bemmelen). Este fator é utilizado, pois admite-se que, na composição média de húmus, o carbono participa com 58% (Walkley & Black, 1933; Forstner e Wittmann, 1981; EMBRAPA, 1997; Petroni, 1999).

O procedimento seguido foi: pesagem da amostra de sedimento em erlenmeyer de 500 mL, preparação do ensaio em branco para padronizar as amostras de sedimento, depois de pesadas adicionou-se 10 mL de  $K_2Cr_2O_7$  1N (utilizando bureta) e 20 mL de  $H_2SO_4$  concentrado com  $Ag_2SO_4$ , mantendo sob agitação por 1 minuto, após a mistura os frascos foram tampados e aguardou-se 30 minutos, em seguida, adicionou-se 200 mL de água destilada, 10 mL de  $H_3PO_3$  85%, aproximadamente 0,2g de NaF, 0,5 mL de difenilamina e posterior titulação com sulfato ferroso amoniacal.

#### 2.2.3.2 Determinação do nitrogênio total

Os teores de nitrogênio total nos sedimentos foram determinados pelo método de Kjeldahl, descrito pela EMBRAPA (1997), com algumas adaptações.

O nitrogênio em solos tropicais está praticamente ligado a matéria orgânica. Neste método, o N é convertido em sulfato de amônio através de oxidação com uma mistura de  $CuSO_4$ ,  $H_2SO_4$  e  $Na_2SO_4$  ou  $K_2SO_4$  (mineralização).

O método consiste em três etapas, sendo a primeira digestão em tubo Kjeldahl até 350°C, na presença de ácido sulfúrico concentrado e catalisadores, em bloco digestor; A segunda etapa é a destilação, que ocorre em um destilador kjedal, em meio alcalino (NaOH), onde o sulfato de amônio convertido da matéria orgânica libera amônia que, em câmara de difusão é complexada em solução de ácido bórico contendo indicador misto em um erlenmeyer; e a última etapa é a titulação onde o conteúdo do erlenmeyer contendo o  $NH_4$  deslocado é determinado por acidimetria com  $H_2SO_4$ .

#### 2.2.3.3 Determinação do pH dos sedimentos

O Método utilizado para medir os valores de pH (potencial hidrogeniônico), foi o descrito pela EMBRAPA (1999), onde os valores de pH são obtidos por leitura direta no medidor de pH. Este método baseia-se na medição eletroquímica da concentração efetiva de íons  $H^+$  na solução de solo e água na proporção de 1:2,5 por meio de eletrodo combinado. Para a medição foi utilizado o aparelho do tipo medidor de pH modelo 300 Analyser.

Para a determinação utilizou-se 10 cm<sup>3</sup> de sedimento, adicionando-se 25 mL de água destilada, agitando até a homogeneização, deixando-se repousar durante meia hora, e não ultrapassando uma hora, procedeu-se a leitura direta no medidor de pH.

#### 2.2.3.4 Determinação de carbonatos

Os teores de CaCO<sub>3</sub> foram determinados pelo método do *Calcímetro de Bernard* modificado, onde as amostras sedimentares são atacadas com ácido clorídrico (HCL) a 10% em um sistema de vasos comunicantes. O sedimento é inicialmente seco à 60°C em estufa, fracionado 0,5 g e acondicionado a um erlenmeyer que possui um tubo de ensaio adaptado, sendo ligado a um sistema de buretas onde existe uma certa porção de água. O gás CO<sub>2</sub> desprendido pela reação HCl + (Amostra + CaCO<sub>3</sub>) faz com que a coluna d'água dentro das provetas se desloque. É admitido um valor máximo de deslocamento para uma amostra de 99% de CaCO<sub>3</sub>.

#### 2.2.4 Sensoriamento remoto e processamento digital de imagens

O mapeamento geomorfológico da zona costeira de Itarema, feito na escala 1:100.000, permitiu a delimitação das unidades geomorfológicas usando imagens *Quickbird* ortorretificadas, que passaram por PDI (correção geométricas, reamostragem e realce). Os dados de entrada das imagens *Quickbird* foram o Datum Geocêntrico WGS 84, Projeção coordenadas geográficas, zona -24 e resolução radiométrica 11 bits. Estas, foram reprojctadas no aplicativo Arcview 9, para o Datum SAD 69, Projeção UTM, zona -24.

Para a confecção do mapa geomorfológico, dados vetoriais de curva de nível das cartas foram digitalizados no formato \*.dxf (Auto CAD) e foram importados no formato *shape* (Arcview 9.3) e utilizados para identificar as unidades geomorfológicas, junto com dados de estradas e drenagem como categorias de rede e temático, respectivamente, bem como para a descrição da evolução dos ambientes através do PDI.

A identificação dos processos de modificações atualmente registrados na linha de costa foi realizada através da comparação entre imagens de diferentes satélites e épocas: *LANDSAT 2 MSS, 1977; LANDSAT 2 MSS, 1981; LANDSAT, 1992; LANDSAT, 2001; LANDSAT TM 5, 2003; Imagem Google Earth, 10/2006*. Estes processos de modificação mapeados correspondem à erosão e/ou acumulação de sedimentos.

### 3 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA

#### 3.1 GEOLOGIA, TECTÔNICA E GEOMORFOLOGIA DO ESTADO DO CEARÁ

Do ponto de vista geológico 2/3 do território do estado são dominados por complexos de rochas cristalinas pré-cambrianas, e 1/3 das rochas são depósitos sedimentares (DNPM, 1983; Souza, 1988).

Terrenos pré-cambrianos estão expostos em mais de 85% do estado do Ceará, inseridos na porção setentrional da Província Borborema. Enquanto que as demais áreas apresentam coberturas sedimentares de idades fanerozóicas até o recente (Castro e Costa, 1999; Souza, 1988).

A evolução do relevo do Ceará está associada a um regime tectonosedimentar e climático diverso, relacionado com eventos que geraram as condições morfoestruturais ideais para a formação de montanhas (grandes áreas que foram submetidas a processos de soerguimento no Proterozóico superior) e de bacias sedimentares paleo-mesosóicas.

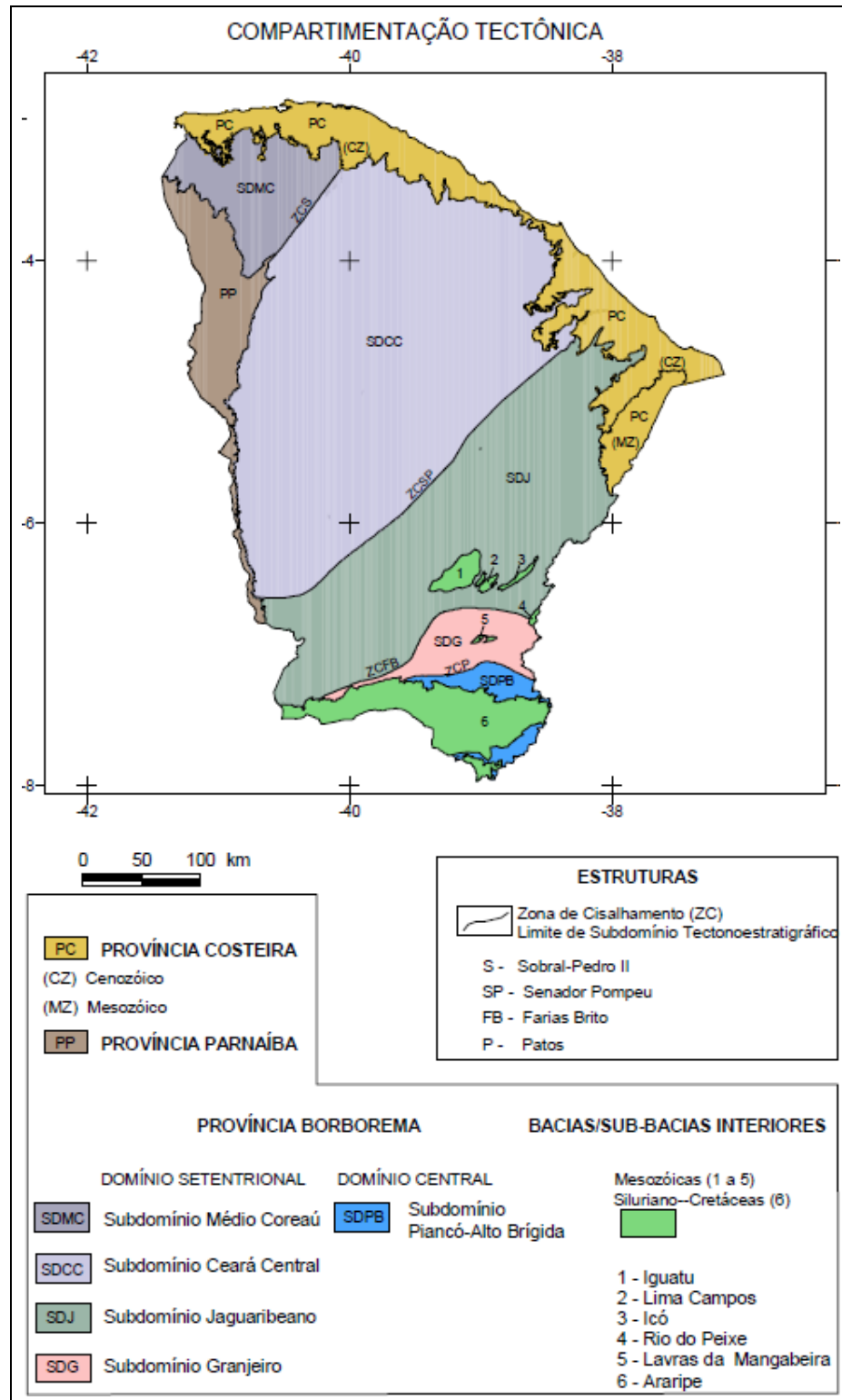
As regiões topograficamente mais elevadas foram erosionadas e o material derivado foi utilizado para preencher as bacias sedimentares, originadas pelos eventos tectônicos e/ou isostáticos. A ação do clima, como agente modelador do relevo, foi fundamental para a origem de superfícies de materiais não consolidados, que foram transportados para o fundo dos vales, originando as gerações de terraços fluviais e os materiais sedimentares que alcançaram o litoral.

Tricart (1970) tratando a respeito das implicações dos fatores geológico-estruturais e seus reflexos geomorfológicos, atenta para dois aspectos fundamentais: a tectônica que envolve, simultaneamente, as deformações recentes e as disposições adquiridas em tempo remoto contribuindo para subdivisões no conjunto regional e a litologia devido as suas propriedades face às manifestações da dinâmica externa que se traduzem nos tipos de alterações superficiais e nas relações entre a morfogênese e a pedogênese.

A compartimentação tectônica mais utilizada para o estado do Ceará (FIGURA 9) encontra-se no mapa Geológico do Estado do Ceará e foi realizada pela CPRM, 2003 com base na compilação de dados de relevo e estruturas tectônicas e em dados bibliográficas pretéritos de classificação e mapeamento do Ceará envolvendo os trabalhos de Brito Neves, 1975; Mendonça *et al*, 1982; Cavalcante *et al*, 1983; Gorayeb e Abreu, 1985; Souza, 1988; Brandão, 1996; Souza



Filho, 1998; Cavalcante, 1999; Gomes *et al*, 1999; Ferreira e Santos, 2000; Oliveira e Medeiros, 2000; Santos, 1999; Torres e Prado, 2000 entre outros.



**FIGURA 9** – Compartimentação tectônica do estado do Ceará. Fonte: CPRM, 2003.

Na classificação da CPRM, 2003 citada anteriormente o relevo do estado do Ceará foi dividido em três Compartimentos Tectônicos: Província Costeira, Província Parnaíba e Província da Borborema, e esta última dividida em dois Domínios: Setentrional e Central e cinco Subdomínios (QUADRO 1) (FIGURA 10).

**QUADRO 1:** Compartimentação tectônica do estado do Ceará de acordo com a CPRM, 2003.

Províncias	Província Costeira	Província Parnaíba	Província da Borborema	
Domínios			Domínio setentrional	Domínio central
Subdomínios			Médio Coreaú Ceará Central Jaguaribeano Granjeiro	Piancó-Alto Brígida

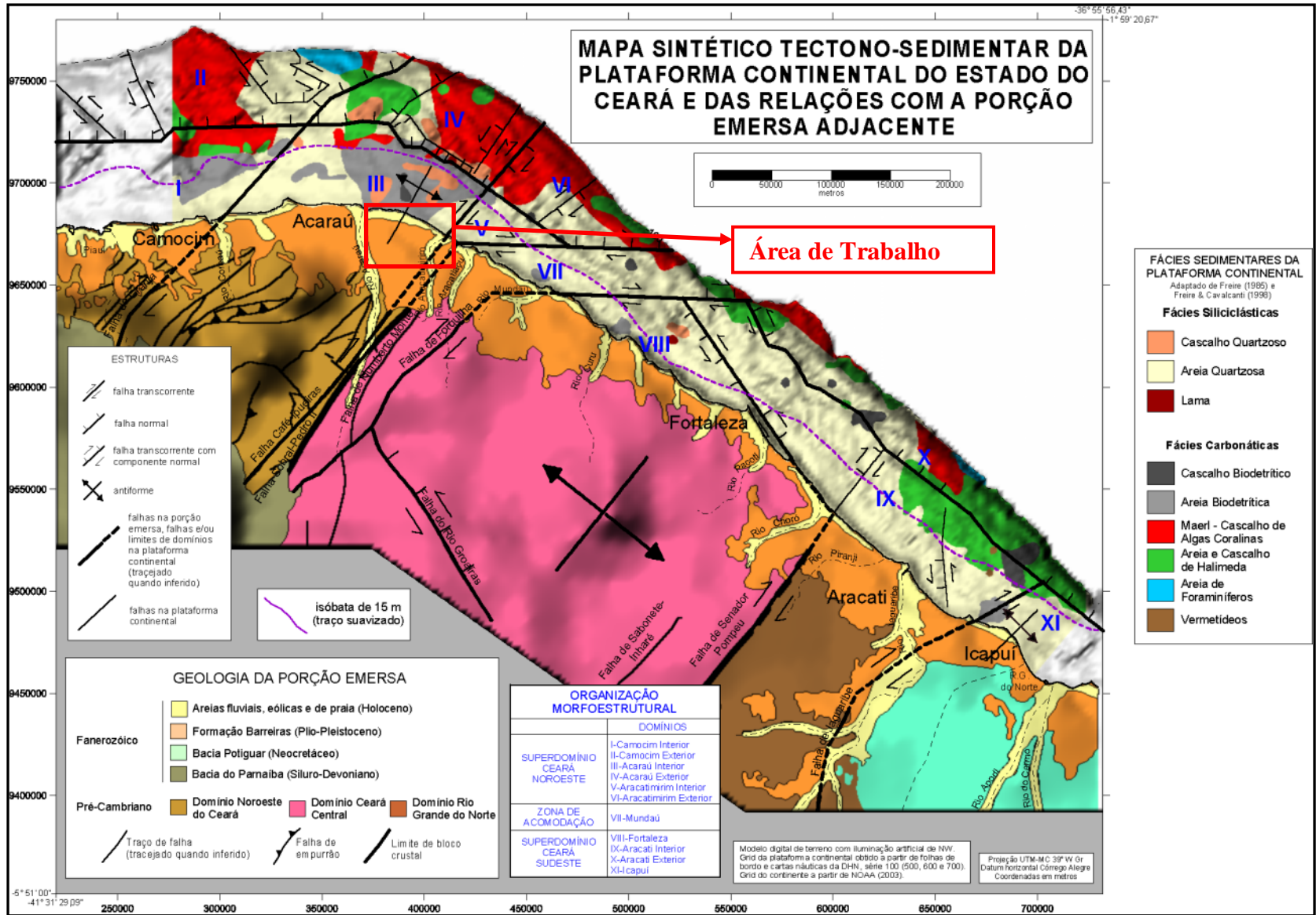
Silva Filho, 2004 afirma que no Ceará, a sismicidade no continente atesta o funcionamento atual de falhas relacionadas aos dois *trends* ou feixes de fraturas que delimitam o Domínio Ceará Central (FIGURA 10) a terminação nordeste do Lineamento Transbrasiliano (incluindo as falhas Sobral-Pedro II, Café-Ipueiras e Forquilha) e aquelas associadas às faixas Orós e Jaguaribe (Sabonete-Inharé, Senador Pompeu e Jaguaribe).

Silva Filho, 2004 *op cit*, baseado nos estudos compartimentou o litoral do estado do Ceará descrevendo a geologia da porção emersa em duas grandes unidades: Pré-Cambrianas e Fanerozóicas.

As unidades pré-cambrianas foram chamadas de Domínios: Domínio Noroeste do Ceará, Domínio Ceará Central e Domínio Rio Grande do Norte e as coberturas Fanerozóicas divididas em: Siluro-Devoniana (Bacia do Parnaíba), Neocretáceo (Bacia Potiguar), Plio-Pleistoceno (Formação Barreiras) e Holoceno (Areias fluviais, eólicas e praias).

De acordo a classificação acima a área de trabalho encontra-se no Domínio Noroeste do Ceará que abrange o noroeste do Ceará e o nordeste do Piauí, entre a margem retrabalhada do Cráton de São Luís e a Falha de Sobral-Pedro II (FIGURA 10).

O seu embasamento é composto por gnaisses migmatíticos com granulitos numa fração subordinada (Nogueira Neto *et al.*, 1990), representando crosta juvenil formada em torno de 2.35 Ga. Remanescentes aprisionados de seqüências vulcano-sedimentares neoproterozóicas, como as rochas dos grupos Martinópole e Ubajara, podem representar partes do Cinturão Móvel Trans-Sahariano (Brito Neves *et al.*, 2000).



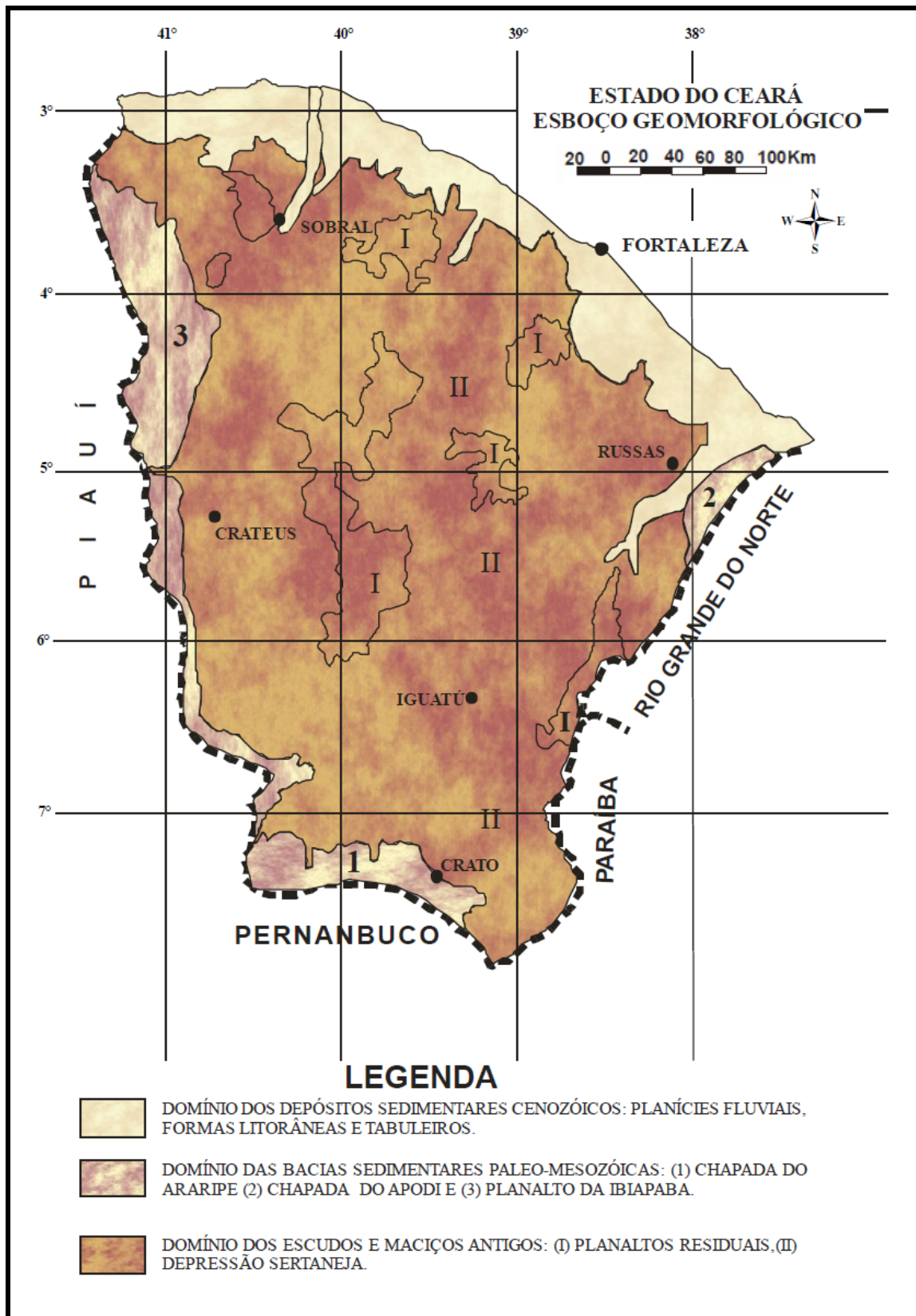
**FIGURA 10** – Mapa tectônico sedimentar da Planície Costeira e plataforma continental do NW do estado do Ceará. Fonte: Silva Filho (2004).

Em relação aos domínios morfológicos Santos *et al.* (1972) dividiram o relevo do Ceará em cinco Domínios, subdividindo-os em 10 compartimentos de relevos, discriminados na sequência:

- Domínio do litoral, incluindo as planícies costeiras e os tabuleiros sobre sedimentos da formação barreira;
- Domínio das depressões interplanálticas e depressões periféricas, referindo-se às partes rebaixadas da superfície sertaneja;
- Domínio das planícies aluviais, constando trechos alargados dos vales principais;
- Domínio dos planaltos isolados e relevos residuais, subdivididos em três compartimentos de relevo: planaltos isolados, superfícies de planaltos dissecados em morros e patamares, e superfícies de planaltos dissecados em cristas estruturais;
- Domínio dos planaltos sedimentares, constando os compartimentos de relevo cuestiformes e platôs, de relevos sedimentares dissecados e de superfícies conservadas de planaltos, capeadas por detritos ou laterizadas.

Com base na da classificação da morfoestrutura anteriormente citada, Souza (1988) definiu três domínios morfo-estruturais (FIGURA 11):

- 1) Domínio dos depósitos sedimentares cenozóicos: planícies e terraços fluviais, formas litorâneas e tabuleiros;
- 2) Domínio das bacias sedimentares paleo-mesozóicas: Chapada do Araripe, Chapada do Apodi e Planalto da Ibiapaba/Serra Grande;
- 3) Domínio dos escudos e maciços antigos: planaltos residuais e depressões sertanejas.



**FIGURA 11**– Classificação das unidades morfoestruturais do estado do Ceará (Souza, 1988).

### 3.2 COMPARTIMENTAÇÃO GEOLÓGICO-GEOMORFOLÓGICA DO LITORAL DO ESTADO DO CEARÁ

O litoral do estado do Ceará de acordo com a classificação de Santos *et al.*, (1972), faz parte do Domínio do litoral, incluindo as planícies costeiras e os tabuleiros sobre sedimentos da formação barreira e com base na da classificação de Souza (1988) faz parte do Domínio dos depósitos sedimentares cenozóicos: planícies e terraços fluviais, formas litorâneas e tabuleiros

Souza (2000) agrupou e compartimentou a zona costeira do estado do Ceará em 5 unidades:

1: Planície litorânea (com subunidades constituídas pela faixa praiial e campo de dunas móveis; campo de dunas fixas e paleodunas; desembocaduras fluviais em planícies flúvio-marinhas revestidas por manguezais, além de ocorrências eventuais e/ou pontuais de pontas rochosas ou promontórios e de falésias);

2: As planícies fluviais com matas ciliares;

3: Os corpos d'água lacustres envolvendo as planícies flúvio-lacustres e freáticas;

4: Áreas de acumulação inundáveis;

5: Tabuleiros Pré-Litorâneos ou Costeiros.

### 3.3 ESTRATIGRAFIA DO LITORAL OESTE DO ESTADO DO CEARÁ

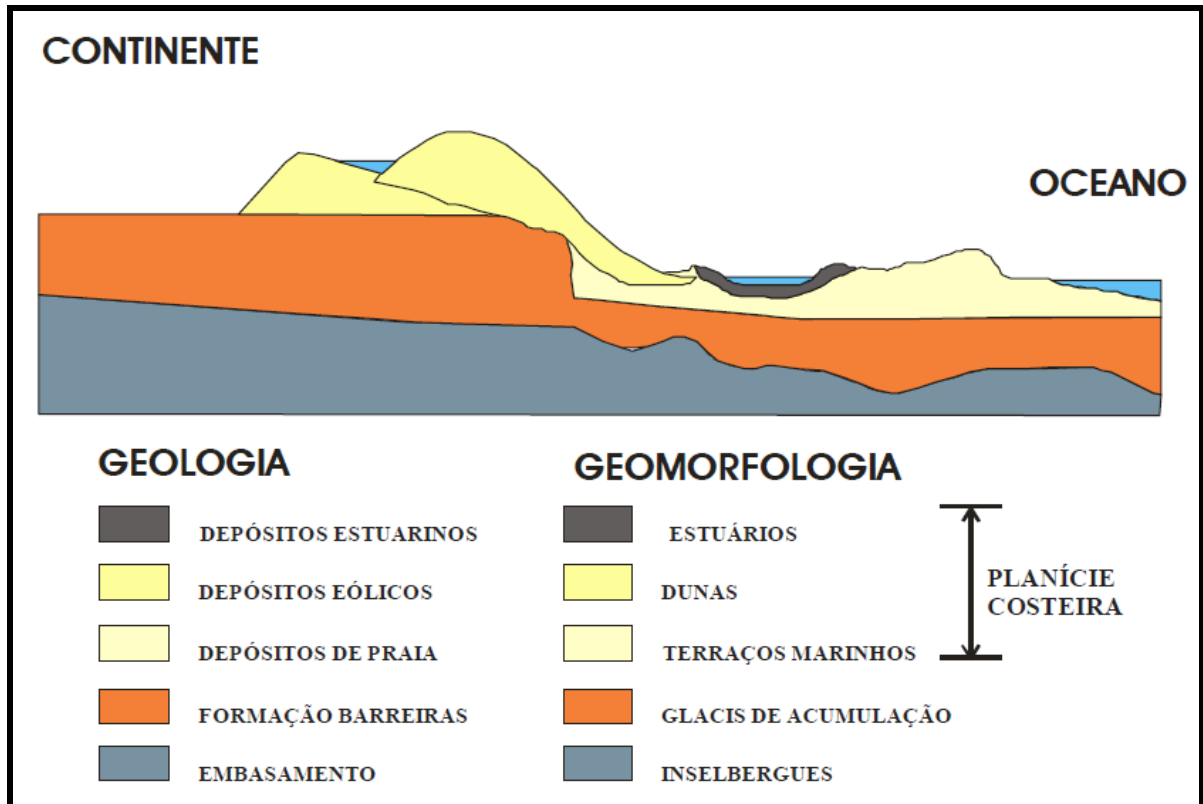
Carvalho (2003) afirma que no litoral oeste do Ceará, tem-se um empilhamento estratigráfico (FIGURA 12) representado, na base, por unidades Pré-Cambrianas (embasamento cristalino), encimadas por seqüências cenozóicas constituídas por sedimentos do Grupo Barreiras, coberturas colúvio-eluviais e as unidades quaternárias, representadas por depósitos praiiais, flúvio-marinhos, eólicos e fluviais.

#### 3.3.1 Embasamento Cristalino

A área de estudo está inserida nos domínios do bloco Ceará Central representado pelos sistemas de dobramentos ou Complexo Gnáissico-Migmatítico (Pign-mg), e correspondem à unidade de maior distribuição na área estudada, sendo constituída por rochas supracrustais eoproterozóicas gnaissificadas e migmatizadas que, compreende migmatitos e gnaisses diversos,

encerrando corpos de matacalcários, anfibolitos, metabasitos, rochas calciossilicáticas, quartzitos, meta-ultrabasitos e granitos subordinados (Carvalho, 2003; CPRM, 2003).

Esta unidade é constituída por terrenos gnáissico-migmatitos (Proterozóico inferior), e retrabalhados nos ciclos Transamazônico e/ou Brasileiro (Carvalho, 2003; CPRM, 2003).



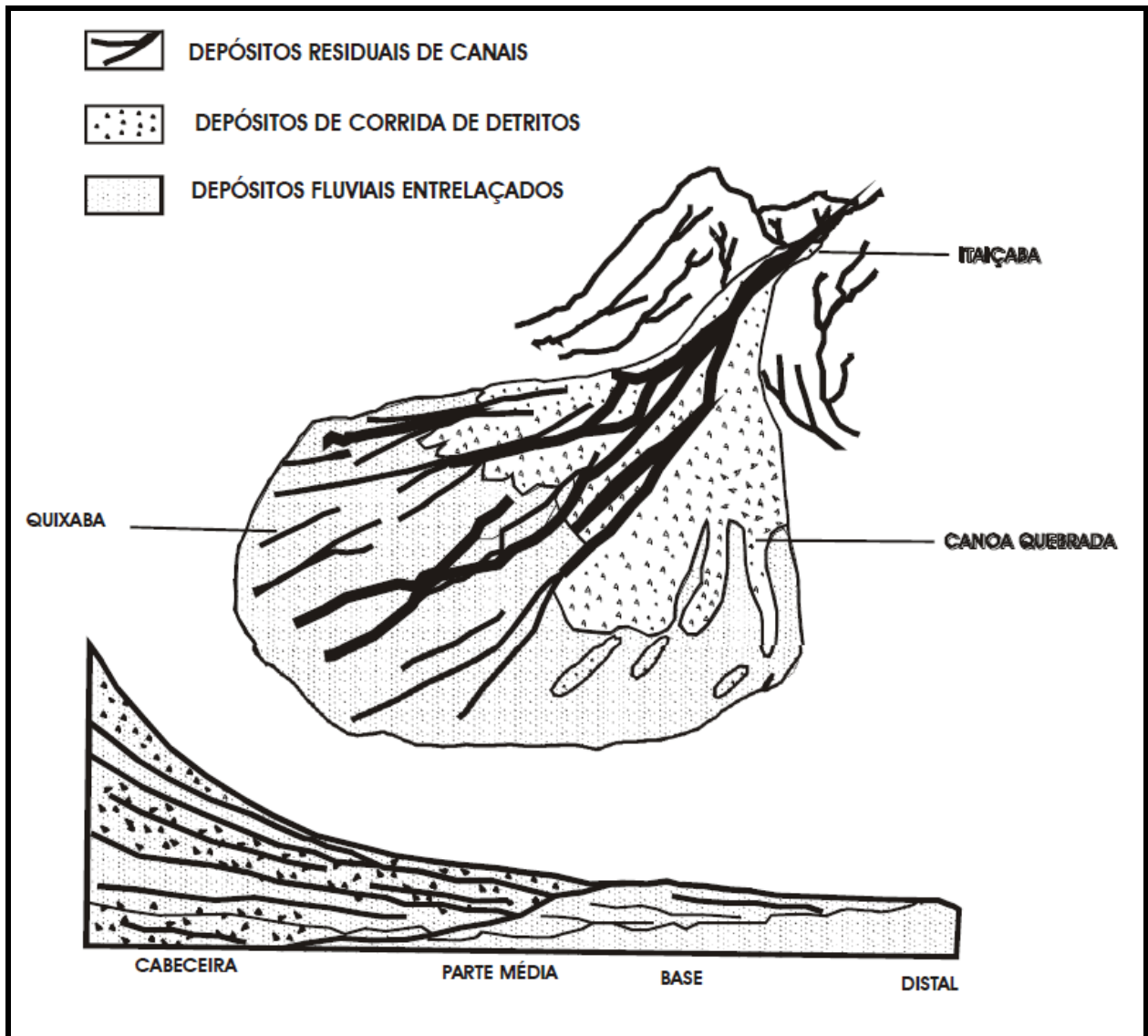
**FIGURA 12** – Esquema da geologia e geomorfologia costeira na área de estudo. Fonte: Modificado de Maia, 1998.

### 3.3.2 Sedimentos do Grupo Barreiras

O Grupo Barreiras designa sedimentos clásticos continentais afossilíferos de cores variegadas, friáveis, predominantemente arenosos, com marcante alternância de depósitos pelíticos e psamo-pelíticos. Sua espessura varia de poucas a várias dezenas de metros (CPRM, 2003).

Maia (1993) propõe duas etapas deposicionais para a Formação Barreiras. A primeira etapa é formada por um conjunto de leques aluviais de pequena extensão, o que é confirmado pela presença de material mais fino nas zonas mais distais, afastadas das desembocaduras das redes de drenagem.

A segunda, de maior magnitude, foi responsável pela erosão dos sedimentos mais antigos, originados na primeira fase. Nesta segunda fase, o nível do mar estava mais baixo do que durante o evento anterior fazendo com que os sedimentos fossem depositados recobrendo parte da plataforma continental (FIGURA 13).



**FIGURA 13** – Desenho Esquemático da Deposição da Formação Barreiras (MAIA, 1993).

Os depósitos dessa etapa consistem de um conjunto de fácies de leques aluviais (FIGURA 13) formados por depósitos residuais de canais e de corrida de detritos (fácies proximal) sobreposto por um sistema fluvial entrelaçado (fácies mediana/distal) (Maia, 1993).

Constitui-se numa das unidades mais importantes do Tércio-Quaternário, ocorrem distribuídos continuamente na faixa costeira do Ceará, constituindo uma das unidades mais



representativas da região. Sua extensão ou limite externo prolonga-se além da linha de costa sobre a plataforma continental (Carvalho, 2003).

No município de Itarema litoral oeste do Ceará assim como e todo o litoral do estado estes depósitos possuem uma faixa de espessura variável, dispostos a retaguarda dos sedimentos eólicos antigos e atuais e seu limite interno é de difícil delimitação.

Na base, seu contato é feito sob discordância litológica com o substrato do embasamento Pré-Cambriano, enquanto seu topo é encimado por sedimentos quaternários diversos, a exemplo de fluviais, eólicos e praias (Carvalho, 2003).

Porém, a grande área de ocorrência dos sedimentos do Grupo Barreiras no Ceará relaciona-se a uma unidade denominada de “Grupo Barreiras Indiviso”, caracterizado por arenitos argilosos médios a finos de cores variegadas (tons avermelhados, amarelados e esverdeados), matriz argilo-caulínica e cimento argiloso, ferruginoso, por vezes silicoso. Ocorrem leitos conglomeráticos e nódulos lateríticos na base. Pode-se encontrar no topo areias siltosas, bem classificadas. As estruturas são estratificações plano-paralelas discretas e cruzadas (Cavalcante & Ferreira, 1983; CPRM, 2003; Silva Filho, 2004).

### **3.3.3 Cobertura colúvio-eluvionar**

Desenvolvidos entre o Terciário e o Quaternário, ocorrem sedimentos arenosos e lateríticos resultantes do intemperismo “in situ” que, segundo Braga *et al.* (1981) e Brandão (1995), recobrem os litotipos Pré-Cambrianos.

Sua coloração é amarelada a avermelhada, exibindo manchas de oxidação em padrão variegado. Tratam-se de coberturas areno-argilosas depositadas entre o final do Terciário e o início do Quaternário que recobrem as unidades estratigráficas mais antigas. São constituídas por sedimentos lateríticos inconsolidados a semi-consolidados, mal selecionados, de matriz areno-argilosa, com caulim e limonita dispersos, e seixos de quartzo (Carvalho, 2003).

Segundo Carvalho (2003), nas áreas onde o embasamento situa-se próximo da superfície, são desenvolvidas coberturas colúvio-eluvionais de disposição sub-horizontal e de pequena espessura, comumente colonizadas por carnaubais.

### 3.3.4 Sedimentos do Quaternário

As unidades quaternárias ocorrem amplamente na região costeira e incluem depósitos de praia, eólicos, lacustres, flúvio-marinhos e “rocha de praia”, os quais guardam estreita relação com o desenvolvimento da fisiografia da linha de costa. Ainda, o litoral cearense é densamente ocupado por campos de dunas, via de regra, dispostos sobre a superfície dos tabuleiros esculpidos nos sedimentos do Grupo Barreiras.

#### 3.3.4.1 Depósitos eólicos

O relevo litorâneo é representado pelos campos de dunas, sobrepostos em grande parte à superfície dos Tabuleiros Pré-Litorâneos, sendo a feição mais marcante da costa da área estudada (Carvalho, 2003).

Os depósitos eólicos desenvolvem feições peculiares: (1) terraços em forma de amplos lençóis de topos planos a levemente ondulados; (2) paleo-dunas, com sua forma plana a ligeiramente ondulada e (3) campos de dunas compostas com superposições de formas transgressivas. As dunas citadas são representadas tanto pelos tipos fixos quanto móveis, que neste último caso, deslocam-se sobre superfícies planas de platôs da Formação Barreiras ou das paleodunas (Carvalho, 2003).

As dunas cimentadas (eolianitos) dominam uma grande parte da planície litorânea da área, apresentando-se modeladas em *yardangs* por deflação. Este processo também modelou as formas alongadas, como corredores de deflação e *blowouts*. Em certos setores, a acumulação atual de origem marinha ocasiona a regeneração de dunas degradadas (Sales, 2002).

#### 3.3.4.2 Depósitos marinhos praias

As praias arenosas, amplas e de baixa inclinação, variam do tipo dissipativa a intermediária, no conceito de Short & Hesp (1982). Os sedimentos da antepraia são predominantemente compostos por areias finas a médias, com areias grossas subordinadas. As cúspides de praia são características nesse ambiente (Carvalho, 2003).

Os depósitos de praia na área estudada estão distribuídos ao longo de uma extensão de 170 km, dominada pela interação entre os processos marinhos e continentais. As praias são planas (variando em média de 50 a 100 m de largura) caracterizadas pelo desenvolvimento de cúspides e barras de areia distribuídas entre formas oblíquas e paralelas a linha de costa.

#### 3.3.4.3 Depósitos flúvio-marinhos

Os ambientes flúvio-marinhos ocorrem basicamente associados às desembocaduras dos rios, as de maior porte são as dos rios Acaraú e Aracatimirim, próximas a área em estudo na área de estudo tem-se apenas a planície flúvio-marinha associada ao rio Zumbi.

Os cursos fluviais da região são caracterizados por um comportamento sazonal, com caráter intermitente. As pequenas vazões dos rios favorecem uma maior penetração das marés rio acima.

Nestes ambientes, onde é marcante a penetração da maré, desenvolvem-se condições propícias à proliferação de mangue (Carvalho, 2003). Desde a desembocadura, onde se verifica uma influência da maré, até a parte interna do continente, onde ocorre um gradual aumento da influência fluvial, observa-se uma mudança no caráter dos sedimentos predominantemente arenosos e cascalhosos presentes nos canais principais dos rios e argilosos na planície de inundação.

#### 3.3.4.4 Depósitos flúvio-lacustres

Algumas lagunas ocorrem no litoral cearense, em função da formação de barreiras (ou ilhas barreiras) na foz de estuários com pequena descarga, conseqüência do transporte por deriva litorânea, ou do assoreamento causado pelo avanço de campos de dunas. Entretanto, Sales (2002) registrou o predomínio de lagoas interdunares.

Os depósitos flúvio-lacustres também são comuns na costa cearense, tendo sua origem relacionada aos ventos no deslocamento de dunas costeiras, que barram os cursos fluviais.

#### 3.3.4.5 Depósitos lacustres

Estes ambientes são amplamente distribuídos na planície costeira, sendo sua origem creditada ao barramento de cursos fluviais por campos de dunas. As planícies lacustres desenvolvidas na região estão posicionadas à frente das faixas de deslocamento das dunas ou ocorrem ocupando o espaço entre elas (Carvalho, 2003).

A sedimentologia dos depósitos destes ambientes, conseqüentemente, reflete um caráter misto de sedimentos fluviais, eólicos e lacustres, com granulometria dos sedimentos variando de lama a areia fina, de bem a pobremente selecionados.

Os depósitos de carapaças destas algas são compostos exclusivamente por espécies do tipo *penada* (Carvalho, 1994), aspecto que atesta sua origem continental. A ocorrência destes depósitos em associação com as dunas costeiras é comum ao longo de toda a costa cearense.

Entre estes ambientes destacam-se ainda aqueles relacionados a pequenos cursos fluviais ou simplesmente a processos de deflação eólica, que ao atingir o nível do lençol freático favorecem o desenvolvimento de lagoas interdunares (Carvalho, 2003).

### 3.4 HIDROGRAFIA DO LITORAL OESTE DO ESTADO DO CEARÁ

#### 3.4.1 Águas superficiais

O município de Itarema está inserido na bacia hidrográfica do rio Aracatiaçu conhecida como Bacia Hidrográfica Litoral (FIGURA 15) e tem com drenagens de destaque os rios Aracatiaçu e Aracatimirim, e os córregos Grande, da Volta e Mineiro (Vieira *et al.*, 1998).

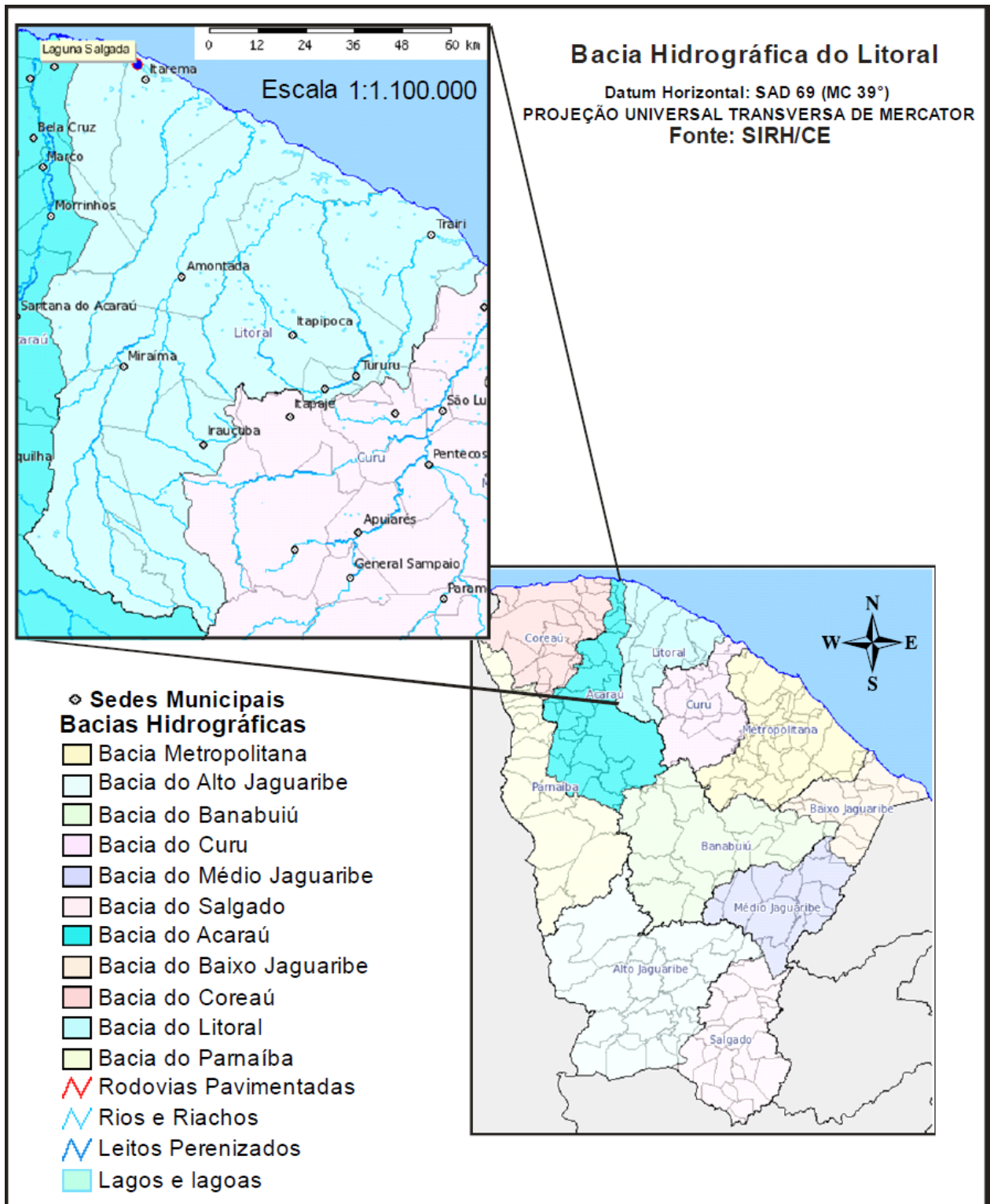
Esta região hidrográfica, com área de drenagem de 8.619 km<sup>2</sup>, engloba as bacias do Aracatiaçu (3.415 km<sup>2</sup>), Mundaú (2.227 km<sup>2</sup>), Aracati-Mirim (1.565 km<sup>2</sup>), Trairi (556 km<sup>2</sup>) e Zumbi (193 km<sup>2</sup>), além de uma Faixa Litorânea de Escoamento Difuso (FLED) de 663 km<sup>2</sup> (SIRH/CE, 2008).

Segundo Saadi & Torquato (1992), a bacia formou-se sob uma crosta deprimida entre o maciço de Uruburetama e o reverso da falha Pedro II- Sobral, delimitada pelo rio Acaraú. A disposição da depressão obedece ao sentido NE-SW, bem como dos rios principais. Os movimentos epirogênicos a que foi submetida direcionam as fraturas e os cursos d'água que neles correm.

Esta bacia hidrográfica dispõe de característica peculiar, posto seus rios não se interligarem devido às fraturas em que correm também no sentido NE-SW. Paralelamente a estes ocorrem fraturas menores nas quais correm pequenos cursos d'água. Essa rede de drenagem é delimitada por desníveis topográficos (Soares, 2007).

A bacia hidrográfica do Litoral é formada por cinco bacias independentes: Aracatiaçu (2.415km<sup>2</sup>), Mundaú (2.227km<sup>2</sup>), Trairi (556 km<sup>2</sup>), Aracati-mirim (1.565km<sup>2</sup>), Zumbi (193km<sup>2</sup>). Estas bacias hidrográficas são drenadas por córregos, riachos, lagoas e lagamares, alimentados por água pluviais e aquíferos que se formam nos campos dunares. Os rios desta bacia encaixam-se em fraturas, divisores entre sub-bacias, delimitadas por contato topográfico de rochas

crystalinas ou gnaiss e por represamento de rios, formando lagamares e lagoas litorâneas (Soares, 2007).



**FIGURA 14** – Bacias hidrográficas do estado do Ceará (COGERH & IPECE, 2007).

A bacia hidrográfica do Litoral é formada por cinco bacias independentes: Aracatiagu (2.415km<sup>2</sup>), Mundaú (2.227km<sup>2</sup>), Trairi (556 km<sup>2</sup>), Aracati-mirim (1.565km<sup>2</sup>), Zumbi (193km<sup>2</sup>). Estas bacias hidrográficas são drenadas por córregos, riachos, lagoas e lagamares, alimentados por água pluviais e aquíferos que se formam nos campos dunares. Os rios desta bacia encaixam-se em fraturas, divisores entre sub-bacias, delimitadas por contato topográfico de rochas cristalinas ou gnaisse e por represamento de rios, formando lagamares e lagoas litorâneas (Soares, 2007).

A rede de drenagem reflete as condições climáticas. Durante os meses de estiagem, os cursos d'água secam por completo, dado que acaba propiciando um rebaixamento significativo do nível freático, só retornando na época das chuvas. Essas lagoas são intermitentes. O padrão de drenagem varia de dendrítico a subdendrítico, e em alguns locais são fortemente controlados por fatores estruturais, em especial nas porções central e nordeste da área, na qual fica evidente o efeito do fraturamento de direção NW-SE controlando a drenagem (Soares, 2007).

### **3.4.2 Águas subterrâneas**

#### **3.4.2.1 Domínios hidrogeológicos**

No município de Itarema podem-se distinguir dois domínios hidrogeológicos distintos: sedimentos da Formação Barreiras e depósitos aluvionares (Vieira *et al.*, 1998).

Os depósitos aluvionares são representados por sedimentos areno-argilosos recentes, que ocorrem margeando as calhas dos principais rios e riachos que drenam a região, e apresentam, uma boa alternativa como manancial, tendo uma importância relativa alta do ponto de vista hidrogeológico, onde a alta permeabilidade dos termos arenosos compensa as pequenas espessuras, produzindo vazões significativas (Vieira *et al.*, 1998).

## **3.5 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS E PARÂMETROS METEOROLÓGICOS DO LITORAL OESTE DO ESTADO DO CEARÁ**

Os principais elementos modificadores da paisagem litorânea são o clima, as condições oceanográficas e as variações relativas do nível do mar.

Para compreensão do comportamento da planície costeira no tempo e no espaço torna-se obrigatório entender a interação entre os agentes da dinâmica costeira, a climatologia e a fisiografia determinando-se assim os processos costeiros.

Para tanto torna-se indispensável uma descrição e análise das condições climáticas, parâmetros meteorológicos e condições oceanográficas para a área em estudo.

### **3.5.1 Clima**

Segundo o IPECE (Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará) e a FUNCEME (Fundação Cearense de Meteorologia) (2007) o Município de Itarema é influenciado por um clima do tipo tropical quente semi-árido brando.

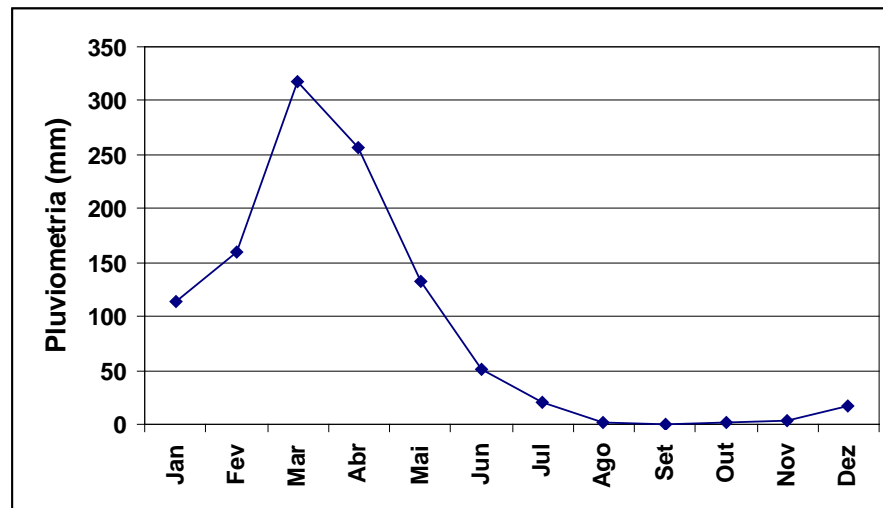
Segundo a classificação de Köppen, a área apresenta zona climática Aw' com clima tropical chuvoso, estação invernal ausente e estação chuvosa concentrada no outono. Apresenta-se predominante na região, ocorrendo nas áreas com precipitações variando de 1.000 a mais de 1.500 mm anuais;

As condições do clima, ventos e ondas na região mantêm uma estreita relação com o processo de deslocamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Ao mesmo tempo, os alísios de sudeste/leste, tornam-se mais efetivos, aumentando sua predominância em relação aos de nordeste. Este comportamento ou padrão climático é bastante influenciado pelo “El Niño”, que ao favorecer uma posição da ZCIT mais ao norte e por um maior período de tempo, prolonga desta forma, a vigência da estação seca (Carvalho, 2003).

Para caracterização das condições climáticas da região estudada utilizaram-se seqüências de dados de estações da FUNCEME distribuídas dentro e fora dos limites da área de estudo.

### **3.5.2 Regime pluviométrico**

A distribuição média das chuvas no município de Itarema (FUNCEME, 2007) durante o período de 1976 a 2006 (TABELA 2, FIGURA 15) evidenciam a alternância entre duas estações: a estação chuvosa (verão-outono), que é chamada de inverno, ocorrendo entre janeiro e maio, sendo março e abril, os meses com maior média pluviométrica e a estação seca (inverno - primavera), que é denominada de verão, ocorrendo entre junho e dezembro.



**FIGURA 15** – Precipitação pluviométrica média mensal (mm), no período de (1976 a 2006), no município de Acaraú – CE (FUNCEME, 2007).

**TABELA 2** – Precipitação pluviométrica média mensal (mm), no município de Acaraú – CE, durante o período de 1976 a 2006 (FUNCEME, 2007).

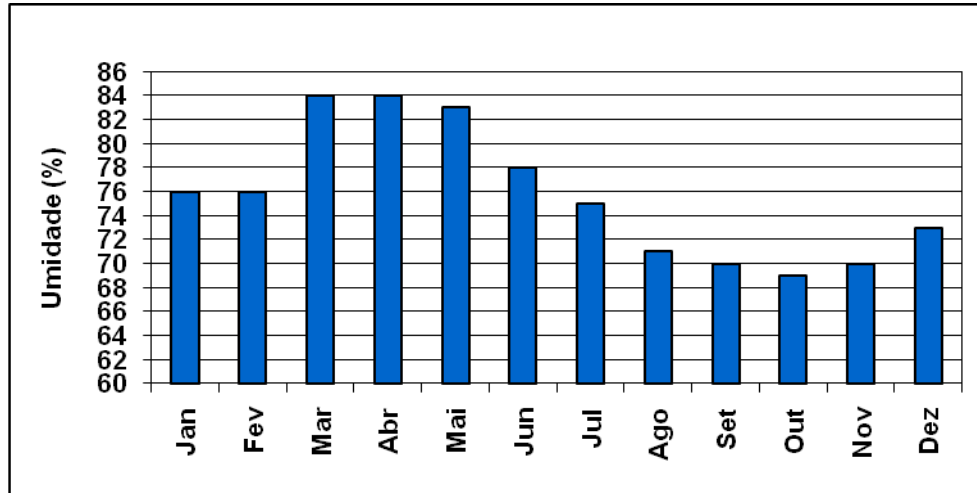
Mês	Precipitação pluviométrica média mensal (mm)
Janeiro	114,3
Fevereiro	160,0
Março	318,2
Abril	256,2
Maio	133,0
Junho	50,4
Julho	20,6
Agosto	2,5
Setembro	0,8
Outubro	1,2
Novembro	2,6
Dezembro	17,8

Com base nesta série histórica da pluviometria no município de Acaraú que está situado ao lado da planície costeira de Itarema, verifica-se que em períodos considerados de boa pluviosidade as chuvas têm início a partir de dezembro, com precipitações fracas. Estas se intensificam ao longo dos meses seguintes, atingindo os maiores valores entre janeiro e maio. A partir daí, passa a descrever uma trajetória decrescente com mínimos entre junho e dezembro.



### 3.5.3 Umidade

A umidade relativa da região estudada situa-se entre 69 a 84% e a sua distribuição anual apresenta um comportamento semelhante à distribuição das chuvas na região (FIGURA 16).



**FIGURA 16** – Umidade relativa do ar média mensal (%), durante o período de (2006 a 2010), no município de Acaraú – CE (FUNCEME, 2010).

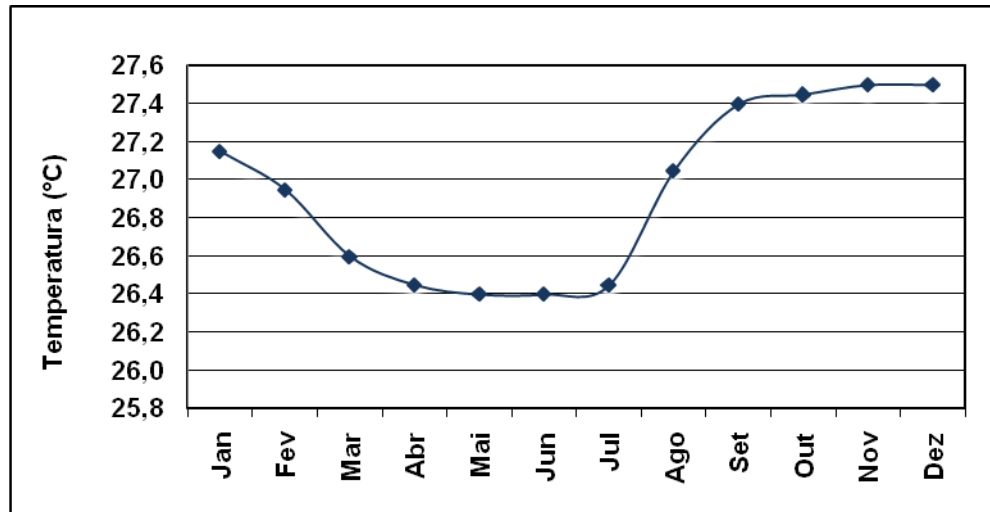
**TABELA 3** – Umidade relativa do ar média mensal (mm), no município de Acaraú – CE, durante o período de 2006 a 2010 (FUNCEME, 2010).

Mês	Umidade (%)
Janeiro	76
Fevereiro	76
Março	84
Abril	84
Maio	83
Junho	78
Julho	75
Agosto	71
Setembro	70
Outubro	69
Novembro	70
Dezembro	73

### 3.5.4 Temperatura do ar

A temperatura média anual para os anos de 2006 a 2010, medida na estação Acaraú, situa-se na média de 27°C, com máxima de 27,5°C e mínima de 26,4°C como pode ser verificado na FIGURA 17, produzindo uma amplitude máxima de variação em torno de 1°C, este aspecto

caracteriza o regime térmico da região como de temperaturas elevadas, porém, de baixa amplitude.



**FIGURA 17** – Variação da temperatura média anual do ar (°C) no período de 2006 a 2010, no município de Acaraú – CE (FUNCEME, 2010).

**TABELA 4** – Temperatura média mensal do ar (°C), no município de Acaraú – CE, no durante o período de 2006 a 2010 (FUNCEME, 2010).

Mês	Temperatura média mensal (°C)
Janeiro	27,2
Fevereiro	27,0
Março	26,6
Abril	26,5
Maio	26,4
Junho	26,4
Julho	26,5
Agosto	27,1
Setembro	27,4
Outubro	27,5
Novembro	27,5
Dezembro	27,5

Com base nas médias mensais de temperatura durante o período de 2006 a 2010 em Acaraú (TABELA 4), verificaram-se temperaturas mínimas entre os meses de março e julho e máximas entre agosto e fevereiro, coincidindo, respectivamente, com os períodos secos e chuvosos o que caracteriza uma forte influência sazonal, desenvolvendo uma relação diretamente proporcional com as variações na pluviometria.

### 3.5.5 Evaporação

Na área estudada as taxas médias de evaporação são mais baixas entre os meses de fevereiro e junho, com mínimo em abril, coincidindo com o período de chuvas, e elevadas entre julho e janeiro, com pico em outubro, quando está instalado o período de estiagem, produzindo, assim, uma relação inversamente proporcional com a pluviometria (Carvalho, 2003).

### 3.5.6 Comportamento dos ventos

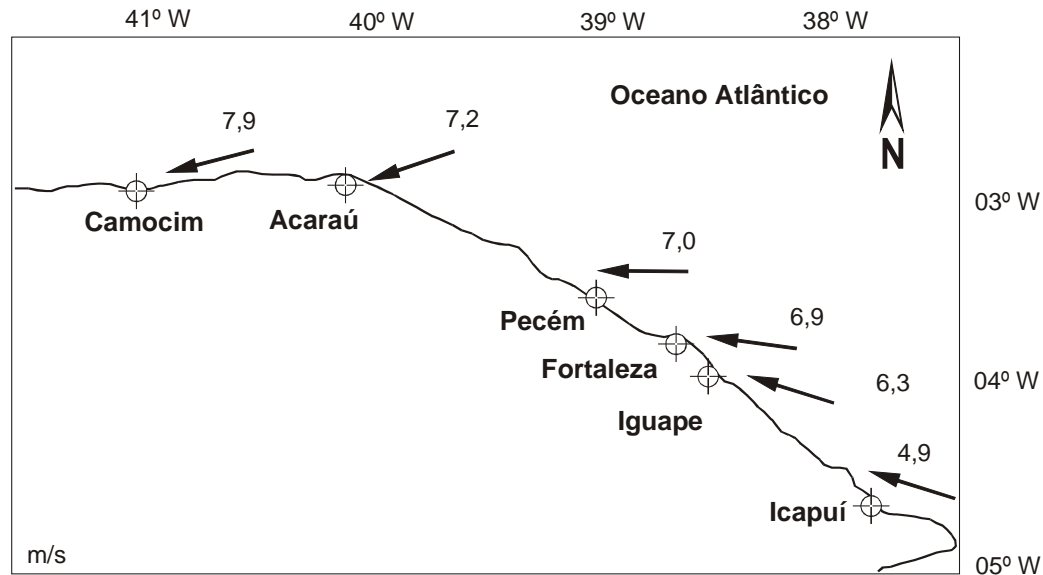
CLIVAR/BRASIL (1998) observa que o ciclo anual dos ventos alísios está relacionado com a migração meridional da Zona de Convergência Inter Tropical - ZCIT, que separa os ventos prevalecentes de nordeste e os de sudeste. Este sistema move-se de uma posição equatorial em fevereiro/março para até 14°N em agosto/setembro, na parte leste do Oceano Atlântico, e de 8°N na parte oeste, em contraste com uma migração pouco acentuada no Oceano Pacífico. Sua importância para a caracterização do padrão de ventos no nordeste brasileiro é incontestável.

As condições dos ventos na região mantêm uma estreita relação com o deslocamento da ZCIT e com as condições meteorológicas no hemisfério norte. A faixa de movimentação da ZCIT é marcada pela convergência dos ventos alísios de nordeste e de sudeste. Durante os meses de dezembro a abril a ZCIT desloca-se no sentido meridional, quando, via de regra, é caracterizada a estação de chuvas na região. Neste período, verifica-se a presença dos alísios de NE, que também atingem a costa com mais frequência (Carvalho, 2003).

Os ventos de ESE predominam sobre os demais durante todos os meses do ano a exceção dos meses de dezembro e janeiro, quando são superados pelos ventos de ENE e de E. Os ventos de E são constantes ao longo do ano e apresentam, médias de velocidades superiores às desenvolvidas pelos ventos de ESE e ENE, apresentando suas maiores médias distribuídas entre julho e setembro (Carvalho, 2003).

Carvalho (2003) fez medidas na estação de Pecém, em 1999, e as velocidades variaram de 3,5 a 6,6 m/s, com média de 5,0 m/s. A velocidade do vento apresenta uma distribuição sazonal, com os valores mais baixos distribuídos ao longo dos meses de janeiro a junho, com os menores valores verificados em março e abril e os maiores valores de velocidade ocorrendo entre julho e dezembro, com picos entre agosto e novembro.

Segundo Maia (1998) a velocidade média do vento na costa cearense varia ao longo do ano, entre 3,0 m/s (fevereiro-maio) e 8,0 m/s (agosto-novembro), sofrendo influência maior dos ventos alísios de nordeste (FIGURA 18).



**FIGURA 18** - Distribuição das velocidades e direções de ventos na costa cearense (Maia, 1998).

### 3.6 VEGETAÇÃO

De acordo com Soares (2007), a vegetação da área de estudo está dividida de acordo com a geomorfologia local da seguinte forma:

Nas Planícies Fluviais a vegetação de maior significância está representada por mata ciliar, com presença da oiticica e carnaúba, na Planície Sub-Litorânea a vegetação que cobre o tabuleiro litorâneo cearense é constituída por espécies da caatinga, forte indicador biológico de determinante climático de semi-aridez.

Na planície costeira da bacia hidrográfica do Litoral, estas feições morfológicas estão por trás das dunas móveis. Essas formações são fixas por cobertura vegetal, sob solos Neossolos Quartzosos Distróficos Marinheiros, e florescem vegetação de caatinga e algumas espécies características de ambiente dunar como: murici (*Byrsonima sp.*) cajueiro bravo (*Curatella americana L.*) pinhão (*Jatropha pohliana*).

Por último na Planície Flúvio-marinha desenvolvem-se os solos indiscriminados costeiros onde florescem os mangues: mangue vermelho (*Rhizophora mangle*) mangue branco (*Laguncularia racemosa*), mangue preto (*Avicennia shaueriana*).

A planície costeira é recoberta pelo complexo vegetacional da zona litorânea que engloba tipologias diferenciadas: o manguezal, a vegetação pioneira psamófila (recobrando a faixa praial e as dunas móveis) e vegetação subperenifólia de dunas (recobrando as dunas fixas e paleodunas) (Marcelino, 1999).

### 3.7 CONDIÇÕES OCEANOGRÁFICAS

#### 3.7.1 Marés (amplitude e correntes)

O regime de marés na região é caracterizado como de meso-marés e periodicidade semi-diurna (Carvalho, 2003; Bensi, 2005).

A amplitude média tem oscilações entre -20 e 320 cm em referimento ao M.S.L. (*mean sea level*) com valores médios da ordem de 155 cm (Bensi, 2005).

#### 3.7.2 Ondas

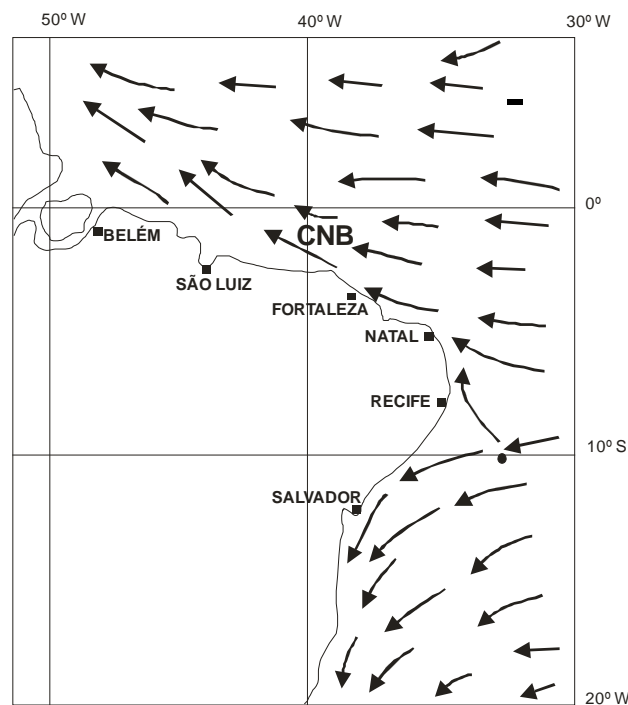
Maia (1998) verificou a existência de um forte controle das características das ondas com a velocidade e direção do vento, determinando um domínio das ondas de E, ESE e ENE e, secundariamente de NE.

Segundo Carvalho (2003) as principais direções de onda com as respectivas alturas e períodos que afetam a área de estudo, são as seguintes: N25°, com alturas de 1,0 a 1,5 m e período de 5,0 a 6,5 s, representando 10% das ocorrências; N60°, com alturas de 1,0 a 1,5 m e período de 5,0 a 6,5 s, representando 30% de ocorrências e, N90° com alturas de 1,0 a 1,5 m e período de 5,0 a 6,5 s, representando 60% das ocorrências.

As ondas com menores alturas máximas (entre 0,8 e 1,3 m) representam um percentual de incidência bastante reduzido, o mesmo ocorrendo para ondas de maiores alturas máximas (entre 2,9 e 4,0 m), estas são distribuídas, em pequeno percentual, ao longo de todos os meses do ano, estes valores descrevem razoavelmente uma predominância de ondas de maiores alturas em torno da segunda metade do ano (Carvalho, 2003).

### 3.7.3 Correntes Marinhas

Segundo Carvalho (2003) que realizou pesquisas na região de Matões próximo a área da Itarema, a intensidade média das correntes oscila entre 0,10 e 0,30 m/s e direções entre W e NNW, Freire & Cavalcanti (1998) também constataram tal fato como pode ser observado na FIGURA 19 abaixo. Carvalho *op cit.* constatou que as mudanças nas marés não produzem modificações significativas no comportamento das correntes, mostrando o caráter dominante dos ventos no seu desenvolvimento, uma vez que estas apresentaram direções compatíveis com as dos ventos efetivos.



**FIGURA 19** – Distribuição das correntes permanentes da região Nordeste do Brasil. CNB: Corrente Norte Brasileira (Freire & Cavalcanti, 1998).

As velocidades médias das correntes variam entre 0,16 m/s a 0,59 m/s, descrevendo uma trajetória geral paralela às isobatas e à linha de costa. Este padrão é compatível com o sentido predominante da deriva litorânea na região (Carvalho, 2003).

A plataforma continental do Ceará é banhada pelas águas salinas e oxigenadas da Corrente Norte Brasileira (CNB), que é um ramo da corrente Atlântica Equatorial que atinge a costa brasileira entre as cidades de Recife e Natal, fluindo de ESE para WNW (Silva Filho, 2004).

### 3.8 VARIAÇÕES DO NÍVEL DO MAR NO CEARÁ

No litoral do Ceará, os traços das oscilações do nível marinho são assinalados depois do ano de 1970 onde se tem as publicações de caracterização geral sobre a geologia e geomorfologia da região (Costa *et al.*, 1979; Braga *et al.*, 1981; Gatto & Moreira, 1981; Prattes *et al.*, 1981; Freire, 1985; Andrade, 1989; Claudino Sales, 1993; Maia, 1993, entre outros).

Estudos específicos iniciaram-se depois de 1980 (ex Andrade, 1983; Carvalho *et al.*, 1994; Meireles e Maia, 1998). Essas publicações indicam a presença de planícies de progradação de praias, de cordões de beach-rocks, de linhas de paleofalésias, de depósitos de conchas acima do nível marinho atual e de fenômenos desaparecimento e aparecimento de manguezais como índices de prováveis oscilações do nível do mar (Sales, 2002).

No estado do Ceará as evidências geoambientais de mudanças do nível relativo do mar e alterações climáticas no Quaternário foram evidenciadas por terraços marinhos holocênicos e pleistocênicos, plataformas de abrasão marinha escalonadas, gerações de dunas e eolianitos, antigos corais sobre a berma e estirâncio, depósitos de mangue acima do nível máximo das marés e submersos na plataforma continental proximal, falésias mortas e complexos sistemas representados por deltas de marés e lagunas costeiras (Meireles *et al.*, 2005).

Descritos inicialmente por Meireles *et al.* (1990), seguido por Morais & Meireles (1992), foi possível reconstruir níveis do mar mais elevados do que o atual, desde Icapuí, no extremo leste (divisa com o estado do Rio Grande do Norte), até a região de Granja, limite oeste com o estado do Piauí.

A planície de Icapuí, localizada no extremo leste, evidencia um dos melhores conjuntos morfológicos que constataram as flutuações relativas do nível do mar desde o Pleistoceno. Apresenta uma seqüência de formas elaboradas através da presença marcante das ondas e marés, originada durante a regressão subsequente ao máximo de 123.000 anos A.P., onde o nível do mar estava a aproximadamente 8m acima do atual, formando os terraços marinhos pleistocênicos.

Esta dinâmica foi inicialmente responsável pela construção das falésias mortas, as quais se distanciam da linha de preamar em até 4,0 km, delimitando um contato abrupto entre sedimentos marinhos e continentais. Evidenciam localmente um desnível altimétrico por volta de 40m entre a crista das falésias mortas e o início dos terraços marinhos.

A partir das falésias, em direção à faixa de praia atual, partem uma numerosa quantidade de evidências que possibilitaram a reconstrução de oscilações, em que novamente o mar, após ter alcançado níveis de até 120 m abaixo do atual, por volta de 18.000 anos A.P., passa pelo nível atual há aproximadamente 7.000 anos A.P. (Suguio *et al.*, 1985), atingindo uma altura de 5 m há 5.100 anos A.P., regredindo, a seguir, e contribuindo diretamente para conformação morfológica da planície costeira de Icapuí e originando os terraços marinhos holocênicos.

As conchas de bivalves marinhos presentes nos terraços foram datadas, o que proporcionou a elaboração de uma curva de variação do nível do mar durante os últimos  $1.720 \pm 51$  anos A.P., para a costa cearense (Meireles *et al.*, 2005).

No litoral cearense, terraços marinhos pleistocênicos referentes a este segundo nível mais alto do mar, foram encontrados somente na porção leste do estado, no município de Icapuí (Meireles, 1991; Meireles & Maia, 1998).

As conchas de bivalves foram coletadas em diversos pontos da planície costeira de Icapuí, através de sondagens realizadas em sedimentos arenosos dos depósitos marinhos holocênicos. Essas conchas representam um dos principais indicadores paleoambientais, pois podem ser submetidas a análises isotópicas (Meireles *et al.*, 2005).

Na planície costeira de Paracuru a presença de falésias mortas demonstra a progradação desta morfologia durante o período regressivo, em que o nível do mar atinge a situação atual, mais a oeste na foz do rio Curu foram encontrados terraços marinhos sobre antigos depósitos de mangue evidenciando flutuações do nível do mar durante o Holoceno, sendo pontos de referência para se constatar a dinâmica dos processos geológicos na costa oeste cearense (Meireles *et al.*, 2005).

A ocorrência de eolianitos, entre as praias de Cumbuco (município de Caucaia) e Preá (município de Jijoca de Jericoacoara), em uma extensão de aproximadamente 300 km, também evidenciou oscilações climáticas e variações do nível relativo do mar. Podem estar associados a eventos trans-regressivos e condições climáticas bastante complexas para a cimentação dos grãos de quartzo (Meireles *et al.*, 2005).

A ocorrência de lagoas e lagunas distribuídas nas planícies costeiras, também podem fornecer importantes informações à cerca das oscilações do nível relativo do mar e, principalmente, sobre mudanças climáticas durante o Holoceno (Meireles *et al.*, 2005).



A presença de paleoplataformas de abrasão escalonadas, com *notchs* (entalhes basais) ao longo da planície costeira de Jericoacoara atribuídos a distintos níveis altimétricos do mar diferentes da cota atual, foi relacionada com as oscilações de alta frequência (Meireles *et al.*, 2003).

Estas estruturas de erosão foram estudadas por Sunamura (1994) e Pirazolli (1989) e utilizadas para a definição de cotas altimétricas do nível do mar diferentes das atuais. Oscilações dessa natureza foram evidenciadas na costa Leste brasileira, quando há 4.800 e 2.700 anos A.P. se produziram oscilações da ordem de 3 m no nível relativo do mar (Martin *et al.*, 1985 e Dominguez *et al.*, 1996).

Os campos de dunas do litoral cearense foram também correlacionados com os eventos eustáticos de alta frequência, a disponibilidade de sedimentos em períodos do nível do mar mais baixos do que o atual, possibilitou a formação de campos de dunas contínuos com mais de 20 km de largura (com altitudes que ultrapassaram 60 m) foi utilizada como importante indicador morfológico para avaliar alterações do nível relativo do mar. (Meireles *et al.*, 2003).

A plataforma continental plana e muito extensa possibilitou oscilações do nível do mar de pequenas amplitudes, nela há exposição de extensas áreas com sedimentos representativos de fácies quartzosa e biodetrítica para o transporte eólico. No litoral oeste cearense, eventos desta natureza, que originaram extensos depósitos de sedimentos eólicos, foram representados pela ocorrência de eolianitos em trechos contínuos de até 28 km (Meireles *et al.*, 2000).

Associados ao eolianitos foram registradas ocorrências de depósitos de mangue (restos vegetais) em áreas atualmente submersas durante a maré baixa e afastados do limite da linha de costa em até 1,2 km (plataforma associada à zona costeira dos municípios de Icapuí e Camocim) (Meireles *et al.*, 2005).

Na planície costeira do Ceará foram encontrados vários testemunhos dos dois últimos níveis mais altos do mar, como diferentes gerações de dunas, níveis escalonados de plataformas de abrasão, ocorrência de arenitos de praia em três níveis topográficos, antigos depósitos de mangue, recifes de corais, dinâmica complexa na evolução dos canais estuarinos e lagunas, etc (Meireles, 2001; Meireles & Raventos, 2002).

#### 4 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA DA PLANÍCIE COSTEIRA DE ITAREMA

As formas de relevo as quais se constituem objeto da geomorfologia, resultam da interação de processos endógenos com os processos exógenos, a exemplo da atuação dos agentes climáticos, ação fluvial, condições oceanográficas, etc. Estes processos não são estáticos, continuando ao longo do tempo, ora construindo, ora destruindo as formas de relevo.

O mapeamento das feições resultantes destes processos torna-se importante para identificação e melhor compreensão dos fenômenos naturais, suas interações e os produtos resultantes, permitindo assim um melhor planejamento para o uso e ocupação do solo.

Sendo os ambientes litorâneos formados por material inconsolidado e possuindo características dinâmicas em virtude principalmente de processos oceanográficos e meteorológicos, configuram áreas muito suscetíveis a mudanças, podendo ser afetadas em diversas escalas temporais e espaciais, sofrendo importantes transformações, que podem ou não ser reversíveis.

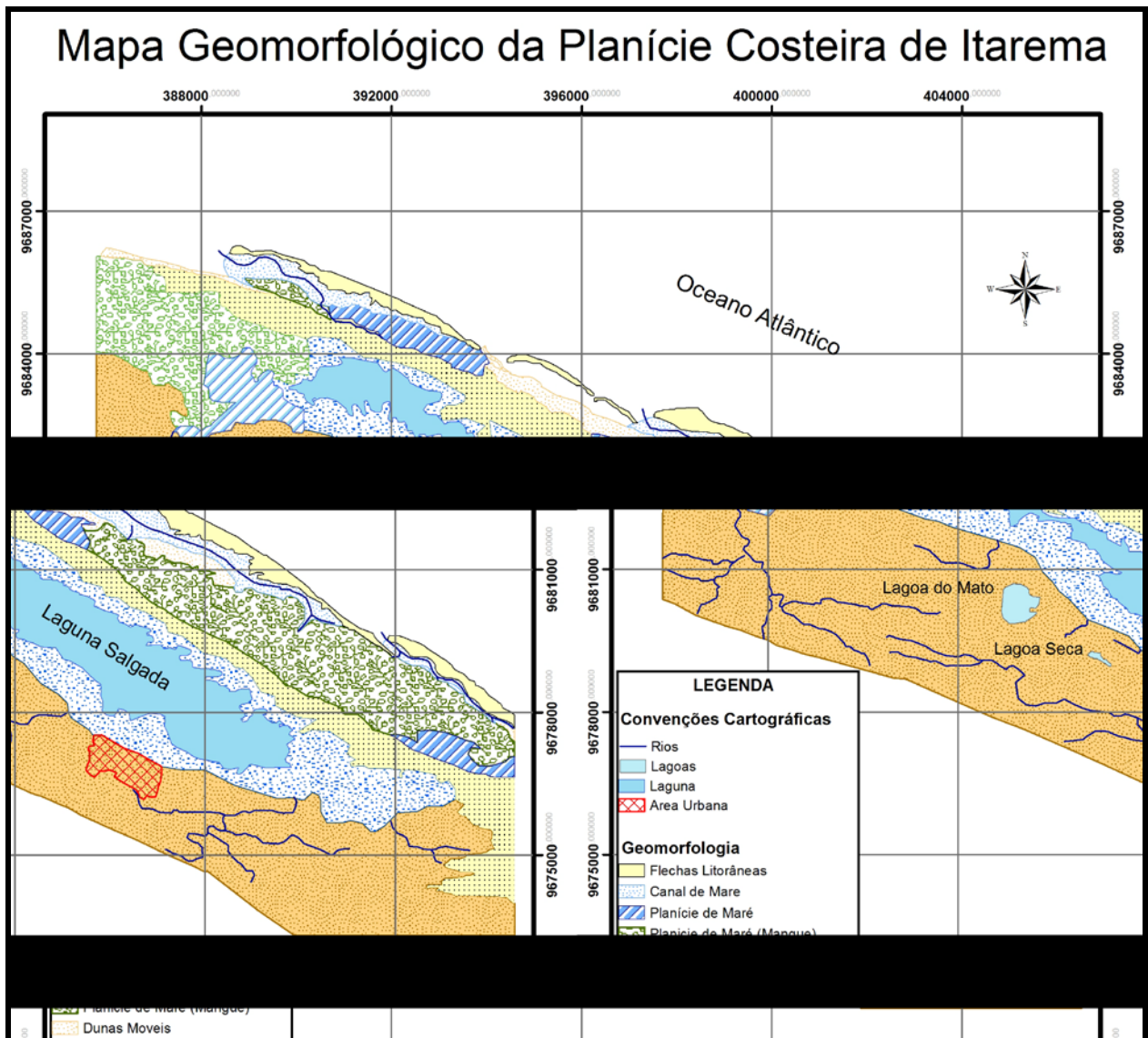
Este capítulo tem como objetivo apresentar as principais feições geomorfológicas e compartimentação geológica da planície costeira do município de Itarema no litoral oeste do estado do Ceará, identificadas no mapeamento em campo e através de imagens de satélite.

##### 4.1 UNIDADES MORFO-ESTRUTURAIS MAPEADAS

A compartimentação da planície costeira do município de Itarema é representada por duas grandes unidades morfo-estruturais: Tabuleiros pré-litorâneos e planície litorânea, sendo esta última a unidade mapeada com detalhes neste trabalho (FIGURA 20), cuja correspondência com as unidade litoestratigráficas e feições geomorfológicas pode ser visualizada no QUADRO 2.

**QUADRO 2:** Descrição geológico-geomorfológica, em base às observações de campo.

Unidades morfo-estruturais	Unidades litoestratigráficas	Feições geomorfológicas
Planície litorânea	Depósito marinho praial	Praias, flechas litorâneas, canais de maré
	Depósito lagunar	Planície lagunar
	Depósito eólico	Dunas móveis, paleodunas, eolianitos
	Depósito paludial	Planícies de maré (mangue)
	Depósito tecnogênico	Planície de maré e flúvio-marinha
	Depósito flúvio-marinho	Planície flúvio-marinha (mangue)
Tabuleiros Pré-litorâneos	Formação Barreiras	Tabuleiro Pré-litorâneo



**FIGURA 20** – Mapa geomorfológico da lagoa Salgada e região adjacente no município de Itarema – Ceará.

#### 4.1.1 Tabuleiros pré-litorâneos

A faixa de Tabuleiros pré-litorâneos é a paisagem predominante no município de Itarema com 57 km<sup>2</sup> de área, constitui um prolongamento da Depressão Sertaneja tendo início a partir dos flancos das escarpas de contorno do embasamento Pré-Cambriano, estende-se até os limites da linha de costa atual aflorando em alguns trechos do litoral, mas em grande parte se encontra recoberto por sedimentos praias formando dunas que adentram no continente (FIGURA 21).



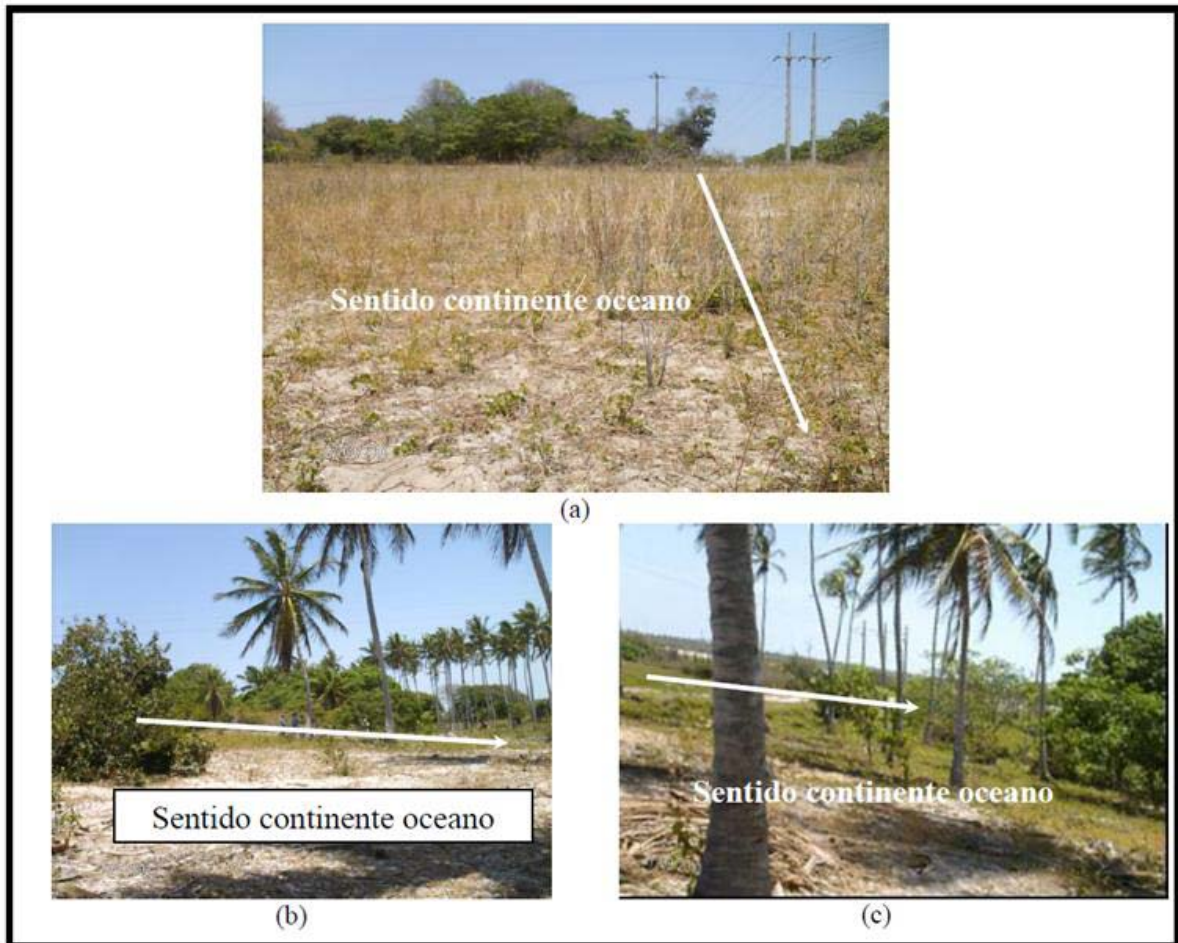
**FIGURA 21** – Limite entre os tabuleiros pré-litorâneos e a planície litorânea. Ao fundo vegetação de carnaubal dos tabuleiros e mais a frente iniciando o corpo lagunar com vegetação gramínea e sedimentos expostos da planície lagunar, que marca o início da planície litorânea. Foto: Lamarka Lopes Pereira, 2006.

Os Tabuleiros Pré-litorâneos são caracterizados por um relevo de superfície plana a suavemente ondulada, com um mergulho suave no sentido do oceano (FIGURA 22), a topografia apresenta curvas de nível entre 7 e 33 m com altitude média de 20 m, na área em estudo. São formados pelos sedimentos pertencentes ao Grupo Barreiras, que se distribuem como uma faixa de largura variável que acompanha a linha de costa por trás dos depósitos eólicos antigos e atuais.

Formam relevos tabulares, dissecados por vales alongados e de fundo chato, com cotas altimétricas baixas e suave inclinação em direção ao mar, sendo conhecido como tabuleiros. Na costa, apresentam-se cobertos pelos cordões de areias, e no interior limitam-se por uma linha de escarpa de contorno extremamente irregular, com desníveis pequenos em relação à depressão periférica.

Constatam-se a presença de testemunhos isolados da faixa principal dos tabuleiros, recortados pela erosão fluvial. Originalmente formavam uma superfície contínua, bem mais ampla que os limites atuais, elaborada a partir da coalescência de leques colúvios-eluviais, numa

época em que o nível do mar era mais baixo do que o atual, permitindo o recobrimento de uma extensa plataforma (ANA/Banco Mundial/PROÁGUA Nacional/COGERH, 2011).



**FIGURA 22** – (a) Topo do Tabuleiro pré-litorâneo, mostrando decaimento suave em direção ao oceano. (b, c) Continuação do Tabuleiro pré-litorâneo, mostrando decaimento suave em direção ao oceano. Foto: Lamarka Lopes Pereira, 2010.

Nesta unidade as associações de solos são caracterizadas pela dominância de Podzólicos Vermelho Amarelos e Areias Quartzosas, recobertos por vegetação secundária de porte arbóreo-arbustivo.

Nos tabuleiros pré-litorâneos do município de Itarema ocorre a presença de dois depósitos lacustres a lagoa Seca (FIGURA 23 A) e a lagoa do Mato (FIGURAS 23 B e C), ambas estão encaixadas nos sobre os Tabuleiros pré-litorâneos e a lagoa seca não aparece na maioria das imagens permanecendo seca durante a maior parte do ano, sendo, portanto de caráter sazonal.



**FIGURA 23** – No detalhe A lagoa Seca, no detalhe B pequena ilha dentro do corpo lacustre colonizada por coqueiros, início do período chuvoso (03/2007) e no detalhe C alto da pequena ilha após o período chuvoso (09/2010). Fotos: Lamarka Lopes Pereira.

A lagoa do Mato é um depósito lacustre perene com 1 km<sup>2</sup> de área na época chuvosa chegando a diminuir sua área à quase a metade medindo 0,54 km<sup>2</sup> na época seca, cujos sedimentos tanto de fundo quanto das margens são areias de granulometria fina e bem selecionados.

#### 4.1.2 Planície litorânea

A Planície litorânea é a unidade morfológica mais extensa da planície costeira de Itarema, abrangendo uma área de 81,3 km<sup>2</sup>, representando a faixa de terra paralela à costa que recebe influência direta das ações marinha e eólica, que atuam modelando-a em períodos curto, médio e longo. Limita-se ao sul pelos sedimentos eólicos que recobrem a Formação Barreiras, compondo os Tabuleiros pré-litorâneos com 20 m de altitude em média e ao norte pela zona com predominância dos processos marinhos.

Esta planície é formada pelos depósitos sedimentares do Holoceno, que se acumularam, formando diversas feições geomorfológicas como as planícies lagunar, de maré e flúvio-marinhas, os campos de dunas móveis, fixas e paleodunas, pelas as praias com seus canais de maré e flechas litorâneas. As áreas de cada feição identificada neste mapeamento foram calculadas a partir do polígono identificado nas imagens mapeadas e seus valores estão descritos na TABELA 5, abaixo.

**TABELA 5-** Principais feições geomorfológicas da área em estudo e área de abrangência.

	Feições geomorfológicas	Área (km <sup>2</sup> )
Planície litorânea	Planície lagunar	31,68
	Planície Flúvio Marinha (manguezal)	7,56
	Planície Flúvio Marinha	2,31
	Paleodunas	13,34
	Dunas Móveis	2,46
	Planície de maré (Manguezal)	9,96
	Planície de maré	4,84
	Canal de Maré	4,55
	Flechas litorâneas	4,03
	Praia	-

##### 4.1.2.1 Planície lagunar (laguna Salgada)

A planície lagunar neste trabalho foi considerada como toda a área de abrangência da laguna Salgada que é o maior corpo lagunar da área, com todas as suas feições. Esta planície teve sua origem a partir de processos mistos como: o barramento de cursos fluviais, a deriva litorânea, variações do nível do mar e pela migração de campos de dunas.

A planície da laguna Salgada está situada no setor central da área estudada, em contato com os sedimentos da Formação Barreiras, depósitos eólicos e flúvio-marinhos. A altitude média é de 2 m e sua extensão média é de 31 km e permanece completamente inundada durante a época

das chuvas de janeiro a junho e parcialmente durante o período de estiagem. Sua composição litológica varia de lama a areia, entre pobremente e bem selecionadas, refletindo o caráter misto de sedimentos fluviais, eólicos e lacustres, onde a presença de depósitos de carapaças de foraminíferos e conchas é marcante.

A laguna Salgada que ocupa a planície lagunar em questão é recortada por barreiras físicas antrópicas (estradas) e naturais (dunas) que a dividem em três setores, tendo cada um deles características próprias de morfologia, abastecimento hídrico, de salinidade, profundidade, vegetação e fauna, possuindo características de laguna colmatada.

No setor noroeste da planície lagunar existem dois canais de maré de largura variando de 7,25 m à 12,58 m, aqui nomeados de canal de maré 1 e canal de maré 2 (FIGURA 24), sendo os únicos vínculos de ligação da laguna Salgada ao oceano e de extrema importância, pois, conferem ao ambiente características de sistema lagunar.



**FIGURA 24** – Localização dos canais de maré 1 e 2 da laguna Salgada Fonte: *Google Earth*. Data da imagem: 26/10/2006.

O canal de maré 1 (FIGURAS 24 e 25) é retilíneo, sendo em determinadas épocas fechado, dada a existência de uma barragem artificial, interrompendo o fluxo natural das marés. Tem aproximadamente 400 m de extensão desde a ponte dos Filomenos até a barragem artificial



na margem lagunar, largura média de 10 m e 2 m de profundidade. É bordejado por sedimentos eólicos, com afloramentos de Eolianitos em toda sua extensão e suas margens estão colonizadas poucas árvores de mangue, sendo predominante a presença de coqueiros em toda a sua extensão.

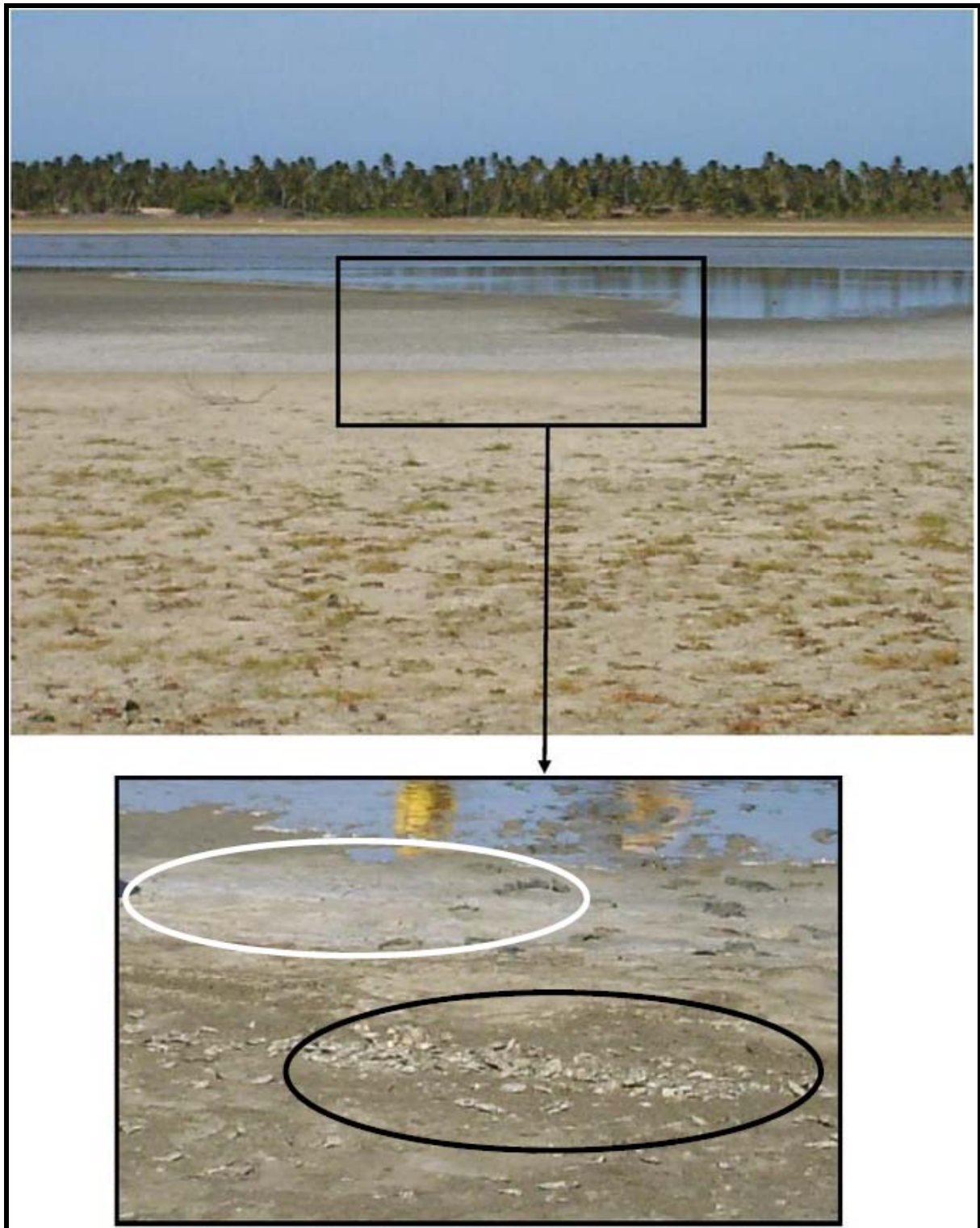


**FIGURA 25** – Canal de maré 1 da laguna Salgada, com 400 m de extensão, largura média de 10 m e salinidade 9, nas bordas apresenta sedimentos eólicos, com afloramentos de eolianitos e colonizado ao seu longo por coqueiros e mangue. Foto: Lamarka Lopes Pereira 11/2007.



**FIGURA 26** – Continuação do canal de maré 1, com detalhe da barragem construída na localidade de Olho d’água, responsável pelo controle tanto da entrada da água do mar na laguna quanto pela saída de águas continentais na época chuvosa, localidade Faísca. Foto: Lamarka Lopes Pereira 11/2007.

A FIGURA 26 mostra a barragem que é utilizada para o balanço de entrada e saída d’água na laguna. No período de estiagem onde a mesma não recebe influência de águas continentais, com o fechamento desta barragem, não ocorre entrada de águas oceânicas, por ser um ambiente extenso e extremamente raso, com lâmina d’água que não ultrapassa os 50 cm, conjuntamente com o clima seco e quente, a grande velocidade dos ventos e evaporação elevada, a laguna seca e torna-se um ambiente de alta salinidade  $> 15$ , com pouca água, dificultando a resistência de vida no local, causando a mortandade dos peixes como podemos verificar na FIGURA 27.



**FIGURA 27** – No círculo preto peixes mortos na margem da laguna e no detalhe do círculo branco precipitação de sal. Foto: Lamarka Lopes Pereira 11/2007.

O canal de maré 2 é na maior parte da sua extensão meandrante, com um denso mangue ao longo de toda sua extensão, apresentando na porção de entrada na laguna um trecho retilíneo de aproximadamente 450 m de extensão e 5 m de largura em média. Há uma ponte (FIGURA 28) sobre o canal de maré 2 que permitiu a descrição de margem direita como sendo a do canal de maré 2 e margem esquerda (FIGURA 29) da ponte como lagunar, a margem direita possui uma extensa fazenda de camarões de aproximadamente 6 km<sup>2</sup> de área que foi construído na planície de maré, para tanto, toda a vegetação de mangue existente à época foi desmatada.



**FIGURA 28** – Ponte sobre o canal de maré 2, onde verificou-se a esquerda a margem lagunar e a direita o canal, localidade Ediom. Foto: Lamarka Lopes Pereira 11/2007.



**FIGURA 29** – Margem lagunar do canal de maré 2, localizado a noroeste da laguna Salgada. Foto: Lamarka Lopes Pereira 11/2007.

O abastecimento de água nos setores central e sudoeste da planície lagunar ocorre apenas por córregos de águas continentais, havendo córregos de caráter temporário que abastecem apenas em épocas de chuvas de janeiro a maio, e córregos de caráter intermitente como o córrego do Gargoê (FIGURAS 30 e 31).

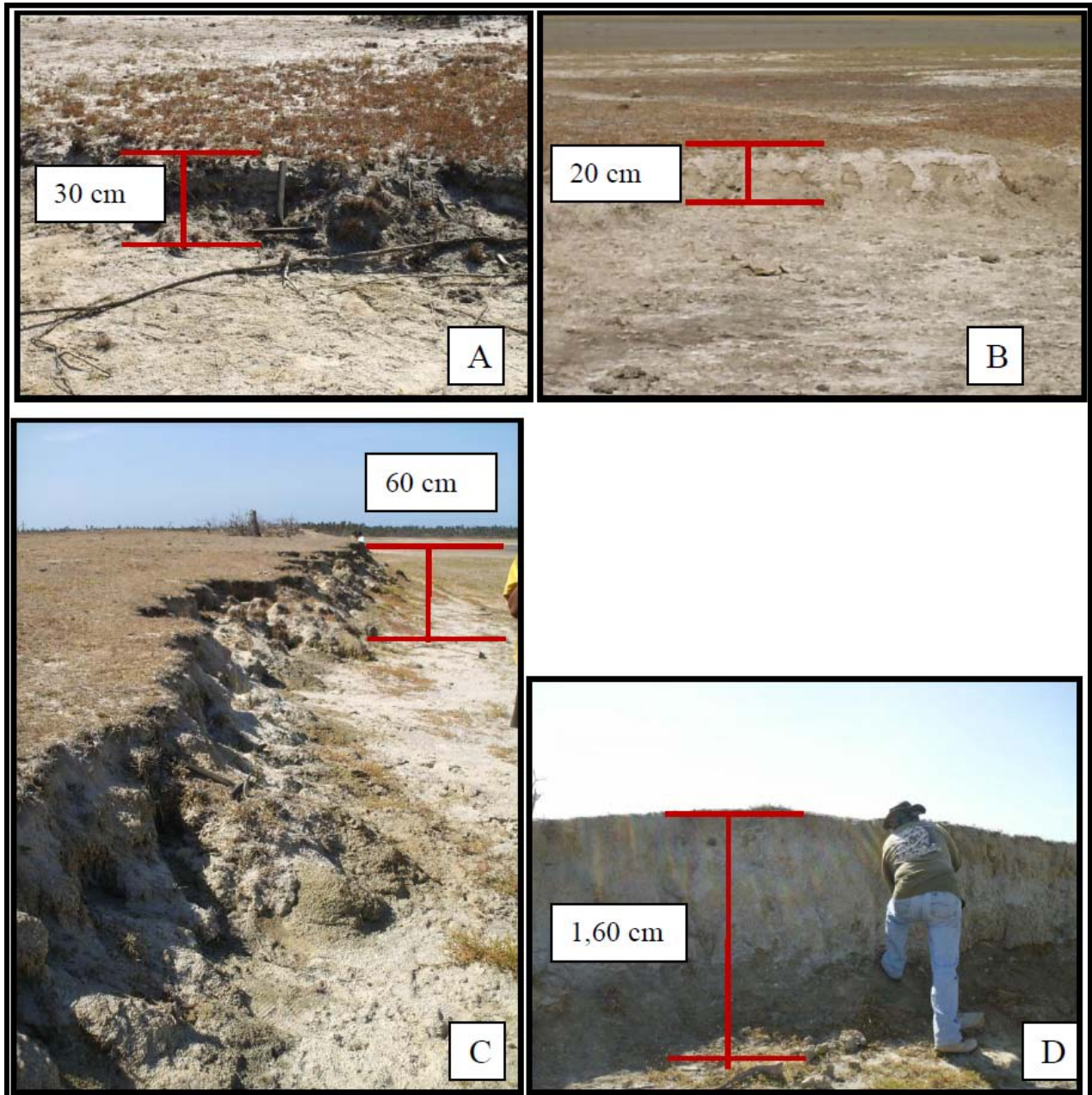


**FIGURA 30** – Um dos córregos que abastece a laguna com águas continentais em épocas chuvosas. Foto: Lamarka Lopes Pereira 11/2007.



**FIGURA 31** – Córrego do Gargoê, intermitente, abastece o setor leste da laguna Salgada. Foto: Lamarka Lopes Pereira 09/2008.

A planície lagunar possui pequenos terraços erosivos (FIGURA 32 e 33), com altitudes que variam entre 2 a 6 m em relação ao nível do mar. As marcas de erosão delimitam o nível do corpo lagunar em épocas de grandes chuvas, são compostos por areia litoclástica fina a muito fina, moderadamente selecionadas, leptocúrtica, aproximadamente simétrica, mostrando forte controle de deposição eólico.



**FIGURA 32** – A e B – Terraços erosivos com 2 m de altitude em relação ao nível do mar, não ultrapassa 30 cm de altura, sedimentos areno-lamosos, pobremente selecionados, típicos de margem lagunar, com deposição mista, lagunar e eólica e baixo teor de matéria orgânica  $< 0,5\%$ , colonizados na superfície por gramíneas. C – 3 m de altitude em relação ao nível do mar, 60 cm de espessura. D – 5 m de altitude em relação ao nível do mar, 1,60 cm de altura, localidade Alto do Siri – região de antiga olaria, de onde eram retirados sedimentos argilosos para fabricação de tijolos. Fotos: Lamarka Lopes Pereira 11/2007.

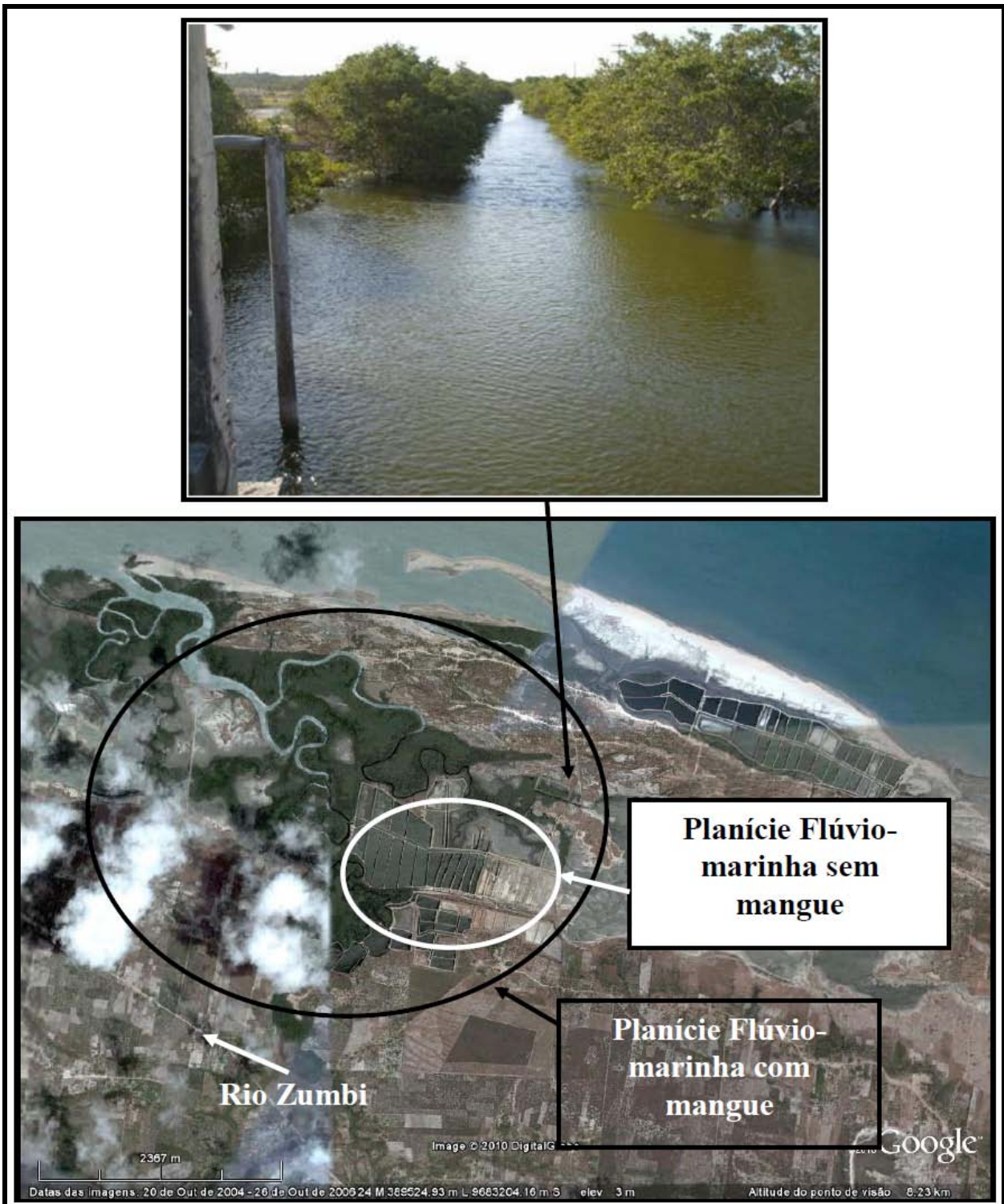


**FIGURA 33** – Terraços erosivos no setor central da planície lagunar, com 5 m em média de altitude em relação ao nível do mar. Foto: Lamarka Lopes Pereira 09/2008.

#### 4.1.2.2 Planície flúvio-marinha

A planície flúvio-marinha é um ambiente formado pela deposição de sedimentos predominantemente argilosos e ricos em matéria orgânica, onde se desenvolve a vegetação de mangue, sendo caracterizadas pela ação conjunta de processos continentais e marinhos.

Na área de trabalho a única planície flúvio-marinha é a do rio Zumbi (FIGURA 34), seu exuberante e denso mangue é abastecido por um canal em sua maior extensão meandrante, passando a ser retilíneo no trecho de entrada na laguna Salgada. Porém grande área do mangue foi desmatado para a construção de viveiros de camarão, não há como afirmar se esta porção retilínea do canal é natural ou antrópica.



**FIGURA 34** – Planície flúvio marinha do rio Zumbi, no detalhe circulado em branco verifica-se a área que foi desmatada para a construção de viveiros de criação de camarão e no detalhe em preto verifica-se a área ainda vegetada. Foto: Lamarka Lopes Pereira 11/2007.



#### 4.1.2.3 Planície de maré

Foram classificadas como de maré as planícies da região de Itarema abastecidas apenas por águas oceânicas, sem qualquer conexão fluvial, porém com colonização atual ou antiga por mangue. Seus sedimentos variam entre argila rica em matéria orgânica, onde há vegetação de mangue e areia fina pobre em matéria orgânica em trechos com aporte eólico.

Estas planícies ocupam uma área aproximada de 14,8 km<sup>2</sup>, tendo a área ainda vegetada aproximadamente 9,96 km<sup>2</sup> (FIGURA 35 A) e a área desmatada 4,84 km<sup>2</sup>(FIGURA 35 B), sendo parte da área desmatada utilizada para atividades de aqüicultura como fazendas para criação de peixes e camarão e parte para a implantação de parque eólico.



**FIGURA 35** – A – Planície de inundação com fazenda de camarão, na praia do Farol, região da flecha litorânea do Farol; B – Planície de inundação com mangue a retaguarda da praia da Barra, na região da flecha litorânea da Ilha Grande. Fotos: Lamarka Lopes Pereira 02/2007.

#### 4.1.2.4 Dunas

As dunas da planície litorânea de Itarema formam cordões quase contínuos que acompanham paralelamente a linha de costa, sendo interrompidas, por planícies de maré e flúvio-marinhas, ou ainda por promontórios constituídos por litologias mais resistentes, como plataformas de abrasão.

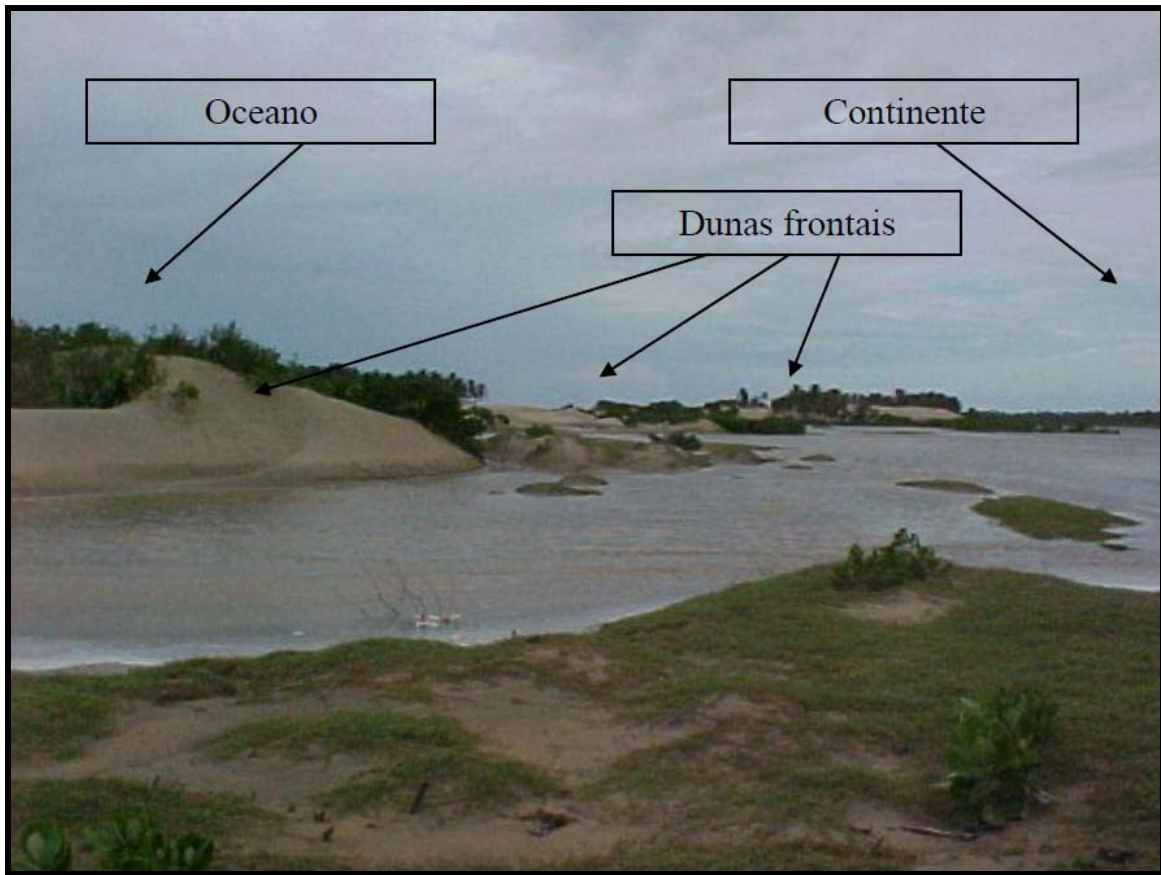
Os campos de dunas são responsáveis pelo barramento de algumas drenagens que possuem descargas deficientes, provocando a obstrução dos vales costeiros, impedindo assim que os cursos d'água atinjam diretamente o oceano, desviando as embocaduras em relação ao curso original para o mar. No território da Bacia do Litoral o conjunto de dunas móveis, fixas e paleodunas, se distribuem ao longo de uma faixa litorânea que se estende por praticamente toda a costa da região.

As dunas móveis ou recentes são caracterizadas pela ausência de vegetação e ocorrem mais próximo à linha de praia, onde a ação dos ventos é mais intensa. Podem também apresentar um recobrimento vegetal pioneiro, que detém ou atenua os efeitos da deflação eólica, tornando-as fixas ou semi-fixas.

Na retaguarda das dunas recentes observam-se gerações de dunas mais antigas e eolianitas, alcançando alturas superiores a 10 m, as quais apresentam desenvolvimento de processos pedogenéticos, resultando na fixação de um revestimento vegetal de maior porte. Morfologicamente, exibem eixos alinhados aproximadamente segundo a direção E-W, refletindo a predominância dos ventos que sopram do quadrante Leste. Para o interior, mostram-se rebaixadas ao nível dos tabuleiros pré-litorâneos (Formação Barreiras), apresentando formas dissipadas em algumas áreas.

##### 4.1.2.4.1 Dunas móveis

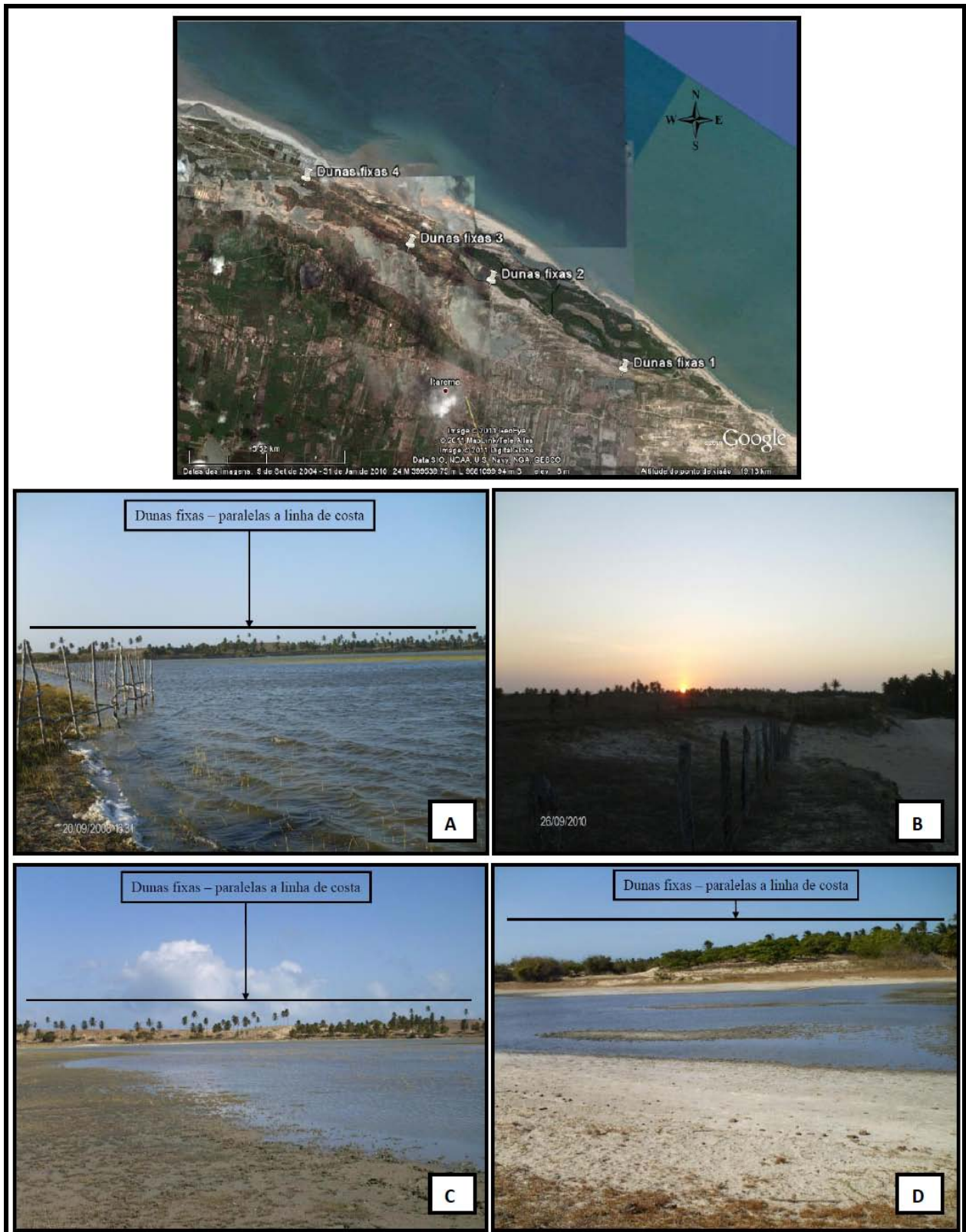
Neste litoral, os cordões de dunas móveis são pouco expressivos, se estendem paralelamente a costa migrando em direção ao continente, com uma área aproximada de 2,46 km<sup>2</sup>, possuem areias com textura média, ocorrem também sobre as flechas litorâneas e no continente sobre os depósitos da Formação Barreiras e capeando os eolianitos, as dunas frontais (FIGURA 36) apresentam-se com uma altura nunca superior a 3 m, enquanto as dunas localizadas mais no interior podem apresentar cotas de até 22 m.



**FIGURA 36** – Dunas móveis frontais. Foto: Lamarka Lopes Pereira, 02/2007.

#### 4.1.2.4.2 Paleodunas (dunas fixas e eolianitos)

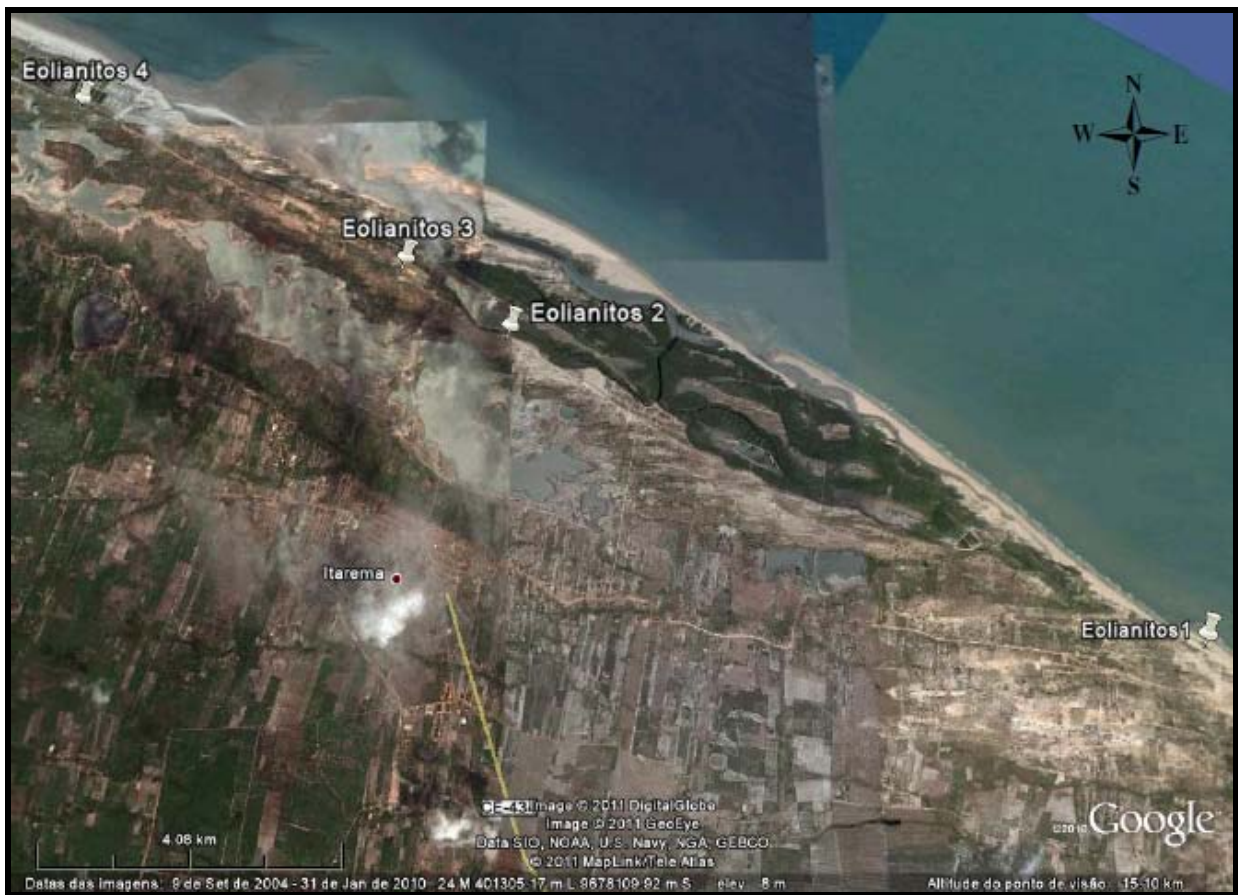
As dunas fixas (FIGURA 37), já submetidas à interferência dos processos edáficos foram colonizadas por espécies de porte arbustivo e/ou arbóreo de caatinga, coqueiros e algumas espécies características de ambiente dunar como: murici (*Byrsonima sp.*), cajueiro bravo (*Curatella americana L.*) e pinhão (*Jatropha pohliana*). A alta densidade das plantas impede a mobilização dos grãos. Quando desmatadas para as implantações antrópicas, as ações erosivas podem ser rapidamente retomadas, tornando-as móveis.



**FIGURA 37** – Acima localização das estações amostrais das dunas fixas. A: Dunas fixas 1, B: Dunas fixas 2, C: Dunas fixas 3 e D Dunas fixas 4. Fotos: Lamarka Lopes Pereira, 2007/2010.

Os eolianitos são conhecidos pela população local como “cascudos” devido a sua estrutura rígida, na sua superfície exibem formas de relevo, essencialmente produzidas por abrasão eólica e estão presentes em diferentes níveis de consolidação nos sítios do município de Itarema, variando friáveis a fortemente litificados.

Os eolianitos representam sedimentos de antigas dunas que passaram por processo de cimentação carbonática de seus grãos constituintes. Esse tipo de depósito é bastante freqüente na zona costeira em estudo (FIGURA 38), sendo composto por areias quartzosas e grande quantidade de carbonato originário de organismos (carbonato biogênico) com porcentagens que variam de 28,0% a 95,1%. De grãos moderadamente a bem selecionados, os eolianitos revelaram sedimentos de granulometria variada, distribuída entre areia fina a grossa.



**FIGURA 38** – Acima localização dos afloramentos de eolianitos na planície litorânea de Itarema.

Os afloramentos de eolianitos foram identificados em quatro pontos da área em estudo (FIGURA 38), na praia de Almofala correspondente ao ponto Eolianitos 1, nos campos de dunas Eolianitos 2 e 3 e no canal de maré da laguna Salgada Eolianitos 4.

Nos eolianitos aflorantes na praia de Almofala, os pacotes de exibem estruturas sedimentares internas de grande porte, com estratificações predominantemente cruzadas e plano-paralelas (FIGURA 39 A e B), embora formas acanaladas também sejam relativamente bem representadas. Os estratos são bem delimitados e sulcos orientados na direção sudeste/noroeste, indicando a predominância dos ventos em direção a noroeste à época da formação destas estruturas.



**FIGURA 39** – A e B – Eolianitos 1, na praia de Almofala, C e D – Eolianitos 2, no campo de dunas que forma a barreira de separação laguna/oceano. Fotos: Lamarka Lopes Pereira, 2007/2010.

Os eolianitos aflorantes no campo de dunas fixas e no canal de maré da laguna Salgada (FIGURA 39), apresentam estruturas com estratificações predominantemente plano-paralelas e sulcos orientados na mesma direção dos da praia de Almofala sudeste/noroeste.



**FIGURA 40** – Acima localização das estações amostrais dos eolianitos. A e B – Eolianitos 3, no campo de dunas que forma a barreira de separação laguna/oceano, C e D – Eolianitos 4 – No canal de maré da laguna Salgada. Fotos: Lamarka Lopes Pereira, 2007/2010.

#### 4.1.2.5 Canais de Maré

Os canais de maré da planície litorânea de Itarema ocupam atualmente, aproximadamente 4,55 km<sup>2</sup> de área, estão dispostos nas áreas entre as flechas litorâneas e a planície de maré ou as dunas móveis, com larguras que variam de poucos metros até 0,5 km, em alguns trechos podem medir até alguns metros de profundidade, possibilitando até a locomoção de barcos e jangadas dentro dos mesmos (FIGURA 41 A e B).

Com trechos de águas tranquilas com influência direta das variações diárias de maré, formam a área de praia da planície litorânea de Itarema, apresentando deposição de sedimentos finos, devido a baixa energia principalmente nas partes mais internas dos canais.



**FIGURA 41** – Acima localização dos canais de maré. A: Canal de maré de Almofala, durante a maré vazante; B: Canal de maré da Ilha Grande, durante a maré enchente; C: Canal de maré da praia do Farol, afloramento de paleomangue. Fotos: Lamarka Lopes Pereira, 02/2007.



#### 4.1.2.6 Flechas litorâneas

Dentro do litoral oeste na planície litorânea Itarema/Acaraú, as barreiras são as formas mais representativas da morfologia praial juntamente com os canais de maré, ocupando atualmente aproximadamente uma área de 4,03 km<sup>2</sup>, na área em estudo (FIGURA 42).



**FIGURA 42** – Localização das flechas litorâneas de Almofala, da Ilha Grande e do Farol.

A presença destas formas principalmente neste setor do litoral, responde aparentemente aos mecanismos próprios da dinâmica atual das ondas, das marés e dos ventos, responsáveis pela formação de células sedimentares em conjunto com a disponibilidade de areias e da existência de energia suficientes para o transporte e/ou acumulação de sedimentos.

Heranças da dinâmica passada do litoral, correspondentes as variações do nível do mar como, por exemplo, plataformas de abrasão somadas ao relevo suave da plataforma continental, as cargas climáticas, condições oceanográficas e o suprimento abundante de areias, exercem um controle sobre a existência de condições morfológicas e meteorológicas, favoráveis a formação de barreiras dentro da planície litorânea de Almofala/Itarema/Acaraú.

Sales (2002), no estudo do litoral do estado do Ceará verificou que as barreiras são as formas freqüentes na zona litorânea do estado, e classificou-as em barreiras, flechas barreiras e flechas litorâneas (*barriers, barrier spits, spits*). Este autor verificou ainda na análise

granulométrica que estes depósitos têm as mesmas características granulométricas que as praias e afirmou que os principais processos de formação estão relacionados a energia das ondas e que a ocorrência leste oeste das barreiras, mostra direção dominante da deriva litorânea e dos ventos do litoral do estado.

As flechas litorâneas são feições em constante modificação ao longo do tempo, devido a sua localização na linha de praia e a sua exposição aos vários agentes meteorológicos, oceanográficos, etc. Para mensurar suas dimensões foram utilizados os dados medidos nas imagens *LANDSAT* 2006 (TABELA 6), onde a flecha litorânea de Almofala (FIGURA 43) apresenta 5 km de comprimento e largura variando entre 70 e 260 m, a flecha litorânea da Ilha Grande (FIGURA 44) apresenta 7,4 km de comprimento e largura variando entre 50 e 570 m e a flecha litorânea do Farol (FIGURA 45) possui 5,6 km com largura variando entre 100 e 500 m.

**TABELA 6** – Descrição morfométrica das flechas litorâneas da planície costeira de Itarema com para o ano de 2006 com base em imagens *LANDSAT*.

	Comprimento (km)	Largura (m)
Flecha de Almofala (FIGURA 43)	5	70-260
Flecha da Ilha Grande (FIGURA 44)	7,4	60-570
Flecha do Farol (FIGURA 45)	5,6	100-500



**FIGURA 43** – Flecha litorânea de Almofala. Fonte: Sales (2002).



**FIGURA 44** – Flecha litorânea da Ilha Grande. Fonte: Sales (2002).

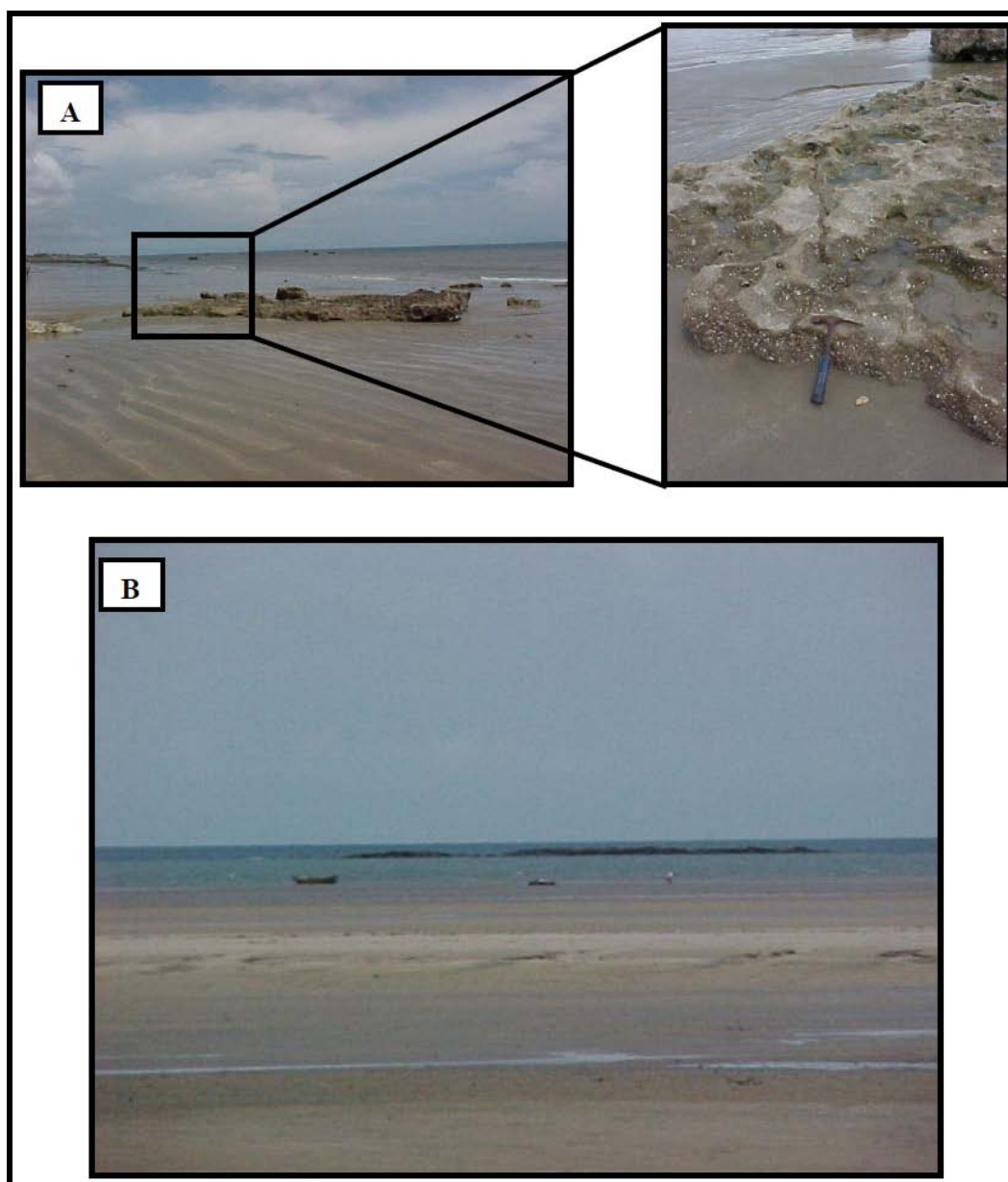


**FIGURA 45** – Flecha litorânea do Farol. Fonte: Sales (2002).

#### 4.1.2.7 Praias

As praias formam um depósito contínuo, alongado por toda a extensão da costa, desde a linha de maré baixa até a base das dunas móveis. As praias são planas (variando em média de 50 a 100 m de largura) enquadradas, nas categorias dissipativa e intermediária, segundo Wright & Short (1983), onde os tipos D e C de praias intermediárias são mais comuns (Carvalho, 2003).

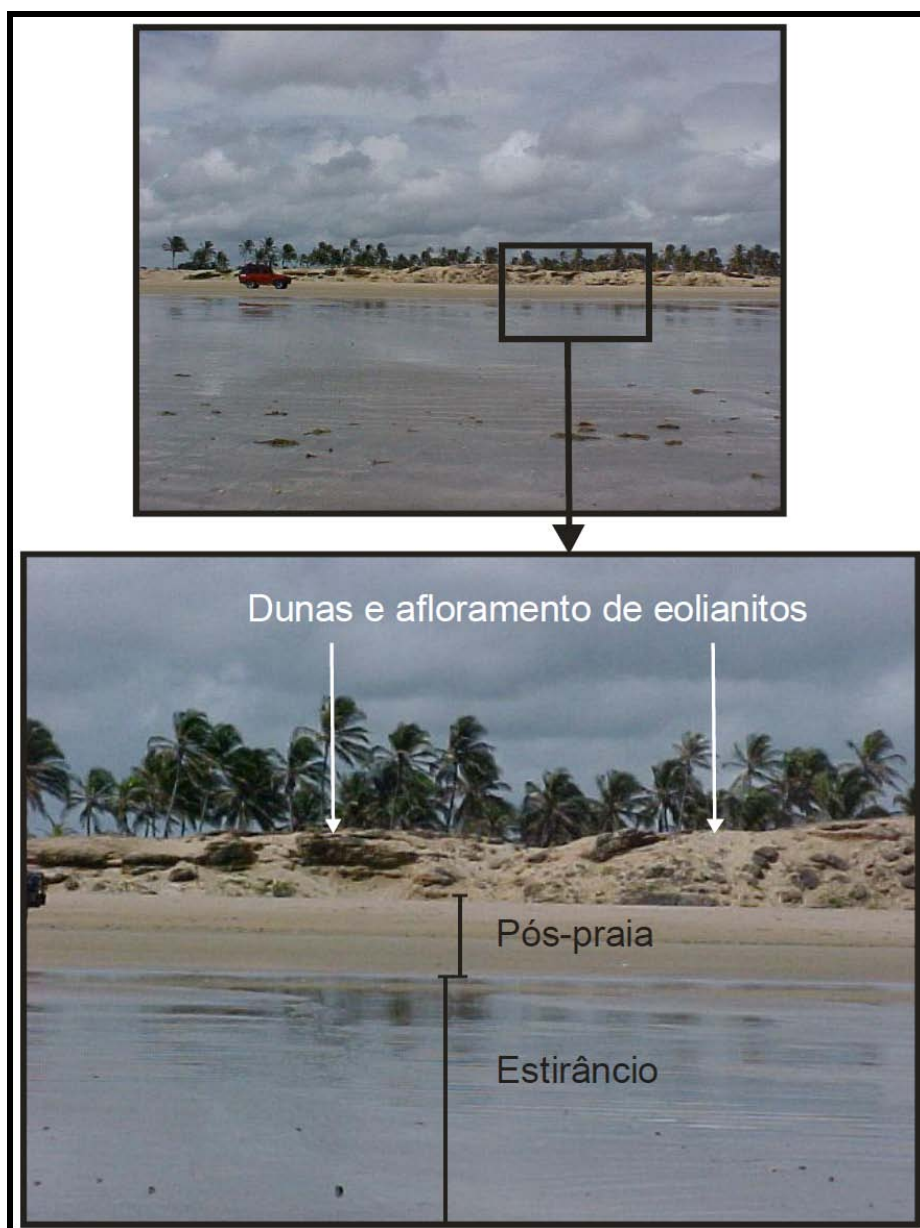
As praias da área são arenosas do tipo praia-barreira com crescimento e progradação das flechas litorâneas. As mapeadas neste estudo foram as correlacionadas as flechas e canais de maré, respectivamente, sendo a praia de Almofala (FIGURA 46) relacionada a flecha litorânea de mesmo nome, a praia da Barra (FIGURA 47) relacionada a flecha litorânea da Ilha Grande e a praia do Farol (FIGURA 48) que está relacionada com a flecha litorânea do Farol.



**FIGURA 46** – Plataformas de abrasão em Almofala, A - Aflorando na praia e B – Aflorando no canal de maré.

A praia de Almofala apresenta plataformas de abrasão (afloramento do Barreiras), na praia e dentro do canal de maré (FIGURA 46), na sendo um importante elemento morfológico

relacionado a variações relativas do nível do mar. Esta plataforma provavelmente atuou como tombolo ou promontório em níveis do mar mais elevados do que o atual ajudada pela direção e sentido dos ventos, das ondas e migração e aporte dos sedimentos ao longo da linha de costa, proporcionando uma dinâmica peculiar e primordial na construção e evolução da planície litorânea de Itarema.



**FIGURA 47** – Praia de Almofala, estirâncio e afloramentos de eolianitos a sua retaguarda. Foto: Lamarka Lopes Pereira, 2007.

Na praia de Almofala também se pode observar outro elemento de característica de variação do nível do mar, os “eolianitos” (FIGURA 47) que estão presentes em toda a praia

aflorando nas dunas costeiras sobrepostos por sedimentos eólicos e com direção das estratificações SE, direção do vento atual, mostrando que sua sedimentação seguiu o modelo do vento.



**FIGURA 48** – Praia da Barra, A – maré vazante e B – maré enchente, exibindo a flecha litorânea a sua frente. Foto: Lamarka Lopes Pereira, 2007.

A praia da Barra possui este nome exatamente pela localização da flecha litorânea a sua frente (FIGURA 48 B), que é conhecida pelos moradores por barra, forma um extenso canal de

maré já descrito anteriormente, permitindo assim até a navegação por pequenas embarcações durante a maré enchente. Abriga a sua retaguarda dunas móveis e uma planície de inundação, com presença de paleomangue juntamente com mangue atual já descrito anteriormente.



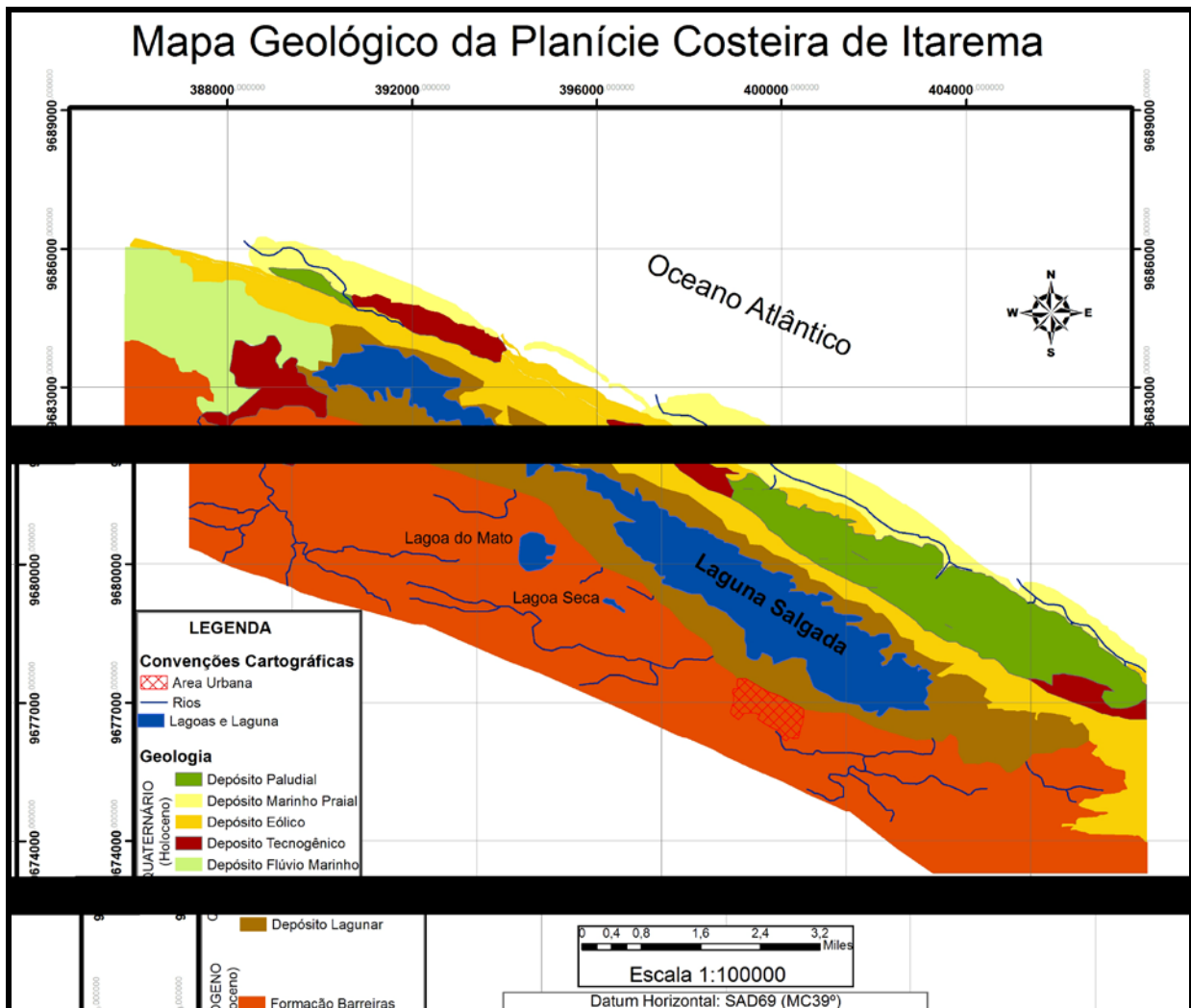
**FIGURA 49** – Praia do Farol, A - Erosão da praia e B – Paleomangue aflorando na linha de praia. Foto: Lamarka Lopes Pereira, 2007.

A praia do Farol vem sofrendo processo de erosão (FIGURA 49 A) e exibe um paleomangue aflorando na linha de praia atual (FIGURA 49 B), mostrando que nesta área esteve instalada uma

planície de inundação, ou planície flúvio-marinha, que propiciou o desenvolvimento do mangue, com a subida no nível marinho o mangue foi afogado e morto, aflorando atualmente, pela progradação da linha de costa.

#### 4.2 GEOLOGIA DA PLANÍCIE COSTEIRA DE ITAREMA

As feições geomorfológicas da planície costeira de Itarema foram agrupadas em quatro sistemas deposicionais, denominados de sistema deposicional continental (Formação Barreiras); sistema deposicional laguna barreira (Depósitos lagunar, flúvio-marinho e eólico); sistema deposicional praiar (Depósito marinho praiar e paludial) e sistema deposicional antropogênico (Depósito tecnogênico). As principais feições de relevo da planície costeira compreendem canais, terraços, dunas, lagunas, praias, dentre outras.



**FIGURA 50** – Mapa Geológico da Planície Costeira de Itarema.



O sistema deposicional continental Formação Barreiras compreende uma área de 57 km<sup>2</sup> com altitude de 20 m em relação ao nível relativo do mar, sendo em grande parte recoberto por sedimentos eólicos.

O sistema deposicional laguna barreira desenvolveu-se durante o Holoceno, apoiado nos depósitos da Formação Barreiras. Os depósitos deste sistema estão correlacionados à Última Transgressão (Bittencourt *et al.*, 1979) para a costa nordestina ou transgressão da barreira IV, para a costa do Rio Grande do Sul (Villwock *et al.*, 1986).

As unidades litoestratigráficas deste sistema são os depósitos lagunar, flúvio-marinho e eólico.

O Depósito lagunar situa-se no setor central da área de estudo, representado pela planície da laguna Salgada em contato com os depósitos eólico, flúvio-marinho e marinho recoberto por eólico. Sua altitude média é de 0 m em toda a parte central da planície lagunar e extensão superior a 15 km, sob a forma de terraços lagunares nas bordas marginais da laguna Salgada. Nela predominam entre os sedimentos areias, siltes e argilas, de coloração clara com baixos teores de matéria orgânica.

O Depósito flúvio-marinho está situado no setor extremo noroeste oeste da planície costeira de Itarema, representado pela planície flúvio-marinha do rio Zumbi, que se interliga a laguna Salgada através de canal de maré e está em contato com os depósitos eólico, lagunar e tecnogênico. A altitude em relação ao nível do mar varia de 0 próximo a planície lagunar a 9 m no extremo noroeste da planície. As feições morfológicas incluem planícies de inundação, canais fluviais meandrantés e tanques de criação de camarão (depósito antropogênico tecnogênico).

O Depósito eólico está localizado em toda a extensão da linha de costa em forma de barreira que separa a laguna Salgada do oceano, na forma de dunas fixas e eolianitos em contato com os depósitos lagunares, paludiais, flúvio-marinhos, e recobrindo o depósito marinho praial, na forma de dunas móveis e eolianitos. A altitude média é de 10 m e largura média de 1km, na forma de dunas fixas, móveis e eolianitos, com composição variando areias finas a médias.

O sistema deposicional praial, tem sua formação associada à dinâmica costeira, na interação de processos meteorológicos (vento e clima) e oceanográficos (ondas, correntes litorâneas e marés). Este sistema consiste dos depósitos marinho praial e paludial.

O Depósito marinho praiial está situado em toda a linha de costa da planície costeira de Itarema, em contato com os depósitos paludial, eólico e tecnogênico. Representado pela interseção entre os canais de maré e flechas litorâneas regressivas formadas pela progradação atual da linha de costa, dispostas no sentido sudoeste – nordeste e alinhadas paralelamente à linha de costa atual. Constituído de sedimentos atuais oriundos da deposição marinha, pela ação das ondas, marés e correntes litorâneas, acumulados na faixa de praia, compostos por sedimentos arenosos finos a médio, claros e com elevados teores de carbonatos.

O Depósito paludial situa-se nos setores sudeste e noroeste da área mapeada, em contato com os depósitos eólico e marinho praiial. A altitude média de 9 m e largura média de 1,3 km na orientação sudeste/nordeste. Presente na forma de planícies de maré, vegetado por mangue exuberante e constituído lamas ricas em matéria orgânica e areia. Sua origem está associada ao processo de crescimento das flechas litorâneas.

O sistema deposicional antropogênico é representado pelo Depósito tecnogênico.

O Depósito antropogênico tecnogênico está representado pela área de aquíicultura da região com tanques de criação de peixes e camarões, que foram construídos na planície flúvio-marinha do rio Zumbi e nas planícies de maré da praia do Farol e da Barra.

Para a construção destes depósitos ocorreu a derrubada de grande parte vegetação de mangue e revolvimento dos sedimentos originais, modificando completamente a paisagem do local. Atualmente o depósito tecnogênico da praia do Farol na região noroeste da área em estudo, foi novamente modificado pelo aterramento dos tanques de carcinicultura com sedimentos eólicos para a construção de um parque eólico, modificando novamente a paisagem daquela área.

#### 4.3 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO

A planície costeira de Itarema, entre as desembocaduras do rio Aracatimirim e o rio Zumbi está composta por uma série de elementos morfológicos originados pelos processos geoambientais desencadeados pelas mudanças relativas do nível do mar durante o Quaternário e possui diversos depósitos inter-relacionados.

Os mapas geológico e geomorfológico da área em estudo revelam informações do ambiente físico, como feições geomorfológicas e unidades geológicas da área contribuindo com informações sobre a evolução paleográfica da planície costeira de Itarema.

O mapeamento geológico da área estudo apresentou 7 unidades geológicas, sendo 1 do sistema deposicional continental (Plioceno), 3 do sistema deposicional laguna barreira (Holoceno), 1 do sistema deposicional antropogênico (Recente) e 2 do sistema deposicional praial (Recente).

A compartimentação geomorfológica da planície costeira de Itarema é caracterizada por duas grandes unidades, os Tabuleiros Pré-Litorâneos e a Planície Litorânea sendo esta última formada pelos depósitos sedimentares do Holoceno, que se acumularam, formando diversas feições geomorfológicas como as planícies lagunar, de maré e flúvio-marinhas, os campos de dunas móveis, fixas e paleodunas, e as praias com seus canais de maré e flechas litorâneas.

A dinâmica de formação desta planície e os aspectos geológicos e geomorfológicos atuais demonstram que está ocorrendo uma repetição na construção da morfologia atual comparada a morfogenética atuante no passado da região.

## 5 VARIAÇÕES MORFOLÓGICAS NA LINHA DE COSTA DA PLANÍCIE COSTEIRA DE ITAREMA

A morfologia costeira é o resultado de diversos processos e agentes da dinâmica costeira, sob a influência das condições climáticas e do condicionamento físico exercido pelas características lito-estruturais do substrato geológico.

Os principais elementos modeladores da paisagem costeira são de fato o comportamento dos ventos, das ondas, das condições meteorológicas e das variações no nível relativo do mar, porém, variáveis antrópicas como construção de barragens ao longo de cursos fluviais, a ocupação de dunas, ou qualquer outro tipo de intervenção antropogênica que interfira direta ou indiretamente na dinâmica natural, podem provocar modificações no estado de equilíbrio, ou na fisiografia da linha de costa (Pereira, 20011).

Tais fatores refletem nos processos de recuo e/ou progradação da linha de costa, pelas variações no estado morfodinâmico deste ambiente, onde o balanço sedimentar é a principal característica modificada (Pereira, 20011).

### 5.1 FISIOGRAFIA DA LINHA DE COSTA

Carvalho (2003), estudando no litoral cearense aspectos morfogenéticos descreveu que a forma fisiográfica da faixa costeira compreende a geometria geral do sistema “*headland bay beach*” (FIGURA 51). O autor afirmou ainda que este modelado de costa representa uma imposição lito-estrutural do arcabouço geológico, que à medida que evolui, define um padrão dinâmico que passa a condicionar as faixas onde ocorre uma maior deposição de sedimentos nas praias, ou onde os processos erosivos são dominantes.

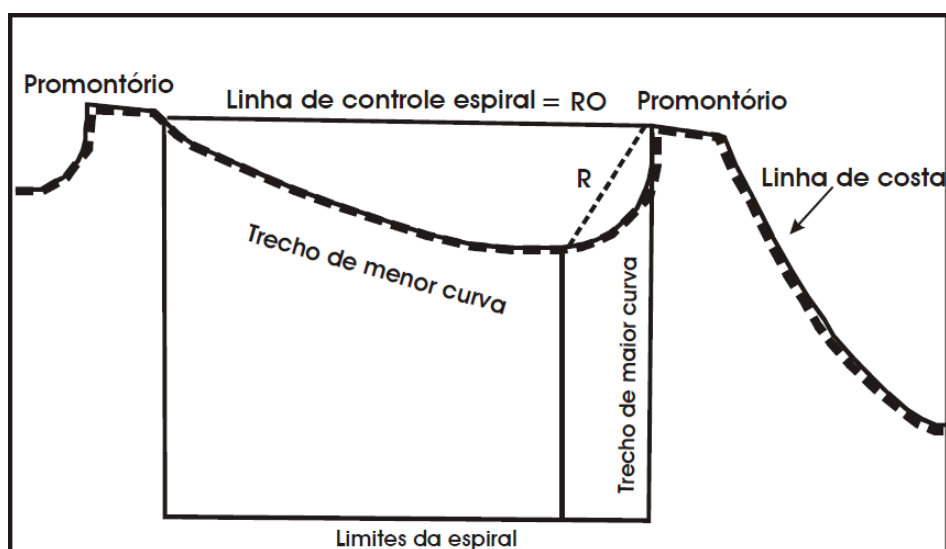


FIGURA 51 – Modelo conceitual da fisiografia costeira em espiral na área estudada. RO = Linha de controle espiral e R = raio do espiral (modificado de Yasso, 1965).

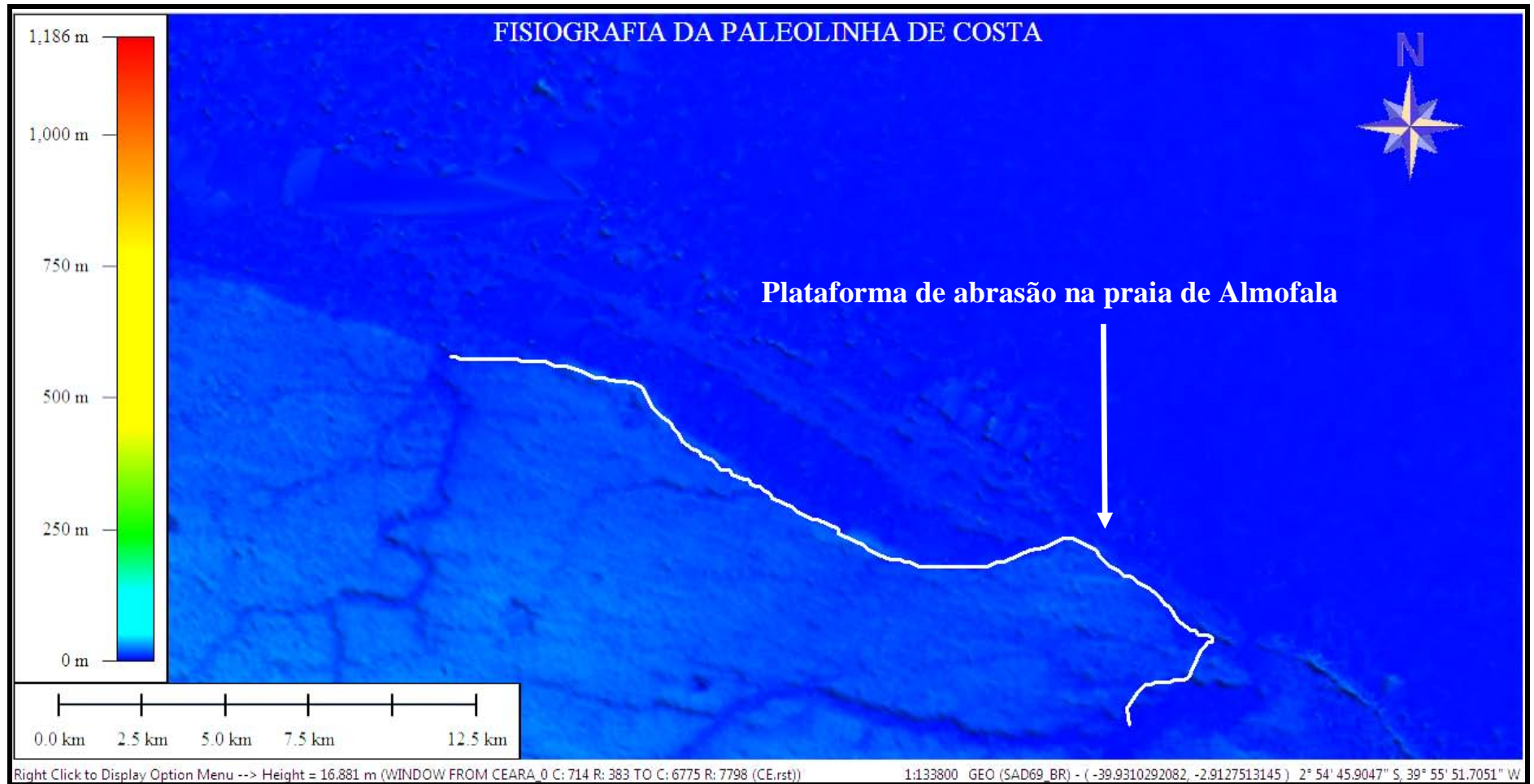
Para Yasso (1965), tal modelado é definido por uma faixa de praia posicionada a sotamar de um promontório, submetida a uma direção predominante de ataque de onda. Apresenta como característica principal o desenvolvimento de uma forma plana côncava voltada para o mar, resultante dos processos de erosão causados pela refração, difração e reflexão de ondas dentro da zona de sombra atrás do promontório.

Na planície costeira do município de Itarema pode-se verificar através dos dados de relevo do *Shuttle Radar Topographic Mission SRTM* (FIGURA 52), a visualização de uma antiga linha de costa que obedece ao modelo do sistema “*headland bay beach*” de Carvalho, (2003), com fisiografia costeira de feições do tipo promontório ou núcleos centrais de embaimentos na forma de espiral que teria proporcionado a evolução para o ambiente atual.

A plataforma de abrasão existente na praia de Almofala, bem como a atual elevada altitude da região a sua retaguarda 12 m em média, sugerem que esta região atuou no passado como um promontório, trapa ou armadilha, sendo o ponto de partida de acumulação dos sedimentos na área, juntamente com o transporte eólico e as variações relativas do nível do mar barraram a rede de drenagem, formando as planícies de inundação flúvio-marinha e lagunar da área.

A atuação de alguns fatores característicos do ambiente, tais como variações no teor de umidade, micro-condições climáticas, presença de obstáculos tais como: tipo e densidade da vegetação, falésias e afloramentos de rochas, cursos fluviais, entre outros, juntamente com as variações do nível relativo do mar, propiciaram a planície de Itarema a fisiografia atual com suas planícies de maré, flúvio-marinhas, lagunares e flechas litorâneas.

O modelo atual de crescimento das flechas litorâneas que será detalhado no tópico 5.2 que fala sobre as mudanças morfológicas, sugere que com a continuidade dos processos atuais, na área onde hoje estão instalados os canais de maré a frente das dunas e a retaguarda das flechas litorâneas estão sendo formados novos ambientes lagunares, com características idênticas a laguna Salgada.



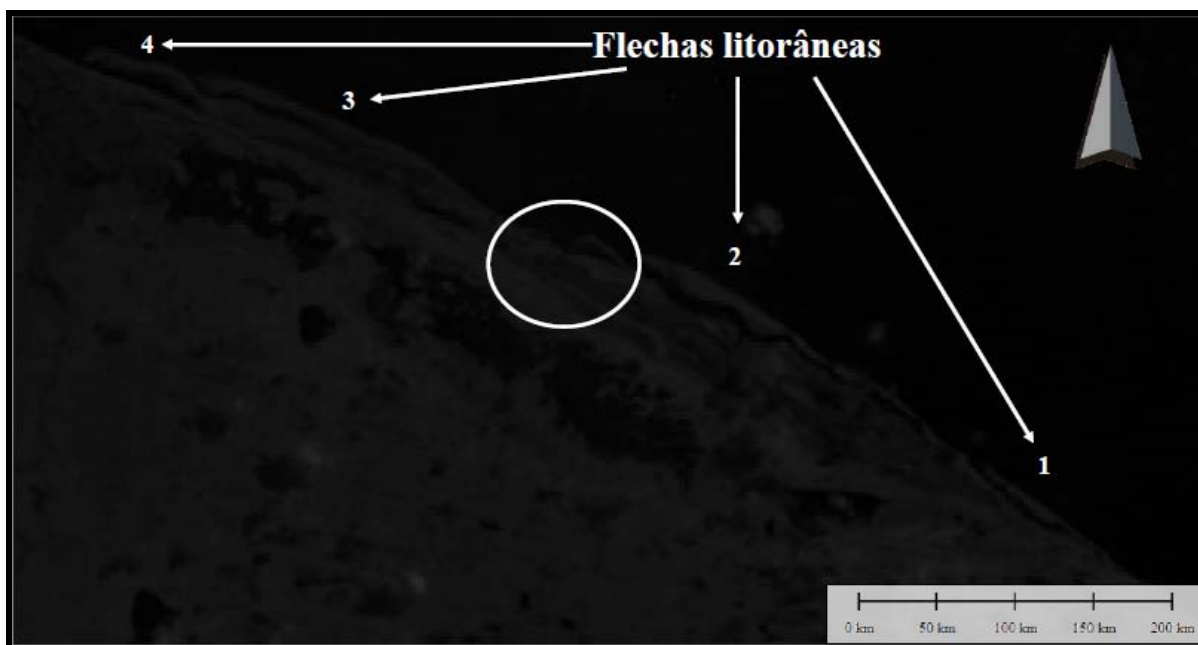
**FIGURA 52** – Fisiografia da paleolinha de costa da planície costeira de Itarema com base no modelo digital de terreno (SRTM).

## 5.2 MUDANÇAS MORFOLÓGICAS NA PLANÍCIE COSTEIRA DE ITAREMA ENTRE 1977 E 2006, ATRAVÉS DE IMAGENS DE SATÉLITE

Vários autores utilizaram fotografias aéreas para observações de modificações costeiras, no Ceará são citados os trabalhos de: Carvalho (2003), Finkel (1959), Fortes (1987), Maia (1998), Meireles *et al.* (1992), Rodrigues (1999), entre outros. Em geral são utilizadas fotografias aéreas multitemporais para avaliar os deslocamentos da linha de costa, modificação de feições, migração ou movimentação de dunas, etc.

As flechas litorâneas de Itarema são feições em constante modificação ao longo do tempo, isto pôde ser verificado através do estudo da variação da morfologia destas barreiras por imagens do satélite *LANDSAT*, o que nos permitiu mensurar suas dimensões e verificar suas variações morfológicas no período entre os anos de 1977 e 2006.

A partir da imagem *LANDSAT* de 1977 (FIGURA 53) foram identificadas as flechas numeradas de 1 a 4 para facilitar a localização das mesmas nomeadas de: 1 – Flecha de Almofala, 2 – Flecha da Ilha Grande e 3 – Flecha do Farol e de 4 – Flecha do Farol 2 que desapareceu ao longo dos anos como poderá ser observado na descrição que segue.



**FIGURA 53** – Imagem *LANDSAT 2 MSS*, 1977, Banda 6. 1 – Flecha de Almofala, 2 – Flecha da Ilha Grande e 3 – Flecha do Farol e de 4 – Flecha do Farol 2. Barra no canal de maré da flecha 2 no círculo branco.

Pelos dados coletados na análise das imagens, observou-se uma tendência de aumento do comprimento e engorda das flechas litorâneas 1 e 2 e constância ou diminuição do comprimento para as flechas 3 e 4, verificou-se também a formação de uma nova barra entre

as flechas 2 e 3 (TABELA 7). O crescimento longitudinal das flechas segue o sentido leste oeste, mesmo sentido da deriva litorânea, dos ventos e das ondas na área em estudo.

**TABELA 7** – Valores aproximados do comprimento e variação da largura em metros das barreiras de Itarema: 1 – Flecha litorânea de Almofala, 2 – Flecha litorânea da Ilha Grande e 3 – Flecha litorânea do Farol, 4 – Flecha do Farol 2, medidas através de imagens de satélite *LANDSAT-2 MMS*, *LANDSAT TM5*, *TM+7*.

Flecha Litorânea		1977	1981	1992	2001	2003	2006
1	Comprimento (km)	3400	2800	3000	4000	4500	5000
	Largura (m)	80-280	100-300	70-230	50-200	65-250	70-260
2	Comprimento (km)	4400	3800	6900	7000	7300	7400
	Largura (m)	100-550	250-620	190-500	115-470	90-510	60-570
3	Comprimento (km)	6500	5800	5800	5200	5300	5600
	Largura (m)	280-400	140-500	140-420	100-450	110-440	100-500
4	Comprimento (km)	2500	3100	3100	2000	1400	1200
	Largura (m)	150-350	150-300	100-300	30-100	30-140	10-70

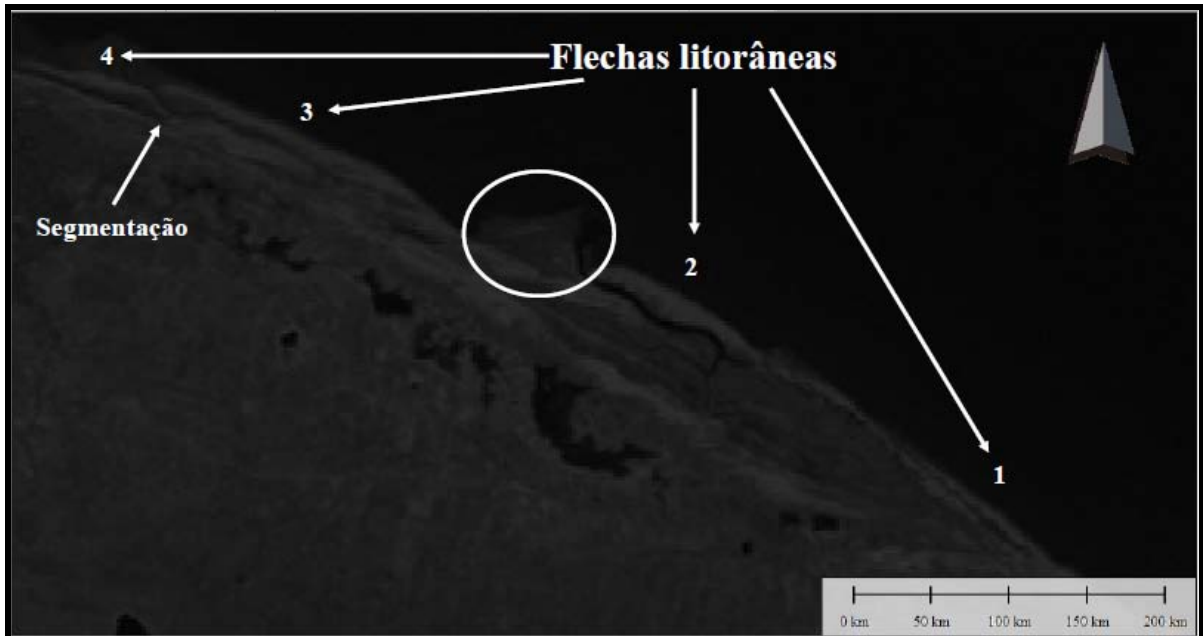
A flecha de Almofala (1) passou de 3,4 km de extensão em 1977 a 5 km em 2006, sua largura não sofreu grandes variações ao longo dos anos estudados permanecendo aproximadamente em média entre 60 e 250 m. A flecha da Ilha Grande (2) aumentou seu comprimento de 4,4 km em 1977 para 7,4 km em 2006, sendo a flecha que mais aumentou de tamanho neste trecho, sua largura mínima sofreu grandes variações havendo trechos em que a mesma tornou-se muito estreita com apenas 60 m, sendo esta diminuição a tendência atual.

A flecha litorânea do Farol (3) é paralela à flecha 4 e ambas tenderam a diminuir no comprimento, a flecha 3 passou de 6,5 km em 1977 para 5,6 km em 2006, porém a sua largura máxima tendeu a aumentar de 400 para 500 m aproximadamente, já a flecha 4 tanto diminuiu de comprimento passando de 2,5 km em 1977 para 1,2 em 2006, como na largura que hoje é de no máximo 70 m.

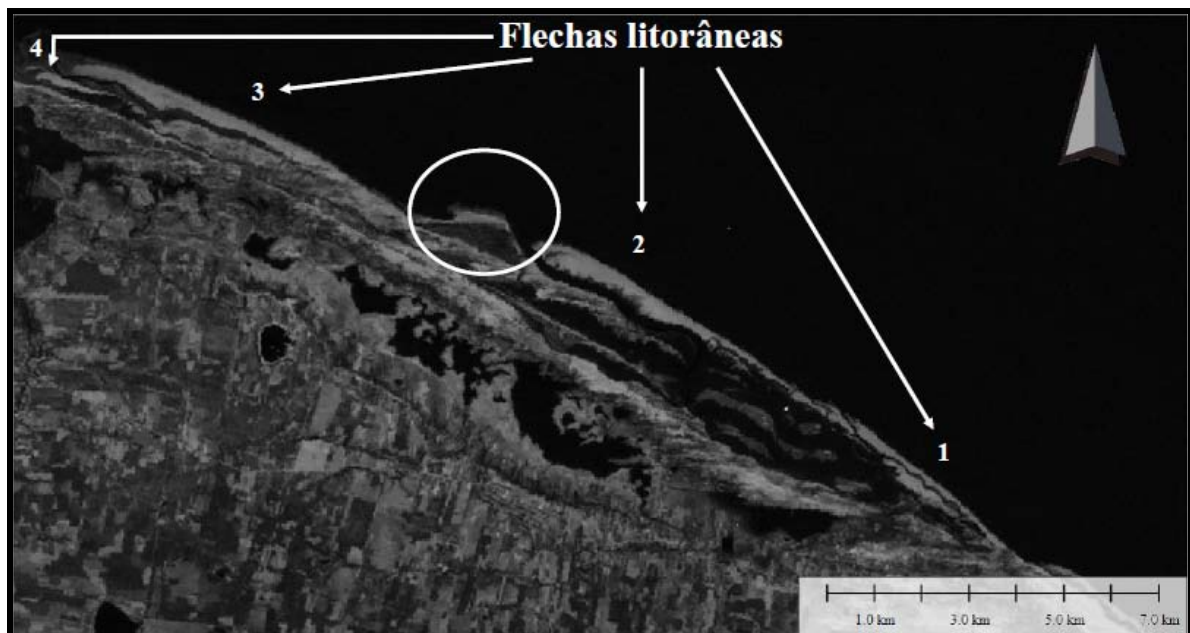
Observou-se a partir de 1981 o início da segmentação da flecha do Farol 2 e início da formação de um delta de maré vazante no canal de maré da flecha da Ilha Grande (FIGURA



54). A imagem de 1992 (FIGURA 55) mostra a segmentação total da flecha do Farol 2 e pelo acúmulo de sedimentos na desembocadura do canal de maré da flecha 2, iniciou-se a formação de uma barra.



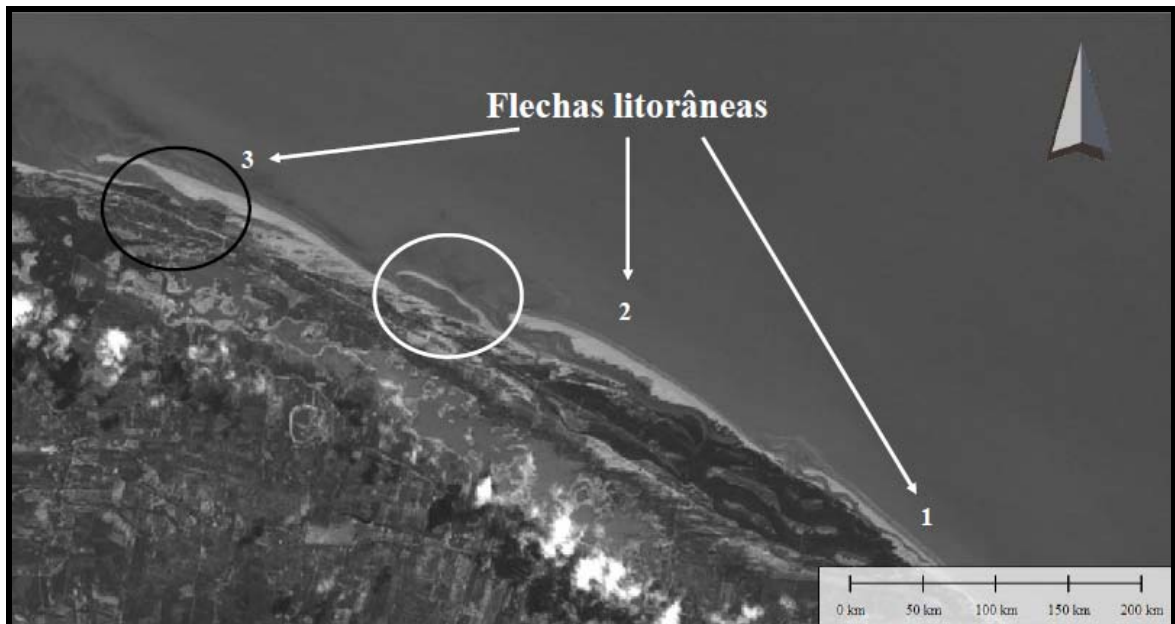
**FIGURA 54** – Imagem *LANDSAT 2 MSS*, 1981, Banda 6. Segmentação da flecha 4, formação de delta de maré pelo acúmulo de sedimentos na desembocadura do canal de maré da flecha 2.



**FIGURA 55** – Imagem *LANDSAT*, 1992, Banda 7. Segmentação total da Flecha 4 e início da formação da barra no canal de maré da flecha 2.

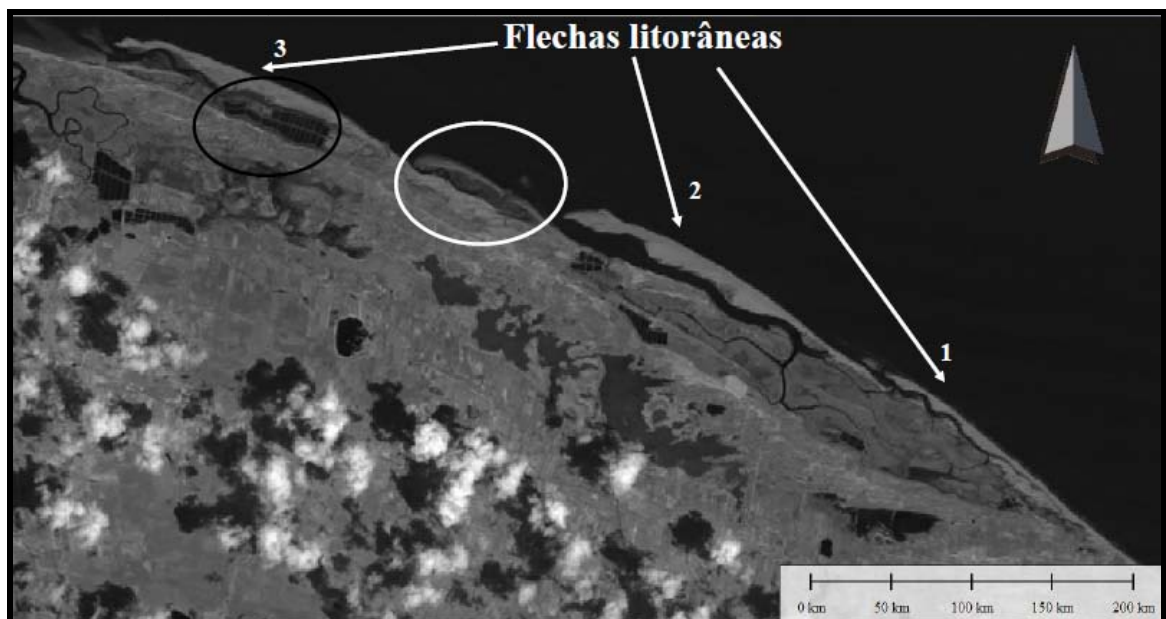
A partir de 2001 (FIGURA 56), pode ser observado o desaparecimento da flecha 4 e início da instalação de tanques de carcinicultura na planície de maré da praia do farol (círculo

preto). Verificou-se também o crescimento da barra do canal de maré da fecha 2 com formação de uma nova flecha pequena entre as flechas 2 e 3 (círculo branco).



**FIGURA 56** – Imagem *LANDSAT*, 2001, Banda 2. Desaparecimento da flecha 4 e início da instalação de tanques de carcinicultura na planície de maré da praia do farol (círculo preto). Crescimento da barra do canal de maré da fecha 2 com formação de uma nova flecha pequena entre as flechas 2 e 3 (círculo branco).

Na imagem de 2003 (FIGURA 57) percebe-se um novo aumento da área dos tanques de carcinicultura na planície de maré da praia do farol (círculo preto) e início da segmentação da barra formada entre as flechas 2 e 3 (círculo branco).



**FIGURA 57** – *LANDSAT TM 5*, 2003, Banda 4. Aumento da área dos tanques de carcinicultura na planície de maré da praia do farol (círculo preto). Segmentação da barra entre as flechas 2 e 3 (círculo branco).

As imagens de 2004 e 2007 (FIGURA 58) mostram que os tanques de criação de camarões ocupavam toda a área da planície de maré da praia do farol (círculo preto) e que houve segmentação total da barra entre as flechas 2 e 3 (círculo branco).



**FIGURA 58** – Imagem *Google Earth*, mosaico com imagens de 09/2004 e 05/2007. Aumento da área dos tanques de carcinicultura na planície de maré da praia do farol (círculo preto). Segmentação da barra entre as flechas 2 e 3 (círculo branco).

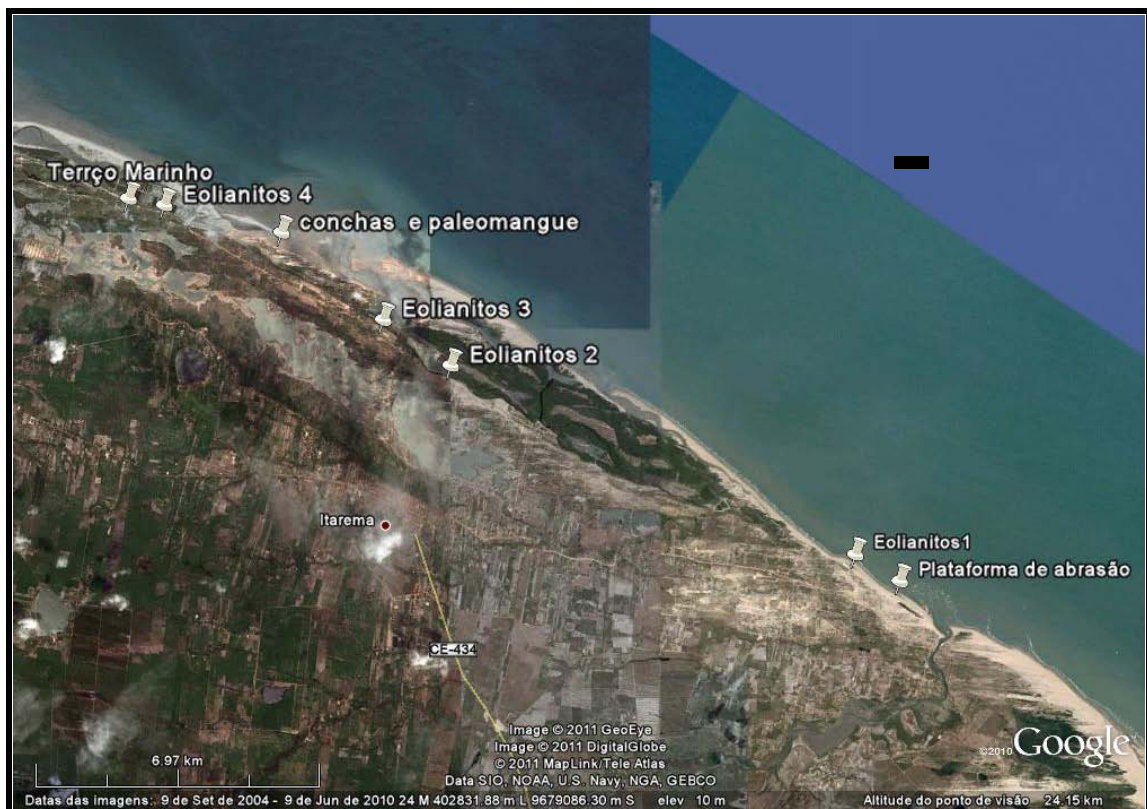
As alterações de morfometria nas flechas refletem mudanças na deposição e transporte sedimentar, que podem ser naturais, mas também podem ser causadas pelos impactos antrópicos sofridos na área ao longo dos anos, com ações que vão desde a retirada de sedimentos para a construção de empreendimentos como fazendas de carcinicultura, a outras que não permitem o aporte dos mesmos ou dificultam seu deslocamento, como a construção de uma barragem no canal de maré que liga a laguna costeira à planície de inundação a retaguarda das flechas 3 e 4 que pode ser um bom contribuinte sedimentar.

Como pode ser observado na FIGURA 58 circulado em preto, a principal mudança antrópica que pode ser vista através das imagens é a construção de tanques de criação de camarão na planície de maré a retaguarda da flechas 3 na região da praia do Farol a partir de 2001, com um grande aumento de tamanho até 2006, ocupando toda a planície de maré da área, atualmente esta área foi ocupada por um parque eólico, modificando novamente as características do ambiente.

### 5.3 INDICADORES DE FLUTUAÇÕES DO NÍVEL DO MAR

É de fundamental importância estudar as oscilações do nível relativo do mar e as mudanças climáticas durante o Quaternário para compreender os processos morfogenéticos, definir as seqüências de depósitos geológicos e assim elaborar modelos evolutivos integrados para explicar a origem das planícies costeiras. O resultado da conjunção destes eventos está representado pelo elevado número de formas de relevo, geradas em composição com os agentes geomorfológicos derivados da dinâmica costeira (Meireles *et al.* 2005).

A planície litorânea de Itarema, entre as desembocaduras do rio Aracatimirim e o rio Zumbi está composta por uma série de elementos morfológicos e estratigráficos originados pelos processos desencadeados pelas mudanças relativas do nível do mar durante o Quaternário (FIGURA 59).



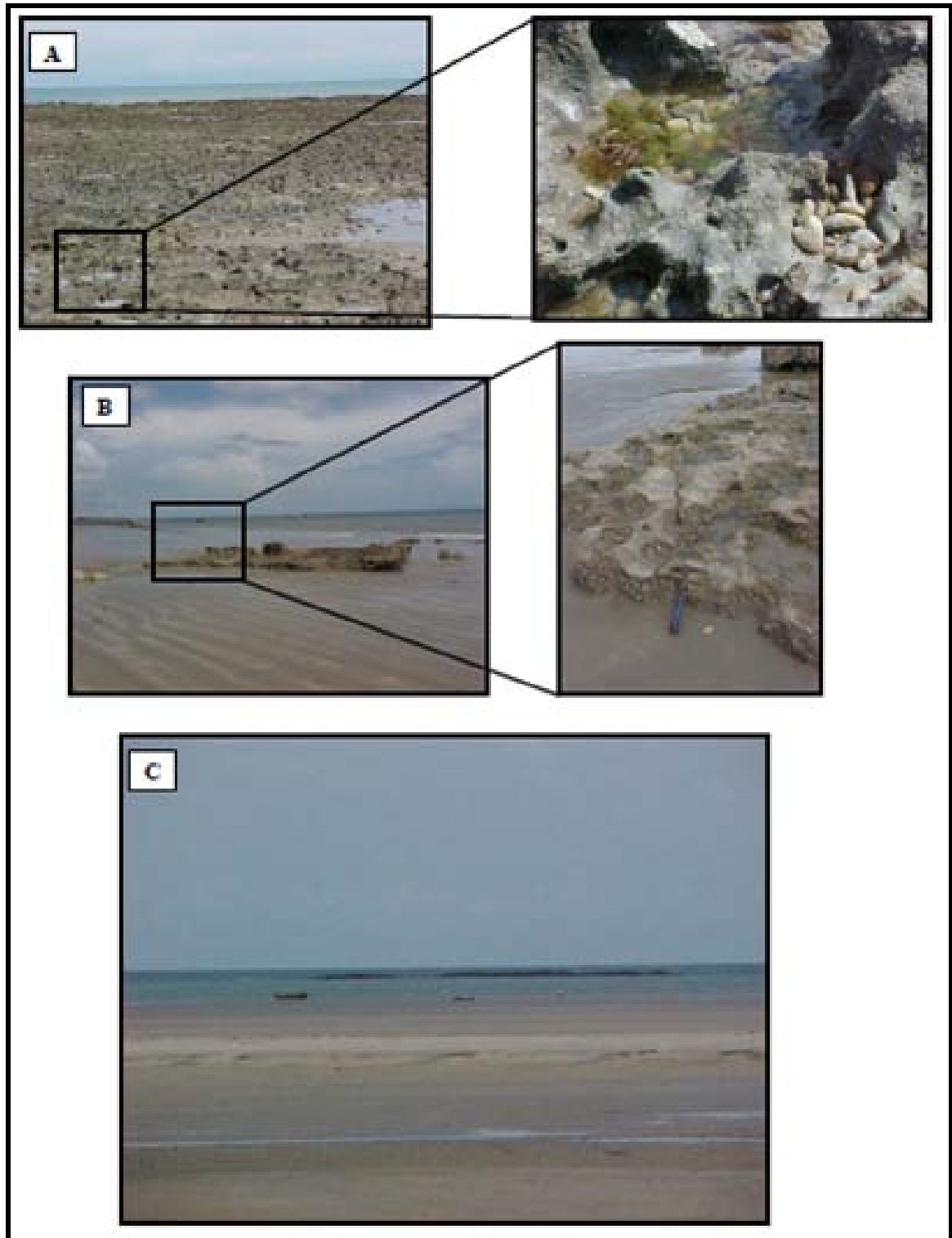
**FIGURA 59** – Localização dos elementos originados pelas mudanças do nível do mar na planície costeira de Itarema. Fonte: *Google Earth* 10/2006.

Os principais elementos identificados na planície litorânea de Itarema foram:

Presença de conchas em camadas de sedimentos lacustres, lagunares e marinhos na praia do Farol, que pode ser observada nos testemunhos de sondagem, cuja descrição será abordada no capítulo seguinte de estratigrafia.

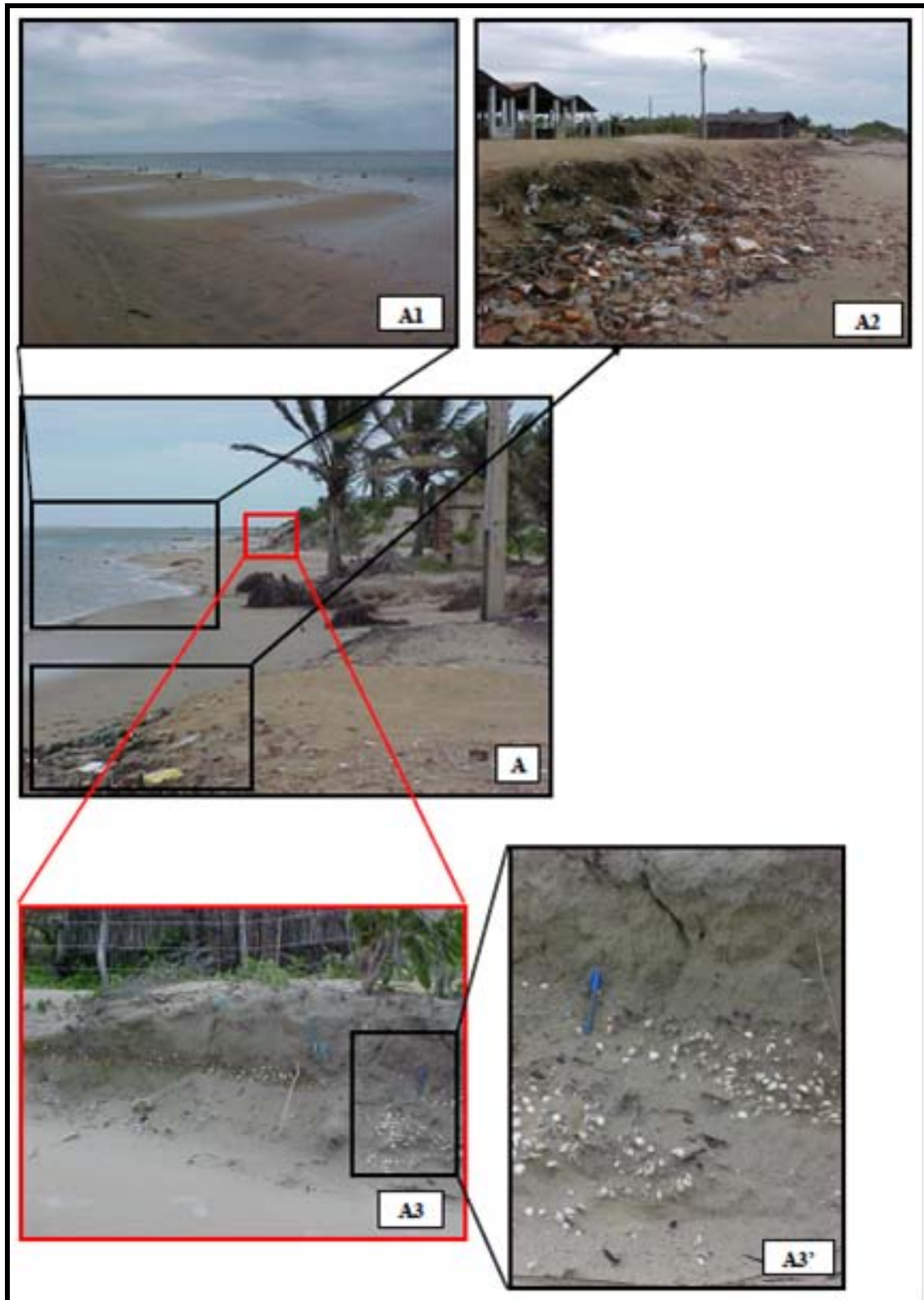
Alinhamentos consecutivos e paralelos de flechas litorâneas, que são marcas espaço-temporais e direcionais evidenciando o sentido da deriva e da migração das dunas.

Afloramentos de plataformas de abrasão na linha de costa e no canal de maré da praia de Almofala (FIGURA 60).



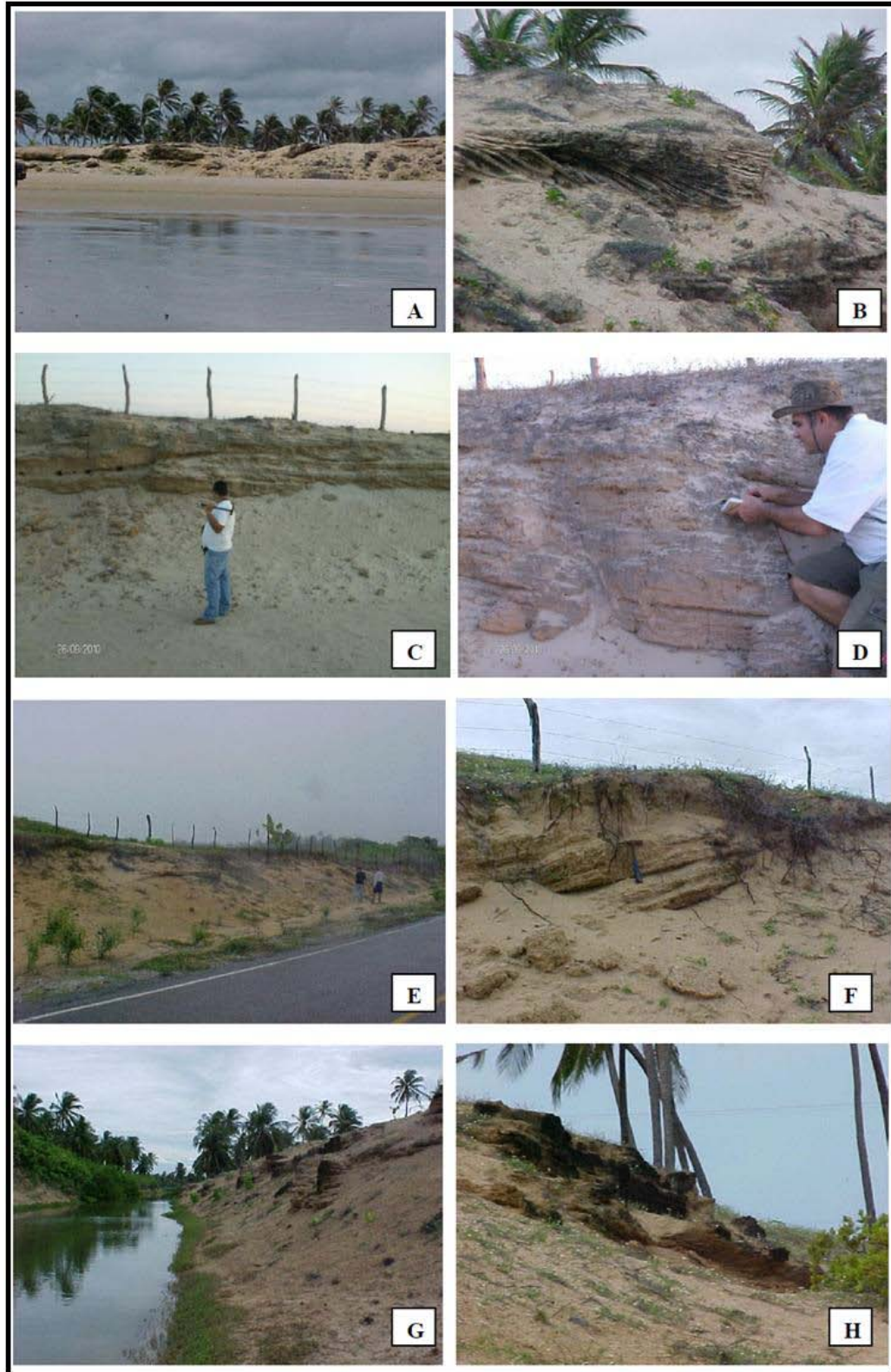
**FIGURA 60** – Plataformas de abrasão em Almofala, A e B - Aflorando na praia e C – Aflorando dentro do mar. (localização FIGURA 59). Fotos: Lamarka Lopes Pereira, 02/2007.

Paleomangues aflorando na planície de maré de Almofala e na praia do Farol na zona de estirâncio e níveis de conchas na praia do Farol, mais elevados do que o nível relativo do mar atual (FIGURA 61).



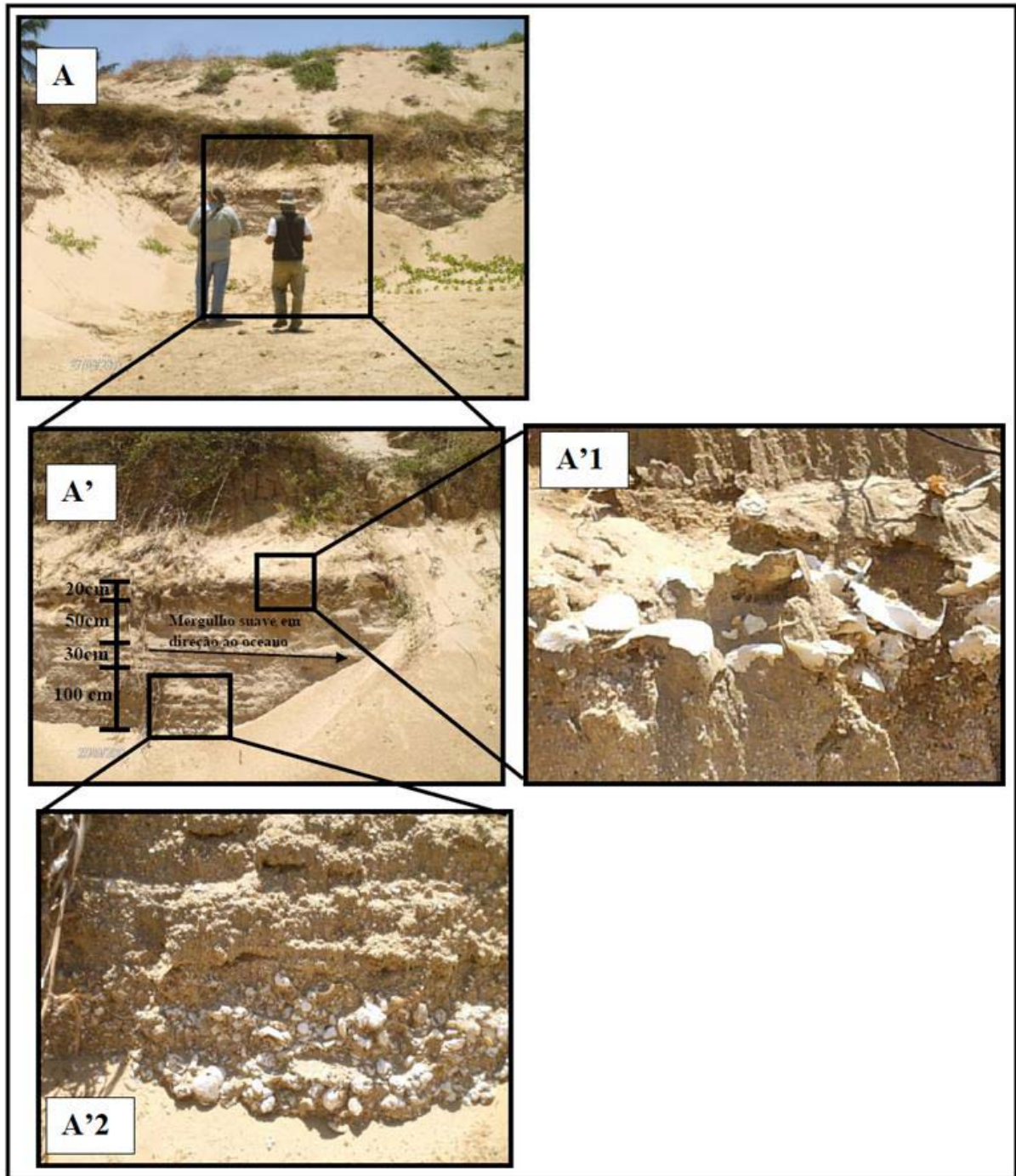
**FIGURA 61** – A1: Paleomangue aflorando na linha de praia; A2: Erosão da praia do Farol; A3 e A3': níveis de conchas no terraço marinho, mostrando nível do mar acima do atual. (localização FIGURA 59). Fotos: Lamarka Lopes Pereira, 02/2007.

Presença de eolianitos aflorando em vários locais dentro da planície litorânea, nas dunas internas, nos canais de maré e aflorando na barra que separa a laguna do mar (FIGURA 62).



**FIGURA 62** – A e B – Eolianitos - Na praia de Almofala, C e D – Eolianitos 1, E e F – Eolianitos 2, – Na barra que separa a laguna do oceano, G e H – Eolianitos 3 – No canal de maré da laguna Salgada. (localização FIGURA 59). Fotos: Lamarka Lopes Pereira, 02/2007 e 09/2010.

Terraço de construção marinha acima do nível do mar atual (FIGURA 63).



**FIGURA 63** – Terraço de construção marinha, mostrando estratos de ambiente praial antigo A'1 e A'2 recoberto por sedimentos eólicos A', localizado na barreira que separa a laguna Salgada do oceano. (localização FIGURA 59). Fotos: Lamarka Lopes Pereira, 09/2010.

O terraço de construção marinha encontrado em um corte de estrada a uma altitude aproximadamente entre 7 e 10 m em relação ao nível do mar atual, na planície litorânea de Itarema, exibe estratos bem definidos de ambiente praial.

Com um pacote estratificado exposto de aproximadamente 3 m, encimado por sedimentos eólicos parcialmente vegetados (FIGURA 63 A), de granulação fina a muito fina



apresenta na base um pacote de aproximadamente 1 m de areia de praia muito grossa, conglomerados a grânulos com bioclastos abundantes de rodólitos, algas coralinas, conchas de até 3 cm e seixos quartzosos em média de 2,5 cm, típicos de antepraia (FIGURA 63 A'2), apresenta estratificação de baixo ângulo com atitude  $227^{\circ}/16^{\circ}$  NW, com mergulho suave em direção ao mar. Sobrepondo a este, existe um pacote de 30 cm aproximadamente de areia cascalhosa e outro de aproximadamente 52 cm de areia muito grossa, e sobre estes presença de uma lâmina de aproximadamente 20 cm (FIGURA 63 – A') com presença de conchas e paleossolo rico em matéria orgânica.

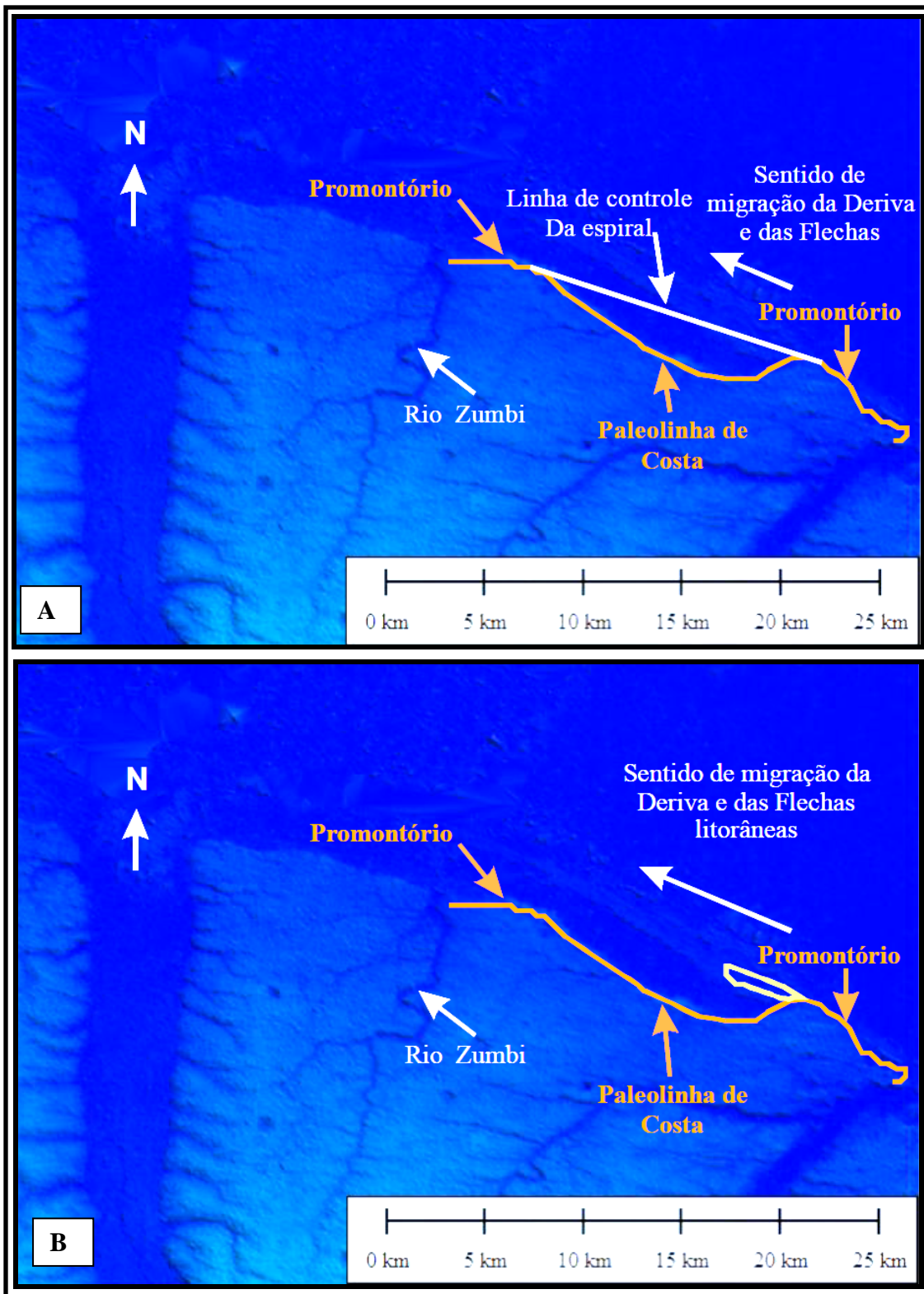
#### 5.4 INTEGRAÇÃO DOS PROCESSOS DA DINÂMICA COSTEIRA E MODELO EVOLUTIVO GEOMORFOLÓGICO

Baseado nas condições atuais da planície litorânea de Itarema, que possui como principal sistema deposicional o laguna-barreira, aliado aos dados da fisiografia da área, dados morfométricos e elementos morfológicos e estratigráficos originados pelos processos relacionados as mudanças relativas do nível do mar durante o Quaternário foi possível sugerir um modelo de evolução geomorfológico da área (FIGURAS 64),

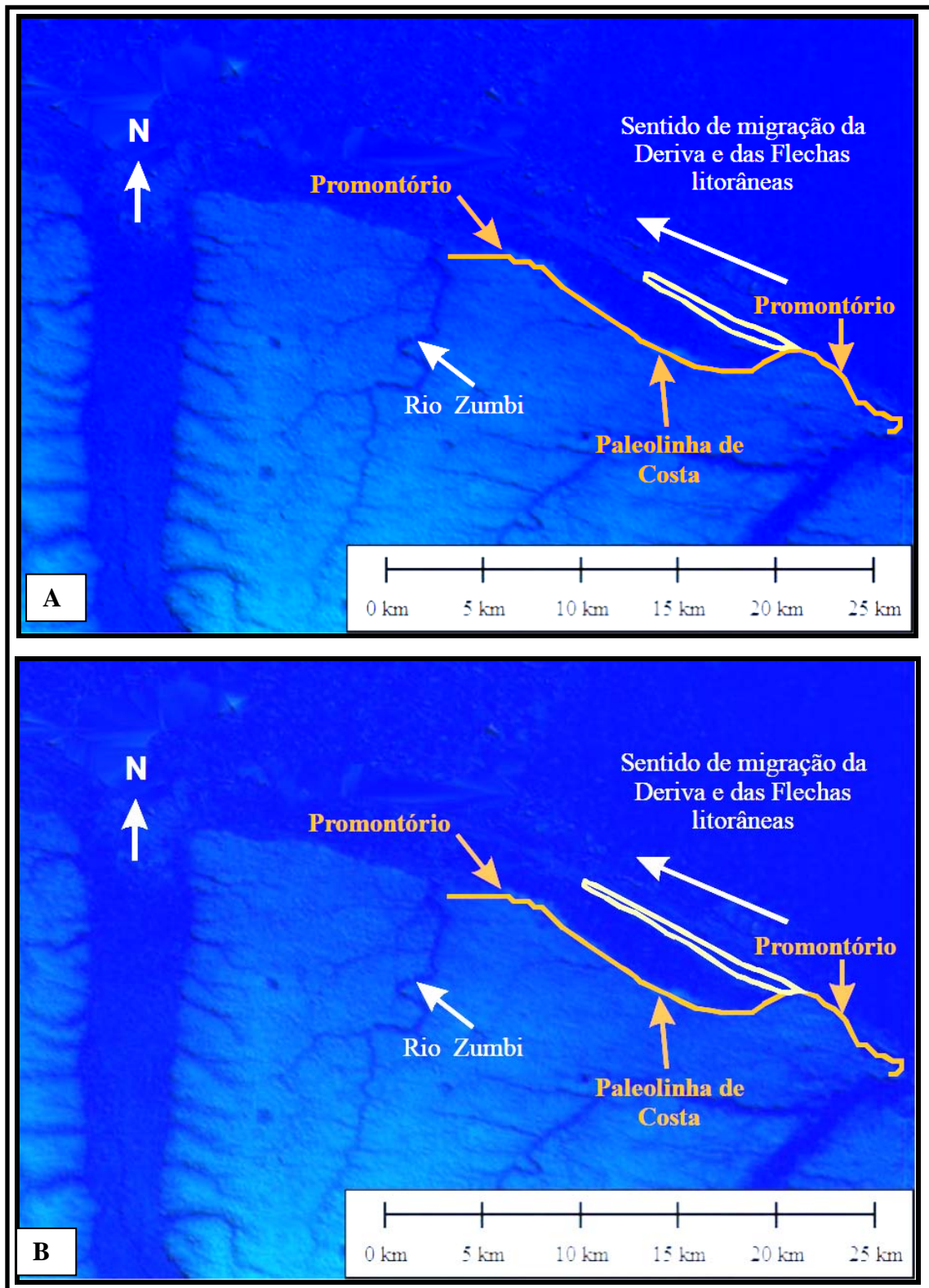
Na planície costeira do município de Itarema é visível através do modelo digital de terreno (*SRTM*) a fisiografia da paleolinha de costa com feições do tipo promontório ou núcleos centrais de embaimentos na forma de espiral (FIGURA 64 A).

Sugere-se que o principal promontório formador do sistema ilha-barreira está a leste no núcleo de embaiamento na praia de almofala e é representado pela plataforma de abrasão que aflora na área e atuou no passado como trapa que propiciou o acúmulo dos sedimentos inicialmente nesta região que hoje possui a maior altitude em relação ao nível do mar chegando a 20 m nas dunas a sua retaguarda. Na FIGURA 65 destaca-se o sentido do crescimento da antiga flecha litorânea ou barreira que separa a laguna Salgada do oceano.

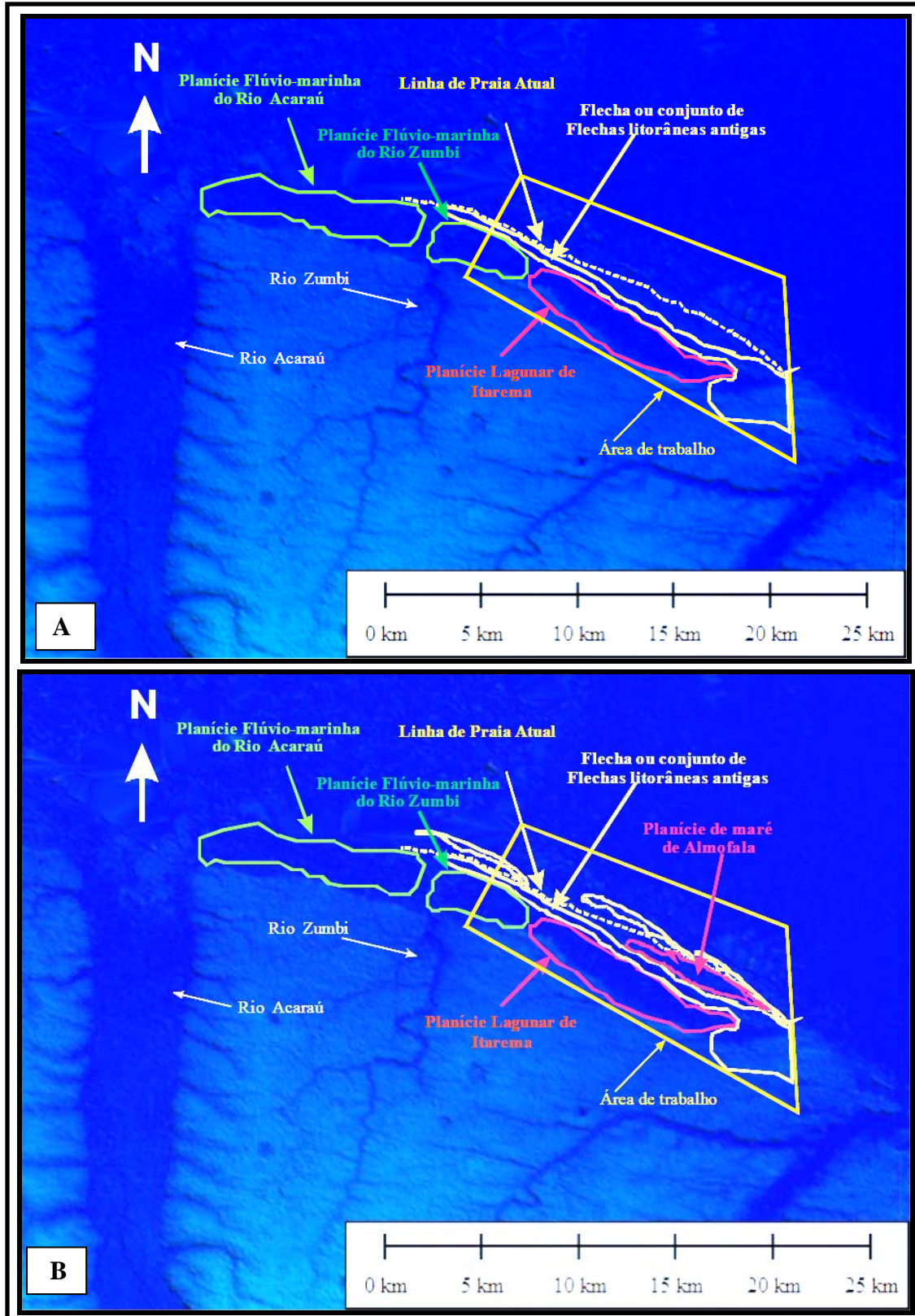
Com o contínuo aporte sedimentar associado ao sentido da deriva litorânea, condições climáticas e morfologia da região houve a formação ou crescimento da principal barra, hoje representada o topo por sedimentos eólicos, que forma o sistema laguna-barreira com seus principais ambientes que podem ser visualizados na FIGURA 66, como a planície da laguna Salgada e as planícies flúvio-marinhas do rio Zumbi e Acaraú, entre outros que foram tratados no Capítulo da geomorfologia.



**FIGURA 64** – Modelo evolutivo da planície costeira do município de Itarema – CE. A – Fisiografia da paleolinha de costa com feições do tipo promontório ou núcleos centrais de embaixamentos na forma de espiral. B – Início da formação da flecha litorânea do sistema ilha-barreira da laguna Salgada.



**FIGURA 65** – Modelo evolutivo da planície costeira do município de Itarema – CE. A e B – Crescimento da flecha litorânea do sistema ilha-barreira da laguna Salgada.



**FIGURA 66'** – A – Flecha ou conjunto de flechas antigas e linha de costa atual pontilhado em amarelo. B – Morfologia atual o sistema laguna-barreira com seus principais ambientes: planície da laguna Salgada e as planícies flúvio-marinhas do rio Zumbi e Acaraú, e flechas litorâneas atuais.

## **6 ESTUDO DE REGISTROS SEDIMENTARES DA PLANÍCIE COSTEIRA DE ITAREMA**

O conhecimento sobre as camadas estratigráficas se faz importante para avaliar as oscilações do nível do mar, entender a evolução dos sistemas sedimentares ao longo das eras geológicas, e criar modelos de previsões futuras (Ribeiro, 2001).

O litoral de Itarema ainda não foi estudado com relação a estratigrafia e aos ambientes deposicionais, para tanto o trabalho aqui apresentado tem como objetivo principal a análise faciológica de dez testemunhos sedimentares provenientes da planície costeira de Itarema.

O conjunto de características de uma fácies revela condições de formação, assim como a natureza dos meios biológico e geológico de que se constitui um paleo-ambiente. Através de fatores (físicos e biológicos) de coloração, granulometria e textura é possível detalhar cada fácies quanto ao teor de matéria orgânica, grau de oxidação e provável interferência climática. (Walker 1984).

A partir da descrição sedimentológica dos testemunhos, associado à fotomontagem dos mesmos no momento em que foram abertos, no presente trabalho elaboraram-se perfis sedimentológicos esquemáticos que representam basicamente a distribuição da granulometria, estruturas sedimentares primárias, contatos e cor do sedimento. Toda a descrição e interpretação sedimentológica seguiu o sentido da base para o topo dos testemunhos.

### **6.1 DESCRIÇÃO TESTEMUNHOS**

Considerando-se que as partículas de tamanhos granulométricos entre silte e argila caracterizam um ambiente lântico por se incorporarem ao sistema através do processo de decantação, não houve a necessidade de fracionar estes tamanhos de grãos denominando o conjunto destes simplesmente de lama. A fração areia necessita de uma maior energia de transporte para se associarem aos diversos sistemas deposicionais, sendo feita a identificação fracionária desta granulometria em areia fina, média ou grossa, neste trabalho.

A descrição da cor foi realizada de acordo com a carta de cores Rock Color Chart Committee (1984). Posteriormente, as descrições foram complementadas com a análise das fotografias e com os resultados dos estudos sedimentológicos.

A partir dos dados de testemunhos de sondagem e/ou perfis litológicos, são descritas as fácies (ex. lama, areia) e estruturas associadas (físicas e biológicas); em seguida, as mesmas são agrupadas em associações faciológicas (ex., praia, laguna); que permitem a interpretação de sistemas deposicionais (ex., lagunar, marinho praiado). A partir desses dados aplica-se os conceitos da Estratigrafia de Seqüências (influência das variações eustáticas do nível relativo do mar na deposição clástica).

Foram retirados 10 testemunhos, ao longo de três seções transversais ao sistema laguna/barreira da planície costeira de Itarema. A análise sedimentológica dos testemunhos mostra em geral, a ocorrência de fácies lamosas e arenosas condizentes com os diferentes ambientes deposicionais de um sistema do tipo “laguna-barreira”.

Para a descrição foi adotada a ordem de disposição dos testemunhos das seções 1, 2, 3 e testemunho A. As seções 1 e 2 estão a oeste na área de trabalho, testemunho A na parte central da área de trabalho e a seção 3 a leste (FIGURA 66).

A distribuição dos testemunhos na área de trabalho é da seguinte forma (FIGURA 66):

Na seção 1 estão os testemunhos 1, B, D e G. O testemunho 1 foi coletado na planície da laguna salgada a uma altitude de 8 metros e distante 2,5 km dos testemunhos B, D e G localizados na praia do farol nas altitudes 5m, 4m e 4m respectivamente, a distancia entre os testemunhos B e D é de 15 m e entre o D e o G 6 m.

Na seção 2 estão os testemunhos F, J e E. O testemunho F foi coletado na lagoa do Mato a uma altitude de 14 metros e distante 1,6 km do testemunho J que está localizado na planície da laguna Salgada a uma altitude de 6m. O testemunho J dista 1,4 km do testemunho E que foi coletado nas dunas fixas da barreira que separa a laguna do oceano a uma altitude de 7m.

O testemunho A está localizado na parte central da área de trabalho dentro planície lagunar a uma altitude de 3 m e não faz parte de nenhuma seção.

Na Seção 3 estão os testemunhos H e I com altitudes de 6 m 5 m respectivamente na planície da laguna Salgada porção oeste da área de trabalho, distando 250 m um do outro.

Através união das seções 1 e 2 foi possível gerar um perfil com os testemunhos locados na ordem F, 1, J, E, B, D e G, respectivamente, favorecendo a interpretação da evolução paleográfica.

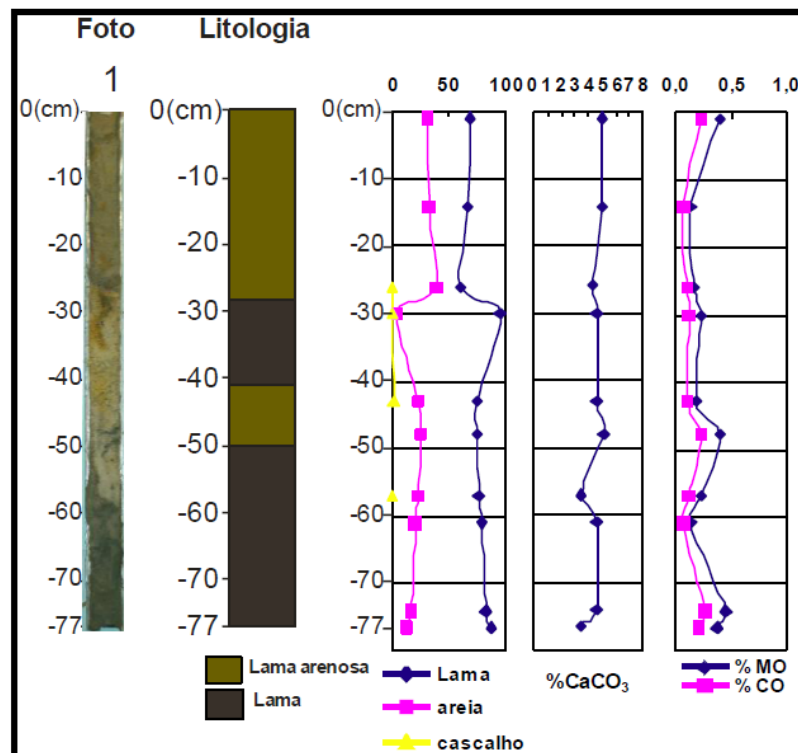


FIGURA 66 – Mapa de localização das estações de amostragem de sub-superfície.

### 6.1.1 Seção 1

A seção litológica 1 é composta pelos testemunhos 1, B, D e G respectivamente alinhados no sentido continente / oceano e perpendiculares a linha de costa (FIGURA 66). O testemunho 1 foi retirado de dentro da lagoa salgada e o B, D e G da zona de praia na região do Farol. Os dados granulométricos e parâmetros texturais estão descritos nos apêndices A e B.

O testemunho 1 com 77 cm de comprimento e estrutura maciça, da planície da lagunar na parte central da laguna Salgada (FIGURA 66), a uma altitude de 8 m onde foram identificadas as fácies lama e lama arenosa (FIGURA 67).



**FIGURA 67** – Foto, litologia e resultados granulométricos, % de carbonatos, matéria orgânica e carbono orgânico do testemunho 1.

Na base um pacote entre 77 e 55 cm representado pela fácies lama de coloração cinza médio escuro N4 e cinza médio N5 variando de extremamente mal selecionada a pobremente selecionada. Entre 55 e 41 cm predomina a fácies lama arenosa de cor cinza amarelado 5Y 8/1 com mosqueamentos de argila cinza claro médio N6, extremamente mal selecionada.

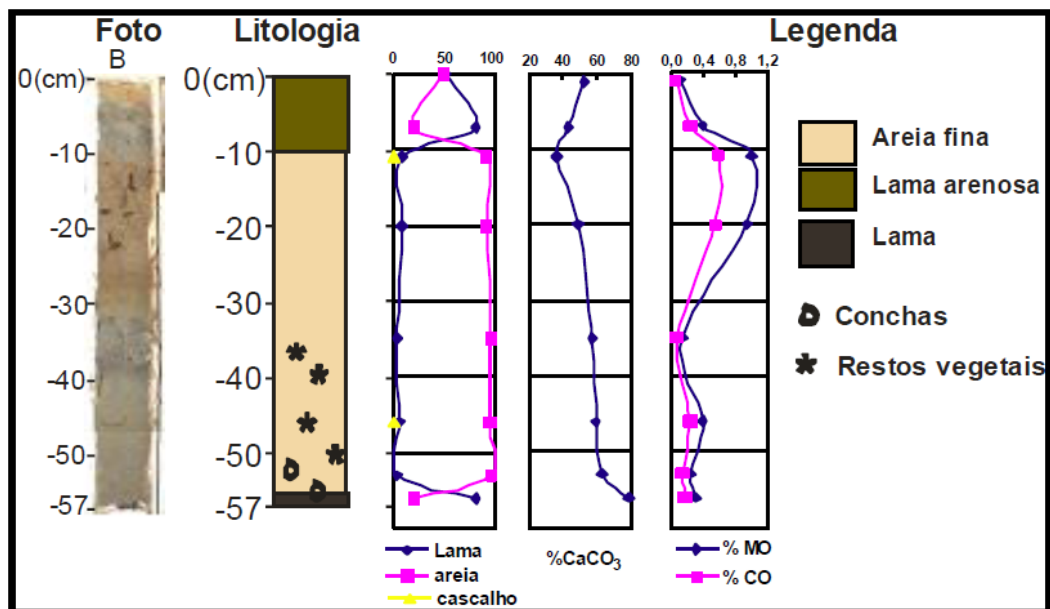
De 41 a 28 cm a fácies lama de cor amarelo acinzentado 5Y 8/4 com manchas ferruginosas amareladas 10YR 6/6 sugere processos localizados de oxidação, com sedimentos muito bem selecionados e de 28 cm e encerrando no topo a fácies lama arenosa cinza clara 5Y



7/2 de sedimentos extremamente mal selecionados e com manchas ferruginosas amareladas 10YR 7/4 (FIGURA 67).

O testemunho 1 apresenta matéria orgânica com teores variando de 0,14% a 0,47% e média de 0,28%, média de carbono orgânico de 0,16%, variando de 0,08% a 0,27% e baixos teores de carbonatos variando entre 3,5 e 5,2% e média de 4,5% (FIGURA 67).

O testemunho B, com 57 cm de comprimento, foi coletado na praia do farol a uma altitude de 5 m distante 15 m do testemunho D e a 23 m do G, que estão mais próximos a linha da praia a uma altitude de 4 m (localização na FIGURA 66). Está constituído pelas fácies lama, areia fina e lama arenosa, consecutivamente da base para o topo (FIGURA 68).



**FIGURA 68** – Foto, litologia, componentes biogênicos, resultados granulométricos, % de carbonatos, matéria orgânica e carbono orgânico do testemunho B.

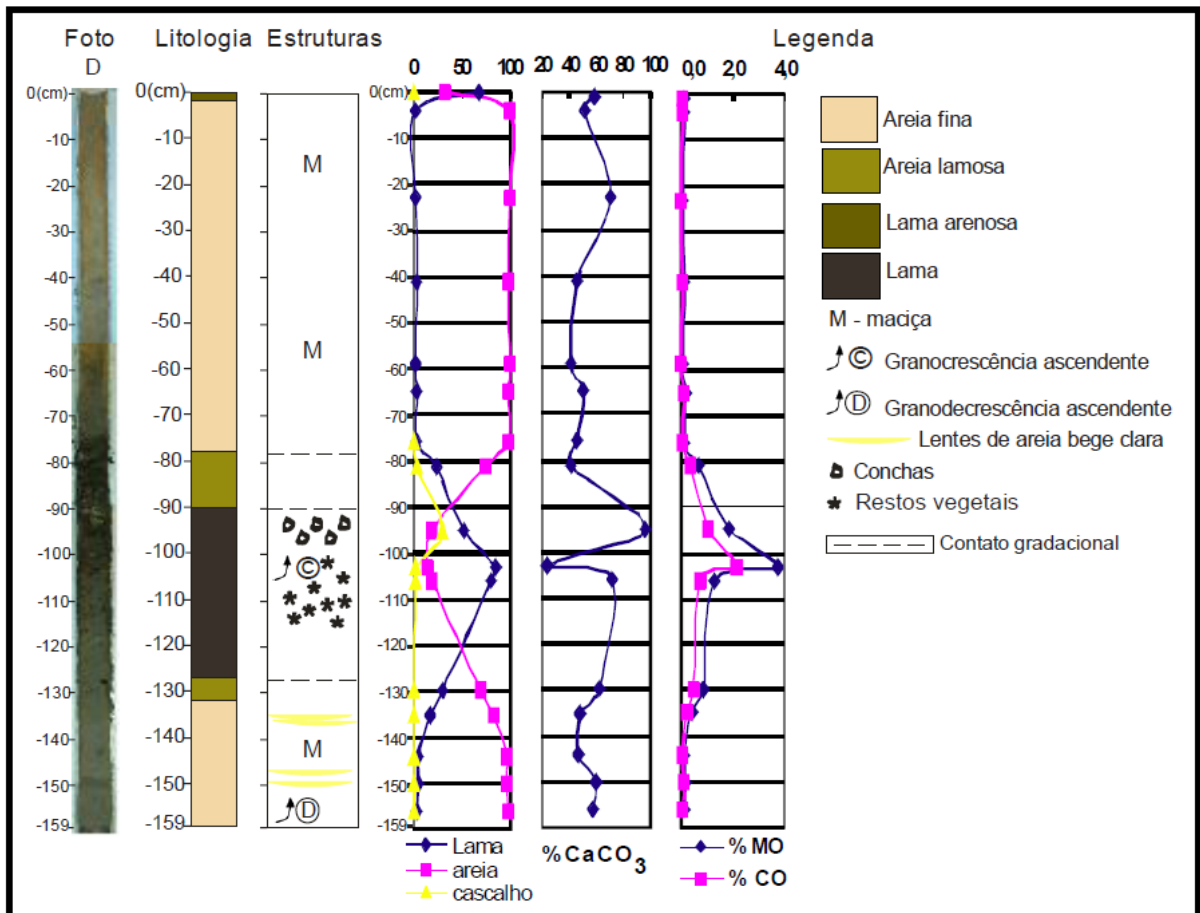
A base do testemunho B apresenta a fácies lama de 57 a 55 cm com sedimentos muito pobremente selecionados e presença de bivalves marinhos de águas rasas da família *Ostracidea* e conchas bastante roladas e da família *Psammobidae*, nesta mesma camada ocorre o teor mais elevado de carbonatos em torno de 79% e pouca matéria orgânica preservada em torno de 0,2% (FIGURA 68).

A fácies areia fina, aparece sobrepondo a fácies anterior exibindo um pacote 45 cm de espessura, sendo entre 55 e 33 cm com sedimentos bem selecionados de cor cinza médio N5 e presença de raízes, e entre 10 e 33 cm coloração marrom amarelado pálido 10YR 6/2 com

mosqueamento marrom amarelado escuro 10YR 4/2 (ferruginoso) coincidindo com os mais elevados teores de matéria orgânica deste testemunho, 1% aproximadamente e sedimentos pobremente selecionados (FIGURA 68).

No topo a fácies lama arenosa muito pobremente selecionada de 3 a 10 cm cinza claro médio N6, com rajadas de tons claros de cinza N7 e de 0 a 3 cm de coloração laranja amarelado pálido 10YR, apresenta altos teores de carbonatos chegando a > 50% e pouca matéria orgânica, não excedendo 0,4%. (FIGURA 68).

O testemunho D foi coletado na praia do Farol (localização na FIGURA 66), a uma altitude de 4 m em relação ao nível do mar tendo 1,59 m de recuperação. Foram identificadas quatro fácies sedimentares: areia fina, areia lamosa, lama arenosa e lama (FIGURA 69).



**FIGURA 69** – Foto, litologia, estruturas, componentes biogênicos, resultados granulométricos, % de carbonatos, matéria orgânica e carbono orgânico do testemunho D.

Da base até 132 cm um pacote da fácies areia fina com granodecrescência ascendente cinza claro médio N6 com lentes de areia laranja amarelado escuro 10YR 8/6 variando de muito pobremente a bem a moderadamente selecionada.

Acima tem-se a fácies areia lamosa de 132 a 127 cm muito pobremente selecionada com carbonato acima > 60% e, sobreposta pelo pacote da fácies lama entre 127 e 90 cm com coloração cinza médio N5 com marcas pretas N1 (riscos), conchas e restos vegetais, elevados teores de matéria orgânica chegando a >3% e 90 % de carbonatos (FIGURA 69).

Esta camada foi sobreposta pela fácies areia lamosa de 90 a 78 cm com coloração cinza amarronzado 5YR 4/1 muito pobremente selecionada, tendo 40% de carbonatos e 0,68% de matéria orgânica, completando uma seqüência de granocrescência ascendente. A partir daí, esta seqüência é recoberta por um pacote maciço de 75 cm da fácies areia fina de cor laranja acinzentado 10YR 7/4 e cinza N6, variando de bem a moderadamente selecionada, com presença de manchas de areia cinza clara N7 e alaranjadas 10YR 6/6, baixos teores de matéria orgânica, não ultrapassando 0,2% e carbonatos variando entre 40 e 70% (FIGURA 69).

Encerrando no topo com uma camada de 2 cm de lama arenosa muito pobremente selecionada, com 58% de carbonatos e 0,15% de matéria orgânica.

O testemunho G apresenta o predomínio das fácies areia fina e areia lamosa que compõem um pacote de 435 cm de comprimento, também foi coletado na praia do Farol a uma altitude de 4 m (localização na FIGURA 66 e estratigrafia na FIGURA 70).

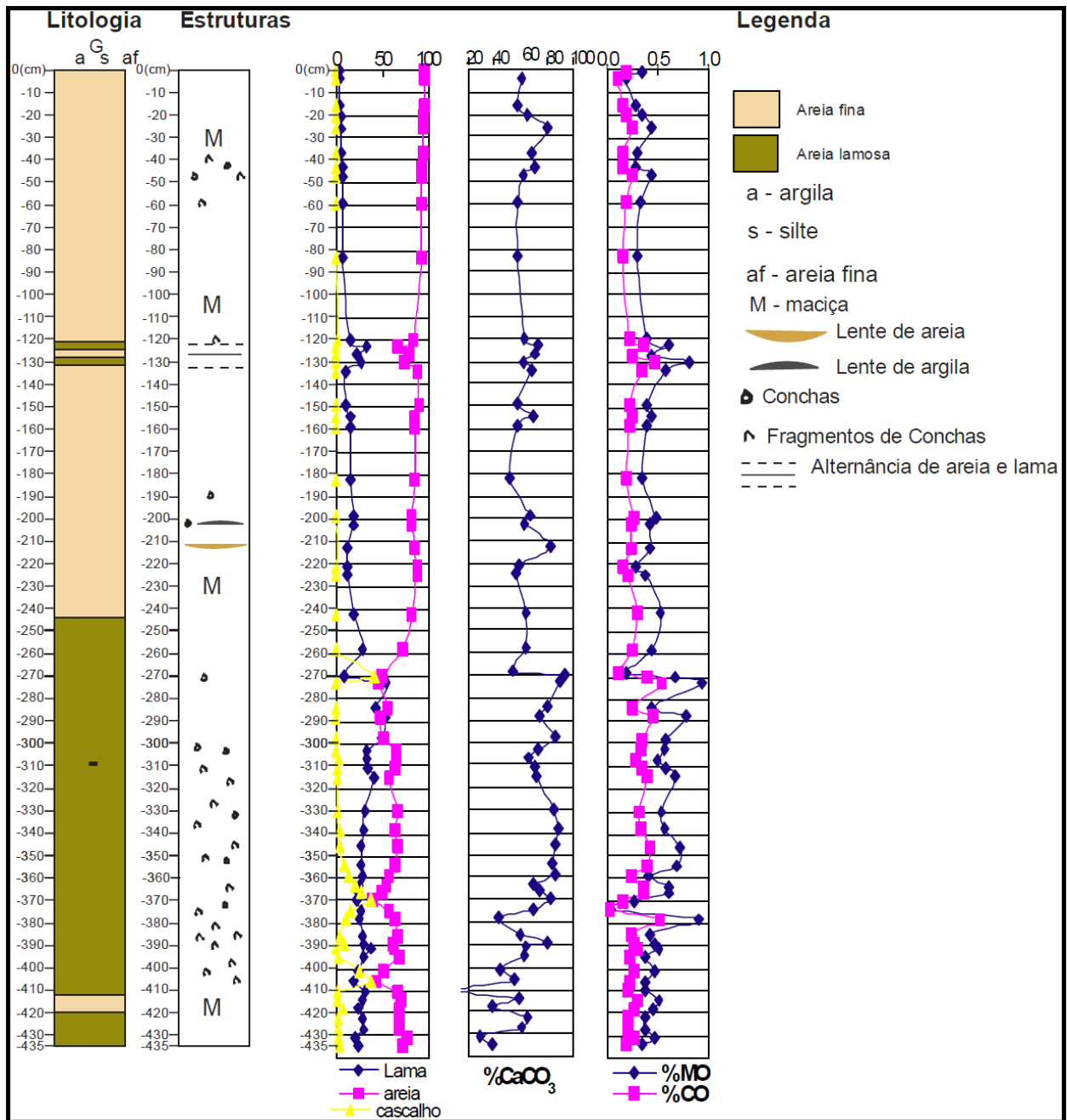
Todo o testemunho G apresenta coloração variando de cinza claro N7 a laranja acinzentado 10 YR 7/4, com estrutura maciça.

Na base entre 435 e 420 cm tem-se a fácies areia lamosa mosqueada com marcas cinza escura N5 e manchas brancas. O teor de carbonatos é bastante alto variando entre 29 e 65%, com matéria orgânica e carbono orgânico em torno de 0,4% e 0,05% respectivamente.

Entre 420 e 411 cm ocorre a fácies areia fina, rica em carbonatos >40% e matéria orgânica em torno de 0,5%.

De 411 a 245 cm predomina a fácies areia lamosa, cinza N7 entre 259 e 257 cm coloração marrom amarelado médio 10 YR 5/4 com 63% de carbonatos e 0,4% de matéria orgânica e de 268 a 267 cm presença de areia laranja amarelado pálido 10 YR 8/6, com 53% de carbonatos

0,2% de matéria orgânica e de 406 a 364 cm. O sedimento cinza aparece misturado com sedimento branco rico em carbonatos de 43 a 81% e matéria orgânica entre 0,3 e 0,6%, ocorrendo presença de conchas de bivalves e fragmentos de conchas de 272 a 269 cm e de 406 a 300 cm e minúsculos fragmentos brancos de 376 a 387cm.



**FIGURA 70** – Litologia, estruturas, componentes biogênicos, resultados granulométricos, % de carbonatos, matéria orgânica e carbono orgânico do testemunho G.

Entre 245 e 131 cm predomina a fácies areia fina, com lentes de argila entre 204 e 201 cm e em 211 uma lente de areia, com conchas em 189 cm, com matéria orgânica variando entre 0,3 e 0,8% e teores de carbonatos entre 51 e 83%.

Entre 131 e 121 cm ocorre alternância entre as fácies areia fina e areia lamosa, com concha e minúsculos fragmentos brancos em 127 cm, tendo 70% de carbonatos em média e matéria orgânica entre 0,4 e 0,6%.

De 121 cm até o topo predomina novamente a fácies areia fina, com presença de conchas entre 49 e 41 cm e fragmentos de conchas em 121, 118 e 60 cm e minúsculos fragmentos brancos em 121 cm. Os carbonatos e matéria orgânica alcançam teores respectivamente de 55% e entre 0,2 e 0,4%.

### **6.1.2 Seção 2**

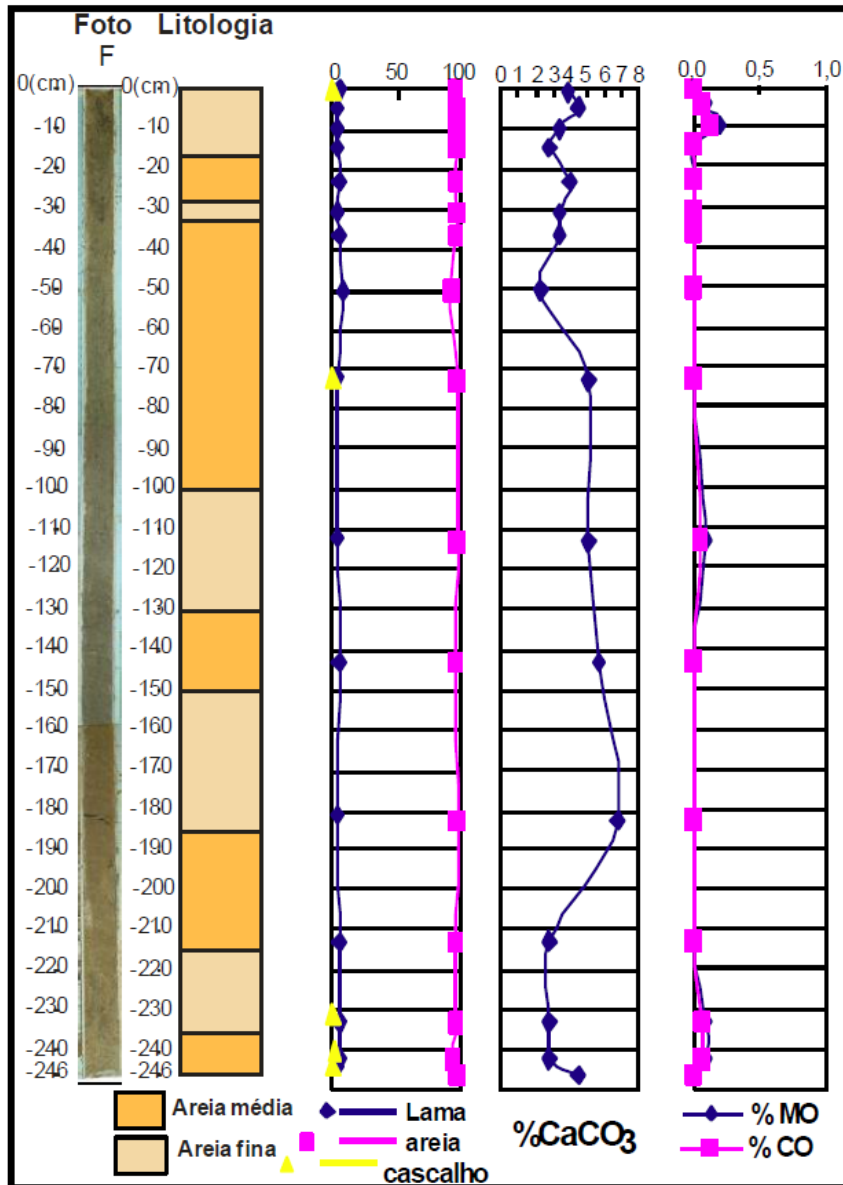
A seção litológica 2 é composta pelos testemunhos F, J e E, alinhados no sentido continente / oceano e perpendicularmente a linha de costa (localização FIGURA 66). O testemunho F foi coletado na lagoa do Mato, o J na laguna Salgada e o E nos eolianitos. Os dados referente a análise granulométrica estão descritos no apêndice C.

O testemunho F é localizado na lagoa do Mato (localização na FIGURA 66), a uma altitude de 14 m. A lagoa do Mato encontra-se sobre os tabuleiros pré-litorâneos de sedimentos eólicos.

Com um comprimento de 246 cm e estrutura maciça o testemunho F possui grãos moderadamente selecionados e intercalação entre duas fácies, da base para o topo iniciando com a fácies areia média e passando para a fácies areia fina sucessivamente até o topo, o intervalo de 246 a 72 cm coloração cinza amarelado 5Y 8/1, com presença de raízes em 50 e em 72 cm a coloração de 72 cm ao topo cor cinza amarronzado claro 5YR 6/1 (FIGURA 71).

Com teores de carbonatos variando entre 2,3 e 6,8%, matéria orgânica variando de não detectada a 0,2% e carbono orgânico máximo de 0,12%, percebe-se a existência de eventos ou períodos deposicionais da matéria orgânica, pela presença de três pequenos picos em 10 cm, 113 cm e 235 cm de profundidade, que sugerem épocas em que a lâmina d'água foi mais profunda ou permaneceu por um período de tempo maior, propiciando a deposição da matéria orgânica em

quanto que a maior parte do testemunho há dificuldade de preservação da matéria orgânica neste ambiente lacustre.



**FIGURA 71**– Foto, litologia e resultados granulométricos, % de carbonatos, matéria orgânica e carbono orgânico do testemunho F.

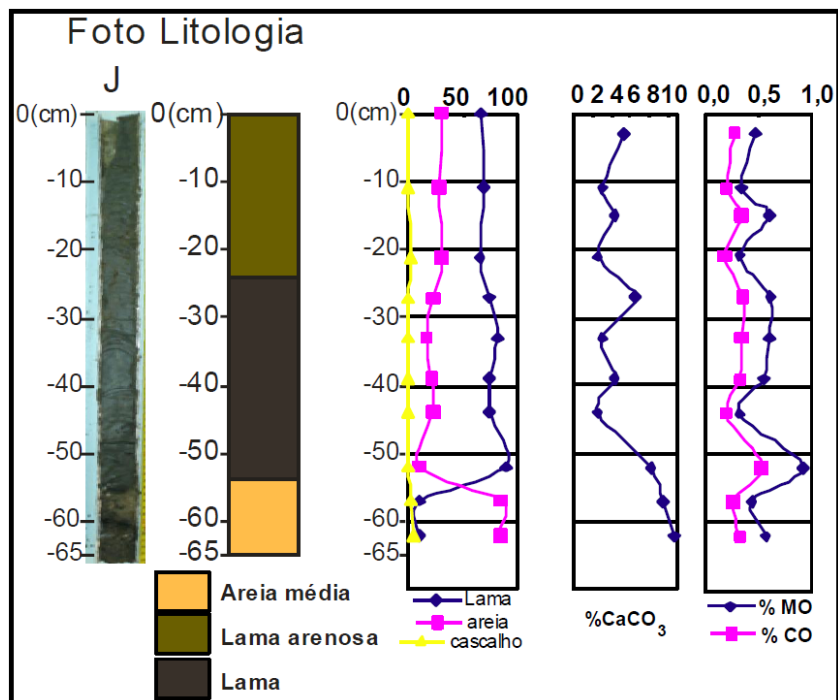
O testemunho J na planície lagunar (localização na FIGURA 66), a uma altitude de 6 m, dois m abaixo do testemunho 1, no centro da laguna Salgada mostra o seguinte perfil:

É composto na base pela fácies areia média entre 65 e 54 cm, sobreposta pelas fácies lama e lama arenosa com um pacote de 55 cm de espessura muito pobremente selecionada cinza amarronzado 5 YR 2/1, com presença de fragmentos de conchas marinhas, teor de carbonatos

variando entre 2,4 e 10,7 %, e matéria orgânica média de 0,52% com teores variando de 0,32%, a 0,91% (FIGURA 72).

Entre 54 e 24 cm um pacote da fácies lama cinza escuro N3, também muito pobremente selecionada, encerrando entre 24 cm e o topo com a fácies lama arenosa cinza escuro médio N4. Ocorrem marcas de areia de 19 a 13 cm e manchas ferruginosas de 33 a 17 cm.

Os teores de carbonatos não ultrapassam 6% e de matéria orgânica em torno de 0,5% (FIGURA 72).



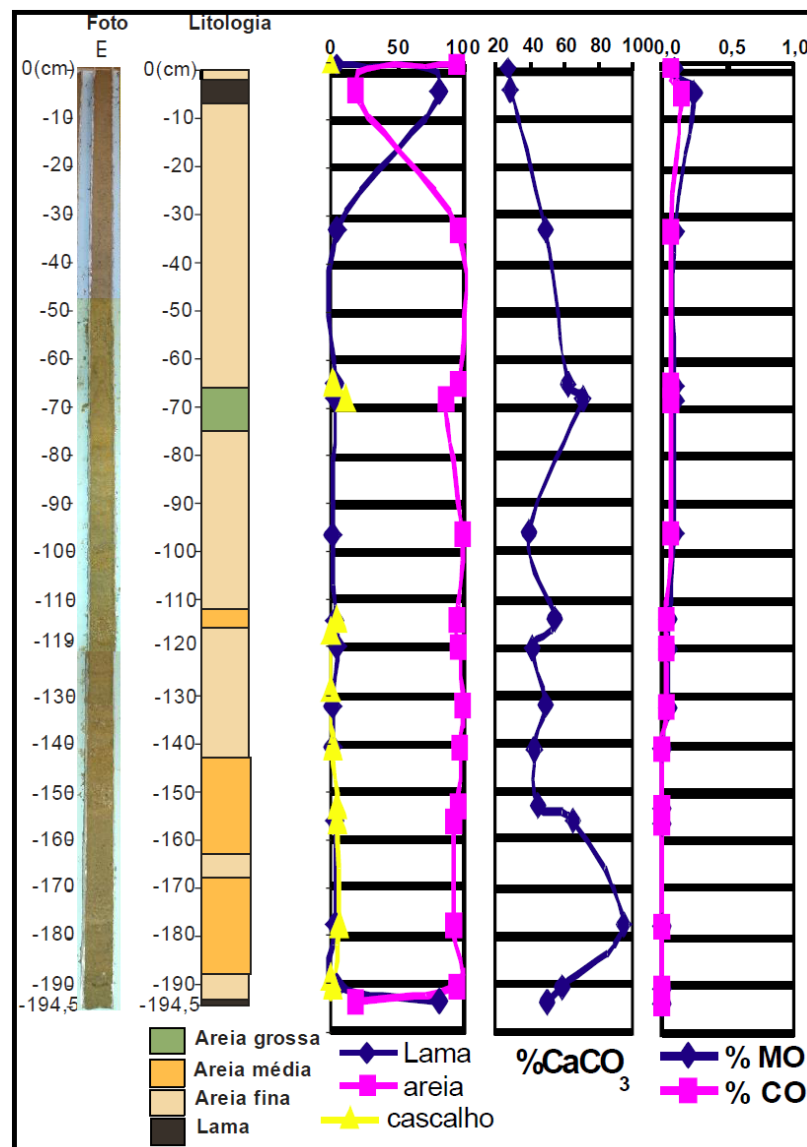
**FIGURA 72** – Foto, litologia e resultados granulométricos, % de carbonatos, matéria orgânica e carbono orgânico do testemunho J.

O testemunho E foi coletado nas dunas fixas (localização na FIGURA 66), a uma altitude de 7 m e profundidade de 194,5 m. Com estrutura maciça é constituído pelas fácies areia grossa, média e fina e a fácies lama. Tem-se baixos teores de matéria orgânica variando de não detectada a 0,25%, e elevados teores de carbonatos 52,0% em média (FIGURA 73).

Na base de 194,5 a 193 cm a fácies lama com ausência total de matéria orgânica e carbonatos em torno de 40%, a fácies areia média aparece nos intervalos de 188 a 168 cm com 95% de carbonatos, de 163 a 143 cm, com carbonatos variando entre 44 e 65% e entre 116 e 112 cm apresenta 54% de carbonatos, sendo a matéria orgânica nestes intervalos praticamente ausente, não ultrapassando 0,05%.

A fácies areia fina rica em carbonatos >40% aparece nos intervalos entre 143 e 116 cm e de 112 a 75 cm, variando de bem a pobremente selecionada laranja acinzentado 10 YR 7/4 com manchas de areia cinza clara N7 e manchas levemente amareladas 10 YR 8/6.

Entre 75 e 66 cm, a areia bioclástica grossa a muito grossa pobremente selecionado, possui 70% de teores de carbonatos e 0,1% de matéria orgânica; de 66 cm ao topo, tem-se areia fina rica em carbonatos com teores variando entre 29 e 62% de cor laranja acinzentado 10 YR 7/4, com um estreita camada de lama entre 7 e 2 cm apresentando 0,25% de matéria orgânica (FIGURA 73).

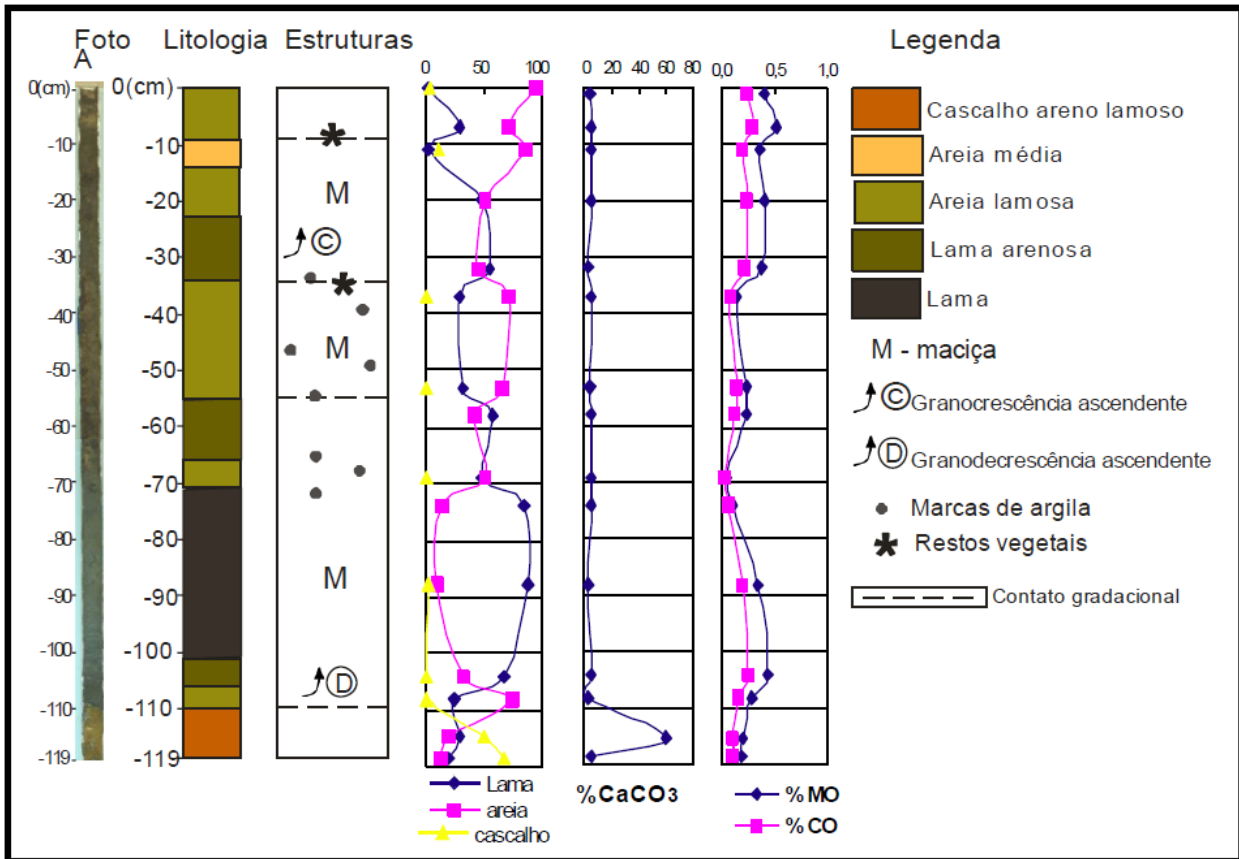


**FIGURA 73** – Foto, litologia e resultados granulométricos, % de carbonatos, matéria orgânica e carbono orgânico do testemunho E.



### 6.1.3 Testemunho A

O testemunho A, com 110 cm de comprimento, foi coletado na parte central da laguna Salgada, numa altitude de 3 m (localização na FIGURA 66), não faz parte dos perfis, porém foi útil na identificação da litologia dos depósitos. O testemunho é composto pela fácies cascalho areno-lamoso, fácies areia média, areia lamosa, lama arenosa e fácies lama.



**FIGURA 74** – Foto, litologia, estruturas, componentes biogênicos, resultados granulométricos, % de carbonatos, matéria orgânica e carbono orgânico do testemunho A.

Na base entre 119 e 110 cm cascalho areno-lamoso marrom claro 5 YR 5/6 (laranja ferrugem), com seixos de 2 cm de diâmetro dispersos, contato gradacional com a camada superior entre 118 e 110 cm de sedimento branco com 60% de carbonatos e 0,2% de matéria orgânica. Entre 110 e 106 cm lente com a fácies areia lamosa extremamente mal selecionada cinza médio N5, com 0,3% de matéria orgânica e os carbonatos não ultrapassam 3%. Entre 101 e 106 cm fácies lama arenosa muito pobremente selecionada, com 4,4% de matéria orgânica e pobre em carbonatos 4,6%.

O testemunho maciço com granodecrescência ascendente entre 110 e 71 cm, mostra a tendência de acumulação de sedimentos finos neste ponto e granocrescência ascendente entre 35 e o topo.

A partir de 101 até 71 cm um pacote com a fácies lama cinza pobremente selecionada ligeiramente mosqueado de amarelo, entre 71 e 66 cm ocorre novamente lente da fácies areia lamosa e de 66 a 55 cm fácies lama arenosa laranja acinzentada 10 YR 7/4 com mosqueamento marrom amarelado escuro 10 YR 4/2 e entre 55 e 34 cm um pacote da fácies areia lamosa extremamente mal selecionada com pelotas de argila, de 34 a 24 cm lama arenosa extremamente mal selecionada. De 24 a 15 cm fácies areia lamosa extremamente mal selecionada, de 15 a 9 cm fácies areia média pobremente selecionada. De 9 cm ao topo, tem-se a fácies areia lamosa pobremente selecionada laranja acinzentado 10 YR 7/4 com cinza médio N5 com presença de raízes em 9 e em 34 cm.

De 101 cm até o topo, os teores de carbonatos permanecem baixos, não ultrapassando 6% e a matéria orgânica varia entre 0,05 e 0,5%.

#### **6.1.4 Seção 3**

A seção litológica 3 é composta pelos testemunhos H e I, coletados da planície lagunar, alinhados perpendicularmente a linha de costa. Os dados granulométricos e parâmetros texturais estão descritos no apêndice F.

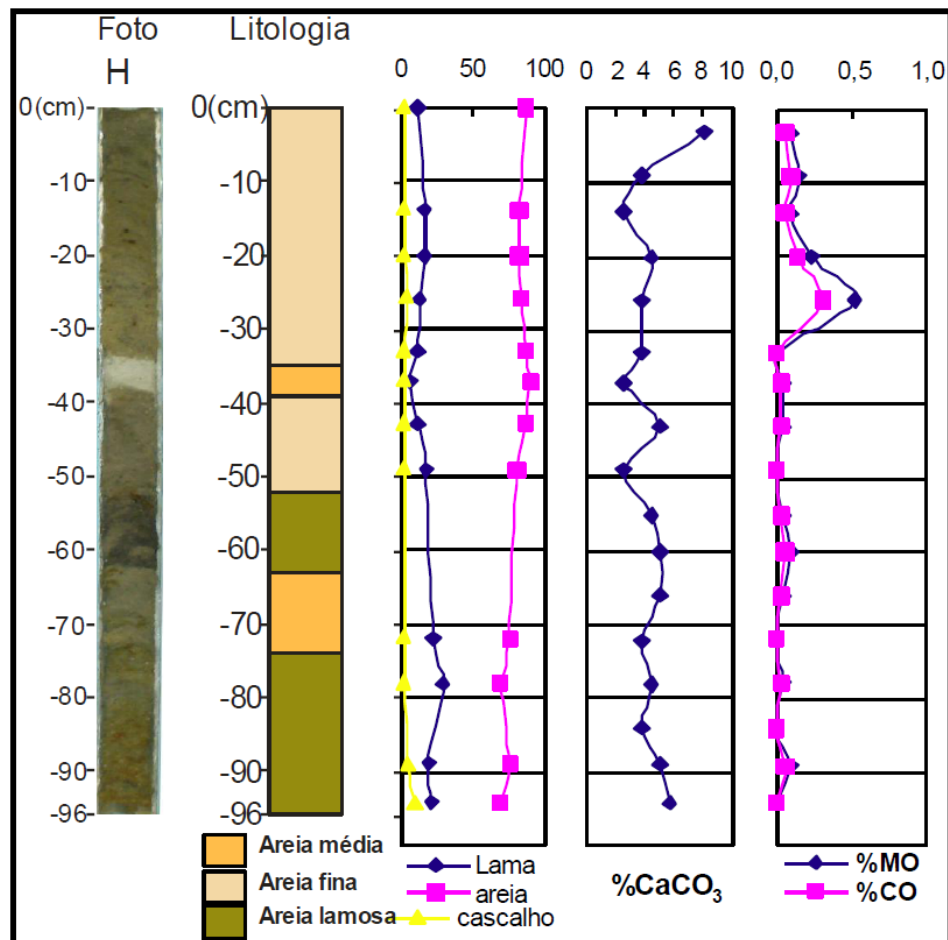
O testemunho H com 96 cm de comprimento foi retirado da margem da laguna Salgada (localização na FIGURA 66) a uma altitude de 6 m, alinhado juntamente com o testemunho I perpendicularmente a linha de costa. Apresenta as fácies areia média, areia fina e areia lamosa.

Na base entre 96 e 74 cm encontra-se a fácies areia lamosa extremamente mal selecionada e marcas ferruginosas, a matéria orgânica variou de não detectada a 0,09% e os carbonatos não ultrapassaram 6%. Entre 74 e 63 cm ocorre a fácies areia média de cor marrom amarelado médio 10YR 5/4 com manchas ferruginosas de 64 a 66 cm e em 71 e 74 cm (FIGURA 75).

De 63 a 52 cm tem-se fácies areia lamosa marrom amarelado escuro 10YR 2/2 com marcas mais claras, marrom amarelada pálido 10YR 6/2 e em 54 cm marca ferruginosa marrom médio 5 YR 4/4. No intervalo seguinte de 52 a 39 cm, aparece a fácies areia fina cinza oliva claro

5Y 6/1, muito pobremente selecionada, escurecendo gradativamente com a profundidade, em 54 cm manchas ferruginosa marrom médio 5 YR 4/4.

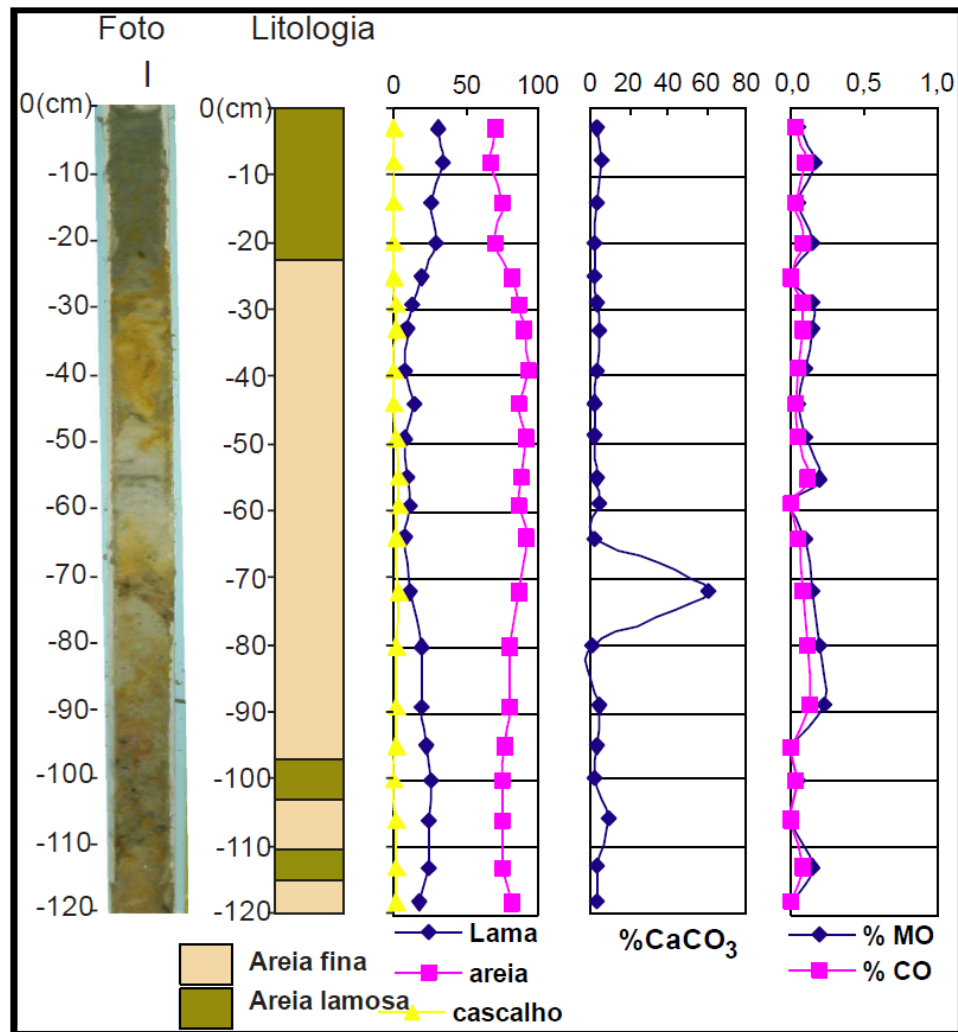
De 39 a 35 cm, tem-se a fácies areia média cinza amarelada 5Y 8/1, com 0,04% de matéria orgânica e 2,5% de carbonatos. De 35 cm até o topo ocorre a fácies areia fina de coloração cinza oliva claro 5Y 6/1, cinza escuro no início e clareando gradativamente com a profundidade, com pontos escuros de cor marrom moderado 5YR 3/4 em 1, 4, 18 19, 28 e 30 cm. A matéria orgânica varia de não detectada a 0,5% e carbonatos de 2,5 a 8%.



**FIGURA 75** – Foto, litologia, resultados granulométricos, % de carbonatos, matéria orgânica e carbono orgânico do testemunho H.

O testemunho I, com 120 cm de comprimento e estrutura maciça, foi retirado do centro da laguna Salgada (localização na FIGURA 66), a 5 m distando 250 do testemunho H, apresenta as fácies areia fina e areia lamosa.

Na base ocorre intercalação das fácies areia fina de 103-111 / 115-120 marrom amarelado pálido 10 YR 6/2 e areia lamosa de 97-103 / 111-115 mal selecionada com mosqueamentos laranja avermelhado médio 10 R 6/6 e marrom amarelado escuro 10 YR 2/2, sobrepostas por um pacote de 70 cm da fácies areia fina mal selecionada de 31 e 47 cm sedimento alaranjado com manchas de cor cinza oliva claro 5Y 5/2 e no topo um pacote de 23 cm de areia lamosa cinza oliva claro 5 Y 5/2, mal selecionada com mosqueamentos laranja amarelado escuro 10 YR 6/6 em 22 cm.



**FIGURA 76** – Foto, litologia, resultados granulométricos, % de carbonatos, matéria orgânica e carbono orgânico do testemunho I.

O testemunho I apresenta baixos teores de carbonatos 6,6% em média, com exceção em 72 cm de profundidade que apresentou 60,0%, a matéria orgânica foi em média de 0,10% e variando de não detectado a 0,2%.

## 6.2 UNIDADES LITOLÓGICAS IDENTIFICADAS

Foram definidas quatro unidades litológicas e sete litofácies associadas, com características distintas de estrutura e conteúdo geoquímico, através dos quais foi possível delimitar correlações laterais e verticais, no trecho da barreira holocênica da laguna Salgada.

As unidades descritas correspondem a seção estratigráfica (FIGURA 77), elaborada com base na associação das fácies identificadas nos testemunhos de sub-superfície, F, 1, J, E, B, D e G.

### 6.2.1 Formação Barreiras

Nas faixas onde o embasamento situa-se mais próximo da linha de costa, (Maia, 1998), os depósitos do Barreiras são formados predominantemente por fácies de leques aluviais, enquanto que na situação de maior distanciamento dominam os depósitos fluviais. O perfil característico dos sedimentos da Formação Barreiras na área de estudo pode ser definido como uma sucessão de camadas aluviais estratificadas limitadas predominantemente por contatos gradacionais, muito embora contatos bruscos também estejam presentes. Este aspecto é marcado pela presença de canais constituídos por material cascalhoso, alternando com camadas areno-argilosas e argilosas (Carvalho, 2003).

Esta unidade é composta no seu topo por sedimentos areno-argilosos conglomeráticos. Na laguna Salgada observou-se o contato gradacional entre o topo do barreiras e os sedimentos de fundo lagunar identificado no testemunho A. Representada pela fácies cascalho areno-lamoso de coloração marrom claro 5 YR 5/6 (laranja ferrugem), com presença de seixos com tamanhos variados de até 2 cm.

### 6.2.2 Depósitos lagunares

Esta unidade é interpretada como depósitos de margem e fundo lagunar, sendo os depósitos de margem lagunar constituídos por areias quartzosas finas, de coloração cinza e medianamente compactadas; enquanto que os depósitos de fundo lagunar são compostos por lamas ricas em matéria orgânica, com cor variando de cinza a preta. Nestas lamas de fundo lagunar ocorrem esparsas intercalações de finos e intervalos arenosos (Travessas, *et al.* 2005).

Esta unidade é composta pelas fácies lama e areia, não muito ricas em matéria orgânica, com teores mais elevados dos outros ambientes deposicionais identificados na área, sedimentos

de coloração variando de cinza claro 5Y 7/2 com marcas amareladas 10YR 7/4 (ferruginosas) a cinza amarelado 5Y 8/1 e cinza médio N5 e médio escuro N4 variando de mal selecionado a pobremente baixos teores de carbonatos não ultrapassando 10%.

Nos depósitos da margem lagunar (testemunhos H e I), predominam as fácies areia lamosa, areia fina e areia média e nos depósitos de fundo lagunar (testemunhos 1, J, D e A) tem-se as fácies lama, lama arenosa e areia lamosa, os maiores teores de matéria orgânica estão associados aos sedimentos lamosos chegando a 3% em alguns locais, mantendo uma média de 0,5%. Tanto os depósitos de margem como os de fundo lagunar apresentam em seus extratos intercalações arenosas de sedimentação mista, indicando sedimentação eólica associada.

### **6.2.3 Depósitos eólicos**

Estes depósitos podem estar relacionados as dunas de segunda ou terceira geração na área que de acordo com Carvalho (2003) os sedimentos são constituídos por areias médias a finas, variando de bem a moderadamente selecionadas, cujo conteúdo carbonático apresenta proporções inferiores a 2% e as estruturas sedimentares internas são praticamente ausentes ou imperceptíveis.

Pobre em matéria orgânica, com média de 0,04% e em carbonatos não ultrapassando 7%, estes depósitos encontram-se nos tabuleiros pré-litorâneos (testemunho F), com um pacote de 246 cm, estrutura maciça e grãos moderadamente selecionados, ocorre intercalação das fácies areia média e areia fina sucessivamente da base para o topo, coloração cinza amarelado 5Y 8/1 e cor cinza amarronzado claro 5YR 6/1.

Os eolianitos foram definidos como depósitos eólicos cimentados por carbonato de cálcio, com sedimentos de granulometria variada, distribuída entre areia fina a grossa, bem a moderadamente selecionada (Carvalho, 2003).

Identificados no testemunho E, por um pacote de 183 cm com fácies areia fina, areia média e areia grossa entre pobremente e bem selecionadas com baixos teores de matéria orgânica, não ultrapassando 0,2%, de coloração predominantemente laranja acinzentado 10 YR 7/4, com manchas cinza clara N7 e laranja amarelado claro 10 YR 8/6. Os eolianitos estão representados por sedimentos biolitooclásticos, com alto teor de carbonatos de 28 a 95%, localizados na faixa das dunas que separam a laguna da praia, sobrepondo os sedimentos lagunares.

#### 6.2.4 Depósitos marinhos praiais

Estes depósitos (testemunhos B, D e G), mostraram um pacote de 4 m representado pelas fácies areia fina e areia lamosa de ambiente praiial, biolitolástica e bioclástica, variando de moderadamente a bem selecionadas, com teores de matéria orgânica médios de 0,47% e altas porcentagens de carbonatos de 66% em média.

A coloração dos sedimentos varia entre marrom amarelado pálido 10YR 6/2, laranja amarelado pálido 10YR 8/6 laranja acinzentado 10YR 7/4, cinza amarronzado 5YR 4/1, cinza claro N7, cinza claro médio N6, cinza médio N5, e com presença de raízes, (representativo de planície de inter-maré lamosa) e de conchas e fragmentos de conchas.

#### 6.3 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO

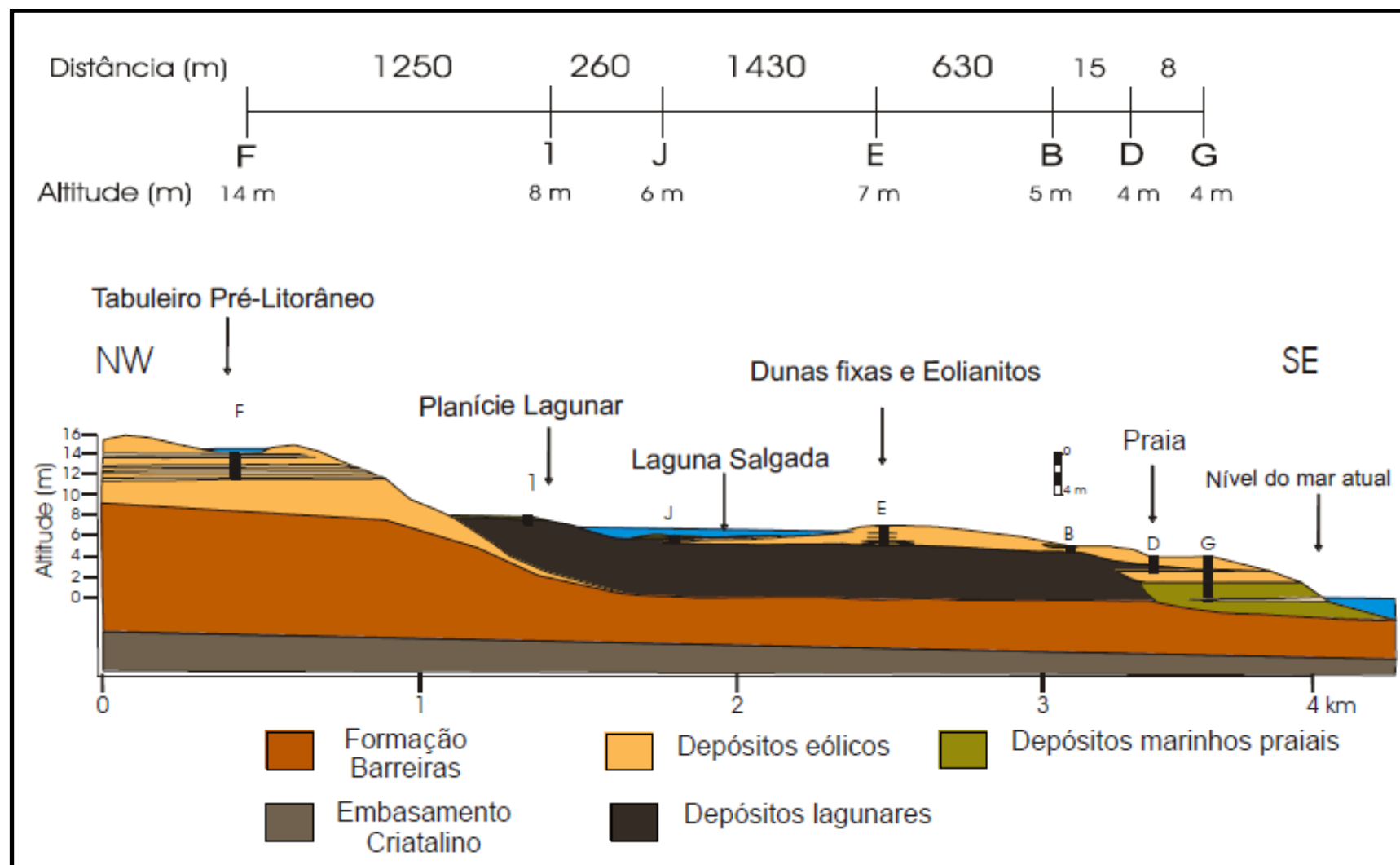
O sistema lagunar do litoral de Itarema provavelmente iniciou seu desenvolvimento quando o mar atingiu seu máximo no final do evento transgressivo. O crescimento progressivo de uma barreira arenosa isolou, entre o continente e o mar, uma ampla faixa de terras onde se estabeleceu um sistema deposicional complexo construído por várias unidades litológicas.

A barreira associada a um evento transgressivo-regressivo holocênico é constituída por fácies arenosas de ambiente praiial recobertas por sedimentos eólicos e eolianitos.

Os eolianitos teriam sido originados durante o baixo nível marinho do Holoceno superior, dessa forma, elas representam um pacote de dunas móveis que, estabilizadas, foram posteriormente parcialmente litificadas por cimentação carbonática (Carvalho, 2003).

A associação de litofácies permitiu a identificação das unidades litológicas existentes na área em estudo e a reconstrução de uma sucessão indicativa de processos transgressivos progradantes durante os quais o sistema lagunar foi instalado sobre o sistema de leques aluviais do topo do barreiras, pelo barramento de pequenos córregos, formando a Planície Lagunar, verificou-se também que a laguna sofreu variações no seu tamanho tanto pela progradação da barreira como posteriormente pela deposição de sedimentos eólicos dentro da mesma.

As evidências dos processos geológicos que envolveram flutuações do nível do mar na área estão representadas no contato entre sedimentos tipicamente continentais e marinhos e nos indicadores geoambientais encontrados na planície litorânea de Itarema. A presença de conchas



**FIGURA 77** – Seção estratigráfica transgressiva progradante da laguna Salgada, construída através dos testemunhos de sondagem F, I, J, E, B, D e G.



em camadas de sedimentos lagunares e marinhos, alinhamentos consecutivos e paralelos de flechas litorâneas, paleomangues aflorando na planície de inundação e na linha de praia atual no estirâncio, níveis de conchas nos terraços de construção marinha em níveis mais elevados do que o atual, afloramentos de plataformas de abrasão na linha de costa e no mar e eolianitos representam os principais indicadores dessas mudanças relativas do nível do mar na área.

Os registros sedimentares indicam a presença de ambiente praial, recoberto por sedimentos de ambiente lacustres, posteriormente ocorreu a diminuição da laguna, com recobrimento por sedimentos eólicos e praiiais, em determinado período de tempo houve um pequeno aumento da laguna.

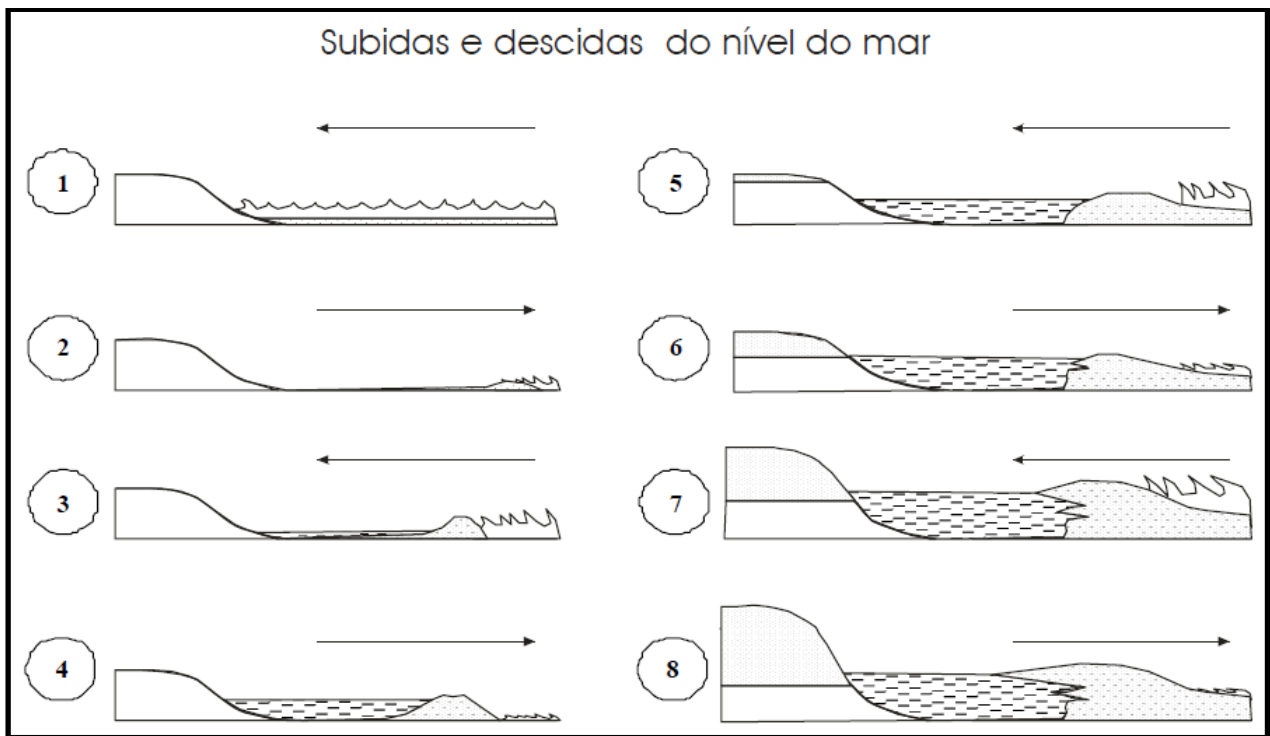
O sistema deposicional do tipo “laguna-barreira” identificado na planície costeira de Itarema pode estar relacionado ao episódio chamado por Bittencourt (1979) de Última Transgressão, onde o nível relativo do mar alcançou 5 m acima da cota média atual (identificado como segundo nível marinho alto definido no litoral cearense).

Segundo Martin *et al.* (1986), após 7.000 anos A.P. o nível relativo do mar alcançou um máximo de 5 m acima do nível médio atual (terceiro nível marinho alto), para a costa leste e parte da nordeste do Brasil. Estes autores construíram uma curva para esta última elevação do nível do mar, na qual foram representadas oscilações em curtos espaços de tempo. Este episódio foi chamado por Martin & Suguio (1978) de Transgressão Santos (litoral paulista) e por Bittencourt *et al.* (1979) de Última Transgressão (litoral baiano). As variações relativas do nível do mar de pequena amplitude e curta duração, a partir de 5.100 anos A.P., foram muito importantes no desenvolvimento das porções mais recentes das planícies costeiras brasileiras (Martin *et al.*, 1993).

Acredita-se que após a Última Transgressão mencionada acima seja correspondente a fase 1 do esquema abaixo (FIGURA 78), e que as fases subseqüentes estão relacionadas as variações de pequena amplitude e alta freqüência mencionadas por Martin *et al.* (1993), que propiciaram a progradação da barreira sobre a laguna lagunar fazendo com que esta sofresse modificações no tamanho e características. Porém os processos que deram origem a esta planície lagunar não estão apenas relacionados com as variações do nível do mar, os processos morfogenéticos associados que ocorrem durante o Quaternário propiciaram a evolução da área produzindo a configuração atual da planície costeira de Itarema e laguna Salgada. Tais processos incluem as flutuações dos

níveis relativos do mar e o transporte longitudinal de areia, associados com mudanças paleoclimáticas (FIGURA 78).

Em linhas gerais, as curvas de flutuação do nível relativo do mar, delineadas em vários trechos do litoral brasileiro, para o Holoceno, mostram uma mesma configuração, indicando uma fase transgressiva até aproximadamente 5.100 anos AP. A partir deste *datum*, a maioria dos dados indica uma tendência regressiva (Suguio *et al.*, 1985; Angulo & Lessa, 1997; Martin *et al.*, 1998).



**FIGURA 78** – Estágios que caracterizam o modelo evolutivo da barreira holocênica do trecho, Aracatimirim – Acaraú (esquemático - sem escala), elaborado a partir das fácies identificadas nos testemunhos de sondagem.

A associação de litofácies permitiu a identificação das unidades litológicas existentes na área em estudo e a reconstrução de uma sucessão indicativa de processos transgressivos progradantes durante os quais o sistema lagunar foi instalado sobre o sistema de leques aluviais do topo das barreiras, pelo barramento de pequenos córregos, formando a Planície lagunar, verificou-se também que o corpo lagunar sofreu variações no seu tamanho tanto pela progradação da barreira como posteriormente pela deposição de sedimentos eólicos dentro da mesma .

Os registros sedimentares indicam a presença de ambiente praial, recoberto por sedimentos de ambiente lagunar, posteriormente ocorreu a diminuição do corpo lagunar, sendo os

sedimentos lagunares recobertos por sedimentos marinhos praias e, em determinado período de tempo houve um pequeno aumento do corpo lagunar.

O modelo atual da linha de costa com praias do tipo praia-barreira sugere que está ocorrendo uma repetição na construção da morfologia comparada a morfogenética atuante no passado da região.

## 7 CARACTERIZAÇÃO GEOQUÍMICA DOS SEDIMENTOS DA PLANÍCIE COSTEIRA DE ITAREMA

A caracterização geoquímica da planície costeira de Itarema torna-se indispensável, pois, parâmetros como matéria orgânica, carbono orgânico, nitrogênio, relação C/N, teores de carbonatos e pH correlacionados com dados granulométricos, são ferramentas que auxiliam na identificação dos depósitos sedimentares e do tipo de origem dos sedimentos através do seu conteúdo geoquímico.

A determinação da matéria orgânica permite quantificar os valores da fração orgânica acumulada nos sedimentos, devido ao transporte e deposição, bem como por cálculos, permite a determinação do teor de carbono orgânico. Os sedimentos quanto ao teor de matéria orgânica podem ser de dois tipos: orgânico, quando o teor de MO for maior que 10% do peso seco, e mineral quando for menor de 10% do peso seco (Naumann *apud* Esteves, 1988).

A distribuição do nitrogênio no perfil de um solo varia de acordo com a distribuição da matéria orgânica, por ser componente dessa e se encontra em estreita relação com os teores de C. Segundo Souza (1987), a distribuição do nitrogênio nos solos e sedimentos é dependente de fatores como clima, topografia, tipo de vegetação, material de origem assim como a matéria orgânica, 95% ou mais do nitrogênio nos sedimentos poderá estar na forma orgânica, como parte integrante da matéria orgânica do sedimento.

A razão elementar entre carbono e nitrogênio tem sido amplamente usada para distinguir entre matéria orgânica derivada de algas e plantas terrestres. (Prah *et al.*, 1980; Premuzic *et al.*, 1982; Ishiwatari & Usaki, 1987; Jasper & Gagosian, 1990, Prah *et al.*, 1994; Silliman *et al.*, 1996). As classes usualmente adotadas para a relação C/N atribuem intervalo entre 6 e 9 para fonte marinha e valores acima de 12 para plantas terrestres (Bordoviskiy, 1965; Prah *et al.*, 1980; Thornton & MacManus, 1994; Tyson, 1995; Wilson *et al.*, 2005). Esta classificação é baseada nos seguintes aspectos: ausência de celulose em algas e abundância em plantas vasculares, e elevadas concentrações de nitrogênio através da fixação por algas (Wilson *et al.*, 2005).

A partir dos teores de carbono orgânico e de Nitrogênio total é possível calcular as razões C/N, que permitem fazer considerações sobre a origem da matéria orgânica (MO). A medida da relação molar carbono orgânico / nitrogênio total (C/N) é um dos métodos utilizados para identificar a origem das fontes da matéria orgânica dos sedimentos. A matéria orgânica marinha

viva, derivada principalmente do plâncton, tem razão molar C/N entre 6 e 10. Já a matéria orgânica terrestre, derivada das plantas vasculares, tem razão C/N em geral superior a 15 (Prahl *et al.*, 1980).

A identificação de fontes de matéria orgânica contida nos sedimentos constitui ferramenta de grande auxílio na interpretação paleoambiental de sistemas costeiros, onde existe mistura de fluxo continental e marinho (Newmann *et al.*, 1973; Prahl *et al.*, 1994). Adicionalmente, valores de C/N tem sido amplamente usados para distinguir tipos de matéria orgânica de origem marinha e terrestre (Prahl *et al.*, 1980; Premuzic *et al.*, 1982; Ishiwatari & Usaki, 1987; Jasper & Gagosian, 1990, Prahl *et al.*, 1994; Silliman *et al.*, 1996). Estudos desta natureza tem potencial de gerar dados importantes para o entendimento de oscilações do NRM.

Do ponto de vista dos teores de carbonatos, Dias (1996) estabeleceu as seguintes categorias de sedimentos: litoclásticos (< 30% de carbonatos), litobioclásticos (entre 30 e 50% de carbonatos), biolitoclásticos (entre 50 e 70% de carbonatos) e bioclásticos (>70% de carbonatos).

Le Cadre *et al.* (2003), usando experimentos precisos com a espécie *Ammonia beccarii* mostraram uma relação do pH com a dissolução da teca. Em culturas com um pH de 7,5 as tecas não são afetadas, mas com um pH de 7,0, as tecas começam a ficar opacas sendo este o primeiro passo da descalcificação, seguida pela perda da câmara final.

Os carbonatos são preservados em pH com valores acima de 7,0, portanto se os teores de carbonatos forem elevados nos sedimentos pode-se concluir, que à época da sedimentação dos organismos o pH naquele ambiente era básico. Portanto, tendo carbonatos e pH uma relação direta durante a sedimentação.

## 7.1 RESULTADOS DE SUB-SUPERFÍCIE (TESTEMUNHOS)

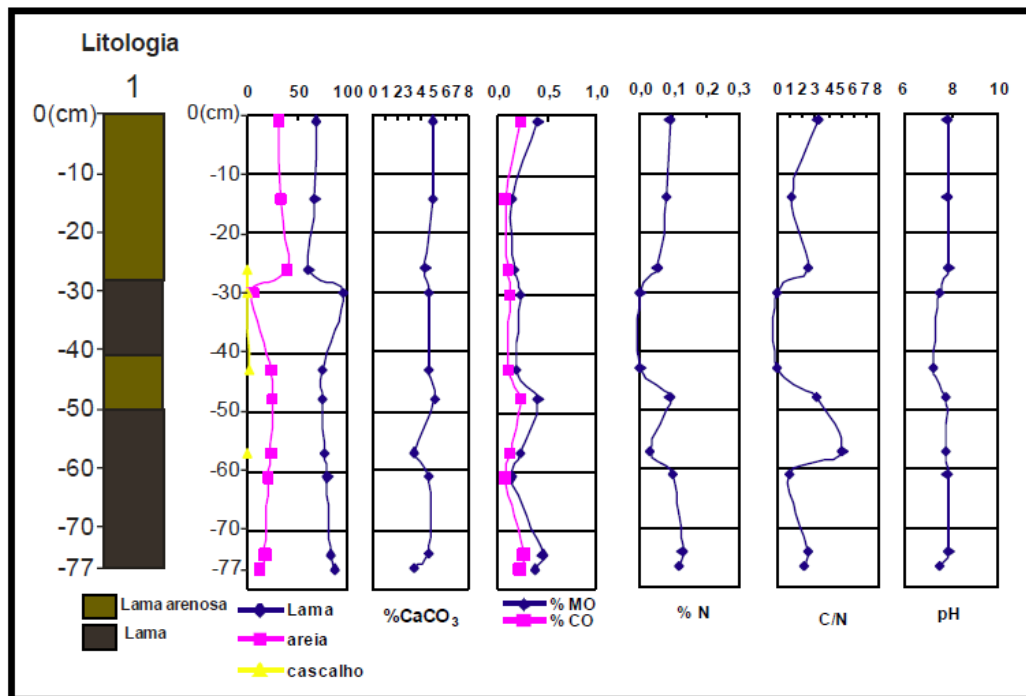
Os testemunhos aqui apresentados são os mesmos cuja litologia foi descrita no capítulo anterior. As estações de amostragem foram as mesmas, porém a descrição segue o agrupamento por tipo de ambiente amostrado, exemplo: testemunhos coletados no ambiente lagunar, ambiente eólico e ambiente praial.



FIGURA 79 – Mapa de localização das estações de amostragem de sub-superfície.

### 7.1.1 Testemunhos coletados na planície lagunar

O testemunho 1, com 77 cm de comprimento e estrutura maciça composto por lama e lama arenosa intercaladas, apresenta uma média de 4,5% de carbonatos, variando entre 3,5 e 5,2%, média de 0,28% de matéria orgânica, variando de 0,14% a 0,47%, média de carbono orgânico de 0,16%, variando de 0,08% a 0,27%, média de nitrogênio de 0,07%, variando entre ND e 0,15% e relação C/N média de 1,7, variando de NC a 4,5 e pH médio de 7,7, variando de 7,2 a 7,9 (APÊNDICE F).



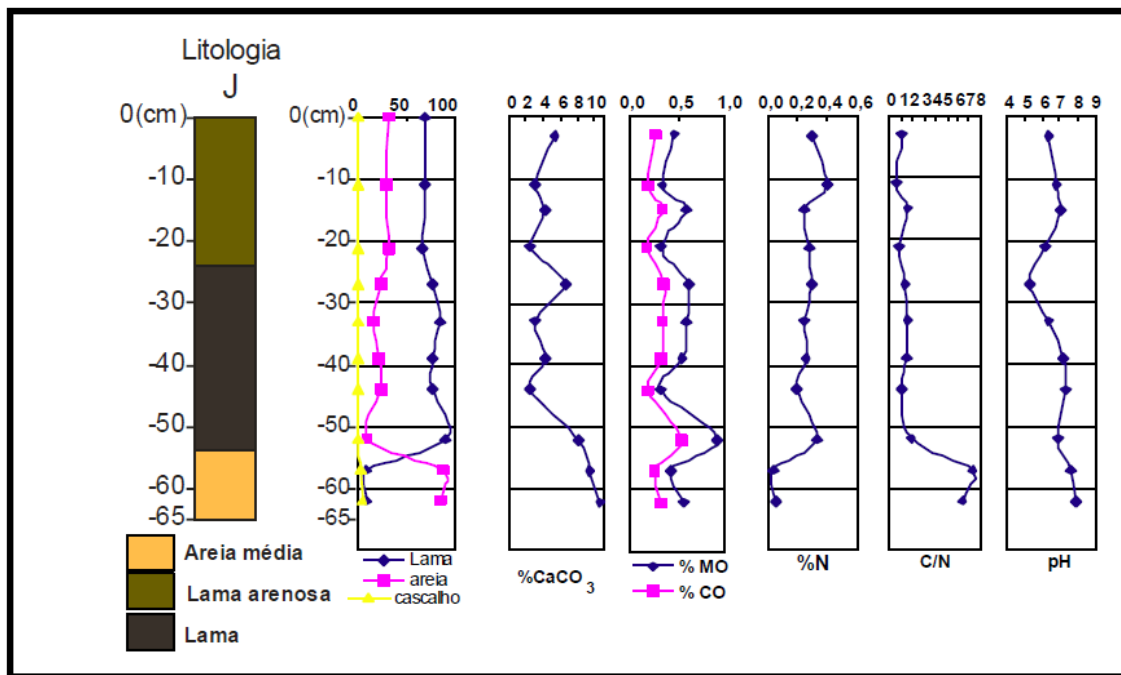
**FIGURA 80** – Litologia, granulometria, % carbonatos, % matéria orgânica e carbono orgânico, % nitrogênio total, relação C/N e pH do testemunho 1.

No testemunho 1 (FIGURA 80) os percentuais de carbonatos foram baixos e os classificados em litoclásticos e os teores de MO, CO e nitrogênio total também foram baixos classificando assim os sedimentos como do tipo mineral. A relação C/N apresentou valores baixos, não sendo possível identificar a origem da matéria orgânica sedimentar, já que na literatura não foram encontradas referências com tais valores. O pH variou de neutro a levemente básico, mostrando maior correlação com os teores de carbonatos e não com a matéria orgânica.

Este testemunho obtido da planície lagunar mostra fácies e conteúdo geoquímico típicos de ambientes lagunares, porém seu conteúdo orgânico é muito baixo mostrando que neste ambiente há pouca preservação da MO.

A FIGURA 81 mostra a distribuição da %MO, %CO e %N Total com a profundidade, no testemunho J. (APÊNDICE F).

O testemunho J também coletado na planície da laguna Salgada e apresenta um pacote maciço de sedimentos arenosos e lamosos lagunares com % média de carbonatos de 5,4% com variação de 2,4 a 10,7. Média de 0,52% de MO com teores variando de 0,52%, a 0,91%, mínimo de CO de 0,18%, máximo de 0,53% e média de 0,30%. Média de 0,24% de N com teores variando de 0,04%, a 0,40%, o pH ficou na média de 7,5, com variação de 6,6 a 8,0.



**FIGURA 81** – Litologia, granulometria, % carbonatos, % matéria orgânica e carbono orgânico, % nitrogênio total, relação C/N e pH do testemunho J.

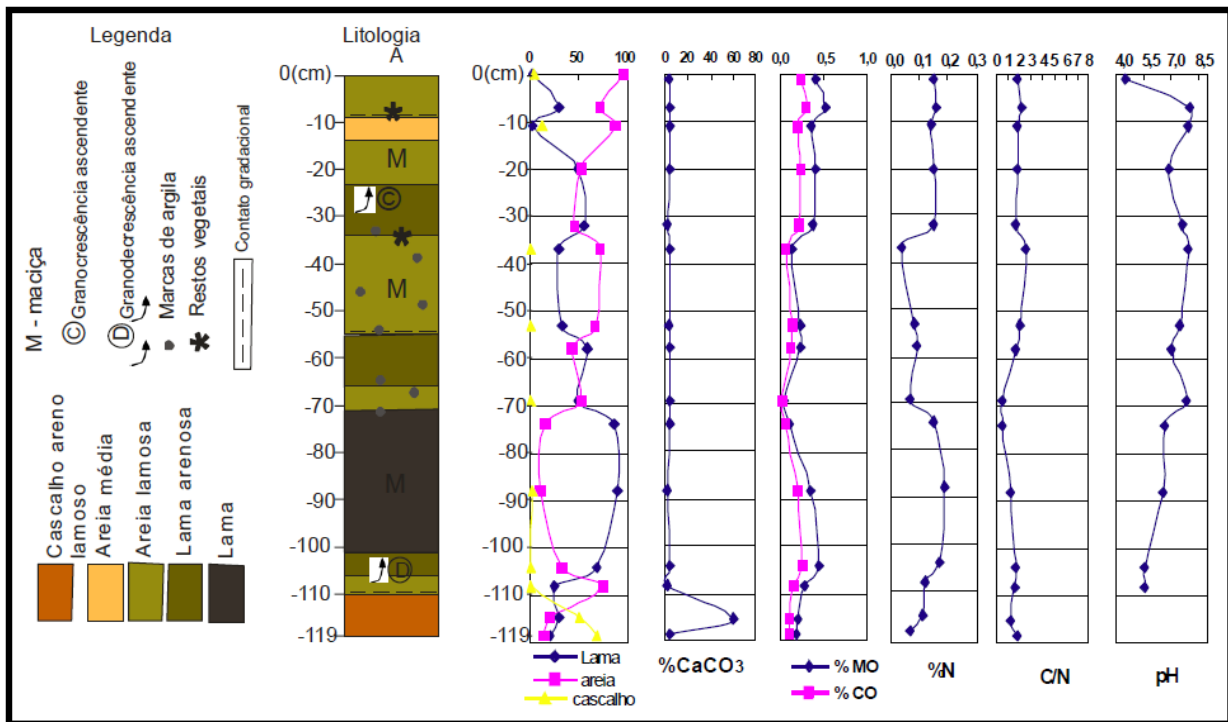
No testemunho J (FIGURA 81) os percentuais de carbonatos foram baixos sendo os maiores valores encontrados na base do testemunho, os sedimentos foram classificados como litoclásticos. Os teores de MO, CO e nitrogênio total também foram baixos classificando assim os sedimentos como do tipo mineral. A relação C/N apresentou valores inferiores a 6, exceto na base onde apresentou um valor de 6,3 indicando a tendência de deposição marinha. O pH variou de ácido a levemente básico, mostrando correlação com os teores de MO, exceto na base do testemunho, onde este mostrou maior correlação com os teores de carbonatos, apresentando valores de pH básico, mesmo com uma boa deposição da MO.



Esta seqüência sedimentar indica na base um pacote de 16 cm de espessura de sedimentação marinha sobreposto por um pacote sedimentar de origem terrígena com 49 cm de espessura. Além do conteúdo geoquímico a presença de conchas marinhas na base reforça a origem marinha dos sedimentos da base deste testemunho.

O testemunho J mostra uma tendência de deposição constante da matéria orgânica, apresentando em média os maiores valores em relação aos demais testemunhos coletados dentro da laguna Salgada. A matéria orgânica normalmente encontra-se agregada aos sedimentos finos, fato que pode ser bem observado neste testemunho que foi retirado da parte mais central da laguna, onde a deposição de sedimentos finos e da matéria orgânica tende a ser maior, mostrando sedimentos típicos de fundo lagunar.

O testemunho A, com 119 cm de comprimento, foi coletado na parte central da laguna Salgada, numa altitude de 3 m em relação ao nível do mar. O testemunho é composto pela fácies cascalho areno-lamoso, fácies areia média, areia lamosa, lama arenosa e fácies lama.



**FIGURA 82** – Litologia, componentes biogênicos e estruturas, granulometria, % carbonatos, % matéria orgânica e carbono orgânico, % nitrogênio total, relação C/N e pH do testemunho A.

O testemunho A tem uma média de 0,29% de matéria orgânica com valores variando de 0,05%, a 0,52%, teor mínimo de carbono orgânico de 0,03%, máximo de 0,30% e média de

0,17%. Apresentando média de 0,12% de Nitrogênio com valores variando de 0,04%, a 0,19%. Média de C/N de 1,4 com valores variando de 0,4 a 2,2, e média de pH de 6,9 com valores variando de 4,5 a 8,0 (APÊNDICE F) (FIGURA 82).

Os teores de carbonatos em todo o testemunho apresentam-se baixos sendo os sedimentos deste perfil classificados como litoclásticos, exceto na sua base que apresenta sedimento biolitoclástico com 60% de carbonatos. Os teores de MO são baixos sendo os sedimentos considerados do tipo mineral, não ultrapassando 0,6 % em todo o perfil e observa-se uma tendência ao aumento da deposição da MO da base para o topo do testemunho. Os teores de nitrogênio são baixos, fato esperado dado o baixo teor da MO e a relação C/N também é muito baixa não possibilitando a identificação da origem sedimentar por esse parâmetro.

Este testemunho apresenta na sua base um pacote com 9 cm de espessura de fácies cascalho areno lamoso com elevados teores de carbonatos, típico da fácies proximal do leque de barreiras, tendo contato gradacional com a sobreposição por um pacote maciço de 110 cm de espessura de granodecrescência ascendente na base e granocrescência ascendente próximo ao topo do pacote com sedimentos variando de areia lamosa a lama que possui teores de matéria orgânica e nitrogênio condizentes com sedimentos de fundo lagunar de ambientes tropicais.

Os testemunhos H e I foram retirados da planície da laguna Salgada, o testemunho H com 96 cm e o I com 120 cm de espessura, alinhados perpendicularmente à linha de costa. Apresentam as fácies areia média, areia fina e areia lamosa.

O testemunho H apresenta média de 4,3% de carbonatos com porcentagens entre 2,5 e 8,2, média de 0,09% de matéria orgânica de ND, a 0,52%, próximo ao topo. Nitrogênio total com média de 0,04%, e teores entre ND a 0,13%, pH médio de 7,7 com valores variando de 7,3 a 8,6 (APÊNDICE G).

O testemunho I mostra uma média de 6,6% de carbonatos, com valores baixos não ultrapassando 7% e um pico de 60,0% em 70 cm de profundidade, média de 0,10% de matéria orgânica com teores de ND a 0,23%, o comportamento do carbono segue o da matéria orgânica já que o mesmo é componente dela. O N com média de 0,06% e teores entre 0,03%, e 0,08% e o pH variou de 8,0 a 8,5 (APÊNDICE G).

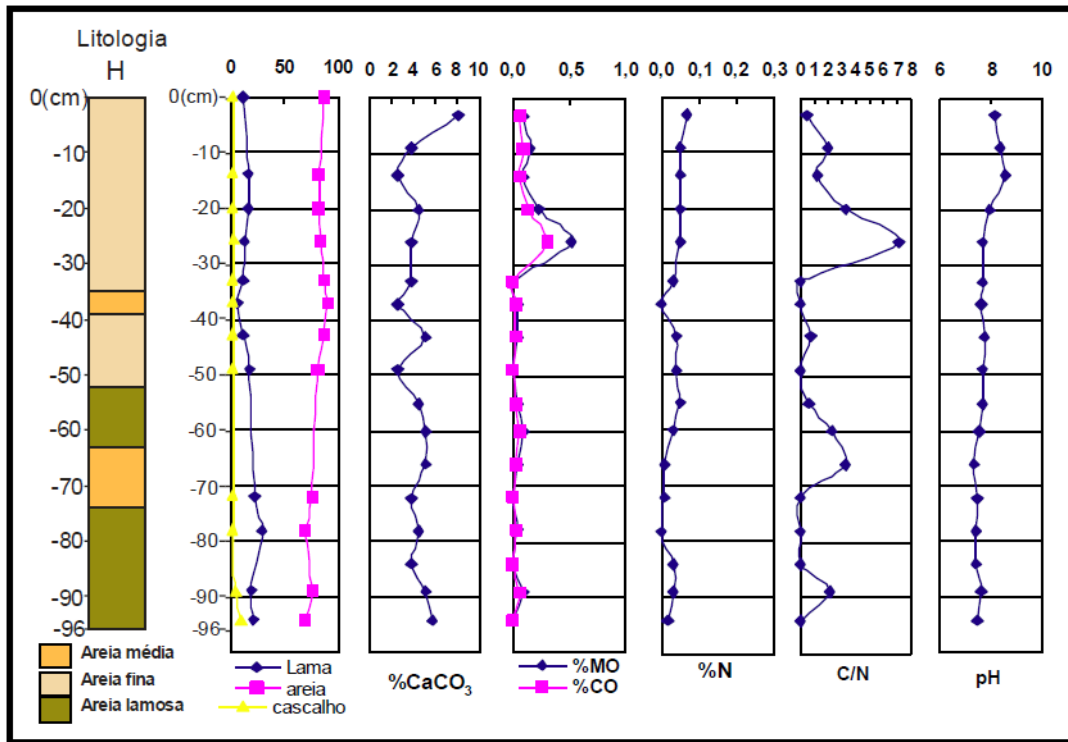


FIGURA 83 – Litologia, granulometria, % carbonatos, % matéria orgânica e carbono orgânico, % nitrogênio total, Relação C/N e pH do testemunho H.

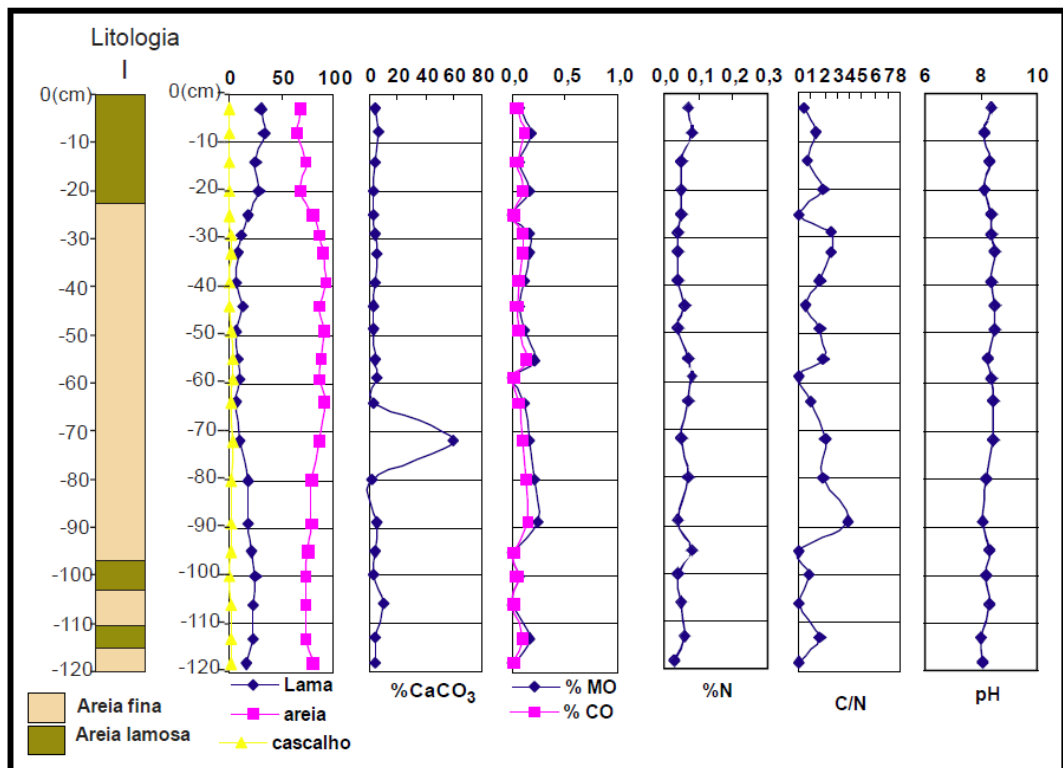


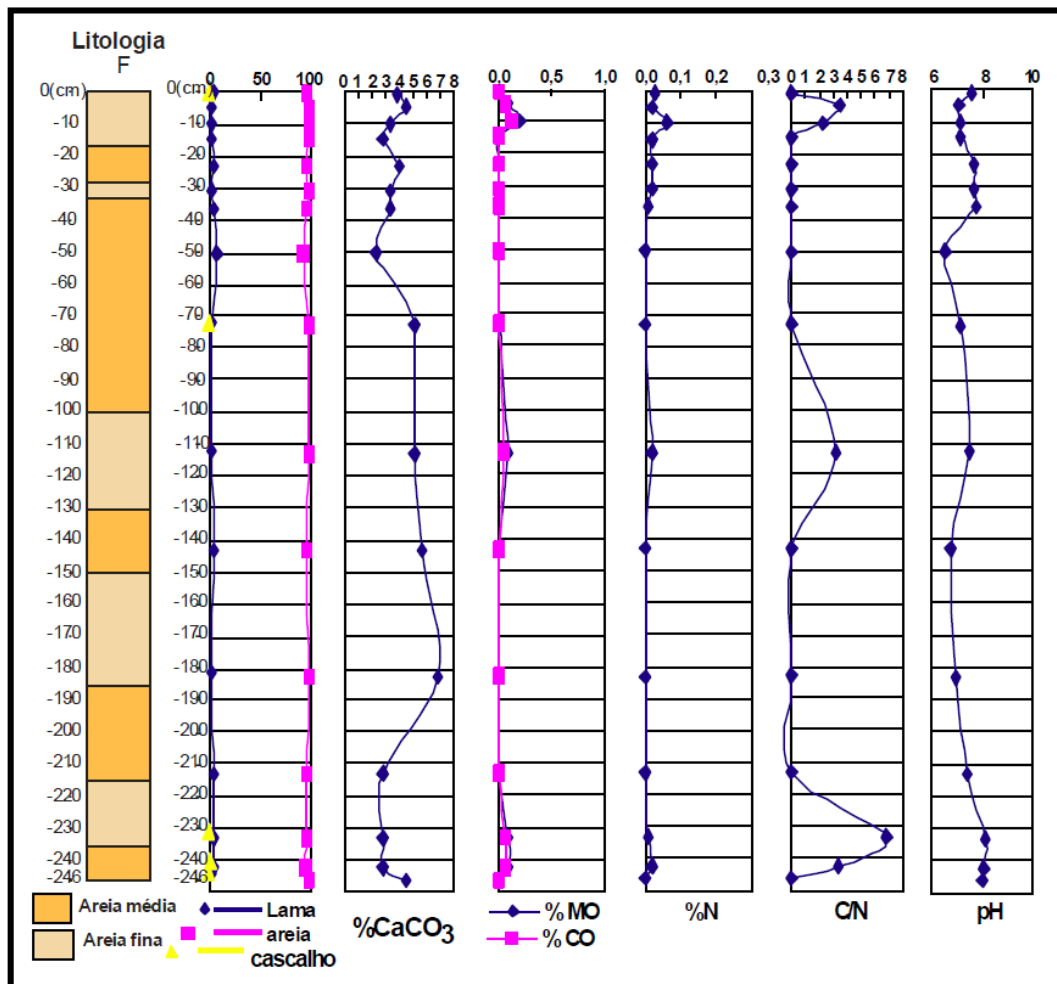
FIGURA 84 – Litologia, componentes biogênicos e estruturas, granulometria, % carbonatos, % matéria orgânica e carbono orgânico, % nitrogênio total, relação C/N e pH do testemunho I.

Os testemunhos H e I apresentam pacotes maciços de sedimentos litoclásticos e do tipo mineral, considerando seus baixos conteúdos de carbonatos e matéria orgânica, mostram sedimentos típicos de margem lagunar pelo seu conteúdo sedimentológico e geoquímico.

Assim como a maioria dos testemunhos anteriores descritos, estes tem tendência de deposição alternando períodos de maior e menor ou nenhuma deposição dos nutrientes. Devido aos baixos valores de MO e N, a relação C/N não foi utilizada para determinar o tipo de ambiente sedimentar para evitar a possibilidade de erros de interpretação.

### 7.1.2 Testemunhos coletados nos depósitos eólicos

O testemunho F foi obtido na lagoa do Mato, a uma altitude de 14 m em relação ao nível do mar, representando o início da seção 2. A lagoa do Mato encontra-se sobre os tabuleiros pré-litorâneos na área de sedimentos eólicos (FIGURA 85).

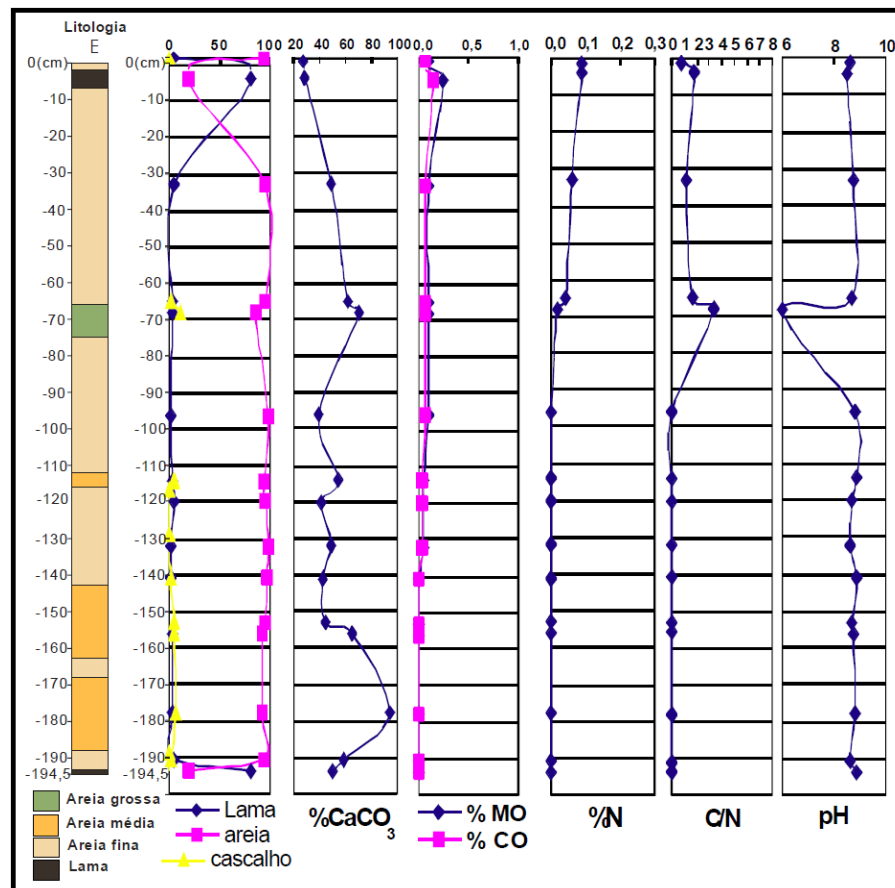


**FIGURA 85** – Litologia, granulometria, % carbonatos, % matéria orgânica e carbono orgânico, % nitrogênio total, relação C/N e pH do testemunho F.

O testemunho F mostra % média de carbonatos de 4,0% com variação de 2,3 a 6,8. Média de 0,04% de MO com teores variando de ND a 0,21%, mínimo de CO de ND, máximo de 0,12 e média de 0,02%. Apresentando média de 0,01% de N com teores variando de ND, a 0,06%, média de 1,0 de C/N com teores variando de NC a 5,9 e média de pH 7,5, com variação de 6,6 a 8,2 (APÊNDICE H).

Representa um pacote sedimentar tipicamente eólico, com ausência de estruturas sedimentares e biogênicas, e baixo conteúdo de carbonatos não ultrapassando 6,8 %, sendo seus sedimentos classificados em litoclásticos e do tipo mineral pelo baixo conteúdo de matéria orgânica e nitrogênio não ultrapassando 0,21 % e 0,06 %, respectivamente.

O testemunho E com estrutura maciça é constituído pelas fácies areia grossa, média e fina e a fácies lama apresenta baixos teores de matéria orgânica variando de não detectada a 0,25% apresentando sedimentos do tipo mineral, e elevados teores de carbonatos 52,0% em média sedimentos classificado (FIGURA 86).



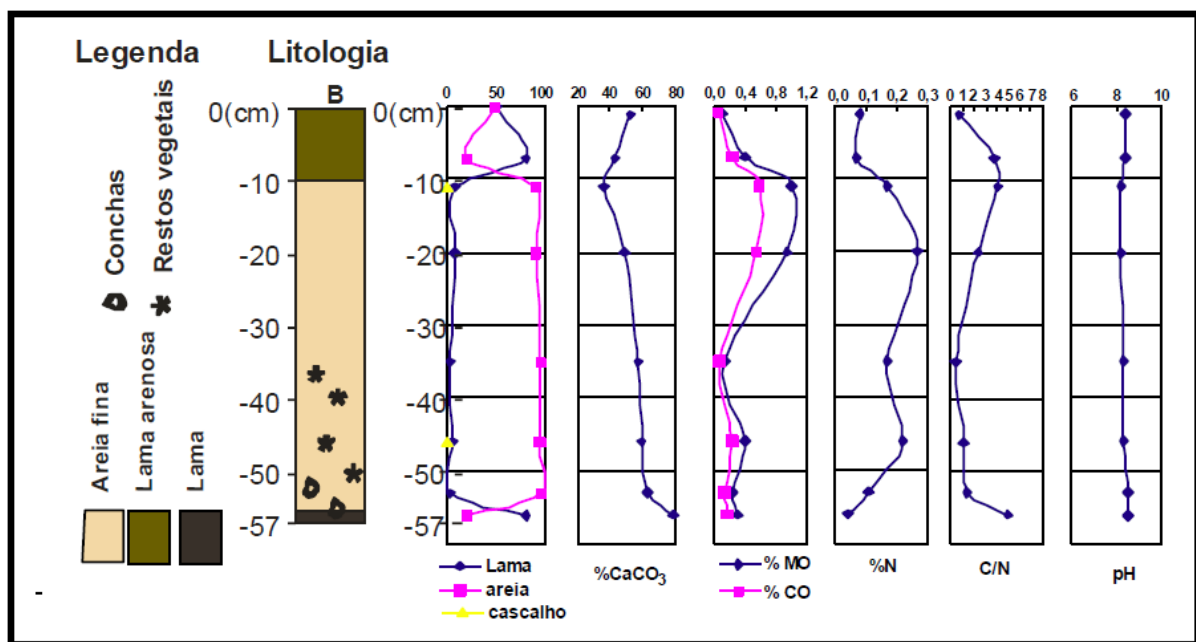
**FIGURA 86** – Litologia, granulometria, % carbonatos, % matéria orgânica e carbono orgânico, % nitrogênio total, relação C/N e pH do testemunho E.

Representa um pacote sedimentar tipicamente eólico (FIGURA 86), com ausência de estruturas sedimentares e biogênicas, porém com elevado conteúdo de carbonatos em média 52,0%, variando de 28,0% a 95,1%, sendo seus sedimentos classificados em litobioclásticos e bioclásticos do tipo mineral pelo baixo conteúdo de matéria orgânica e nitrogênio não ultrapassando 0,25% e 0,14%, respectivamente. Apresenta pH elevado, em média correlacionado ao conteúdo de carbonatos (APÊNDICE H).

### 7.1.3 Testemunhos coletados na linha de praia

O testemunho B, com 57 cm de comprimento, está constituído pelas fácies lama, areia fina e lama arenosa, consecutivamente da base para o topo (FIGURA 87). Este testemunho foi coletado na praia do Farol a uma altitude de 5 m acima do nível do mar atual distante 15 m do testemunho D e a 23 m do G, que estão mais próximos à linha de costa a uma altitude de 4 m acima do nível do mar.

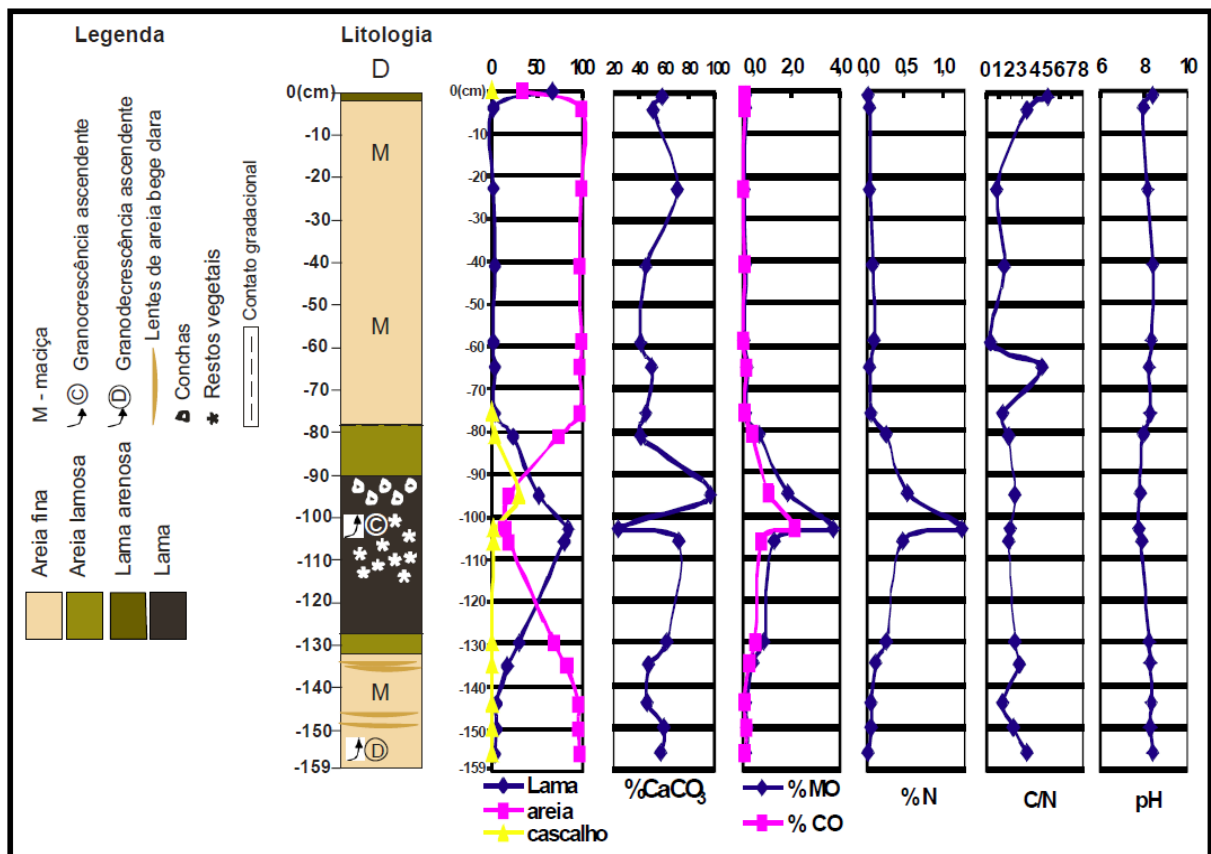
O testemunho B mostra média de 55,2% de carbonatos, com teores variando entre 37,1 e 79,2, média de 0,44% de matéria orgânica com teores variando de 0,10%, a 1,01%, mínimo de carbono orgânico 0,06%, máximo de 0,58 e média 0,25%, média de 0,14% de nitrogênio com teores variando de 0,04%, a 0,27%, relação C/N média de 2,1 com variação entre 0,5 e 4,3 e pH médio de 8,4 de pH, variando entre 8,2 e 8,5 (APÊNDICE I).



**FIGURA 87** – Litologia e componentes biogênicos, granulometria, % carbonatos, % matéria orgânica e carbono orgânico, % nitrogênio total, relação C/N e pH do testemunho B.

Observa-se neste perfil (FIGURA 87), que os percentuais de MO e CO tendem a aumentar com a proximidade da superfície do testemunho, podem ser observados dois eventos de deposição da MO, um menor com pico em 46 cm e um maior em 10 cm, com uma diminuição na camada mais superficial. Os percentuais de N tendem a aumentar com a proximidade da superfície assim como os valores da MO.

O testemunho D foi coletado na praia do Farol, a uma altitude de 4 m em relação ao nível do mar tendo 1,59 m de recuperação. Neste testemunho foram identificadas quatro fácies sedimentares: areia fina, areia lamosa, lama arenosa e lama (FIGURA 88).



**FIGURA 88** – Litologia, componentes biogênicos e estruturas, granulometria, % carbonatos, % matéria orgânica e carbono orgânico, % nitrogênio total, relação C/N e pH do testemunho D.

O testemunho D apresenta média de 54,5% de carbonatos, com teores variando de 24,1 a 96,2%, média de 0,63% de matéria orgânica, variando de 0,05% a 3,75%, média de carbono orgânico de 0,37%, com mínimo de 0,03% e máximo de 2,18%, média de nitrogênio de 0,21%, variando entre 0,02% e 1,27%, a relação C/N apresenta média de 2,0 variando de 0,3 a 4,3. Apresenta média de pH 8,2, variando de 7,8 a 8,5 (APÊNDICE I).

No testemunho D (FIGURA 88) a porcentagem de MO, CO e N total permanecem baixas e relativamente constantes até 81 cm onde a partir daí ocorre um aumento nos valores até um pico de 3,75% de MO e 2,18% de CO em 103 cm, voltando a diminuir abaixo dessa profundidade até porcentagens idênticas as das camadas mais superficiais.

Os sedimentos de baixa granulometria, associado ao conteúdo orgânico e aos teores de carbonatos e granodescrescência acendente indicam um pacote de 27 na base de sedimento praiial biolitolástico mineral sendo recoberto por sedimentos lagunares ou de planície de maré com estruturas biogênicas (raízes e conchas) constituindo um pacote granocrescente ascendente de 54 cm de espessura. Sobrepondo este ambiente um pacote de 78 cm de espessura com estrutura maciça composto por areia fina com conteúdo orgânico baixo e elevados teores de carbonatos, constituindo um sistema praia/laguna/praiia.

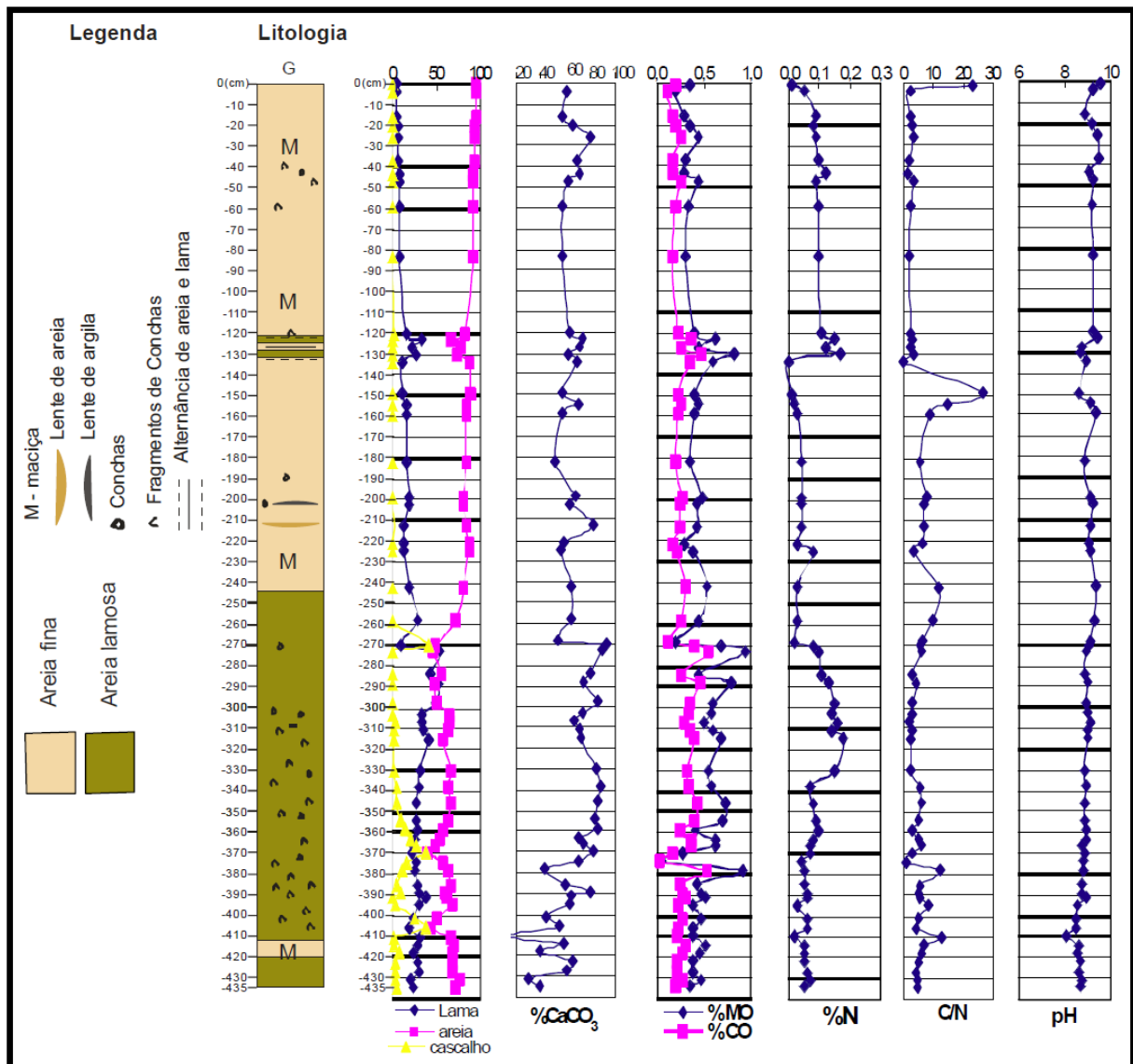
O testemunho G apresenta o predomínio das fácies areia fina e areia lamosa que compõem um pacote de 435 cm de comprimento, também foi coletado na praia do Farol a uma altitude de 4 m, constituindo o último testemunho da seção 1 (FIGURA 89).

O testemunho G apresenta média de 65,6% de carbonatos e seus valores variam entre 11,2% e 92,9%, valor médio de matéria orgânica 0,47% com valores variando de 0,05%, a 0,94%, para o carbono orgânico o teor mínimo foi de 0,03% máximo de 0,54% e média de 0,27%, média de 0,08% de Nitrogênio com valores variando de não detectado (ND) a 0,18%, relação de C/N média de 4,9 e as suas relações variam entre não calculado (NC) e 22,9. O testemunho G apresenta média de pH 9,0 e seus valores variam entre 8,1 e 9,6 (APÊNDICE I).

A FIGURA 89 mostra a distribuição da % de carbonatos, da %MO, %CO, %N, da relação C/N e do pH com a profundidade, no testemunho G da seção 1. Observa-se que houve bastante oscilação nos percentuais de MO e CO com a profundidade, ora com diminuição ora com aumento na deposição da MO no decorrer de todo o perfil, porém a variação dos valores das concentrações não é alta, verificando-se três picos maiores em 130 cm, 273 cm e 378 cm de profundidade, mostrando os eventos de maior deposição de MO no local.

Este perfil mostra um pacote maciço na base com 190 cm de espessura da fácies areia lamosa bioclástica mineral, com presença de conchas marinhas, indicando ambiente lagunar ou de planície de maré recoberto por um pacote maciço de areia fina biolitolástica mineral com presença de conchas marinhas em alguns pontos indicando sedimento praiial.





**FIGURA 89** – Litologia, componentes biogênicos e estruturas, granulometria, % carbonatos, % matéria orgânica e carbono orgânico, % nitrogênio total, Relação C/N e pH do testemunho G.

## 7.2 DEPÓSITOS SEDIMENTARES IDENTIFICADOS

A geoquímica dos sedimentos analisada conjuntamente com os dados granulométricos forneceram um padrão que auxiliaram a identificação dos seus ambientes deposicionais pretéritos. De acordo com as características que serão descritas abaixo, os testemunhos podem ser classificados por tipo de ambiente deposicional.

### 7.2.1 Depósitos lagunares

Identificado nos testemunhos 1, J, H e I, retirados da planície lagunar (Laguna Salgada) apresentam sedimentos que variam de lamais a areias finas, muito pobremente selecionadas com

teores de carbonatos não ultrapassando 10%. Estes sedimentos podem ser classificados como sendo de margem e fundo lagunar de acordo com a sua granulometria, onde o da margem é essencialmente arenoso e o segundo lamoso.

Apresentam teores de matéria orgânica relativamente baixos, porém condizentes aos de sedimentos lacustres tropicais, ambientes que de acordo com Esteves (1998), a reciclagem da matéria orgânica processa-se de maneira muito rápida, não permitindo o seu acúmulo no sedimento por longos períodos, esta alta decomposição decorre das altas temperaturas, turbulência dos lagos tropicais e devido a pouca profundidade destes lagos, fatores que fazem com que a matéria orgânica seja decomposta na coluna d'água, antes mesmo de alcançar o sedimento.

Estes depósitos também foram identificados nos testemunhos D e G, com elevados teores de carbonatos e pouca matéria orgânica, carbono orgânico, nitrogênio, restos de vegetais e conchas de bivalves marinhos, reforçam o contexto lagunar do depósito indicando que a entrada de águas marinhas, condizente com os altos teores de carbonatos depositados no local.

### **7.2.2 Depósitos de eólicos**

Identificado no testemunho F, com um pacote de aproximadamente 246 cm e estrutura maciça apresenta grãos moderadamente selecionados e intercalação das fácies areia média e areia fina sucessivamente da base para o topo.

Os sedimentos foram considerados tipicamente eólicos primeiramente pelas fácies arenosas encontradas, e pelo conteúdo geoquímico que apresentou em seus sedimentos sendo pobre em matéria orgânica, com média de 0,04%, sendo a mesma ausente em quase todo o pacote sedimentar, e também com baixos valores de nitrogênio, teores de carbonatos que não ultrapassaram 7% e ausência total de biota marinha.

O testemunho F, foi coletado na lagoa do Mato, porém pela geoquímica aqui apresentada e a ausência de estruturas no testemunho, a sedimentação neste ambiente sugere deposição eólica.

Este depósito também foi identificado no testemunho E, por um pacote de aproximadamente 183 cm de sedimentos que variam entre areia fina a muito fina e areia grossa a muito grossa e entre pobremente e bem selecionadas.

A matéria orgânica é praticamente ausente neste ambiente, ocorrendo apenas em uma estreita camada próxima ao topo com baixos teores, não ultrapassando 0,2%, valor provavelmente associado a pequenas lagoas que se formam sobre os sedimentos eólicos nas épocas chuvosas, mas que logo secam.

O conteúdo de carbonatos é muito elevado chegando em determinadas profundidades a 95%, mas a macrobiota marinha associada a ambientes praias é totalmente ausente, indicando que o teor de carbonatos está fortemente associado aos sedimentos típicos de eolianitos que são representados por sedimentos de antigas dunas que passaram pelo processo de cimentação carbonática dos seus grãos litobioclásticos.

### **7.2.3 Depósitos marinhos praias**

Identificado nos testemunhos B, D e G, apresenta um pacote de aproximadamente 4 m representado pelas fácies arenosas de ambiente praias de areia fina e areia lamosa biolitoclástica e bioclástica, variando de moderadamente a bem selecionadas.

Apresentam um conteúdo de carbonatos muito alto condizente com sedimentação marinha praias de 66% em média, com teores de matéria orgânica médios de 0,47% e altas porcentagens de carbonatos 66% em média, com presença de raízes, (representativo de planície de inter-maré lamosa) e de conchas e fragmentos de conchas.

## **7.3 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO**

De modo geral, a geoquímica dos sedimentos analisados apresenta-se da seguinte forma:

Os teores de carbonatos foram extremamente altos chegando a 95% nos testemunhos retirados da praia e da região dos eolianitos, nos testemunhos E, B, D e G e muito baixos nos testemunhos retirados na região da planície lagunar e dentro da lagoa do Mato, testemunhos F, I, J, A, H e I, sugerindo que os sedimentos lagunares rasos não sofreram contribuição oceânica.

Os teores de matéria orgânica foram baixos em todos os testemunhos, porém coerentes ao ambiente sedimentar associados, os ambientes eólicos tem esta característica de baixo conteúdo orgânico e os sedimentos lagunares, em sistemas rasos também tendem a uma baixa sedimentação da matéria orgânica devido a alta ciclagem da mesma pelas pequenas profundidades e fortes ventos influentes na área;

Os teores de Nitrogênio normalmente estiveram correlacionados aos teores de matéria orgânica, fato esperado, pois de acordo com Schinitzer e Khan (1978), cerca de 95% ou mais do nitrogênio nos sedimentos pode estar na forma orgânica, como parte integrante da matéria orgânica do sedimento, porém em algumas amostras, mesmo sendo ausente a matéria orgânica, o nitrogênio foi encontrado, sendo considerado nitrogênio inorgânico.

A relação C/N costuma ser uma forte ferramenta para a determinação do tipo de ambiente de sedimentação (marinho ou continental), porém optou-se por não utilizá-la para classificar os sedimentos, dados os baixos valores da matéria orgânica e nitrogênio encontrados, chegando até a valores não detectados, evitando assim erros de interpretação.

Os valores do pH tiveram uma estreita relação com os teores de carbonatos. Nas amostras em que os teores de carbonatos foram relativamente baixos, o pH variou de levemente ácido a neutro e as amostras em que os teores de carbonatos foram elevados o pH apresentou-se fortemente básico entre  $> 8$ .

## 8 CONCLUSÕES

O estudo da planície costeira de Itarema foi extrema importância para a compreensão dos processos e agentes que causam as mudanças na paisagem desta área e para a identificação dos depósitos nela existente.

A morfologia desta planície mostrou-se complexa e dinâmica condizente com as regiões litorâneas que formam um ambiente de transição exposto a fatores climáticos, processos continentais, antropogênicos e oceanográficos. Na região os principais elementos modeladores da paisagem foram e continuam sendo de fato o comportamento dos ventos, das ondas, das condições meteorológicas e das variações no nível relativo do mar, porém, variáveis antrópicas como construção de barragens nos canais de maré e desmatamento do mangue também interferiram direta ou indiretamente na dinâmica natural.

A compartimentação geomorfológica com base em trabalhos de campo e análise das imagens de satélite aliada aos dados do relevo do *Shuttle Radar Topographic Mission – SRTM* identificou não só as formas atuais do relevo, como também a fisiografia da paleolinha de costa da área, que exhibe uma fisiografia costeira de feições do tipo promontório ou núcleos centrais de embaimentos na forma de espiral que teria proporcionado a evolução para o ambiente atual.

A identificação dos depósitos sedimentares juntamente com os dados geomorfológicos geoquímicos, identificação dos elementos relacionados as variações relativas do nível do mar durante o Quaternário e determinação da fisiografia da região foram primordiais para a compreensão da evolução morfológica deste ambiente. Sendo os processos definidos como os de maior importância para a dinâmica desta planície os litorâneos focalizados no modelamento da linha de costa, envolvendo o transporte e sedimentação induzidos principalmente pelas ondas e deriva litorânea.

As evidências dos processos geológicos que envolveram flutuações do nível do mar na área estão representadas no contato entre sedimentos tipicamente continentais e marinhos e nos indicadores destas flutuações que são: a presença de conchas em camadas de sedimentos lagunares e marinhos, alinhamentos consecutivos e paralelos de flechas litorâneas, paleomangues aflorando na planície de inundação e na linha de praia atual no estirâncio, níveis de conchas nos terraços de construção marinha em níveis mais elevados do que o atual, afloramentos de plataformas de abrasão na linha de costa e no mar e eolianitos.

A região encontra-se dentro do Domínio Morfológico do Litoral, a compartimentação geomorfológica da área é caracterizada por duas grandes unidades morfoestruturais: Tabuleiros pré-litorâneos e planície litorânea, sendo esta última representada pelas subunidades: planície lagunar, planície de maré com e sem mangue, planície flúvio-marinha com e sem mangue, dunas móveis e fixas, flechas litorâneas e canais de maré.

As feições geomorfológicas da planície costeira de Itarema foram agrupadas em quatro sistemas deposicionais, denominados de sistema deposicional continental (Formação Barreiras); sistema deposicional laguna barreira (Depósitos lagunar, flúvio-marinho e eólico); sistema deposicional praial (Depósito marinho praial e paludial) e sistema deposicional antropogênico (Depósito tecnogênico).

O estudo estratigráfico e sedimentar juntamente com os dados geoquímicos e geomorfológicos permitiu definir quatro unidades litológicas com sete litofácies associadas:

Depósitos da Formação Barreiras contato gradacional do topo deste depósito com os sedimentos de fundo lagunar identificados no testemunho A. Representado pela fácies cascalho areno-lamoso de coloração, com presença de seixos de 2 cm de diâmetro.

Os Depósitos lagunares são compostos por sedimentos litoclásticos minerais representado pelas fácies lama e areia, apesar dos baixos teores de matéria orgânica, estes apresentam-se mais elevados em relação aos outros depósitos identificados na área.

Depósitos eólicos representados pelos sedimentos eólicos do tipo mineral e pobre em carbonatos não ultrapassando 7%, estes depósitos encontram-se nos tabuleiros pré-litorâneos, com um pacote de 246 cm, estrutura maciça e grãos moderadamente selecionados, ocorre intercalação das fácies areia média e areia fina sucessivamente da base para o topo e os depósitos de eolianitos identificados no testemunho E, por um pacote de 183 cm de espessura com fácies areia fina, areia média e areia grossa entre pobremente e bem selecionadas, representados por sedimentos minerais biolitoclásticos, com alto teor de carbonatos de 28 a 95%, localizados na faixa das dunas que separam a laguna da praia, sobrepondo os sedimentos lagunares.

Depósitos de praia identificados nos testemunhos B, D e G, mostraram um pacote de 4 m representado pelas fácies areia fina e areia lamosa de ambiente praial, biolitoclástica e bioclástica, variando de moderadamente a bem selecionadas, com teores de matéria orgânica médios de 0,47% e altas porcentagens de carbonatos de 66% em média.

O sistema lagunar do litoral de Itarema provavelmente iniciou seu desenvolvimento há cerca de 5.000 anos A.P., quando o mar atingiu seu máximo no final do evento transgressivo. O crescimento progressivo de uma barreira arenosa isolou, entre o continente e o mar, uma ampla faixa de terras onde se estabeleceu um sistema deposicional complexo construído por várias unidades litológicas.

A associação de litofácies permitiu a além identificação das unidades litológicas existentes na área em estudo e a reconstrução de um modelo de corte lateral de uma sucessão indicativa de processos transgressivos prográdantes durante os quais o sistema lagunar foi instalado sobre o sistema de leques aluviais do topo do barreiras, pelo barramento de pequenos córregos, formando a Planície Lagunar, verificou-se também que o corpo lagunar sofreu variações no seu tamanho tanto pela progradação da barreira como posteriormente pela deposição de sedimentos eólicos dentro da mesma.

Para o modelo de evolução geomorfológico da área sugeriu-se a formação do sistema ilha barreira principalmente pela fisiografia da área, estando o principal promontório localizado à leste do núcleo de embaiamento na praia de almofala representado pela plataforma de abrasão que atuou como trapa no acúmulo dos sedimentos. Com o contínuo aporte sedimentar associado ao sentido da deriva litorânea, condições climáticas e morfologia da região houve a formação ou crescimento da principal barra, hoje representada o topo por sedimentos eólicos, que forma o sistema laguna-barreira com seus principais ambientes como a planície da laguna Salgada e as planícies flúvio-marinhas do rio Zumbi e Acaraú, entre outros.

A morfologia atual da linha de costa, com crescimento das flechas litorâneas e praias do tipo praia-barreira com canais de maré a frente das dunas, e a retaguarda das flechas litorâneas, sugere estão sendo formados novos ambientes lagunares, com características idênticas a laguna Salgada ocorrendo uma repetição na construção da morfologia comparada a morfogenética atuante no passado da região.

Para a delimitação vertical mais precisa dos ambientes de sedimentação aqui identificados e a descrição da sua evolução fica aqui sugerido a identificação e avaliação da distribuição das ecozonas das diatomáceas ou dos foraminíferos, bem como datação para definição espaço-temporal evolutiva.

## REFERÊNCIAS

- ANA/Banco Mundial/PROÁGUA Nacional/COGERH. 2010. Revisão do Plano de Gerenciamento da águas das bacias metropolitanas e elaboração dos planos de gerenciamento das águas das bacias do Litoral, Acaraú e Coreaú, no estado do Ceará. Relatório de Fase 1 – RF. Bacia do Acaraú. Fortaleza. 308p.
- Andrade, E. 1983. Mapeamento Geológico e Geomorfológico da planície costeira de Aracati, Ce. Diss. Mest., Univ. Federal de Pernambuco. 150p.
- Andrade, O. A. 1989. Contribuição ao estudo liminológico e social da lagoa de Messejana (Fortaleza, Ceará, Brasil) no período de setembro a dezembro. Fortaleza. Monografia de Graduação UFC. 1987. 17p.
- Angulo, R.J. & Lessa, G.C. 1997. The Brazilian sea-level curves: a critical review with emphasis on tre curves from Paranaguá and Cananeia regions. *Marine Geology*, 140 141-166p.
- Bensi, M.; Marinho, R. A.; Maia, L. P. 2005. Clima de ondas e sua implicação com a erosão costeira ao longo do Estado do Ceará. Congresso di Ingegneria di Pesca, Fortaleza, Ceará, Brasil, CONBEP 802-815p.
- Bittencourt, A.C.S.P.; Martin, L.; Vilas Boas, G.S.; Flexor, G.M. 1979. Quaternary marine formations of the coast of the State of Bahia (Brazil). *Simpósio Internacional sobre a Evolução Costeira no Quaternário*, São Paulo (SP). *Atas*, 232-253p.
- Bittencourt, A. C. S. P.; Martin, L.; Vilas Boas, G. S.; Flexor, J. M. 1978. The marine formations of coast of State of Bahia. In: International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary, São Paulo, IGCP, Project 61 1:232-253p.
- Bordoviskiy, O. K. 1965. Accumulation and transformation of organic substances in marine sediment. *Marine Geology* 3, 3-114.p



- Braga, A.P.G.; Passos, C.A.B.; Souza, E.M. De; França, J.B. De; Medeiros, M.F. & Andrade, V.A. 1981. Geologia da região nordeste do estado do Ceará. Projeto Fortaleza. DNPM/CPRM. Brasília. 123p.
- Brandão, R. L. 1995. Diagnóstico geoambiental e os principais problemas de ocupação do meio físico da Região Metropolitana de Fortaleza. Fortaleza, CPRM, REFO. 105 p,
- Brito Neves, B. B. De.; Santos, E. J. Dos; Van Schumus W.R. 2000. In: CORDANI, U.G. et al. (eds.). Tectonic Evolution of South America. Rio de Janeiro: SBG, 151-182p.
- Carvalho, A. M. 2003. Dinâmica costeira entre Cumbuco e Matões costa NW – do estado do Ceará. Ênfase nos processos eólicos. Ceará, Brasil. Tese de Doutorado. Universidade Federal da Bahia. 188p.
- Carvalho, A. M. 1994. Mapeamento Geológico, História Evolutiva e Avaliação Ambiental da Região de Aquiraz-CE. *Dissertação de Mestrado*, Recife, 107p.
- Carvalho, A. M.; Coutinho, P. N.; Morais, J. O. 1994. Dune characterization in the Aquiraz region, Ceará state, northeast Brazil. In: International Sedimentological Congress, 14, Recife-PE, Brazil, *Proceeding...* Recife: IAS. D-23.
- Castro, D. L. E Costa, F. C.N. 1999. Mapas Gravimétricos Do Estado Do Ceará Revista de Geologia. Vol. 12: 69-80p.
- Claudino Sales, V. C. 1993. Lagoa do Papicu – Natureza e Ambiente na cidade de Fortaleza. São Paulo, *Dissertação de Mestrado*, Departamento de Geografia da USP, 344p.
- CLIVAR/BRASIL. 1998. Um programa nacional do clima. Versão preliminar. 78p.
- COGERH, 2007. [www.cogerh.ce.gov.br](http://www.cogerh.ce.gov.br) Acesso em: 09/2009
- COGERH & IPECE, 2007 [www.cogerh.ce.gov.br](http://www.cogerh.ce.gov.br) Acesso em: 09/2009
- Costa, M.J.; J.B.; Lins, C.A.C.; Bacchiegga, J.F.; Habekost, C.R.; Cruz, .B. 1979. Geologia da Bacia Jaibaras. Ceará, Piauí e Maranhão (Projeto Jaibaras). MME, Geologia Básica 11. 104p.

CPRM, Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil 5 L. A. Bizzi, C. Schobbenhaus, R. M. Vidotti e J. H. Gonçalves (eds.) CPRM, Brasília, 2003.

Dias, G.T.M. 1996. Classificação de sedimentos marinhos: proposta de representação em cartas sedimentológicas. *Anais do XXXIX Congr. Brás. Geol.* 3, 423-426p.

DNPM (Departamento Nacional da Produção Mineral) 1983. Mapa geológico do Ceará. Echelle 1:500.000 (voir aussi liste de cartes)

Dominguez, J.M.L. & Bittencourt, A.C.S.P. 1996. Regional assessment of long-term trends of coastal erosion in Northeastern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 68:355-371p.

EMBRAPA. (Embrapa Centro de Pesquisa de Solos). 1999. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 1ª ed., Brasília. 370p.

EMBRAPA. (Embrapa Centro de Pesquisa de Solos). 1997. Manual de métodos de análises de solo. 2ª ed., Rio de Janeiro. 211p.

Esteves, F. A., 1998. Ecologias das Lagoas Costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ). Editado por Esteves, F. A

Finkel, H.J., 1959. The barchans of Southern Peru. *Journal of Geology*, 67. 614-647p.

Folk R. L. & Ward, W. C. 1957. Brazos River Bar: A significance of Grain Size Parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, v27 (1), p. 3-26. (1953).

Förstner, U.; Wittmann, G. T. W., 1981. Metal pollution in the aquatic environment. Berlin: Springer-Verlag.

Fortes, F., 1987. Mapa geológico da Bacia Potiguar: A origem da Bacia Mesozóica do Apodi como decorrência do ciclo tecto-orogénico Brasileiro. PETROBRAS/DEBAR/DINTER. *Relatório Interno*. Natal. 44-61p.

Freire, G.S.S. 1985. Geologia marinha da plataforma continental do Ceará. Dissertação de Mestrado - Centro de Tecnologia, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 132p.

FUNCEME/DEMET. [HTTP://www.funceme.ce.gov.br](http://www.funceme.ce.gov.br) Acesso em: Janeiro/2007.

FUNCEME/DEMET. [HTTP://www.funceme.ce.gov.br](http://www.funceme.ce.gov.br) Acesso em: Junho/2010.

IPECE (2007) [WWW.ipece.gov.br](http://www.ipece.gov.br) Acesso em: maio 2009

Ishiwatari, R.; Usaki, M. 1987. Diagenetic changes of lignin compounds in a more than 0,6 milion-year-old lacustrine sediment (Lake Biwa, Japan) *Geochimica et Cosmochimica Acta* 51, 321-328p.

Jasper, J. P.; Gagosian, R. B. 1990. The sources and deposition of OMin the late Quaternary Pigmy Basin, Gulf of Mexico. *Geochimica ET Cosmochimica Acta* 54, 1117 – 1132p.

Le Cadre, V.; Debenay, J.P.; Lesourd, M. 2003. Low pH effects on *Ammonia beccarii* test deformation: implications for using test deformations as a pollution indicator. *Journal of Foraminiferal Research*, 33 (1): 1-9p.

Lima, C. C. 2000. Ongoing compression across intraplate South America: observations and some implications for petroleum exploitation and exploration. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 30, n. 1, 203-207p.

Maia, L. P. 1998. Procesos costeiros y balance sedimentario a lo largo de Fortaleza (NE-Brasil): Implicações para una gestión adecuada de la zona litoral. Universitat de Barcelona. Tesis Doctoral. Facultat de Geologia. Dep. D'Estratigrafia i Paleontologia. Barcelona. 269p.

Maia, L. P. 1993. Controle tectônico e Evolução Geológica/Sedimentar da Região da desembocadura do Rio Jaguaribe. *Dissertação de mestrado*. UFPE. 144p.

Marcelino, A. M. T. 1999. Caracterização Dos Ecossistemas Costeiros Dos Estados Do Rio Grande Do Norte, Ceará E Piauí. Natal – RN

Martin, L.; Bittencourt, A.C.Sp.; Domingues, J.M.L.; Flexor, J.M. & Suguio, K. 1998. Oscillations or not oscilations, thet is the questions: Comment on Angulo, R. J. and Lessa G. C. “The Brazilian sea-level curves. A critical review with emphasis on the curves from the Paranaguá and Cananéia Regions” [*Mar. Geol.* 140, 141-166]. *Marine Geology*, 150 179-187p.

- Martin, L.; Flexor, J. M.; Blitzkow, D.; Suguio, K. 1985. Geoid change indications along the Brazilian coast during the last 7000 yrs. In: Fifth International Coral Reef Congress, Proceedings... vol. 3, PP. 85-90.
- Martin, L.; Suguio, K.; Flexor, J.M.; Archanjo, J.D., 1996. Coastal Quaternary formations of the southern part of the State of Espírito Santo (Brazil). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 68(3): 389-404p.
- Martin, L.; Suguio, K.; Flexor, J. M. 1993. As flutuações do nível do mar durante o Quaternário superior e a evolução geológica de “deltas” brasileiros. *Boletim IG-USP, Publicação Especial*, v. 15, 1-186p.
- Martin, L. & Suguio, K. 1978. Excursion route along the coastline between the town of Cananéia (state of São Paulo) and Guaratiba outlet (state of Rio de Janeiro). In: International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary. São Paulo, 1978. *Special Publication*, 2. São Paulo, Instituto de Geociências SBG; 1-97p.
- Meireles, A.J.A. 2001 Morfologia litoral y sistema evolutivo de la costa de Ceará – Nordeste de Brasil. Tesis Doctoral, Universidad de Barcelona, España, 2001, 353p.
- Meireles, A.J.A. 1991. Mapeamento Geológico-geomorfológico do Quaternário Costeiro de Icapuí – Extremo leste do estado do Ceará. Dissertação de Mestrado UFPE. Recife, 133 p.
- Meireles, A. J. A.; Arruda, M. G. C.; Gorayeb, A.; Thiers, P. R. L. 2005. Integração Dos Indicadores Geoambientais De Flutuações Do Nível Relativo Do Mar E De Mudanças Climáticas No Litoral Cearense, *Mercator - Revista de Geografia da UFC*, ano 04, número 08, 109-134p.
- Meireles, A.J.A.; Castro, J.W.A.; Lima Verde, A. 1990. Sedimentologia e dinâmica costeira entre as praias do Futuro e Iparana - Fortaleza, Ceará. *36º Cong. Bras. Geol., Natal/RN. Anais...*, V2: 796-805p.
- Meireles, A. J. A.; Gurgel, J.B.; Gurgel, G.A.S.; Sales, L.G.; Castro, J.W.A. 1992. Geologia ambiental e impactos decorrentes da migração de dunas na planície costeira de Paracuru-CE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37, *Anais...* São Paulo-SP, SBG. 1. São Paulo 65 – 66p.

Meireles, A.J.A. & Maia, L.P. 1998. Indicadores morfológicos de los cambios del nivel del mar en La llanura costera de Ceará – nordeste de Brasil. In: A. G. Ortiz y F. S. Franch (Editores): Investigaciones Recientes en Geomorfología Española. Barcelona, Geoforma Ediciones, Logroño. 325-332p.

Meireles, A.J.A.; Morais, J.O. & Freire, G.S.S. 1990. Os terraços holocênicos da planície costeira de Icapuí - Extremo leste do Estado do Ceará. XXXVI Cong. Bras. Geol., Natal/RN. **Anais...** V 2, 709- 718p.

Meireles, A. J. A.; Raventos, J. S. 2002. Um modelo geomorfológico integrado para a planície costeira de Jericoacoara/Ceará. Mercator, Fortaleza, n. 1, 81-94p.

Meireles, A.J.A.; Serra, J.R. E Sábada, J.A.B. 2000. Sea level changes in Jericoacoara- Ceará coastal plain. The Mediterranean, Newsletter, 22, 87-88p.

Meireles, A.J.A. e Vicente da Silva, E. 2003. Diagnóstico e impactos ambientais associados ao ecossistema manguezal do rio Acaraú/ce, nas proximidades da comunidade de Curral Velho de Cima. Parecer Técnico, Procuradoria da República no Estado do Ceará, Ministério Público Federal, 32p.

Morais, J. O. & Meireles, A. J. A. 1992. Riscos geológicos associados a dinâmica costeira na Praia de Caponga, município de Cascavel, Estado do Ceará. Revista de Geologia – UFC. Fortaleza. 139-144p.

Newmann, J. W.; Parker, P. L.; Behrens, E. W. 1973. Organic carbon isotopic ratios in Quaternary cores from the Gulf of Mexico. *Geochimical et Cosmochimica Acta* 37, 225-238p.

NOGUEIRA NETO *et al.* 1990. Avaliação dos dados geocronológicos do Complexo de Granja (CE). *Revista de Geologia, Fortaleza*, v. 3, 5-18p.

Petroni, S. L. G. 1999. Estudos de adsorção de Zinco e Cádmio em Turfa. Potencialidade de Utilização de um Bioadsorvedor Natural em Sistemas de Tratamento de Efluente. Dissertação de Mestrado - IPEN/ São Paulo.

- Peulvast, J-P.; Sales, V.C. 2004. Stepped surfaces and paleolandforms in the northern Brazilian “Nordeste”: constraints on models of morphotectonic evolution. *Geomorphology*, Amsterdam.
- Peulvast, J-P.; Sales, V.C. 2003. Mapa Morfoestrutural do Estado do Ceará e regiões adjacentes do Rio Grande do Norte e Paraíba: nota explicativa. In: Atlas digital de geologia e recursos minerais do Estado do Ceará. Fortaleza: CPRM. 1 CD-ROM.
- Pirazzoli, P. A. 1991. World Atlas of Holocene Sea-Level Changes. Elsevier Oceanography 58, 300p.
- Prahl, F. G., Bennet, J. T.; Carpenter, R. 1980. The early diagenesis of aliphatic hydrocarbons and organic matter in sedimentary particles from Dabob Bay, Washington. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 44, 1967-1976p
- Prahl, F. G.; Ertel J. R; Goni, M. A.; Evesmeyer, B. 1994. Terrestrial organic carbon contributions to sediments on the Washington margin. *Geochimica ET Cosmochimica Acta* 58, 3035-3048p.
- Prattes, M.; Gatto, L. C. S.; Costa, M. I. P. 1981. Geomorfologia. Projeto RADAMBRASIL Folha Jaguaribe/Natal. DNPM/MME, Brasília 23. 301-348p.
- Premuzic, E. T.; Benkovitz, C. M.; Gaffaney, J. S.; Walsh, J. J. 1982. The nature and distribution of organic matter in the surface sediments of world oceans and seas. *Organic Geochemistry* 4, 63-77p.
- Rodrigues, A.C.B. 1999. Caracterização sedimentológica e processos eólicos costeiros da região de Caucaia, costa oeste do estado do Ceará. *Dissertação de Mestrado*. Recife. 115p.
- Saadi, A. & Torquato, J. R. 1992. Contribuição à Neotectônica do Estado do Ceará. *Revista de Geologia*. DEGEO-UFC, Fortaleza. v. 55-38p.
- Sales, V. C. C., 2002. Evolution Geomorphologique de La Zone Côtière de L’État du Ceará, Nordest du Bresil: Du long term au cour terme. Tese De Doutorado. Université Paris-Sorbonne. Paris – France. 496p.

- Santos, E. J. Dos. *et al.*, 1972. Mapa geológico preliminar do estado do Ceará, Recife, CPRM, Escala 1:500.000.
- Shepard, F. P. 1954. Nomenclature based on sand - silt - clay ratios. *Journal of sedimentary Petrology*, v. 24 (3), p 151 – 158p.
- Short, A.D.; Hesp, P.A. 1982. Wave, beach and dune interactions in southeastern Australia. *Marine Geology*, Amsterdam, n. 48, 259-284p.
- Silliman, J. E.; Meyers, P. A.; Bourbonniere, R. A. 1996. Record of postglacial organic matter delivery and burial in sediments of Lake Ontario. *Organic Geochemistry* 24, 463-472p.
- Silva Filho, W. F. Da. 2004. Domínios Morfoestruturais da Plataforma Continental do Estado do Ceará. UFRS. Instituto De Geociências. Programa De Pós-Graduação Em Geociências. Tese de Doutorado. Porto Alegre –288p.
- Soares, F. M. 2007. Diagnóstico Geoambiental da Bacia do Litoral no Ceará. *Mercator - Revista de Geografia da UFC*, ano 06, número 11. 107-116p.
- Souza I. A. 2000. Mudança no canal do Paraná durante o Holoceno. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro: UNESP
- Souza, M.J.N. de. 1988. Contribuição ao estudo das unidades-morfoestruturais do estado do Ceará, *Revista de Geologia*, Edições Universidade Federal do Ceará, Fortaleza v 1, 73-91p.
- SRTM. In: BRASIL em relevo: Embrapa monitoramento por satélite. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2000. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/index.htm>>. Acesso em: set. 2009.
- Suguio, K.; Martin, L.; Bittencourt, A.C.S.P.; Dominguez, J.M.L.; Flexor, J-M.; Azevedo, E.G.A. 1985. Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. *Revista Brasileira de Geociências*15(4):273-286p.

Sunamura, T. 1994. Geomorphology of rock coast. 1ª Ed., 1994, University of Tsukuba, Japan, 301p.

Thornton S. F.; MacManus, J. 1994. Applications of organic carbon and nitrogen stable isotope and C/N ratios as source indicators of organic matter provenance in estuarine systems: Evidence from the Tay Estuary, Scotland. *Estuarine, coastal and Shelf Science* 38, 219-233p.

Travessas, F. A.; Dillenburg, S. R.; Clerot, L. C. P. 2005. Estratigrafia e Evolução da Barreira Holocênica do Rio Grande do Sul no Trecho Tramandaí-Cidreira. *Boletim Paranaense de Geociências*, n. 57. Editora UFPR. 57-73p.

Tricart J. 1970. Aspectos cartográficos dos levantamentos geomorfológicos em relação aos programas de desenvolvimento. *Boletim Geográfico IBGE*. 3-15 p.

Tyson, R. V. 1995. *Sedimentary Organic Matter: Organic Facies and Palynofacies*. Chapman & Hall, London.

Vieira, A. T.; Feitosa, A. C.; Benvenuti, S. M. P. 1998. Diagnóstico do Município de Itarema. CPRM – Serviço Geológico do Brasil Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial Residência de Fortaleza.

Villwock, J. A.; Dillenburg, S. R.; Gonçalves, R. A & Souza, I. F. B. 1986. Recursos Minerais da Região Costeira e Aspectos Metodológicos da Prospecção. *Acta Geológica Leopoldensia*, 22 (10): 83-110p.

Walkley, A.; Black, A. 1933. An Examination of the Degtjareff Method for Determination Mining Soil Organic Matter, and a Proposed Modification of the Chromic Acid Titration Method. *Soil Science*.; 37. 29-38p.

Walker, R. G. 1984. General introduction: Facies, Facies Sequences and Facies Model. In: Walker R G **Facies Model**, 2ª ed. Geological Association of Canada. Department of Geology McMaster, Canada: University Hamilton, 1-13p.



Wilson G. P.; Lamb, A. L.; Leng, M. J.; Gonzales, S.; Huddart, D. 2005. •<sup>13</sup>C and C/N as potential coastal paleoenvironmental indicators in the Mersey Estuary, UK. *Quaternary Science Reviews* 24, 2015-2029p.

Yasso, W.E., 1965. Plan geometry of headland-bay beaches. *Journal of Geology*, 73(5). 702-719p.

## **APÊNDICES**

APÊNDICE A – Distribuição da % Lama, % Areia, % Cascalho, Média, Larssonneur modificada, Grau de Seleção (•) e Folk e Ward nos Testemunhos 1, B, D (SEÇÃO 1)

Prof.(cm)	% Lama	% Areia	% Cascalho	Média	Larssonneur modificada	G. Sel. (•)	Folk e Ward
0-2	68,80	31,20		8,25	lama arenosa terrígena	4,14	EMS
12-16	66,70	33,25		8,18	lama arenosa terrígena	4,21	EMS
24-28	60,65	38,70	0,65	8,14	lama arenosa terrígena	4,20	EMS
28-32	95,25	4,34	0,41	11,47	lama terrígena	0,32	MBS
41-46	74,85	23,40	1,75	8,26	lama arenosa terrígena	4,31	EMS
46-50	75,05	24,75		8,38	lama terrígena	4,07	EMS
55-59	76,90	22,80	0,30	8,42	lama terrígena	4,05	EMS
59-64	79,15	20,85		8,60	lama terrígena	3,88	MPS
72-76	82,95	17,05		8,55	lama terrígena	3,96	MPS
76-77	87,85	12,15		11,43	lama terrígena	1,78	PS

Prof.(cm)	% Lama	% Areia	% Cascalho	Média	Larssonneur modificada	G. Sel. (•)	Folk e Ward
0-4	51,45	48,55		8,43	marga calcárea arenosa	3,74	MPS
4-10	80,78	19,22		8,84	marga	3,52	MPS
10-14	7,72	92,02	0,26	3,00	areia litobioclástica f. a m. fina	1,62	PS
18-22	8,06	91,94		2,98	areia litobioclástica f. a m. fina	1,63	PS
33-37	2,44	97,56		2,86	marga calcárea arenosa	0,47	BS
41-50	4,46	95,50	0,04	2,88	marga calcárea arenosa	0,48	BS
50-55	2,40	97,60		2,88	marga calcárea arenosa	0,44	BS
55-57	80,76	19,24		8,79	vasa calcárea	3,57	MPS

Prof.(cm)	% Lama	% Areia	% Cascalho	Média	Larssonneur modificada	G. Sel. (•)	Folk e Ward
0-2	67,37	32,06	0,57	8,43	marga calcárea arenosa	3,88	MPS
2-7	2,22	97,78		2,84	areia biolitoclástica f. a m. f.	0,48	BS
20-25	1,85	98,15		2,63	areia bioclástica f. a m. f.	0,56	MS
38-43	2,75	97,25		2,80	areia litobioclástica f. a m. f.	0,51	MS
56-62	1,14	98,86		2,93	areia litobioclástica f. a m. f.	0,43	BS
62-67	3,49	96,51		2,94	areia biolitoclástica f. a m. f.	0,44	BS
73-78	2,66	96,90	0,44	3,01	marga arenosa	0,41	BS
78-84	23,49	73,43	3,08	5,80	marga arenosa	3,60	MPS
90-100	52,03	18,47	29,5	6,70	vasa calcárea	5,81	EMS
100-105	84,51	14,03	1,46	11,40	lama terrígena	1,67	PS
114-120	80,30	18,57	1,13	8,88	vasa calcárea	3,46	MPS
127-132	30,20	69,27	0,53	5,88	marga calcárea arenosa	3,63	MPS
132-137	17,27	82,26	0,47	5,50	marga arenosa	3,55	MPS
142-147	4,80	95,20		3,00	areia litobioclástica f. a m. f.	0,47	BS
147-153	4,10	95,74	0,16	2,96	areia biolitoclástica f. a m. f.	0,51	MS
153-159	2,43	97,44	0,13	2,88	areia biolitoclástica f. a m. f.	0,46	BS

APÊNDICE B – Distribuição da % Argila, % Areia,  
% Cascalho no testemunho G (SEÇÃO 1)

Prof.(cm)	% Argila	% Areia	% Cascalho
0-2	4,70	95,30	-
2-7	4,65	95,35	-
13-18	4,70	94,75	0,55
18-23	5,95	93,40	0,65
23-28	6,15	93,85	-
34-39	6,15	93,65	0,20
41-44	8,40	91,30	0,30
44-49	7,70	92,00	0,30
57-62	7,50	92,50	-
80-85	8,55	91,45	-
118-121	15,73	82,87	1,40
121-125	33,85	66,15	-
125-128	22,26	77,74	-
128-132	27,15	72,85	-
132-137	11,70	87,90	0,40
146-151	10,76	89,60	0,16
151-156	15,60	84,40	-
156-161	16,63	83,37	-
179-184	15,80	84,10	0,10
196-201	19,73	80,27	-
201-204	18,60	81,40	-
209-214	12,70	83,63	3,67
218-223	12,00	88,00	-
223-227	12,48	87,42	0,10
240-244	18,80	81,20	-
257-259	28,50	71,50	-
269-272	9,10	49,20	41,7
272-276	54,15	45,70	0,15
282-286	43,50	55,80	0,70
286-290	51,80	47,45	0,75
296-300	48,45	51,35	0,20
300-305	33,85	65,40	0,75
305-309	32,60	64,80	2,60
309-313	35,40	63,30	1,30
313-317	41,45	57,35	1,20
328-332	32,05	66,10	1,85
336-340	30,85	64,15	5,00
344-348	27,60	66,85	5,55
352-356	27,75	62,90	9,35
356-360	28,95	56,40	14,65
360-364	25,25	54,65	20,1
364-368	24,20	48,85	26,95
368-372	22,25	40,00	37,75
372-376	26,75	57,75	15,5
376-380	25,15	64,00	10,85
383-387	28,60	66,55	4,85
387-390	30,10	59,95	9,95
390-393	37,47	62,53	-
393-398	29,90	67,50	2,60
398-403	23,75	51,25	250
403-408	19,40	42,10	38,5
408-412	31,10	67,30	1,60
412-416	28,30	70,50	1,20
416-420	24,35	68,00	7,65
420-424	27,95	68,30	3,75
424-429	29,40	67,95	2,65
429-433	21,35	75,80	2,85
433-435	24,00	70,90	5,10

APÊNDICE C – Distribuição da % Lama, % Areia, % Cascalho, Média, Larssonneur modificada, Grau de Seleção (•) e Folk e Ward nos Testemunhos F, J e E (SEÇÃO 2)

Prof.(cm)	% Lama	% Areia	% Cascalho	Média	Larssonneur modificada	G. Sel. (•)	Folk e Ward
0-2	4,44	95,32	0,24	1,96	areia litoclástica f. a m. f.	0,77	MS
2-7	2,80	97,20		1,95	areia litoclástica f. a m. f.	0,80	MS
7-12	3,84	96,16		1,96	areia litoclástica f. a m. f.	0,82	MS
12-17	3,62	96,38		2,05	areia litoclástica f. a m. f.	0,85	MS
20-25	4,20	95,80		1,97	areia litoclástica média	0,90	MS
28-33	3,30	96,70		2,00	areia litoclástica f. a m. f.	0,82	MS
33-38	5,46	94,54		1,95	areia litoclástica média	1,83	PS
47-52	8,88	91,12		1,96	areia litoclástica média	2,07	MS
70-75	3,90	95,98	0,12	1,81	areia litoclástica média	0,81	MS
110-115	3,67	96,33		1,98	areia litoclástica f. a m. f.	0,83	MS
140-145	4,78	95,22		1,95	areia litoclástica média	0,92	MS
180-185	3,64	96,36		1,99	areia litoclástica f. a m. f.	0,84	MS
210-215	4,25	95,75		1,95	areia litoclástica média	0,86	MS
230-235	4,41	95,41	0,18	1,93	areia litoclástica f. a m. f.	0,83	MS
240-244	5,28	93,24	1,48	1,78	areia litoclástica média	1,98	PS
244-246	3,76	96,15	0,09	1,85	areia litoclástica média	0,67	MS

Prof.(cm)	% Lama	% Areia	% Cascalho	Média	Larssonneur modificada	G. Sel. (•)	Folk e Ward
0-8	67,86	31,60	0,54	11,26	lama arenosa terrígena	4,06	EMS
8-13	69,93	29,54	0,53	11,28	lama arenosa terrígena	4,00	EMS
18-24	66,43	32,00	1,57	11,24		4,17	
24-30	76,33	23,17	0,50	11,34		3,80	
30-36	83,43	16,20	0,37	11,40		3,56	
36-41	77,00	22,83	0,17	11,35		3,62	
41-47	77,10	22,90		11,35		3,66	
49-54	90,50	9,50		11,44		1,57	
54-59	9,65	86,50	3,85	1,51		2,22	
59-65	10,95	84,45	4,60	0,98	areia litoclástica g. a m. g.	2,40	MPS

Prof.(cm)	% Lama	% Areia	% Cascalho	Média	Larssonneur modificada	G. Sel. (•)	Folk e Ward
0-2	5,43	93,97	0,60	3,03	areia litoclástica f. a m. f.	1,50	PS
2-7	81,46	18,54		8,86	lama terrígena	3,48	MPS
30-35	5,30	94,70		3,07	areia litobioclástica f. a m. f.	1,52	PS
61-66	2,93	95,09	1,98	2,85	areia biolitoclástica f. a m. f.	0,94	MS
66-71	3,37	85,56	11,07	0,94	areia bioclástica g. a m. g.	1,77	PS
93-98	1,86	98,14		2,96	areia litobioclástica f. a m. f.	0,43	BS
112-116	2,72	93,28	4,00	1,89	areia biolitoclástica f. a m. f.	1,45	PS
118-123	4,38	95,27	0,35	2,83	areia litobioclástica f. a m. f.	0,81	MS
129-134	1,92	97,78	0,30	20,1	areia litobioclástica f. a m. f.	1,35	PS
138-143	1,92	96,77	1,31	2,33	areia litobioclástica f. a m. f.	1,19	PS
151-156		95,09	4,91	1,15	areia litobioclástica g. a m. g.	1,45	PS
163-168	2,87	92,64	4,49	2,33	areia biolitoclástica f. a m. f.	1,25	PS
175-180	2,67	91,74	5,59	1,67	areia bioclástica f. a m. f.	1,55	PS
188-193	4,02	94,31	1,67	2,22	areia biolitoclástica f. a m. f.	1,39	PS
193-194,5	81,51	18,45	0,04	8,86	marga	3,48	MPS

APÊNDICE D – Distribuição da % Lama, % Areia, % Cascalho, Média, Larsonneur modificada , Grau de Seleção (•) e Folk e Ward no Testemunho A

Prof.(cm)	% Lama	% Areia	% Cascalho	Média	Larsonneur modificada	G. Sel. (•)	Folk e Ward
0-4	1,95	95,50	2,55	1,75	areia lamosa	1,58	PS
4-9	28,90	71,10		5,25	lama arenosa terrígena	4,16	EMS
9-14	1,99	87,30	10,71	1,39	areia lamosa	1,85	PS
18-23	48,05	51,95		5,66	lama arenosa terrígena	4,26	EMS
29-34	54,15	45,85		8,08	lama arenosa terrígena	4,27	EMS
34-39	29,12	70,41	0,47	5,07	lama arenosa terrígena	4,34	EMS
50-550	32,90	66,45	0,65	5,02	lama arenosa terrígena	4,37	EMS
55-60	57,65	42,35		8,19	lama arenosa terrígena	4,15	EMS
66-71	48,38	51,47	0,15	5,65	lama arenosa terrígena	4,24	EMS
71-75	85,38	14,62		11,41	lama terrígena	1,74	PS
85-90	89,47	9,64	0,89	11,44	lama terrígena	1,73	PS
101-106	67,07	32,67	0,26	8,44	lama arenosa terrígena	3,95	MPS
106-110	24,74	74,91	0,35	4,91	areia lamosa	4,21	EMS
110-118,5	29,53	19,70	50,77	2,5	cascalho biolítico	5,79	EMS
118,5-119	18,56	13,70	67,74	1,91	areia lamosa	5,72	EMS

APÊNDICE E – Distribuição da % Lama, % Areia, % Cascalho, Média, Larsonneur modificada , Grau de Seleção (•) e Folk e Ward nos Testemunhos H e I (SEÇÃO 3)

Prof.(cm)	% Lama	% Areia	% Cascalho	Média	Larsonneur modificada	G. Sel. (•)	Folk e Ward
0-6	10,84	87,78	1,38	2,10	areia litoclástica f. a m. f.	2,45	MPS
11-17	16,04	82,70	1,26	4,45	areia lamosa terrígena	4,19	EMS
17-23	15,86	82,22	1,92	2,13	areia lamosa terrígena	2,66	MPS
23-29	13,03	84,49	2,48	2,17	areia litoclástica f. a m. f.	2,71	MPS
29-35	11,79	86,70	1,51	2,07	areia litoclástica f. a m. f.	2,65	MPS
35-39	7,20	90,47	2,33	1,90	areia litoclástica f. a m. f.	2,42	MPS
39-46	11,48	86,43	2,09	2,09	areia litoclástica f. a m. f.	2,61	MPS
46-52	18,40	80,33	1,27	4,70	areia lamosa terrígena	4,33	EMS
69-74	21,84	76,35	1,81	4,32	areia lamosa terrígena	4,78	EMS
74-81	28,62	68,98	2,40	4,55	areia lamosa terrígena	4,97	EMS
86-91	19,24	75,18	5,58	3,81	areia lamosa terrígena	4,86	EMS
91-96	21,25	68,57	10,18	3,83	areia lamosa terrígena	5,09	EMS

Prof.(cm)	% Lama	% Areia	% Cascalho	Média	Larsonneur modificada	G. Sel. (•)	Folk e Ward
1-5	30,22	69,05	0,73	5,26	lama arenosa terrígena	4,29	EMS
5-10	33,62	66,06	0,32	5,39	lama arenosa terrígena	4,20	EMS
10-17	25,87	73,78	0,35	5,24	lama arenosa terrígena	4,22	EMS
17-23	29,60	70,00	0,40	5,22	lama arenosa terrígena	4,20	EMS
23-27	18,92	80,64	0,44	5,17	areia lamosa (lama terrígena)	4,13	EMS
27-31	11,94	87,18	0,88	2,39	areia litoclástica f. a m. f.	2,27	MPS
31-36	8,80	90,30	0,90	2,22	areia litoclástica f. a m. f.	2,33	MPS
36-41	6,82	92,38	0,80	2,24	areia litoclástica f. a m. f.	2,28	MPS
41-47	13,13	86,21	0,66	2,39	areia litoclástica f. a m. f.	2,41	MPS
47-52	5,96	92,20	1,84	2,02	areia litoclástica f. a m. f.	2,42	MPS
52-57	8,54	88,67	2,79	2,07	areia litoclástica f. a m. f.	2,52	MPS
57-61	9,82	87,06	3,12	2,15	areia litoclástica f. a m. f.	2,52	MPS
61-67	7,00	91,18	1,82	2,22	areia litoclástica f. a m. f.	2,40	MPS
67-76	10,90	86,50	2,60	2,29	areia biolitoclástica f. a m. f.	2,47	MPS
76-86	18,79	79,58	1,63	4,86	areia lamosa (lama terrígena)	4,37	EMS
86-92	18,74	79,46	1,80	4,94	areia lamosa (lama terrígena)	4,35	EMS
92-97	22,48	76,29	1,23	5,12	areia lamosa (lama terrígena)	4,31	EMS
97-103	25,68	73,82	0,50	5,23	lama arenosa terrígena	4,26	EMS
103-110	23,48	75,32	1,20	5,09	areia lamosa (lama terrígena)	4,28	EMS
110-115	24,20	74,90	0,90	5,16	areia lamosa (lama terrígena)	4,31	EMS
115-120	17,12	81,92	0,96	4,98	areia lamosa (lama terrígena)	4,22	EMS

APÊNDICE F – Distribuição das porcentagens, valores mínimos, máximos, médias e desvio padrão de %MO, %CO, %N, C/N, % Carbonatos e pH, por profundidade nos testemunhos coletados na planície lagunar 1,J e A.

Estação	Prof.(cm)	% MO	% CO	% de N	C/N	% Carbonatos	Tipo de sedim	pH
I 9681892 393415	0-2	0,42	0,24	0,09	2,7	5,0	litoclástico	7,8
	12-16	0,14	0,08	0,08	1,0	5,0	litoclástico	7,8
	24-28	0,18	0,10	0,05	2,1	4,4	litoclástico	7,9
	28-32	0,23	0,13	0,00	0,0	4,6	litoclástico	7,5
	41-46	0,19	0,11	0,00	0,0	4,6	litoclástico	7,2
	46-50	0,42	0,24	0,09	2,7	5,2	litoclástico	7,8
	55-59	0,23	0,13	0,03	4,5	3,5	litoclástico	7,8
	59-64	0,14	0,08	0,10	0,8	4,6	litoclástico	7,8
	72-76	0,47	0,27	0,13	2,1	4,6	litoclástico	7,9
	76-77	0,38	0,22	0,15	1,5	3,5	litoclástico	7,5
	Min.	0,14	0,08	ND	NC	3,5		7,2
	Máx.	0,47	0,27	0,15	4,5	5,2		7,9
	Média	0,28	0,16	0,07	1,7	4,5		7,7
	Desv. Padr.	0,13	0,07	0,05	1,4	0,6		0,2

Estação	Prof.(cm)	% MO	% CO	% de N	C/N	% Carbonatos	Tipo de sedim	pH
J 9680990 394927	0-8	0,47	0,27	0,30	0,9	5,4	litoclástico	6,4
	8-13	0,34	0,20	0,40	0,5	3,0	litoclástico	6,8
	13-18	0,59	0,34	0,25	1,4	4,2	litoclástico	7,0
	18-24	0,32	0,18	0,28	0,7	2,4	litoclástico	6,2
	24-30	0,62	0,36	0,30	1,2	6,6	litoclástico	5,3
	30-36	0,59	0,35	0,25	1,4	3,0	litoclástico	6,4
	36-41	0,55	0,32	0,26	1,2	4,2	litoclástico	7,2
	41-47	0,32	0,19	0,20	0,9	2,4	litoclástico	7,3
	49-54	0,91	0,53	0,33	1,6	8,2	litoclástico	6,9
	54-59	0,44	0,25	0,04	6,3	9,4	litoclástico	7,7
59-65	0,57	0,33	0,06	5,5	10,7	litoclástico	7,9	
	Min.	0,32	0,18	0,04	0,5			5,3
	Máx.	0,91	0,53	0,40	6,3	2,4		7,9
	Média	0,52	0,30	0,24	2,0	10,7		6,8
	Desv. Padr.	0,17	0,10	0,11	2,0	5,4		0,7

Estação	Prof.(cm)	% MO	% CO	% de N	C/N	% Carbonatos	Tipo de sedim	pH
A 9678504 397959	0-4	0,41	0,24	0,15	1,6	3,5	litoclástico	4,5
	4-9	0,52	0,30	0,16	1,9	4,6	litoclástico	8,0
	9-14	0,37	0,21	0,14	1,5	4,6	litoclástico	8,0
	18-23	0,41	0,24	0,15	1,6	4,6	litoclástico	6,9
	29-34	0,38	0,22	0,15	1,5	2,9	litoclástico	7,7
	34-39	0,15	0,09	0,04	2,2	5,2	litoclástico	8,0
	50-550	0,24	0,14	0,08	1,7	3,5	litoclástico	7,5
	55-60	0,23	0,13	0,09	1,5	4,6	litoclástico	7,0
	66-71	0,05	0,03	0,07	0,4	4,6	litoclástico	7,9
	71-75	0,11	0,06	0,15	0,4	4,6	litoclástico	6,6
	85-90	0,34	0,20	0,19	1,0	2,3	litoclástico	6,6
	101-106	0,44	0,25	0,17	1,5	4,6	litoclástico	5,5
	106-110	0,28	0,16	0,12	1,4	2,9	litoclástico	5,5
110-118,5	0,20	0,12	0,11	1,1	60,4	biolito clástico	-	
118,5-119	0,18	0,11	0,07	1,5	4,6	litoclástico	-	
	Min.	0,05	0,03	0,04	0,4			4,5
	Máx.	0,52	0,30	0,19	2,2	2,3		8,0
	Média	0,29	0,17	0,12	1,4	60,4		6,9
	Desv. Padr.	0,14	0,08	0,04	0,5	7,8		1,1



APÊNDICE G – Distribuição das porcentagens, valores mínimos, máximos, médias e desvio padrão de %MO, %CO, %N, C/N, % Carbonatos e pH, por profundidade nos testemunhos coletados na planície lagunar H e I.

Estação	Prof.(cm)	% MO	% CO	% de N	C/N	% Carbonatos	Tipo de sedim	pH
H 9676100 404183	0-6	0,05	0,03	0,13	0,2		litoclástico	8,2
	6-11	0,15	0,09	0,05	1,7		litoclástico	8,4
	11-17	0,09	0,05	0,05	1,1	8,2	litoclástico	8,6
	17-23	0,24	0,14	0,05	2,8	3,8	litoclástico	8,0
	23-29	0,52	0,30	0,05	6,1	2,5	litoclástico	7,7
	29-35	ND	ND	0,03	NC	3,8	litoclástico	7,7
	35-39	0,04	0,03	ND	NC	3,8	litoclástico	7,6
	39-46	0,05	0,03	0,04	0,7	2,5	litoclástico	7,7
	46-52	ND	ND	0,04	NC	5,0	litoclástico	7,7
	52-57	0,05	0,03	0,05	0,5	2,5	litoclástico	7,7
	57-63	0,10	0,06	0,03	1,9	4,4	litoclástico	7,5
	63-69	0,05	0,03	0,01	2,8	5,0	litoclástico	7,3
	69-74	ND	ND	0,01	NC	3,8	litoclástico	7,5
	74-81	0,05	0,03	ND	NC	4,4	litoclástico	7,4
	81-86	0,00	0,00	0,03	NC	3,8	litoclástico	7,4
	86-91	0,09	0,05	0,03	1,8	5,0	litoclástico	7,7
	91-96	ND	ND	0,02	NC	5,7	litoclástico	7,5
		Min.	ND	ND	ND	NC	2,5	
	Máx.	0,52	0,30	0,13	6,1	8,2		8,6
	Média	0,09	0,05	0,04	1,1	4,3		7,7
	Desv. Padr.	0,13	0,07	0,03	1,6	1,4		0,3

Estação	Prof.(cm)	% MO	% CO	% de N	C/N	% Carbonatos	Tipo de sedim	pH
I 9676342 404053	1-5	0,05	0,03	0,07	0,4		litoclástico	8,4
	5-10	0,17	0,10	0,08	1,2		litoclástico	8,1
	10-17	0,05	0,03	0,05	0,6	3,9	litoclástico	8,3
	17-23	0,15	0,09	0,05	1,7	5,9	litoclástico	8,1
	23-27	ND	ND	0,05	NC	3,9	litoclástico	8,4
	27-31	0,15	0,09	0,04	2,2	2,6	litoclástico	8,4
	31-36	0,15	0,09	0,04	2,2	2,6	litoclástico	8,5
	36-41	0,10	0,06	0,04	1,5	3,3	litoclástico	8,4
	41-47	0,05	0,03	0,06	0,5	4,6	litoclástico	8,5
	47-52	0,10	0,06	0,04	1,4	3,9	litoclástico	8,5
	52-57	0,20	0,11	0,07	1,6	2,6	litoclástico	8,2
	57-61	ND	ND	0,08	NC	4,2	litoclástico	8,4
	61-67	0,10	0,06	0,07	0,8	5,4	litoclástico	8,5
	67-76	0,15	0,09	0,05	1,7	2,4	biolito clástico	8,5
	76-86	0,20	0,11	0,07	1,6	60,0	litoclástico	8,2
	86-92	0,23	0,13	0,04	3,3	1,8	litoclástico	8,1
	92-97	ND	ND	0,08	NC	5,4	litoclástico	8,3
	97-103	0,05	0,03	0,04	0,7	3,0	litoclástico	8,2
	103-110	ND	ND	0,05	NC	9,6	litoclástico	8,3
	110-115	0,15	0,09	0,06	1,5	3,6	litoclástico	8,0
115-120	ND	ND	0,03	NC	4,2	litoclástico	8,1	
	Min.	ND	ND	0,03	NC	1,8		8,0
	Máx.	0,23	0,13	0,08	3,3	60,0		8,5
	Média	0,10	0,06	0,06	1,1	6,6		8,3
	Desv. Padr.	0,07	0,04	0,02	0,9	12,3		0,2

APÊNDICE H – Distribuição das porcentagens, valores mínimos, máximos, médias e desvio padrão de %MO, %CO, %N, C/N, % Carbonatos e pH, por profundidade nos testemunhos coletados nos depósitos eólicos F e E.

Estação	Prof.(cm)	% MO	% CO	% de N	C/N	% Carbonatos	Tipo de sedim	pH
F 9680126 393360	0-2	ND	ND	0,03	NC		litoclástico	7,6
	2-7	0,10	0,06	0,02	2,9	3,9	litoclástico	7,1
	7-12	0,21	0,12	0,06	2,0	4,5	litoclástico	7,2
	12-17	ND	ND	0,02	NC	3,4	litoclástico	7,2
	20-25	ND	ND	0,02	NC	2,8	litoclástico	7,7
	28-33	ND	ND	0,02	NC	4,0	litoclástico	7,7
	33-38	ND	ND	0,01	NC	3,4	litoclástico	7,8
	47-52	ND	ND	ND	NC	3,4	litoclástico	6,6
	70-75	ND	ND	ND	NC	2,3	litoclástico	7,2
	110-115	0,09	0,05	0,02	2,7	5,1	litoclástico	7,5
	140-145	ND	ND	ND	NC	5,1	litoclástico	6,8
	180-185	ND	ND	0,02	NC	5,7	litoclástico	7,0
	210-215	ND	ND	ND	NC	6,8	litoclástico	7,5
	230-235	0,10	0,06	0,01	5,9	2,8	litoclástico	8,2
	240-244	0,10	0,06	0,02	2,9	2,8	litoclástico	8,1
	244-246	ND	ND	ND	NC	2,8	litoclástico	8,0
	Min.	ND	ND	ND	NC	2,3		
Máx.	0,21	0,12	0,06	5,9	4,0			8,2
Média	0,04	0,02	0,02	1,0	6,8			7,5
Desv. Padr.	0,06	0,04	0,02	1,7	1,2			0,5

Estação	Prof.(cm)	% MO	% CO	% de N	C/N	% Carbonatos	Tipo de sedim	pH
E 9682152 395787	0-2	0,10	0,06	0,09	0,6		litoclástico	8,6
	2-7	0,25	0,14	0,09	1,6		litoclástico	8,5
	30-35	0,10	0,06	0,06	1,0	28,0	litobio clástico	8,8
	61-66	0,10	0,06	0,04	1,4	29,1	biolito clástico	8,7
	66-71	0,10	0,06	0,02	2,9	48,7	bioclástico	6,0
	93-98	0,10	0,06	ND	NC	62,6	litobio clástico	8,8
	112-116	0,05	0,03	ND	NC	71,0	biolito clástico	8,9
	118-123	0,05	0,03	ND	NC	39,2	litobio clástico	8,7
	129-134	0,05	0,03	ND	NC	54,3	litobio clástico	8,7
	138-143	ND	ND	0,01	NC	41,9	litobio clástico	8,6
	151-156	ND	ND	0,03	NC	48,7	litobio clástico	8,9
	163-168	ND	ND	ND	NC	42,5	litobio clástico	8,7
	175-180	ND	ND	0,01	NC	44,7	biolito clástico	8,8
	188-193	ND	ND	0,03	NC	65,4	bioclástico	8,8
	193-194,5	ND	ND	ND	NC	95,1	biolito clástico	8,6
	Min.	ND	ND	ND	NC	49,8	litobio clástico	8,9
	Máx.	0,25	0,14	0,09	2,9	28,0		
Média	0,06	0,03	0,03	0,5	95,1			8,9
Desv. Padr.	0,07	0,04	0,03	0,9	52,0			8,5

APÊNDICE I – Distribuição das porcentagens, valores mínimos, máximos, médias e desvio padrão de %MO, %CO, %N, C/N, % Carbonatos e pH, por profundidade nos testemunhos coletados nos depósitos de praia B e D.

Estação	Prof.(cm)	% MO	% CO	% de N	C/N	% Carbonatos	Tipo de sedim	pH	
B	0-4	0,10	0,06	0,08	0,7	52,8	biolito clástico	8,4	
	4-10	0,40	0,23	0,07	3,3	43,4	litobio clástico	8,4	
	10-14	1,01	0,58	0,17	3,4	37,1	litobio clástico	8,2	
	9683088	18-22	0,94	0,55	0,27	2,0	49,0	litobio clástico	8,2
	395405	33-37	0,15	0,09	0,17	0,5	57,2	biolito clástico	8,4
	41-50	0,40	0,23	0,22	1,0	59,7	biolito clástico	8,3	
	50-55	0,23	0,14	0,11	1,2	62,9	biolito clástico	8,5	
	55-57	0,29	0,17	0,04	4,3	79,2	bioclástico	8,5	
	Min.	0,10	0,06	0,04	0,5	37,1		8,2	
	Máx.	1,01	0,58	0,27	4,3	79,2		8,5	
Média	0,44	0,25	0,14	2,1	55,2		8,4		
Desv. Padr.	0,35	0,20	0,08	1,4	12,9		0,1		

Estação	Prof.(cm)	% MO	% CO	% de N	C/N	% Carbonatos	Tipo de sedim	pH	
D	0-2	0,15	0,09	0,02	4,3	58,7	biolito clástico	8,5	
	2-7	0,15	0,09	0,03	2,9	51,5	biolito clástico	8,0	
	20-25	0,05	0,03	0,04	0,7	70,5	bioclástico	8,2	
	38-43	0,15	0,09	0,07	1,2	45,9	litobio clástico	8,5	
	9683106	56-62	0,05	0,03	0,09	0,3	40,8	litobio clástico	8,4
	395400	62-67	0,20	0,12	0,03	3,9	50,3	biolito clástico	8,2
	73-78	0,10	0,06	0,05	1,2	45,3	litobio clástico	8,3	
	78-84	0,68	0,39	0,25	1,6	40,8	litobio clástico	8,0	
	90-100	1,84	1,07	0,53	2,0	96,2	bioclástico	7,8	
	100-105	3,75	2,18	1,27	1,7	24,1	litoclástico	7,8	
	114-120	1,31	0,76	0,47	1,6	71,6	bioclástico	7,9	
	127-132	0,85	0,49	0,25	2,0	62,1	biolito clástico	8,2	
	132-137	0,44	0,26	0,11	2,3	48,7	litobio clástico	8,3	
	142-147	0,10	0,06	0,05	1,1	47,5	litobio clástico	8,4	
	147-153	0,20	0,12	0,06	1,9	59,8	biolito clástico	8,3	
	153-159	0,10	0,06	0,02	2,9	58,2	biolito clástico	8,5	
	Min.	0,05	0,03	0,02	0,3	24,1		7,8	
	Máx.	3,75	2,18	1,27	4,3	96,2		8,5	
	Média	0,63	0,37	0,21	2,0	54,5		8,2	
Desv. Padr.	0,98	0,57	0,32	1,1	16,3		0,2		

APÊNDICE J – Distribuição das porcentagens, valores mínimos, máximos, médias e desvio padrão de %MO, %CO, %N, C/N, % Carbonatos e pH, por profundidade no testemunho G coletado nos depósitos de praia.

Estação	Prof.(cm)	% MO	% CO	% de N	C/N	% Carbonatos	Tipo de sedim	pH
	0-2	0,35	0,20	0,01	20,1	66,8	biolito clástico	9,6
	2-7	0,19	0,11	0,05	2,2	60,5	biolito clástico	9,2
	13-18	0,29	0,17	0,09	1,8	56,6	biolito clástico	8,9
	18-23	0,34	0,20	0,08	2,5	65,6	biolito clástico	9,2
G	23-28	0,44	0,26	0,09	2,8	80,3	bioclástico	9,5
9683110	34-39	0,30	0,17	0,10	1,7	68,5	biolito clástico	9,5
395412	41-44	0,29	0,17	0,12	1,4	70,7	bioclástico	9,1
	44-49	0,45	0,26	0,09	2,9	62,2	biolito clástico	9,3
	57-62	0,33	0,19	0,10	1,9	56,6	biolito clástico	9,2
	80-85	0,30	0,17	0,10	1,7	56,6	biolito clástico	9,3
	118-121	0,39	0,23	0,11	2,1	62,8	biolito clástico	9,2
	121-125	0,62	0,36	0,15	2,4	73,5	bioclástico	9,4
	125-128	0,43	0,25	0,12	2,1	70,7	bioclástico	8,8
	128-132	0,82	0,47	0,17	2,8	62,2	biolito clástico	8,7
	132-137	0,59	0,34	ND	0,0	69,0	biolito clástico	8,9
	146-151	0,40	0,23	0,01	22,9	56,6	biolito clástico	8,6
	151-156	0,44	0,25	0,02	12,7	70,1	bioclástico	9,1
	156-161	0,40	0,23	0,03	7,7	57,1	biolito clástico	9,4
	179-184	0,34	0,20	0,04	5,0	51,5	biolito clástico	8,9
	196-201	0,48	0,28	0,04	7,0	67,5	biolito clástico	9,1
	201-204	0,43	0,25	0,04	6,2	62,3	biolito clástico	9,2
	209-214	0,43	0,25	0,04	6,2	83,1	biolito clástico	9,2
	218-223	0,29	0,17	0,03	5,7	57,7	biolito clástico	9,1
	223-227	0,38	0,22	0,08	2,7	55,4	biolito clástico	9,1
	240-244	0,53	0,31	0,03	10,3	64,1	biolito clástico	9,4
	257-259	0,44	0,25	0,03	8,4	63,5	biolito clástico	9,3
	267-268	0,20	0,11	0,02	5,7	53,7	biolito clástico	9,2
	269-272	0,68	0,39	0,08	4,9	92,9	bioclástico	9,1
	272-276	0,94	0,54	0,10	5,4	90,1	bioclástico	8,9
	282-286	0,44	0,26	0,11	2,3	80,8	bioclástico	8,9
	286-290	0,78	0,45	0,13	3,5	74,5	bioclástico	9,0
	296-300	0,59	0,34	0,15	2,3	86,0	bioclástico	9,0
	300-305	0,57	0,33	0,14	2,4	73,3	bioclástico	9,0
	305-309	0,49	0,29	0,16	1,8	65,8	biolito clástico	9,1
	309-313	0,59	0,34	0,14	2,5	71,6	bioclástico	9,0
	313-317	0,69	0,40	0,18	2,2	72,2	bioclástico	9,0
	328-332	0,54	0,32	0,15	2,1	84,9	bioclástico	8,9
	336-340	0,58	0,34	0,07	4,8	88,9	bioclástico	8,9
	344-348	0,73	0,42	0,08	5,3	86,6	bioclástico	8,9
	352-356	0,69	0,40	0,09	4,5	84,3	bioclástico	8,9
	356-360	0,41	0,24	0,10	2,4	86,6	bioclástico	9,0
	360-364	0,62	0,36	0,08	4,5	69,8	bioclástico	9,0
	364-368	0,62	0,36	0,07	5,1	74,5	bioclástico	8,8
	368-372	0,28	0,16	0,07	2,3	83,1	bioclástico	8,9
	372-376	0,05	0,03	0,04	0,7	69,8	biolito clástico	8,8
	376-380	0,90	0,52	0,05	10,5	42,7	litobio clástico	8,8
	383-387	0,43	0,25	0,05	5,0	58,9	biolito clástico	8,8
	387-390	0,47	0,27	0,06	4,5	80,8	bioclástico	8,7
	390-393	0,52	0,30	0,06	5,0	63,5	biolito clástico	8,9
	393-398	0,38	0,22	0,03	7,4	62,3	biolito clástico	8,5
	398-403	0,47	0,28	0,06	4,6	44,4	litobio clástico	8,5
	403-408	0,38	0,22	0,06	3,7	54,8	biolito clástico	8,5
	408-412	0,38	0,22	0,02	10,9	11,5	litoclástico	8,1
	412-416	0,52	0,30	0,05	6,0	58,3	biolito clástico	8,6
	416-420	0,46	0,27	0,05	5,3	38,7	litobio clástico	8,5
	420-424	0,38	0,22	0,05	4,4	65,2	biolito clástico	8,7
	424-429	0,38	0,22	0,06	3,6	60,6	biolito clástico	8,7
	429-433	0,47	0,27	0,07	3,9	28,9	litoclástico	8,7
	433-435	0,35	0,20	0,05	4,0	38,7	litobio clástico	8,7
	Mín.	0,05	0,03	ND	NC	11,5		8,1
	Máx.	0,94	0,54	0,18	22,9	92,9		9,6
	Média	0,47	0,27	0,08	4,9	65,6		9,0
	Desv. Padr.	0,17	0,10	0,04	4,1	15,3		0,3

**ANEXOS**

ANEXO 1: Classificação de sedimentos marinhos (Larsonneur, 1977 modificada por Dias, 1996). **Md** = mediana ; **L** = lama ; **c** = coquina ( >20 mm ) ; **s**. = seixos (4 a 65 mm) ; **g** = grânulos (2 a 4mm) **r** = rodolitos (nódulos de algas calcáreas).

9 SUBDIVISÕES PRINCIPAIS	SEIXOS, COQUINAS OU RODOLITOS L<15%;s+c+r.>50%		GRÂNULOS L<15%;s+c+r < 50% Md > 2mm		AREIAS L<15%;Areia + Lama >50 % Md < 2mm					SEDIMENTOS LAMOSOS L > 15 %		
	SEIXOS LITOCLÁSTICOS		GRÂNULOS LITOCLÁSTICOS		AREIAS LITOCLÁSTICAS					LAMAS TERRÍGENAS		
SEDIMENTO LITOCLÁSTICO CaCO <sub>3</sub> < 30%	s+c+r >70% SL1a	s+c+r <70% SL1b	s+c+r >15% GL1a	s+c+r <15% GL1b	15% < + 2 mm < 50 %		+ 2 mm < 15%			L < 25% LL1a	25%<L<75% LL1b	L > 75% LL1c
	cascalho litoclástico	cascalho litoclástico	grânulos litocl. c/ cascalho	grânulos litoclásticos	s+c+r >gran AL1a	g >s+c+r AL1b	2 a 0,5 mm. AL1c	0,5 a 0,25 mm AL1d	0,25 a 0,05 mm AL1e	areia lamosa	lama arenosa terrigena	lama terrigena
SEDIMENTO LITOBIO CLÁSTICO 30%<CaCO <sub>3</sub> <50%	SEIXOS LITOBIOCLÁSTICOS		GRÂNULOS LITOBIOCLÁST.		AREIAS LITOBIOCLÁSTICAS					MARGAS		
	s+c+r >70% SL2a	s+c+r <70% SL2b	s+c+r >15% GL2a	s+c+r <15% GL2b *	15% < + 2 mm < 50 %		+ 2 mm < 15%			L < 25% LL2a	25%<L<75% % LL2b	L > 75% LL2c
SEDIMENTO BIOLITO CLÁSTICO 50%<CaCO <sub>3</sub> <70%	COQ/ROD+ LITOCLÁSTICOS		GRÂNULOS BIOLITOCLÁST.		AREIAS BIOLITOCLÁSTICAS					MARGAS CALCÁRIAS		
	c+r+s >70% CB1a	c+r+s <70% CB1b	c+r+s >15% GB1a	c+r+s <15% GB1b *	15% < + 2 mm < 50 %		+ 2 mm < 15%			L < 25% LB1a	25%<L<75% % LB1b	L > 75% LB1c
SEDIMENTO BIOCLÁSTICOS CaCO <sub>3</sub> >70%	COQUINAS / RODOLITOS		GRÂNULOS BIOCLÁSTICOS		AREIAS BIOCLÁSTICAS					LAMAS CALCÁREAS		
	c+r+s >70% CB2a	c+r+s <70% CB2b	c+r+s >15% GB2a	c+r+s >15% GB2b *	15% < + 2 mm < 50 %		+ 2 mm < 15%			L < 25% LB2a	25%<L<75% % LB2b	L > 75% LB2c
SEDIMENTO BIOCLÁSTICOS CaCO <sub>3</sub> >70%	c+r+s >70% CB2a	c+r+s <70% CB2b	c+r+s >15% GB2a	c+r+s >15% GB2b *	15% < + 2 mm < 50 %		+ 2 mm < 15%			L < 25% LB2a	25%<L<75% % LB2b	L > 75% LB2c
	coquinas ou rodolitos	cascalho bioclástico	grânulo biocl. conchifero ou c/ rodolitos	grânulo bioclástico	c+r+s >g AB2a	g >c+r+s AB2b	2 a 0,5 mm. AB2c	0,5 a 0,25 mm AB2d	0,25 a 0,05 mm AB2e	lama calcárea arenosa	vasa calcárea arenosa	vasa calcárea
					areia litoclástica c/ cascalho	areia litoclástica c/ granulos	areia litoclást.muito grossa a grossa	areia litoclástica média	areia litoclástica fina a muito fina			
					areia litobioclástica c/ cascalho	areia litobioclástica c/ granulos	areia litobioclástica muito grossa a grossa	areia litobioclástica média	areia litobioclástica fina a muito fina	marga arenosa	marga arenosa	marga.
					areia biolitol. c/ cascalho	areia biolitol. c/ granulos	areia biolitol. muito grossa a grossa	areia biolitolástica média	areia biolitolástica fina a muito fina	marga calcárea arenosa	marga calcárea arenosa	marga calcárea
					areia bioclástica c/ nódulos ou conchas	areia bioclástica c/ granulosa	areia bioclástica muito grossa a grossa	areia bioclástica média	areia bioclástica fina a muito fina			