



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA DO SÍTIO NATURAL DE FORTALEZA, CEARÁ.

Mestrando: Marcelo Martins de Moura Fé

Orientadora: **Profa. Dra. Vanda de Claudino-Sales**

FORTALEZA

2008

MARCELO MARTINS DE MOURA FÉ

**EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA DO SÍTIO
NATURAL DE FORTALEZA, CEARÁ.**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Geografia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geografia, área de concentração: Dinâmica Ambiental e Territorial.

Orientadora: Profa. Dra. Vanda Claudino-Sales

FORTALEZA

2008

M886e **Moura -Fé, Marcelo Martins de**
 Evolução geomorfológica do sítio natural de Fortaleza, Ceará /
Marcelo Martins de Moura - Fé, 2008.
 242 f. ;il. color. enc.

Orientador: Prof. Pós. Dr. Vanda Carneiro de Claudino Sales
Área de concentração: Dinâmica Ambiental e Territorial
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de
Ciências. Depto. de Geografia , Fortaleza, 2008.

1.Evolução geomorfológica 2. Dinâmica natural 3. Meio Ambiente
4. Sítio natural I. Sales, Vanda Carneiro de Claudino (orient.) II.
Universidade Federal do Ceará – Curso de Mestrado em Geografia
III.Título

CDD 910

MARCELO MARTINS DE MOURA FÉ

Evolução Geomorfológica do Sítio Natural de Fortaleza, Ceará.

Dissertação apresentada ao Curso de Geografia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geografia, área de concentração: Dinâmica Ambiental e Territorial.

Conceito Obtido: APROVADO Nota: 10

Dissertação defendida em 30 / 07 /2008

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dra. Vanda Claudino-Sales (Orientadora)
Orientadora / Depto. Geografia - UFC

Prof. Dra. Marta Celina de Linhares Sales
Depto. Geografia - UFC

Prof. Dr. César Ulisses Vieira Veríssimo
Depto. Geologia UFC

Prof. Dr. Luís Parente Maia
Labomar - UFC

Aos meus pais.

À Mônica Virna, meu amor...

Aos meus queridos avós e aos pequenos João Vítor e Andressa, in Memoriam.

À minha querida Cidade de Fortaleza.

AGRADECIMENTOS

A concretização deste trabalho é literalmente mais um sonho que se torna realidade em minha vida, resultado de dedicação, trabalho, inspiração e transpiração, um conjunto de sentimentos contidos em cada página, as quais contaram com a contribuição direta e indireta de várias pessoas e instituições, as quais quero agradecer.

Agradeço à Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FUNCAP, pelo apoio financeiro concedido, fundamental para a realização da pesquisa, cujos principais resultados estão contidos neste trabalho.

À minha Universidade Federal do Ceará - UFC, que me propiciou ter e vivenciar uma belíssima profissão, da qual sempre me orgulhei, além de tornar-me uma pessoa melhor, um cidadão melhor.

Ao Programa de Pós-graduação em Geografia da UFC, nas pessoas dos coordenadores Eustógio W. Correia Dantas e Christian Dennys Oliveira, ao secretário Joaquim, por todas as providenciais ajudas nos trâmites burocráticos.

À professora Vanda Claudino-Sales, que não foi peça-chave apenas na elaboração desse trabalho, mas também durante toda minha vida acadêmica, ao ser um exemplo vivo e atuante de profissional séria, competente e ética em todas as esferas. Muito obrigado.

Aos professores que aceitaram e se dispuseram a contribuir com este trabalho nas bancas de qualificação e defesa, na disponibilidade de materiais e pela acessibilidade para pequenas entrevistas que me ajudaram bastante ao longo desses últimos dois anos: Professores Jean-Pierre Peulvast, César Ulisses Veríssimo (obrigado também pela carta de Fortaleza), (querida) Marta Celina Linhares Sales e Luís Parente Maia.

Aos professores do Departamento de Geografia que, sob as mais diferentes formas, também contribuíram: (inigualável) José Borzacchiello da Silva, Raimundo Castelo de Melo, Eliza Zanella, Paulo Thiêrs (obrigado pela disponibilidade dos programas e dicas), Jeovah Meireles, Maria Salete de Souza, Clélia Lustosa da Costa e Andréa Panizza.

Aos sempre prestativos e atenciosos funcionários do Departamento de Geografia, Evaldo Maia, D. Mazé, D. Sandra, Evaldo Fernandes, Denise e Adir.

Aos colegas de LAGECO – Laboratório de Geomorfologia Ambiental, Costeira e Continental, Alex, Elizângela, Geísa, Lourdes, Beto, Alcione, Pâmela, Renata e Nataniel, que construíram conosco esse espaço tão cheio de boas lembranças e notável convivência acadêmica.

Aos colegas de Mestrado que através de dicas e conselhos me ajudaram a entrar, cursar as disciplinas, desenvolver a dissertação e, principalmente, sair do mestrado dentro dos prazos estabelecidos, Alexandre Queiroz, Abraão Levi, Rúbson Maia, Marcelo Moura (monstro!), Ana Maria (obrigado pelos programas), Bárbara Kelly, Ana Karina, Bruna Delfino, Alexandre Sabino, Ilaina Damasceno, Mariana Mendes, Gessivaldo Regino, Suéllen Cunha (não desista!) e João Saraiva Júnior (valeu pela força nos trabalhos de campo).

Às seguintes instituições: CPRM, nas pessoas do Geólogo José Alberto e da Secretária Francisca Giovania, pelos dados e perfis de sondagens; à Superintendência estadual do Meio ambiente do Estado do Ceará – SEMACE; à senhora Amélia e ao Engenheiro Civil Gérson Martins da Gemam / CAGECE; aos funcionários das bibliotecas Central, do Centro de Humanidades e do Departamento de Arquitetura da UFC; ao Instituto geográfico e Histórico do Ceará; à FUNCEME, muito obrigado pelos materiais e pelo apoio concedido.

Ao pesquisador Nirez, pela cessão de diversas fotos tão representativas para este trabalho e para a reflexão dos rumos que estamos tomando, do quer era Fortaleza e o que é a cidade hoje, que tipo de futuro estamos semeando?

À engenheira Tereza Raquel pela fundamental ajuda na aprendizagem do software Autocad Map 2000, com o qual elaborei os mapas deste trabalho.

Aos geólogos Tadeu Dote Sá e Lucinaura Diógenes (GEOCONSULT) pelas inestimáveis contribuições de ordem cartográfica e pelos dados climáticos; Verusca Cabral e Thiago Mafra pelas dicas cartográficas, Orlando Silva e Silvânia Magalhães pelas observações geológicas; Tiago Silva pelas dicas de edição. Um abraço para todos que fazem essa empresa.

Aos queridos amigos (acharam que não iam ser citados?), os quais quero levar por toda a minha vida: graaaande Anatarino Torres (Tatá de Pindoretama), amigo de todas as horas, François Bétard, exemplo de dedicação e seriedade, “los estudantes” Wesley Rocha, Diogo Duarte e Elger Santiago. Obrigado pessoal.

À minha Turma da graduação: Katiane Maciel, Anna Érika, Nayara Moura e Danielle Rodrigues (mestres e futuras mestres), Flaviana, Deise, Leônia, João, Edlano, Élder, Valmir, Vítor, Márcia. Nos vemos por aí...

À minha incrível família, por todo o apoio, principalmente, na compreensão e respeito da minha ausência que, às vezes, durou por várias semanas. Tia Dadá e tia Bibi, meus tios Campos, Cecília, Ceci, Mateus, Célis, Helena e Gaudêncio, meus primos-irmãos Zé Filho, Mateus, Fernando, Moura, Eugênio, Marta, Magda, Márcia, Marciana, Ione e Kátia, e seus correlatos esposos e esposas. Ila, Dalva. Abraços saudosos a todos!

D. Socorro, Sr. Humberto, Humberto Filho e Cecília, família Aguiar e postulantes a entrar na família (Ricardo Bahia, Alexandre e Ribamar). Abraços!

Aos meus pais, Sr. João Bôsko e D. Francisca Martins, pelo incondicional apoio. Amo vocês. Essa conquista é nossa.

À pessoa mais fascinante, incrível e cativante que já conheci, Mônica Virna, com quem quero muito viver o resto da minha vida e fazê-la a mulher mais feliz do mundo, porque a mais linda, você já é! Obrigado por tudo meu amor...

À Deus, por mais este dia.

*Cada braça de caminho
Um soluço de saudade
Toda vereda de roça
Vai descambar na cidade*

*E a gente fica sereno
Desconhecendo o destino
E com um sorriso besta
De quem sabe onde chegar*

*Em cada prédio ou palmeira
Luz de neon ou luar
Elevador, capoeira
A gente vai se assustar*

*Mas faz de conta que sabe
Que tem um canto da estrada
Chamado estaca zero
Onde a gente pode dizer
O rumo que quer tomar*

*Trechos de “Estaca Zero”
(Ednardo e Climério)*

RESUMO

O Sítio Natural de Fortaleza, apesar dos atuais padrões de uso e ocupação, ainda apresenta uma significativa diversidade de elementos constitutivos, os quais foram abordados neste trabalho sob uma análise geomorfológica que se inicia no longo termo e alcança os dias atuais. Este texto objetiva essencialmente abordar os principais aspectos da gênese e evolução geomorfológica do sítio natural onde atualmente se situa e se desenvolve a cidade de Fortaleza, capital do Estado do Ceará, Nordeste do Brasil, tendo como elemento norteador e teórico o Princípio do Atualismo, associado a um conjunto de técnicas que permitiram o desenvolvimento das análises acerca do tema pesquisado. Ao longo da dissertação, dividida em três partes, além de apresentar uma caracterização natural da cidade de Fortaleza e discutir a ciência geomorfológica e o Princípio do Atualismo, tratamos dos principais elementos da evolução morfoestrutural da área ao longo do Cretáceo, bem como dos períodos Terciário e Quaternário da Era Cenozóica e seus eventos intrínsecos, eventos estes, essenciais para o início da configuração atual do meio físico analisado. Com relação aos aspectos mais recentes da evolução geomorfológica analisada, discutimos os relevos presentes no sítio natural de Fortaleza, com caracterizações e análises mais verticalizadas, bem como da participação, condicionante e condicionada, desses relevos na dinâmica atual. Finalizando o trabalho, analisamos o principal processo de degradação da paisagem analisada, o processo de urbanização de Fortaleza, com a expansão da malha urbana e seus períodos mais significativos, citando suas causas, as direções dessa expansão e, principalmente, os elementos da paisagem alterados pela urbanização, bem como, os processos de degradação ambiental presentes no cotidiano da cidade no século XXI. Os resultados obtidos puderam apontar as feições geomorfológicas resultantes dos processos morfoestruturais de idade Cretácea e ainda presentes na paisagem, bem como sua influência para os processos posteriores. Além disso, apresentamos uma hipótese evolutiva para a deposição da Formação Barreiras ao longo do Terciário na área em tela, bem como uma proposta de um possível paleo-curso do rio Cocó, principal rio da cidade de Fortaleza, o qual teria sido alterado ao longo do Quaternário até alcançar suas características atuais. Com base no mapeamento realizado e analisado, propomos uma classificação para as lagoas ainda presentes e que constituem o sítio natural de Fortaleza. Por fim, apresentamos as principais características morfológica da cidade, bem como o estágio atual dos relevos da cidade e seu mútuo inter-relacionamento. Finalizando, analisamos a influência do processo de urbanização na degradação dessas feições, os fatores e os efeitos da pressão exercida pelo meio antrópico sobre o sítio natural, a preocupação com os rumos desse processo, a necessidade de se pensar e repensar este quadro, bem como, a importância de se conhecer esse sítio natural, esse meio físico tão presente no cotidiano de todos os cidadãos e, ao mesmo tempo, ignorado e/ou desconhecido na sua essência e dinâmica.

Palavras-chave: Evolução Geomorfológica, Sítio Natural, Fortaleza/Ceará.

ABSTRACT

The natural site of Fortaleza city, despite of the present standards of use and occupation of the soil, still presents a significant natural diversity, which were approached in this work under a geomorphological analysis that is initiated in the geological long term and achieves in the present days. The objectives of the work are the main aspects of the geomorphological genesis and evolution of the natural site of the city of Fortaleza, capital of the State of Ceará, Northeast of Brazil, having as theoretical support the Principle of Actualism, associated to an assembly of techniques that permitted the development of the analyses about the subject researched. The work, divided in three part, besides presenting a natural characterization of the city of Fortaleza, highlights the main elements of the morphostructural evolution of the area during the Cretaceous, the Quaternary and Tertiary periods and its inherent events. Regarding the most recent aspects of the geomorphological evolution, we discuss the present reliefs of the natural site of Fortaleza, with characterizations and vertical analyses, as well as the role of these reliefs in the present dynamics. Finalizing the research, we analyze the main process of environmental degradation of the landscape associated to the more significant urban development of Fortaleza, as well as the consequences of the environmental degradation for the routine one of the city in the century XXI. The results obtained could indicated the geomorphological features resultant of the action of geomorphological process during the Cretaceous still presents in the landscape, as well as its influence in the subsequent geomorphological evolution. Besides, we present a hypothesis of evolution for the deposition of the Barreiras Formation during the Tertiary, as well as a proposal of a possible paleo-valley of Cocó River, the main river of the city, which would have been changed during the Quaternary until achieve its present characteristics. On the basis of the mapping carried out and analyzed, we also propose a classification for the ponds that characterized the natural site of Fortaleza. Finally, we present the main morphological characteristics of the city, as well as the present situation of its reliefs. Finalizing, we analyze the influence of the process of development in the degradation of those features, the factors and the effects of the pressure exercised by the society, the worry about the way this situation is developing, the need of thinking and rethinking these conditions, as well as the importance of the natural site of the city, not well known to their citizens, in its essence and dynamics.

Key-words: Geomorphological Evolution, Natural Sites, Fortaleza city, Ceará.

RESUMÉ

Le site naturel de la ville de Fortaleza, malgré des conditions actuelles d'usage et d'occupation du sol, présente une diversité naturelle significative, qui a été approchée dans ce travail sous une analyse géomorphologique qui a débuté du long terme et atteint le Présent. Les objectifs ont été les aspects principaux de la genèse géomorphologique et l'évolution du site naturel de la ville de Fortaleza, la capitale de l'Etat de Ceará, le Nord-est de Brésil, ayant comme soutien théorique le Principe d'Actualism, associé à une assemblée de techniques qui ont permis le développement de l'analyse du sujet étudié. Le travail, divisé en trois parties, outre présenter une caractérisation naturelle de la ville de Fortaleza, souligne les éléments principaux de l'évolution morphostructural du secteur pendant le Crétacé, les périodes Quaternaires et Tertiaires, et ses événements inhérents. En ce qui concerne les aspects les plus récents de l'évolution géomorphologique, nous discutons les reliefs présents dans le site naturel de Fortaleza, avec les caractérisations et une analyse verticale, de même que le rôle de ces reliefs dans la dynamique présente. Finalisant la recherche, nous analysons le processus principal de dégradation écologique du paysage associé au développement urbain de Fortaleza, de même que les conséquences de la dégradation écologique pour la routine de la ville dans le XXI^e siècle. Les résultats obtenus ont indiqué que les formes résultantes de l'action des processus géomorphologiques pendant le Crétacé dans le paysage, de même que son influence dans l'évolution géomorphologique subséquente. En plus, nous présentons une hypothèse d'évolution de la déposition de la Formation de Barreiras pendant le Tertiaire, ainsi qu'une proposition d'une possible paleo-vallée de la rivière Cocó, la principale de la ville, qui aurait été changée pendant le Quaternaire jusqu'à ce qu'elle atteigne ses caractéristiques présentes. En se basant sur la cartographie effectuée et analysée, nous proposons aussi une classification pour les étangs qui caractérisent le site naturel de Fortaleza. Enfin, nous présentons les caractéristiques morphologiques principales de la ville, de même que la situation présente de son relief. Finalisant, nous analysons l'influence du processus de développement urbain dans la dégradation de ces caractéristiques, les facteurs et les effets de la pression exercée par la société, l'inquiétude à propos de la façon dont cette situation se développe, le besoin de réflexion sur ces conditions, de même que l'importance du site naturel de la ville, pas bien connu encore, à leurs citoyens, dans son essence et sa dynamique.

Mots-clé : Géomorphologique Évolution, Site Naturel, Fortaleza ville / Ceará.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

1. Mapa de localização da Cidade de Fortaleza / CE	26
2. Tabela de Crescimento da População de Fortaleza (1890–2007).....	27
3. Gráfico do Crescimento da População de Fortaleza (1890–2007)	28
4. Mapa Geológico Simplificado da Cidade de Fortaleza	32
5. Fotografia Aérea da Planície Flúvio-Marinha do rio Ceará	37
6. Mapa do Ceará com os Lineamentos Estruturais e as Zonas de Falha.....	38
7. Mapa Geomorfológico da Cidade de Fortaleza.....	41
8. Imagem de Satélite mostrando a Zona de Convergência Intertropical – ZCIT.....	46
9. Imagem de Satélite mostrando o ponto de máxima atividade da ZCIT	46
10. Imagem de satélite mostrando o posicionamento de uma Frente Fria	47
11. Imagem de Satélite dos VCAN no Nordeste Oriental.....	48
12. Imagem de Satélite dos VCAN no Ceará.....	48
13. Imagem de Satélite de uma Linha de Instabilidade.....	49
14. Imagem de Satélite dos Complexos Convectivos de Mesoescala, atuando no Estado do Ceará.....	49
15. Imagem de Satélite dos CCMs – atuando sobre Fortaleza	49
16. Imagem de Satélite das Ondas de Leste	50
17. Mapa dos Tipos Climáticos do Estado do Ceará.....	53
18. Mapa das Precipitações Médias do Estado do Ceará	53
19. Mapa das Temperaturas Médias do Estado do Ceará.....	53
20. Tabela Principais Registros da Estação Meteorológica de Fortaleza - Valores Médios (1974-2007)	54
21. Mapa das Bacias Hidrográficas de Fortaleza	59
22. Mapa Urbano-hidrográfico de Fortaleza	61
23. Mapa de Tipologia de Solos de Fortaleza	64
24. Mapa da Cobertura Vegetal de Fortaleza	70
25. James Hutton	79
26. John Playfair.....	79
27. Charles Lyell	80
28. Capa do Livro “Principles of Geology”	80
29. Pangea e sua subdivisão: Laurásia e Gondwana	89
30. Final da Conexão entre Brasil e África	93

31. Mapa do Nordeste Brasileiro e Bacias Sedimentares.....	94
32. Tabela Geo-Cronológica - Pré-Cambriano ao Mesozóico Inferior	96
33. Foto da Ponta do Mucuripe	100
34. Mapa do Anfi-teatro da Porção Norte do Nordeste	101
35. Mapa das Principais Zonas de Falha do Nordeste Setentrional.....	103
36. Mapa das Principais Ocorrências de Magmatismo Pós-Paleozóico no NE	106
37. Mapa da Atividade Ígnea Pós-paleozóica do NE Oriental.....	107
38. Lineamento dos <i>Hot Spots</i> na margem equatorial do Nordeste brasileiro	108
39. Desenho-Esquemático da Flexura Marginal	111
40. Quadro-Síntese das Características Litológicas da Formação Barreiras.....	115
41. Coluna Estratigráfica da Bacia Sedimentar Pernambuco / Paraíba.....	117
42. Quadro-Síntese das Concepções sobre a Idade da Formação Barreiras.....	118
43. Mapa Faciológico da Região Costeira entre Paraíba e Pernambuco	121
44. Desenho Esquemático da Deposição da Formação Barreiras	127
45. Desenho Esquemático das Mudanças Eustáticas - litoral Leste do Brasil	129
46. Quadro-síntese dos Principais Mecanismos de Deposição da Formação Barreiras no Ceará e no restante da Região Nordeste e Região Norte	132
47. Desenho Esquemático das Etapas Depositionais da Formação Barreiras na cidade de Fortaleza	133
48. Foto do detalhe do depósito grosseiro na localidade da Lagoa de São João, encosta do Maciço de Baturité	136
49. Foto do Leito do Riacho Capitão-Mor com detalhes do material transportado e suas áreas-fonte ao fundo, respectivamente Maciço de Baturité	137
50. Foto do perfil de um terraço fluvial localizado nas encostas setentrionais do Maciço de Baturité	137
51. PRANCHA – 01: Mapa Geológico de Fortaleza, com ênfase na Formação Barreiras e Fotos dos Afloramentos da Formação Barreiras analisados	142
52. Foto Panorâmica do afloramento da Formação Barreiras localizado próximo ao Hotel Porto d’Aldeia – setor SE de Fortaleza	143
53. Foto do Perfil de um afloramento situado às margens da BR-222, à oeste do rio Cocó – Setor sul de Fortaleza	144
54. Foto de detalhe do Perfil de um afloramento da Formação Barreiras às margens da BR-222 – Setor SO de Fortaleza.....	146
55. Perfil de Sondagem de setor da Formação Barreiras.....	147

56. Perfil de Sondagem de setor da Formação Barreiras.....	148
57. Perfil de Sondagem de setor da Formação Barreiras.....	148
58. Tabela Geocronológica do Período Plio-Pleistocênio	149
59. Tabela Geocronológica do Período Quaternário	153
60. Perfil de Sondagem - A	157
61. Perfil de Sondagem - B.....	157
62. Perfil de Sondagem - C.....	157
63. Desenho Explicativo: Setor Inter-fluvial entre o rio Cocó e o riacho Maceió	158
64. Desenho Explicativo: Setor Inter-fluvial entre o rio Cocó e o riacho Maceió com localização dos perfis de sondagem – A, B, C, D e E	159
65. Perfil de Sondagem – D.....	161
66. Perfil de Sondagem – E	161
67. Desenho Explicativo: Paleocurso do Rio Cocó.....	162
68. Mapa Geomorfológico-Urbano da Cidade de Fortaleza.....	169
69. PRANCHA – 02: Mapa Geomorfológico de Fortaleza com ênfase na Depressão Sertaneja e algumas unidades em contato, com fotos dos afloramentos analisados e suas localizações no Sítio Natural de Fortaleza.....	171
70. PRANCHA – 03: Mapa Geomorfológico de Fortaleza com ênfase nos Relevos Vulcânicos, com fotos dos afloramentos analisados e suas localizações no Sítio natural de Fortaleza	174
71. Mapa Hipsométrico da Cidade de Fortaleza.....	177
72. Foto de setor de predomínio dos tabuleiros costeiros, ao fundo a serra de Maranguape – modelada sobre as rochas granitóides do complexo granitóide-migmatítico. CE-021, setor sul de Fortaleza	178
73. Mapa Geomorfológico de Fortaleza – Classificação das Lagoas.....	181
74. PRANCHA – 04: Mapa Geomorfológico de Fortaleza com proposta de classificação das Lagoas e as fotos de lagoas de Fortaleza.....	184
75. PRANCHA – 05: Mapa Geomorfológico de Fortaleza com as Planícies Fluviais e Flúvio-Marinhas correlacionado com fotos dos rios e suas planícies em Fortaleza	186
76. Foto do rio Cocó no bairro da Aerolândia.....	187
77. Foto do rio Maranguapinho no bairro do Autran Nunes	188
78. PRANCHA – 06: Mapa Geomorfológico de Fortaleza com os setores de predomínio das Paleodunas e Dunas, associado com fotos de setores analisados	191

79. Fotografia Aérea da Região Sudeste de Fortaleza, com destaque para a duna migrando na direção do rio Pacoti	192
80. Fotografia Aérea do Morro Santa Terezinha – bairro do Vicente Pinzón, setor Nordeste de Fortaleza	193
81. Fotografia Panorâmica do Parque do Cocó	194
82. Foto de Dunas vegetadas nas proximidades do Parque do Cocó	194
83. PRANCHA – 07: Fotografia Aérea de Fortaleza associada com fotos de praias e arenitos de praia	196
84. Mapa da Evolução urbana ocorrida no século XIX.....	201
85. Mapa da Evolução urbana ocorrida no século XX.....	203
86. Mapa da Evolução urbana no século XXI.....	204
87. Mapa Geomorfológico-Topográfico de Fortaleza.....	206
88. Foto de muro de contenção construído para tentar barrar a migração da Duna da Barra do Ceará.....	208
89. Foto da Praia da Barra e, em segundo plano a Duna da Barra do Ceará, coberta por uma vegetação herbácea.....	208
90. Foto da enseada do Mucuripe, com molhes costeiros construídos para reter a ação das ondas	210
91. Foto da Praia de Iracema, na ponte dos Ingleses – Década de 1930	211
92. Foto da Praia de Iracema (2007)	212
93. Foto da Ponta do Mucuripe, no princípio da construção do Porto do Mucuripe....	212
94. Foto dos Arenitos de praia da Volta da Jurema, em 2007.....	213
95. Foto panorâmica dos Arenitos de praia da Volta da Jurema, em 1982	214
96. Fotografia aérea do Morro Santa Terezinha, 1978.....	216
97. Fotografia aérea do Morro Santa Terezinha, no ano 2000	217
98. Foto de uma lagoa extinta no bairro do Benfica.....	218
99. Mapa das Declividades da Cidade de Fortaleza	219
100. Foto aérea das margens do rio Cocó, década de 1960.....	222
101. PRANCHA 08: Fotografia Aérea de Fortaleza associada com fotos de setores da Cidade onde ocorrem Impactos Ambientais	225

SUMÁRIO

Folha de Aprovação	ii
Dedicatória	iii
Agradecimentos	iv
Epígrafe	vii
Resumo	viii
Abstract	ix
Resumé.....	x
Lista de Figuras	xi
Sumário	xv
Apresentação.....	xx

PARTE I – A PESQUISA

INTRODUÇÃO: A CIDADE DE FORTALEZA	24
1. CARACTERIZAÇÃO NATURAL DE FORTALEZA	30
1.1. A Geologia do setor: litologia, estratigrafia e estrutura básicas	31
1.1.1. Litologia e Estratigrafia	31
1.1.1.1. Complexo Granitóide-migmatítico	31
1.1.1.2. Complexo Gnáissico- migmatítico.....	33
1.1.1.3. Rochas Vulcânicas Alcalinas	33
1.1.1.4. Formação Barreiras	34
1.1.1.5. Coberturas Colúvio-eluviais	35
1.1.1.6. Depósitos Arenosos (antigos e recentes)	35
1.1.1.7. Depósitos flúvio-aluvionares.....	36
1.1.2. Geologia Estrutural	37
1.2. Caracterização Geomorfológica.....	39
1.2.1. A Depressão Sertaneja	39
1.2.2. Tabuleiros Costeiros.....	40
1.2.3. Os Relevos Vulcânicos.....	40
1.2.4. As Planícies Fluviais	42
1.2.5. As Planícies Flúvio-Marinhas.....	42

1.2.6. Paleodunas.....	43
1.2.7. Dunas	43
1.2.8. Praias Atuais	44
1.3. Regime Climático regional e local.....	44
1.3.1. A Variação Climática do Nordeste Brasileiro.....	44
1.3.2. Ceará: o quadro nordestino em uma escala ampliada.....	45
1.3.2.1. Circulação Atmosférica Regional	46
1.3.2.2. Zona de Convergência Inter-tropical	46
1.3.2.3. Frente Fria	47
1.3.2.4. Vórtice Ciclônico de Altos Níveis	48
1.3.2.5. Linhas de Instabilidade	48
1.3.2.6. Complexos Convectivos de Mesoescala	49
1.3.2.7. Ondas de Leste.....	50
1.3.2.8. El Niño	51
1.3.2.9. La Niña	51
1.3.2.10. O Quadro Climático Resultante	52
1.3.3. As Condições Climáticas de Fortaleza.....	52
1.3.4. O Clima Urbano de Fortaleza	56
1.4. A Hidrografia da área de estudo.....	57
1.4.1. Águas Superficiais	57
1.4.2. Águas Subterrâneas.....	60
1.5. As Associações de Solos de Fortaleza.....	62
1.5.1. Introdução	62
1.5.2. Neossolos Quartzarênicos	63
1.5.3. Neossolos Flúvicos	63
1.5.4. Neossolos Litólicos	65
1.5.5. Gleissolos	66
1.5.6. Planossolos Solódicos.....	67
1.5.7. Argissolos Vermelho-Amarelos	68
1.6. As Unidades fito-geográficas	69
1.6.1. O Complexo Vegetacional Litorâneo.....	71
1.6.1.1. A Vegetação dos Tabuleiros	71
1.6.1.2. Manguezais.....	72
1.6.1.3. Vegetação de Dunas.....	73

1.6.2. Mata Ciliar e Lacustre	73
2. METODOLOGIA E TÉCNICAS	75
2.1. Teoria, Historiografia e Temporalidades da Ciência Geomorfológica.	76
2.2. O Princípio do Atualismo: a Geomorfologia do curto ao longo termo.	78
2.3. Técnicas e Equipamentos utilizados	82
2.3.1 Atividades de Gabinete	83
2.3.2. Atividades de Campo	84
2.3.3. Atividades de Laboratório	85
 PARTE II – EVOLUÇÃO MORFOESTRUTURAL E MORFOLÓGICA DO SÍTIO NATURAL DE FORTALEZA 	
3. A SEPARAÇÃO CRETÁCEA DO BRASIL E DA ÁFRICA: A FORMAÇÃO DA MARGEM CONTINENTAL DE FORTALEZA.....	88
3.1. A Estrutura Pré-Cretácea.....	90
3.2. O Processo de Riftiamento Intracontinental Cariri-Potiguar	93
3.3. A Abertura transformante do Atlântico.....	98
3.4. As Heranças Cretáceas.....	101
3.5. Zonação Morfoestrutural	102
 4. TERCIÁRIO: INICIO DA CONFIGURAÇÃO ATUAL DO SÍTIO NATURAL	 105
4.1. Eventos Morfoestruturais	106
4.1.1. O Magmatismo Terciário Alcalino do Nordeste Brasileiro.....	106
4.1.1.1. A Formação Messejana e as Estruturas Vulcânicas da Região Metropolitana de Fortaleza	108
4.1.2. A Flexura Marginal.....	109
4.2. Eventos Depositionais: a Formação Barreiras	111
4.2.1. Litologia Básica.....	112
4.2.2. Idade Geológica: Datações e Parâmetros Estratigráficos.....	116
4.2.3. Mecanismos Depositionais.....	119
4.2.3.1. Região Nordeste	120
4.2.3.2. Estado do Ceará.....	126

4.2.4. Deposição no Sítio Natural de Fortaleza	133
4.2.4.1. A Concepção Evolutiva de Maia (1998)	133
4.2.4.2. As Fácies Correlatas.....	134
4.2.4.2.1. Fácies Proximal – Áreas fonte	135
4.2.4.2.2. Fácies Mediana – Coberturas Colúvio-Eluviais ...	138
4.2.4.2.3. Fácies Distal – Sítio Natural	139
4.2.4.3. Os Afloramentos Analisados	140
4.2.4.4. Os Dados das Sondagens.....	146
4.2.4.5. A Deposição	150
5. A DINÂMICA GEOMÓRFICA QUATERNÁRIA	151
5.1. Quadro Paleoclimático Quaternário.....	152
5.1.1. A Migração do Leito do rio Cocó.....	155
5.1.1.1. Os Perfis de Sondagens	156
5.1.1.2. O Paleocurso do rio Cocó.....	158
5.2. A Dinâmica Litorânea	162
PARTE III – GEOMORFOLOGIA E MEIO-AMBIENTE EM FORTALEZA	
6. A CIDADE E OS RELEVOS	167
6.1. O Setor Meridional de Fortaleza	170
6.2. Os Cumes da Cidade.....	173
6.3. O Setor Central da Cidade	176
6.4. A Beleza pontuada do Sítio Natural	179
6.4.1. As Lagoas Costeiras	180
6.4.2. As Lagoas Inter-dunares	182
6.5. De Norte a Sul: a dissecação do Modelado	185
6.6. Os Setores Nordeste e Leste de Fortaleza	190
6.7. À Beira-Mar: Setor Norte da Cidade	195
7. URBANIZAÇÃO E PROBLEMAS AMBIENTAIS	198
7.1. A expansão Urbana da Cidade.....	199
7.2. Períodos significativos da expansão urbana e cartografia evolutiva.....	200
7.3. Pressão sobre a Natureza: Fatores atuais e Problemáticas Associadas ..	204

7.3.1. A Migração das Dunas	205
7.3.2. Erosão da Linha de Costa	209
7.3.3. Degradação de Áreas de Acumulação Inundáveis	215
7.3.4. Movimentos de Massa	219
7.3.5. A Problemática sazonal: as Enchentes	220
7.3.6. Os Impactos da Mineração	221
7.3.7. Degradação Ambiental: considerações finais.....	223
8. CONCLUSÕES: FORTALEZA ONTEM, HOJE E SEMPRE	226
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	231
ANEXOS	

APRESENTAÇÃO

Esta dissertação de mestrado constitui-se como uma etapa final do Curso do Mestrado em Geografia da Universidade Federal do Ceará (UFC), na área de concentração: Dinâmica Ambiental e Territorial. Este trabalho enquadra-se na linha de pesquisa do presente programa de pós-graduação denominada: **Estudo Socioambiental da Zona Costeira**, que preconiza proceder essencialmente, dentre outros aspectos, pesquisas concernentes à dinâmica da natureza e à análise ambiental do litoral, observando mudanças, permanências e as paisagens decorrentes.

Sob orientação da Profa. Pós-Dra. Vanda Carneiro de Claudino-Sales (Geografia – UFC), intitulado: “Evolução Geomorfológica do Sítio Natural de Fortaleza, Ceará”, este texto objetiva essencialmente abordar os principais aspectos da gênese e evolução geomorfológica dos elementos constituintes do sítio natural onde atualmente se situa e se desenvolve a cidade de Fortaleza, capital do Estado do Ceará, tendo como elemento norteador e teórico o Princípio do Atualismo, associado a um conjunto de técnicas que permitiram o desenvolvimento das análises acerca do tema pesquisado.

Perfazendo o desenvolvimento dessa temática, outros objetivos e temas atrelados, compartimentados em diferentes capítulos e tópicos, também são correlacionados ao objetivo central.

Inicialmente, na primeira das três partes, intitulada: “A Pesquisa”, realiza-se uma caracterização básica da cidade de Fortaleza, dos fatores e dos efeitos da pressão exercida pelo meio antrópico sobre o sítio natural, a preocupação com os rumos desse processo, a necessidade de se pensar e repensar este quadro, bem como, a importância de se conhecer esse sítio natural, esse meio físico tão presente no cotidiano de todos os cidadãos e, ao mesmo tempo, ignorado e/ou desconhecido na sua essência e dinâmica.

Para se discutir gênese e evolução dessa natureza, como, aliás, é fundamental em todo e qualquer trabalho de caráter geográfico, foi realizada uma caracterização natural de Fortaleza, com caracterizações básicas do substrato geológico; dos elementos geomorfológicos, que são discutidos de forma pormenorizada ao longo de outros capítulos do trabalho; do regime climático, partindo da amplitude regional até alcançar aspectos do clima no âmbito específico da quarta metrópole brasileira; elementos e fisiografia das águas superficiais e subterrâneas; as associações de solos e as unidades fito-geográficas existentes (e persistentes) no contexto da cidade.

Na seqüência, apresentamos e discutimos a ciência geomorfológica e o Princípio do Atualismo, seu surgimento e desenvolvimento, seus idealizadores, além da sua importância para estudos das geociências que se proponham a abordar temáticas genéticas e evolutivas que se transcorrem num longo período de tempo com efeitos, condicionamentos e alterações no presente. Por fim, no capítulo segundo da dissertação delineamos as técnicas e os equipamentos correlatos ao Princípio do Atualismo e que foram utilizados na pesquisa.

Na segunda parte do trabalho, denominada: “Evolução Morfoestrutural e Morfológica do Sítio Natural de Fortaleza”, apresentamos e discutimos os principais elementos da evolução morfoestrutural da área ao longo do Cretáceo, passando pela estrutura geológica precedente a este período (pré-Cretáceo), o processo de riftiamento que influenciou a posterior abertura transformante do Atlântico, que culminou na separação do Nordeste do Brasil e do Oeste africano. Além disso, tratamos das heranças desses processos supracitados e uma zonação visualizada por estudiosos do tema na estrutura geológica resultante.

Posteriormente, no tempo geológico e na estrutura do trabalho, que segue essa ordem cronológica de ocorrência dos processos genéticos e evolutivos do sítio natural, discutimos os períodos Terciário e Quaternário da Era Cenozóica e seus eventos intrínsecos, eventos estes, essenciais para o início da configuração atual do meio físico analisado:

- O Magmatismo Alcalino de idade terciária, a formação geológica correlata (Formação Messejana) e os modelados resultantes desse evento presentes na paisagem (serrotes Caruru e Ancuri);
- A contínua ocorrência do mecanismo de flexura marginal que, por sua vez, contribuiu para tanto para a configuração da zona litorânea como também, dentre outros fatores, para:
- A deposição da Formação Barreiras, substrato geológico dos tabuleiros costeiros e falésias, evento e subseqüentes modelados que modificaram de maneira significativa a paisagem e, por fim,
- No Quaternário, a apresentação de um quadro paleoclimático, com variações do nível do mar, além de outros processos dinâmicos de ordem costeira e litorânea que influenciaram incisivamente na gênese dos modelados mais recentes e na modelagem das formas anteriores.

Por fim, na terceira parte do trabalho, intitulada: “Geomorfologia e Meio-ambiente em Fortaleza”, como a título induz, aborda-se, sob a análise geomorfológica, o meio-ambiente, a cidade de Fortaleza propriamente dita.

No sexto capítulo, resultado de levantamentos de campo, sobretudo, discutimos os relevos presentes no sítio natural de Fortaleza, com caracterizações e análises mais verticalizadas, bem como da participação, condicionante e condicionada, desses relevos na dinâmica atual. De forma compartimentada, tratamos cada modelado, sem ignorar sua intersecção com os demais, frisando e justificando sua importância para a composição e equilíbrio da paisagem natural da cidade.

Na seqüência, tratamos do principal processo de degradação da paisagem analisada ao longo do trabalho, o processo de urbanização de Fortaleza, com a expansão da malha urbana e seus períodos mais significativos, sem deixar de citar suas causas, as direções dessa expansão e, principalmente, os elementos da paisagem alterados pela urbanização, bem como, os processos de degradação ambiental presentes no cotidiano da cidade no século XXI.

Finalizando a dissertação, apresentamos as conclusões alcançadas nesse trabalho de pesquisa, que buscou explicar a relação de processos morfogenéticos e das suas feições correlatas com alguns dos mais notórios processos contemporâneos de uso e ocupação da cidade, seus principais padrões e mais significativos períodos de expansão urbana, bem como os principais reflexos desse quadro sobre o sítio natural de Fortaleza.

PARTE I – A PESQUISA



INTRODUÇÃO:



A CIDADE DE FORTALEZA

INTRODUÇÃO: A CIDADE DE FORTALEZA

O município de Fortaleza está localizado no setor central da zona costeira do Estado do Ceará, que por sua vez, faz parte do setor setentrional do Nordeste brasileiro. Fortaleza enquadra-se no seguinte contexto de coordenadas UTM: 9592000 e 9572000 N; e 537000 e 567000 E (fig. 01).

A cidade apresenta-se delimitada ao norte e a leste pelo Oceano Atlântico; à sudeste pelos municípios de Aquiraz e Eusébio; à oeste, pelo município de Caucaia e, por fim ao sul, pelos municípios de Itaitinga, Pacatuba e Maracanaú (fig. 01).

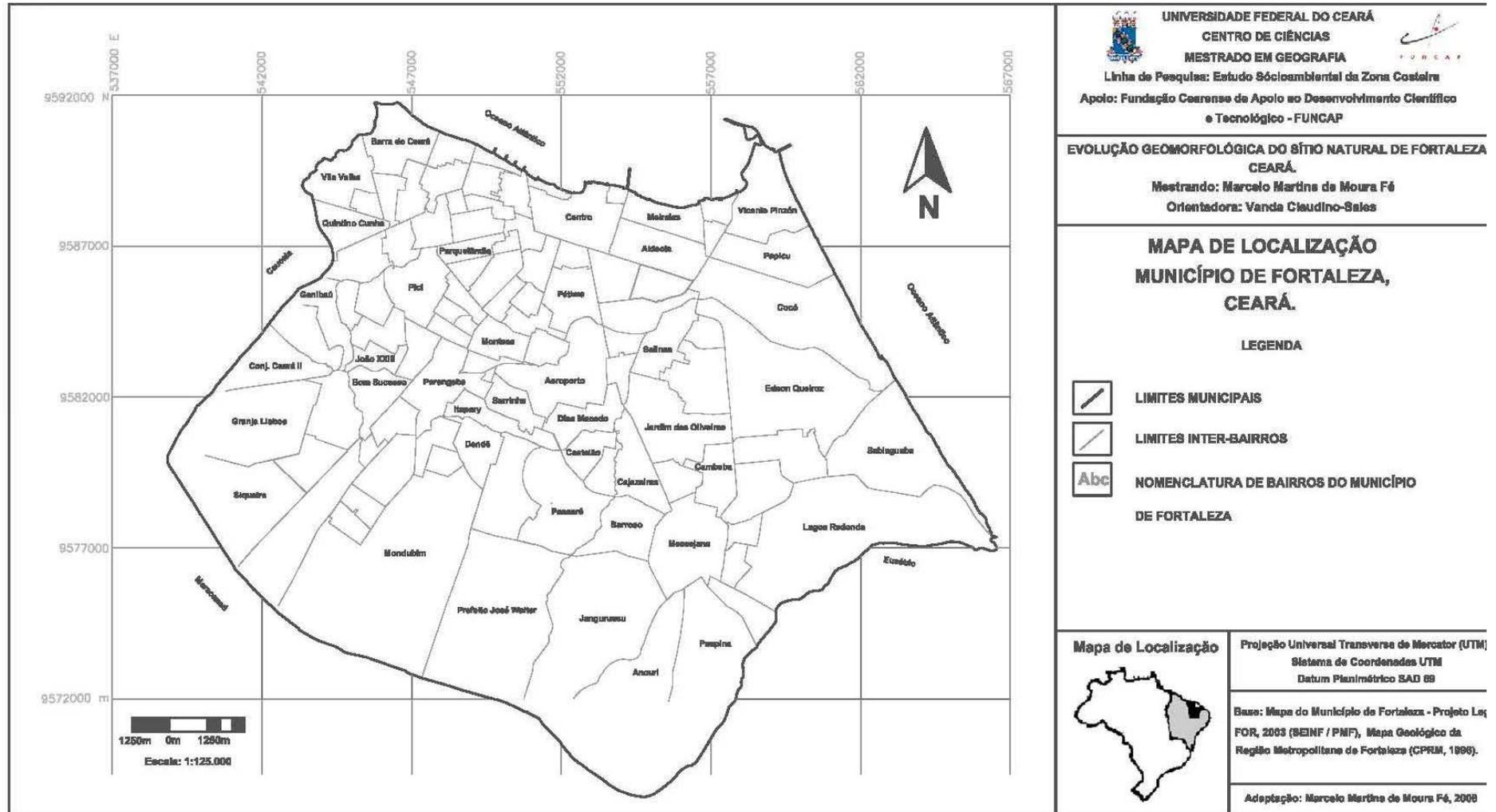
No censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística -IBGE -, no ano 2000, a população de Fortaleza era de 2.138.234 habitantes, distribuídos numa área de aproximadamente 312,4 km², derivando numa densidade demográfica de 6.838 hab/ km².

Vale ressaltar que 100% dessa população é classificada como urbana, portanto, todos moram em zona urbana e podemos considerar que o município de Fortaleza é a própria cidade. Este fato denota a pressão sofrida pelo meio natural no contexto territorial do município ao se verificar que praticamente não há mais áreas disponíveis para sua expansão, que tem ocorrido na direção de áreas que deveriam ser preservadas.

Como podemos observar na figura 02, entre 1890 e 1920, a população da cidade quase dobrou de tamanho, passando de 40.902 para 78.536 habitantes. Entre 1920 e 1940, o número de fortalezenses dobrou, passando de quase 79 mil habitantes para mais de 180 mil, isto é, um crescimento percentual de 129,4%, em apenas vinte anos.

Entre as décadas de 1940 e 1960, a cidade teve quase triplicada a sua população, saindo dos 180.165 habitantes para chegar aos 514.813. Nas duas décadas subseqüentes, entre 1960 e 1980, mais uma vez, a cidade de Fortaleza quase teve triplicada a sua população, passando de um pouco mais de meio milhão de habitantes para 1.308.919, rompendo, portanto, o número de mais de um milhão de habitantes. Não é difícil deduzir a pressão desse contingente populacional sobre o meio natural da cidade (fig. 02).

Em 1980 a população passava de 1,3 milhões de habitantes. Em 1991, apenas onze anos depois ocorreu um crescimento percentual de 34,73%, nos aproximava dos 1,8 milhão de cidadãos. Na virada do século XX para o XXI, ultrapassamos a marca dos 2 milhões de fortalezenses (fig. 02).



Porém, em pesquisa divulgada pelo IBGE em outubro de 2007 (O POVO, 2007a), Fortaleza alcançou o número de 2,43 milhões de habitantes. São 300.000 novos cidadãos, significando um crescimento percentual de 12,3% em apenas sete anos e, em virtude disso, ultrapassou Belo Horizonte, capital do Estado de Minas Gerais, e já é a quarta capital em população do país.

Ordem	Anos	População	Crescimento Intercensitário (%)
1	1890	40.902	-
2	1900	48.369	18,2
3	1920	78.536	62,2
4	1940	180.165	129,4
5	1950	270.169	49,9
6	1960	514.813	90,5
7	1970	857.980	66,6
8	1980	1.308.919	62,5
9	1991	1.763.637	34,73
10	2000	2.141.402	21,42
11	2007	2.430.000	12,3

Figura 02: Tabela de Crescimento da População da cidade de Fortaleza (1890–2007)

Como podemos observar na figura abaixo, a curva ascendente desse crescimento populacional, cada vez mais íngreme na medida em que nos aproximamos dos períodos mais recentes, ilustra bem os dados discutidos acima (fig. 03).

Dessa forma, percebemos que o crescimento da população não apenas se manteve constantemente positivo, mas, além disso, cresceu de forma cada vez mais intensa no decorrer do tempo. Dito de outra forma, nos períodos em que a população já se apresentava numerosamente significativa, os números do crescimento populacional só aumentavam.

O acelerado crescimento populacional verificado nas últimas décadas tem trazido inúmeros problemas relacionados ao uso e ocupação do solo da cidade, que se refletem num amplo quadro de degradação ambiental, comparável ao que ocorre em outros grandes centros populacionais do país.

O êxodo rural, que ocorre com mais intensidade nos períodos de estiagem mais prolongados, comumente denominados como “secas”, caracteriza-se como um dos principais fatores históricos a contribuir para esse crescimento da população residente em Fortaleza e na sua região metropolitana - RMF, que atrai a população residente no interior do Estado do Ceará e mesmo de cidades de estados vizinhos.

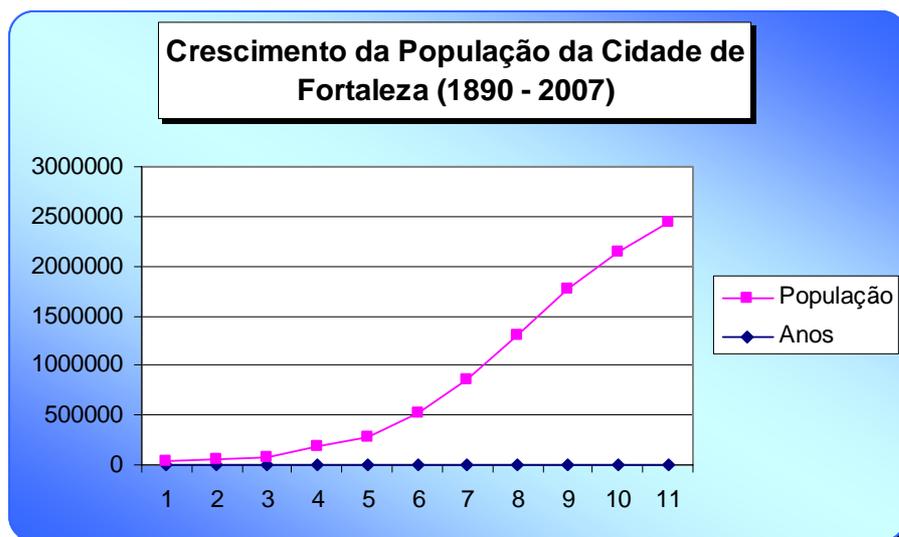


Figura 03: Gráfico do crescimento da População da cidade de Fortaleza (1890–2007)

O crescimento do contingente populacional deriva em crescimento da malha urbana da cidade, no caso de Fortaleza, a cidade não se estruturou de forma adequada para tal. A ausência de políticas consistentes de planejamento e gestão para o uso e ocupação do solo, constitui-se quase num sinônimo de degradação do quadro natural da cidade.

A expansão urbana associada, por exemplo, à falta de um programa habitacional por parte do poder público, sobretudo voltado para a população de baixa renda, fez (e faz) com que significativa parcela da população seja assentada desordenadamente, ocupando setores desvalorizados da cidade, que são tanto desprovidos de infra-estrutura básica, quanto são setores intimamente relacionados com áreas ambientalmente dinâmicas e suscetíveis à ocupação.

Assim, num processo crescente de favelização da cidade, que se distribui em terrenos geomorfologicamente instáveis, tais como: margens de rios e lagoas, planícies flúvio-marinhas e dunas, têm-se de maneira concomitante, a degradação desses ambientes naturais. Para termos uma idéia desse processo, segundo dados levantados pelo jornal O Povo junto aos órgãos oficiais, Fortaleza detém em seu território, 540 favelas que abrigam 82.771 famílias (O POVO, 2008).

Nesse quadro relativo à relação entre natureza e sociedade, temos também a atuação da especulação imobiliária, que tem participado de forma significativa para o agravamento da situação, através de loteamentos (levando para setores menos adensados da cidade a degradação do meio físico, “democratizando” as problemáticas discutidas neste trabalho), além de construções mal planejadas, estabelecidas inadequadamente tanto nas áreas

urbanas mais adensadas, quanto na faixa costeira da cidade. Os reflexos dessa urbanização sobre o sítio natural da cidade têm sido amplos e significantes.

Assim, os cenários naturais mais antigos foram sendo substituídos por uma cidade dotada de uma miscelânea de problemáticas ambientais das mais diversas ordens e escalas, derivadas em grande parte, da vertiginosa e descompassada expansão dos seus espaços urbanos, quase sempre aglutinada ao vácuo normativo gerado pela ausência de formas consistentes de planejamento público para o uso e ocupação do solo.

Da mesma forma como acontece em outras cidades, a organização do espaço urbano de Fortaleza não é derivada de uma vontade única, haja visto que diversos agentes produzem a cidade. Todavia, é indiscutível que, por sua capacidade de mobilizar grandes recursos, o principal agente produtor do espaço é o poder público (COSTA, 2005), e a este agente cabe a maior parcela de responsabilidade nos atos de gerir e organizar os espaços com vistas, prioritariamente, à melhorar os índices de qualidade de vida dos cidadãos.

Apesar do quadro supracitado, Fortaleza apresenta ainda um quadro natural relativamente diversificado. Resquícios de natureza ainda presentes na paisagem da cidade preconizam uma discussão sobre a preservação desse patrimônio natural e paisagístico.

Desta forma, parece ser evidente que não se pode tratar a zona litorânea, a zona costeira, bem como os setores mais internos da cidade, como espaços homogêneos em relação aos seus atributos naturais. O conhecimento detalhado das particularidades e características de cada um dos seus elementos naturais possibilitará, dentre outras coisas, a indicação segura de critérios para a determinação de parâmetros de suscetibilidades naturais às principais e mais abrangentes formas de uso e ocupação do solo fortalezense.

Os cenários naturais que foram modelados ao longo de milhões de anos deveriam, sem dúvida, ao invés de estarem ao alcance da especulação imobiliária, ser preservados em nome e em prol de toda a população de Fortaleza e das futuras gerações, proporcionando beleza, lazer e qualidade de vida a todos, sendo, para isso, protegidos e resguardados, minimamente, das necessidades de ampliação e estruturação urbanas contemporâneas.

CAPÍTULO 1:



**CARACTERIZAÇÃO NATURAL
DE FORTALEZA**

1. CARACTERIZAÇÃO NATURAL DE FORTALEZA

A cidade de Fortaleza situa-se no segmento litorâneo central do Estado do Ceará, no domínio da margem continental na porção setentrional do Nordeste brasileiro, que, de forma ampla, tem sua origem associada ao processo de abertura do oceano Atlântico (MATOS, 1992), que reorganizou os terrenos proterozóicos pré-existentes. As principais características naturais da área de estudo são detalhadas a seguir:

1.1. A GEOLOGIA DO SETOR: LITOLOGIA, ESTRATIGRAFIA e ESTRUTURA BÁSICAS.

1.1.1. Litologia e Estratigrafia

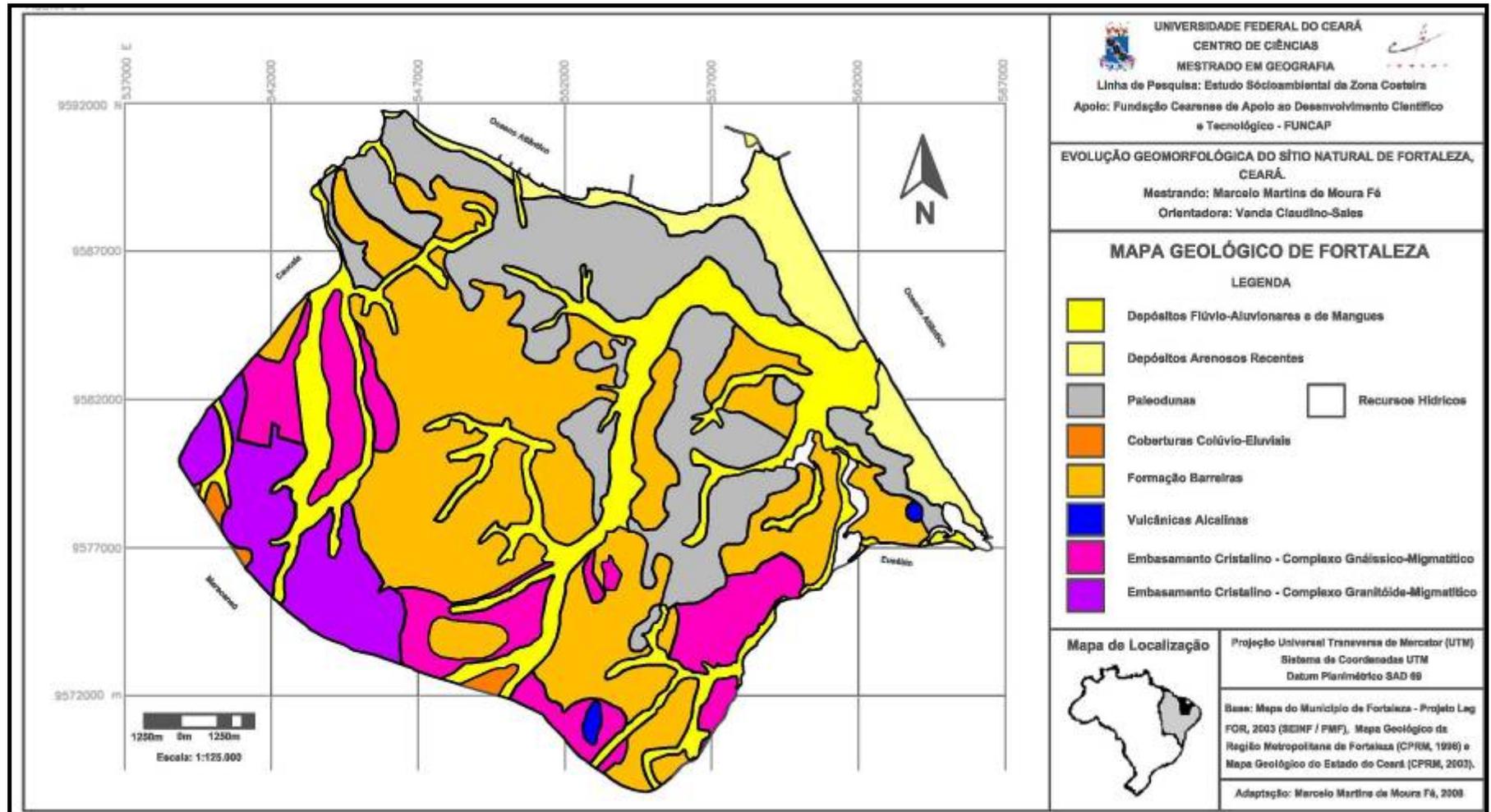
De acordo com Brandão (1994), os estudos regionais realizados ainda apresentam um caráter fragmentário no que diz respeito ao estabelecimento de uma litoestratigrafia “inquestionável” das unidades pré-cambrianas.

Na seqüência apresentamos um Mapa geológico simplificado da cidade de Fortaleza, onde apresentamos as oito principais unidades geológicas presentes. Segue abaixo a caracterização dessas unidades, tendo como principal critério para ordem de explanação, as idades geológicas, partindo das mais antigas para as mais atuais (Fig. 04). Vale frisar que todas as idades e denominações de períodos correlativos têm como base a tabela geocronológica de Foucault e Raoult, (1995).

1.1.1.1. Complexo Granitóide-migmatítico

Na porção sudoeste da cidade de Fortaleza (Fig. 04), distribuem-se rochas de natureza granitóide-migmatítica reunidas no trabalho de Brandão (1994) no Complexo Granitóide-Migmatítico, um dos dois complexos que formam o Embasamento Cristalino localmente.

Alguns autores as posicionam no período do Arqueano (entre: 3,8 e 2,5 Bilhões de anos – G.a), enquanto outros as consideram como diferenciações litológicas dentro das unidades proterozóicas (entre 2,5 G.a e 570 M.a). De qualquer forma, são as litologias mais antigas da região.



O Complexo granitóide-migmatítico exhibe-se de forma ovalada com o eixo maior orientado na direção NE-SO. Seus limites com as litologias pertencentes ao complexo gnáissico-migmatítico, situados à leste deste, não são bem definidos, devido ao forte relacionamento tectônico existente entre as duas unidades (ROBERTO, 2000).

De acordo com Brandão (1994), no contato, as rochas ortognáissicas e migmatíticas exibem estrutura planar marcante e passam, gradativamente, para litotipos amplamente homogêneos através de uma migmatização mais acentuada, culminando com a formação dos núcleos granitóides nas porções centrais do complexo.

Na região sudoeste de Fortaleza, o Complexo Granitóide-migmatítico apresenta-se dissecado pelas águas do rio Maranguapinho, além disso, detém contatos com o complexo gnáissico-migmatítico, a leste e a norte (fig. 04).

1.1.1.2. Complexo Gnáissico-Migmatítico

Neste complexo, que ocupa cerca de 75% do Estado do Ceará, constituído essencialmente de rochas gnáissicas e migmatíticas, as estruturas foram desenvolvidas sob condições de alto grau metamórfico, onde os dobramentos são complexos, segundo várias fases de redobramentos. Parte dessas considerações de aspectos deformacionais da unidade também são inerentes ao complexo Granitóide-migmatítico (ROBERTO, 2000).

As melhores exposições do complexo Gnáissico-migmatítico são observadas na porção ocidental da RMF, onde se descreve uma seqüência predominantemente paraderivada, constituída de gnaisses aluminosos, em parte migmatizados e freqüentemente intercalados por níveis quartzíticos e carbonáticos (BRANDÃO, 1995).

Embora o complexo Gnáissico-Migmatítico configure-se como a área de maior abrangência da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), no que diz respeito a Fortaleza, este complexo se apresenta como manchas situadas ao sul da cidade desconectadas entre si, principalmente pela erosão proporcionada pela rede de drenagens, sobretudo no setor sul-sudeste, onde provavelmente o trabalho erosivo do rio Cocó facilitou a exposição das rochas desse complexo (fig. 04).

1.1.1.3. Rochas Vulcânicas Alcalinas

As rochas Vulcânicas Alcalinas (Terciário Inferior), localmente sob a forma de *necks* e diques, constituem uma província petrográfica geneticamente associada ao vulcanismo terciário do arquipélago de Fernando de Noronha (ALMEIDA, 1958). Segundo

Roberto (2000), são litotipos classificados, predominantemente, como fonólitos e traquitos, mostrando coloração cinza-esverdeada, com pórfiros milimétricos de feldspato envolvidos por uma matriz afanítica.

As principais ocorrências recebem denominações locais, como os serrotes Pão de Açúcar, Japapara e Salgadinho (situados no município de Caucaia), morro do Caruru e Ancuri dentre outros, sobressaindo-se topograficamente como elevações circulares e elipsoidais, algumas com formas características de cones vulcânicos. Na RMF foram cartografados onze corpos sob a forma de *necks* ou *plugs* (BRANDÃO, 1994).

1.1.1.4. Formação Barreiras

Esta formação geológica se distribui como uma faixa de largura variável acompanhando a linha de costa, situadas à retaguarda dos sedimentos eólicos antigos e atuais, como bem podemos observar no mapa já apresentado (fig. 04).

São depósitos compostos de sedimentos areno-argilosos e arenosos, dotadas de uma certa complexidade de fácies sedimentares, às vezes com presença de conglomerados em proporções variadas, sobrepostos diretamente ao embasamento cristalino e em pequenos trechos sobre rochas do cretáceo, como ocorrem pontualmente na bacia potiguar, no setor leste do Estado do Ceará (NASCIMENTO et al., 1981; MOREIRA e GATTO, 1981; CASTRO, 1989; CLAUDINO-SALES, 2002).

Sua espessura parece ser também bastante variável em função do seu relacionamento com a superfície irregular do embasamento, sobre o qual repousa em discordância erosiva, aprofundando-se em direção à costa, onde encontra-se sotoposta aos sedimentos eólicos que constituem as paleodunas (SOUZA, 1988).

De acordo com Suguio (1998), uma discordância erosiva configura-se na discordância entre camadas paralelas, isto é, com camadas inferiores sem qualquer mergulho em relação às superiores, separadas por uma superfície mais ou menos irregular representando uma fase erosiva ou não-deposicional de grande importância.

No conjunto das coberturas sedimentares cenozóicas, muitas vezes torna-se difícil estabelecer a separação entre esses sedimentos e a capa de intemperismo desenvolvida sobre as litologias pré-cambrianas, em alguns casos, isso só é possível quando ainda existem resquícios de estruturas metamórficas, como foliações ou fragmentos de veios de quartzo (BRANDÃO, 1994).

Da mesma forma, a distinção entre os sedimentos da formação Barreiras e os sedimentos eólicos edafizados pode constituir um problema, uma vez que em ambos os pacotes ocorrem materiais arenosos de características semelhantes, principalmente com relação ao aspecto cor, que normalmente mostra-se amarelada e/ou avermelhada.

Nesse caso, torna-se importante a análise das estruturas sedimentares, grau de selecionamento, bem como a presença de frações argilosas, mais consistentes nos sedimentos da Formação Barreiras.

A Formação Barreiras encontra-se bem mais presente, especialmente falando, na porção da cidade situada à oeste da planície fluvial do rio Cocó, pois a leste desse rio, há um maior predomínio das paleodunas, inumando a Formação Barreiras no setor (fig. 04).

1.1.1.5. Coberturas Colúvio-Eluviais

As coberturas comumente denominadas como colúvio-eluviais distribuem-se de forma reduzida na área, constituindo na forma de três manchas situadas nos limites meridionais do sítio natural (fig. 04), que se assentam sobre os litotipos pré-cambrianos, com espessuras reduzidas, segundo Brandão (1994), inferiores a 3 metros.

Segundo Morais (1980), esses depósitos são resultantes do intemperismo *in situ* das rochas subjacentes. Morfologicamente, como foi observado em campo, caracterizam-se como relevos tabulares aplainados, muitas vezes rebaixados ao nível da superfície cristalina.

1.1.1.6. Depósitos Arenosos (antigos e recentes)

Os sedimentos arenosos mais antigos correspondem, de maneira geral, a depósitos de areias de coloração clara, por vezes acinzentadas, bem classificadas, dotadas de granulação de fina a média, constituídas essencialmente de grãos de quartzo e contendo acessoriamente minerais pesados (SUGUIO, 1998). Tais sedimentos são o substrato geológico das Paleodunas.

Estes depósitos são constituídos de materiais inconsolidados, bastante porosos e permeáveis, com distribuição ao longo do litoral, marcando sua gênese marinha, que em regime de insolação elevada e escassez de chuvas, são mobilizadas pelos ventos, tanto ao longo do litoral, quanto em direção ao interior do continente, em função do sentido de incidência dos ventos; bem como por ter seus componentes transportados pela deriva litorânea (CLAUDINO-SALES, 2002).

Estes depósitos arenosos antigos ocorrem de forma mais ou menos contínua ao longo da linha de costa e à retaguarda das dunas recentes, constituindo uma faixa de largura variável com uma média de 2-4 km no litoral oeste de Fortaleza (fig. 04). Considerando as semelhanças com a fácies¹ arenosa da Formação Barreiras, a cartografia desses depósitos pode conter alguma imprecisão, estabelecendo-se, portanto, a necessidade de um maior detalhamento dessas áreas em estudos posteriores.

As espessuras dos depósitos desses materiais variam em torno de 15 metros próximo a linha de costa, encontrando-se valores altimétricos mais elevados como nas imediações da Cidade 2000, Papicú, Aldeota, Dionísio Torres, dentre outros que detalharemos mais adiante. Para o interior mostram-se rebaixadas com progressiva redução da espessura e com as formas dissipadas em algumas áreas (BRANDÃO, 1994).

Por sua vez, os depósitos arenosos mais recentes, expressos morfologicamente como dunas recentes ou móveis são formados a partir da acumulação de sedimentos removidos da face de praia pela deflação eólica e distribuem-se como um cordão contínuo, disposto paralelamente à linha de costa, possuindo uma largura média de 1–1,5 km, sobretudo, no litoral leste de Fortaleza (fig. 05).

Além das dunas, esses depósitos também constituem o substrato geológico das Praias, formando um depósito contínuo, alongado por toda a extensão da costa desde a linha de maré baixa (baixamar) até a base das dunas móveis (SOUZA, 1988).

1.1.1.7. Depósitos Flúvio-aluvionares

São representados, essencialmente, pelos depósitos de areias, cascalhos, siltes e argilas, com ou sem matérias orgânicas, compreendendo os sedimentos fluviais, lacustres ou estuarinos recentes (SUGUIO, 1998).

Segundo Brandão (1994), sobre os terrenos cristalinos, os cursos d'água mostram-se frequentemente, controlados por fraturas e falhas, exibindo longos trechos retelinizados, como por exemplo, o médio curso do rio Cocó. Nessas áreas os depósitos constituem faixas estreitas, mormente formadas por sedimentos de granulometria grossa, ao longo dos canais ativos, enquanto nas planícies de inundação apresentam uma constituição mais fina.

¹ Fácies é definida por Suguio (1998) como parte de um corpo sedimentar que se distingue das demais pelas suas características litológicas definidas pelas condições ambientais.

Sobre as coberturas sedimentares, os rios e riachos formam depósitos mais possantes, provenientes do retrabalhamento da formação Barreiras e das dunas, o que resulta em acumulação predominantemente constituídas por areias finas, siltes e argilas (SUGUIO, 1998). Nos ambientes estuarinos ou de planícies flúvio-marinhas formam-se depósitos síltico-argilosos, ricos em matéria orgânica, que sustentam uma vegetação de mangue. Destaca-se na cidade de Fortaleza as áreas de mangues associadas aos rios Cocó, Ceará, sobretudo na sua margem oeste (fig. 05) e do rio Pacoti.



Figura 05: Fotografia Aérea da Planície Flúvio-Marinha do rio Ceará (Fonte: Aerofotos Nordeste, 2002).

1.1.2. Geologia Estrutural

O arcabouço estrutural da área utilizado aqui tem como base a descrição realizada por Brandão (1994). De acordo com esse trabalho, a geologia estrutural da região metropolitana de Fortaleza, de forma geral, pode ser caracterizada por um desenvolvimento tectônico polifásico, em que descontinuidades representadas por zonas de fraturas e falhas sucederam-se às estruturas resultantes de tectônica dúctil ou plástica.

O arranjo geométrico visualizado no território cearense mostra os principais traços estruturais dispostos, preferencialmente, segundo o *trend* NE-SO e, subordinadamente, a NO-SE, OSO e NNE (fig. 06).

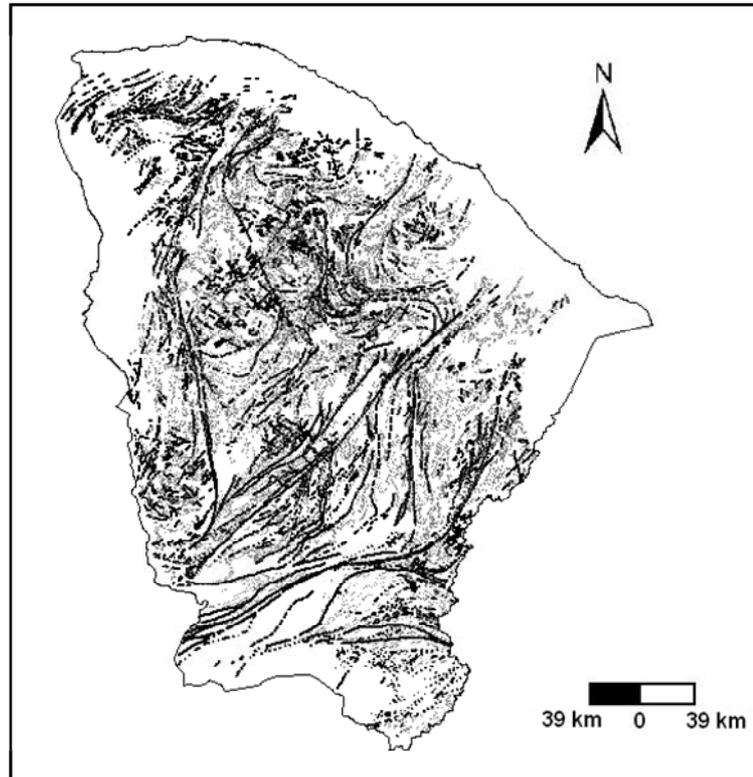


Figura 06: Mapa do Território Cearense com os Lineamentos Estruturais e as Zonas de Falha
(Adaptado de CPRM, 2003 – Marcelo Martins, 2008).

De acordo com Brandão (1994), o comportamento dúctil é impresso com mais evidência nas litologias do complexo gnáissico-migmatítico, setor sul de Fortaleza. Por outro lado, a tectônica ruptural parece ser mais expressiva nos domínios do complexo granitóide-migmatítico, setor SO da cidade de Fortaleza, em que diferenças reológicas² ou entre esta unidade e o conjunto Gnáissico-Migmatítico, resultaram em graus de deformação distintos.

A relação com o quadro regional permite, de acordo com Brandão (1994), associar as falhas e fraturas da área com a tectônica proterozóica superior-eopaleozóica, reativada ou não no Mesozóico quando do evento de instalação do oceano Atlântico. Muitas dessas

² Vale frisar que, quando tratamos de diferenças reológicas, estamos nos referindo ao comportamento das rochas sob determinadas pressões, como rigidez e plasticidade. Em suma, a reologia é a ciência que analisa esse comportamento (Guerra e Guerra, 1997).

estruturas encontram-se preenchidas por material granítico, pegmatítico e quartzoso, marcando uma importante fase de diqueamento ácido que corresponde às últimas manifestações magmáticas do ciclo Brasileiro.

A reativação mesozóica na região nordestina foi marcada por uma manifestação magmática de natureza básica sob a forma de diques associados a falhas e fraturas direcionada a leste-oeste (BRANDÃO, 1994). Na seqüência, ocorreram os processos de separação continental.

No Cenozóico processou-se outra fase de reativação tectono-magmática, vinculada a zonas de fraturas oceânicas de direção leste-oeste, que se estendem desde o arquipélago de Fernando de Noronha, prolongando-se até o interior do continente. Na área, este evento é materializado sob a forma de *necks* e diques de rochas alcalinas, de idades comprovadamente oligocênicas (BRANDÃO, 1994).

Esta reativação tectono-magmática é ilustrada em Fortaleza pela ocorrência de dois corpos de estrutura vulcânica. No entanto apesar dessa expressão cretácea, salienta-se que a cidade de Fortaleza, é fundamentalmente caracterizada pela ampla presença de coberturas sedimentares cenozóicas sobre terrenos cristalinos.

1.2. CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA

No transcorrer desse tópico apresentaremos uma conceituação geral encontrada na literatura científica sobre as unidades de paisagem encontradas em Fortaleza, sob a forma de duas justificativas: a primeira, para apresentar as principais características desses modelados, cujas informações serão relevantes para o entendimento das questões que serão discutidas adiante e, segundo, pelo mesmo fato de que as discussões mais específicas sobre os relevos na cidade serão realizadas no capítulo sexto (“A cidade e os relevos”) desse trabalho.

Na seqüência, apresentamos um Mapa Geomorfológico da Cidade de Fortaleza, onde espacializamos sete domínios geomorfológicos (fig. 07), os quais serão descritos de maneira geral na seqüência.

1.2.1. A Depressão Sertaneja

As características geomorfológicas gerais do Ceará são comumente representadas por uma extensa superfície de piso relativamente plano, elaborada por processos de pediplanação em litologias predominantemente cristalinas e sedimentares, com algumas manchas de dissecação englobadas na unidade geomorfológica da superfície Sertaneja

(MOREIRA e GATTO, 1981), ou Depressão Sertaneja (AB'SABER, 2003), ou ainda, Depressões Sertanejas (SOUZA, 1988; 1989).

Correspondendo a uma superfície de aplainamento, a Superfície Sertaneja é desenvolvida sobre as rochas cristalinas, onde o trabalho erosivo truncou indistintamente variados tipos litológicos. A morfologia da Depressão Sertaneja é representada por extensas rampas pedimentadas que se iniciam na base dos maciços residuais e se inclinam suavemente em direção aos fundos de vales e ao litoral (SOUZA, 1988; 1989). Verifica-se a predominância de uma topografia levemente ondulada nos setores ao sul de Fortaleza, onde este modelado predomina.

1.2.2. Tabuleiros Costeiros

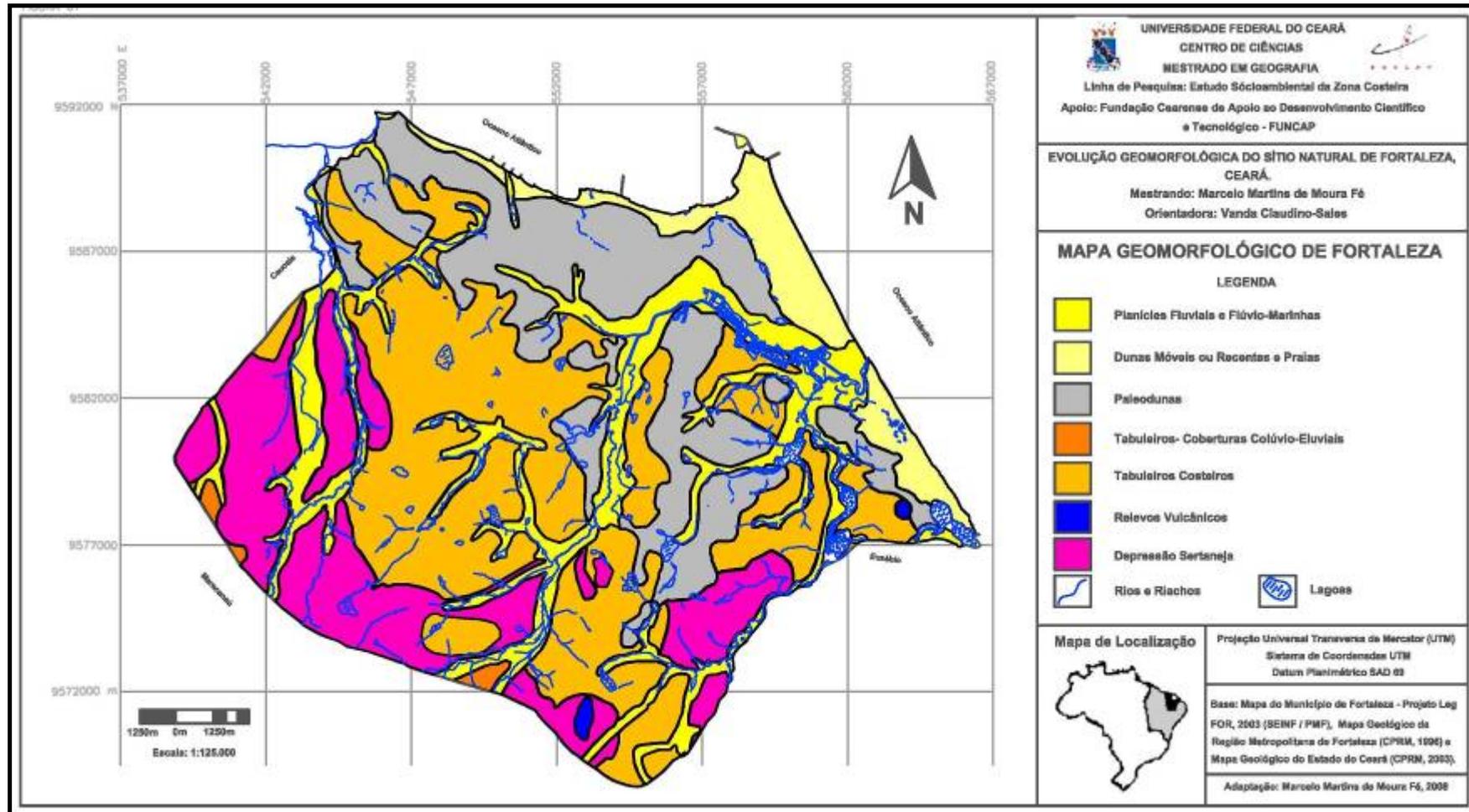
Nos setores mais centrais do sítio natural de Fortaleza temos a forma de relevo correlata à Formação Barreiras, são os tabuleiros costeiros. Estes relevos afloram também em diversos setores mais internos do continente como manchas dispersas, comprovando que a cobertura já chegou a ter uma maior abrangência espacial (SOUZA, 1989).

Em média, os tabuleiros penetram cerca de 40 km para o interior (SOUZA, 1988), mas podem chegar a 90 km em direção ao continente (CLAUDINO-SALES, 1993a). Os tabuleiros apresentam níveis altimétricos que variam desde 80 a 100 metros nas partes mais internas do continente, até o nível do mar, mergulhando sempre de maneira suave, quase imperceptível, para o litoral, com declives inferiores, ou iguais, a 5° (SOUZA, 1988).

Modelados no topo dos sedimentos da Formação Barreiras, os tabuleiros costeiros são, na verdade, formas tabulares estruturais, isto é, relevos cujo modelado expressa de forma relativamente fiel à estrutura geológica (MOREIRA e GATTO, 1981; CLAUDINO-SALES, 2002; 2005) e a forma geral como os pacotes sedimentares foram depositados.

1.2.3. Os Relevos Vulcânicos

Inseridos entre a depressão sertaneja (Ancuri) e entre os tabuleiros costeiros e as Paleodunas (Caruru) (fig. 07), temos os relevos vulcânicos. No setor sudeste da cidade, há o morro do Caruru, um relevo com um pouco mais de 60 metros, onde é desenvolvida atividade mineral há vários anos, o que o descaracterizou profundamente no que diz respeito à sua morfologia, embora apresente-se ainda, de maneira geral, na forma cônica.



No setor sul da cidade, temos o serrote do Ancuri, uma forma de relevo um pouco mais alongada, com direção predominante Norte-sul. Seu cume atinge os 115 metros de altitude.

Nesse relevo está situada a estação de tratamento da CAGECE, que fornece a água potável para o município de Fortaleza. Apesar de se encontrar um pouco mais conservado do que o morro do Caruru, o serrote do Ancuri apresenta cicatrizes em sua vertente SO em virtude uma atividade mineral que foi abandonada no local.

Estes modelados serão tratados de forma mais detalhada no capítulo 06.

1.2.4. As Planícies Fluviais

Uma planície pode ser definida como uma extensão de terreno mais ou menos plano, onde os processos de agitação ou aporte superam os de degradação ou erosão (GUERRA e GUERRA, 1997). Nas áreas de planícies, a topografia é caracterizada por apresentar superfícies pouco acidentadas, sem grandes desnivelamentos.

Dentro dessas características morfológicas básicas, dissecando e modelando as demais unidades constituintes do sítio natural, têm-se os leitos fluviais e, associados à estes, as planícies fluviais, que são formas de relevo topograficamente rebaixadas.

No âmbito da superfície sertaneja (terrenos cristalinos), os cursos d'água formam depósitos aluvionares estreitos, enquanto sobre a zona costeira, à medida em que entalham os sedimentos da Formação Barreiras, a faixa de acumulação torna-se mais expressiva. Em Fortaleza destacam-se as planícies fluviais dos rios Pacoti, Ceará e Cocó, como as mais significativas.

1.2.5. As Planícies Flúvio-marinhas

Ao se aproximarem das suas desembocaduras, os leitos fluviais passam paulatinamente a ter mais contato com o ambiente marinho, sobretudo, através das águas salgadas que avança continente adentro através das marés. Nesse contexto de baixo curso dos rios, as planícies fluviais passam a apresentar novas características, passando a serem denominadas como: planícies flúvio-marinhas.

Caracterizadas, portanto, pela ação conjunta de processos continentais e marinhos, as planícies flúvio-marinhas são ambientes criados pela deposição de sedimentos predominantemente argilosos e ricos em matéria orgânica, onde se desenvolve a vegetação de

mangue. São formadas em áreas onde se processa a mistura de água doce dos rios e lagoas, com água salgada que penetra no continente através das marés (BRANDÃO, 1995).

O resultado desta mistura proporciona a deposição de material escuro e argiloso, que aumenta a cada período de maré cheia, até gerar o ambiente favorável à instalação dos manguezais. No contexto da capital cearense destacam-se os manguezais associados aos rios Cocó, Ceará e Pacoti.

Topograficamente, ao lado da linha de costa, as planícies flúvio-marinhas são os setores mais rebaixados do sítio natural de Fortaleza, atuando tanto como setores de acumulação, como, através do trabalho erosivo das águas fluviais, um dos principais modeladores do relevo fortalezense.

1.2.6. Paleodunas

Nos setores setentrionais da cidade e à leste do rio Cocó, principalmente, onde temos setores topograficamente elevados, verificamos o predomínio geomorfológico das Paleodunas (fig. 07). Situadas à retaguarda das dunas recentes, observam-se essas gerações mais antigas de dunas, as quais apresentam o desenvolvimento de processos pedogenéticos (daí serem chamadas de dunas edafizadas), resultando na fixação de um revestimento vegetal de maior porte.

1.2.7. Dunas

Chegando à linha de costa da cidade, em pontos isolados do setor norte e, sobretudo, no setor leste-sudeste ocorrem as dunas móveis, que formam cordões quase contínuos que acompanham paralelamente a linha de costa, sendo interrompidos, vez ou outra, por planícies fluviais e flúvio-marinhas ou por promontórios constituídos por litologias mais resistentes (pontas do Mucuripe), ou ainda, pela malha urbana da cidade.

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. Quanto à morfologia, geometrias lineares são identificadas para esses depósitos, sobretudo na praia do Futuro.

1.2.8. Praias Atuais

Por fim, temos as praias atuais e, associados a estas, cordões rochosos situados paralelamente à faixa de praia ou e do rio Pacoti em seu baixo curso, denominados de arenitos de praia. 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 (SOUZA, 1988).

Corresponde a uma faixa contínua na orla marítima que é recortada pelos cursos d'água que alcançam a costa. É formada pela acumulação de sedimentos holocênicos (Quaternário) e apresentam uma estrutura de baixa inclinação definida pela interação dos agentes constituintes do processo. Esta interação resulta numa configuração morfológica predominantemente plana a suave ondulada, que se modifica nas áreas de campos de dunas e planícies de deflação, onde o relevo mostra-se mais irregular e elevado.

Os arenitos de praia são formações geológicas espacialmente configurados como cordões, que ocorrem em alguns trechos da costa de Fortaleza, constituindo corpos alongados, que normalmente afloram em dois subambientes praias: na zona de estirâncio e na zona de arrebenção (BRANDÃO, 1995).

Estas feições, associadas às dunas, estão mapeadas num mesmo conjunto, devido a escala proposta para o mapeamento geomorfológico da cidade. Este conjunto de feições se mostra como um estreito cordão ao longo da fachada norte da cidade. Por outro lado, no setor leste, ganham mais porte chegando a alcançar mais de 1,5 km de largura, embora, na média, tenham um pouco mais de 1 km ao longo desse setor do litoral de Fortaleza (fig. 07).

1.3. REGIME CLIMÁTICO REGIONAL E LOCAL

A importância do clima no contexto do meio físico se dá sob as mais diferentes formas, mas, principalmente em relação ao tipo de intemperismo predominante, às morfologias derivadas em boa parte desse predomínio e da intensidade intempérica, à participação na formação dos solos, no condicionamento direto e indireto dos recursos hídricos, sem falar no desenvolvimento dos diversos tipos de cobertura vegetal.

1.3.1. A Variação Climática do Nordeste Brasileiro

Como já frisava Silveira (1964), a maior parte da orla marítima brasileira é submetida a um clima quente e úmido. De maneira geral, toda a região costeira apresenta

temperaturas elevadas e altos índices pluviométricos. Nesse setor, os períodos secos, embora variando de intensidade e época, não são prolongados nem rigorosos.

Devido a grande extensão territorial – cerca de 1.540.827 km² -, associada a uma grande diversidade geográfica das suas feições geomorfológicas, tornam a região Nordeste do Brasil, uma região complexa sob o ponto-de-vista climatológico. Essa complexidade não se traduz em grandes diferenciações térmicas, mas sim, em uma significativa variabilidade pluviométrica que é tão peculiar à região (NIMER, 1977; 1979).

De acordo com Nimer (1977), a região Nordeste é submetida à forte radiação solar, devido ao ângulo de inclinação solar comum a todas as regiões inter-tropicais do planeta. Em virtude disso, a quantidade de calor absorvidas pelos níveis inferiores da atmosfera na região Nordeste é intensa. Com isso, as médias das temperaturas anuais são elevadas, assim como em quase todas as regiões próximas ao Equador geográfico, a região Nordeste possui médias térmicas anuais situadas entre 26 e 28°C, excluindo o litoral oriental da região e as áreas situadas acima da cota altimétrica de 200 a 250 metros (NIMER, 1977; 1979);

Se em relação à temperatura, o Nordeste apresenta certa homogeneidade espacial, o mesmo não acontece em relação à pluviosidade. De maneira geral, os índices pluviométricos se distribuem decrescendo do litoral para o interior. Esta tendência geral é uma consequência da menor influência dos ventos alísios sobre as regiões mais interiores (NIMER, 1979).

1.3.2. Ceará: O Quadro Nordestino em uma Escala Ampliada

Assim como acontece no contexto regional nordestino no qual está inserido, as condições climáticas do Estado do Ceará são muito variáveis e estão relacionadas à interação de diferentes sistemas de circulação atmosférica com os fatores geográficos.

A altitude, a disposição do relevo e a proximidade ou distância da superfície oceânica proporcionam as diferenciações dos tipos climáticos no Estado, além da grande variação espacial. Silva e Cavalcante (2004) destacam que o regime pluviométrico apresenta uma notável amplitude de variabilidade temporal, ou seja, uma variabilidade que se dispõe no decorrer do ano, caracterizando e dividindo este corte temporal em um período chuvoso curto e irregular, e um período seco muito prolongado.

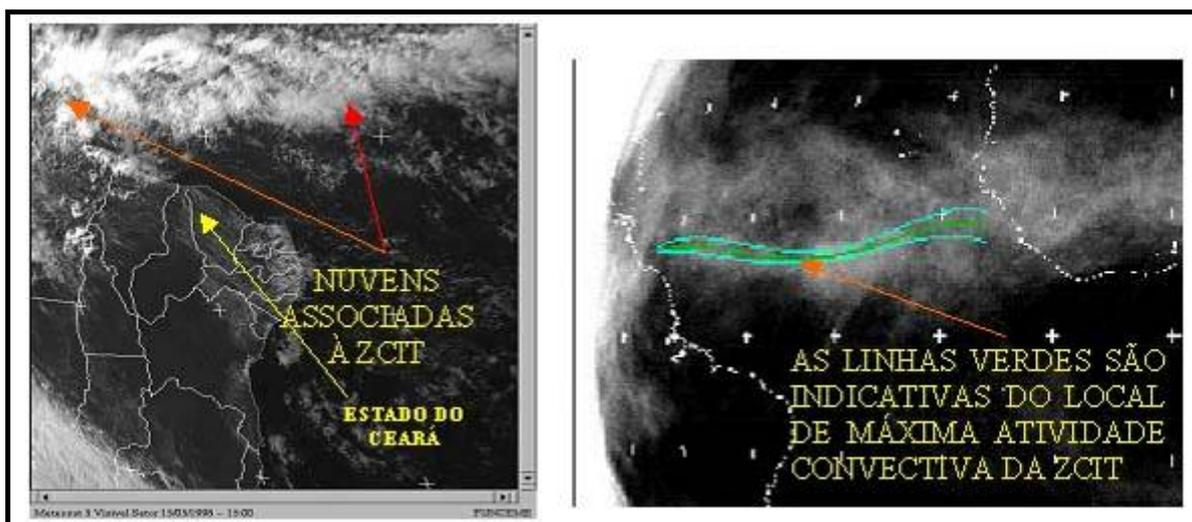
1.3.2.1. Circulação Atmosférica Regional

Este sucinto quadro discutido até aqui tem origem em, basicamente, três sistemas sinóticos geradores de precipitação que regem a circulação atmosférica no Ceará, são elas: a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), as frentes frias, com sua formação original no pólo Sul e que oscila dentro da faixa de trópicos e um Centro de Vorticidade Ciclônica, com tempo de atuação variável dentro do período de chuvas.

Além desses, outros sistemas de menor escala atuam na região, como as linhas de instabilidade formadas ao longo da costa, complexos convectivos de mesoescala, ondas de leste, bem como as influencias do El Niño e da La Niña, além das brisas marítima e terrestre que incidem com frequência na zona litorânea (CEARÁ, 1992).

1.3.2.2. Zona de Convergência Intertropical

A Zona de convergência Intertropical (ZCIT) pode ser definida como uma banda de nuvens que circunda a faixa equatorial do globo terrestre, formada principalmente pela confluência dos ventos alísios do hemisfério norte com os ventos alísios do hemisfério sul, em baixos níveis (o choque entre eles faz com que o ar quente e úmido ascenda e provoque a formação de nuvens), resultando em baixas pressões, altas temperaturas da superfície do mar, intensa atividade convectiva e precipitação (FERREIRA e MELLO, 2005) (figs. 08 e 09).



Figuras 08 e 09: Zona de Convergência Intertropical – ZCIT, mostrada através das imagens do satélite METEOSAT-7 - Fonte: FUNCEME.

A ZCIT, de acordo com Ferreira e Mello (2005), é o fator mais importante na determinação da intensidade das chuvas, sobretudo, na parte setentrional do Nordeste do

brasileiro. Normalmente, a ZCIT migra sazonalmente de sua posição mais ao norte, aproximadamente 14° N em agosto-outubro para posições mais ao sul, aproximadamente 2 a 4° S entre fevereiro a abril.

1.3.2.3. Frente Fria

Um outro importante mecanismo causador de chuvas no Nordeste do Brasil e no Estado do Ceará, de acordo com Ferreira e Mello (2005), está ligado à penetração de frentes frias até as latitudes tropicais entre os meses de novembro e janeiro.

As frentes frias são bandas de nuvens organizadas que se formam na região de confluência entre uma massa de ar frio (mais densa) com uma massa de quente (menos densa) (fig. 10). A massa de ar frio penetra por baixo da quente, como uma cunha, e faz com que o ar quente e úmido suba, forme as nuvens e, conseqüentemente, as chuvas (FERREIRA e MELLO, 2005).

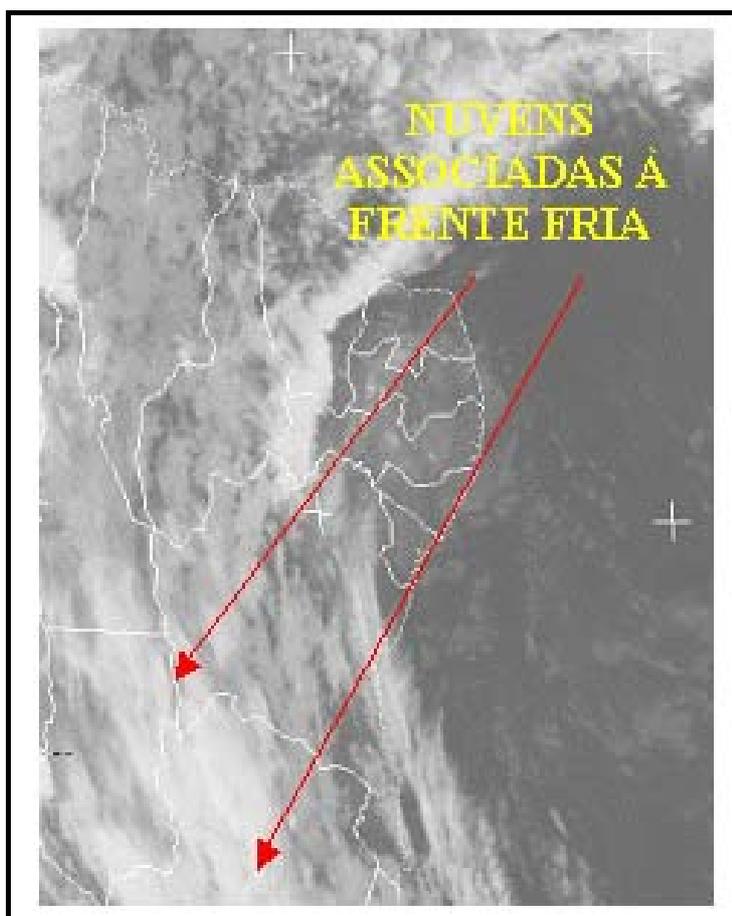
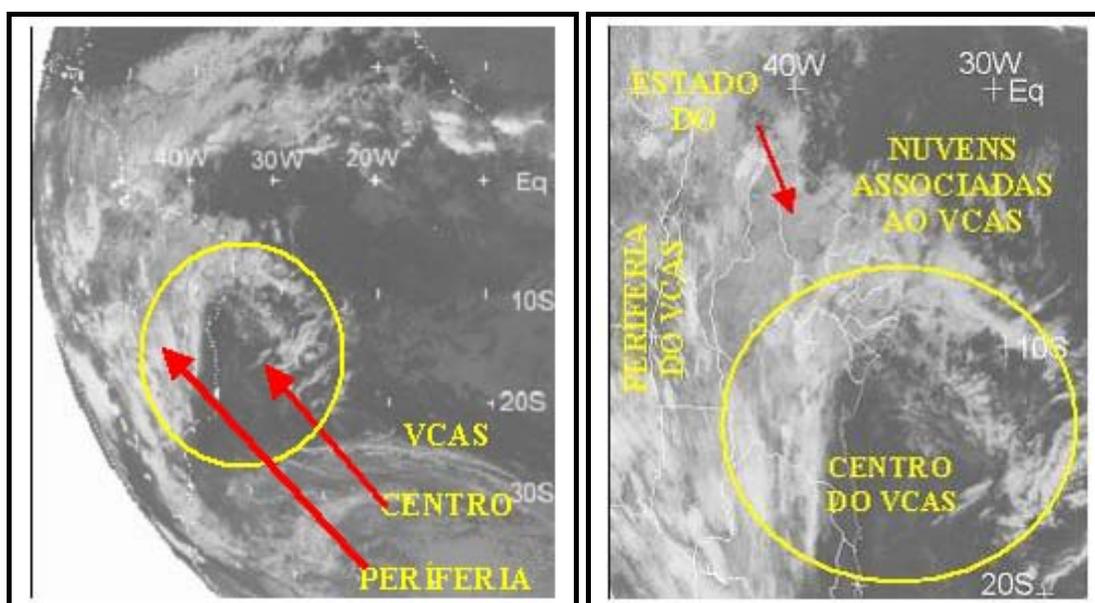


Figura 10: Imagem do satélite METEOSAT-7 mostrando o posicionamento de uma Frente Fria próxima ao sul do Estado da Bahia (Fonte: FUNCEME).

1.3.2.4. Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN)

Os VCAN que penetram na região Nordeste do Brasil formam-se no Oceano Atlântico, principalmente entre os meses de novembro e março, e sua trajetória normalmente é de leste para oeste, com maior frequência entre os meses de janeiro e fevereiro. O tempo de vida desses sistemas varia em média, entre 7 a 10 dias (FERREIRA e MELLO, 2005).

Os VCAN são um conjunto de nuvens que, observado pelas imagens de satélite (figs. 11 e 12), têm a forma aproximadamente de um círculo girando no sentido horário. Na sua periferia há formação de nuvens causadoras de chuva e no centro há movimentos de ar de cima para baixo (subsidiência), aumentando a pressão e inibindo a formação de nuvens no Ceará (FERREIRA e MELLO, 2005).



Figuras 11 e 12: Imagens do satélite METEOSAT-7, canal infra vermelho, dos VCAN (ou VCAS), atuando no Nordeste oriental brasileiro e no Estado do Ceará. Fonte: FUNCEME.

1.3.2.5. Linhas de Instabilidade

As linhas de instabilidade (fig. 13) são bandas de nuvens causadoras de chuva, normalmente do tipo cumulus, organizadas em forma de linha, daí o seu nome. Sua formação dá basicamente pelo fato de que com a grande quantidade de radiação solar incidente sobre a região tropical ocorre o desenvolvimento das nuvens cumulus, que atingem um número maior à tarde e início da noite, quando a convecção é máxima, com conseqüentes chuvas (FERREIRA e MELLO, 2005).

1.3.2.6. Complexos Convectivos de Mesoescala (CCMs)

Os CCMs (figs. 14 e 15), por sua vez, são aglomerados de nuvens que se formam devido às condições locais favoráveis como temperatura, relevo, pressão, dentre outros, e provocam chuvas fortes e de curta duração, normalmente acompanhadas de fortes rajadas de vento (FERREIRA e MELLO, 2005).

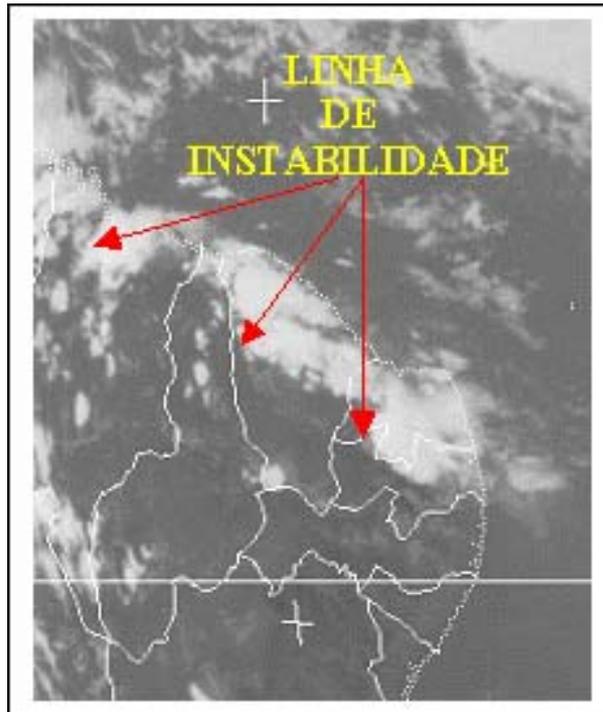
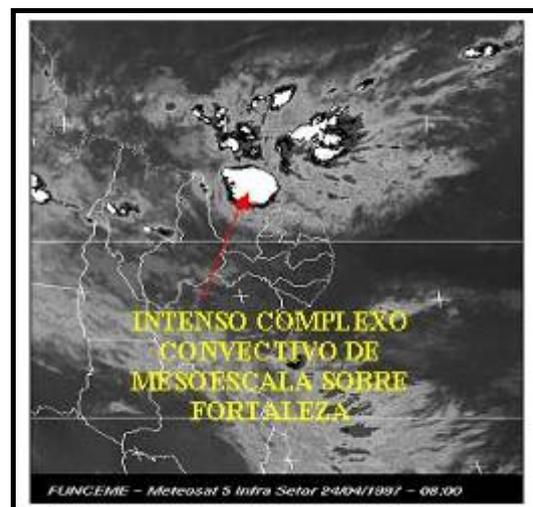
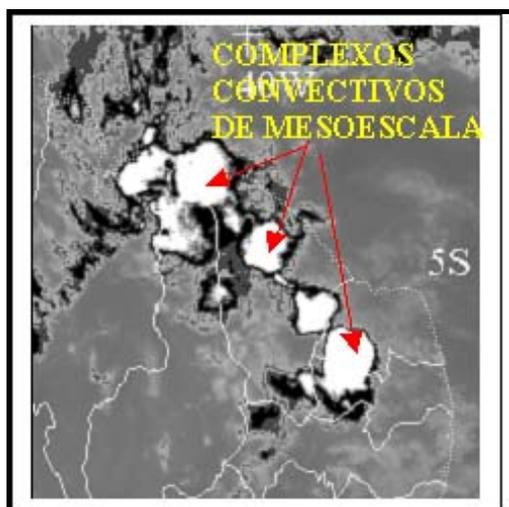


Figura 13: Imagem do satélite METEOSAT-7, mostrando uma Linha de Instabilidade desde o litoral do Estado do Maranhão até o Estado do Rio Grande do Norte. Fonte: FUNCEME.



Figuras 14 e 15: Imagem do Satélite Meteosat-7 no canal infra-vermelho: a) dia 21/01/96 às 21:00h local e b) dia 24/04/98 às 08:00h local. Fonte:FUNCEME.

Os CCM's, na região subtropical, ocorrem preferencialmente durante os meses de primavera e de verão no hemisfério sul, formando-se no período noturno com um ciclo de vida entre 10 e 20 horas. Normalmente as chuvas associadas a este fenômeno meteorológico ocorrem de forma isolada. Por exemplo, na cidade de Fortaleza, no dia 24 de abril de 1997 choveu 13 horas seguidas, totalizando 270 mm (FERREIRA e MELLO, 2005).

1.3.2.7. Ondas de Leste

As ondas de leste (fig. 16), de acordo com Ferreira e Mello (2005), são ondas que se formam no campo de pressão atmosférica, na faixa tropical do globo terrestre, na área de influência dos ventos alísios, e se deslocam de oeste para leste, ou seja, desde a costa da África até o litoral leste do Brasil.

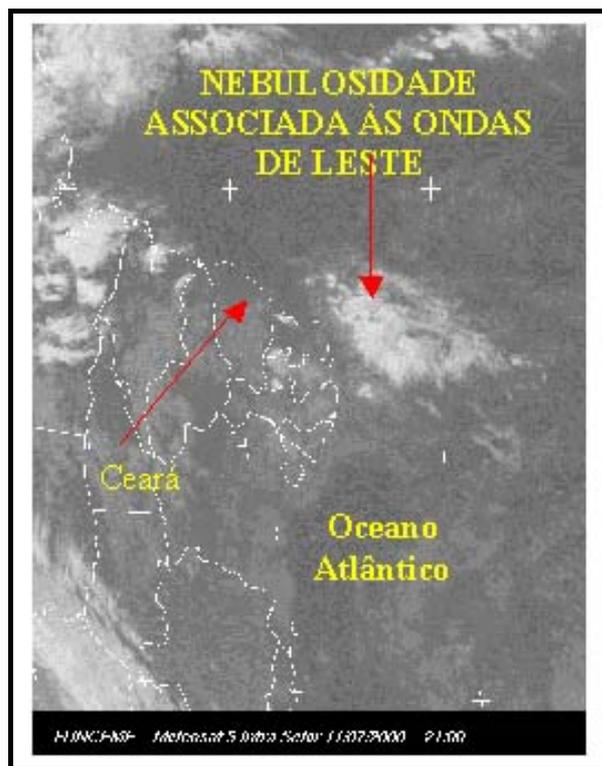


Figura 16: Imagem do Satélite Meteosat-7, mostrando nebulosidade que está se deslocando desde a costa da África até o litoral leste do Brasil. Fonte: FUNCEME.

Ele provoca chuvas principalmente na Zona da Mata que se estende desde o Recôncavo Baiano até o litoral do Rio Grande do Norte, mas, quando as condições oceânicas e atmosféricas estão favoráveis, as Ondas de Leste também provocam chuvas no Estado do

Ceará nos meses de junho, julho e agosto, principalmente na parte centro-norte do estado (FERREIRA e MELLO, 2005).

1.3.2.8. El Niño

O "El Niño" consiste no aquecimento acima do normal das águas oceânicas no setor centro-leste do Oceano Pacífico Tropical, desde a costa da América do Sul (próximo ao Peru e Equador) até aproximadamente a Linha da Data Internacional (longitude de 180 graus). Este aquecimento anormal, em geral, observa-se no mês de dezembro, ou seja, próximo do Natal (daí surgiu o nome de El Niño - o menino Jesus - dado pelos pescadores peruanos devido a época de ocorrência desse fenômeno) (FUNCEME, 2005).

Em geral, segundo informações da Funceme (2005), os episódios El Niño atingem sua maturação no mês de dezembro, possuindo um ciclo de 3 a 4 anos. Sua recorrência temporal varia de 3 a 7 anos com intervalos irregulares.

Durante a ocorrência do fenômeno El Niño as interações oceano-atmosfera de grande escala que se processam na Bacia do Pacífico Tropical, provocam modificações na circulação geral da atmosfera, isto é na Célula de Walker e, conseqüentemente, desencadeiam adversidades climáticas (secas, enchentes, temperaturas altas, etc.) em diversas regiões continentais ao redor do globo (FUNCEME, 2005).

Ainda de acordo com a Funceme (2005), sobre a Bacia do Atlântico Equatorial, incluindo o leste da Amazônia e Semi-Árido Nordeste aparece a predominância de um ramo de ar descendente que inibe a formação de nuvens. Daí tem-se a explicação física do porque o fenômeno El Niño está associado com chuvas abaixo do normal, principalmente no norte do Semi-Árido Nordeste, que inclui o Estado do Ceará.

1.3.2.9. La Niña

Quando as águas do Atlântico Norte estão mais frias que o normal, o Sistema de Alta Pressão do Atlântico Norte, também conhecido como "La Nina", e os ventos alísios de nordeste intensificam-se. Se neste mesmo período o Atlântico Sul estiver mais quente que o normal, o Sistema de Alta Pressão do Atlântico Sul e os ventos alísios de sudeste enfraquecem.

Este padrão favorece o deslocamento da ZCIT para posições mais ao Sul da linha do Equador, e é propício à ocorrência de anos normais, chuvosos ou muito chuvosos para o setor norte do Nordeste do Brasil e, portanto, para o Estado do Ceará (FUNCEME, 2005).

1.3.1.0. O Quadro Climático Resultante

Em suma, a maior ou menor atuação dos diversos mecanismos apresentados acima, principalmente, da ZCIT e do Centro de Vorticidade Ciclônica contribuem, ou mesmo condicionam, as características climáticas presentes no Estado do Ceará e, de forma geral, na cidade de Fortaleza.

Com relação aos tipos climáticos, o Ceará apresenta um amplo predomínio do clima de tipo tropical quente semi-árido (fig. 17), com algumas exceções, como o setor sul do Estado, onde temos climas mais amenos, dentre eles os climas do tipo: tropical quente semi-árido brando e tropical quente subúmido (região do Araripe) e destes dois tipos climáticos somados ao clima tropical quente úmido e tropical subquente úmido, na região noroeste, no Planalto da Ibiapaba. Estas duas exceções são condicionadas, sobretudo, pelas altitudes encontradas nas regiões de ocorrência.

Outra região que é exceção nesse contexto de predomínio do clima tropical quente semi-árido é a região litorânea do Estado, onde se insere a cidade de Fortaleza. Isso decorre, sobretudo, da proximidade do oceano.

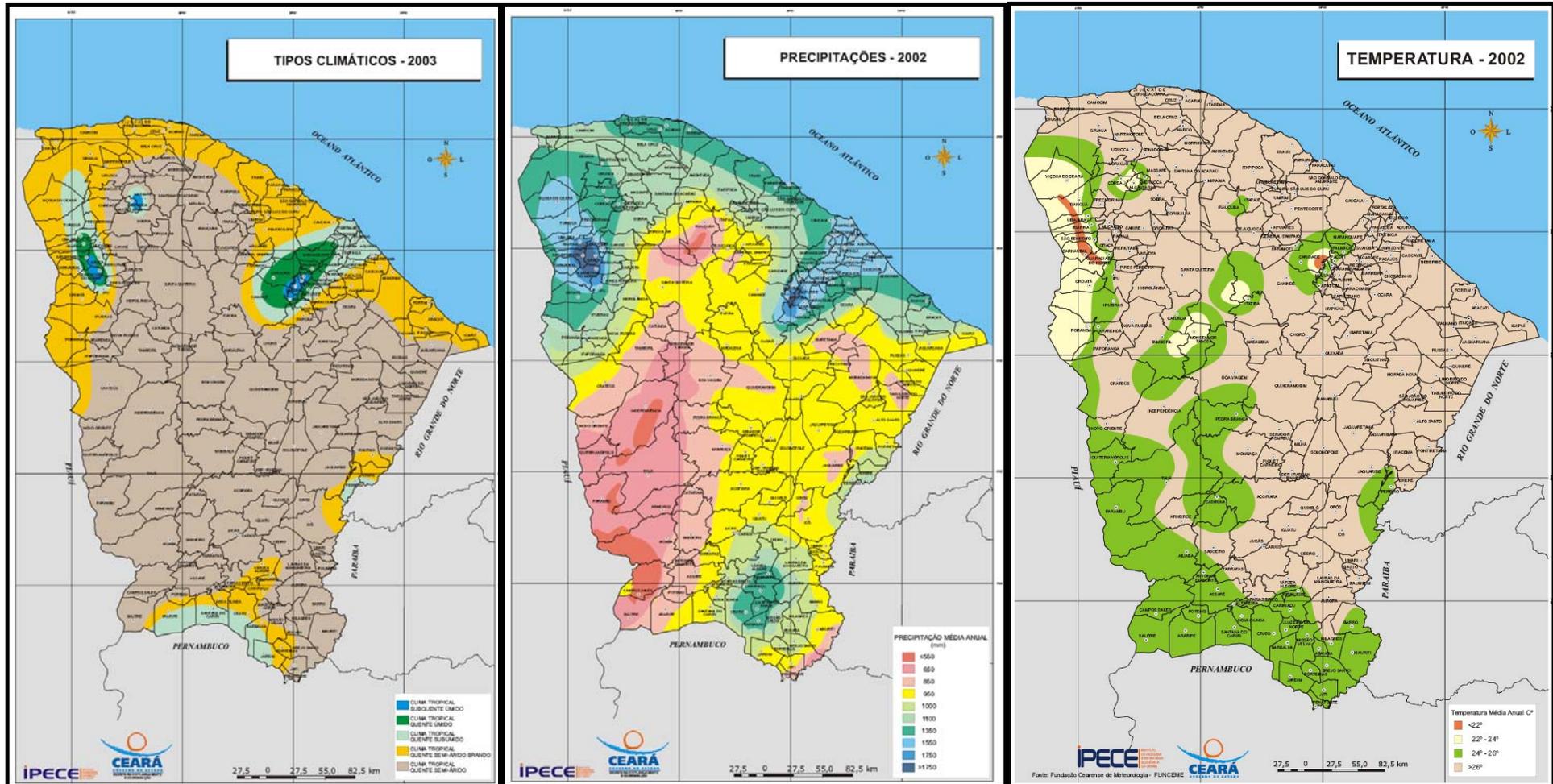
A capital cearense apresenta dois tipos de climas (fig. 17): No setor Noroeste, onde há o tropical quente semi-árido brando; no restante do município, do clima tropical quente subúmido.

Com relação às médias pluviométricas, o Estado do Ceará apresenta uma significativa variação (fig. 18), todavia, a cidade de Fortaleza apresenta, de forma geral, uma precipitação média anual em torno dos 1.55 mm (fig. 18).

Estes índices aumentam na direção sul da RMF e decaem na medida em que nos deslocamos para leste ou para oeste. Por fim, com relação às temperaturas, o Ceará apresenta no seu território, um amplo predomínio de temperaturas médias anuais em torno dos 26° e Fortaleza, como mostra o mapa abaixo (fig. 19) não foge dessa regra.

1.3.3. As Condições Climáticas de Fortaleza

Tratando de forma mais específica da cidade de Fortaleza, a Estação Meteorológica de Fortaleza, operada pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME -, representa a fonte de dados mais completa e disponível para a caracterização dos aspectos climáticos do Município de Fortaleza.



Figuras 17, 18 e 19 : Mapa dos Tipos Climáticos (IPECE, 2003); Mapa das Precipitações Médias (IPECE, 2002); e Mapa das Temperaturas Médias do Estado do Ceará do Estado do Ceará, respectivamente.

Os registros meteorológicos extraídos do banco de dados da FUNCEME consistem de uma série entre os anos de 1974 e 2007, cujos totais mensais formam a base da descrição, sendo, portanto, valores bem atualizados, denotando o comportamento climático contemporâneo dos seguintes parâmetros: precipitação, temperatura, pressão atmosférica, umidade do ar e ventos (fig. 20).

Meses	Precipitação (mm)	Umidade Relativa do Ar (%)	Temperatura do Ar (° C)	Pressão Atmosférica (hPa)	Velocidade do Vento (m/s)
Janeiro	163,7	77,4	27,7	1011,0	3,4
Fevereiro	173,9	78,4	27,4	931,1	3,0
Março	331,3	81,8	27,1	1011,9	2,5
Abril	351,5	82,5	27,0	1012,2	2,5
Maiο	197,3	80,0	27,2	1012,8	2,7
Junho	146,3	78,1	26,8	1014,8	3,0
Julho	75,1	74,9	26,7	1014,7	3,4
Agosto	20,6	71,4	26,9	1014,9	4,1
Setembro	25,7	71,4	27,2	1013,0	4,2
Outubro	4,8	71,1	27,4	1011,8	4,4
Novembro	6,1	71,9	27,8	1015,3	4,3
Dezembro	27,2	74,0	26,9	957,1	3,5

Figura 20: Principais Registros da Estação Meteorológica de Fortaleza - Valores Médios
Fonte: FUNCEME, relatório interno (1974-2004).

Com relação às precipitações pluviais, o período chuvoso no litoral cearense pode ser assumido como climaticamente anômalo. Na região do estudo, este comportamento anômalo é em grande parte explicado pela atuação dos sistemas geradores de precipitação, os quais não apresentam uma periodicidade de ocorrência bem definida.

Alguns anos caracterizam-se por uma pluviosidade excessiva, enquanto outros se apresentam de forma escassa, com situações de estiagem bastante prolongadas. A estação com maior índice pluviométrico, em geral, varia de 4 a 7 meses, seguido por um período acentuadamente seco. Em geral, o período chuvoso inicia-se no mês de janeiro, consolidando-se a partir da segunda quinzena de fevereiro, com as precipitações de maior expressão ocorrendo entre os meses de março e maio. Por outro lado, o período mais seco ocorre entre os meses de setembro a novembro.

Em termos de quadrimestre, a maior pluviosidade geralmente ocorre nos meses de fevereiro a maio, representando cerca de 69,1% do índice em consideração. No primeiro semestre, contudo, a taxa de concentração atinge um índice de 86,0% (fig. 20).

Outro importante parâmetro para caracterizarmos o clima da cidade, trata-se da Umidade Relativa do Ar. Como resultante da influência marinha e da alta taxa de evaporação a região do estudo alcança uma média mensal de 76,1% de umidade relativa do ar, com mínima mensal de 71,1% em outubro, e máxima de 82,5% em abril, apresentando oscilações segundo o regime pluviométrico (fig. 20).

De acordo com os dados da FUNCEME a distribuição mensal da umidade relativa do ar neste período, 1974-2007, apresentou valor máximo durante o mês de abril (82,5%) e mínimo no mês de outubro (71,1%) (fig. 20).

Com relação a taxa de Insolação, este parâmetro apresenta uma configuração inversa em relação à umidade relativa do ar, ao longo do ano. Isto é, menos insolação nas épocas de chuvas e mais insolação nos períodos secos. A insolação total média anual fica em torno de 2.806 horas de sol, com uma média mensal de 233,8 horas.

De acordo com as informações tomadas pela FUNCEME, à variação mensal da insolação neste período apresentou um mínimo de 165 horas, durante o mês de março, e máximo de 289,2 horas, no mês de agosto, o que vem confirmar a sua relação com a variação sazonal.

Por sua vez, o regime de ventos em Fortaleza apresenta dois padrões naturais de variação. O primeiro sazonal é definido por uma harmônica anual com mínimo em março e máximo em setembro, causada pela migração da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). O segundo padrão de variação apresenta componentes interanual, com períodos anômalos associados ao fenômeno El Niño.

Secundariamente observou-se um outro padrão de variação, diminuição progressiva da velocidade dos ventos, que está associada a alterações causadas por efeitos antrópicos. A redução que apresenta valores na ordem de 3,0 m/s, quando comparada com as estações meteorológicas localizadas na praia, está relacionada com a posição da estação da FUNCEME, localizada em uma região com forte especulação imobiliária, conseqüentemente, com aumento da densidade de construções e da verticalização das edificações.

Os registros mostram que os ventos têm velocidade mínima em domínio das precipitações quando atingem valores mínimos, próximos a 2,5m/s; evoluindo daí até setembro, outubro e novembro, quando em ausência da pluviometria, e com certeza, também da nebulosidade, atingem seus valores máximos, próximos a 5,0 m/s. Certamente que dentre

tantos anos tem-se comportamentos discrepantes, mas a variabilidade média mensal fica em torno de 3,5m/s ao ano (LIMA, 2000).

É fato que as condições climáticas na região mudam com a entrada da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), a qual dá início à estação chuvosa e, ocasionalmente, mudanças bruscas na direção dos ventos, que convergem em direção Sudeste. As velocidades destes ventos crescem de julho a novembro, atingindo o máximo em setembro e diminuindo gradativamente até o mês de março. As velocidades máximas se elevam em média a 4,5m/s no mês de setembro, as mínimas identificadas no mês de março chegam a 2,5m/s.

Além desses ventos sazonais, deve-se considerar os sistemas de brisas que atuam diariamente condicionando fortemente o clima local.

1.3.4. O Clima Urbano de Fortaleza

A cidade de Fortaleza viu sua população crescer de forma vertiginosa, como vimos anteriormente, muito em função do contínuo êxodo rural e com o estabelecimento de sua região metropolitana, em função disso, inúmeros problemas de ordem socioambiental se estabeleceram e vêm se desenvolvendo no contexto alencarino.

Dentre eles, como frisa Zanella (2006), temos as alterações de suas características climáticas. O processo de urbanização de Fortaleza e da RMF tem provocado mudanças no balanço de energia, repercutindo em modificações do clima. Vários fenômenos ligados a estas novas condições climáticas da cidade, tais como o aumento da temperatura, a poluição atmosférica, as chuvas mais intensas e as inundações passam a fazer parte do dia-a-dia da população da cidade, sobretudo, de alguns setores da sociedade, tornando-os vulneráveis aos impactos deles decorrentes (ZANELLA, 2006).

As características do quadro natural, associados ao processo de ocupação desordenada e à impermeabilização do solo, originam na cidade inúmeras áreas sujeitas a alagamentos e inundações. Os problemas acerca das enchentes serão mais pormenorizados no tópico 7.3.5.

Todavia, vale frisar de antemão que, como cita Zanella (2006), os processos de ocupação das margens dos vales, principalmente nos bairros periféricos, são os que têm ocasionado maior potencial de danos em relação ao fenômeno das cheias. Além disso, a localização das áreas de sub-habitações e as ocupações irregulares da cidade, são intimamente correlacionadas com as áreas de risco de inundações. Desta forma, por conta do período do

chuvoso, essa população é submetida às condições adversas desse ambiente e sofre com seus impactos (ZANELLA, 2006).

Mas, o caso de Fortaleza apenas reflete um quadro mais amplo. Brandão (2006) lembra que desde metade do século passado, o Brasil vem passando por um acelerado processo de urbanização e metropolização. Dos 36% de habitantes de todo o Brasil que residiam em cidades e aglomerados urbanos em 1950, chega-se atualmente a cerca de 80%.

Além disso, o quadro se agrava ao se perceber que somente nas nove regiões metropolitanas (São Paulo, Rio de Janeiro, Salvador, Recife, Belo Horizonte, Curitiba, Porto Alegre, Belém e Fortaleza) residem, aproximadamente, 30% de toda a população brasileira (BRANDÃO, 2006).

O Sistema Climático Urbano aglutina os grandes conjuntos de fenômenos associados intrinsecamente à atmosfera, os quais desdobrados em subsistemas (termodinâmico, físico-químico e hidrometeorológico) são dirigidos à percepção sensorial e comportamental do habitante da cidade (BRANDÃO, 2006).

Dentro desse sistema, os impactos de ordem pluvial – Hidrometeorológico, são um dos que mais se fazem sentir no âmbito sócioambiental, do ponto-de-vista geomorfológico, haja visto a intensidade e a frequência dos eventos pluviais na cidade de Fortaleza, bem como em outras metrópoles brasileiras.

1.4. A HIDROGRAFIA DA ÁREA DE ESTUDO

A cidade de Fortaleza apresenta uma relativa diversidade de elementos que, conjuntamente, formam um sistema hidrográfico susceptível aos atuais padrões de uso e ocupação. São rios, riachos e lagoas que se apresentam como elementos fundamentais para o equilíbrio climático e para a manutenção do conforto térmico, além de serem partes singulares do mosaico paisagístico da cidade.

Por baixo da cidade, sob os citadinos, as águas subterrâneas também detêm significativa importância e, por isso, demandam atenção e cuidados também. Na sequência, apresentaremos de forma sucinta as características hidrográficas de Fortaleza.

1.4.1. As Águas Superficiais

Para se caracterizar, analisar e, sobretudo, gerenciar os mananciais hídricos visando o aproveitamento mais racional de suas potencialidades (BRANDÃO, 1995) e sua conservação, necessariamente se adota como unidade básica de gestão a bacia hidrográfica.

Uma bacia hidrográfica pode ser conceituada como um conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes (GUERRA e GUERRA, 1997).

Este “mosaico” apresenta-se delimitado por quatro bacias hidrográficas principais (fig. 21). Por todo o setor Oeste há o predomínio da bacia do rio Maranguapinho que, mais ao Norte, tem a presença do da planície flúvio-marinha do rio Ceará. Na fachada Norte da cidade tem-se a bacia da vertente marítima, onde podemos destacar pequenos riachos importantes tanto do ponto-de-vista histórico (riacho Pajeú), quanto de questões da evolução geomorfológica tratadas no capítulo 5 (riacho Maceió), além do riacho Jacarecanga (fig. 21).

Predominando por 2/3 da cidade, há a bacia do rio Cocó, dissecando a cidade praticamente ao meio, no sentido Norte-sul, com seu intrigante meandro obtuso que o faz mudar para a direção NO-SE. Trata-se de um rio que, ao mesmo tempo em que ainda embeleza a cidade, na quadra chuvosa a preocupa, denunciando sazonalmente seu descaso com seu meio natural, com suas águas (fig. 21).

O rio Cocó nasce na Serra da Aratanha e sua bacia fluvial tem cerca de 485 km², compreendendo parte dos municípios de Fortaleza, Aquiraz e Pacatuba (CEARÁ, 1994).

Na ponta sudeste da cidade, pode-se visualizar a presença da quarta bacia hidrográfica da cidade, a bacia do rio Pacoti, provavelmente o curso hídrico superficial mais conservado sob o ponto-de-vista ambiental, que divide Aquiraz e Fortaleza (fig. 21). O rio Pacoti nasce no Maciço de Baturité e percorre 150 km até desembocar no Oceano Atlântico. Sua bacia fluvial apresenta 1.800 km² (CEARÁ, 1994).

Pontilhando os setores inter-fluviais desses rios, Fortaleza ainda detém algumas lagoas em praticamente todas as regiões da cidade.

Observando o Mapa Urbano-hidrográfico de Fortaleza (fig. 22), onde associamos a divisão básica da malha urbana da cidade com os recursos hídricos superficiais, visualizamos o rio Maranguapinho drenando grosso modo em uma direção Norte - Sul por toda a zona oeste da cidade, perfazendo uma distância de cerca de 14 km. Próximo ao seu leito, no bairro da Vila Manoel Sátiro há a Lagoa do Mondubim.

No interflúvio compreendido entre os rios Maranguapinho e Cocó temos um significativo conjunto de lagoas com espelhos d'água dos mais diversos tamanhos, dentre elas podemos destacar, partindo de sul para norte: as lagoas do Dendê, Maraponga, Uirapuru, Opaia, Parangaba, do Porangabussu, além do Açude da Agronomia, dentro do Campus do Pici, da UFC (fig. 22).

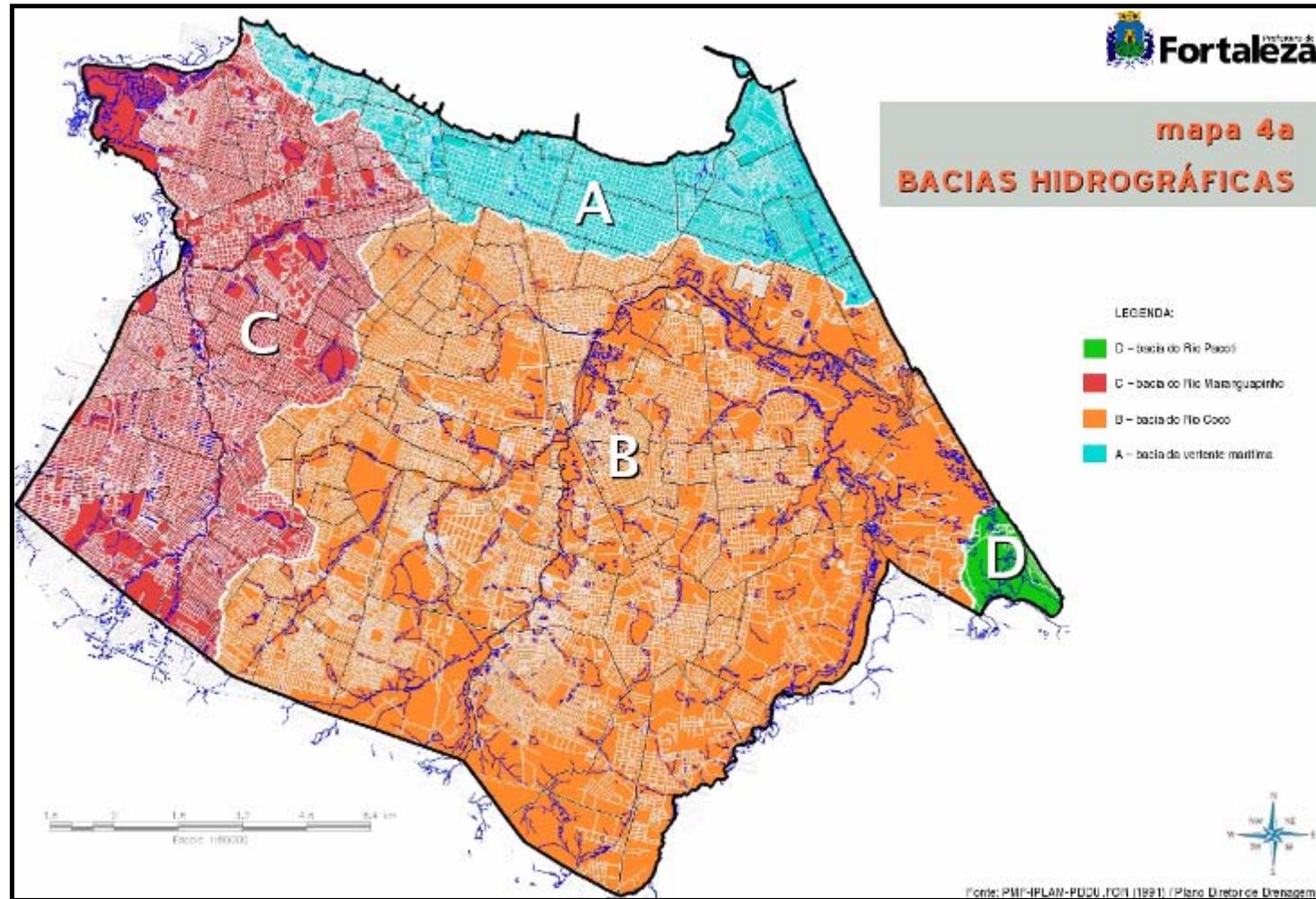


Figura 21: Mapa das Bacias Hidrográficas do município de Fortaleza Fonte: PMF, 2005.

O rio Cocó drena por quase 15 km no sentido basicamente norte-sul até apresentar um meandro que o faz mudar o sentido para NO-SE, drenando mais 7,5 km, fazendo as divisas dos bairros do Cocó e Edson Queiroz, onde próximo às zona litorâneas perfaz mais um meandro, mudando completamente seu sentido para OSO-ENE, até desaguar entre as praias do Caça e Pesca (oeste) e da Sabiaguaba (leste) (fig. 22).

Ao norte da planície flúvio-marinha do rio Cocó, tem-se a lagoa do Papicu e, ao sul, um conjunto das lagoas com os maiores espelhos d'água da cidade, são elas: as lagoas de Messejana, Precabura e Sapiranga, além do Açude Jangurussu (fig. 22).

1.4.2. Águas Subterrâneas

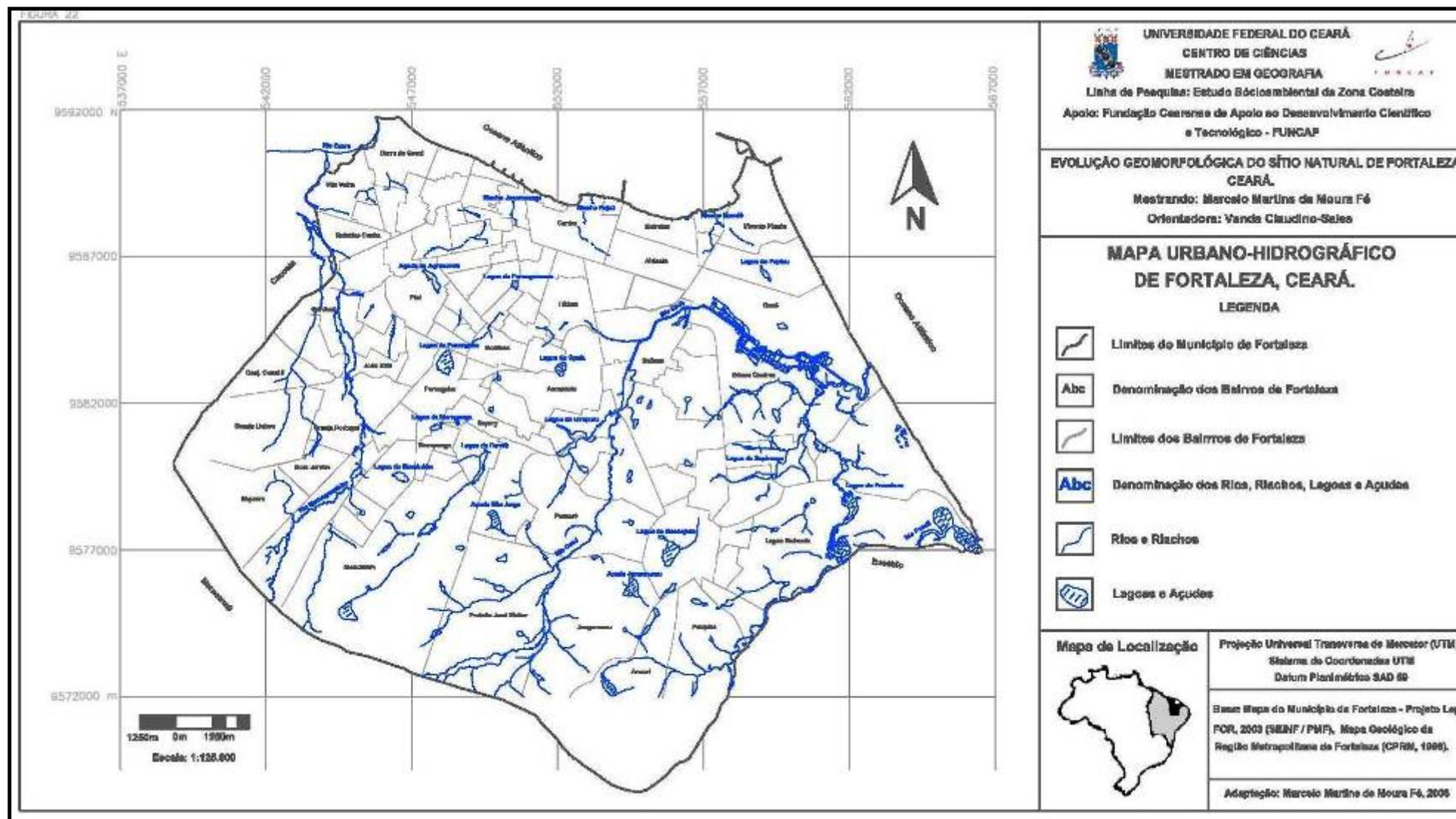
Antes de tratarmos desse importante conjunto do corpo hídrico de Fortaleza, vale frisar que a análise deverá ser feita permeando sempre o substrato geológico, isto, claramente devido ao fato de que as litologias do sítio natural detêm as características que predominantes na formação, extração e conservação das águas subterrâneas.

As dunas e paleodunas constituem as unidades geológicas de maior potencialidade aquífera de toda a RMF, porém, no contexto específico de Fortaleza, tanto neste caso, como em todos os demais, devemos lembrar que a maior parte da cidade encontra-se impermeabilizada pela malha urbana, o que, se não inviabiliza totalmente, dificulta sobremaneira a percolação das águas.

Apesar das dunas antigas apresentarem uma composição litológica com alguma participação de fases siltosas até silto-argilosas, diferenciando-se das dunas recentes, que são essencialmente arenosas, o comportamento hidrodinâmico de ambas é similar, daí serem considerados como um único aquífero (BRANDÃO, 1995).

A Formação Barreiras caracteriza-se por uma relativa variação faciológica, com intercalações de níveis mais e menos permeáveis, o que lhe confere parâmetros hidrogeológicos diferenciados, de acordo com o contexto local. No contexto regional esta unidade não pode ser considerada um aquífero e sim, um aquífero, ou seja, uma formação geológica que possui porosidade e permeabilidade baixas, transmitindo a água lentamente (BRANDÃO, 1995).

Apesar de ainda mal dimensionados hidrogeologicamente, os aluviões representam fontes importantes de abastecimento, especialmente através de poços para uso doméstico. Nas áreas associadas ao domínio dos terrenos cristalinos, esses sedimentos destacam-se, muitas vezes, como a única opção para a captação de água subterrânea.



Para Brandão (1995), as características volumétricas desses depósitos são bastante variáveis, o que condiciona o seu aproveitamento como aquíferos ou não. Nos baixos cursos dos principais rios de Fortaleza, as águas das marés penetram até significativas distâncias em direção ao interior dos vales, propiciando, em algumas áreas, a exploração de salinas em suas faixas aluvionares. De um modo geral, admite-se que em função da capacidade específica, os depósitos aluvionares constituem formações de bom potencial hidrogeológico.

No domínio dos terrenos cristalinos, a porosidade primária de suas rochas é quase nula, conferindo-lhes uma permeabilidade extremamente baixa. A infiltração de água ocorre, essencialmente, nas zonas fraturadas. Portanto, a conceituação desses terrenos como aquíferos, está diretamente relacionada à caracterização da natureza e da quantidade de suas estruturas rúpteis (BRANDÃO, 1995).

A água circula apenas em fraturas abertas. Segundo Brandão (1995), os mantos de intemperismo ou as coberturas colúvio-eluviais estabelecidas sobre essas rochas podem armazenar, dependendo de suas espessuras, volumes de água que, eventualmente, podem ser aproveitados em captações pontuais. No entanto, a maior importância dessas coberturas está no fato de funcionarem como áreas de recarga para o meio fraturado subjacente.

No tocante a esse aspecto, no sul da Fortaleza, aparentemente setores dos cursos fluviais apresentam suas drenagens condicionadas às características estruturais locais, com longos alinhamentos intercaladas por alguns meandros que se apresentam em ângulos fechados.

1.5. AS ASSOCIAÇÕES DE SOLOS DE FORTALEZA

1.5.1. Introdução

A formação dos solos é o resultado da interação de muitos processos, tanto geomorfológicos como pedológicos. Esses processos retratam uma variabilidade temporal e espacial significativa (GUERRA e MENDONÇA, 2004), que se expressa no contexto da cidade de Fortaleza.

As denominações dos tipos de solos utilizadas acima e no decorrer deste trabalho, estão de acordo com o atual sistema brasileiro de classificação de solos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, de 1999.

As descrições realizadas abaixo têm como aporte teórico os trabalhos de Pereira e Silva (2005), EMBRAPA (1999), Stange e Neves Filho (1981) e Brasil (1973), bem como observações e análises realizadas em campo. As siglas entre parênteses ao lado das

denominações dos solos correspondem à legenda do Mapa de Tipologia de Solos (fig. 23). Segue assim uma descrição das principais características das associações de solos verificadas, bem como, sua ocorrência espacial.

1.5.2. Neossolos Quartzarênicos (AMD)

Estes solos são correlatos aos solos denominados como Areias Quartzosas Distróficas e Areias Quartzosas Marinhas, termos utilizados na nomenclatura de Brasil (1973) e Stange e Neves Filho (1981).

Compreendem solos pouco desenvolvidos, não hidromórficos, arenosos, profundos ou muito profundos, excessivamente drenados, com percentual de areia quartzosa, acima de 85% do total da granulometria, e, por conseguinte, com baixos teores de argila (menos de 15%), sem reserva de minerais primários. Possuem cores acinzentadas-claras (esbranquiçadas) ou ainda amarelada e vermelho-amarelada. Apresentam seqüências de horizonte A-C onde o A se apresenta com espessuras de 10 a 20 cm; segue-se o horizonte C de grande espessura, geralmente superior a 2 m.

Quimicamente são de muito baixa fertilidade natural (distróficos), além de serem forte à moderadamente ácido. Desta forma, são aproveitados em pequena escala para o uso agrícola. Na faixa praial, as areias quartzosas apresentam-se com uma elevada taxa de salinidade em decorrência da maior proximidade do mar. Todavia, estes solos têm sido usados com pecuária extensiva e também para a cultura do cajueiro na zona litorânea.

Estes solos são correlacionáveis às áreas das deposições eólicas, isto é, nos setores onde predominam as feições geomorfológicas das dunas. Nas áreas sob o domínio das vagas oceânicas ocorrem os neossolos quartzarênicos, equivalente marinho que diferem do equivalente distrófico pela maior concentração de sais.

No contexto territorial da cidade ocupam os setores onde predominam geomorfológicamente as Praias, Dunas e setores de Paleodunas, notadamente na faixa litorânea leste da cidade, embora apresentem-se de forma mais modesta na fachada norte da cidade (fig. 23).

1.5.3. Neossolos Flúvicos (AE)

Estes solos são correlatos aos solos aluviais eutróficos, termo utilizado na nomenclatura de Brasil (1973) e Stange e Neves Filho (1981).

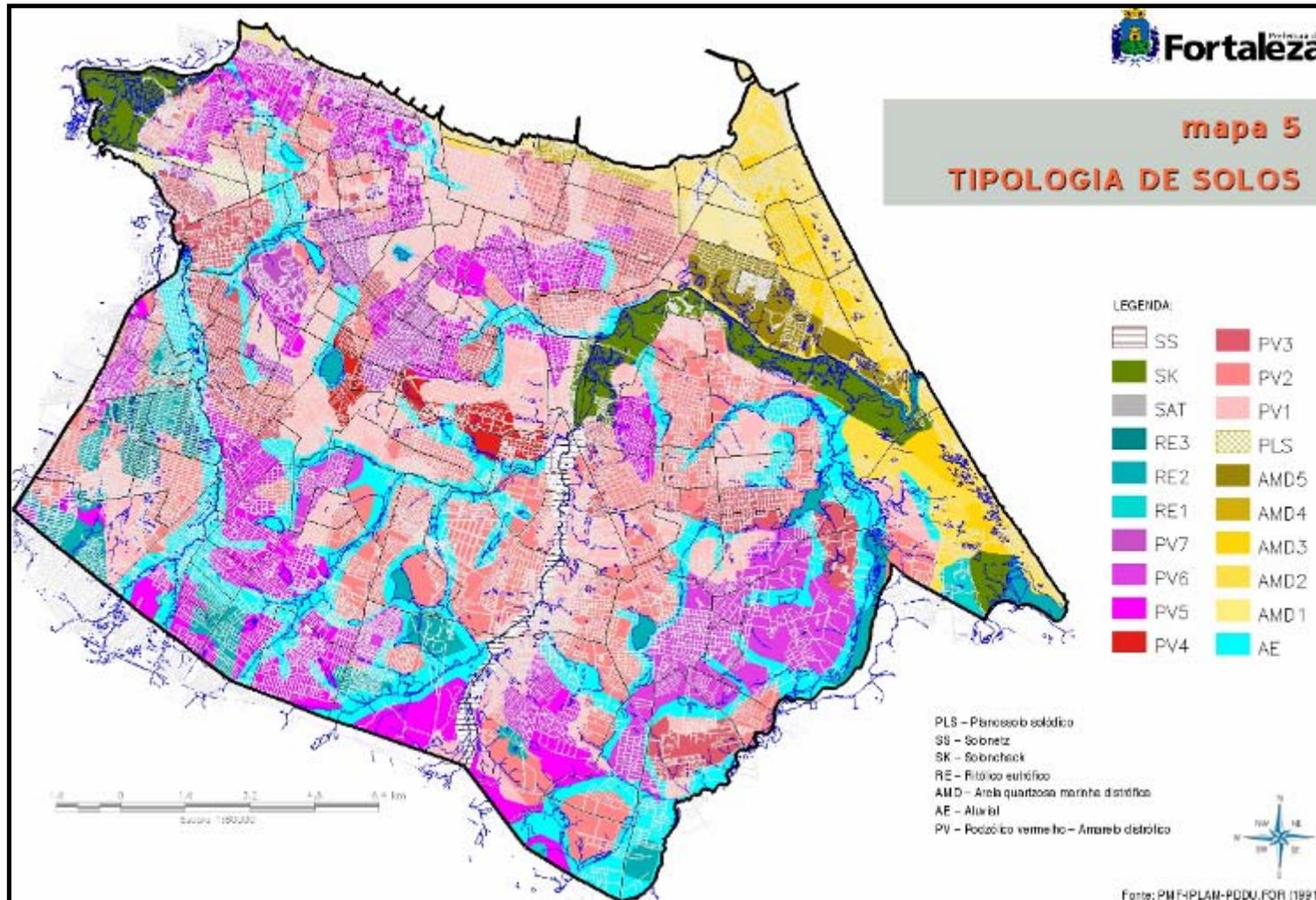


Figura 23: Mapa das Tipologias de Solos de Fortaleza (Fonte: PMF / Plano Diretor Participativo, 2006).

Compreende solos pouco desenvolvidos, provenientes de depósitos fluviais recentes e de naturezas diversas, onde se individualizam na área de influência dos rios e riachos, Apresentam apenas um horizonte A superficial diferenciado sobreposto a um C composto por uma seqüência de camadas estratificadas e normalmente sem relações pedogenéticas entre si, e raramente ocorrem perfis que apresentam formação de um horizonte B incipiente.

Variam de medianamente profundos a muito profundos. As características morfológicas entre essas camadas variam muito, principalmente em função da textura, que pode variar desde arenosa até argilosa. Apresentam-se frequentemente mosqueados nos solos argilosos imperfeitamente drenados.

Estão distribuídos no leito dos rios e riachos, e são produtos diretos da anterior desagregação de outros solos e rochas, sendo que se mantêm depositadas, frações arenosas, sendo os particulados de finos; argilas e siltes, transportados para áreas de acumulação em represas ou faixas de quebra de gradiente natural e dominantes na exibição dos perfis.

São solos que ocorrem nas várzeas dos principais rios do Estado, abrangendo principalmente áreas das zonas fisiográficas do sertão do Baixo Jaguaribe, sertão Salgado e Alto Jaguaribe, além do Litoral, ocorrem ainda, nas zonas de Baturité e Cariri.

Em termos de aproveitamento agrícola, estes solos são intensamente aproveitados com diversas culturas têm uso para plantio, em função de sua média a alta fertilidade natural, onde a ausência dos componentes orgânicos, carregados juntamente às partículas minerais mais finas, pela água fluvial, tende a apresentá-los como restritos, porém, os equivalentes eutróficos, têm em seu melhor destino a função de armazenamento subterrâneo das águas pluviométricas.

Na cidade apresentam-se relacionados às planícies fluviais dos rios Maranguapinho, Cocó, além de algumas lagoas da cidade (fig. 23).

1.5.4. Neossolos Litólicos (RE)

Estes solos são correlatos aos solos litólicos eutróficos, termo utilizado na nomenclatura de Brasil (1973) e Stange e Neves Filho (1981).

Os neossolos litólicos são solos não hidromórficos, de fraca evolução pedológica, ou seja, pouco desenvolvidos, rasos a muito rasos, com profundidades igual ou inferiores a 50 cm. Estes solos possuem apenas um horizonte A, diretamente assentado sobre a rocha (R) ou

sobre um horizonte C, de pequena espessura e geralmente com muitos minerais primários. Há casos em que estes solos apresentam indícios de formação de um horizonte B incipiente.

São solos de textura arenosa ou média normalmente cascalhenta, com drenagem de moderada a acentuada. Estes solos podem ser eutróficos ou distróficos, quase sempre apresentando bastante pedregosidade e rochosidade na superfície. Tais características morfológicas, físicas e químicas decorrem em função do seu material originário.

Estes solos ocorrem dispersamente distribuídos por todo o Estado do Ceará, figurando em todas as zonas fisiográficas existentes, embora muito mais presentes nos sertões. O material originário em grande parte corresponde ao saprolito de gnaisses, migmatitos e de granitos. Ocorrem nas áreas dissecadas, ocupando posições de encostas, em relevos que variam desde suave ondulado a montanhoso, ou mesmo escarpado e, em outras áreas, em relevo praticamente plano. Geralmente, tais solos ocupam as áreas de predomínio da Depressão Sertaneja.

A utilização agrícola destes solos na área é muito prejudicada, decorrente de fortes limitações impostas por deficiência de água, pedregosidade, rochosidade, pouca profundidade, concreções, elevada susceptibilidade a erosões e relevo acentuado. Devido à boa fertilidade dos litólicos que ocorrem nas encostas das serras, alguns agricultores utilizam-no para cultura de subsistência, normalmente com milho e feijão, no sistema de plantio tradicional.

Esta classe de solos encontra-se localizada nas porções setentrionais da cidade, associadas, predominantemente à Depressão Sertaneja, principalmente na parte sudoeste de Fortaleza (fig. 23).

1.5.5. Gleissolos (SK)

Estes solos são correlatos aos solos denominados como: Solonchak Solonetzico e os solos indiscriminados de mangue, termos utilizado na nomenclatura de Brasil (1973) e Stange e Neves Filho (1981).

Agrupam solos hidromórficos e salinos (halomórficos), pouco diferenciados, com elevados teores de sódio, com perfis do tipo A-C, sendo que o C pode ser composto por duas ou mais camadas com características de hidromorfia (gleização) e de forte salinização, que se refletem como crostas superficiais de sais cristalinos em épocas secas. Suas características morfológicas como cor, textura, são muito variáveis entre as diversas camadas que ficam em seqüência, abaixo do A.

Neste solo, a alta concentração de sais solúveis conduz a uma elevada condutividade elétrica no extrato de saturação (mmhos/cm a 25 °C) geralmente entre 9 e 47 mmhos, podendo chegar a 260 mmhos nos primeiros centímetros de solo, no período seco. São originados das deposições fluviais recentes, diferenciando-se dos neossolos flúvicos principalmente devido à alta salinidade.

Ocorrem apenas na zona do litoral, nas várzeas próximas às desembocaduras dos principais rios do Estado, em grande parte associados com neossolos flúvicos. São solos típicos das áreas sob influência das marés, podendo, portanto, também ocorrer nas margens de algumas lagoas e partes baixas da orla marítima, bem como em setores de transição entre as planícies fluviais e litorâneas, tendo como aspectos marcantes a profundidade moderada, a textura indiscriminada, a drenagem imperfeita gerando excessos d'água e as altas concentrações de sais. O material originário é constituído por sedimentos fluviais de natureza e granulometria variada.

A sua exploração econômica resume-se ao extrativismo vegetal pelo aproveitamento principalmente de carnaúbas, que são nativas na região, e com pecuária extensiva, a qual é realizada de modo muito precário.

Os Gleissolos estão situados em dois setores distintos da cidade: junto às planícies flúvio-marinhas da cidade, ou seja, aos baixos cursos dos rios Ceará (noroeste), Cocó (região centro-leste), onde apresentam-se forma mais representativa e Pacoti (sudeste); e na planície fluvial do rio Cocó (fig. 23).

1.5.6. Planossolos Solódicos (PLS)

Estes solos são correlatos aos solos planossol solódico e solonetz solodizado, termos utilizados na nomenclatura de BRASIL (1973) e Stange e Neves Filho (1981).

Os planossolos solódicos são solos de composição predominantemente argilosa, sendo muito comum o processo de retratação nas suas áreas de ocorrência, uma vez que são popularmente conhecidos pelas suas gretas de ressecamento, ou gretas de contração, formadas quando os solos argilosos encharcam-se durante o inverno e por sua falta de drenagem mantêm-se úmidos até o ressecamento na estação seca.

São solos rasos e pouco profundos, que se caracterizam por apresentar perfis com horizontes A e E, ou mesmo desprovido de E, com textura arenosa sobre um horizonte Bt, às vezes em forma de colunas (estrutura colunar), de textura média ou argilosa. Em geral são

imperfeitamente drenados, de cores acinzentadas e amarelo-claro e acinzentadas. Seu material de origem deriva de rochas de idade pré-Cambriana. O relevo é geralmente plano.

Em consistência os planossolos solódicos podem ser apresentados como úmidos, plásticos e pegajosos, quando molhados. Dada a exposição local somente em áreas de cavas, são facilmente determinados os horizontes, mesmo com uma intensa modificação nos mesmos em função tanto da retirada, quanto pelo aporte de novos solos em decorrência das cheias dos rios.

A distribuição principal nas margens dos principais rios, e os processos de contínua deposição, ano após ano, levou para a região algumas pequenas lavras informais que escavam tais argilas para a produção de tijolos.

As características físicas e químicas desfavoráveis, além da deficiência de água, levam estes solos a apresentarem limitações ao uso agrícola, sendo, contudo, aproveitados para o uso na pecuária e pastagem.

Em Fortaleza, esta associação de solos se apresenta na forma de uma mancha isolada no setor noroeste, próxima dos Gleissolos, aproximadamente entre os bairros do Vila Velha e do Quintino Cunha (fig. 23).

1.5.7. Argissolos vermelho-amarelos (PV)

Estes solos são correlatos aos Podzólicos Vermelho-amarelos distróficos, termo utilizado na nomenclatura anterior (Brasil, 1973; Stange e Neves Filho, 1981).

Esta classe compreende solos com horizontes B textural, não hidromórficos, com argila de atividade baixa, ou seja, capacidade de troca de cátions. Apresentam perfis bem diferenciados, tendo seqüência de horizontes A, Bt e C, e com horizonte Bt, frequentemente apresentando cerosidade quando o solo é de textura argilosa. São normalmente profundos, com pouca ocorrência de perfis moderadamente profundos, sendo raros os solos rasos.

Sua formação é marcada essencialmente por processos de translocação de argila dos horizontes superficiais (A ou E), que se acumulam em subsuperfície, formando os horizontes chamados de B textural.

São solos provenientes de desagregação direta da rocha sem envolvimento de transporte para sua acumulação, geralmente bem drenados, ácidos, porosos e de textura variando de média a argilosa. A coloração varia de tonalidades vermelho-amareladas até bruno-acinzentadas. Inseridos nesta unidade, destacam-se os tipos abruptico, cascalhamento,

concrecionário e fase pedregosa. Possui baixa fertilidade natural e forte acidez, recomendando-se o uso de fertilizantes e a correção do pH.

No Ceará eles ocupam o percentual mais elevado da área total do Estado. Esta classe de solos distribui-se pelas zonas fisiográficas do litoral cearense, bem como do sertão do Baixo Jaguaribe e de Baturité. São derivados de diversos tipos de materiais de origem, desde sedimentos areno-argilosos da Formação Barreiras, até de produtos de alteração de vários tipos de rochas cristalinas, de idade pré-cambriana, e, em menor proporção de arenitos da Formação Açu (idade Mesozóica).

Encontram-se em áreas tanto de relevo plano e suave ondulado (áreas de tabuleiros), quanto em relevos movimentados das áreas de serras cristalinas, onde são maioria. Nos primeiros são comumente de baixa fertilidade natural (distróficos) e no segundo grupo de relevos prevalecem os solos com média à alta fertilidade (eutróficos).

Os Argissolos formam amplamente, a classe de solos mais representativa no contexto territorial da cidade, presentes em quase todas as regiões de Fortaleza (fig. 23).

1.6. AS UNIDADES FITO-GEOGRÁFICAS

Dentre as profundas modificações impostas ao meio ambiente pela atividade antrópica, destaca-se a remoção da cobertura vegetal, que vem ocorrendo de maneira cada vez mais acelerada nas últimas décadas, através da expansão desordenada das áreas urbanas e industriais, sobretudo, no caso de Fortaleza, mas também do emprego de técnicas agrícolas inadequadas e de várias outras formas de ocupação que degradam o meio, no tocante ao território cearense, de maneira geral.

A vegetação é um recurso natural que fornece uma quantidade enorme de benefícios aos seres humanos e deve ser preservada sempre que possível e, principalmente, necessário, sob pena de se comprometer, irreversivelmente, a qualidade de vida das gerações futuras. Sendo assim, como frisa Brandão (1995), o conhecimento da flora constitui uma ciência imprescindível para a execução dos programas de uso e ocupação do solo.

Como o quadro urbano da cidade nos já induz, a devastação da cobertura vegetal foi ampla e irrestrita à toda a cidade. Ilustrando isso, podemos observar que vegetação dita “antrópica” predomina na cidade, ocupando mais de 257 km² (fig. 24).

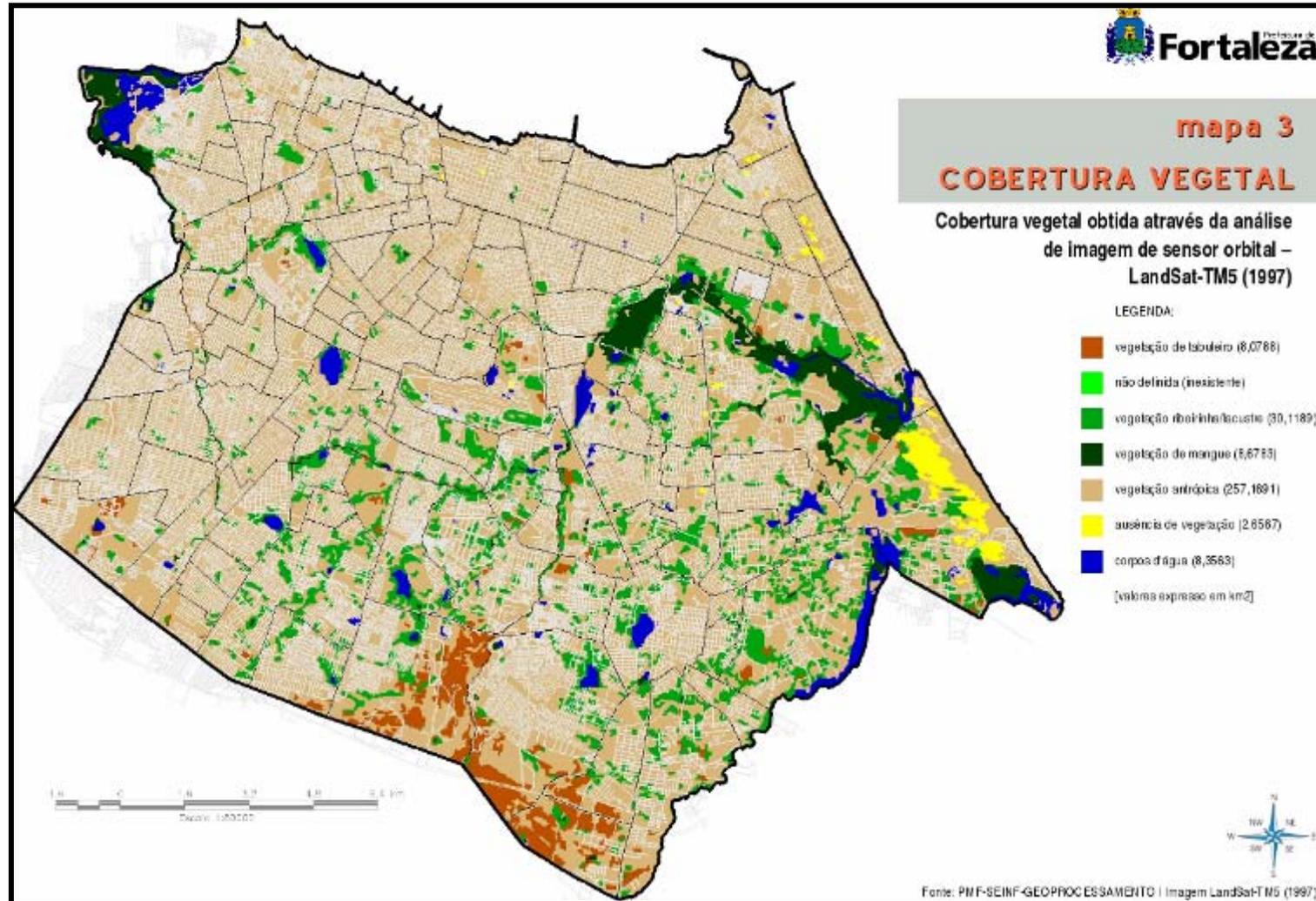


Figura 24: Mapa da Cobertura Vegetal de Fortaleza (Fonte: PMF / Plano Diretor Participativo, 2006).

Todavia, a Figura 24 mostra as principais unidades de vegetação ou unidades fito-ecológicas ainda existentes e que formam parcela da cobertura vegetal da cidade, as quais serão descritas a seguir, com base, principalmente, nas informações extraídas de Figueiredo (1989), Jordy Filho et al (1981), Lima & Figueiredo (1984) e Miranda et al (1994).

1.6.1. O Complexo Vegetacional Litorâneo

Segundo Figueiredo (1989), as condições climáticas, as feições topográficas da planície litorânea, dunas e tabuleiros, reunidos aos tipos de solos e ao maior ou menor recobrimento dos tabuleiros pelo material clástico quaternário, determinam sob a influência do lençol freático o tipo de vegetação que ocorre nestas áreas.

Face às várias combinações dos fatores acima referidos decorrem como resultantes tipos de vegetação que aqui estão englobados, constituindo o complexo vegetacional e florístico da zona litorânea cearense. Este complexo vegetacional pode ser subdivido de acordo com as suas diferentes fisionomias e também a partir das suas diferentes áreas predominantes de ocorrência (FIGUEIREDO, 1989).

1.6.1.1. A Vegetação dos Tabuleiros

Os terrenos planos com declividades muito suaves característicos dos tabuleiros costeiros apresentam diferenciações na percolação de água subterrânea, em função das variações granulométricas existentes (fácies argilosa e arenosa), o que determina o tipo de cobertura vegetal presente (BRANDÃO, 1995).

Sendo assim, essas áreas, no contexto da RMF são revestidas por duas unidades ecológicas distintas: a floresta de tabuleiros (dominante na fácies argilosa) e uma associação de caatinga/cerrado (dominante na fácies arenosa), sendo esta última descrita mais adiante (BRANDÃO, 1995).

Segundo Figueiredo (1989), é sobre os tabuleiros que a diversificação vegetacional e florística se faz sentir. Três tipos são encontrados. A mata de tabuleiros, o cerrado e a caatinga.

A mata de tabuleiro encerra espécies das matas das serras, da caatinga e espécies próprias, tais como: Imbaúba (*cecropia sp*); timbaúba (*enterolobium contortisioiquum*); jucá (*caesalpinia ferrea*); Pau-sangue (*pteroctarpus violaceus*) e amargoso (*vatairia macrocarpa*).

O Cerrado ocorre em manchas alteradas com os demais tipos de vegetação sobre os tabuleiros. Apresenta fisionomia típica daquelas da área nuclear no Brasil central, no

entanto, o porte é sensivelmente menor. As manchas de cerrado nos tabuleiros podem ser identificadas no trecho Aquiraz - Cascavel, Granja – Martinópolis, próximo a Iparana, em Caucaia, entre outros locais. As principais espécies vegetais são: lixeira ou sambaíba (*curatella americana*), pau-terra (*quaea parviflora*), carrapicho-de-cavalo (*krameria tomentosa*), craibeira (*tabebuia caraíba*) e barbatimão (*stryphnodendron coriaceum*).

A Caatinga é encontrada sobre os tabuleiros em substituição às áreas de matas depois de sucessivos desmatamentos. Em Caucaia, este tipo de vegetação ocupa os setores meridionais do município e que não coincidem com as vertentes dos maciços cristalinos. Entre as espécies presentes estão: jurema (*mimosa*), catingueira (*caesalpinia*), camará (*lantana camara*), imburana-vermelha (*bursera laptophlocos*).

Em Fortaleza a vegetação de tabuleiro (fig. 24) ocorre, predominantemente no setor sul da cidade, embora ocorram também, na forma de manchas isoladas e de pequeno porte em diversos outros setores da cidade, como por exemplo, nas proximidades do leito do rio Cocó e na zona leste.

1.6.2.2. Manguezais

Os mangues são ecossistemas formados, principalmente, nas áreas estuarinas ou e planícies flúviomarinhas, Sua distribuição estende-se também para montante dessas áreas, acompanhando os cursos d'água até onde se faz sentir os efeitos da penetração das marés, e formam faixas de transição com as florestas ribeirinhas (BRANDÃO, 1995).

Sua composição florística é representada pelas seguintes espécies arbóreas: mangue vermelho (*Rhizophora mangle*), mangue branco (*Laguncularia racemosa*), mangue siriúba (*Avicennia shaueriana*), mangue canoé (*Avicennia nitida*) e, em menor proporção, o mangue de botão (*Conocarpus erecta*).

Além das árvores, os mangues abrigam uma grande variedade de plantas epífitas (que se apoiam em outras), como bromélias, orquídeas e samambaias, assim como líquens, que se fixam nas copas, formando o estrato superior dos manguezais. Por outro lado, as raízes e os troncos são intensamente colonizados por algas marinhas (BRANDÃO, 1995).

Em Fortaleza, este tipo de cobertura vegetal está intrinsecamente relacionada às planícies flúvio-marinhas, sustentadas pela classe de solos dos Gleissolos, ou seja, nos baixos cursos dos rios Ceará, Cocó e Pacoti (fig. 24).

1.6.2.3. Vegetação de Dunas

Nos campos de dunas, as áreas localizadas mais próximas ao mar caracterizam-se por uma vegetação pioneira, onde predominam gramíneas e várias espécies rasteiras que atuam como agentes fixadores contra a deflação eólica (BRANDÃO, 1995).

Como espécies mais representativas, destacam-se: salsa-da-praia (*Ipomoea pescaprae*), bredo-da-praia (*Iresine portulacoides*), capim-da-praia (*Paspalum vaginatum*), cipó-da-praia (*Remirea marítima*) e oró (*Phaseolus ponduratus*), além de arbustivas como o murici (*Byrsonima cerícea*).

De acordo com Brandão (1995), as dunas edafizadas ou em processo de edafização, onde desenvolveu-se um perfil de solo, situam-se à retaguarda das áreas mencionadas acima e apresentam um revestimento vegetal de porte arbóreo, caracterizado por espécies que ocorrem em outras unidades fito-ecológicas.

Os principais representantes de sua flora são: João-mole (*Pisonia tormentosa*), jucá (*Caesalpinia ferrea*), juazeiro (*Zizyphus joazeiro*), pau d'arco roxo (*Tabebuia avellanede*), tatabuba (*Chloroflora tinctoria*) e cajueiro (*Anacardium occidentale*).

Em Fortaleza, a vegetação de dunas pode ser deduzida do Mapa de Cobertura Vegetal de Fortaleza (fig. 24), onde a legenda indica: “ausência de vegetação”, pois, nos setores mapeados como tal, segundo o mapeamento realizado, temos a ocorrência das unidades geomorfológicas das dunas e paleodunas (fig. 07).

1.6.4. Mata Ciliar e Lacustre

As planícies fluviais são áreas que apresentam boas condições hídricas e solos férteis, favorecendo a instalação de uma cobertura vegetal, cuja fisionomia de mata galeria ou ciliar, dominada por carnaubais, contrasta com a vegetação caducifólia e de baixo porte dos interflúvios sertanejos (BRANDÃO, 1995).

A principal espécie que habita esses ecossistemas é a carnaúba (*Copernicia cerífera*), que normalmente ocorre associada ao mulungu (*Erythrina velutina*), juazeiro (*Zizyphus joazeiro*), oiticica (*Licania rigida*) e ingá-bravo (*Lonchocarpus sericeus*), além de espécies arbustivas e trepadeiras.

Em Fortaleza destacam-se as matas ciliares ou florestas ribeirinhas relacionadas às planícies dos rios Pacoti, Ceará e Cocó (fig. 24). Da mesma forma, segundo Brandão (1995), as áreas de acumulação inundáveis (depressões de pequenos desníveis que acumulam água de chuva) e as áreas em torno de lagoas e reservatórios d'água artificiais, que se caracterizam

pela presença do lençol freático sub-aflorante, também suportam uma vegetação arbórea com palmeiras e um estrato rasteiro formado por gramíneas, denominada de floresta lacustre.

A partir do próximo capítulo, delinearemos o contingente teórico-metodológico adotado na confecção desse trabalho.

CAPÍTULO 2:



METODOLOGIA E TÉCNICAS

2. METODOLOGIA E TÉCNICAS

2.1. TEORIA, HISTORIOGRAFIA E TEMPORALIDADES DA CIÊNCIA GEOMORFOLÓGICA.

Desde seu advento enquanto ciência, o conhecimento geográfico, no decurso de seu desenvolvimento e aprofundamento dos conceitos, conhecimentos, métodos e técnicas que lhe são inerentes e/ou compartilhados com outras ciências, têm sido compartimentado em diferentes especializações. Dentre elas podemos citar a Pedologia, a Climatologia, a Geografia Rural, dentre outras e, notadamente, no caso específico dos nossos estudos e área de atuação, a Geomorfologia.

Para Penteado (1978), etimologicamente, a Geomorfologia é a ciência que se ocupa das formas de relevo da Terra. Esta deriva diretamente de disciplinas que tratavam da descrição da Terra (orografia: descrição dos grandes modelados, como as montanhas, por exemplo; a corografia: descrição geográfica de um país, região, província ou município; e a fisiografia: descrição dos elementos da natureza).

Quando se passou da descrição para a explicação, a Geomorfologia apareceu no final do século XIX. Entretanto, vamos encontrar os seus fundamentos um pouco antes, já no final do século XVIII, esta sendo desenvolvida entre os trabalhos de geólogos (PENTEADO, 1978).

Segundo uma breve conceituação de Guerra e Guerra (1997): a Geomorfologia é ciência que estuda as formas de relevo, tendo em vista a origem, estrutura, natureza das rochas, o clima da região e as diferentes forças endógenas e exógenas que, de modo geral, entram “como construtores e destruidores do relevo terrestre”.

A Geomorfologia é, pois, uma ciência da Terra, semelhante às outras geociências - semelhante, mas não igual. A Geomorfologia tem seus fundamentos básicos, leis gerais e objetos de estudo próprios. Usa métodos e técnicas específicas. Sinteticamente, a Geomorfologia procura entender a forma da Terra e elucidar os processos que operam na sua superfície. Essa meta, por si só, nos dá idéia da complexidade dos processos e fenômenos envolvidos (PENTEADO, 1978).

De acordo com George (1972), a Geomorfologia desenvolveu-se a princípio como uma ciência de observação do terreno e dos efeitos dos mecanismos perceptíveis no presente e susceptíveis de serem projetados no plano das hipóteses de evolução: previsão dos efeitos mais ou menos remotos dos processos em curso e transposição para o passado das imagens evolutivas assim elaboradas, a fim de explicar a gênese das formas.

Todavia, a busca complexa e instigante pelas explicações acerca dos mecanismos e condições naturais que deram origem às diferentes paisagens e modelados que permeiam todo o planeta (uma busca que impreterivelmente adota temporalidades de longa duração – o tempo geológico ou o longo termo), tem cedido/perdido espaço ao longo do final do século XX e início do século XXI para trabalhos que se caracterizam por tratarem de temáticas com cortes temporais mais curtos, ou seja, cortes que podem ser inseridos na escala temporal histórica, humana.

Segundo Suertegaray e Nunes (2004), o desenvolvimento tecnológico e científico tem levado os geógrafos a darem mais importância à análise dos processos morfodinâmicos (curto tempo) em detrimento dos processos morfogenéticos (longo tempo).

A valorização atual de um pensar, de um fazer Geomorfologia de curto tempo sobre essa outra, de escala geológica, tem acarretado uma maior discussão sobre a importância do entendimento do tempo presente, do tempo imediato, do tempo do diagnóstico para a atuação e intervenção imediata sobre o relevo que será apropriado (SUERTEGARAY e NUNES, 2004).

Para Suertegaray e Nunes (2004), neste sentido, ocorre a imposição da escala temporal histórica sobre a escala temporal geológica, que privilegia o chamado tempo profundo ou distante.

Se anteriormente a pesquisa geomorfológica regional apresentava uma característica de cunho mais descritivo e genético, pois “era preciso conhecer os grandes domínios morfológicos (morfogênese), atualmente as pesquisas geomorfológicas têm tido uma preocupação maior com as questões ambientais de cunho pontual (morfodinâmico)” (SUERTEGARAY e NUNES, 2004).

Sem adentrar no mérito de uma ou de outra linha de estudos (por não ser foco deste trabalho), vale frisar que, os domínios morfológicos ainda apresentam muitas lacunas acerca da sua história genético-evolutiva, o que torna claramente substancial e imprescindível uma abordagem descritiva, analítica e genética da Geomorfologia.

Um exemplo que ilustra esse arcabouço de lacunas, na nossa visão, é o sítio natural de Fortaleza, onde ainda não temos respostas, nem mesmo indicações de respostas para diversas questões básicas relativas à cidade. Questões que entendemos como fundamentais para se conhecer e se entender a cidade, embora, devamos reconhecer: são respostas difíceis de serem alcançadas e respondidas.

Portanto, a Geomorfologia deve fundamentar-se na identificação e descrição (geomorfologia descritiva) e, ao mesmo tempo, deve-se chegar às interpretações genética e

evolutiva (geomorfologia evolutiva) das formas de relevo existentes em toda a superfície terrestre (SUGUIO, 2000).

De acordo com Suguio (1999), a compreensão da natureza só pode ser atingida pelo conhecimento da sua estrutura e dos seus estágios evolutivos. Então, “como se pode tentar reconstituir cenários de passado tão longínquos”?

Este caminho foi mostrado por um dos fundadores da Geologia Moderna, James Hutton (1726-1797) e pelo pesquisador Charles Lyell (1797-1875) através da teoria do Atualismo ou Uniformitarismo ou ainda, Uniformismo, cujo enunciado é o seguinte: “O presente é a chave do passado” (CLAUDINO-SALES, 2004; SUGUIO, 1999).

2.2. O PRINCÍPIO DO ATUALISMO: A GEOMORFOLOGIA DO CURTO AO LONGO TERMO

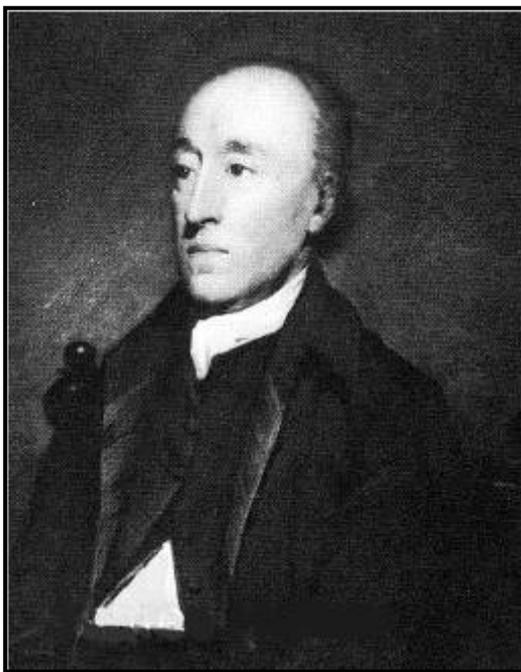
No fim do século XVIII, o escocês James Hutton (fig.25), de Edimburgo, expôs a longa “Theory of the Earth, with proofs and illustrations” (1788), na qual defendeu a idéia da constância das forças naturais através do longo tempo geológico, em oposição aos seus contemporâneos, os quais admitiam que as mudanças na Terra seriam causadas por eventos catastróficos (BLOOM, 1996), a denominada corrente Catastrofista.

Nesse trabalho, reformulado após sua morte por John Playfair (fig. 26) em 1804, Hutton também percebeu que a história da Terra era inimaginavelmente mais longa do que se pensava na época. Para Hutton, todo o registro geológico podia ser explicado pelos mesmos processos que atuam hoje, como erosão, sedimentação, vulcanismo etc., sem necessidade de apelar para origens especiais ou intervenção divina. Esse conceito também leva o nome de “Principio de causas naturais” (FAIRCHILD et al, 2000).

Ainda segundo Fairchild et al. (2000), Hutton chegou a essa conclusão, em parte, ao reconhecer em *Siccar Point*, Escócia, o caráter cíclico do registro geológico, pois cada vez que procura a base de uma seqüência de rochas, em busca do suposto “início” da atividade geológica na Terra, sempre se deparava com outras rochas ainda mais antigas, representando ciclos mais antigos, muitas vezes dobradas ou metamorfizadas e separadas das rochas do primeiro ciclo por uma superfície discordante erosiva.

Tal superfície foi denominada “discordância”, o que levou Hutton a escrever sua frase mais célebre: “O resultado, portanto, de nossa presente investigação é que não encontramos nenhum vestígio de um começo, nenhuma perspectiva do fim”, ao referir-se à ação dos processos geológicos. Esta frase rompeu, de vez, com o conceito de uma Terra

recém-criada, e acenou não somente com um passado geológico incalculavelmente longo, como também com um futuro geológico sem fim, ou seja, idealizou-se o tempo infinito (FAIRCHILD et al, 2000).



Figuras 25 e 26: James Hutton e John Playfair, respectivamente.

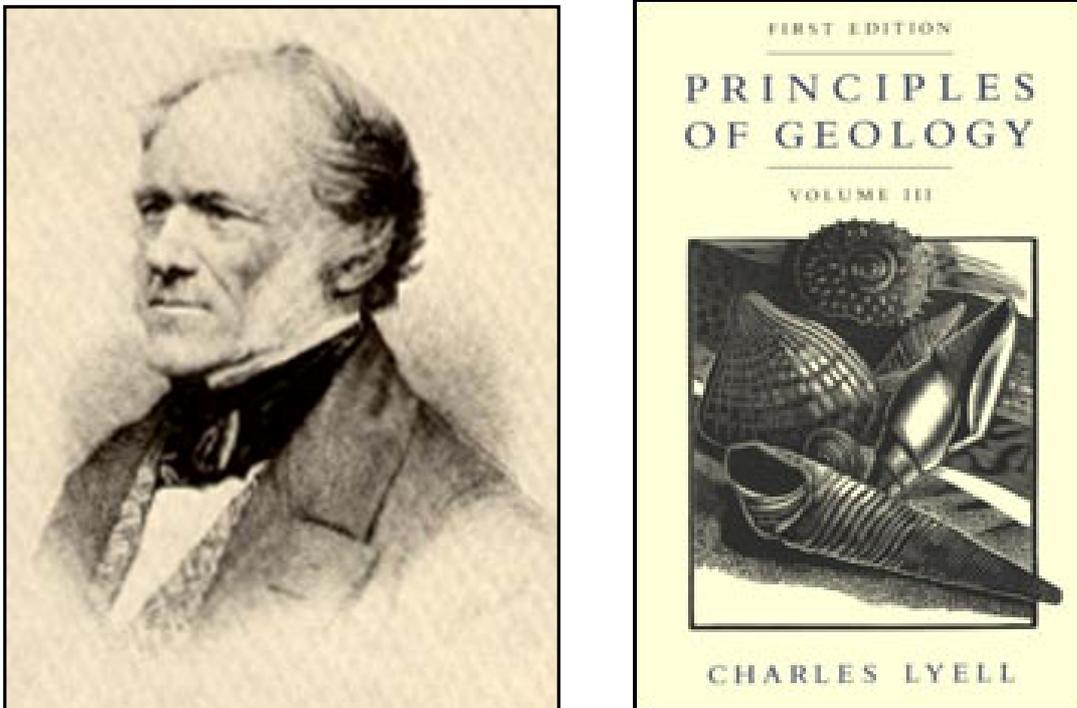
Químico, médico e estudioso da gênese dos solos e Geologia, Hutton deu as bases sobre as quais a Geomorfologia moderna seria construída. Foi, portanto, um dos seus fundadores. Analisava a natureza de maneira sistemática, coerente e racional, sendo também reconhecido como o primeiro grande fluvialista. Baseando as suas concepções na observação dos fenômenos naturais, apresenta a primeira tentativa científica e coerente de uma história natural da Terra (CHRISTOFOLETTI, 1980 e PENTEADO, 1978).

James Hutton é considerado o precursor das idéias do Atualismo, por ser o primeiro a identificar a importância do conhecimento do presente para melhor compreender o passado (MARQUES, 2003).

Todavia, de acordo com Christofolletti (1980), as suas idéias foram expostas através de texto confuso, e “passariam completamente despercebidas, se os seus críticos e amigos não tivessem contribuído para a divulgação de suas teorias”. Entre eles, John Playfair que, no que diz respeito ao desenvolvimento do Princípio do Atualismo, foi fundamental na conexão e desenvolvimento teórico do tema entre os trabalhos do pioneiro, **James Hutton**

(1726-1797) e do maior expoente **Charles Lyell** (1797-1875), que viveram em épocas distintas, embora próximas.

Entre 1830 e 1875, o também escocês, *Sir Charles Lyell* (fig. 27) publicava o livro: “*Principles of Geology*” (fig. 28), popularizando em 14 edições o Princípio do Atualismo, realizando incisivo ataque às correntes catastróficas, fornecendo detalhes dos processos erosivos e denudacionais e fazendo com que os conceitos de Hutton passassem a ser idéia dominante na época. Essa obra influenciou várias gerações de geólogos, a começar pelo jovem Charles Darwin (1808-1882) (FAIRCHILD et al, 2000; POPP, 1998; SALGADO-LABORIAU, 1994 e CHRISTOFOLETTI, 1980).



Figuras 27 e 28: Charles Lyell e a Capa da Primeira Edição do livro: “Principles of Geology”, de Charles Lyell, respectivamente.

O subtítulo da obra é uma verdadeira declaração metodológica: “Princípios de Geologia, onde se pesquisa à medida que as mudanças do passado da superfície do globo possam ser explicadas pelas massas que agem nos nossos dias” (GUERRA, e GUERRA, 1997).

Vale frisar que a síntese geral dos conhecimentos geológicos até então adquiridos foi elaborada por Charles Lyell, que, graças às suas perspicazes observações, fruto de diversas

viagens realizadas, não só generalizou como também amplificou a Geografia Física e a Estratigrafia (LEINZ e AMARAL, 1989).

Na visão de Lyell, o presente seria a chave do passado, sendo o passado igual ao presente, inclusive em gênero e intensidade dos processos atuantes da dinâmica interna e externa. Todavia, sabemos hoje que isso não é verdade (FAIRCHILD et al, 2000; POPP, 1998 e SALGADO-LABORIAU, 1994). Mas, o Uniformitarismo proposto por Lyell, como citam Fairchild et al. (2000), revelou-se “dogmático demais”, de modo que se ensina o princípio de causas naturais através do conceito de **Atualismo**, muito parecido com o Uniformitarismo, mas sem a conotação de restrita igualdade de condições entre o presente e o passado da Terra.

Na sua essência o Atualismo é a afirmação da constância das leis naturais que regem a Terra, mesmo que no passado, os produtos e a intensidade dos processos geológicos tenham sido diferentes daquilo que se observa atualmente. Assim, o Atualismo foi aceito desde então como um princípio, porque é um método de pensamento e não uma generalização empírica (FAIRCHILD et al, 2000; SALGADO-LABORIAU, 1994).

Em suma, este princípio afirma que os mesmos processos e leis naturais que são observados no presente operaram no passado. É o princípio das causas naturais, hoje atuantes, e daí, vem o seu nome de **Princípio do Atualismo** (FAIRCHILD et al, 2000; SALGADO-LABORIAU, 1994).

O Atualismo não só permite interpretar os efeitos antigos como pode medir a extensão pela comparação com os efeitos das forças que atuam no presente (SALGADO-LABORIAU, 1994).

Dito isto, frisamos que os procedimentos metodológicos utilizados no nosso presente estudo são balizados pela perspectiva oriunda do Princípio do Atualismo, a qual apóia-se na interpretação dinâmica dos processos atuais e na consideração de que estes, submetidos sempre às mesmas leis físicas, atuaram de maneira semelhante, ainda que com intensidades variadas, ao longo da história natural da Terra (CLAUDINO-SALES, 2004).

O Atualismo implica tão somente, que as leis básicas são permanentes. Com diferentes padrões e níveis de modelagem (trabalho, ação) dos processos já conhecidos, escalas e padrões de deposição e erosão (PITTY, 1982). Este princípio, no que tange ao seu cerne, é um princípio evolutivo, ao propor que o entendimento do presente permite o entendimento da evolução natural da paisagem, a sua dinâmica física, a dinâmica da natureza, seriam as mesmas desde a formação do universo, embora possam ocorrer com diferentes intensidades (MOURA-FÉ, 2006).

Desta forma, para Claudino-Sales (2004), da adoção do Princípio do Atualismo,

surgem, numa perspectiva geográfica, espacial, a recomposição da longa história das paisagens naturais.

Tal abordagem guiará a recomposição das etapas geomorfológicas e evolutivas da margem continental do Estado do Ceará, com ênfase no sítio natural da cidade de Fortaleza, ao longo do tempo geológico, permitindo ainda análises comparativas com áreas não urbanizadas dessa margem continental, bem como com áreas mundiais onde processos tais como elaboração de pedimentos, formação de leques aluviais e atuação do mecanismo de flexura marginal tenham sido estudados em detalhe.

As transformações processam-se na natureza em diferentes escalas temporais e, desta maneira, muitas mudanças ocorridas em dezenas, centenas ou milhares de anos não podem ser percebidas a olho nu, sendo, muitas vezes, necessário recorrer ao auxílio de equipamentos de precisão (SUGUIO, 1999).

As naturezas das transformações necessárias dependem dos alcances espacial e temporal dos fenômenos a serem prognosticados. Em geral, dados locais e de passado recente são suficientes para o prognóstico de fenômenos locais, mas dados espacial e temporalmente abrangentes tornam-se imprescindíveis ao prognóstico de fenômenos globais (SUGUIO, 1999).

Assim, a apreensão da dinâmica relacionada ao Princípio do Atualismo é obtida por clássicas técnicas de levantamento de campo, análises laboratoriais e interpretação de cartas, hoje agregando instrumentos novos oriundos de técnicas de informatização (construção de modelos numéricos de terreno) e do sensoriamento remoto da superfície da Terra (radar, satélite) (CLAUDINO-SALES, 2004).

Na seqüência apresentamos um detalhamento do contingente técnico associado ao Princípio metodológico apresentado e discutido acima, e que irá contribuir de maneira incisiva para o avanço das temáticas de estudo e pesquisa propostas, sobretudo na reconstituição dos eventos mais antigos dessa complexa história evolutiva.

2.3. TÉCNICAS E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

Associados a este princípio norteador foram adotadas técnicas de pesquisa que possibilitaram o desenvolvimento do estudo sobre a evolução geomorfológica do sítio natural da cidade de Fortaleza, incluindo as suas dimensões:

- Geomorfológica, que perfaz as temporalidades do longo ao curto termo, onde perpassa o conjunto de processos genético-evolutivos que originaram a

configuração do sítio natural de Fortaleza;

- Morfoestrutural de idade Cretácea, tratando da configuração pré e sin-Cretácea do modelado da área - riftiamento abortado do eixo Cariri -Potiguar, culminando com a abertura do Atlântico Sul, formação de pedimentos, além de uma breve zonação morfoestrutural baseada em trabalhos anteriores;
- Etapa evolutiva de idade Terciária: com enfoque morfoestrutural, tratando da atuação do mecanismo de Flexura Marginal, além da gênese dos relevos vulcânicos de caráter alcalino ocorridas na Região Metropolitana de Fortaleza – a Formação Messejana;
- Etapa evolutiva Terciária: com enfoque na deposição da Formação Barreiras, nas hipóteses evolutivas, nas suas características litológicas e estratigráficas básicas e nos seus mecanismos deposicionais, além da configuração primordial da zona costeira atual;
- Etapa evolutiva Quaternária: onde há a discussão e a análise da dinâmica geomórfica mais recente, com a modelagem dos relevos mais antigos, o surgimento e a evolução das formas quaternárias, dentre elas, as dunas, as planícies fluviais e flúvio-marinhas, as lagoas e as praias;
- Geomorfológica atual: tratando da cidade e os seus relevos hoje. Estágio evolutivo, morfometria, topografia dos relevos, seus teores de conservação ou degradação, além dos principais padrões de uso e ocupação verificados e decorrentes da urbanização da cidade;
- Aspectos sócioambientais no âmbito da escala de tempo histórica: associada às alterações no sítio natural de Fortaleza resultantes do processo de urbanização verificado, sobremaneira, ao longo dos séculos XVIII, XIX e XX, a pressão sobre o meio ambiente, fatores atuais, além das perspectivas para o futuro do sítio natural de Fortaleza.

De maneira geral, as atividades de pesquisa foram subdivididas em três etapas: as atividades de gabinete, os trabalhos de campo e as atividades realizadas em laboratório.

2.3.1. Atividades de Gabinete:

A etapa de gabinete se iniciou com um **levantamento bibliográfico** detalhado sobre a produção científica associada à evolução geomorfológica e morfoestrutural sin e pós-cretácea da margem continental do Nordeste Equatorial, sobretudo, na porção cearense, sendo

dada ênfase maior no segmento associado ao espaço urbano atual da cidade de Fortaleza e áreas adjacentes, na perspectiva de inserir morfoestruturas identificadas em um contexto geológico-geomorfológico coerente;

Também foi feita uma ampla pesquisa bibliográfica acerca da evolução morfoestrutural de idade terciária, com ênfase na caracterização geral dos relevos associados ao vulcanismo alcalino ocorrido na Região Metropolitana de Fortaleza. Além disso, foi abordada a gênese e os mecanismos deposicionais dos sedimentos cenozóicos – Formação Barreiras - que permeiam diversos setores da capital do Estado, bem como das suas características litológicas e estratigráficas.

Uma pesquisa bibliográfica voltada para a identificação das formas de relevo ainda existentes no sítio natural de Fortaleza, inserindo-as em um contexto temporo-evolutivo global também foi realizada.

Ainda foi feita uma coleta de dados históricos e diagnósticos associados à temática sócioambiental e às alterações urbanas no sítio natural de Fortaleza. Por fim, foram realizadas as etapas de síntese dos resultados obtidos, organização das idéias, argumentos, hipóteses e conclusões para a culminante etapa de redação da Dissertação de Mestrado.

2.3.2. Atividades de Campo:

Nos levantamentos de campo, se buscou realizar um reconhecimento dos registros morfoestruturais Cretáceos e Terciários identificadas nas áreas costeiras e litorâneas de Fortaleza, bem como do reconhecimento e caracterização geológico-geomorfológica das formas de relevo identificadas no sítio natural de Fortaleza.

Foi feita a identificação dos segmentos urbanos nos quais os atributos naturais primários ainda persistem e das principais alterações no sítio natural a partir do processo de urbanização.

Registros fotográficos, das características topográficas e morfométricas, além da determinação das coordenadas UTM de todos os elementos abordados e estudados ao longo do desenvolvimento do tema de pesquisa proposto.

Análise das cartas em campo para uma melhor definição dos contatos, limites das unidades mapeadas, visando, em suma, aperfeiçoar as cartas propostas e elaboradas desde o projeto de pesquisa.

2.3.3. Atividades de laboratório:

No que diz respeito às atividades de laboratório, foram feitas análises detalhadas, tanto de material impresso quanto digital dos seguintes mapas e cartas:

1. Mapa Geológico do Estado do Ceará, na escala 1:500.000 (CPRM, 2003);
2. Mapa Geológico da Região Metropolitana de Fortaleza, na escala de 1:150.000 (BRANDÃO, 1995);
3. Mapa Morfoestrutural do Ceará e Áreas Adjacentes do Rio Grande do Norte e Paraíba – feito por Peulvast e Claudino-Sales, escala 1:500.000 (CPRM, 2003);
4. Carta Morfoestrutural da Região de Baturité, Nordeste do Brasil – elaborada por Bétard, Peulvast e Claudino-Sales (2005), além de cartas geológicas produzidas por projetos de pesquisa específicos como relatórios de graduação e dissertações de mestrado realizadas na área;

Também fizemos a utilização de uma carta imagem de radar, além de mapas temáticos oriundos do projeto Radambrasil (BRASIL, 1981) – Folha Fortaleza (escala 1:1.000.000), de mapas temáticos (tipos climáticos, dados de temperatura e precipitação médias, classes de solos etc.) disponibilizados pela página do Iplance na Internet, de mapas pedológicos do Estado do Ceará (FUNCEME, 2001), também disponibilizados na Internet, no sítio oficial da Funceme, e de mapas temáticos da cidade de Fortaleza, compilados pelo Plano Diretor de Fortaleza (2006).

Análises baseadas em informações cartográficas e topográficas com maior detalhamento através das cartas atualizadas da SUDENE, folhas: Fortaleza, Aquiraz, Beberibe e Baturité (escala de 1:100.000).

Também foram utilizadas Imagens do satélite Landsat (EMBRAPA, 2002), disponível em CD-Rom, em diversas escalas, além de imagens de satélites disponíveis no software *Google Earth + World Wind*; imagem do Satélite Sino-Brasileiro CBERS (2004), disponível na Internet, além de material do satélite *Quickbird*.

Foi realizada a interpretação de Fotografias aéreas atuais da cidade de Fortaleza oriundas do Projeto Aerofoto Nordeste (2002) e do Levantamento Ortofotos (2001), além de material do projeto: “Série por Município”, além de fotografias antigas adquiridas em diversos órgãos públicos e cedidas também do acervo pessoal por pesquisadores autônomos, em diversas escalas e feitas em diferentes datas.

Elaboração dos mapas propostos nos objetivos do projeto de pesquisa através do Software: *Autocad Map 2000*.

A carta base utilizada para os mapas elaborados na pesquisa tiveram como base o Mapa da cidade de Fortaleza, elaborado numa escala de 1:25.000, tendo como apoio as Cartas dos bairros de Fortaleza (1:2.000) – oriundas do projeto Leg For (SEINF / PMF, 2003), além da Planta Urbana de Fortaleza, numa edição atualizada em 2002, na escala de 1:21.000.

Foi feita a identificação e cartografia de todos os elementos abordados e estudados, dentre eles:

1. As morfoestruturas que indicam o arranjo estrutural da área (controle estrutural da rede de drenagem, correlações topográficas entre os diversos modelados), bem como:
2. A extensão e distribuição dos depósitos cenozóicos;
3. As características topográficas do sítio natural;
4. As disposições espaciais gerais e singulares dos relevos, além da fundamental:
5. Correlação entre topografia e substrato geológico.

Tais análises já tiveram como base as cartas elaboradas durante a realização dessa Dissertação de Mestrado, que são: Mapa geológico simplificado de Fortaleza, Mapa Geomorfológico de Fortaleza, Mapa Urbano-Hidrográfico de Fortaleza, Mapa Geomorfológico – Urbano de Fortaleza, Mapa Geomorfológico com uma proposta de classificação das Lagoas de Fortaleza, além de um Mapa Geomorfológico com curvas de Nível com equidistância de 20 metros.

Os mapas supracitados tiveram como base, além do Mapa de Fortaleza da SEINF / PMF (2003), o Mapa Geológico da RMF (1995) e do Mapa Geológico do Estado do Ceará (CPRM, 2003), informações de cartas topográficas, perfis de sondagens adquiridos junto a CPRM, CAGECE e SEMACE, análises de fotografias aéreas e Imagens de Satélite, além de levantamentos de campo

As análises dos aspectos litológicos e estratigráficos de todo o Sítio Natural da cidade de Fortaleza através de dados de sondagens e perfuração de poços realizados em datas variadas em diversos bairros de Fortaleza.

Os dados de mais de 1.100 poços de toda a cidade de Fortaleza possibilitou verificar, dentre outras coisas, a espessura dos pacotes sedimentares, além da sua justaposição vertical em relação aos mais recentes, bem como de lançar hipóteses e conclusões momentâneas acerca de alguns aspectos evolutivos tratados neste trabalho.

PARTE II

EVOLUÇÃO MORFOESTRUTURAL E MORFOLÓGICA DO SÍTIO NATURAL DE FORTALEZA

CAPÍTULO 3:



SEPARAÇÃO CRETÁCEA DO BRASIL E DA ÁFRICA: A FORMAÇÃO DA MARGEM CONTINENTAL DE FORTALEZA

3. SEPARAÇÃO CRETÁCEA DO BRASIL E DA ÁFRICA: A FORMAÇÃO DA MARGEM CONTINENTAL DE FORTALEZA.

O Sítio Natural de Fortaleza, assim como o modelado cearense e nordestino, de forma geral tiveram a sua configuração morfoestrutural primordial datada do período Cretáceo da era Mesozóica, através de processos que influenciaram de forma significativa a evolução morfoestrutural e geomorfológica posteriores.

A origem desse domínio remonta à um passado comumente medido com a brevidade dos tempos históricos. A pouco mais de 140 M.a. (MATOS, 1992), a América do Sul encontrava-se unida à África formando, em conjunto com Oceania, Índia e Antártida, o supercontinente Gondwana (fig. 29), segmento meridional do megacontinente Pangea (CLAUDINO-SALES, 2005).

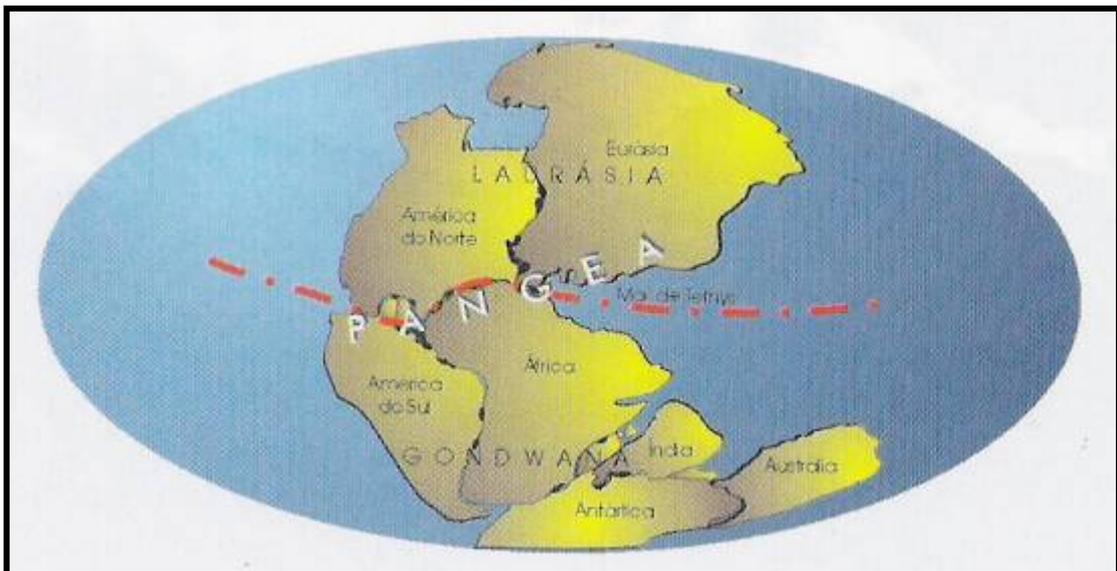


Figura 29: Ilustração do Supercontinente Pangea e sua divisão entre dois continentes: Laurásia, ao Norte, e Gondwana, ao Sul (Fonte: Tassinari, 2003).

Energia e forças naturais internas agindo através de permanente ascensão de magma em direção à superfície foram gradativamente consumindo a crosta continental, originando riftes (CLAUDINO-SALES, 2005).

Desta forma, ativadas sobre um vasto conjunto de cadeias erodidas e de blocos cristalinos herdados de longos processos de formação do supercontinente Gondwana no Pré-cambriano, as forças acumuladas desde a origem do Pangea finalmente engendraram os processos de deslocamento desse supercontinente (PEULVAST e CLAUDINO-SALES, 2004b).

A abertura dos riftes intracontinentais no Cretáceo superior foram sucedidos pela abertura continental que determinou na altura do atual Estado do Ceará, entre os continentes sul-americano e africano e a origem do Atlântico Equatorial, desde 100 M.a. (PEULVAST e CLAUDINO-SALES, 2004b).

A completa ruptura das placas sul-americana e africana originou, além do segmento equatorial do Atlântico sul, as margens continentais do nordeste brasileiro e do centro-oeste africano (CLAUDINO-SALES, 2005).

Vale frisar que a discussão pormenorizada dos processos supracitados terá como aporte teórico os trabalhos de: Claudino-Sales e Peulvast, 2007; Peulvast e Claudino-Sales, 2002, 2004a, 2004b, 2006; Claudino-Sales, 2005, 2002; Matos, 1992, 1999, 2000; Boillot, 1996; Vauchez et al, 1995; Szatmari et al, 1987; Almeida et al, 1987; Schobbenhaus et al, 1984.

Porém, antes de iniciarmos uma reconstituição e caracterização desses processos cretáceos e de suas heranças para o modelado em discussão, é necessário ter um conhecimento básico sobre os processos precedentes à importante evolução cretácea, a estrutura pré-cretácea.

3.1. A ESTRUTURA PRÉ-CRETÁCEA

No Brasil, de maneira geral, o conjunto da margem continental é do tipo passiva, ou seja, a passagem da litosfera continental à litosfera oceânica se faz no contexto da placa sul-americana, entidade tectônica cuja individualização remonta ao período Cretáceo (145,6 à 65 M.a.).

A estrutura geológica e os registros estruturais da plataforma sul-americana apresentam as marcas de quatro episódios de aglutinação e dispersão continentais que tiveram lugar entre o período de tempo entre as eras do Pré-Cambriano e do Paleozóico, ao curso dos quais as margens de antigos crátons se chocaram, desapareceram ou mesmo se reconstituíram durante eventos de abertura e/ou fechamento oceânico.

A primeira aglutinação continental, foi marcada por um processo de colisão de várias massas continentais individuais cujo resultado foi a formação (entre 2,2 e 1,8 G.a.), do super-contidente Atlântida. Esse período corresponde em linhas gerais ao período Proterozóico da era Pré-Cambriana, mais precisamente à época do Paleoproterozóico.

Na etapa seguinte, por volta de 1,8 - 1,6 G.a., final do paleoproterozóico e início do Mesoproterozóico, processos de fissão dividiram o supercontinente Atlântida em vários fragmentos individuais. Estava encerrado o ciclo do primeiro supercontinente.

O segundo processo de aglutinação parece ter se produzido no período compreendido entre 1,45 e 0,97 G.a. (época do Mesoproterozóico e início do Neoproterozóico). Essa aglutinação ocorreu ao longo de junções desenvolvidas sobre uma extensão total da ordem de 20.000 km, representadas em todos os continentes atuais, e seu resultado foi a formação do super-continente Rodínia. Entre cerca de 1,0 G.a e 750 M.a (neoproterozóico), um novo ciclo de Wilson dispersou essa massa continental. Estava encerrada mais uma etapa dos supercontinentes.

O terceiro episódio de aglutinação continental ocorreu ainda no Neoproterozóico, se estendendo até o princípio da era Paleozóica (período Cambriano), algo entre 880 e 550 Ma, dando origem ao supercontinente Panotia, formado pela Laurásia e pelo Gondwana. Na América do Sul, esse processo de colagem recebeu o nome de “Orogênese Brasileira”.

A Orogênese Brasileira representa o mais importante de todos os eventos tectônicos na evolução geológica do Brasil. De amplitude continental, essa orogênese amalgamou o bloco continental Gondwana, formado pelas massas continentais que hoje representam os continentes da África, América do Sul e Antártica, além da Oceania e da Índia.

Ao curso dessa orogênese, crátons se afrontaram em uma colisão oblíqua do tipo himalaiana, produzindo nos limites da colagem, dentre outros, um largo sistema de deformação e de dobramentos conhecido pelo nome de “Província Borborema”, a qual pertencem todos os estados do Nordeste brasileiro.

A fronteira leste da zona de colisão brasileira é bem demarcada no embasamento brasileiro, correspondendo a uma larga zona de cisalhamento de direção SO-NE, conhecida sob o nome de “lineamento transbrasiliano”. O lineamento transbrasiliano corta o território do Brasil desde o centro-oeste até o Nordeste, passando pelo noroeste do Estado do Ceará, onde ele recebe a denominação de falha “Sobral-Pedro II”.

No Estado do Ceará, os últimos atos da Orogênese Brasileira tiveram lugar em torno de 532 Ma – Cambriano médio. Esses episódios estavam ainda em curso, quando processos de fissão vieram a fragmentar o supercontinente Panotia, encerrando de maneira global, a história tectônica desse terceiro supercontinente. Embora no caso do nordeste brasileiro, esse processo de dispersão continental não tenha ocorrido.

No seio da Província Borborema, os processos de extensão associados a esses últimos estágios e à fissão do Panotia foram responsáveis pela formação de bacias

intracratônicas e também pela ocorrência de uma atividade vulcânica e plutônica intensa, em razão do que se formaram rochas extrusivas e corpos graníticos diversos.

Por volta de 250 Ma, ao final do Paleozóico e início do período Mesozóico, aconteceu a quarta e última aglutinação continental, com a orogênese, que deu origem ao supercontinente Pangea. Essa colagem parece não teve expressão no território do Ceará e no Nordeste brasileiro, em razão, como citamos acima, do fato de que o Gondwana não se fragmentou ao curso da dispersão pós-brasiliana.

Após a orogênese Brasileira, a Província Borborema parece ter sido submetida a um período de relativa calma tectônica, o qual durou até o Mesozóico, quando iniciaram os processos responsáveis pela dispersão do Pangea, assim como pela formação do Oceano Atlântico, pela individualização da América do Sul como um continente individualizado e pela formação da margem continental do Ceará e do Nordeste brasileiro, de forma geral.

A partir do Triássico superior (200 Ma), um novo ciclo oceânico começou a fragilizar o Pangea. Em relação ao Gondwana em sua porção ocidental, essa fragmentação, responsável pela abertura do Atlântico Sul, foi realizada em etapas diferentes.

A individualização dos continentes da América do Sul e da África em relação à América do Norte (Triássico Superior) deu surgimento ao segmento ocidental do oceano Atlântico Equatorial, essa abertura permaneceu inicialmente apenas até o limite do Escudo das Guianas. Ao sul, a fragmentação do Gondwana foi mais tardia, correspondendo a um movimento divergente de direção leste-oeste, caracterizado por uma rotação horária da América do Sul em relação à África (início do Neocomiano: 145 M.a.).

Na seqüência, ao curso do Neocomiano (145,6 a 131,8 M.a.; Cretáceo Inferior), a abertura se propagou axialmente em direção a norte, a abertura estacionou ao nível das zonas de falha E-W de Pernambuco e de Patos, que delimitam a Província Borborema ao sul. Todavia, esta abertura permitiu a transferência de uma parte da deformação ao segmento setentrional, de forma tal que entre o Neocomiano e o Barremiano (131,8 à 124,5 M.a.), uma série de riftes intracontinentais foram abertos na Província Borborema.

Ao mesmo tempo em que o segmento equatorial oriental (o Nordeste) do Atlântico Sul se fragmentava, os processos de fissão retomaram seu curso no segmento equatorial e, a partir do Aptiano (114 M.a.), dessa forma, ambos se desenvolveram simultaneamente. O encontro entre os dois segmentos foi feito ao curso do Albiano (108 Ma).

A evolução morfoestrutural posterior, relacionada de forma mais estreita ao território cearense e ao sítio natural de Fortaleza, pode ser subdividida em duas etapas

principais: o riftiamento intracontinental Cariri-Potiguar e o processo de abertura do Atlântico. Os principais elementos desses processos são expostos na seqüência.

3.2. O PROCESSO DE RIFTIAMENTO INTRACONTINENTAL CARIRI-POTIGUAR

De forma geral, os principais conjuntos e unidades morfológicas da zona costeira cearense são heranças da extensão intracontinental difusa e do riftiamento transformante equatorial que precedeu, no Cretáceo inferior, à abertura oceânica.

A partir daqui passamos a tratar da gênese propriamente dita, da margem continental cearense, cujas fases tectônicas iniciais remontam ao período em que, na medida em que a abertura do Atlântico Sul se propagava do sul para o norte, essa região sofria esforços distensivos de direção SE-NO. Nesse contexto uma larga depressão tectônica se desenvolveu entre as regiões oeste e nordeste dos futuros continentes africano e sul-americano, tendo como fronteira sul a falha de Patos (fig. 30).

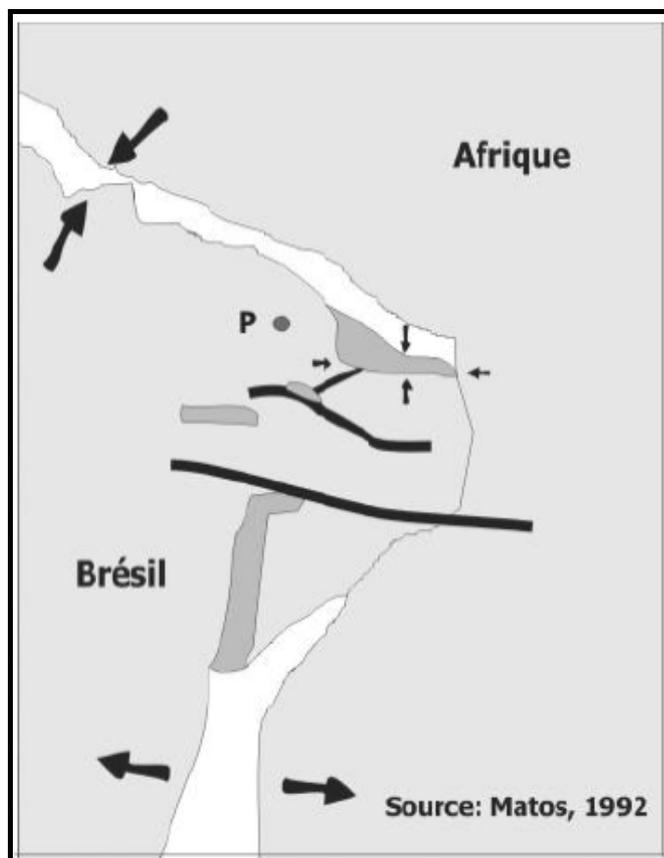


Figura 30: A última conexão entre Brasil e África. P - posição do eixo de rotação. As grandes setas indicam a direção do movimento das placas. As pequenas, a orientação do esforço tectônico (stress). (Fonte: Matos, 1992 apud Claudino-Sales e Peulvast, 2007).

Esse período de deformação corresponde à fase inicial de fragilização da crosta entre esses dois continentes, durante a qual foram formados os eixos estruturais que, na seqüência, guiaram a ruptura no setor setentrional - trata-se dos eixos Recôncavo-Tucano-Jatobá / Sergipe-Alagoas e Cariri/Potiguar, respectivamente situados ao sul e ao norte dessa falha (fig. 31).

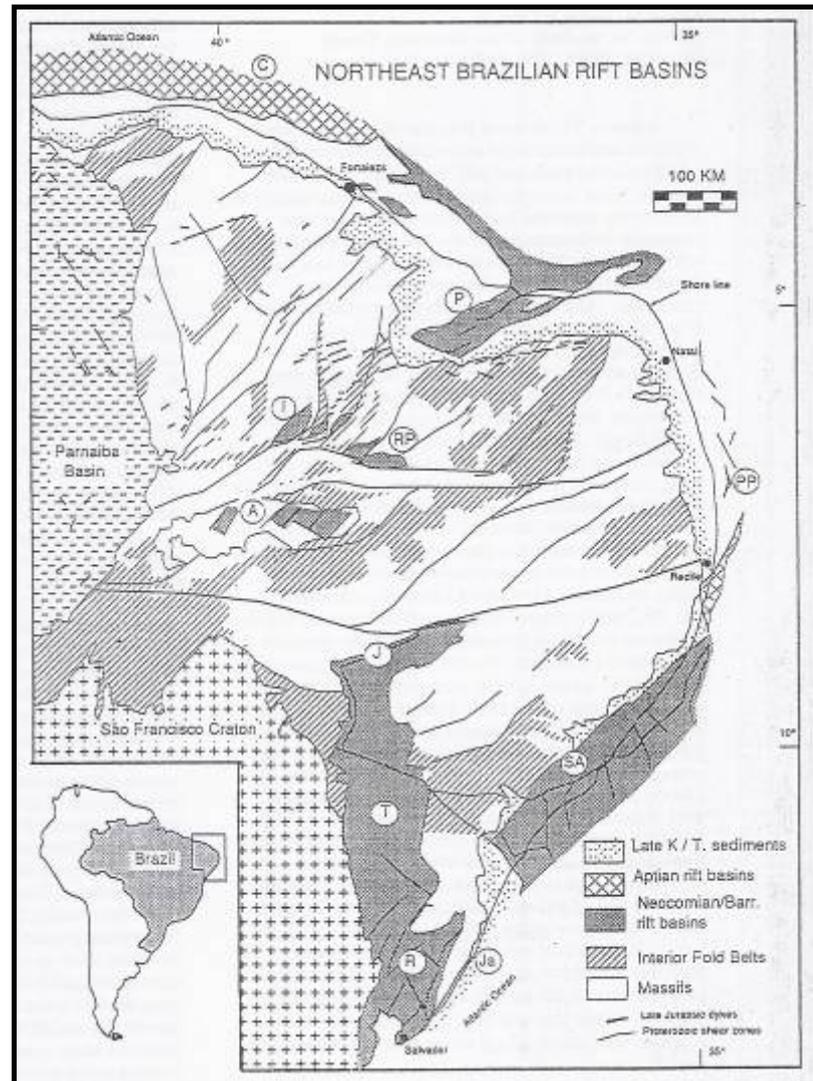


Figura 31: Mapa do Nordeste Brasileiro mostrando a distribuição das bacias sedimentares e principais feições geológicas. As Bacias cretáceas são: R (Recôncavo), T (Tucano), J (Jatobá), Ja (Jacuípe), SA (Sergipe Alagoas), A (Araripe), I (Iguatu, Malhada Vermelha, Lima Campos e Icó), RP (Rio do Peixe), P (Potiguar), PP (Pernambuco Paraíba) e C (Ceará) (Fonte: Matos, 1992).

Essas áreas apresentam sedimentos de idade jurássica nas suas partes basais, testemunhos desse início de fissão da crosta do Gondwana. No Cretáceo inferior, ocorreu a

formação de riftes no eixo estrutural Cariri-Potiguar, de orientação SE-NO, de idade Neocomiana (145-130 M.a).

Entre os atuais estados do Ceará e Rio Grande do Norte, o processo de riftiamento associado ao eixo estrutural Cariri-Potiguar teve lugar. O eixo Cariri/Potiguar representa um conjunto de riftes de pequenas dimensões - Rio do Peixe, Icó, Malhada Vermelha, Iguatu, Lima Campos, Nazaré, Pau dos Ferros – dispostos entre os riftes Potiguar, a nordeste, e o rifte Cariri, ao sul, ambos de maiores dimensões.

À exceção do rifte do Rio do Peixe, assim como aqueles do segmento meridional, os demais se situam parcial ou totalmente incrustados no atual território do Estado do Ceará.

No final do Barremiano (por volta de 124,5 M.a) (fig. 32), uma mudança maior na trajetória da separação continental teve lugar: os esforços de deformação, até então determinados pela ação de forças distensivas de direção SE-NO, passaram a atuar segundo a direção L-O, em razão de um movimento que passou a apresentar um sentido anti-horário, a partir de então, da América do Sul em relação à África.

Assim, a deformação principal passou a se localizar na parte equatorial, com o começo da extensão L-O gerando condições transtensionais na região onde seria originada a bacia Potiguar.

Em razão dessa mudança, o conjunto dos riftes neocomianos foi abortado. Esses abortamentos dos riftes no Barremiano (130-125 M.a.) propiciou a formação das bacias sedimentares Potiguar (ou Apodi) e do Araripe fossas abortadas (fig. 32). Em compensação, o setor *offshore* iniciou seu período evolutivo mais ativo. Ao mesmo tempo, o segmento equatorial do Atlântico se propagava em direção ao Nordeste.

A bacia Potiguar foi preenchida então, por séries espessas (de até 4 km) de sedimentos fluviais, deltáicos e lacustres do Neocomiano inferior a Barremiano ou Aptiano inferior, refletindo, assim, uma profunda erosão do embasamento soerguido nas adjacências.

A etapa final da evolução da bacia Potiguar ocorreu por volta de 70 M.a. No topo desta, no prosseguimento da história evolutiva da região, foi modelada a chapada cuestiforme do Apodi.

Por outro lado, à oeste, na área correspondente do rifte, um amplo relevo montanhoso agregava os atuais maciços de Baturité, Irauçuba, além dos maciços centrais e do sudoeste do Ceará – serras das Matas, Pipocas e Branca. Esse conjunto representava o ombro oeste do rifte intracontinental Potiguar, embora mais desenvolvido na época do que atualmente.

TABELA GEOCRONOLÓGICA
Evolução Geomorfológica do Sítio Natural de Fortaleza, Ceará

ERA	PERÍODO	SÉRIE	Estágio	Idade	EVENTOS
Mesozóico	Cretáceo	Inferior	Albiano	108 M.a.	Separação definitiva entre África e Brasil, início da fase drift - Abertura do Atlântico Sul
			Aptiano	112 M.a.	Estiramento da Crosta no Golfo da Guiné e Abertura de Fossas Transformantes e do Atlântico Equatorial (Nordeste brasileiro)
				114 M.a.	Fragmentação do Gondwana – Eixo Equatorial / Nordeste Setentrional (Sítio Natural de Fortaleza)
			Barremiano	130 – 125 M.a.	Mudança no sentido da separação continental (de SE-NO para L-O) e Início da formação da margem transformante do Nordeste Brasileiro
					Abortamento dos riftes intracontinentais e início da formação das bacias sedimentares Potiguar e Araripe
			Neocomiano - Barremiano	131,8 - 124,5 M.a.	Abertura de Riftes Intracontinentais. na Província Borborema
			Neocomiano	145,6 - 131,8 M.a.	Fragmentação do Gondwana – Eixo Norte / Formação do Eixo Estrutural Cariri-potiguar
				145 M.a.	Fragmentação do Gondwana – Eixo Sul

	Triássico	Superior		200 M.a.	Início da Fragmentação do Pangea
Paleozóico	Permiano			250 M.a.	Aglutinação do Pangea
	Cambriano	Médio	-	532 M.a.	Fragmentação do Panotia
			-	0,88 – 0,55 G.a.	Aglutinação do Panotia – Orogênese Brasileira
Pré-Cambriano	Proterozóico	Neoproterozóico/	-	1,0 – 0,75 G.a.	Fragmentação do Rodínia
		Neo/Mesoprot.	-	1,45 – 0,95 G.a.	Aglutinação do Rodínia
		Meso/ Paleoprot.	-	1,8 – 1,6 G.a.	Fragmentação do Atlântida
		Paleoproterozóico	-	2,2 – 1,8 G.a.	Aglutinação do Atlântida

Figura 32: Tabela Geo-Cronológica – Pré-Cambriano ao Mesozóico Inferior, até a separação definitiva entre África e Brasil (Fonte das Idades: Foucault e Raoult, 1995; Fonte dos Eventos: vários autores – Org. Marcelo Martins, 2008).

Dessa maneira, em suma, o período compreendido entre o final do Barremiano e o Albiano (124,5 à 97 M.a.) impôs um novo sistema de deformação, estando na origem da formação de uma margem do tipo transformante nessa área. Iniciava-se então, a segunda etapa de morfoestruturação básica da margem continental cearense e do Sítio Natural de Fortaleza: o processo final de Abertura do tipo Transformante do Atlântico.

3.3. A ABERTURA TRANSFORMANTE DO ATLÂNTICO

No final do Barremiano (124,5 M.a.), ao mesmo tempo em que movimentos transformantes começaram a formar a margem do Nordeste brasileiro, o riftiamento se iniciava no prolongamento da Bacia Potiguar no lado africano, mais precisamente na área da fossa de Benoué –Benue Though.

Ao final do Aptiano (por volta de 112 M.a.), a crosta na região do Golfo da Guiné sofreu um estiramento máximo. Esse estiramento produziu a disjunção entre os dois continentes e a completa abertura do Atlântico equatorial, até então segmentado em dois setores – o setor ocidental, correspondendo à margem brasileira Norte, e o setor oriental, correspondendo à margem do Nordeste.

A abertura de fossas transformantes através de esforços transtensionais e transpressivos de orientação SE-NO e L-O no Aptiano / Albiano (125-100 M.a.), rompeu a bacia do Apodi e criou as zonas de fraturas que deram origem ao oceano Atlântico no nordeste equatorial brasileiro.

A última conexão entre a África e a América do Sul, conhecida sob o nome de “zona transversal”, estaria situada a sudeste da Bacia Potiguar e o Golfo da Guiné. A separação definitiva ocorreu no Albiano, em torno de 108 M.a. A partir de então, teve início a fase de deriva entre os continentes (drift phase). O período compreendido entre o final do Cretáceo Inferior e o Cenomaniano (105-80 M.a.) foi marcado por uma subsidência térmica dos riftes abortados Cariri e Potiguar.

Em função dessa subsidência, os riftes e suas áreas adjacentes, então topograficamente deprimidas, foram submetidas à uma sedimentação cada vez mais progressiva, em meio lacustre, de transição continente / oceano, posteriormente, no caso do rifte abordado Cariri, amplamente continental, e, inicialmente em meio continental e depois em meio marinho no caso do rifte Potiguar onshore. O caráter marginal da bacia Potiguar contribui para se considerar sua cobertura pós-rifte.

A subsidência térmica das bacias sedimentares propiciou a deposição das coberturas de topo entre o Cenomaniano e o Campaniano (99-85 M.a.), representadas pela formação Açú e Jandaíra na bacia Potiguar. Assim, na porção emersa da bacia Potiguar, a cobertura sedimentar pós-rifte recobriu completamente e ultrapassou largamente os limites da bacia e dos depósitos sin-rifte, recobrando parcela das áreas aplainadas adjacentes que teriam, portanto, sido aplainadas num período pré-cenomaniano (a superfície pré-Cenomaniana).

De natureza transgressiva, essa cobertura pós-rifte é representada pelo arenito fluvial Açú na parte basal; no topo e recobrando o embasamento no segmento oeste se encontra o calcário Jandaíra, acumulado em ambiente lagunar ou de mar aberto.

Imediatamente após a deposição da Formação Jandaíra no Mesocampaniano (80 Ma – Cretáceo Superior), a Bacia Potiguar passou por reativações tectônicas, responsáveis por uma série de dobramentos e falhamento de grandes dimensões. Esse período de deformação atingiu tanto o segmento imerso quanto o emerso. Nesse evento, ocorreu um soerguimento dos terrenos ao sul e, em consequência, uma inversão tectônica e topográfica da Bacia Potiguar. Esse soerguimento do relevo induziu uma intensa fase de degradação, cuja testemunha é uma discordância erosiva bastante extensa, a discordância pré-Ubarana, presente no topo da Formação Jandaíra no seu prolongamento offshore.

Além da Bacia Potiguar, a bacia cretácea do Araripe e a bacia paleozóica do Parnaíba também foram soerguidas durante o Cretáceo superior. As reativações tectônicas foram também assinaladas nas fossas transformantes offshore da margem continental do Ceará.

Além destes, soerguimentos em outros setores continentais foram igualmente detectados, ao sul do setor setentrional do nordeste brasileiro, a partir de resultados de estudos de traços de fissão em apatitas, o que sugere que as reativações do Cretáceo Superior aparentemente tiveram um caráter regional. Elas seriam o resultado da ação de fases de compressão de direção N-S, resultante do movimento divergente ao longo das zonas transformantes equatoriais de Chain, Romanche e São Paul. A esse conjunto de deformações responsáveis pela estruturação da margem continental do Nordeste setentrional brasileiro corresponde uma fase fundamental da evolução geomorfológica regional que deu origem às grandes linhas do relevo atual.

Dos cenários cretáceos, todavia, pouca coisa restou na paisagem, além de verdadeiras “reliquias”. A ação de processos posteriores erodiu e/ou inumou as estruturas primárias, mas ainda hoje influenciam na dinâmica costeira, através, por exemplo, da alternância de compartimentos relativamente deprimidos e elevados, das mudanças de

orientação da linha de costa, além da presença de ponta rochosas cristalinas, como as pontas do Iguape, Mucuripe, Pecém e Jericoacoara que, de forma geral, representam eixos de ruptura do Gondwana ainda perceptíveis na paisagem cearense.

Dessa forma, dos processos ocorridos ao longo do Cretáceo, o Sítio Natural de Fortaleza herdou dois elementos importantes e ainda visíveis na paisagem:

- A conformação do seu litoral, com uma direção: SE-NO, desde a foz do rio Pacoti, passando pelas Praias do Cofeco, Sabiaguaba, do Caça e Pesca e do Futuro e pela foz do rio Cocó, até a Ponta do Mucuripe. Deste setor em diante, o litoral de Fortaleza, toma, grosso modo, uma direção E-W, desde a Ponta do Mucuripe até a foz do rio Ceará.
- A própria Ponta do Mucuripe (fig. 33) que, como foi citado acima, representa um dos eixos de ruptura do Gondwana, além de se configurar como um importante elemento para a dinâmica quaternária que será discutida a partir do capítulo 5 (“A Dinâmica Geomórfica Quaternária”).

Na seqüência trataremos das heranças cretáceas, oriundas dos processos tratados acima.



Figura 33: Foto da Ponta do Mucuripe, no início da construção do Porto do Mucuripe, um eixo de ruptura do Gondwana, resquício dos processos Cretáceos ainda perceptíveis na morfologia do Sítio Natural de Fortaleza (Fonte: Acervo Nirez).

3.4. AS HERANÇAS CRETÁCEAS

De maneira geral, a organização da morfologia regional pode ser caracterizada pela disposição de relevos em um vasto anfiteatro de altas terras cristalinas e sedimentares enquadrando superfícies aplainadas com relevos residuais, suavemente inclinadas ao norte em direção ao Atlântico (fig. 34).

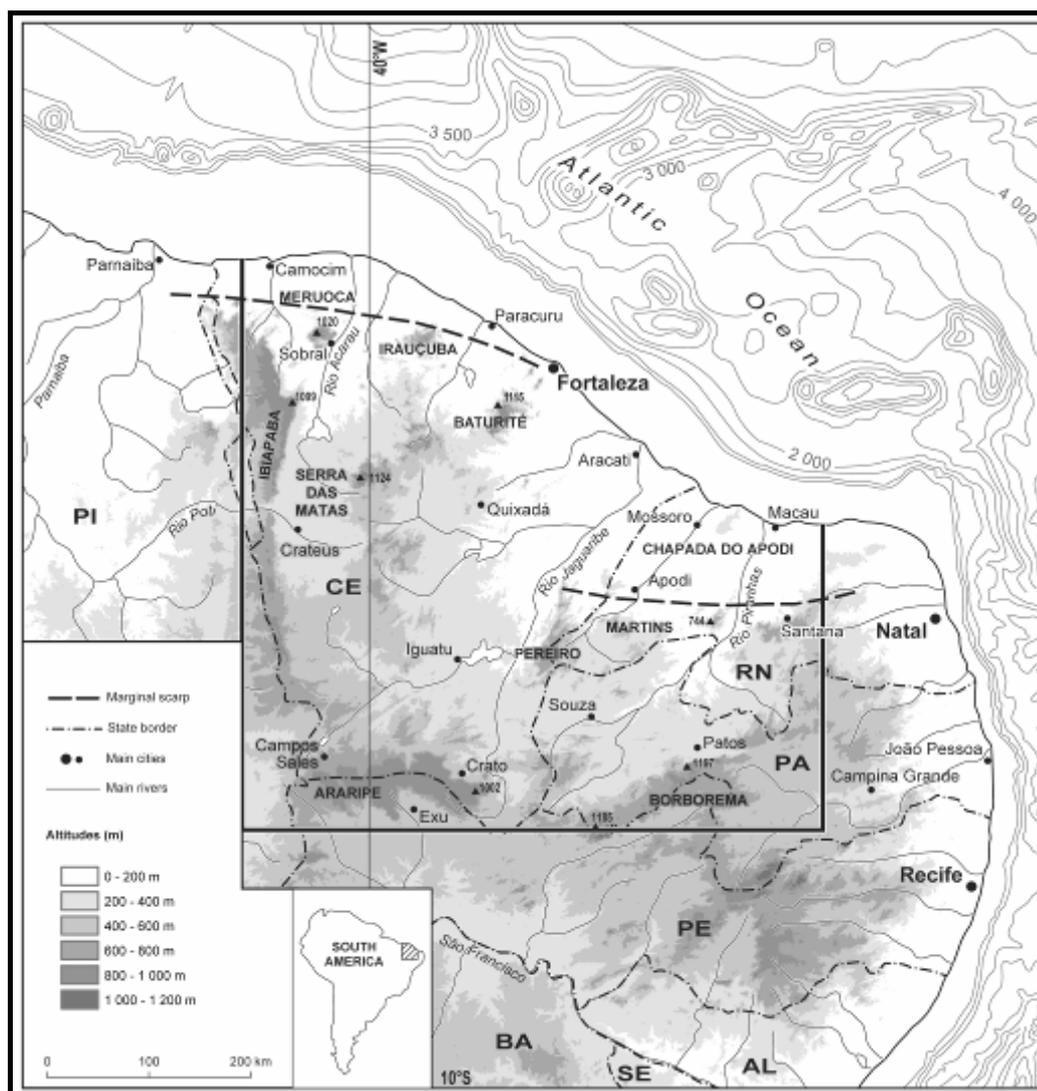


Figura 34: Mapa do Anfi-teatro com informações Hipsométricas da porção Norte do Nordeste Brasileiro (Fonte: Peulvast et al, 2006).

Aberta ao Norte, por meio da baixa plataforma calcárea da bacia Potiguar, a fachada marítima cearense é bordejada por vestígios do ombro oeste do rifte abortado Cariri-Potiguar (maciço de Baturité, serras da Aratanha e Maranguape). Tais relevos correspondem também, em conjunto com os maciços de Uruburetama e Meruoca, e com a extremidade nordeste do platô da Ibiapaba, ao ombro sul da ruptura transformante Atlântica que se

desenvolveu, como vimos acima, de maneira transversal à área de riftiamento intracontinental abortada.

A partir do sopé desses relevos, a área apresenta-se aplainada (superfície Sertaneja) e fossilizada pelas areias argilosas da formação Barreiras no segmento costeiro, se colocando como um paleopiemonte, formando concomitantemente, o substrato da Formação Barreiras.

A superfície sertaneja, que se estende entre os maciços citados acima, tanto a leste quanto a oeste, é uma superfície composta que incorpora setores aplainados de idade pré-Cenomaniana (pré-rifte intracontinental, portanto) e terciária com relevos do tipo inselbergs, parcialmente inumados e exumados, no entorno dos riftes neocomianos.

Essa organização é em grande parte herdada do Cretáceo - os episódios tectônicos e erosivos do Terciário, de pequena intensidade, não foram suficientes para alterar essa herança. Esse dispositivo, herdado diretamente do Cretáceo parece não ter mudado ao longo do Cenozóico, tanto na zona costeira quanto no interior do continente, o que coloca o Cretáceo, e não o Terciário, como o período mais significativo da estruturação da morfologia regional.

3.5. ZONAÇÃO MORFOESTRUTURAL

De forma ampla, o setor à oeste da zona de falha de Senador Pompeu permaneceu fora da área de subsidência Aracati-Potiguar, processo correlato ao riftiamento abortado Cariri-Potiguar (tópico 4.3). Tal situação permitiria a sugestão de variações laterais nos movimentos pós-rifte e na história da evolução dos relevos, com a formação de dois grandes blocos diferenciados, cuja fronteira coincide aproximadamente, com a zona de cisalhamento de Senador Pompeu e falhas associadas (fig. 35).

Entretanto, estas variações talvez tenham sido bastante moderadas, a ponto de permitir o amplo desenvolvimento de pediplanos em ambos os lados da zona de cisalhamento. Ambos os compartimentos sofreram diferenciação de relevo e desenvolvimento de depressões internas conectadas aos pediplanos sertanejo e litorâneo, especialmente em torno dos meio-grábens cretáceos (fig. 35) e zonas de cisalhamento brasileiro reativadas durante o riftiamento.

Considerando que a modelagem de grandes pediplanos aconteceu na área norte, permitindo assim a deposição dos sedimentos da formação Barreiras, verifica-se que apenas

pedimentos mais altos ou superfícies de transporte foram formadas no interior, em torno de sistemas descontínuos de cumes.

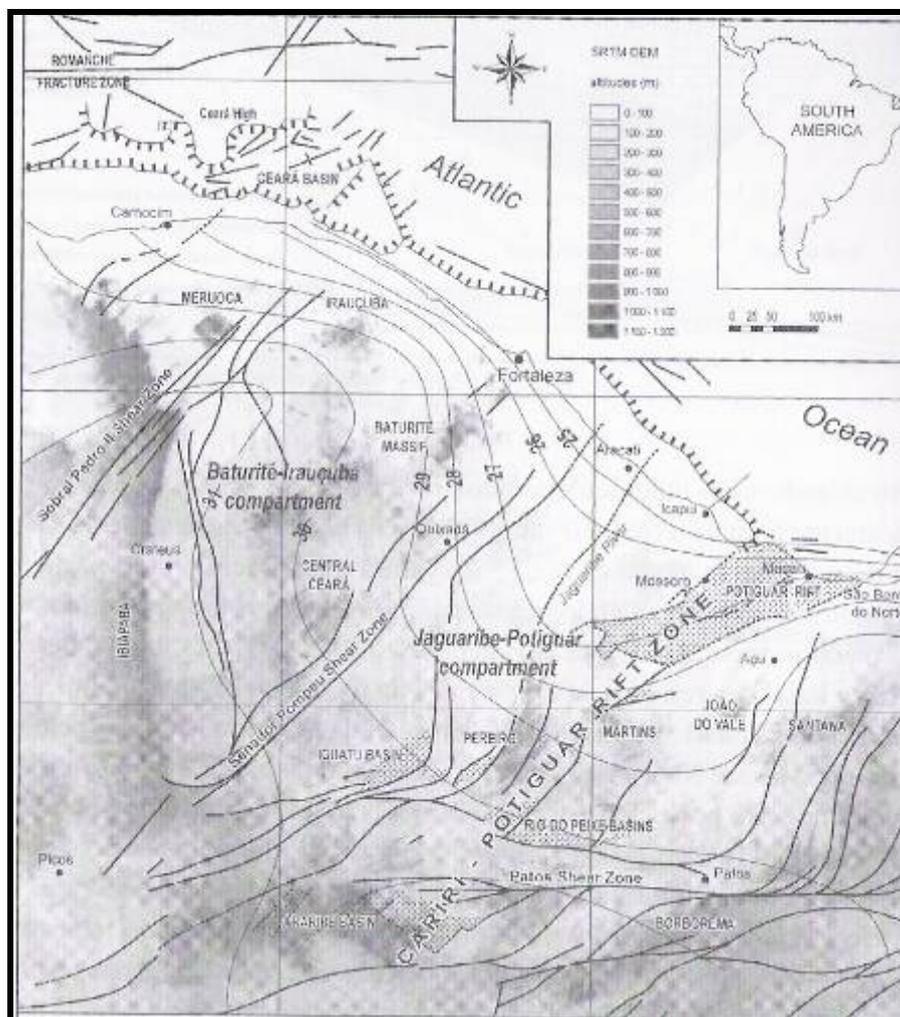


Figura 35: Mapa das Principais Zonas de Falha do Nordeste Setentrional
(Fonte: Peulvast et al, 2006)

Por sua vez, tratando da organização morfológica da zona costeira resultante da tectônica cretácea, tem correlação com uma compartimentação morfoestrutural que controla, em parte, as características morfodinâmicas da zona costeira cearense. Cinco domínios morfoestruturais foram identificados, partindo de oeste para leste: os domínios Jaguaribe, Choró, Baturité (no qual se insere o sítio natural de Fortaleza), Jaibaras e Chaval.

Ao centro dos cinco domínios e à oeste da zona de cisalhamento de Senador Pompeu, nos domínios morfoestruturais Baturité e Jaibaras, a superfície Sertaneja é mais larga e coloca-se ao sopé de relevos elevados situados a pouco mais de 15 km da costa, este é o caso das vertentes setentrionais do maciço de Baturité.

A presença desses relevos nesses segmentos elevados da margem continental é materializada pela existência ao longo da linha de costa do afloramento das pontas do Iguape, Pecém e, notadamente, no caso de Fortaleza, da ponta do Mucuripe.

O domínio Baturité estende-se desde a praia do Presídio / Ponta do Iguape (município de Cascavel) até a região de Lagoinha (município de Paraipaba). Trata-se de um compartimento estrutural elevado, caracterizado pela persistência no tempo dos vestígios do ombro oeste do rifte Potiguar (maciço de Baturité, com extensões até a zona litorânea através das pontas do Mucuripe e Pecém). A parcela fundamental da evolução desses complexos estruturais parece ter sido encerrada no Terciário superior, com a ocorrência do mecanismo de flexura marginal (vide capítulo 5) e a conseqüente deposição da cobertura sedimentar compartimentada na formação Barreiras, eventos tais, que transformaram de forma significativa a morfologia da zona costeira cearense e do sítio natural de Fortaleza.

CAPÍTULO 4:



TERCIÁRIO: INÍCIO DA CONFIGURAÇÃO ATUAL DO SÍTIO NATURAL

4. TERCIÁRIO: INÍCIO DA CONFIGURAÇÃO ATUAL DO SÍTIO NATURAL

4.1. EVENTOS MORFOESTRUTURAIS

4.1.1. O MAGMATISMO TERCIÁRIO ALCALINO DO NORDESTE BRASILEIRO

A partir do Jurássico, o Nordeste do Brasil sofreu diversos eventos magmáticos, intrusivos e efusivos, cujas idades ainda não estão completamente estabelecidas. Seus melhores registros se dão acima do paralelo de 8°, concentrando-se em algumas bacias sedimentares, como as do Parnaíba, Potiguar e Lavras da Mangabeira (fig. 36). Nas áreas pré-Cambrianas, as ocorrências são relativamente dispersas, restringindo-se a porções afastadas do Cráton do São Francisco (ALMEIDA et al, 1988).

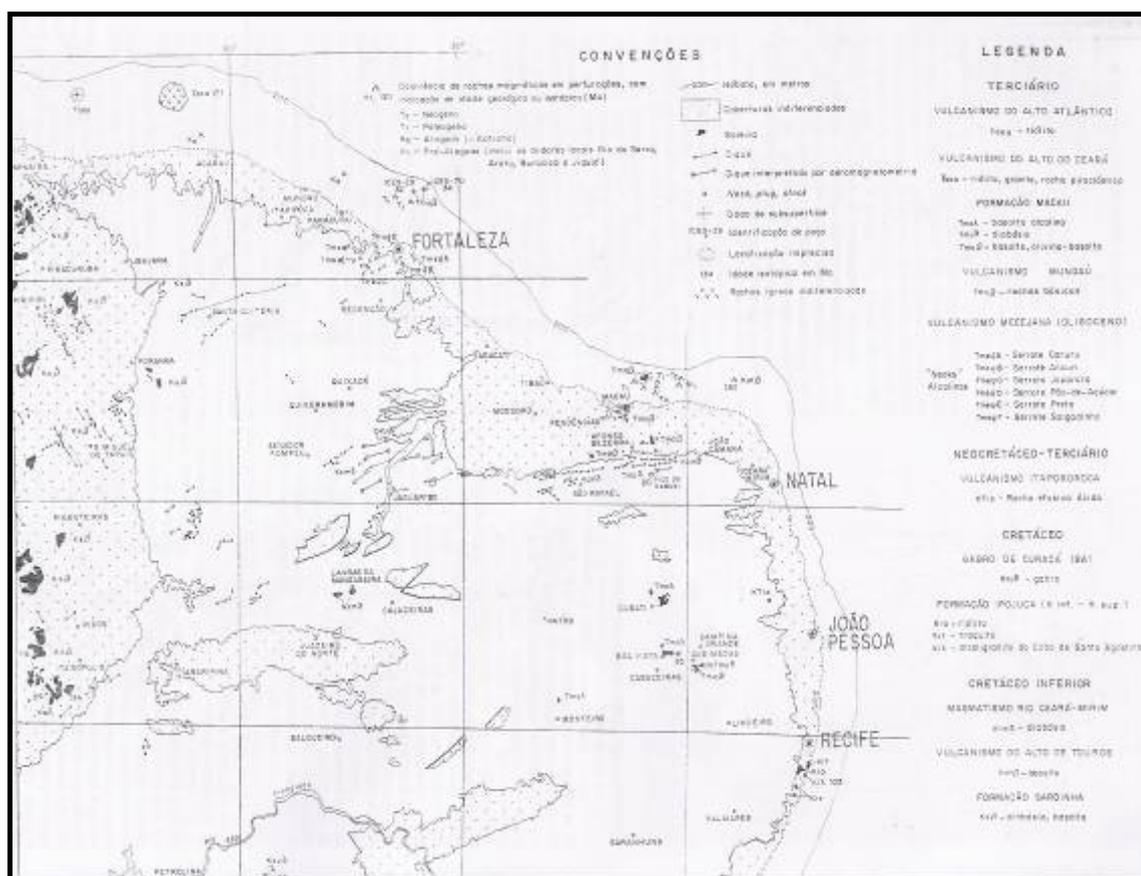


Figura 36: Mapa das Principais Ocorrências de Magmatismo Pós-Paleozóico no Nordeste Oriental (Fonte: Almeida et al, 1988).

De acordo com Almeida et al (1988), três grupos principais de idades são conhecidos. As manifestações mais antigas têm idade Juro-Cretáceas (pré-Aptianas), onde litologicamente predominam os basaltos toleíticos. O grupo de idade intermediária é balizado

no Albiano, e o grupo mais recente tem idade Terciária. Litologicamente, estes dois últimos apresentam olivina modal e composição alcalina, respectivamente.

Aparentemente, houve uma fase de quietude magmática compreendendo o Neocretáceo e o Paleoceno. Vale frisar a existência de dois alinhamentos de corpos ígneos no contexto nordestino: os diques do magmatismo Rio Ceará-Mirim (Jurássico-Cretáceo), dispostos no sentido L-O, e os corpos intrusivos e extrusivos da formação Macau (Eoceno-Mioceno), que se alinham segundo um zona N-S a NNO, afastada cerca de 150 km da região costeira entre Natal e Recife (fig. 36) (ALMEIDA et al, 1988).

O magmatismo Terciário afetou áreas mais expressivas que o evento anterior, desde o Rio Grande do Norte e Paraíba (formação Macau) até o Estado do Ceará (formação Messejana) (fig. 37). (CARNEIRO et al, 1989).

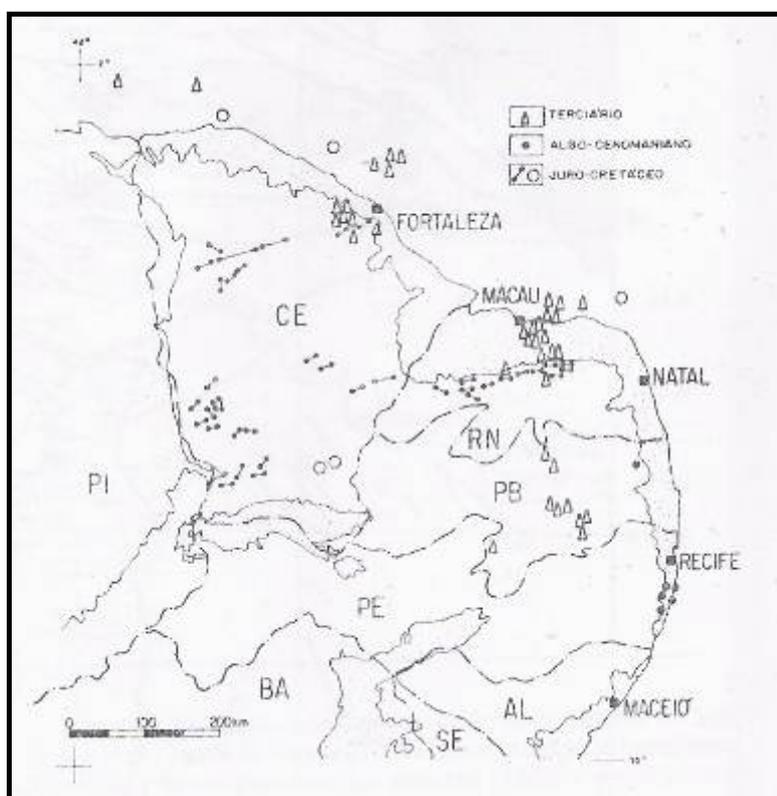


Figura 37: Mapa da Atividade Ígnea pós-paleozóica do Nordeste Oriental – Principais focos (Fonte: Carneiro et al, 1989).

As rochas magmáticas de idade Terciária, de maneira geral, segundo Mizusaki et al (2002), ocorrem regionalmente como *plugs* ao longo da margem equatorial do Nordeste brasileiro. Estas rochas são interpretadas como províncias intra-placas e como produtos associados a processos tectônicos de *drifting* da porção oeste da Placa sul-americana, depois

da efetiva separação desta placa com a placa africana – processo de abertura que originou o Atlântico sul, descrito no capítulo anterior.

A distribuição dessas rochas parecem ser delineadas numa linha de possíveis *hot spots* (fig. 38) ativos nesse período (Terciário) nesta área (MIZUSAKI et al, 2002).

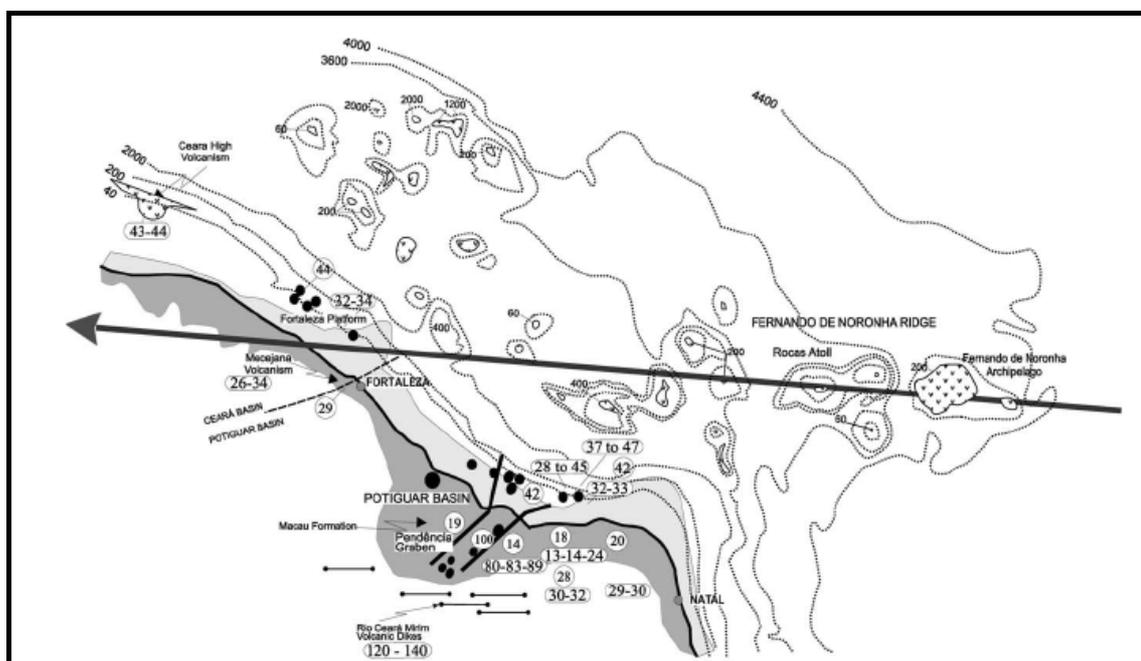


Figura 38: Lineamento dos *Hot Spots* manifestados na margem equatorial do Nordeste brasileiro (Fonte: Mizusaki et al (2002).

4.1.1.1. A FORMAÇÃO MESSEJANA E AS ESTRUTURAS VULCÂNICAS DA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA

Na RMF foram cartografados onze corpos sob a forma de *necks* ou *plugs*, os quais sobressaem-se topograficamente como elevações circulares e elipsoidais (BRAGA et al, 1981; BRANDÃO, 1994).

Esses corpos constituem o pequeno distrito vulcânico alcalino denominado de formação Messejana que situa-se numa posição tectônica particular na área emersa, na projeção de uma zona de fraturas oceânicas de direção sublatitudinal na qual se localizam diversos relevos submarinos, o Atol das Rocas, o arquipélago de Fernando de Noronha e rochas do vulcanismo Mundaú, na bacia do Ceará (ALMEIDA et al, 1988).

A formação Messejana, de maneira geral, agrega fonólitos, traquitos e analcita basaltos, cuja natureza químico-petrográfica assemelha-se à do arquipélago de Fernando de

Noronha. Constituem diques e *necks* distribuídos até 35 km continente adentro (CARNEIRO et al, 1989).

No caso específico de Fortaleza, dois relevos apresentam estruturas vulcânicas, fazem parte da formação Messejana, constituindo-se, portanto, como parte desse conjunto de corpos cartografados por Brandão (1994) na RMF.

Situado no setor sudeste da cidade de Fortaleza, próximo à divisa com o município de Aquiraz, temos o morro Caruru, um relevo do tipo *neck*. Aliás, a primeira referência sobre rochas ígneas alcalinas no Ceará provém de Almeida (1958) e refere-se ao morro Caruru, posicionando-se como a extremidade ocidental de alinhamento de vulcões subordinados a uma zona de fraturas e dispostos à altura do paralelo 4° de latitude sul (BRAGA et al, 1981).

Vandoros e Oliveira (1968) descrevem esse corpo alcalino de forma geológica original desconhecida pelo fato de ter seus contatos inumados pelos sedimentos da formação Barreiras.

Baseado em análises petrográficas geocronológicas e químicas, Vandoros e Oliveira (1968) classificariam as rochas como fonólitos de idade Oligocênica (28,6 +/- 9 M.a.), apresentando similitudes químicas e petrográficas aos fonólitos de Fernando de Noronha.

De acordo com Braga et al (1981), estes fatos e o alinhamento L-O referido por Almeida (1958), fizeram com que estes autores passassem a sugerir uma possível relação genética com as rochas daquele arquipélago.

No setor sul de Fortaleza, temos a ocorrência do serrote Ancuri, o segundo modelado associado ao vulcanismo alcalino de idade terciária na cidade. Morfológicamente, apresenta-se como um corpo mais alongado, com forma elipsoidal (BRAGA et al, 1981) com direção predominante: N-S.

Litologicamente, no serrote Ancuri, a rocha fonólita, rica em sodalita, com textura traquitóide bem desenvolvida (daí a sub-denominação de sodalita-fonólito-traquitóide) ocorre predominantemente em blocos e matacões dispersos em superfície e englobados no depósito de tálus (BRAGA et al, 1981). No caso desse relevo, segundo Braga et al (1981), o fonólito parece ser menos abundante que o sodalita-fonólito-traquitóide.

4.1.2. A FLEXURA MARGINAL

Após o período em que houve a formação de riftes no eixo Cariri-Potiguar, os abortamentos dos riftes e a formação das bacias sedimentares do Araripe e Apodi, a abertura

de fossas transformantes, além da subsidência térmica das bacias e deposição das coberturas superiores das mesmas (CLAUDINO-SALES e PEULVAST, 2006), uma nova etapa se apresentava no contexto evolutivo discutido até aqui; a flexura marginal.

Tendo sua origem mais precisamente situada no Cretáceo Superior, essa etapa subsequente na evolução morfoestrutural do nordeste setentrional brasileiro se configura no soerguimento flexural do interior do continente, com a subsidência da zona costeira, em curso até o presente (CLAUDINO-SALES e PEULVAST, 2006). Vale frisar que a flexura marginal é considerada como um importante elemento da evolução dos relevos de regiões situadas nas bordas dos continentes (CLAUDINO-SALES, 2002).

Nas concepções clássicas (RUELLAN, 1952; KING, 1956; ANDRADE, 1958, BIROT, 1957 e DRESCH, 1957), o conceito de flexura é utilizado como “flexura continental”, apresentado, segundo Claudino-Sales (2002) por Boucart (1950), onde o interior do continente teria sofrido um soerguimento correlativo à subsidência da plataforma continental, sendo este, resultante da sobrecarga correspondente ao peso dos sedimentos que se acumularam.

Porém, nos anos 1970, com o advento da teoria da tectônica de placas e a evolução dos conhecimentos relativos à origem e evolução das margens continentais foram, substancialmente mudando a compreensão dos mecanismos relativos à flexuração das áreas continentais, de modo que atualmente, é preferível (PEULVAST e VANNEY, 2001) se falar na ação de uma “flexura marginal” (CLAUDINO-SALES, 2002).

É verdade que o peso dos sedimentos sobre a plataforma continental representa uma causa da subsidência, porém, de acordo com Claudino-Sales (2002), as principais razões são de ordem térmica, com a ocorrência do resfriamento e do afundamento da litosfera oceânica adjacente e mecanicamente conectada ao continente (PEULVAST e VANNEY, 2001).

Os processos de formação do oceano Atlântico e da concomitante divisão dos continentes sul-americano e africano soergueram o maciço de Baturité, provavelmente um relevo de menor porte nesse período, e subsidiaram a zona costeira (CLAUDINO-SALES, 2006) - o denominado mecanismo de Flexura Marginal (BOILLOT, 1996) -, dando uma nova configuração geomorfológica ao sítio natural de Fortaleza (fig. 39).

O mecanismo da flexura marginal, segundo Peulvast e Claudino-Sales (2000), constitui uma etapa fundamental tanto da evolução dos complexos morfoestruturais que propiciam a diversidade natural na fachada litorânea do estado, como ressaltamos

anteriormente, que parece ter sido encerrada realmente no Terciário Superior, ou Neógeno (23,3 – 1,64 M.a), como também ter influenciado na deposição da Formação Barreiras.

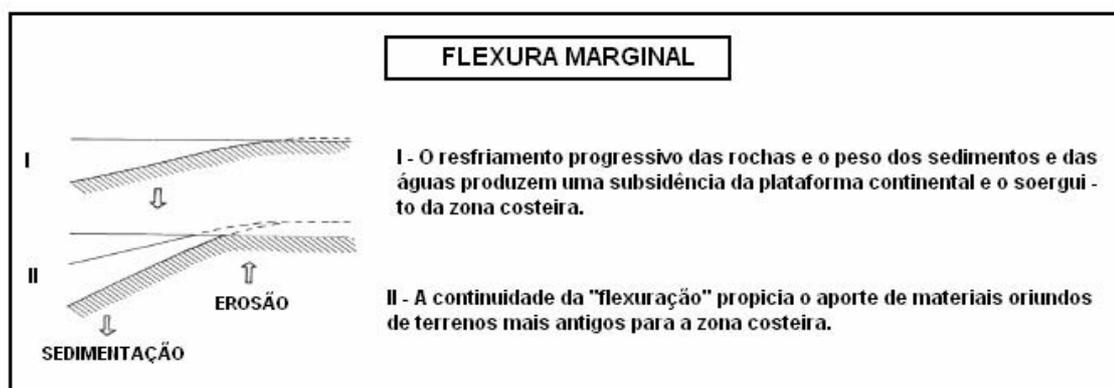


Figura 39: Desenho Esquemático da forma básica de Atuação do Mecanismo da Flexura Marginal (Fonte: Claudino-Sales, 2002 – Adap. Marcelo Martins, 2008).

Além disso, a flexura marginal teria, ao elevar as porções mais interiores do continente e tornando-o altimétricamente mais elevado que o setor litorâneo, nivelado o segmento costeiro com a superfície do oceano, configurando o suave declive que há do interior do continente em direção ao mar (PEULVAST e CLAUDINO-SALES, 2000).

A partir do Mioceno ou do Plioceno, iniciou-se a acumulação sobre a fachada atlântica da fácies de origem continental que forma grande parte da formação Barreiras. Esta cobertura sedimentar se instalou sobre os relevos precedentes situados próximos à costa e, devido à declividade derivada da atuação da flexura marginal, a zona costeira funcionou como uma área de trânsito, do continente para a plataforma continental, dos sedimentos resultantes da erosão dos relevos continentais (CLAUDINO-SALES, 2002).

A partir do próximo tópico discutiremos a deposição da formação Barreiras com mais detalhes.

4.2. EVENTOS DEPOSICIONAIS: FORMAÇÃO BARREIRAS

Correlato aos eventos morfoestruturais, eventos deposicionais foram fundamentais na configuração do Sítio Natural de Fortaleza, os quais podem ser sintetizados na deposição da Formação Barreiras.

Com o intuito de designar os segmentos cenozóicos, sobretudo, terrígenos, esculpidos nas bordas dos tabuleiros, sob a forma de falésias abruptas, em diversos setores do diversificado litoral nordestino, foi utilizada a denominação “Barreiras”, que com o passar do

tempo e do uso, firmou-se no meio científico, sendo adotado para os sedimentos semelhantes que “ocorrem desde o Amazonas até o Rio de Janeiro” (ALHEIROS et al, 1988).

Esse depósito sedimentar de idade Terciária (Mioceno superior à Plioceno – 10,4 à 1,16 M.a) estende-se por boa parte do litoral brasileiro. Se morfologicamente podem ser resumidos nas formas tabulares que se situadas na zona costeira (tabuleiros costeiros), às vezes, com incursões até a zona litorânea, sofrendo a influência e até mesmo, a ação marinha, resultando na modelagem das falésias, litologicamente e estratigraficamente se configuram como um conjunto de complexas questões.

4.2.1. Litologia Básica

Litologicamente, a Formação Barreiras ainda não foi detalhada na devida proporção à sua área de ocorrência ao longo da faixa costeira brasileira, sem dúvida, análises mais abrangentes espacialmente, contribuiriam para um estudo mais integrado das prováveis diferentes formas de deposição destes sedimentos no Brasil.

Os estudos realizados em alguns setores do país, notadamente no Nordeste brasileiro, foram baseados principalmente através de observações de falésias, cortes de estradas e terraços fluviais dos principais rios.

Almeida (1964), que enquadra em seu trabalho a Formação Barreiras sob a denominação de “série Barreiras”, os configura como sedimentos de natureza detrítica, com o predomínio de siltes e argilas, associados aos arenitos argilosos, leitos de conglomerados com seixos de quartzo e folhelhos (fig. 40).

Matoso e Robertson (1959) definiram a Formação Barreiras como uma sucessão de leitos e lentes de sedimentos clásticos, pouco consolidados, que variam desde conglomerados a arenitos de todas as granulometrias e folhelhos (NASCIMENTO et al., 1981).

Souza (1973) distingue duas fácies no Grupo Barreiras na região do vale do rio Choró, na divisa entre os municípios de Cascavel e Beberibe (CE) (fig. 40). A primeira constituída por uma seqüência de sedimentos mal selecionados, com textura areno-siltosa ou argilo-arenosa, de coloração vermelho-amarelada, com seixos quartzosos dispostos em lentes e concreções ferruginosas intensamente mosqueadas (fácies argilosa). A outra, de maior expressão territorial, é dotada de textura arenosa na superfície, de coloração esbranquiçada, disposta sobre arenito friável. Esta seria a fácies arenosa.

Oliveira e Leonardos (1978) retratam uma seção da então denominada “série Barreiras” na região da praia do Morro Branco, município de Beberibe (fig. 40). Os autores apresentam a seguinte seqüência de camadas, da base para o topo:

Ao nível das marés baixas, temos a primeira, com cerca de 2 metros, formada por arenito conglomerático cinza. A segunda apresentaria 1 metro de espessura seria formada por arenito friável, de cor branca, com tonalidade amarelo-esverdeada. A terceira camada, com 3 metros, por sua vez, seria formada por argila avermelhada. A quarta camada, segundo o autor, com 7 metros é constituída por areia cinza friável. A quinta e última, é também a mais espessa, com cerca de 10 metros e composta por areia vermelho com tons laranja (OLIVEIRA e LEONARDOS, 1978).

Litologicamente, Nascimento et al. (1981), caracterizam essa seqüência sedimentar por argilas variegadas e arenitos avermelhados com níveis caulínicos, conglomerados grosseiros com matriz arenosa avermelhada, reunidos por cimentos ferruginosos, localmente, às vezes, muito consistente, incluindo seixos de quartzo, quartzito, bem selecionados, e de rochas cristalinas diversas, apresentando sempre uma estratigrafia não distinta.

Na zona litorânea, apresenta-se como um pacote de material areno-argiloso de colorações vermelhas e creme-amareladas, mal selecionados, com raros níveis caulínicos, com acamamento não distinto, e intercalações de leitos de granulação mais grosseira a conglomerática. Nas porções mais próximas à costa, a lixiviação contribui para carrear a percentagem argilosa, resultando uma cobertura mais arenosa da parte superior do pacote sedimentar da Formação Barreiras (NASCIMENTO et al., 1981).

Localmente, segundo estes autores, por vezes, os pacotes se apresentam muito consistentes, incluindo seixos de quartzo, quartzito bem selecionados e de rochas cristalinas diversas, apresentando sempre uma estratificação não distinta.

Ocorrem ainda areias inconsolidadas contendo seixos de quartzo e intercalações de areias siltosas e argilosas (NASCIMENTO et al., 1981), como foi observado em setores costeiros de Caucaia. Em outros setores, ocorrem sob a forma de leitos conglomeráticos (MOREIRA e GATTO, 1981), predominantes na ponta da Taíba, São Gonçalo do Amarante.

Petri e Fúlfaro (1983) procuraram restringir esse termo para os sedimentos arenosos e areno-argilosos, de cores variegadas (amarela, marrom e avermelhada) mal-selecionados, às vezes, com estratificação cruzada, em geral, maciços, em parte devido aos processos de intemperismo que mascaram as estruturas primárias.

Vale frisar que esse depósito, como citou Souza (1988), além de se distribuir de maneira contínua e paralela ao longo da fachada marítima, também são compostos por uma

complexidade de fácies sedimentares. Este autor caracteriza a Formação Barreiras, por esta apresentar materiais, de maneira geral, de textura areno-argilosa e sedimentos mal-selecionados.

Castro (1989) ressalta que esses depósitos recobrem indistintamente todas as unidades estratigráficas regionais, além de terem, geralmente, cor creme amarelada ou vermelha – em decorrências da infiltração de óxidos de ferro.

Os efeitos da lixiviação, pronunciados próximo ao litoral justificam os baixos percentuais de frações finas (CLAUDINO-SALES, 1993a; SOUZA, 1988, 1989).

A espessura da Formação Barreiras também apresenta acentuada variação. Este fator deve derivar, em parte, do substrato ondulado sobre o qual repousam em discordância (SOUZA, 1988), ou seja, a superfície de erosão das rochas Pré-Cambrianas do embasamento cristalino, como também, como cita Nascimento et al. (1981), pela erosão que truncou suas camadas, entalhando talwegues mais profundos em setores mais propensos às condições climáticas mais úmidas, ou mesmo nivelando os seus topos em condições climáticas mais áridas.

Maia (1993), ao discutir os mecanismos de deposição em um setor do litoral leste cearense, destaca que a fácies proximal, litologicamente se apresentaria bastante heterogênea, com variações na granulometria tanto lateral como verticalmente, estando cimentado por óxido de ferro, o que lhe atribuiria uma cor vermelha intensa.

Segundo o autor, essa fácies é dotada de uma matriz constituída por siltes e areias imaturas, todas pobremente selecionadas, com grãos angulosos, compostos por quartzo, feldspato e concreções ferruginosas. Todas estas características são esperadas, já que, por se tratar do segmento proximal, não há a possibilidade da ação mais intensiva dos agentes externos na maturação dos sedimentos.

Por sua vez, os depósitos, componentes da fácies distal, segundo Maia (1993), são compostos por arenitos amarelados e avermelhados, maciço, apresentando seixos e grânulos angulosos e subangulosos de quartzo e blocos de argila trabalhada.

Petrograficamente, este depósito apresenta o quartzo como principal elemento detrítico (87%) do conteúdo terrígeno, seguido por feldspatos (8%), e em menores proporções, fragmentos líticos, micas, cianita, epídoto, zircão e minerais pesados, entre eles, ilmenita, estaurilita, zircão e epídoto (MAIA, 1993).

Os depósitos da Formação Barreiras também foram definidos como uma sucessão de lentes e leitos de sedimentos clásticos afossilíferos, pouco consolidados, constando de folhelhos, arenitos de todas as granulométricas e conglomerados (CLAUDINO-SALES,

1993), ou ainda, como um depósito que corresponde a arenitos, siltitos, argilitos e conglomerados, frequentemente lenticulares, formando falésias na costa e bancos nas margens dos rios costeiros (MAIA, 1998).

Maia (1998) ressalta que as características sedimentológicas da Formação Barreiras na zona costeira de Fortaleza apresentam pequenas variações, podendo ser subdividida em duas camadas bem diferenciadas (fig. 40). Na primeira camada, teríamos lamas e grãos angulosos e subangulosos de quartzo e blocos de argila. Intercalados por horizontes conglomeráticos, dotados de litologia bastante heterogênea e variações granulométricas significativas. A matriz seria constituída por silte e areias imaturas, pobremente selecionadas e com grãos angulosos de quartzo, feldspato, além de concreções de óxido de ferro.

Quadro – Síntese LITOLOGIA BÁSICA DA FORMAÇÃO BARREIRAS		
Análises	Descrições Litológicas	Região
Almeida (1964)	Predomínio de siltes e argilas, associados com arenitos argilosos e leitos de conglomerados	Nordeste Brasileiro
Souza (1973)	Duas fácies - embaixo: argilosa, em cima: arenosa	Rio Choró Beberibe / CE
Oliveira e Leonardos (1978)	Da base ao topo: arenito conglomerático, arenito friável, argila, areias acinzentadas e avermelhadas	Praia do Morro Branco Beberibe / CE
Maia (1998)	Duas Camadas <u>Embaixo:</u> lamas e grãos angulosos e subangulosos de quartzo, além de blocos de argila, intercaldados por horizontes conglomeráticos; <u>Em cima:</u> Areias avermelhadas, médias a finas, inconsolidadas, com intercalações de níveis conglomeráticos.	Fortaleza / CE

Figura 40: Quadro-Síntese das Características Litológicas da Formação Barreiras (Org. Marcelo Martins, 2008).

Na segunda camada, os sedimentos são constituídos predominantemente de areias avermelhadas, médias a finas, inconsolidadas, com intercalações de níveis conglomeráticos,

com os sedimentos variando de pobre, a moderadamente selecionados, de subarredondados a angulosos (MAIA, 1998).

Demonstrando a diversidade da formação Barreiras, Borges e Moraes Filho (2002), em estudo realizado no estado da Bahia, citam que a Formação Barreiras naquela região tem em sua composição, a predominância de arenitos finos a seixosos, alternados com argilitos arenosos, mal-selecionados e de baixa maturidade textural e mineralógica.

Vilas Boas et al. (2002), com base na interpretação de processos genéticos e de mecanismos deposicionais, enquadraram esses depósitos em 3 tipos distintos: o primeiro representado por sedimentos cascalhosos e areno-cascalhosos maciços, suportados por matriz areno-lamosa e / ou lamosa; o segundo inclui depósitos cascalhosos suportados por matriz arenosa e depósitos areno-cascalhosos-maciços; no terceiro tipo foram englobados os depósitos cascalhosos e arenosos.

Peulvast e Claudino-Sales (2003b) ressaltam que os sedimentos da Formação Barreiras apresentam camadas vermelho-amarelas ou brancas, areno-argilosas, com menores quantias de cascalhos de quartzo e leitos de argila mais profundos.

Segundo estes autores, camadas de silte e argila, do tipo caulinita são intercaladas por camadas de arenitos ferruginosos compactos ou conglomerados com quartzos arredondados a subangulares, além de seixos cristalinos, geralmente, pobremente diversificados, possivelmente assentados por deformações durante a sedimentação. Cascalhos ferruginosos, nódulos de argila, além de concreções carbonáticas e bioturbações são também encontradas nesses conglomerados (PEULVAST e CLAUDINO-SALES, 2003b).

Na área de pesquisa, identificamos afloramentos apresentando matrizes areno-argilosas envolvendo seixos de quartzo subangulosos, esparsos na matriz. Esta fácies areno-argilosa da Formação Barreiras se apresenta tanto ao longo do setor costeiro do município de Fortaleza, quanto nos afloramentos descritos em setores mais internos dos tabuleiros, os quais serão discutidos mais adiante (Tópico 4.6).

4.2.2. Idade Geológica: Datações e Parâmetros Estratigráficos

Uma característica intrínseca aos sedimentos da Formação Barreiras e que tem preconizado várias discussões nos trabalhos relacionados sobre o tema, trata da especificação do período de sua deposição ao longo do tempo.

A grande maioria dos trabalhos realizados postula que esta formação geológica tenha sido depositada entre o final do Terciário (Plioceno) e o início do Quaternário (Pleistoceno), mas, esta assertiva vem sendo fortemente questionada em estudos recentes.

Para o Ceará, Maia (1993), tratando da evolução geológica e sedimentar de um setor do litoral leste, divide a deposição da Formação Barreiras em duas etapas principais. A primeira mais antiga se inicia pelas atividades tectônicas que formaram a bacia Potiguar passando às deposições continentais e marinhas, terminando com a deposição da formação Barreiras durante o plio-pleistoceno.

Alheiros et al, (1988), com relação à idade, corrobora com a maior parte dos autores, situando a Formação Barreiras como de idade pliocênica a pleistocênica, convergindo para estas conclusões, as datações paleontológicas e radiométricas até então realizadas. O posicionamento estratigráfico dessa unidade, no contexto da Bacia Pernambuco-Paraíba, pode ser visualizado com detalhes na ilustração abaixo (fig. 41).

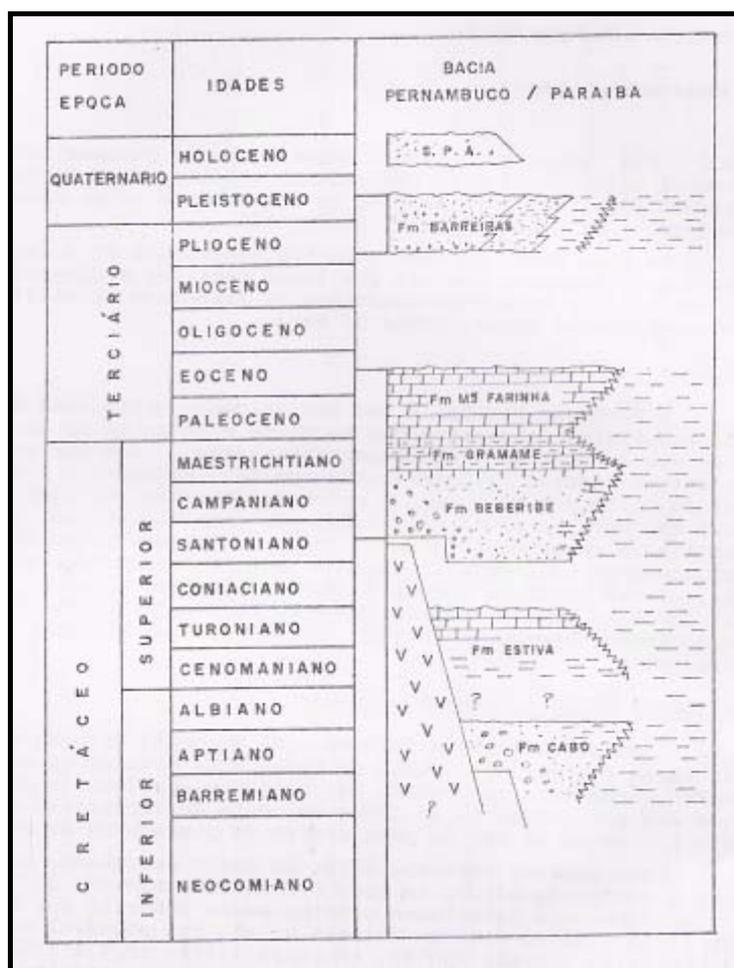


Figura 41: Coluna Estratigráfica da Bacia Sedimentar Pernambuco / Paraíba (Fonte: Alheiros et al, 1988).

Tratando de aspectos relativos a datação da Formação Barreiras, Mabesoone, Silva e Beurlen (1972), ressaltam que, até então, o único indício de uma datação estratigráfica seria o fato de as camadas do equivalente da formação Guararapes na região de Belém, repousam sobre a Formação Pirabas, de idade Miocênica Inferior (fig. 42). Dessa maneira, poderia se supor que a Formação Guararapes seria de idade Miocênica Superior ou Pliocênica (NASCIMENTO et al. 1981).

Um elemento cronológico importante, segundo Saadi e Torquato (1992), foi dado por Rodrigues (1976), que data olivina-basaltos intercalados em meio à formação Tibau, na região de Macau (RN), obtendo idade eocênica (de 53 a 33 Ma).

Mizusaki (1989) afina a datação, obtendo idade do Eoceno (53 Ma) e do Oligoceno (de 33 a 23,5 Ma) para olivina-basaltos intercalados nas formações do domínio marinho (Tibau, Guamaré e Ubarana) (SAADI e TORQUATO, 1992). Até o presente momento, foram os únicos trabalhos que indicaram idades tão antigas.

Na área de Natal, Estado do Rio Grande do Norte, a datação relativa feita por paleomagnetismo e micropólen, indica a época do Mioceno ao Plioceno (BEZERRA et al., 2001) (Fig. 42). Esta vem sendo a idade mais aceita dentro da bibliografia recente.

Num estudo recente no nordeste da Bahia, Vilas-Boas et al. (2002), distinguem três tipos distintos de sedimentos, situando-os entre o Mioceno e o Pleistoceno inferior.

Com base em datações feitas sob parâmetros palinológicos, Arai et al. (1988), mais precisamente, por meio da ocorrência de um esporo que pode ser considerado o melhor fóssil guia da associação palinológica apresentada nos trabalhos, por ter sido registrado, até o presente, em camadas exclusivamente miocênicas (Fig. 42).

Quadro – Síntese FORMAÇÃO BARREIRAS - IDADE		
Autor (es)	Idade	Região
Alheiros et al, (1988)	Pliocênica a pleistocênica	Pernambuco / Paraíba
Mabesoone, Silva e Beurlen (1972)	Miocênica Superior ou Pliocênica.	Belém / PA
Bezerra et al, 2001	Mioceno ao Plioceno	Natal / RN
Vilas-Boas et al. 2002	Mioceno e o Pleistoceno inferior	Nordeste da Bahia
Arai et al. 1988 e Arai, 2005	Mioceno	Pará

Figura 42: Quadro-Síntese das Concepções sobre a Idade da Formação Barreiras (Org. Marcelo Martins, 2008).

Desta forma, como conclusões, os autores indicam um ligeiro envelhecimento no período de deposição da Formação Barreiras, remetendo-a ao Mioceno (ARAI et al, 1988). Arai (2005) reforça a indicação desta idade Miocênica à deposição da Formação Barreiras ao utilizar parâmetros eustáticos ocorridos no Mioceno (Fig. 42).

4.2.3. Mecanismos Depositionais

Classicamente, a evolução sedimentológica da Formação Barreiras é associada a ciclos erosivos relacionados às oscilações climáticas que teriam predominado no período Terciário, originando extensos pediplanos.

De acordo com Bigarella (1975), atribui-se uma idade miocênica superior a pleistocênica para esta unidade. O caráter ambiental é admitido como predominantemente continental, onde os sedimentos foram depositados sob condições de um clima semi-árido sujeito a chuvas esporádicas e violentas, formando amplas faixas de leques aluviais coalescentes em sopés de encostas. Durante essa época o nível do mar era mais baixo que o atual, proporcionando o recobrimento de uma ampla plataforma (BRANDÃO, 1994).

Vários autores, a partir desse raciocínio, explicam a evolução do relevo a partir das superfícies de aplainamento, que teriam predominado no Cenozóico, sendo que, os sedimentos que compõem a Formação Barreiras, como vimos anteriormente, corresponderiam às últimas etapas dessa evolução.

De uma maneira geral, segundo Arai et al. (1988), embora a maioria dos sedimentos da Formação Barreiras ocorrentes da costa brasileira, seja considerada como sendo correspondente a depósitos continentais, não existe ainda um consenso com relação ao ambiente de deposição ou à validade de se fazer correlações estratigráficas entre afloramentos localizados em contextos geológicos diversos.

Considerando esta problemática e nos atendo a algumas considerações finais de alguns trabalhos realizados com o intuito de desvendar e contribuir para a elucidação dos mecanismos de deposição da Formação Barreiras em diversos setores do país, temos a convicção de que os sistemas deposicionais da Formação Barreiras têm se mostrado variado ao longo da costa brasileira.

Desta forma, apresentamos e discutimos, na seqüência, algumas concepções apresentadas em alguns desses estudos realizados, subdividindo a discussão nas escalas regional – trabalhos realizados, em sua maioria, no Nordeste brasileiro, com alguns outros feitos no Norte e no Sudeste -, e local, ou seja, no Estado do Ceará.

4.2.3.1. Região Nordeste

Segundo Almeida (1964), durante o terciário, a Formação Barreiras, que se configura, segundo o autor, “como vastos mantos detríticos areno-argilosos que recobrem extensas áreas do país”, refletiriam acumulações rápidas de detritos, que seriam trabalhadas sobre áreas “geomorficamente evoluídas”, ou seja, sobre os setores mais rebaixados, que corresponderiam aos setores mais recentes da história geológica, os setores litorâneos.

Segundo este autor, estes pacotes de sedimentos teriam sido resultado de importantes retomadas de erosão, ligadas a deformações por falhamentos, que denunciariam, em geral, uma deposição por meio de canais fluviais, planícies de inundação e lagos, em regiões de relevo senil (que na concepção davisiana de ciclo de erosão corresponde ao fim da evolução do relevo, em setores onde predominam a sedimentação – GUERRA e GUERRA, 1997) sob influência de um clima quente e úmido, com a ocorrência de chuvas concentradas.

Para Silveira (1964), a intensidade da sedimentação seria compreendida quando passamos a considerar as condições do litoral brasileiro. A deposição seria consequência do vigor do intemperismo, favorecido pelo clima predominante na maior parte da costa; dos tipos de rocha (granito e gnaisses), de fácil decomposição e favoráveis ao fornecimento, em larga escala, de material silicoso, em grandes exposições na costa oriental e nordestina; do grande poder de transporte das drenagens, particularmente na região Norte; e por fim, da pequena amplitude no movimento das marés em toda a costa meridional e oriental, que, por esse fato, se tornaria impotente para retirar da costa o material originado no continente.

Numa tentativa de explicar a origem da Formação Barreiras, Costa et al. (1973) explica que a ascensão epirogenética do continente, ou seja, a movimentação vertical lenta da crosta terrestre causada pelo arqueamento das massas continentais em relação ao mar (SUGUIO, 1998) – a flexura marginal, posteriormente indicada por Claudino Sales (2002), teria resultado na formação de uma superfície arqueada de abrasão no interior do continente, o que propiciou a consequente deposição dos sedimentos que compõem a Formação Barreiras ao longo da franja costeira (MOREIRA e GATTO, 1981).

A Formação Camocim, a qual alguns autores relacionam como parte do Barreiras no Estado do Ceará (NASCIMENTO et al, 1981; MOREIRA e GATTO, 1981), segundo Costa et al, (1979), seria testemunha de uma deposição em regime fluvial torrencial e ambiente climático tropical úmido (LIMA et al, 2002).

Para Nascimento et al, (1981), a Formação Barreiras na área de estudo, não apresentaria evidências de perturbações tectônicas, mas sim, apenas uma leve inclinação em direção ao mar, explicado, em parte, pelo paleorelevo das rochas do seu substrato.

No ano de 1988, Alheiros et al. tiveram como principais resultados do seu estudo sobre as formas de deposição da Formação Barreiras no trecho Recife – João Pessoa, que as mesmas poderiam ser explicadas pela evolução de um sistema fluvial entrelaçado, construído em fortes gradientes, e sob clima predominantemente árido, sujeito a oscilações climáticas. Tal formação incluiria também a área de interface com fácies transicionais de leques aluviais à oeste e com fácies flúvio-lagunares à leste do setor estudado (fig. 43).

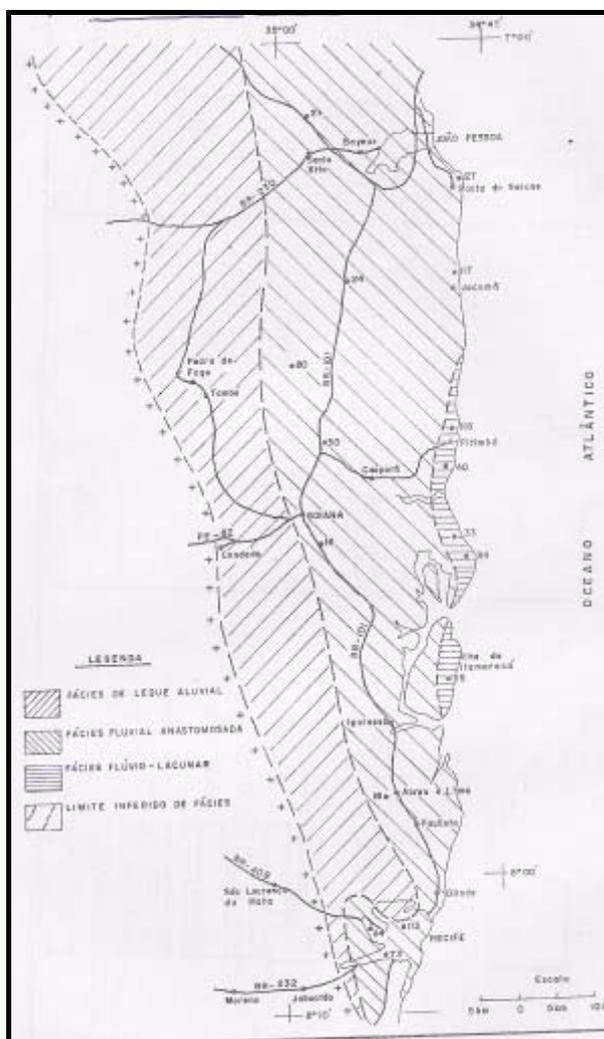


Figura 43: Mapa Faciológico da Região Costeira entre Paraíba e Pernambuco (Fonte: Alheiros et al, 1988).

Na fácies de leques aluviais, as porções mais proximais dos leques aluviais não seriam bem desenvolvidas ou preservadas e poderiam estar associadas a níveis de cascalheiras

frequentemente encontrados sobre rochas cristalinas, próximas aos contatos entre o embasamento cristalino e os sedimentos (ALHEIROS et al, 1988).

Por outro lado, a porção distal teria sido construída por fluxos de detritos com sentido geral para leste, afogados nos períodos de inundações, quando são depositados os níveis síltico-argilosos. Os fluxos são geralmente espalhados e só localmente são observados confinados a canais abertos.

A fácies fluvial entrelaçada é a que apresentaria maior abrangência espacial, intercalando-se ora com a fácies de leques aluviais, ora, com a fácies flúvio-lagunares. Nesses depósitos, os autores colocam que é comum a intercalação de barras fluviais longitudinais com até 1 metro de espessura, apresentando estratificação tabular / planar de forte ângulo, indicando altas descargas de um sistema fluvial em canais confinados que migram formando as barras.

Esta fácies teria sido depositada em ciclos, onde cada uma delas construiria parte do ciclo anterior, devido à alta declividade, o que resultaria em maior poder de descarga e de erosão sobre a superfície dos depósitos pré-existentes (ALHEIROS et al, 1988).

Por fim, temos as fácies flúvio-lagunares, que foram identificadas em falésias litorâneas, ocupando uma faixa estreita. Alguns afloramentos dessa fácies apresentam-se intensamente perturbados por tectonismo. Isto, segundo os autores, seria evidenciado pelo forte mergulho das camadas argilosas e carbonosas, por brechas localizadas e pelas inúmeras fraturas e falhas de pequeno rejeito (ALHEIROS et al, 1988).

Alguns trabalhos mais recentes têm levado em consideração uma possível influência da neotectônica nos mecanismos deposicionais da Formação Barreiras. Borges e Moraes Filho (2002), com base em relações estratigráficas, acreditam que a Formação Barreiras tenham sido depositados em sistema fluvial entrelaçado e leques aluviais.

Esses autores ressaltam que outros pesquisadores também interpretam a deposição da Formação Barreiras com o progressivo soerguimento das áreas continentais, concomitante ao abatimento das áreas litorâneas, ao longo da costa brasileira – a flexura marginal.

Essa movimentação crustal e a alternância faciológica indicariam, uma certa instabilidade tectônica na área, durante o período deposicional dos sedimentos, considerando, portanto, o neotectonismo um elemento importante para o estudo da Formação Barreiras (BORGES e MORAES FILHO, 2002).

Vilas Boas et al. (2002), enquadraram a Formação Barreiras em três grupos distintos. Para isso, os autores utilizaram como parâmetros, seus respectivos processos genéticos e / ou mecanismos deposicionais.

O primeiro devido seu caráter maciço e à distribuição aleatória dos fragmentos maiores no seio da matriz mais fina, seriam indicativos de uma deposição por fluxos de detritos. O segundo tipo, devido ao acamamento maciço, a presença de clastos com eixo maior disposto na vertical, a ausência ou a pequena quantidade de lama na matriz e a geometria em canal, apontariam para uma deposição a partir de fluxos de detritos.

O terceiro e último tipo, seria resultante da deposição por fluxo aquoso em diversos regimes de fluxo, bem como, depósitos lamosos depositados por acréscimo vertical. Os autores finalizam e resumem o trabalho, afirmando que as características dos depósitos que compõem a Formação Barreiras na região estudada (nordeste do Estado da Bahia), indicariam uma deposição predominantemente por sistemas fluviais entrelaçados, com carga de leito areno-cascalhosa, associados a leques aluviais (VILAS BOAS et al. 2002).

Para Araújo et al. (2005), a associação litofaciológica descrita em seu trabalho, seria sugestiva de um sistema fluvial do tipo meandrante. A presença de rochas de textura fina, variando de arenitos finos a lamitos, foi relacionada pelos autores a depósitos de planície de inundação.

Saindo brevemente do âmbito nordestino, Morais et al. (2005), realizaram uma caracterização faciológica dos depósitos da Formação Barreiras aflorantes no Estado do Rio de Janeiro. Este trabalho permitiu relacionar os depósitos a um ambiente fluvial entrelaçado, com variações dentro deste modelo deposicional. Sendo assim, os depósitos estudados na região Norte Fluminense exibem, segundo os autores, associações de fácies de ambiente fluvial entrelaçado arenoso distal.

Por outro lado, os depósitos descritos nas regiões de Búzios e dos Lagos indicariam deposição em um ambiente fluvial entrelaçado dominado por cascalhos, com participação importante de fluxos gravitacionais, documentando uma situação mais proximal (MORAIS et al, 2005).

Shimabukuro e Arai (2001), relacionam a principal fase de deposição da Formação Barreiras, à uma queda eustática ocorrida no início do Tortoniano (Neomioceno). Um evento global que, estaria relacionando à glaciação da Antártica, e que teria sucedido a grande transgressão marinha do Mesomioceno.

Esta queda do nível de base teria provocado o surgimento de uma ampla discordância erosiva ao longo da faixa costeira, a discordância Tortoniana. Esta discordância estende-se para áreas emersas em forma de desconformidade intra-Barreiras, cujo registro se encontra na faixa do Norte e Sudeste do Brasil (SHIMABUKURO e ARAI, 2001).

A integração de dados geológicos disponíveis na plataforma continental (*offshore*) e nas áreas emersas (*onshore*), segundo os autores, sugere que a discordância Tortoniana esteja separando a Formação Barreiras em duas partes: 1. a seqüência pré-tortoniana depositada do Eomioceno ao Mesomioceno e, 2. a seqüência pós-tortoniana depositada do Neomioceno ao Plioceno.

O evento erosivo do Tortoniano deve ter removido muitas ocorrências de sedimentos depositados na fase transgressiva ocorrida no intervalo Aquitaniano – Serravaliano, fazendo restar, nas áreas emersas, algumas ocorrências relativamente isoladas (SHIMABUKURO e ARAI, 2001).

Em outro trabalho significativo realizado no Norte do Brasil, Arai (2005), associando as datações palinológicas realizadas por Arai et al. (1988), aos movimentos eustáticos mais representativos, ocorridos durante o Mioceno (Terciário Superior), a transgressão pré-tortoniana e a regressão (discordância) tortoniana, propõe um embasado modelo deposicional para a Formação Barreiras.

De acordo com Arai (2005), o cenário na margem continental brasileira foi dominado pela grande transgressão do intervalo Aquitaniano – Serravaliano (Eomioceno – Mesomioceno) que foi responsável pela acumulação de uma grande quantidade de sedimentos nas áreas hoje emersas do continente.

Estes depósitos foram depositados em áreas extensas – sobretudo na faixa costeira que vai atualmente da Foz do Amazonas ao estado do Rio de Janeiro –, onde a ausência de topografia elevada teria propiciado o avanço do nível do mar continente adentro, mas, devido à erosão sofrida no Tortoniano, sua ocorrência atual seria restrita (ARAI, 2005).

Após a discordância Tortoniana, que teria retirado boa parte do material sedimentar depositado na fase anterior, tínhamos no Zancleano (Plioceno), uma nova transgressão marinha, e muitas das áreas erodidas receberam uma nova cobertura que viria a constituir para a Formação Barreiras superior, além de tornar quase indubitável, a influência marinha para a configuração atual da Formação Barreiras (ARAI, 2005).

Assim, segundo Arai (2005), no Estado do Pará, o Sistema Pirabas/ Barreiras Inferior foi depositado durante a subida eustática ocorrida no intervalo Aquitaniano – Serravaliano (Eomioceno a Mesomioceno). A unidade Barreiras Superior foi depositado no Plioceno, existindo, entre esta e a unidade Barreiras Inferior, a Discordância Tortoniana.

Este modelo explica a razão da existência abundante de fósseis pré-tortonianos retrabalhados dentro de estratos tortonianos e pós-tortonianos das bacias submersas da

margem continental. O soerguimento epirogenético pós-neogênico, aliado à queda eustática, foi responsável pela atual configuração da Formação Barreiras.

A erosão e o retrabalhamento, ocorridos nos períodos de mar baixo (Tortoniano e Pleistoceno), devem ter sido principais fatores que moldaram a atual morfologia da plataforma continental (ARAI, 2005).

Voltando ao Nordeste, um trabalho realizado na faixa costeira do Rio Grande do Norte, Barreto et al. (2002), apresentam mais um mecanismo deposicional que parece configurar-se como significativo nos setores distais dos tabuleiros costeiros: a influência marinha.

Segundo os autores, os depósitos pleistocênicos de intermarés a inframarés afloram na forma de falésias em dois setores do litoral do Estado do Rio Grande do Norte, cada qual apresentando tipos litológicos e idades distintas, além de apresentarem contatos basais erosivos com a Formação Barreiras e acham-se recobertos por dunas inativas ou ativas.

Os materiais componentes desses terraços marinhos teriam sido depositados num período de transgressão marinha significativo, provavelmente, o último grande evento transgressivo, permitindo assim, que estes depósitos não fossem erodidos pela abrasão marinha ao final desse evento e estabilização do nível do mar ao patamar atual (BARRETO et al, 2002).

Barreto et al. (2004), trazem um mecanismo deposicional até então, desconsiderado pelos trabalhos anteriores, a influência dos agentes eólicos no retrabalhamento dos sedimentos das camadas superiores dos tabuleiros costeiros.

Relacionando quatro domínios de depósitos eólicos (três de dunas inativas e um depósito de dunas atuais), identificados por datações feitas por termoluminescência, na região costeira potiguar, com variações eustáticas, os autores puderam indicar o retrabalhamento dos depósitos eólicos, sobretudo os mais antigos (com idades entre 390.000 a 5.700 anos), sugerindo que nessas unidades ocorreram reativações eólicas em função de uma ampla regressão marinha ocorrida exatamente neste intervalo de tempo (BARRETO et al, 2004).

De acordo com as datações realizadas por esses autores, as atividades eólicas durante o Pleistoceno Superior parecem ter sido bastante frequentes na área (18 amostras ou 50% do total), provavelmente intercaladas por vários momentos de estabilidade parcial e fixação de dunas (BARRETO et al, 2004).

A queda do nível de base teria propiciado ao mesmo tempo, o fomento dos mecanismos erosivos nas camadas superiores dos tabuleiros costeiros e a remobilização dos

sedimentos erodidos pelos ventos, provavelmente intensificados pelas condições menos úmidas do clima nessa fase (BARRETO et al, 2004).

Desta forma, os autores ressaltam que a contribuição da Formação Barreiras como rocha-fonte deve ter variado em função direta do grau de exposição e dissecação. Desse modo ela teria atuado como fonte principalmente em momentos de nível do mar mais baixo que o atual, durante os períodos glaciais. A maior importância da Formação Barreiras como rocha-fonte imediata nos períodos de nível do mar muito mais baixo do que o atual explicaria a formação de dunas de coloração mais vermelha e de granulação mais grossa nesses períodos.

Reforçando este raciocínio, com base em resultados sedimentológicos de Giannini et al. (2001), os sedimentos eólicos depositados em contexto de mar baixo teriam sido influenciados pela erosão mais efetiva da Formação Barreiras devido ao rebaixamento do nível de base. As dunas deste contexto seriam formadas a partir do retrabalhamento de areias da planície exposta na regressão marinha.

4.2.3.2. Estado do Ceará

Trazendo a discussão sobre os mecanismos deposicionais que originaram os tabuleiros costeiros para o âmbito cearense, trataremos do trabalho de Souza (1973), que em seu estudo, inicialmente interpreta a Formação Barreiras como sendo um dos depósitos correlativos das superfícies de aplainamento, mais precisamente, a mais recente.

A Formação na região do vale do rio Choró seria composto por duas fácies distintas: a fácies argilosa traduziria, através de seus sedimentos, a influência de processos de evacuação gerados sob condições de aridez ou semi-aridez, sob a forma de corridas de lama e de areias. A segunda, a fácies arenosa, apesar dos aspectos texturais apresentarem uma melhor seleção dos sedimentos do que na fácies anterior, o autor indica o mesmo processo deposicional (SOUZA, 1973).

Nota-se a clara influência da concepção de Bigarella e Ab'Saber (1964) sobre a evolução das paisagens, no trabalho de Souza (1973), pois o mesmo apresenta as fácies sedimentares descritas em seu trabalho como sendo correlativas ao Pd₂, tido como do Terciário médio (fácies argilosa) e do Pd₁, a superfície sertaneja recente (fácies arenosa).

Em um estudo um pouco mais recente, Maia (1993), propõe duas etapas deposicionais para a Formação Barreiras no setor do baixo curso do rio Jaguaribe, litoral leste do Estado do Ceará (fig. 44). A primeira etapa seria formada por um conjunto de leques

aluviais de pequena extensão, o que seria confirmado pela presença de material mais fino nas zonas mais distais, afastadas das desembocaduras das redes de drenagem.

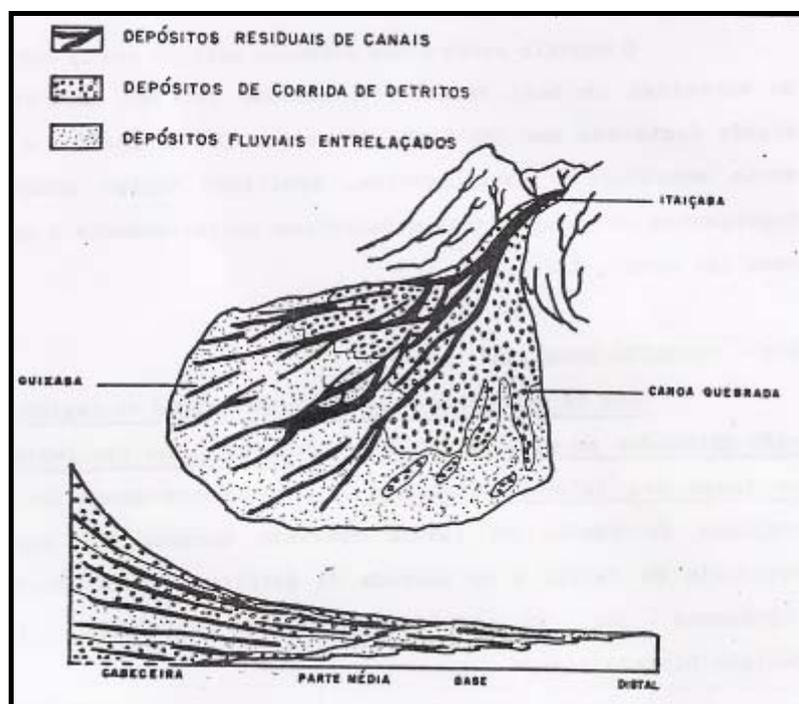


Figura 44: Desenho Esquemático da Deposição da Formação Barreiras (Fonte: Maia, 1993).

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

Os depósitos dessa etapa consistiriam de um conjunto de fácies de leques aluviais formados por depósitos residuais de canais e de corrida de detritos (fácies proximal) sobreposto por um sistema fluvial entrelaçado (fácies mediana / distal) (fig. 44) (MAIA, 1993).

De acordo com Maia (1993), a fácies proximal dos leques aluviais seria originada por depósitos residuais de canais, ocorrendo na margem esquerda do rio Jaguaribe, na forma de terraços alongados acima no nível atual do rio. Sua espessura, de 8 metros, apresenta-se no local em contato erosivo com o embasamento aflorante, leito atual do rio.

O início da deposição da Formação Barreiras, feita sob leques aluviais, teria sido ainda controlado pelas falhas antigas que controlaram o curso da drenagem da bacia Potiguar. Os depósitos proximais teriam entulhado os vales já existentes, os depósitos medianos e

distais, extravasado os limites da drenagem principal, gerando uma série de canais menores divergentes (MAIA, 1993).

Ainda no tocante a fácies proximal, mais especificamente aos depósitos originados por corrida de detritos, o autor afirma que o conteúdo mineral destes depósitos indicaria, principalmente, que rochas metamórficas com associações envolvendo cianita, fácies anfíbolito (embasamento), foi a fonte para este mineral, e o transporte ocorreu sob condições de clima árido a semi-árido, preservando assim, os minerais instáveis de uma alteração significativa. O mineral de argila predominante é a caulinita, que, segundo o autor, aparece bem cristalizada, indicando que o material foi formado em condições continentais ácidas, sob um intemperismo localizado (MAIA, 1993).

Segundo Suguio (1994), nenhum mineral de argila é restrito a um ambiente geológico único, mas no geral a caulinita reflete condições de intensa lixiviação, Ph ácido e meio muito pobre de cátions, sendo característica de ambientes fluviais de climas tropicais úmidos.

Em seguida, o autor trata de maneira mais específica das fácies mediana e distal, que ocorrem sotopostas à fácies anterior nas falésias situadas entre as praias de Fortim e Quixaba, em contato erosivo marcado por seixos, formando paleocanais.

O contato inferior é marcado por estruturas sedimentares pré-deposicionais, formado por canais erosionais, seguido de estratificações cruzadas acanaladas e mutuamente truncadas, de portes variados (canais), com intercalações de estratificações cruzadas planas com ângulos variados (barras longitudinais), e níveis de linhas de seixos, que indicam uma paleocorrente no sentido do mar (MAIA, 1993).

Convém fazer uma breve conceituação sobre as barras longitudinais de canal, que podem ser definidas como uma barra de sedimentos arenosos ou com cascalhos depositada longitudinalmente ao canal fluvial. Esses depósitos caracterizam rios que apresentam padrão entrelaçado (SUGUIO, 1998).

Voltando ao trabalho de Maia (1993), esta seqüência apresentaria, segundo o autor, características de um ambiente fluvial entrelaçado, com intercalações de barras longitudinais, onde os canais são ativados em pulsos, migrando e destruindo parcialmente os canais anteriores, de acordo com a conceituação feita por Suguio (1998).

Vale ressaltar algumas características de um sistema fluvial entrelaçado. Este tipo de organização hidrográfica apresenta, segundo Suguio (1998), um padrão de canal caracterizado por canais que se bifurcam e se reencontram, estabelecendo-se um intrincado

entrelaçamento. A bifurcação é causada pela obstrução do leito por sedimentos depositados em virtude do aporte maior do que a capacidade.

Os depósitos deste tipo de canal são caracteristicamente arenosos e / ou conglomeráticos, sendo mais raros os sedimentos pelíticos. Sedimentos macroclásticos (cascalhos e areias), sedimentados como depósitos de barras longitudinais e de canal, havendo a sedimentação local e restrita da fração microclástica (siltes e argilas). Antigamente, este padrão de canal também era denominado por anastomosado (SUGUIO, 1998).

No final desse estágio, a deposição da Formação Barreiras teria sido interrompida quando o clima passou a adquirir características mais úmidas. O final da deposição, segundo Maia (1993), teria coincido com o episódio transgressivo de idade pleistocênica denominada por Bittencourt (1979), de transgressão mais antiga, e que erodiu a porção mais externa da Formação Barreiras (fig. 45).

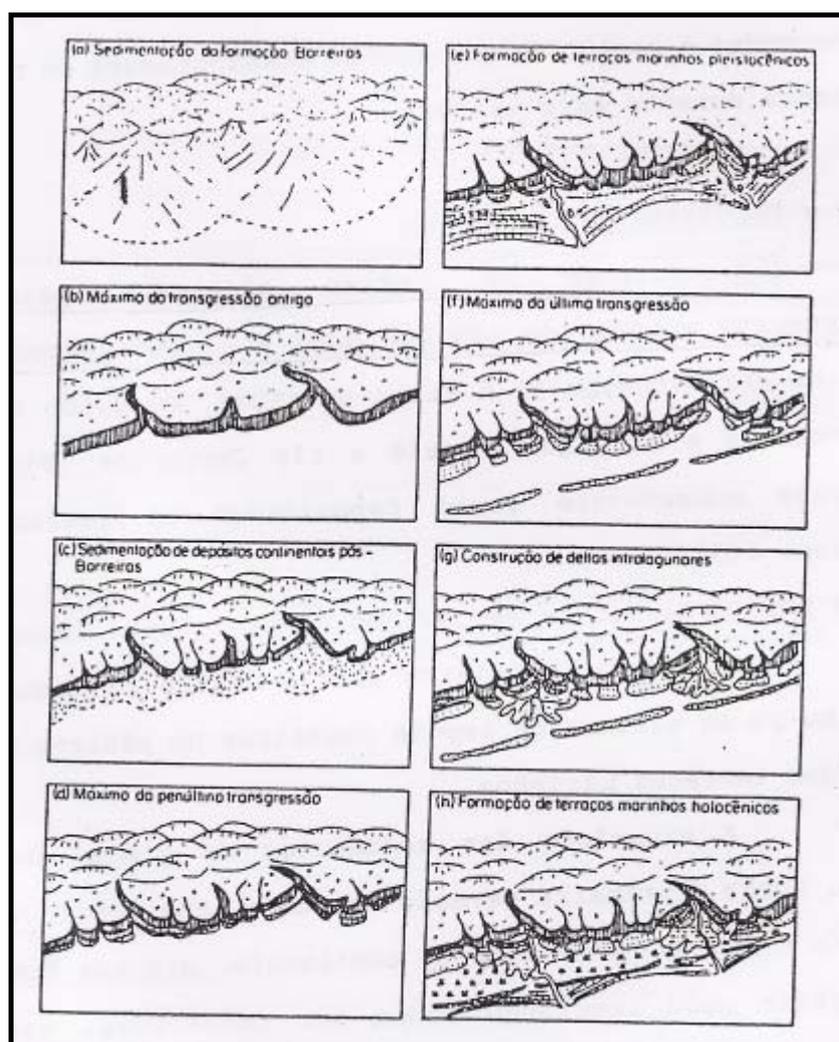


Figura 45: Desenho Esquemático das Mudanças Eustáticas do litoral Leste do Brasil (Fonte: Bittencourt, 1979 apud Maia, 1993).

Após o máximo alcançado por esta transgressão, e durante a regressão que se seguiu, o clima voltou a adquirir características semi-áridas (VILAS BOAS, 1979). Essa retomada de condições climáticas teria reativado a drenagem existente propiciando a formação de novos depósitos continentais (MAIA, 1993).

O baixo curso do paleo-rio Jaguaribe passou então a apresentar padrão fluvial entrelaçado e os sedimentos da Formação Barreiras foram erodidos por múltiplos canais, sendo em seu lugar depositados os aluviões (MAIA, 1993).

Em suma, as características gerais destas duas fácies indicam para estes depósitos uma origem ligada a um sistema de leques aluviais. Portanto, as fácies descritas da Formação Barreiras na região de Aracati por Maia (1993), apresenta grande semelhança com as descritas por Alheiros et al (1988), inclusive com as mesmas condições de evolução sob um clima árido, sujeito a oscilações, observado na Paraíba e em Pernambuco.

O mecanismo da flexura marginal, segundo Peulvast e Claudino-Sales (2000), constitui uma etapa fundamental tanto da evolução dos complexos morfoestruturais que propiciam a diversidade natural na fachada litorânea do estado, como ressaltamos anteriormente, que parece ter sido encerrada realmente no Terciário Superior, ou Neógeno (23,3 – 1,64 M.a)-, como também ter influenciado na deposição da Formação Barreiras.

Tal fato teria elevado as porções mais interiores do continente, tornando-o altimétricamente mais elevado que o setor litorâneo, nivelando o segmento costeiro com a superfície do oceano, configurando o suave declive que há do interior do continente em direção ao mar (PEULVAST e CLAUDINO-SALES, 2000).

Pompeu Sobrinho (1962), já ressaltava que partindo do mar para o interior do estado do Ceará, as terras ergueriam-se progressivamente. O soerguimento do continente também seria evidenciado morfoestruturalmente pela inversão tectônica da região do Araripe, região sul do estado do Ceará (PEULVAST e CLAUDINO-SALES, 2000).

Desta forma, o mecanismo de flexura marginal também poderia ter contribuído para a deposição da cobertura sedimentar Barreiras, através da disponibilidade de sedimentos transportados por agentes lineares - cursos fluviais com vazão significativa, com a formação e coalescência de leques aluviais, de porte pequeno, como foi apresentado por Maia (1993), e movimentos de massa, como deslizamentos e corridas de lama (ALHEIROS et al., 1988; CLAUDINO-SALES, 2005).

Observações feitas por Peulvast e Claudino-Sales (2003b) de esparsos depósitos grosseiros de quartzo e cascalhos de quartzito, em leques aluviais dissecados, nas bases de pedimentos e elevados terraços fluviais, no sul da bacia potiguar, no norte do Maciço de

Baturité e ao longo do setor superior do rio Curu, implicariam na ocorrência de períodos de erosão ativa das vertentes dos relevos elevados e na construção de leques aluviais em partes proximais dos baixos pediplanos, seguida da destruição parcial pelo encaixe dos rios.

Por fim, num trabalho realizado à oeste de Caucaia, Carvalho (2003), frisa que, por constituir-se de materiais oriundos principalmente de fontes proximais, os sedimentos da Formação Barreiras apresentam características que devem refletir a litologia da fonte, o que gera diversidade litológica no âmbito local e/ou regional, da mesma forma que refletem sobremaneira o posicionamento da fonte, produzindo depósitos de larguras bastante variáveis, caracteristicamente largas onde o embasamento aflora a maior distância e estreitas no caso contrário.

O estudo dos depósitos da Formação Barreiras feitos por Carvalho (2003) na área estudada, foi feito essencialmente sob a forma de levantamento de seções estratigráficas. As seções mostraram que a Formação Barreiras pode ser interpretada como resultado da deposição um sistema fluvial do tipo meandrante, o que sugere um estágio de maior maturidade do sistema de drenagem nos trechos estudados.

Segue abaixo um quadro síntese com as principais idéias discutidas ao longo deste tópico onde são tratadas concepções de mecanismos deposicionais da Formação Barreiras no Estado do Ceará, nos demais estados da região Nordeste e até na região Norte do Brasil (fig. 46).

Para os depósitos da Formação Barreiras, também efetuou-se um estudo petrográfico dos materiais litificados. Este estudo revelou que entre os materiais componentes desta formação, o quartzo destaca-se como o elemento detrítico principal, correspondendo em média a 87,60%, seguido por feldspatos (8,01%) (CARVALHO, 2003).

Tais resultados só reforçam a concepção de que as áreas-fonte devam se caracterizar nos maciços cristalinos situados nas proximidades da zona costeira de Caucaia, constituídos, sobretudo por granitos, gnaisses e migmatitos, de onde teríamos a origem dos clastos de quartzo presentes nas porções mais distais dos tabuleiros costeiros e das areias e argilas predominantes em sua matriz.

Carvalho (2003) ressalta que os aspectos petrográficos observados, relativos principalmente aos fragmentos líticos e caráter dos cristais de quartzo e conteúdo mineral, indicam que rochas metamórficas com associações envolvendo cianita (fácies anfíbolito) além de rochas graníticas, devem ter servido como fontes principais de materiais, sendo estes aspectos compatíveis com as características das rochas do Complexo Gnaiss-Migmatítico.

Quadro – Síntese		
FORMAÇÃO BARREIRAS - MECANISMOS DEPOSICIONAIS		
Autor (es)	Mecanismos	Região
Almeida (1964)	Deposição por meio de canais fluviais, planícies de inundação e lagos.	Nordeste
Bigarella (1975)	Faixas de leques aluviais coalescentes em sopés de encostas	Nordeste
Alheiros et al, 1988	Sistema fluvial entrelaçado, em interface com fácies transicionais de leques aluviais e fácies flúvio-lagunares	Região entre PE e PB
Arai et al (1988)	Influência Marinhas nas porções mais distais	Pará
Maia, 1993	leques aluviais de pequena extensão formados por depósitos residuais de canais e de corrida de detritos sobreposto por um sistema fluvial entrelaçado	Ceará
Shimabukuro e Arai (2001)	Discordância erosiva de Idade Tortoniana resultado de queda eustática	Nordeste
Vilas Boas et al. (2002)	Fluxos de detritos e aquosos	Bahia
Claudino-Sales, 2002	Influência Marinhas nas porções mais distais	Ceará
Barreto et al, 2002	Influência Marinhas nas porções mais distais	Rio Grande do Norte
Peulvast e Claudino-Sales, 2003b	Atuação do Mecanismo de Flexura Marginal e disponibilidade de sedimentos transportados por cursos fluviais, a coalescência de pequenos leques aluviais, além de movimentos de massa, como deslizamentos e corridas de lama	Ceará
Barreto et al, 2004	Retrabalhamento Eólico das camadas superiores da Formação Barreiras	Rio Grande do Norte
Araújo et al. (2005)	Sistema fluvial do tipo meandrante	Rio Grande do Norte
Arai, 2005	Transgressão Marinha de Idade Miocênica	Litoral Brasileiro

Figura 46: Quadro-síntese dos Principais Mecanismos de Deposição da Formação Barreiras no Ceará e no restante da Região Nordeste e Região Norte do Brasil (Fonte: vários autores / Org. Marcelo Martins, 2008).

4.2.4. DEPOSIÇÃO NO SÍTIO NATURAL DE FORTALEZA

4.2.4.1. A Concepção Evolutiva de Maia (1998)

Maia (1998), abrangendo a zona costeira de Fortaleza, apresenta uma interpretação para a deposição destes sedimentos tércio-quadernários. A partir de análises sedimentológicas, o autor propõe que a deposição da Formação Barreiras teria se dado em duas etapas deposicionais distintas (fig.47).

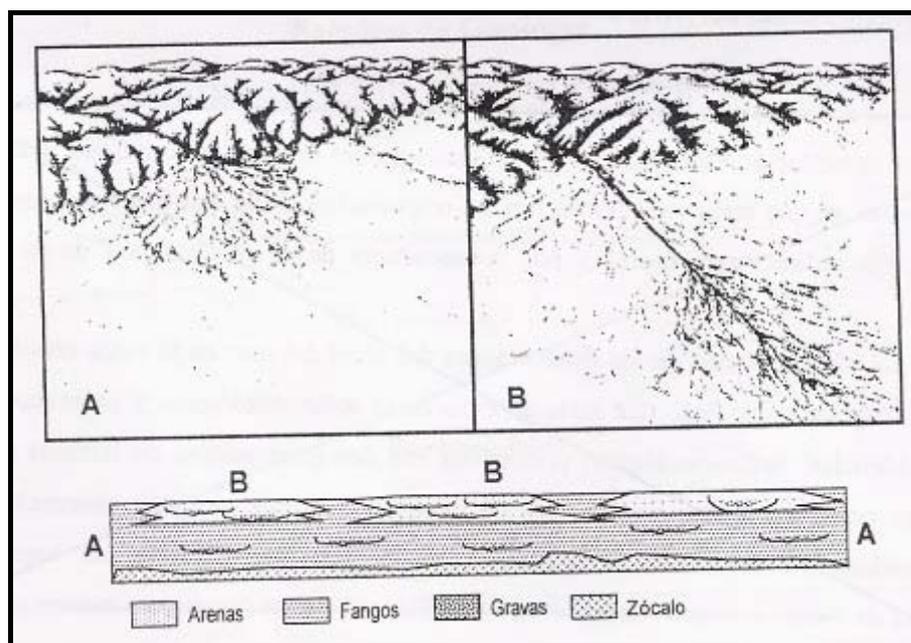


Figura 47: Desenho Esquemático das Etapas Depositionais da Formação Barreiras na cidade de Fortaleza (Fonte: Maia, 1998).

A primeira camada seria equivalente a um conjunto de fácies de leques aluviais, formadas por seixos e grãos angulosos e subangulosos de quartzo e blocos de argila. Intercalados com estes depósitos, se observaria em alguns pontos, segundo o autor, a presença de horizontes conglomeráticos, dotados de litologia bastante heterogênea e variações granulométricas significativas.

Ainda nessa primeira camada, Maia (1998), destaca que a matriz é constituída por argilas e areias imaturas, pobremente selecionadas, com grãos angulosos de quartzo, feldspato, além de concreções de óxido de ferro. A estratificação gradacional seria incipiente e mostraria uma diminuição da fração grosseira até o topo. Este tipo de fácies corresponderia a depósitos residuais de canais.

Na segunda camada, os sedimentos seriam constituídos predominantemente de areias avermelhadas, médias a finas, inconsolidadas, com intercalações de níveis

conglomeráticos, variando de pobre a moderadamente selecionados, de subarredondados a angulosos.

Maia (1998) discorre que o contato inferior seria marcado por estruturas sedimentares pré-deposicionais, formadas por canais erosivos. Esta seqüência apresenta características de um ambiente fluvial entrelaçado, com intercalações de barras longitudinais.

Outro dado importante apresentado por este autor trata da análise petrográfica da Formação Barreiras, e mostra que o quartzo se destaca como o elemento detrítico principal, apresentando um valor médio de 87% do conteúdo terrígeno, seguido pelo feldspato, com 8%, e, em menores proporções os fragmentos líticos, micas, epídota, zircão e minerais pesados. Em geral, apresenta material argiloso (média de 18% do conteúdo total da coluna).

Baseando-se no conteúdo mineral, Maia (1998) indica que a principal área fonte deste material teriam sido rochas metamórficas com associações de cianita, fácies anfibolita (embasamento), e que o transporte teria se dado sob condições climáticas, variando entre áridas e semi-áridas, preservando desta forma, os minerais instáveis de uma alteração significativa.

Vale, por fim, ressaltar que para Maia (1998) a magnitude dos leques aluviais foi, em parte, controlada por condições paleoclimáticas e, em parte, pela estruturação do embasamento, já que a presença de um relevo residual (anticlinório) perto da costa funcionou como uma barreira em relação ao aporte de material de origem mais interior, mas, por sua vez, é responsável pela formação de um leque aluvial próprio, embora de menor magnitude.

4.2.4.2. As Fácies Correlatas

Dentro de uma bacia de deposição no contexto de um sítio, há, geralmente, diferentes ambientes locais de deposição. Esses ambientes, apreendidos mesmo em escalas locais refletem variações nas condições físicas, químicas e biológicas, como também, na distância e direção de qualquer agente de deposição (CHRISTOFOLETTI, 1981).

De acordo com Christofolletti (1981), os sedimentos que vão sendo depositados através de uma dada bacia, setor deprimido de uma área, terão características e aspectos gerais diferentes, os quais são correlacionáveis com os ambientes locais de deposição. Essas variações laterais, dentro da bacia de sedimentação, são chamadas de fácies sedimentares.

A identificação de várias fácies sedimentares existentes em uma dada seqüência estratigráfica, como frisa Christofolletti (1981), é muito útil para a definição e interpretação da

origem e história da seqüência. Uma fácies sedimentar pode ser definida como a parte de um corpo sedimentar que se distingue das demais pelas suas características litológicas definidas pelas condições ambientais (SUGUIO, 1998).

O reconhecimento e a interpretação das fácies permite se passar de puro relato descritivo do que é visto em afloramentos isolados (um primeiro e necessário passo), para a discussão de como e porque certos tipos de rochas se acumulam em certos lugares, e quais são suas relações mútuas. (CHRISTOFOLETTI, 1981).

Dito isto, passaremos a discutir fácies sedimentares que acreditamos serem correlatas à Formação Barreiras constituinte do Sítio Natural de Fortaleza. Estas fácies serão subdivididas em três segmentos:

- Fácies Proximal, que corresponde à área-fonte, ou próximo desta, dos sedimentos da Formação Barreiras;
- Fácies Mediana, que corresponde a sedimentos que apresentam-se num estágio textural entre os sedimentos da fácies proximal e da:
- Fácies Distal, que são os sedimentos da Formação Barreiras no Sítio Natural de Fortaleza.

4.2.4.2.1. Fácies Proximal – Áreas fonte

Como vimos anteriormente, Maia (1998) indica que a principal área fonte dos sedimentos que compõem à Formação Barreiras seriam as rochas do Embasamento Cristalino, sobre as quais foi modelada a Depressão sertaneja. Além disso, o autor ressalta que o transporte teria se dado sob condições climáticas, variando entre áridas e semi-áridas, preservando desta forma, os minerais instáveis de uma alteração significativa.

Também faz-se necessário associar mais um significativo elemento presente na paisagem adjacente à cidade de Fortaleza: o Maciço de Baturité. Devido ao seu porte, pois se trata de um relevo elevado e à sua proximidade da cidade nos levou à analisar suas vertentes.

Em levantamentos de campo foi verificada a presença de depósitos grosseiros situados nas vertentes setentrionais do Maciço, configurados geomorfologicamente, como resquícios de leques aluviais, o que nos indicam o Maciço de Baturité como um outro setor que pode ser considerado como sítio da fácies proximal (MOURA-FÉ, 2006; PEULVAST e CLAUDINO-SALES, 2003b).

Detalhando e ilustrando melhor as assertivas tratadas acima, no município de Aracoiaba, localizado nas encostas do Maciço de Baturité, visualizamos fragmentos rochosos

bem arredondados e com diâmetros em torno de 30 cm, mais precisamente, nas proximidades da Lagoa de São João (fig. 48).



Figura 48: Detalhe do depósito grosseiro na localidade da Lagoa de São João, encosta do Maciço de Baturité, Ce (Foto: François Bétard, 2004).

Contribuindo para reforçar a importância dos mecanismos de leques aluviais, observamos, ainda nas imediações do Maciço de Baturité, o riacho Capitão-Mor, situado no setor a sotavento do Maciço de Baturité, mais árido. O riacho apresentava uma largura significativa do seu leito, que no período de estudo, estava seco (fig. 49).

A esfericidade e o tamanho dos sedimentos contidos no leito, que foram carreados pelo riacho, indicam uma vazão significativa e uma capacidade de transporte considerável.

Estes materiais grosseiros apresentam-se geomorfologicamente como terraços fluviais abandonados (fig. 50). Vale esclarecer que consideramos como terraço fluvial, antigas planícies de inundação que foram abandonadas pelo fluxo principal, o qual depende do fornecimento de detritos pelas vertentes (CHRISTOFOLETTI, 1981).

Vale frisar que os leques aluviais são originados a partir da mobilização dos sedimentos das vertentes por movimentos de massa, sendo depositados em forma de cones nos setores mais depressivos do entorno das áreas fonte, por exemplo, os vales dos rios com nascentes nos relevos ou com seus cursos situados imediatamente nas adjacências dos maciços.

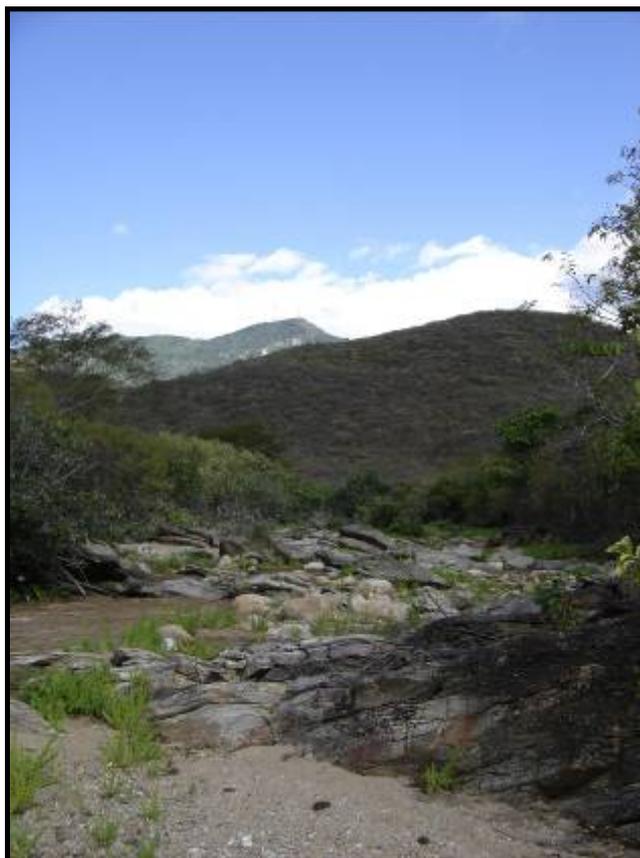


Figura 49: Leito do Riacho Capitão-Mor com detalhes do material transportado e suas áreas-fonte ao fundo, respectivamente Maciço de Baturité, Ce. (Foto: François Bétard, 2004).



Figura 50: Perfil de um terraço fluvial localizado nas encostas setentrionais do Maciço de Baturité (Foto: François Bétard, 2004).

A partir desse ponto, seus depósitos seriam remobilizados para os setores mais distantes (setores medianos e distais) pela ação predominante dos cursos fluviais e, de forma secundária, por agentes areolares.

4.2.4.2.2. Fácies Mediana – Coberturas Colúvio-Eluviais

A partir daí, em intervalos de tempo relativamente longos os sedimentos podem não ser transportados por distâncias significantes, isto porque os agentes de transporte variam na sua capacidade de carregar os materiais ao longo do tempo (LAPORTE, 1982). Em função disso, significativas quantidades de sedimentos podem, eventualmente, serem transportadas, por exemplo, somente durante as enchentes de um rio, permanecendo em repouso nos intervalos entre uma enchente e outra.

A análise dos dados indica que os sedimentos originados e mobilizados inicialmente a partir das áreas-fonte poderiam ter sido transportados através de etapas intercaladas de predomínio erosivo e períodos de deposição preponderante, permitindo, desta forma, o seu retrabalhamento ao longo do percurso entre as áreas onde se situam as rochas de origem e os setores de deposição.

Os sedimentos permaneceriam em repouso por um determinado tempo até passarem por novas fases erosivas, onde seriam remobilizados destes setores para outros, havendo, neste hiato, o trabalho de erosão e modelagem dos sedimentos que perderiam porte, mas manteriam as características subangulosas devido ao transporte irregular. O transporte desses clastos teria se dado sob duas formas predominantes: através da rede fluvial presente no setor e dos mecanismos de escoamento superficial livre.

As coberturas comumente mapeadas e referidas como “coberturas colúvio-eluviais” (BRANDÃO, 1994, 1995; CPRM, 1999; MORAIS, 1981 dentre outros), que distribuem-se de forma reduzida nos limites meridionais do Sítio Natural de Fortaleza (fig. 07), apresentam características espaciais e sedimentares que parecem configurar tais depósitos como a fácies mediana. Morfológicamente, estas coberturas caracterizam-se como relevos tabulares aplainados, muitas vezes rebaixados ao nível da superfície cristalina.

Tais coberturas podem ser consideradas como a fácies mediana, ou mediana-proximal dos sedimentos que, de modo geral, constituem a Formação Barreiras. Observando a figura 07 percebemos que estas coberturas apresentam-se próximas da Formação Barreiras, sobretudo, a mancha situada mais ao sul, que é envolvida pelos depósitos flúvio-aluvionares

do rio Cocó, além de terem ao norte, um afloramento da Formação Barreiras a menos de 600 metros de distância.

Além disso, a presença de cursos fluviais em contato com essas coberturas nos indica que provavelmente as drenagens do setor dissecaram estes depósitos, isolando-os da Formação Barreiras (fig. 07).

Todavia, mais um fator que reforça a conjunção dessas coberturas com a Formação Barreiras é o fato de que na zona costeira o contato com os sedimentos litorâneos é difícil de se precisar devido às características semelhantes entre ambos, sendo assim algumas áreas mapeadas como coberturas colúvio-eluviais é possível que correspondam a sedimentos da Formação Barreiras e vice-versa (BRANDÃO, 1994).

Todavia, vale uma ressalva conceitual. Estes depósitos sedimentares, em virtude de suas características supracitadas, nos parecem ser correlatos aos sedimentos da Formação Barreiras, num estágio sedimentológico anterior – fácies mediana.

Desta forma, tais coberturas sedimentares deveriam ter passado por algum tipo de transporte, saindo da área-fonte e depositando-se mais a jusante, um processo que vai contra o conceito de colúvio, que se conceitua como um depósito detrítico heterogêneo, originado do intemperismo *in situ* ou pouco mobilizado, através da gravidade (SUGUIO, 1998).

Frisamos que conceitualmente estamos cientes desse paradoxo, mas mantivemos esta nomenclatura de “coberturas colúvio-eluviais”, por ser este o termo mais conhecido na literatura científica e nos mapeamentos realizados, pelo menos, até um maior aprofundamento da pesquisa sobre tais depósitos.

Em suma, mantemos a nomenclatura, mas entendemos que a origem desses materiais passa pela evolução dos materiais que hoje correspondem aos sedimentos da Formação Barreiras.

4.2.4.2.3. Fácies Distal – Sítio Natural

Passadas essas etapas, onde teríamos a formação de leques aluviais a partir de sedimentos oriundos de rochas do embasamento cristalino (MAIA, 1998), como também das vertentes setentrionais / costeiras do Maciço de Baturité (MOURA-FÉ, 2006; PEULVAST e CLAUDINO-SALES, 2003b); assim como o retrabalhamento desses materiais e a morfogênese das coberturas colúvio-eluviais (fácies mediana), teríamos o processo de individualização dessas coberturas que teriam se desconectado da Formação Barreiras, propriamente dita, desenvolvendo-se texturalmente e apresentando texturas mais finas.

Desta forma, os sedimentos da Formação Barreiras configuram-se, morfologicamente, como a fácies mais distal dessa formação geológica. Esta fácies distal, assim como a fácies mediana, serão mais detalhadas, do ponto de vista sedimentológico e geomorfológico, a partir do próximo tópico.

4.2.4.3. Os Afloramentos Analisados

Uma das melhores exposições da Formação Barreiras no contexto do Sítio Natural de Fortaleza pode ser verificado no muro lateral da base aérea de Fortaleza, à altura do km 1 da BR-116. Nesse setor a rodovia apresenta um declive ascendente no sentido: N-S, provavelmente em função da dissecação de um ramal do rio Cocó localizado nas proximidades.

Em conformidade com essa declividade, o afloramento também ganha maior espessura no sentido N-S, provavelmente mais em função da forma de construção da rodovia, da base aérea, do viaduto etc. do que por características deposicionais, já que, de forma geral, a formação Barreiras apresenta maiores espessuras na medida em que se direciona para o norte. Vale frisar que a Formação Barreiras está sobreposta ao embasamento cristalino de forma discordante erosiva.

Na seqüência apresentamos uma “prancha” (fig. 51), onde situamos as principais fotos dos afloramentos analisados a partir daqui, bem como sua localização no contexto da cidade, através de uma adaptação do Mapa Geomorfológico apresentado e discutido anteriormente – Prancha 01.

O afloramento visualizado nas proximidades da Base Aérea de Fortaleza apresenta, na média, cerca de 50 cm de altitude, sendo que nas partes mais elevadas, atinge mais de 2,5 metros (foto 01/fig. 51). Texturalmente apresenta um material predominantemente de matriz areno-argilosa, dotada de diversas concreções ferruginosas, além de clastos de quartzo de diferentes tamanhos, não maiores do que 3 cm, com textura variando de subangulosa (predominante) à angulosa (foto 02/fig. 51).

Esta matriz, denominada de fácies areno-argilosa, apresenta características semelhantes às apresentadas por Maia (1998) como sendo a segunda camada da Formação Barreiras (vide o tópico 4.6.1). O material quartzoso e suas características, assim como esse depósito da Base Aérea como um todo, apontam que ele deva ter origem continental, provavelmente transportado de forma intermitente, o que não permitiu o arredondamento dos

clastos de quartzo. Possivelmente, posteriormente dissecado nesse setor da cidade pelo rio Cocó, situado à nordeste do afloramento.

Na Br-116, na altura do km 14 verifica-se mais um afloramento da Formação Barreiras. Com cerca de 1,20m de altura média (foto 03/fig. 51), esse afloramento apresenta em seus níveis superiores, até o contato com o perfil de solo, uma matriz com características similares às verificadas no setor da base aérea de Fortaleza, ou seja, uma matriz arenosa-argilosa com clastos de quartzo de pequeno porte (até 3 cm), de textura angulosa a subangulosa (predominante), porém com duas diferenças:

- 1ª: as concreções ferruginosas apesar de se fazerem presentes, o fazem de forma bem mais modesta do que em relação ao afloramento anterior;
- 2ª: a matriz areno-argilosa não predomina totalmente, há na base a presença de um nível conglomerático, nas suas partes mais superiores, com uma quantidade mais significativa de clastos de quartzo, de maior porte e mais grosseiros, texturalmente (foto 04/fig. 51).

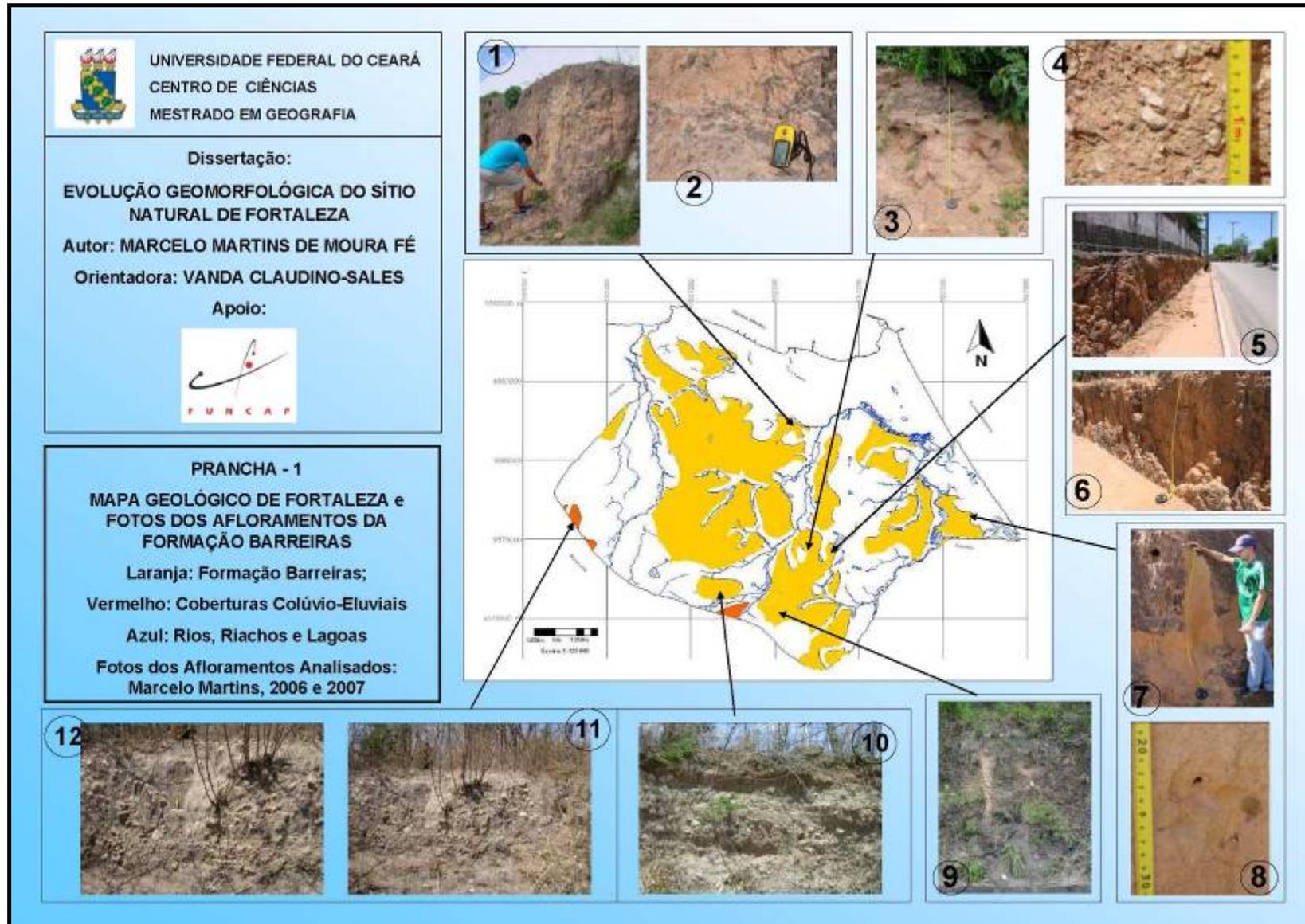
Tal contexto parece também se adequar bem com as duas fases de deposição apontadas por Maia (1998).

Vale frisar que não há uma gradação desses sedimentos no sentido topo-base, o que, associado ao fato do setor onde há o afloramento ser topograficamente elevado, refuta sobremaneira a possibilidade de transporte e deposição fluvial.

Mais um afloramento foi verificado numa avenida paralela à BR-116, num ponto quase paralelo ao afloramento descrito acima. Situado na Avenida Padre Pedro de Alencar (bairro de Messejana – setor sul da cidade), este afloramento da Formação Barreiras apresenta-se de forma delicada com relação à sua conservação natural, ao ser utilizado como alicerce para um muro de mais de 3 metros (foto 05/fig. 51).

Todavia, o afloramento de cerca de 1,10 – 1,20 m de altura (foto 06/fig. 51) apresenta a mesma fácies areno-argilosa predominantes nos demais setores observados, com os clastos de quartzo envoltos na matriz. Essa parece ser uma das questões apresentam uma tendência a ser menos complicada: a predominância da fácies areno-argilosa no sítio natural de Fortaleza, que corresponderia também à segunda fase de deposição da Formação Barreiras de Maia (1998).

O quarto afloramento visualizado, desta vez, sem a problemática resultante da malha urbana, é verificado nas proximidades do hotel Porto D'Aldeia, situado a poucos quilômetros do morro Caruru.



O topo do afloramento da Formação Barreiras, em diversos setores, apresenta uma coloração mosqueada. Nesse ponto a matriz (foto 07/fig. 51) apresenta-se, pelo menos numa análise macro, um pouco mais arenosa que os afloramentos anteriores – origem eólica? Além disso, a presença dos clastos de quartzo se dá de forma menor (foto 08/fig. 51), embora as suas características granulométricas e texturais, assim como nos demais setores, reforcem a assertiva de um transporte continental.

Um fator complicador para a análise nesse ponto é a presença das dunas, que recobrem em diversos trechos a Formação Barreiras (fig. 52), o que põe em questão se os depósitos são mesmo da formação Barreiras, ou se são eólicos, ou ainda, se uma mistura de ambos os depósitos.



Figura 52: Foto mais ampla do local do afloramento. Destaque a sobreposição das dunas à formação Barreiras, o baixio acumulado por água (Foto: Julien Quiret, 2007).

Também foram analisados alguns afloramentos nos setores meridionais da cidade de Fortaleza, dentre eles, afloramentos das coberturas colúvio-eluviais, que entendemos ser corresponde à fácies mediana (tópico 4.6.2.1.2).

Num setor de predomínio dos tabuleiros costeiros, com substrato geológico da Formação Barreiras, situado à leste do médio curso do rio Cocó (BR-222), foi analisado um afloramento (foto 09/fig. 51) topograficamente elevado, situado numa altitude de 53 metros

do nível de base. Este afloramento reforça uma certa regularidade geomorfológica: os afloramentos são predominantemente situados em setores mais elevados, nos chamados interflúvios, preservados da ação erosiva dos rios. O perfil, de aproximadamente 1,70 m, apresenta uma matriz areno-argilosa, com pequena proporção de clastos inseridos.

Outro afloramento foi analisado ao longo de secções nas margens da BR-222, este situado à oeste do rio Cocó. Esse afloramento torna-se um pouco mais importante que os demais por ser o afloramento mais meridional de Fortaleza, trazendo assim, detalhes das características desses depósitos como parte legítima da fácies mediana (fig. 07).

Situado numa altitude 23 metros, esse afloramento de aproximadamente 1,1 m, apresenta o predomínio da matriz areno-argilosa nas suas partes mais superiores, mas com uma faixa, uma camada de depósito conglomerático na base do perfil. Alguns dos clastos apresentam quase 10 cm de comprimento no seu eixo maior (fig. 53).

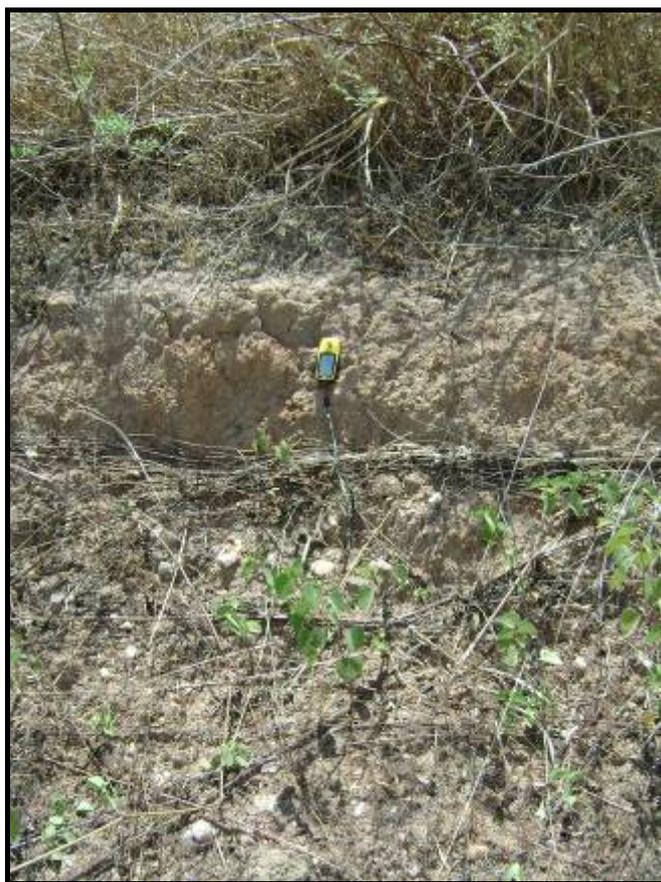


Figura 53: Foto do Perfil de um afloramento situado às margens da BR-222, à oeste do rio Cocó – Setor sul de Fortaleza. Destaque a camada conglomerática situada na base do perfil (Foto: Marcelo Martins, 2007).

Mais um afloramento da Formação Barreiras foi identificado ao longo da BR-222, à oeste do ponto anteriormente descrito. Situado numa altitude aproximada de 30 metros, estando assentado assim, num setor inter-fluvial, embora um pouco mais distante do rio Cocó.

Este afloramento apresenta as mesmas características do perfil descrito acima, mas com a diferença de que a camada conglomerática é bem mais representativa (foto 10/fig. 51). Possivelmente esse depósito possa estar associado ao rio Cocó, ou pelo menos, a algum afluente.

Desta forma, as análises indicam que estes afloramentos situados nos intermediários entre as áreas-fontes e à Formação Barreiras, sendo, portanto, um importante elemento para a análise da deposição dos tabuleiros costeiros corresponde a esses setores, que fazem a conexão entre os setores mais distais, mais correspondentes ao sítio natural de Fortaleza, provavelmente, e os proximais, que correspondem às áreas fontes.

Outro afloramento de feições de topo tabuliforme foi analisado ao longo de secções nas margens da BR-222, após a entrada da CE-125, situado a 30m de altitude, com a diferença de apresentarem como substrato geológico, materiais correlatos às Coberturas Colúvio-Eluviais.

Trata-se de um depósito arenoso nas camadas mais elevadas, no topo uma rasa camada de solo, abaixo, a camada apresenta-se conglomerática até a base do perfil. O afloramento, na sua maior parte, apresenta camadas (pelo menos duas) (foto 11/fig. 51), dispostas paralelamente. Tal disposição é rompida por sinuosidades de clastos de quartzo que estão em contato com as rochas do embasamento cristalino (fig. 54).

É possível que o ambiente de deposição tenha sido fluvial, com a deposição desses materiais diretamente sobre as rochas do embasamento cristalino. Um quadro compatível com a deposição, de maneira geral, da formação Barreiras. Portanto, em função das características básicas apresentadas acima, podemos concluir, de forma mais ampla, duas questões:

- Os depósitos de morfologia tabuliforme mapeados como Coberturas Colúvio-Eluviais podem ser considerados como a fácies mediana da Formação Barreiras presente no Sítio Natural de Fortaleza;
- Os afloramentos concernentes à fácies distal da Formação Barreiras em Fortaleza apresenta características sedimentológicas similares às descritas por Maia (1998), como sendo a segunda camada no contexto evolutivo deposicional da Formação Barreiras.



Figura 54: Foto de detalhe do Perfil. Destaque para a camada conglomerática predominante no em contato com as rochas do embasamento cristalino (Foto: Marcelo Martins, 2007).

4.2.4.4. Os Dados das sondagens

A partir da análise de diversos perfis de sondagens em setores mapeados como de predomínio da Formação Barreiras (figs. 55, 56 e 57), análise realizada com o intuito de tentar se verificar a teoria evolutiva de Maia (1998) da deposição da Formação Barreiras, no que diz respeito, sobretudo, à primeira fase de deposição.

Esta primeira fase, que Maia (1998) descreve com uma fácies de leques aluviais, é composta por seixos e grãos angulosos e subangulosos de quartzo, intercalada por horizontes conglomeráticos, dotados de litologia heterogênea. Esta fácies seria formada por depósitos residuais de canais.

Com este intuito foram selecionados três perfis que, no nosso entendimento, se não representam, pelo menos indicam depósitos correlativos à primeira fase de deposição proposta por Maia (1998).

Analisando o primeiro perfil (fig. 55), um pacote de 12 metros de espessura composto essencialmente por areias, onde teríamos a segunda fase de deposição, seguido por um pacote de 22 metros, que segundo a descrição feita, é composta de rocha alterada, onde talvez, pudesse correlacionada à primeira fase.

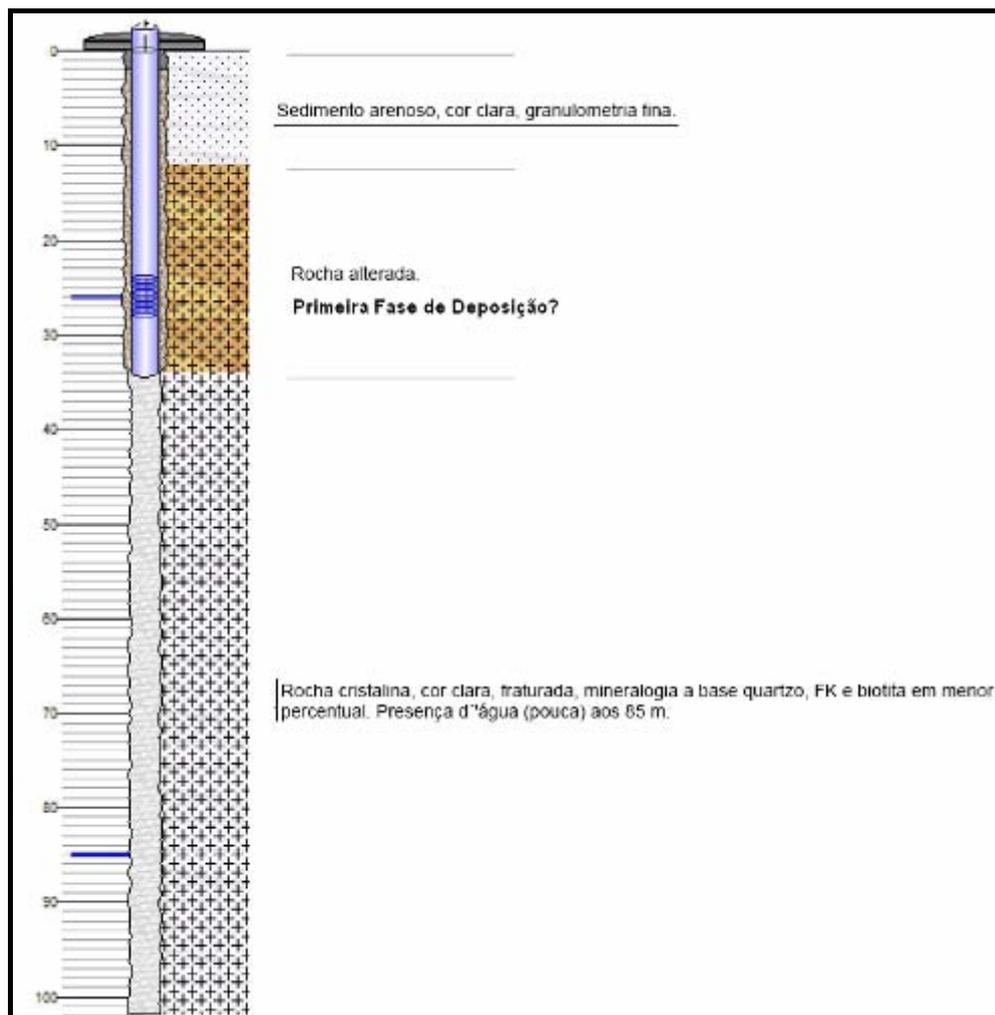
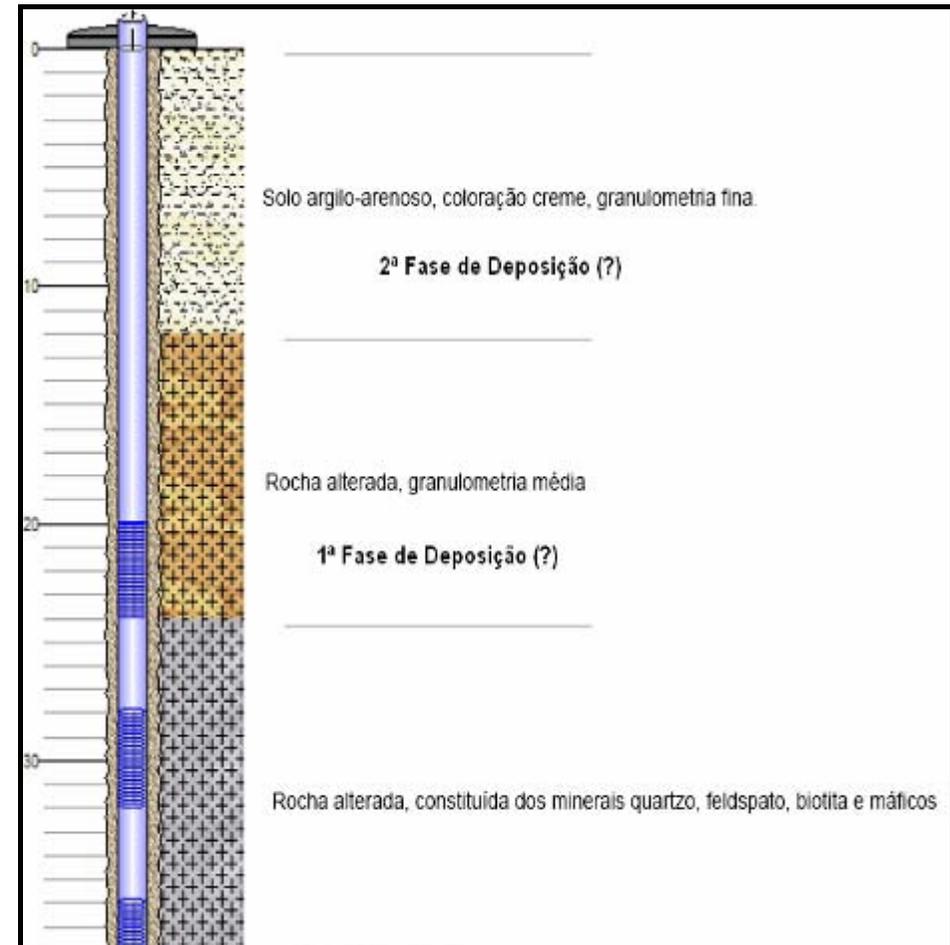
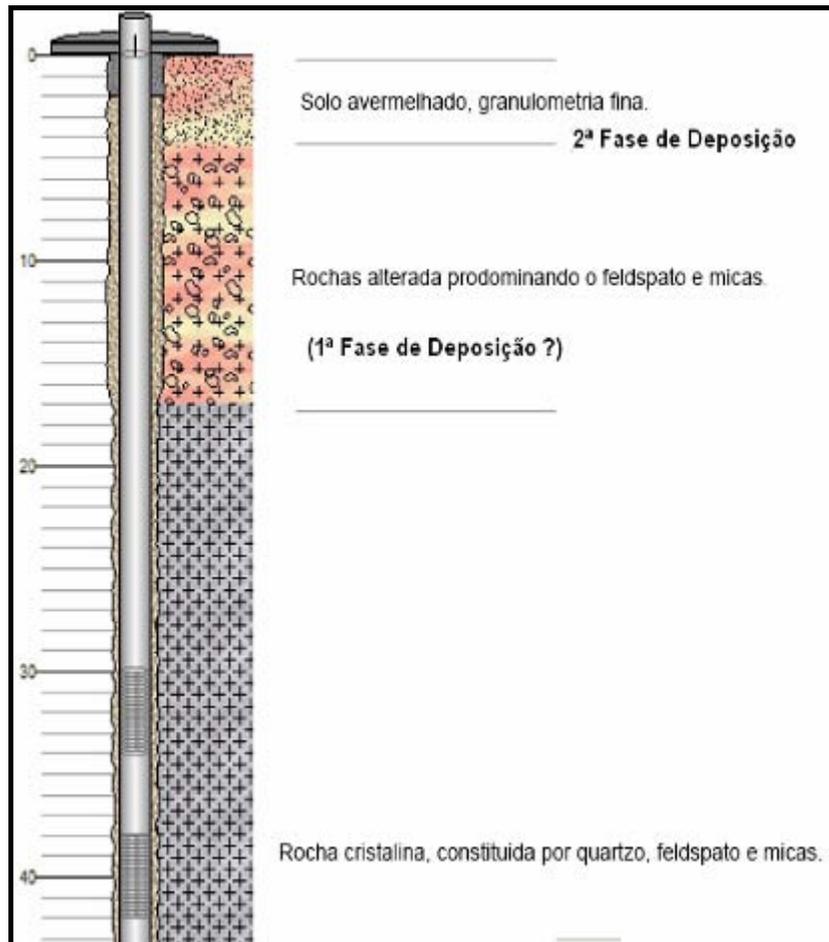


Figura 55: Perfil de Sondagem feita em setor mapeado como de predomínio da Formação Barreiras (Fonte: CPRM, 2008 – Org. Marcelo Martins).

O segundo perfil (fig. 56) apresenta uma camada superior, de 4,5 metros de profundidade, descrita como sendo de ocorrência de solo, mas de um solo avermelhado, dotado de granulometria fina. Tal descrição vai de encontro à descrita por Maia (1998) para a segunda fase de deposição. Sobreposta por essa camada, um pacote de 12,5 metros descrita como sendo de rochas alteradas que, entendemos que poderia ser correlata à primeira fase de deposição, que, essencialmente, seriam compostas de materiais conglomeráticos.

O terceiro perfil (fig. 57), por sua vez, apresenta uma camada superior, de 12 metros de profundidade, composta de solo argilo-arenoso, de coloração creme e granulometria fina. Mais uma vez, temos uma camada superior com características texturais mais finas, que corresponderia à segunda fase de deposição de Maia (1998). Sobreposta por esta, um pacote de 12 metros de rocha alterada, que entendemos ser correlata à primeira etapa de deposição da Formação Barreiras.



Figuras 56 e 57: Perfis de Sondagem feita em setor mapeado como de predomínio da Formação Barreiras (Fonte: CPRM – Org. Marcelo Martins, 2008).

TABELA GEO-CRONOLÓGICA Evolução Geomorfológica do Sítio Natural de Fortaleza, Ceará					
ERA	PERÍODO	SÉRIE	Estágio	Idade	EVENTOS
Cenozóico	Terciário / Quaternário	Plioceno / Pleistoceno		10,4 à 1,16 M.a	Deposição da Formação Barreiras
	Terciário	Oligoceno	Chatiano	28 M.a.	Formação Magmática Alcalina Messejana

Figura 58: Tabela Geo-cronológica do período Tércio-Quaternário
(Fonte das Idades: Foucault e Raoult, 1995; Fonte dos Eventos: vários autores – Org. Marcelo Martins, 2008).

4.2.4.5. A Deposição

Com base nas análises dos dados supracitados, podemos extrair algumas conclusões, tendo como elemento norteador, a teoria evolutiva levantada por Maia (1998). Desta forma, podemos concluir que:

- As áreas-fontes podem ser remetidas às rochas constituintes das unidades geomorfológicas da Depressão Sertaneja e do Maciço de Baturité, que configurariam, portanto, como a fácies proximal da Formação Barreiras;
- As Coberturas Colúvio-Eluviais, em função de suas características morfológicas sedimentológicas, podem ser considerados como a fácies mediana da Formação Barreiras;
- Os afloramentos da fácies distal da Formação Barreiras apresentam características sedimentológicas similares às descritas por Maia (1998), como sendo a segunda camada de deposição da Formação Barreiras;
- Os perfis de sondagens parecem indicar a ocorrência de duas fases de deposição, mas sobretudo, da que a primeira fase de deposição (base) apresente características mais conglomeráticas e esteja imediatamente sobreposta pelos materiais da segunda fase de deposição.

Na seqüência apresentamos as dinâmicas relativas ao período geocronológico posterior, o período Quaternário da Era Cenozóica.

CAPÍTULO 5:



**A DINÂMICA GEOMÓRFICA
QUATERNÁRIA**

5. A DINÂMICA GEOMÓRFICA QUATERNÁRIA

5.1. Quadro Paleoclimático Quaternário

Ao longo da história geológica, por diversas vezes, amplas parcelas continentais forma recobertas por calotas de gelo, em função da ocorrência de glaciações que, por sua vez, correspondem a períodos nos quais, por diversas razões naturais, a temperatura da superfície da Terra caiu ao ponto de solidificar significativas quantidades da água circundante na natureza, o qual, em última instância, termina por desaguar nos oceanos (CLAUDINO-SALES, 2005).

Desta forma, durante os períodos glaciais, o nível do mar decaiu, e, por outro lado, nos períodos inter-glaciais, como o atual, a água retida sobre os continentes retornou aos oceanos, permitindo a elevação do nível marinho. Portanto, como frisa Claudino-Sales (2005), à cada glaciação correspondeu uma ampla regressão marinha global ou eustática, ou seja, o recuo do oceano e a ampliação concomitante da zona costeira através de planícies litorâneas e, à cada período inter-glacial, temos de forma correspondente a ocorrência de uma transgressão marinha ou eustática.

A maior parte dos estudos realizados sobre a temática dos paleoclimas ocorridos ao longo do quaternário concentra-se nas mudanças ocorridas ao longo do Pleistoceno superior e o Holoceno (final do Terciário, início do Quaternário). Tal concentração talvez se justifique pelo fato de que as variações climáticas foram freqüentes nesse período, pois no Pleistoceno, ocorreram dezoito fases glaciais (SHACKLETON, 1987 e PIRAZOLLI, 1996).

Tal enfoque se dá, notadamente entre o último pico glacial e a correlata última regressão eustática, ocorrida a 18 ka (no período o mar ficou cerca de 100 m abaixo do nível atual - PIRAZOLLI, 1996), além dos primeiros milênios do período pós-glacial (CLAUDINO-SALES e PEULVAST, 2006). O final dessa glaciação, que ocorreu por volta de 13 ka, produziu uma grande transgressão marinha, com o máximo por volta de 7 Ka na maioria das zonas costeiras do mundo e de 5,1 Ka no Brasil, a última transgressão em escala global (MARTIN et al, 1985; SHACKLETON, 1987; CLAUDINO-SALES, 2005) (Fig. 59).

TABELA GEO-CRONOLÓGICA Evolução Geomorfológica do Sítio Natural de Fortaleza, Ceará					
ERA	PERÍODO	SÉRIE	Estágio	Idade	EVENTOS
Cenozóico	Quaternário	Holoceno		5 Ka	Máximo da última transgressão marinha no Litoral Brasileiro
		Pleistoceno		13 Ka	Última Transgressão Marinha
				18 Ka	Último Pico Glacial e a correlata Última Regressão Eustática

Figura 59: Tabela Geo-Cronológica do Período Quaternário
(Fonte: Foucault e Raoult, 1995 – Org. Marcelo Martins, 2008).

Contudo, o oceano Atlântico ainda sofreu outra modificação de nível na zona costeira cearense. Há cerca de dois ou três mil anos, de acordo com Claudino-Sales (2005), após essa transgressão holocênica, o peso das águas exercido sobre a plataforma fomentou uma pequena “flexura marginal”, com expressão apenas na zona costeira adjacente. Desse processo resultou uma pequena regressão, da provável ordem de 3 m em relação à posição anterior até atingir o nível atual (CLAUDINO-SALES, 2002, 2005).

Todavia, análises mais específicas indicam segundo Claudino-Sales e Peulvast (2006), que o último período glacial teria sido caracterizado por oscilações mais úmidas de curta duração nos setores centrais e setentrionais brasileiros, inclusive no Estado do Ceará. Tal contexto é sugerido pelas variações intensas na taxa de sedimentação registrada no talude continental cearense para a última glaciação e para o Holoceno (ARZ et al, 1999 apud CLAUDINO-SALES e PEULVAST, 2006).

Desta forma, para Claudino-Sales e Peulvast (2006), tais taxas foram correspondentes às condições secas do último pico glacial e do período anterior, interrompidas por curtos períodos de precipitações mais intensos em torno de 40 ka, 33 ka e 24 ka. Em relação ao Holoceno, teríamos climas mais secos, apesar da ocorrência de oscilações mais úmidas, inclusive, ao longo do último milênio (CLAUDINO-SALES e PEULVAST, 2006).

O fato é que a ocorrência de vários períodos secos ao longo do Holoceno, além da ausência de aportes abundantes de materiais terrígenos, pelo menos depois do Pleistoceno superior, parece não ter propiciado o estoque significativo de materiais terrígenos na zona litorânea, que poderiam ter sido disponibilizados para o retrabalhamento relativo às mudanças pleistocênicas do nível marinho (CLAUDINO-SALES e PEULVAST, 2006).

Todavia, tal aporte foi o suficiente para a gênese de significativos campos de dunas no Estado do Ceará, ao invés do desenvolvimento de extensas planícies litorâneas, como ocorre em outros setores do litoral brasileiro. Além disso, associado à atuação da flexura marginal (PEULVAST et al, 2006), o parco aporte terrígeno na zona litorânea cearense, poderia também justificar a persistência na paisagem de afloramentos do embasamento cristalino ao nível das pontas litorâneas, que, de acordo com Claudino-Sales e Peulvast (2006), corresponderiam aos vestígios de morfoestruturas herdadas do Cretáceo. Como exemplo, podemos citar a ponta do Mucuripe, em Fortaleza.

Todavia, o volume de sedimentos oriundos dos setores mais internos do continente, embora modesto, contribui para o desenvolvimento de importantes processos geomorfológicos na paisagem da zona costeira.

Dentre eles, vale destacar que a migração de dunas na direção de diversas desembocaduras fluviais, provocando seu assoreamento e induzindo a migração desses leitos de leste para oeste (CLAUDINO-SALES e PEULVAST, 2006).

Os efeitos das variações climáticas mais recentes também influenciaram na morfologia dos cursos fluviais, notadamente com relação às larguras dos vales. Segundo Claudino-Sales e Peulvast (2006), à montante das zonas influenciadas de forma direta pela última transgressão eustática pós-glacial, os rios apresentam leitos maiores mais largos, incompatíveis com suas vazões líquidas atuais.

Além disso, os afloramentos do embasamento nos seus leitos menores refletem o débil transporte aluvial associado à tendência de uma dissecação mais prolongada por razões bioclimáticas

A modelagem dos leitos atuais pode ter se iniciado justamente ao longo das alternâncias entre períodos secos e úmidos no Pleistoceno superior, com exceção dos baixos cursos, onde o parcial assoreamento das desembocaduras e o estabelecimento das dinâmicas litorâneas atuais, ambos associados à subida pós-glacial do nível do mar, foram acompanhados por uma retomada na migração e dissecação dos leitos ao curso do Holoceno (CLAUDINO-SALES e PEULVAST, 2006).

5.1.1. A Migração do Leito do rio Cocó

Observando-se qualquer uma das cartas utilizadas até aqui em que se apresenta o leito do rio cocó, sobretudo, no momento em que o rio perfaz um meandro formando um ângulo fechado, saindo de uma direção SSO-NNE para uma direção, grosso modo, NNO-SSE, a forma como se deu tal mudança desperta, no mínimo, curiosidade.

Analisando-se cartas topográficas do local e o contexto geomorfológico do setor, notadamente, a proximidade, mais ao Norte do Riacho Maceió, além da presença de um amplo setor de Paleodunas à leste do setor inter-fluvial entre o riacho Maceió e o rio Cocó, foi proposta um setor, uma espécie de “paleocurso” onde o rio Cocó passava na direção Norte, formando com o riacho Maceió, um só canal fluvial.

Um método que permitiria uma aproximação desse paleocurso seria uma análise de perfis de sondagens no setor, ou pelo menos, o mais próximo possível. Realizamos assim, uma triagem e uma seleção básica de três perfis de sondagens os quais detalharemos na seqüência.

5.1.1.1. Os Perfis de Sondagem

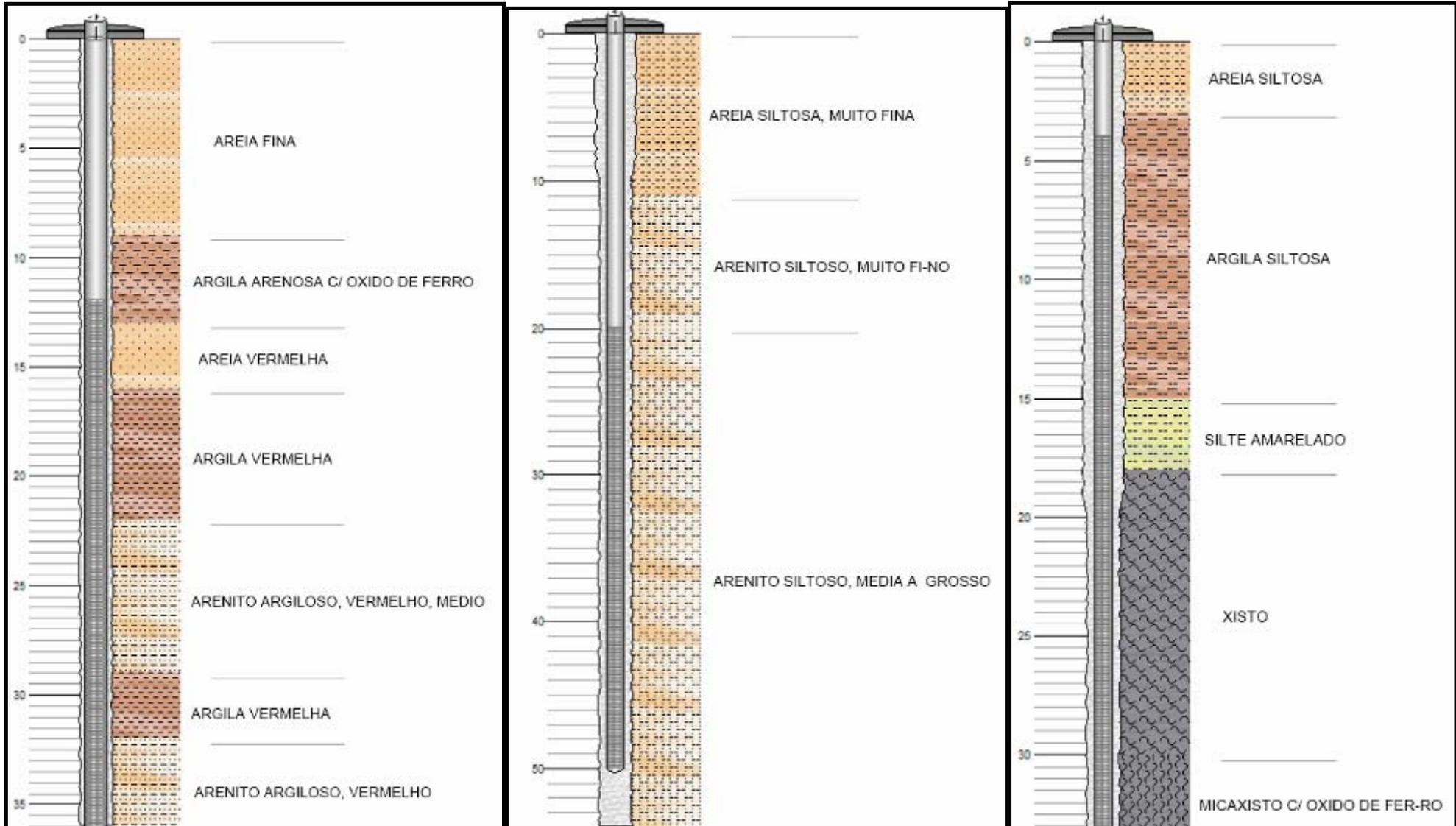
O primeiro perfil de sondagem, o qual elencamos com a letra “A” (fig. 60) tem 36 metros de profundidade, sendo subdividido da seguinte forma: uma primeira camada de 9 metros de areias, seguida de 4 m de argila arenosa com óxidos de ferro, 3 m de areia vermelha e 6 de argila vermelha, cobrindo 7 m de arenito argiloso e mais 3 m de argila vermelha. Por fim, mas 4 m de argila vermelha.

O que se percebe é uma nítida intercalação de materiais mais arenosos com outros mais argilosos, perfazendo uma espécie de gradação entre prováveis momentos mais úmidos, com transporte de materiais de maior granulometria, com outros onde a vazão desse paleo-rio Cocó poderia transportar apenas partículas finas.

O segundo perfil (letra B – fig. 61), apesar de apresentar maior profundidade (54 m), sedimentologicamente apresenta-se mais simplificado, com uma gradação de uma camada de topo com 11 metros de areia siltosa, muito fina, seguida por 9 metros de arenito siltoso muito fino, por mais 34 metros de arenito siltoso, mas médio-grosso.

Por fim, o terceiro perfil (C – fig. 62) apresenta uma camada mais superior de 3 metros de areia, sobrepondo 12 metros de argila siltosa e 3 metros de silte amarelado. Por fim, chegamos ao embasamento cristalino, onde temos 12 metros de xisto sobrepondo mais 4 metros de micaxisto.

Estes três perfis selecionados e discutidos acima, estão relacionados ao setor interfluvial, entre o leito do rio Cocó, no setor onde ele perfaz o meandro para o setor leste da cidade e o riacho Maceió, pequeno leito fluvial situado ao norte do rio Cocó. Este setor, que será discutido com mais ênfase abaixo, corresponderia ao trecho onde o curso do rio Cocó passaria anteriormente.



Figuras 60, 61 e 62: Perfis de Sondagem (A), (B) e (C), respectivamente (Fonte: CPRM - Org. Marcelo Martins, 2008).

5.1.1.2. O Paleocurso do Rio Cocó

Analisando a carta topográfica do setor inter-fluvial entre o rio Cocó e o riacho Maceió (mais ao Norte) (fig. 63) percebemos, além da proximidade entre ambos, que a topografia apesar de provavelmente mascarada pelos sedimentos das dunas que provavelmente migraram na direção E-W, forçando a mudança no curso do rio Cocó, se mostra receptível para uma reconstituição desse paleocurso.

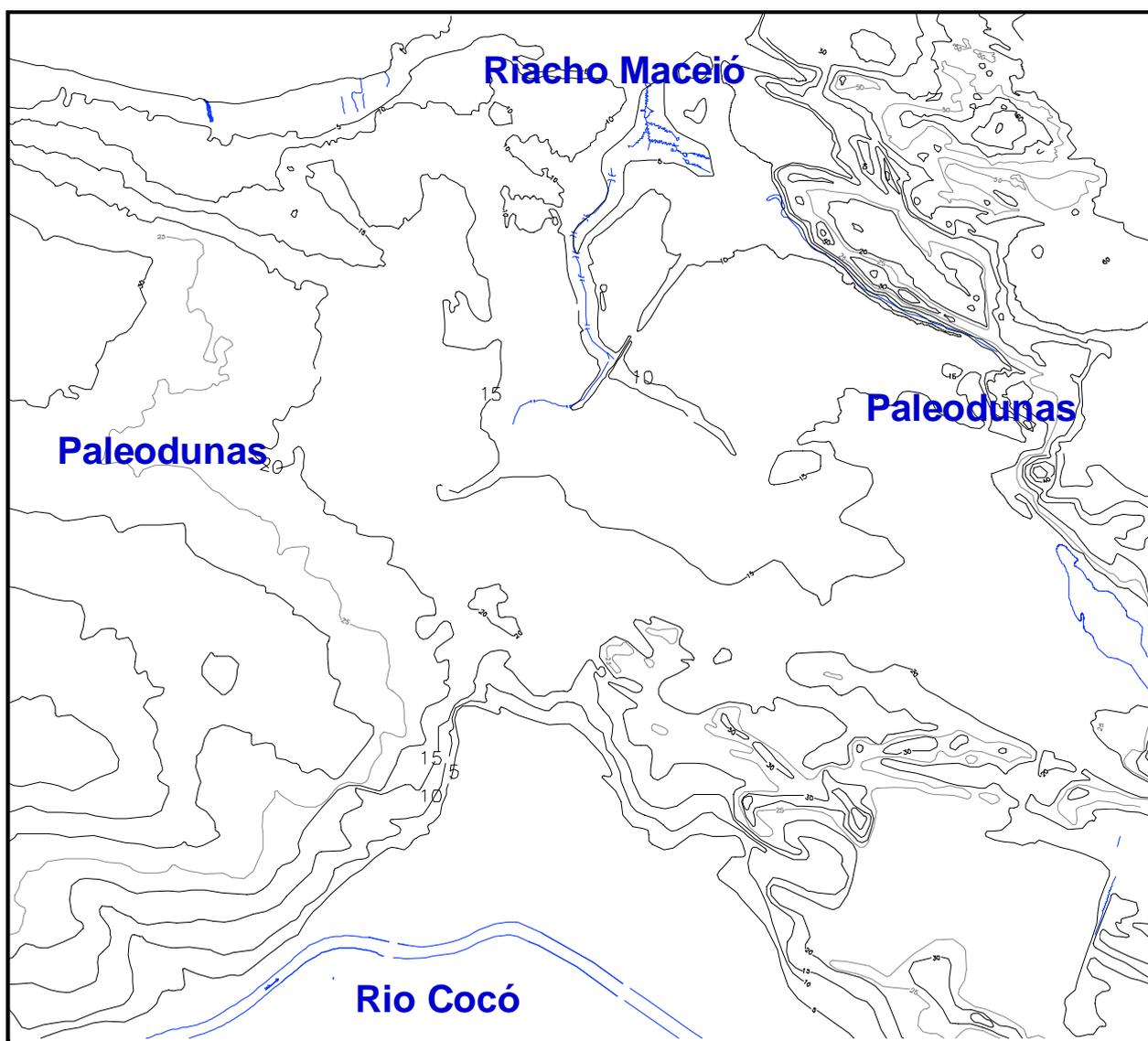


Figura 63: Desenho-Explicativo do Setor Inter-fluvial entre o rio Cocó e o riacho Maceió (Projeto LEG FOR, 2003 – Adaptação: Marcelo Martins, 2008).

Desta forma, correlacionando a topografia especificamente desse setor inter-fluvial entre o riacho Maceió e o rio Cocó, associada com as informações proporcionadas pelos três perfis acima descritos elaboramos um possível paleocurso.

O perfil A (fig. 59), situado à oeste de onde seria a junção do Cocó com o atual leito do riacho Maceió (fig. 64) temos a gradação entre materiais mais arenosos e outros mais argilosos que podem indicar diferentes momentos da vazão desse paleo-rio.

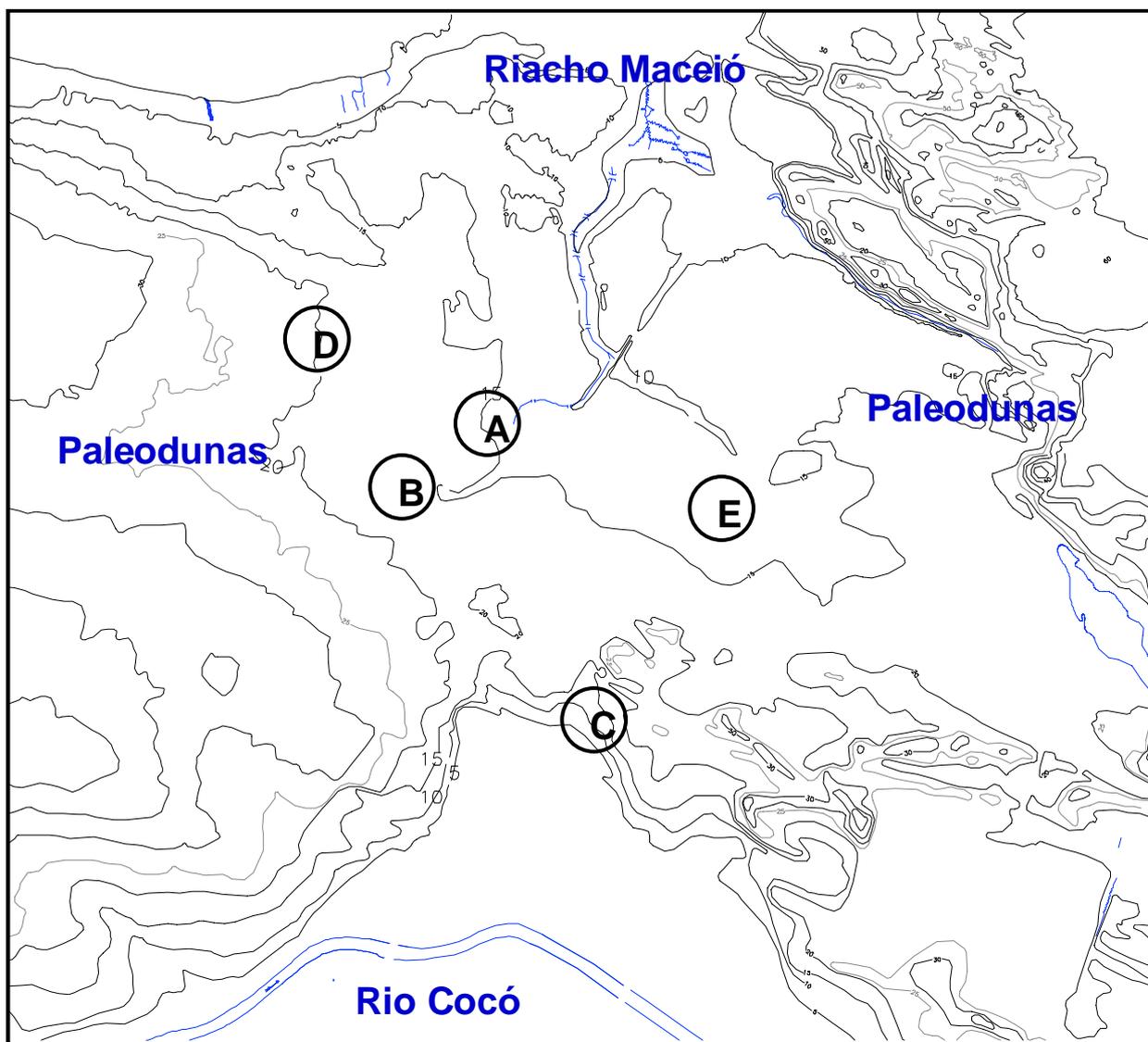


Figura 64: Desenho Explicativo do Setor Inter-fluvial entre o rio Cocó e o riacho Maceió, com localização dos perfis de Sondagens – A, B e C. (Projeto LEG FOR, 2003 – Adaptação: Marcelo Martins, 2008).

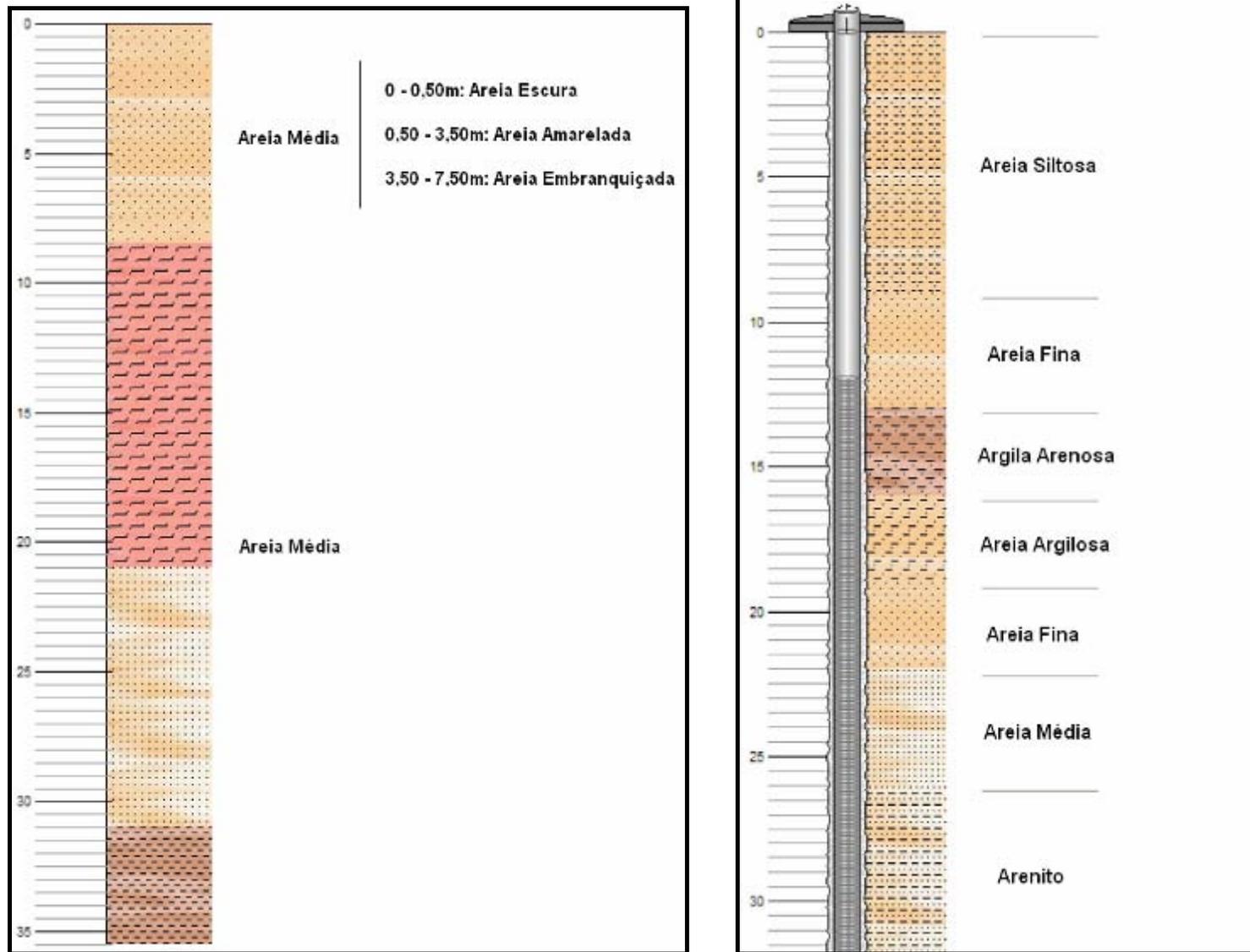
Por sua vez, o perfil B (fig. 60), situado um pouco mais à oeste onde passaria o leito do rio Cocó (fig. 64), provavelmente indica, com os arenitos, sendo originados a partir das areias do rio cimentados por sais (influência marinha nesse estuário?), sobrepostos por areias, que por sua vez, podem ser parte das dunas que lentamente assorearam o rio ao longo do Quaternário.

Por fim, o perfil – C (fig. 62) situado mais à leste de onde pensamos que passaria o paleocurso do Cocó (fig. 64), apresenta uma camada superior dotada predominantemente de areias, possivelmente originadas de Paleodunas também, assim como no caso do perfil – B. Esta camada de areia está sobrepondo 12 metros de argila siltosa e 3 metros de silte amarelado, talvez, estes materiais tenham sido originados do próprio rio sobreposto a rochas do Embasamento Cristalino.

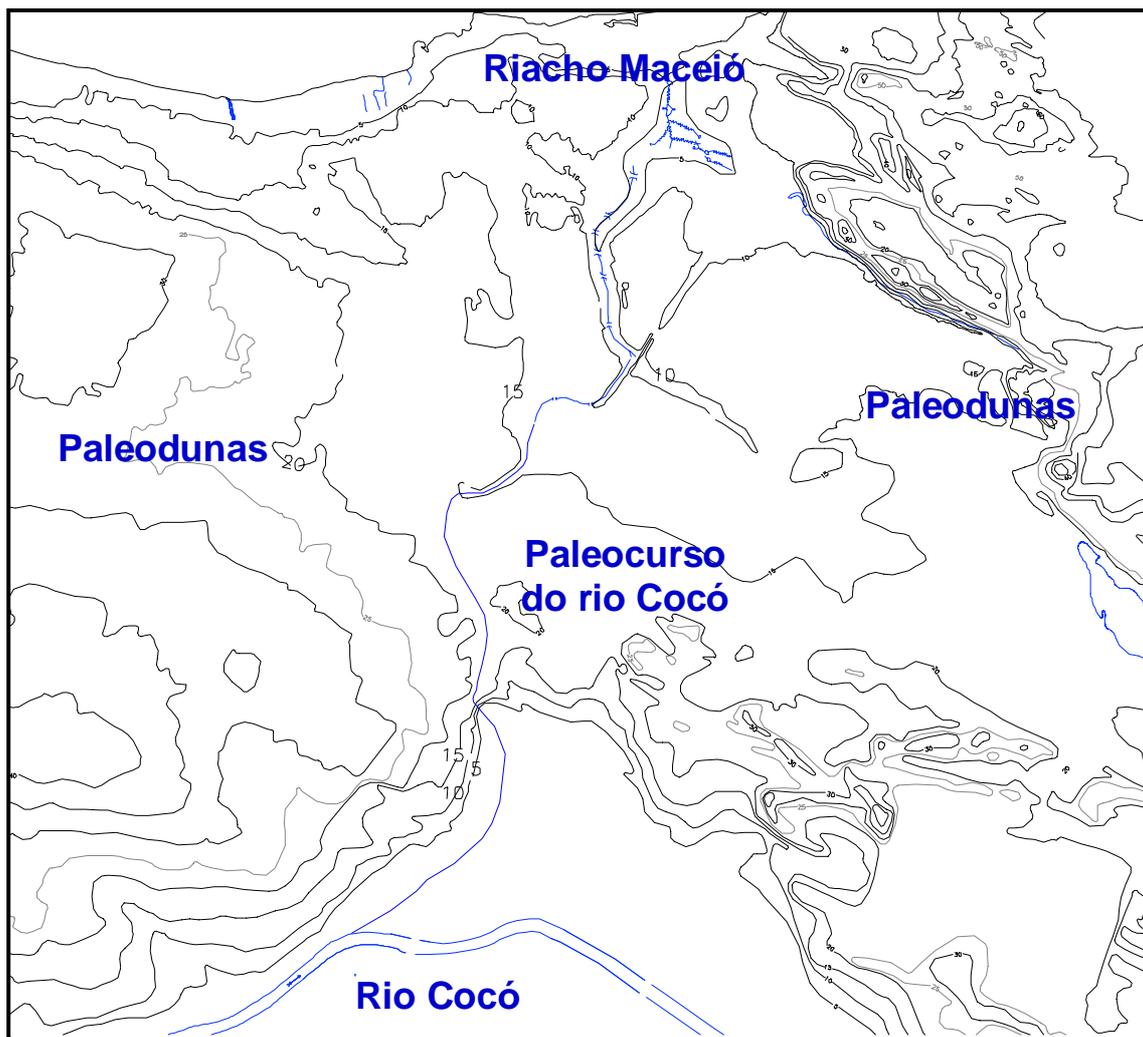
Reforçando as características desse setor inter-fluvial, como sendo uma área dotada de materiais sedimentológicos característicos de ambientes fluviais, após a descrição e discussão desses três perfis (A, B e C), contrastando à oeste e à leste desse setor, incluímos dois perfis (perfis D – fig. 65 e E – fig. 66), os quais, apresentam colunas dotadas predominantemente de areias, as quais podem ser relacionadas à áreas de ocorrências de dunas e paleodunas, sobretudo, conforme, inclusive, o mapeamento realizado.

Possivelmente, o setor onde este perfil foi feito tenha correspondido a um setor intermediário entre o paleocurso do Cocó, drenando para N, e o atual, na direção da Praia do Futuro. Desta forma, associando estas informações proporcionadas pelas sondagens, com a topografia atual, elaboramos uma proposta de onde se daria o paleocurso do rio Cocó (fig. 67).

Obviamente, estudos mais detalhados, sobretudo de ordem geofísica, com, por exemplo, a morfologia do embasamento cristalino subjacente, que poderá indicar com mais precisão por onde o paleocurso do rio Cocó passava, já que, na nossa opinião, o rio deve ter realmente, em algum momento do passado, desaguado na fachada Norte do Sítio Natural de Fortaleza.



Figuras 65 e 66: Perfis de Sondagem (D); (E) (Fonte: CPRM - Org. Marcelo Martins, 2008).



**Figura 67: Mapa do Paleocurso do rio Cocó
(Projeto LEG FOR, 2003 – Adaptação: Marcelo Martins, 2008).**

5.2. A Dinâmica Litorânea

A faixa litorânea cearense é caracterizada por um importante transporte de sedimentos, essencialmente formado por areias de granulometria média a fina, as quais são o substrato para as praias e dunas. As fontes primárias dessas areias são: o processo de erosão de praias, de falésias e de diversos depósitos e afloramentos litorâneos. Como fontes secundárias, temos os aportes de rios, cuja contribuição é reduzida em razão do clima semi-árido do interior e, mais recentemente, da construção de barragens (CLAUDINO-SALES e PEULVAST, 2006).

A linha de costa é uma área subordinada a interação dos fatores oceanográficos e continentais. Os processos atuantes na "*shoreline*" são decorrentes da topografia, exposição de ataque das marés, acessibilidade da costa, disponibilidade de sedimentos, alcance e vulnerabilidade das correntes e do clima (MAIA, 1998).

Os processos costeiros e, por conseguinte, os modelados litorâneos e costeiros, correspondem ao resultado das interações dos agentes dinâmicos ou fatores impulsores (ventos, ondas, correntes, marés e outros fenômenos) com a zona litorânea; por este motivo, o conhecimento destes agentes, sob o ponto de vista de sua descrição e sua magnitude de variação a curto e médio prazo, é fundamental para a avaliação dos processos e funcionamento do sistema litorâneo.

No tocante às correntes, as primeiras correntes marítimas que influenciam o litoral são as correntes oceânicas, que contribuem para a definição do clima na região. Além destas, a corrente do Atlântico Sul contribui na definição do posicionamento da ZCIT (MAIA, 1998).

Maia (1998), ao estudar os processos costeiros e sedimentares ao longo da cidade de Fortaleza, caracterizou as correntes costeiras que percorrem o litoral cearense. Em seus estudos, o autor constatou a distinção entre as correntes costeiras, sendo que uma ocorre paralela à costa com velocidade entre 0,25 e 0,31 m/s, e uma outra, normal à costa, com uma amplitude de velocidade entre 0,08 e 0,58 m/s. O direcionamento das correntes superficiais é, em geral, paralelo à costa, com direção predominante WNW, com variação entre WSW e NNW.

Por sua vez, a distribuição dos valores médios anuais da velocidade do vento ao longo do litoral cearense mostra uma tendência de crescimento de SE – NW, associada a uma mudança do vetor direção do tipo anticiclônico. Este padrão de variação, que se mantém praticamente constante todo o ano, é devido à proximidade da zona de convergência intertropical, com as estações situadas mais ao Norte, submetidas a uma maior influência dos ventos alísios de NE, e as de S, a uma maior influência dos ventos alísios do sudeste.

As velocidades médias dos ventos, obtidas pela FUNCEME, apresentam uma amplitude de 3,0 a 8,4 m/s. Os maiores valores ocorrem entre agosto e novembro e os menores de fevereiro a maio. A variação anual apresenta um ciclo bem marcado, com velocidades, mais baixas durante o período de chuvas e mais elevadas durante o segundo semestre. Este padrão coincide com o ciclo geral de variação controlado pela migração da zona de convergência intertropical (MAIA, 1998).

O potencial eólico ilustrado acima resulta nas condições naturais para a formação de dunas costeiras, sobretudo, no período de agosto a novembro, onde temos os maiores valores das velocidades dos ventos, resultante do período de estiagem, onde tem-se, de maneira geral, um clima mais seco, mais propício para a mobilização das areias.

Com relação às marés, define-se maré como sendo o fluxo e refluxo periódico das águas do mar que, duas vezes ao dia, sobem (preamar) e descem (baixa-mar) alternadamente, processo este que permite a modelagem dos estuários dos rios.

Segundo os registros do mareógrafo do INPH instalado no porto do Mucuripe, as marés que afetam o litoral cearense são do tipo semidiurnas, formadas a partir de forças astronômicas de caráter semidiurno, apresentando as curvas de nível da maré segundo cotas horárias corretas e simétricas, e caracterizada por apresentar dois preamares e dois baixamares num período de um dia lunar (24h 50min).

As ondas resultam da ação dos ventos, apresentando a transferência da energia cinética da atmosfera para a superfície oceânica. Os oceanos absorvem parte da energia solar, refletida para o espaço, aquecendo assim a água e esta aquece o ar oceânico produzindo correntes de ar. As correntes, por outro lado, produzem ondas pela energia reposta ao oceano. Uma característica da costa cearense é a pequena amplitude das ondas que em média variam de 0,60 a 1,80 metros.

As ondas acabam por modelar as falésias e provocar a erosão ou progradação das praias face à ausência ou presença, respectivamente, de sedimentos na deriva litorânea, a qual será descrita abaixo.

No litoral de Fortaleza, o regime de ondas que se aproxima da costa é proveniente dos quadrantes leste e nordeste, gerando um transporte predominantemente de leste para oeste e de sudeste para noroeste. Secundariamente, as ondas também incidem a partir do quadrante norte e são caracterizadas por possuírem um poder erosivo mais elevado.

O transporte de sedimentos pelas águas contíguas à linha de costa é chamado de transporte litorâneo gerado pelas ondas, correntes e ventos. Tem como resultado imediato o transporte de areias nas praias, fator preponderante na variação e evolução da linha de costa (LIMA, 2000).

O transporte transversal se dá de forma perpendicular à praia e decorre das mudanças ocorrentes nas ondas ao tocar o fundo em água rasa, quebra de ondas e conseqüente movimento de espriamento e refluxo de ondas na praia. A energia da arrebentação (quebra de onda) revolve os sedimentos do fundo na área de quebra, colocando-os em suspensão, levando-os até o limite do espriamento, voltando pelo refluxo das ondas (LIMA, 2000).

O transporte longitudinal, por outro lado, se dá de forma paralela à linha de praia e ocorre como resultado da incidência oblíqua das ondas na linha de praia. O movimento combinado desses dois tipos de transporte geral um movimento residual também paralelo à praia e chamado de deriva litorânea ou transporte litorâneo (LIMA, 2000).

Os fluxos eólicos sempre desempenharam papel notório no suprimento de sedimentos nos entornos da Ponta do Mucuripe, que divide o litoral de Fortaleza em duas partes bem distintas, como vimos anteriormente, no capítulo 3.

À leste, a linha de costa mais retilínea constituía fonte de sedimentos de dunas que transitavam em direção ao litoral norte da cidade, ou seja, o que se situa a oeste da ponta do Mucuripe, formando acréscimo e subsequentemente bancos de areias ao longo de toda a enseada do Mucuripe (LIMA, 2000).

A construção do Porto do Mucuripe e a expansão de Fortaleza, se interporam no caminho das dunas e com isto houve o represamento do transporte eólico, contribuindo para a erosão imediatamente a oeste do Mucuripe, processo de degradação do meio físico que será detalhado no capítulo 7.

Na seqüência apresentaremos os relevos resultantes dos processos analisados até aqui, relevos tais que formam o Sítio Natural de Fortaleza.

PARTE III

GEOMORFOLOGIA E MEIO-AMBIENTE EM FORTALEZA

CAPÍTULO 6:



A CIDADE E OS RELEVOS

6. A CIDADE E OS RELEVOS

Vimos até aqui, o desenvolvimento e a sucessão (ou concomitância) de processos estruturais, geomorfológicos e climáticos que influenciaram incisivamente na formação e modelagem do sítio natural de Fortaleza. Na ponta desta “seta do tempo”, o processo de urbanização se estabeleceu sobre o resultado de todo esse processo, fazendo virar realidade a atual cidade de Fortaleza.

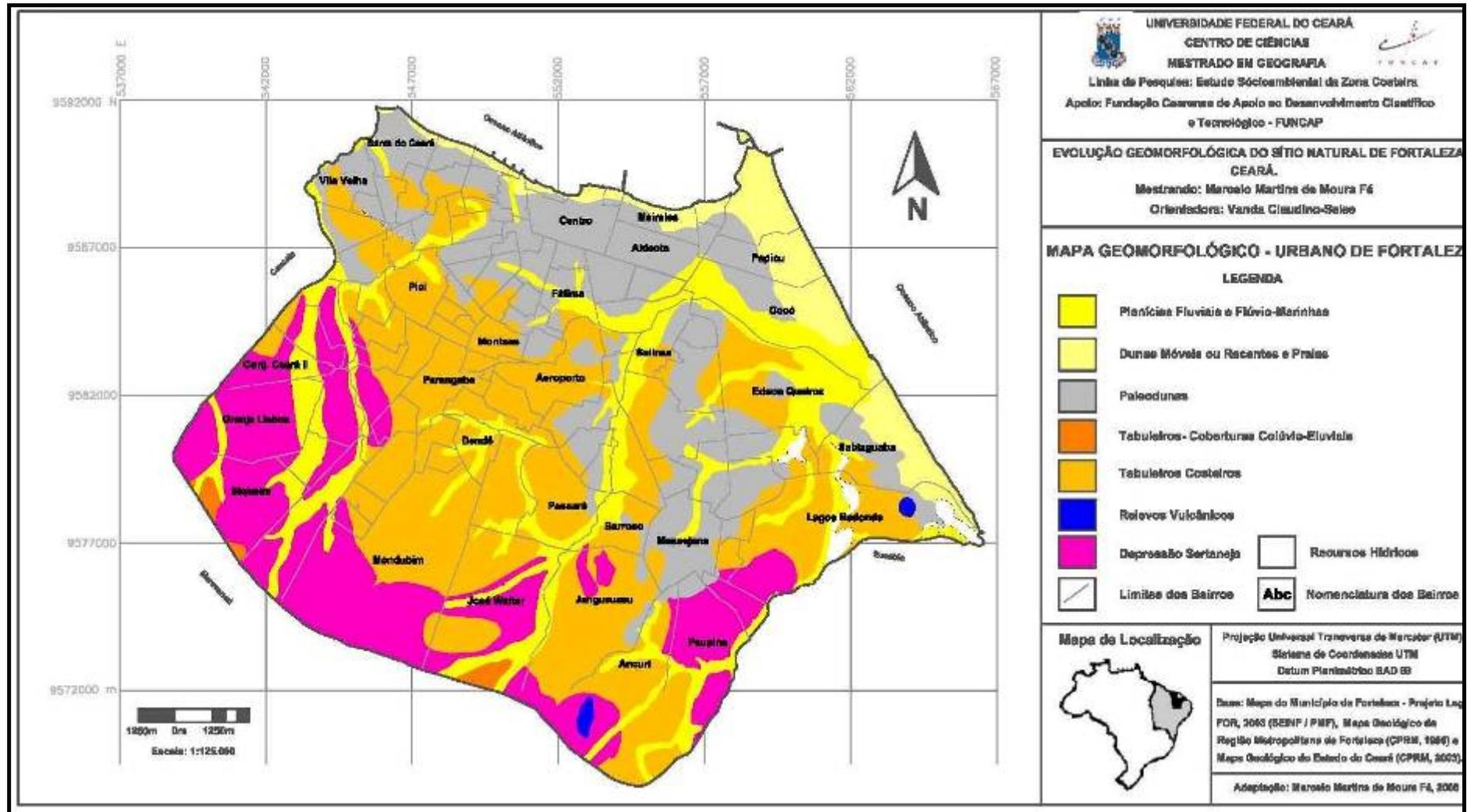
Pois bem, baseados na curiosidade científica e na necessidade de dar continuidade ao tema pesquisado, elaboramos o Mapa Geomorfológico de Fortaleza associado com os limites dos bairros da cidade, o que nos permite, de maneira geral, visualizar a correlação básica entre a malha urbana e o sítio natural subjacente, o que denominamos de Mapa Geomorfológico-Urbano de Fortaleza (fig. 68).

Nos bairros situados na faixa litorânea leste, bairros que se apresentam entre os maiores da cidade, dentre eles: Cocó, Praia do Futuro, Dunas, temos, como normalmente acontece em regiões litorâneas, a faixa de praia, de dunas atuais, seguida pelas Paleodunas. Tal ordem é rompida com a presença da planície flúvio-marinha do rio Cocó (fig. 68).

Com relação à fachada norte da cidade, temos a mesma seqüência de unidades geomorfológicas permeando os bairros situados nessa região. Vale frisar que no setor noroeste da cidade, associados às Planícies fluviais, os tabuleiros costeiros apresentam-se mais ao norte do que em qualquer outro ponto da cidade, chegando a estar a apenas 1,3 km da faixa de praia, no contexto urbano do Álvaro Weyne (fig. 68).

Seguindo o setor oeste da cidade, também associada às Planícies fluviais, é neste setor da cidade que outra unidade geomorfológica consegue avançar mais ao norte do que em qualquer outro setor da cidade: é a Depressão Sertaneja, que perfaz o relevo de diversos bairros nessa região, dentre eles: Granja Lisboa, Siqueira, Granja Portugal, Bom Sucesso (fig. 68).

No setor mais ao sul da cidade, partindo para os setores centrais, notadamente, à oeste da Planície Fluvial do rio Cocó, há um significativo predomínio dos Tabuleiros Costeiros. Alguns bairros dessas regiões da cidade são totalmente inseridos no contexto geomorfológico dessa unidade de relevo. Dentre eles podemos destacar alguns, como a Serrinha, Itaoca, Demócrito Rocha, Couto Fernandes (fig. 68).



Moura-Fê. Evolução Geomorfológica do Sítio Natural de Fortaleza, Ceará – 2008.

6.1. O SETOR MERIDIONAL DE FORTALEZA

O setor sul da cidade Fortaleza, dentre outros domínios geomorfológicos, tais como manchas dissecadas de tabuleiros costeiros e de coberturas colúvio-eluviais, apresenta de forma predominante a presença da Depressão Sertaneja.

Na área de estudos, durante os levantamentos de campo realizados, através da BR-222, perfazemos todo o “cinturão” sul da cidade de Fortaleza. O objetivo principal foi a verificação de afloramentos da depressão sertaneja, mais possível de serem encontrados em setores menos urbanizados, como este.

Secundariamente, procuramos identificar e analisar os contatos entre os domínios da depressão sertaneja com os tabuleiros costeiros, com os depósitos flúvio-aluvionares e entre os dois complexos litológicos do embasamento cristalino (complexo granitóide-migmatítico e gnáissico-migmatítico), sobre os quais foi modelada a depressão sertaneja no setor.

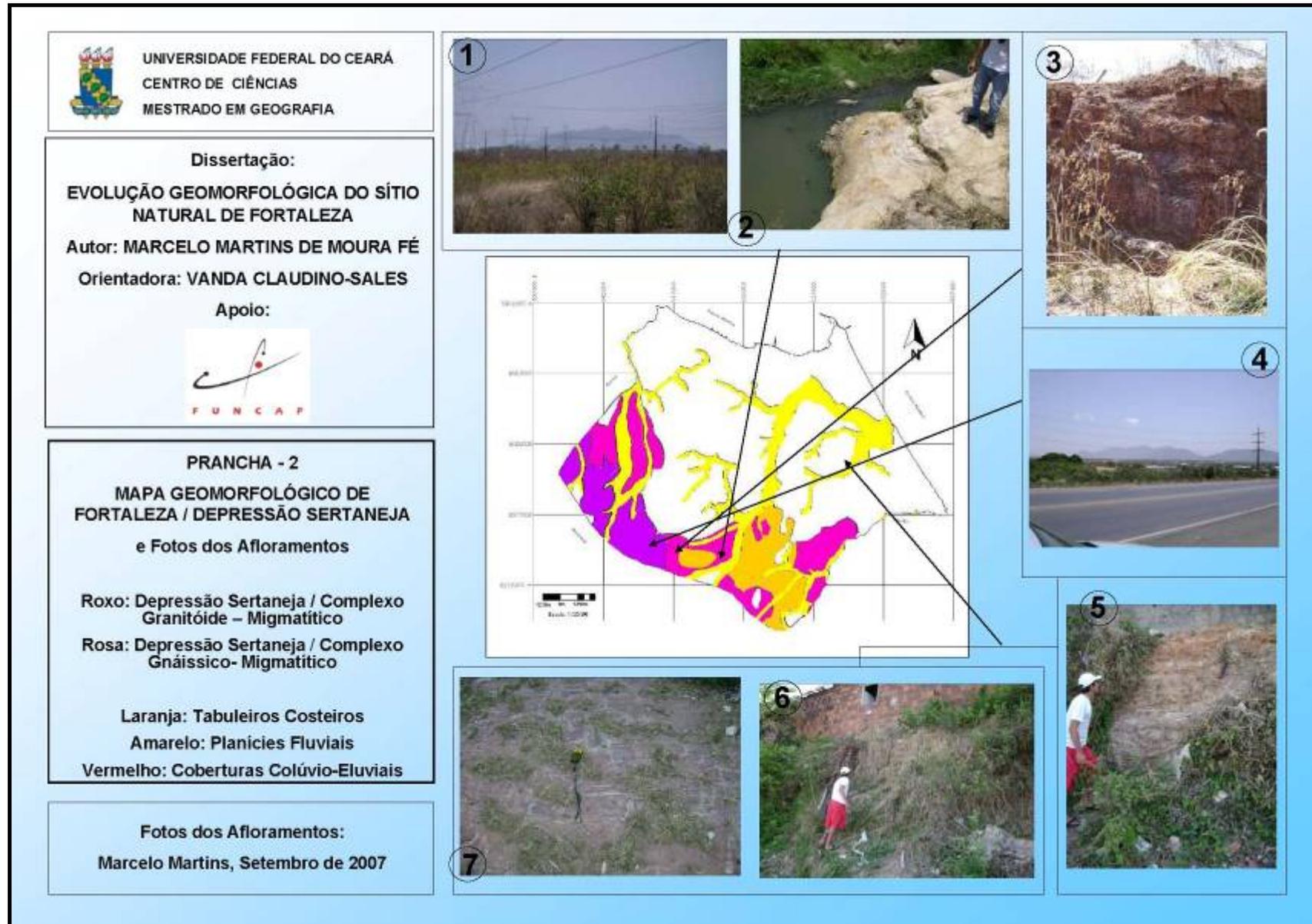
Na seqüência apresentamos uma nova “prancha”, a prancha – 02 (fig. 69) onde apresentamos o mapa geomorfológico do setor sul da cidade com ênfase na unidade geomorfológica da Depressão Sertaneja, bem como de outras unidades que apresentam-se em contato com esta, além de fotos dos afloramentos analisados e suas respectivas localizações no Sítio natural de Fortaleza.

À oeste da ponte sobre o rio Cocó, na BR-222 e leste de uma significativa “mancha” de predomínio dos tabuleiros costeiros, verificamos um afloramento, situado a 28 metros de altitude, onde visualiza-se rochas do complexo gnáissico-migmatítico (Foto 01/fig. 69).

O afloramento das rochas visualizado só foi possível devido à dissecação de um pequeno riacho situado às margens da BR-222 (foto 02/fig. 69). Devido a esse contato com as águas do riacho, que provavelmente deve ser um afluente do rio Cocó.

A depressão sertaneja nesse ponto, como em todo o setor sul de Fortaleza percorrido, morfologicamente apresenta-se conservada. Os maiores desníveis se dão relacionados aos cursos fluviais, mesmo que não apresentem uma vazão significativa.

Além disso, corroborando com essa morfologia plana, em alguns setores suavemente ondulados, os contatos laterais com os setores mapeados da formação Barreiras (predomínio geomorfológico dos tabuleiros costeiros) ou dos depósitos flúvio-aluvionares (planícies fluviais) também se dá topograficamente sem desníveis significativos.



Todavia, devido tanto à idade das litologias do embasamento cristalino (Proterozóico inferior), quanto à topografia geral do setor meridional de Fortaleza – setores com 40, 45 metros de altitude (em média) com relação ao nível do mar -, os segmentos mais elevados do sítio natural de Fortaleza, de maneira geral, além do fato de serem drenados por cursos fluviais que escoam para o norte, nos permite caracterizar esse setor, como de superfícies erosivas.

Outro afloramento identificado, situa-se também na BR-222, à oeste da ponte sobre o rio Cocó, embora um pouco mais distante. Situado a 50 metros de altitude, aproximadamente, esse setor fica próximo do contato entre os tabuleiros costeiros (predominantes entre esses dois afloramentos de rochas) e o complexo gnáissico-migmatítico (foto 03/fig. 69).

Situado a 40 metros de altitude, aproximadamente, em setor inter-fluvial à leste do rio Maranguapinho, próximo ao contato com os depósitos flúvio-aluvionares que formam a planície fluvial desse rio no setor sul de Fortaleza, identificamos mais um setor da depressão sertaneja.

Esse setor, mapeado como de predomínio das rochas do embasamento cristalino (domínio da depressão sertaneja), apresenta o seu complexo predominante no setor sudoeste do sítio natural de Fortaleza, trata-se do complexo granitóide-migmatítico.

Apesar de ser litologicamente diferenciado do complexo gnáissico-migmatítico, a morfologia da depressão sertaneja modelada sobre essas rochas apresenta-se com as mesmas características. Isto é, perfis planos, conservados, sem maiores setores dissecados. O que diferencia é que no domínio do complexo granitóide-migmatítico, os setores centrais, onde predominam as rochas granitóides, são modelados relevos mais elevados, com vertentes escarpadas, rompem com a feição planar geral da depressão sertaneja. Na foto abaixo temos a ilustração dessas características, no caso, o relevo ao fundo é a serra de Maranguape (foto 04/fig. 69).

Além de analisar esse “cinturão” meridional de Fortaleza, um afloramento, situado no setor sudeste de Fortaleza, às margens da lagoa da Sapiranga (bairros da Sapiranga/Coité. De imediato, vale informar que o setor é mapeado como de depósito flúvio-aluvionares e de mangues (fig. 07).

Situado a pouco mais de 5 metros de altitude, o afloramento de rochas do embasamento cristalino, provavelmente do complexo gnáissico migmatítico, apresenta um perfil de mais de 2 metros de altura (foto 05/fig. 69) e, no setor serve como base para algumas

casas (foto 06/fig. 69). que têm suas portas de entrada voltadas para uma rua mais elevada (rua Dr. Joaquim Frota).

A lagoa da Sapiranga, além de apresentar nas suas adjacências esse afloramento de rochas do embasamento cristalino na forma de um perfil, também apresenta no mesmo setor uma espécie plataforma modelada sobre as mesmas rochas (foto 07/fig. 69).

Morfologicamente planas, o trabalho erosivo, ao que tudo indica, deve ter sido realizado pela lagoa, embora, não se deva descartar a possibilidade de intervenção antrópica, embora não haja nenhum empreendimento de grande porte no local. Apenas as pequenas residências da população local e um campo de futebol.

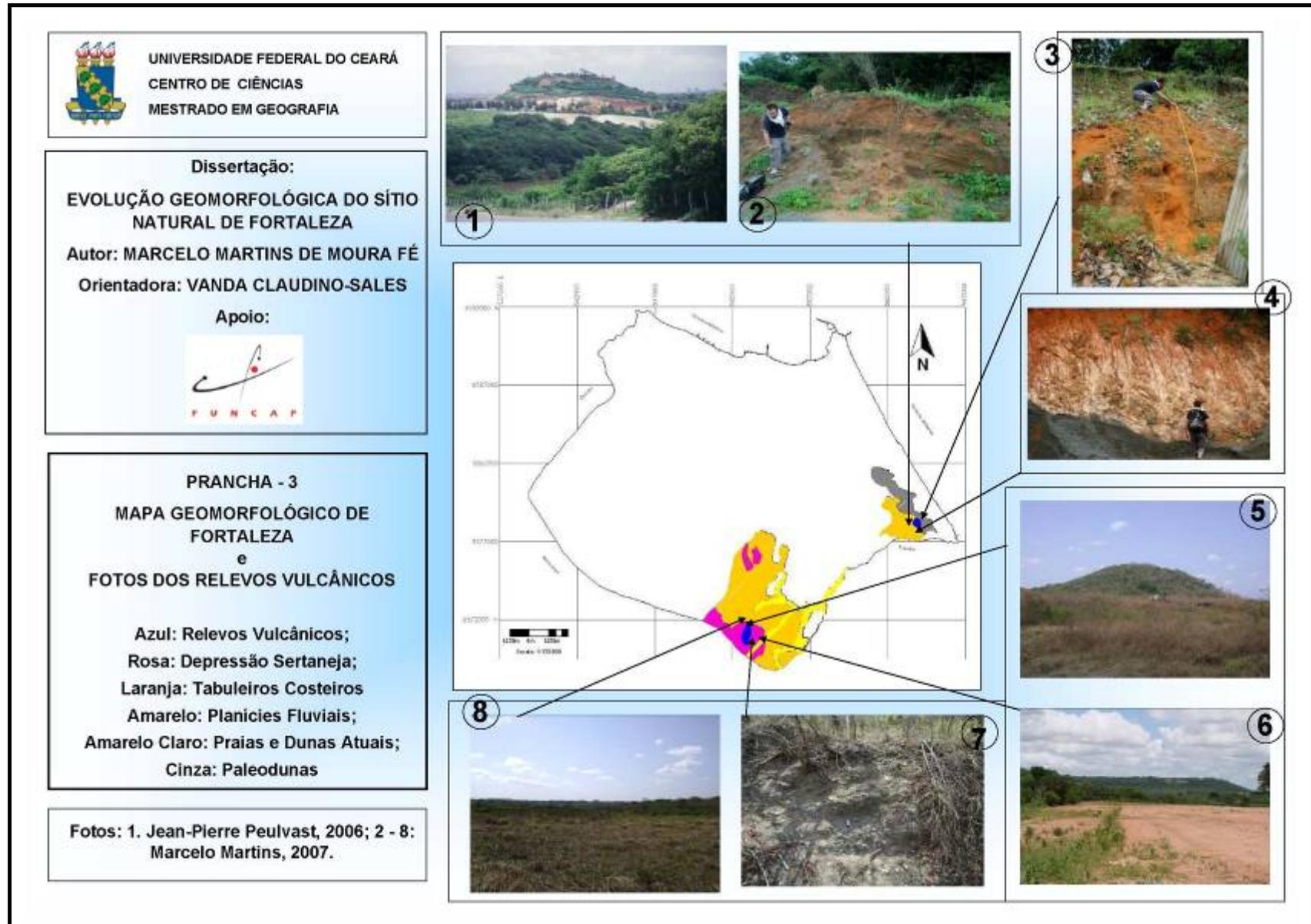
6.2. OS CUMES DA CIDADE

Como vem sendo realizado ao longo deste capítulo, na seqüência, apresentamos a Prancha – 03 (fig. 70), onde temos um Mapa adaptado do Mapa Geomorfológico de Fortaleza, onde há destaque para os setores mais elevados da cidade, que são os relevos constituídos de rochas vulcânicas existentes em Fortaleza e discutidas anteriormente (capítulo 1), com fotos ilustrando algumas características analisadas e discutidas ao longo desse tópico.

O morro do Caruru (foto 01/fig. 70), em uma área de aproximadamente 4 km², apresenta uma ampla diversidade de unidades de paisagem. Com a presença de dunas móveis, dunas fixas, de tabuleiros costeiros, do leito do rio Pacoti, além dos depósitos coluviais do próprio morro Caruru nas adjacências, sem falar na ocupação verificada na área, tanto sob a forma da crescente expansão da malha urbana, alavancada pelo condomínio de alto padrão *Alpha Ville*, como pela extração mineral realizada no local há vários anos.

Numa escala mais ampliada, alguns detalhes verificados em campo chamam a atenção. Um afloramento situado no setor oeste do relevo apresenta um depósito estratificado dotado de uma relativa diversidade sedimentar (foto 02/fig. 70). O material mais grosseiro inserido na matriz encontra-se acomodado de forma mais inclinada, o que pode indicar uma forma de deposição fluvial. Possivelmente de material da formação Barreiras ou das dunas erodido, já que é um depósito francamente arenoso.

Em outro setor adjacente ao relevo, verifica-se um afloramento de espesso material predominantemente arenoso, de coloração alaranjada, com cerca de 3,2 metros de altitude (foto 03/fig. 70), Disposto no setor norte – nordeste do relevo presume-se que tenha uma origem eólica, em função tanto das dunas situadas nas proximidades, quanto da ausência de clastos de maior porte, o que poderia denotar uma origem continental.



Outro setor analisado corresponde a um trecho da vertente NNO do relevo. Nele, verifica-se um colúvio relativamente espesso, que vai da base de contato com uma espécie de platô, provavelmente construído artificialmente e onde se situa a balança, o escritório e diversos equipamentos da pedreira situado na base, até a altura da base de uma pista de acesso aos setores mais elevados do relevo, onde se situam as residências dos proprietários.

Esse colúvio, com aproximadamente 4–5 metros da altitude apresenta uma cor predominantemente avermelhada (foto 04/fig. 70), com diversos pontos desconectados mosqueados, com tons de amarelo e bege. A matriz, sob o ponto de vista de uma análise macro, pode ser caracterizada como argilo-arenosa, com blocos de diversos tamanhos de fonólitos inseridos nessa matriz.

No local, pode-se verificar que esses blocos desagregados de fonólitos sofrem a ação do intemperismo físico, mais precisamente, o esfoliação esferoidal (ou acebolamento). Um tipo de processo que resulta na quebra da rocha por alívio de pressão interna, uma quebra superficial que produz sedimentos de pequeno porte.

O outro relevo elevado trata-se do serrote do Ancuri (fotos 05 e 06/fig. 70), localizado no bairro homônimo, no setor sul da cidade de Fortaleza, distingue-se, como citamos anteriormente, do morro Caruru, por ser um corpo alongado no sentido norte-sul.

Um detalhe importante é que nesse relevo está situada a estação da CAGECE, onde há o tratamento da água potável que abastece a cidade de Fortaleza. Tal construção descaracterizou de forma significativa o relevo, sobretudo, as suas partes mais elevadas.

O setor norte desse relevo de estrutura vulcânica apresenta em seu sopé uma altitude de 29 metros. Nessa vertente, verifica-se a presença de um pedimento desenvolvido na encosta, o que denota o desenvolvimento paulatino do modelado (foto 06/fig. 70).

Mais ao norte dessa vertente e de seu pedimento, tem-se uma área de predomínio da depressão sertaneja modelada sobre as rochas do embasamento cristalino. Sendo que um pouco mais ao norte, percebe-se, através da vegetação, o contato entre a depressão sertaneja e os tabuleiros costeiros (foto 08/fig. 70).

Vale informar que o contato entre a depressão sertaneja e os tabuleiros costeiros é mapeado nesse mesmo setor (figs. 07 e 69).

No topo do serrote, medido pelos equipamentos como tendo 119 metros de altitude, tem-se uma ampla visão das adjacências, os contatos aproximados com os demais domínios geomorfológicos. À nordeste, o rio Pacoti, o serrote Caruru e as dunas da praia da Prainha (Aquiraz).

Já na vertente Noroeste, temos a serra de Maranguape, com amplos ravinamentos em suas vertentes promovendo, inclusive, a individualização de alguns setores desse modelado. Assim como o morro do Caruru, o serrote Ancuri apresenta alguns detalhes significativos para sua caracterização.

Através da estrada que dá acesso ao topo e à estação de tratamento da CAGECE um pouco mais abaixo do topo, por volta dos 117 metros, já verifica-se depósitos de tálus nas laterais da estrada (Foto 07 /fig. 70). Esses depósitos apresentam matacões e seixos na matriz. No primeiro ponto analisado, o depósito apresentava-se mais intemperizado do que o afloramento subsequente.

Um pouco mais abaixo (97 m), verificamos um bom ponto para a visualização das rochas que sustentam o relevo. A partir dos 42 metros de altitude, não verificamos mais depósitos de tálus com as mesmas características, pelo menos não ao longo da estrada percorrida.

Ao longo da vertente sul desse relevo, verifica-se o afloramento de um colúvio grosseiro, embora provavelmente, seus depósitos sejam majoritariamente relativos à construção de uma tubulação que acompanha a vertente até o topo.

Em outro setor, verificamos a pedreira desativada que funcionava naquele relevo. O que restou na paisagem é um paredão incrustado na vertente meridional do relevo, uma verdadeira cicatriz que, por não apresentar sinais mais avançados de intemperismo em suas vertentes, presume-se ser recente, o que ainda permite a observação do arranjo das rochas em forma de domo.

6.3. O SETOR CENTRAL DE FORTALEZA

Predominando em praticamente todo o sítio natural de Fortaleza, sobretudo nos seus setores mais centrais, tem-se a fina e dissecada camada de sedimentos cenozóicos (a Formação Barreiras), está preservada na faixa costeira, formando os tabuleiros costeiros, na sua maior parte, diretamente sobrepostos ao embasamento cristalino.

Como vimos anteriormente, os tabuleiros costeiros predominam em boa parte do Sítio Natural de Fortaleza. Em virtude de suas características e de seu predomínio, a cidade acaba, por fim, apresentando-se sumariamente como uma cidade plana, como podemos observar no mapa abaixo (fig. 71).

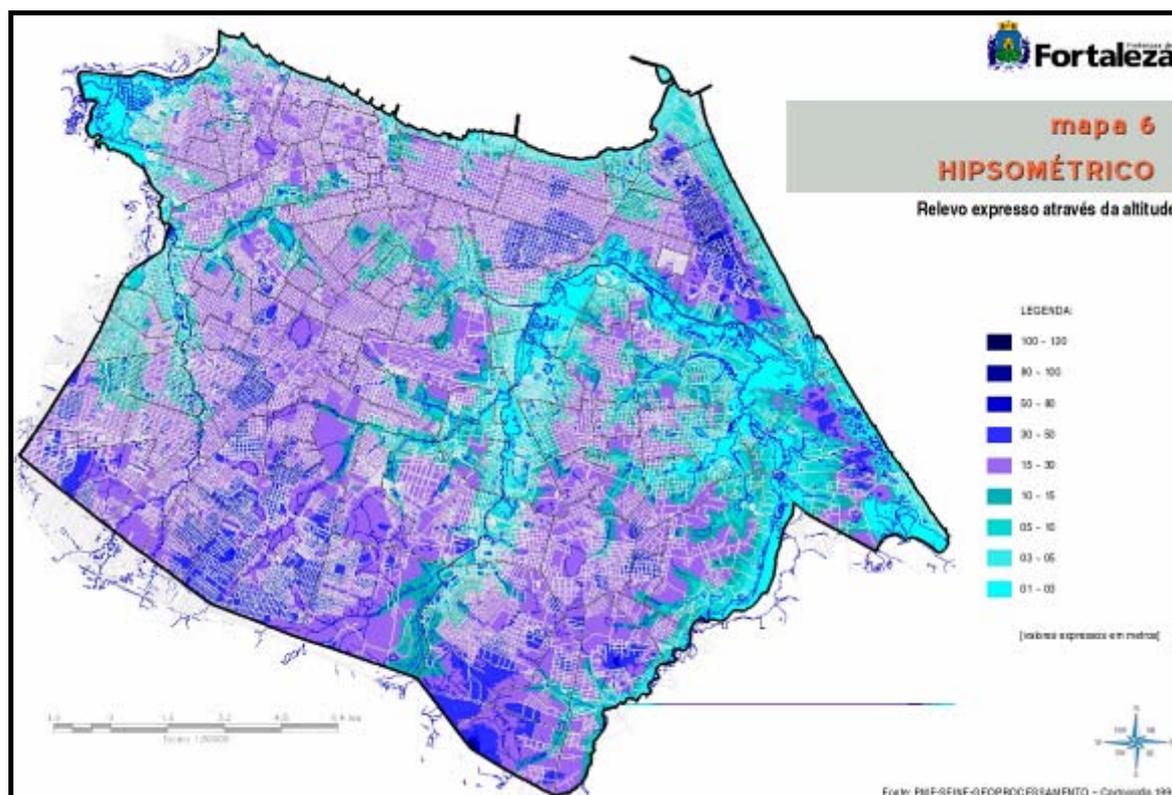


Figura 71: Mapa Hipsométrico de Fortaleza (Fonte: Plano Diretor de Fortaleza, 1996).

Um dado interessante é o fato de que quase toda a cidade, sobretudo nas regiões onde predominam os tabuleiros costeiros (regiões sul, centro-sul, central e centro-leste), apresentar uma altimetria que vai dos 15 aos 30 metros de altitude (fig. 71).

Os cursos fluviais, inclusive, como podemos ver no mapa acima, são os grandes responsáveis pelo rompimento da regularidade topográfica da cidade como um todo, assim, logicamente, como dos setores de tabuleiros, dando-lhes feições mais arredondadas nos setores mais argilosos, sendo dissecados por rios e riachos. Em contraponto, nos setores mais arenosos dos tabuleiros, há uma maior tendência à percolação das águas em detrimento do escoamento superficial.

Um exemplo foi verificado em campo onde realizamos um perfil sul-norte, através da CE-021, que faz a conexão entre a Pajuçara e o bairro do Mondubim, passando do domínio da depressão sertaneja (complexo Granitóide-migmatítico) para o predomínio dos tabuleiros costeiros. Além de uma zona urbana desenvolvida que não permite a visualização de afloramentos, o que dificultou essa percepção de passagem de um domínio para o outro.

De fato, não há nenhuma ruptura topográfica perceptível, o que de certa forma indica, é a presença de alguns cajueiros ao lado de outras espécies de porte arbóreo que parecem indicar um maior predomínio dos tabuleiros costeiros (fig. 72).



Figura 72: Foto de setor de predomínio dos tabuleiros costeiros, ao fundo a serra de Maranguape – modelada sobre as rochas granitóides do complexo granitóide-migmatítico. CE-021, setor sul de Fortaleza. (Foto: Marcelo Martins, 2007).

Por apresentarem essas características topográficas de suavidade, de poucos desníveis, os tabuleiros costeiros condicionam uma dificuldade, uma das maiores, para o estudo desse domínio geomorfológico, a ausência de cortes, de afloramentos, de perfis que permitam a visualização, descrição e análise desse depósito sedimentar.

Com o resto da cidade de Fortaleza o quadro não é diferente, com dois agravantes: a ampla expansão da sua malha urbana e inumação do sítio natural da cidade que, também deriva no segundo problema, a ausência de falésias (um ótimo local para se estudar a Formação Barreiras) em Fortaleza, que ainda não sabemos se por culpa exclusiva da expansão urbana ou das formações dunares que as teriam inumado preteritamente. Ou ainda, se ambos os processos.

Dessa forma, nossos estudos encontram-se restritos a três vertentes: aos estudos realizados; aos dados de subsuperfície adquiridos, ainda não analisados por nós de forma mais

consistente e, ir a campo e buscar os poucos afloramentos que ainda existem na cidade, com as devidas ressalvas em observar a interferência antrópica na disposição desses afloramentos.

6.4. A BELEZA PONTUADA DO SÍTIO NATURAL

A gênese das lagoas está, por diversas vezes, relacionada ao processo em que os campos de dunas são responsáveis pelo barramento de algumas drenagens que possuem descargas deficientes, o que provoca a obstrução de suas desembocaduras e formando, conseqüentemente, uma série de lagoas (BRANDÃO, 1995) comumente denominadas como costeiras.

A morfologia plana / suavemente ondulada predominante na maior parte da cidade não favorece o escoamento superficial das águas, pelo contrário, contribui para o acúmulo destas águas. Além disso, a constituição geológica, sobretudo dos tabuleiros, em alguns setores, dotados de camadas argilosas, abaixo de camadas arenosas, permite a formação de significativos lençóis subterrâneos, permitindo também a formação das lagoas (CLAUDINO-SALES, 1993a).

Enfim, são dois processos genéticos distintos. O primeiro que teria como ambiente para o desenvolvimento de lagoas, os baixos cursos dos rios, associados à migração de dunas móveis, ambientes claramente litorâneos, ou inter-dunares.

O segundo processo, associado à acumulação de águas pluviais, em contexto morfológico plano, tabular, associado à litologia de setores faciológicos da Formação Barreiras, remetem à ambientes mais internos, que sofrem influência indireta do mar, isto é, ambientes costeiros.

Portanto, analisando as cartas, verificamos uma relação básica entre a situação espacial das lagoas ainda existentes em Fortaleza com seu substrato, o que entendemos que possa existir uma diferenciação dos processos genéticos das lagoas com, sobretudo, dois tipos de domínios geológico-geomorfológicos (areias eólicas marinhas / dunas; e Formação Barreiras / tabuleiros costeiros) que, associados com informações topográficas, permitem uma classificação geral das lagoas em: inter-dunares ou costeiras.

As lagoas mais representativas da cidade de Fortaleza hoje são: as lagoas de Messejana, Parangaba, Papicú (situadas nos bairros homônimos), do Opaia (Vila União, próximo ao antigo aeroporto), Porangabussu (Rodolfo Teófilo), Mondubim (Vila Manoel Sátiro), Maraponga, da Sapiranga e da Precabura (na divisa de Fortaleza com o Eusébio), dentre açudes e outras lagoas menores.

Nos levantamentos de campo realizamos uma abordagem de reconhecimento em diversas lagoas de Fortaleza, sobretudo, das dotadas de maior espelho d'água, o que foi fundamental para a coleta de dados, sobretudo topográficos, para a comprovação das informações das cartas, previamente analisadas.

Assim sendo apresentamos na seqüência, o Mapa Geomorfológico de Fortaleza sobreposto pelas principais lagoas da cidade (fig. 73), correlação esta que nos proporcionou classificar as lagoas em costeiras ou inter-dunares tendo um critério basicamente geomorfológico, ou seja, o modelado sobre o qual se originaram e se situam estas lagoas.

Mais a frente, ilustrando o que foi realizado durante os levantamentos de campo, apresentamos mais uma prancha – Prancha 04 (fig. 74), onde correlacionamos fotos de lagoas com o Mapa Geomorfológico que se propõem a apresentar uma classificação das lagoas que detalharemos a partir daqui.

6.4.1. As Lagoas Costeiras

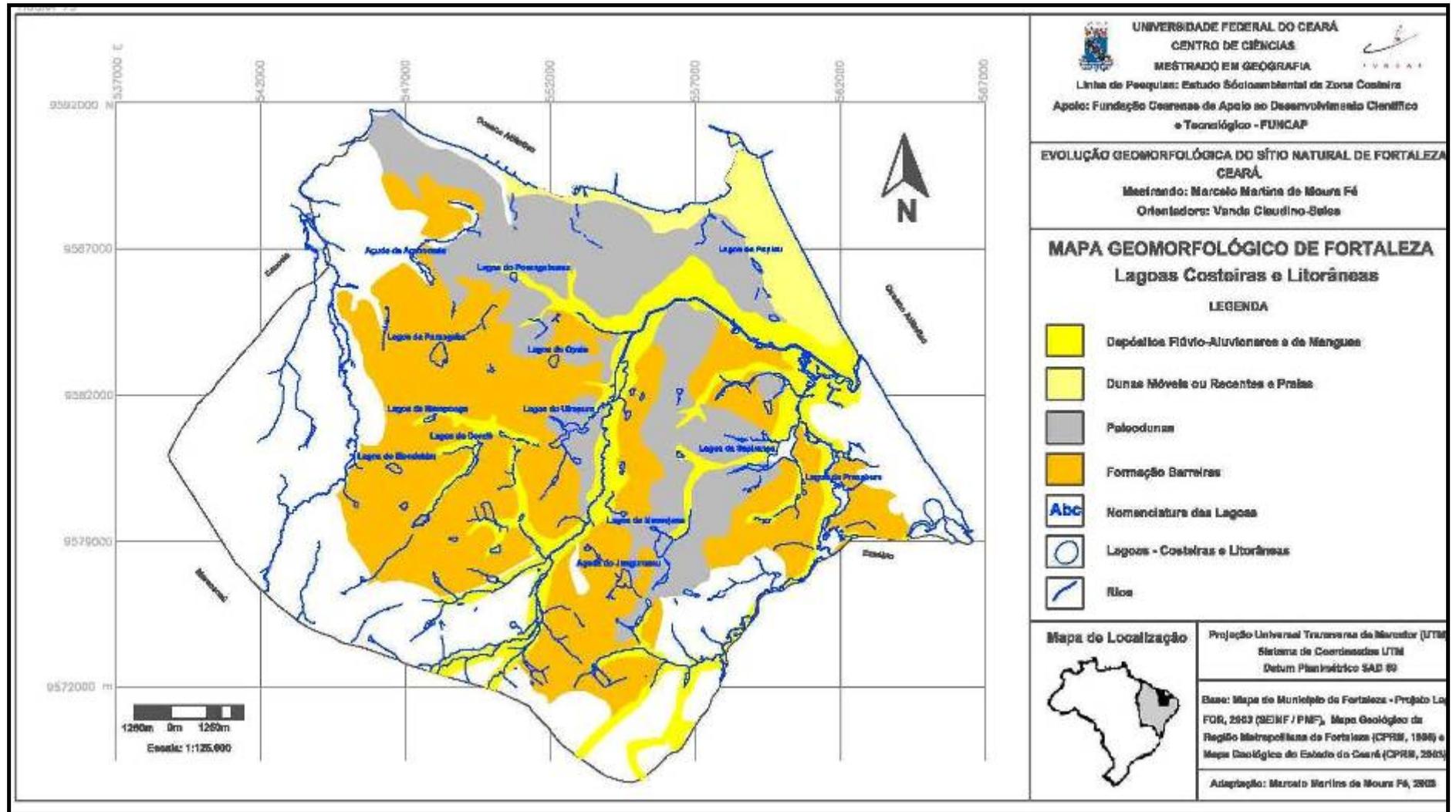
Situada numa cota altimétrica de 20 metros de altitude, altimetria confirmada em campo, a lagoa da Parangaba (foto 01/fig. 74) está situada num setor de predomínio geomorfológico dos Tabuleiros Costeiros (fig. 73), setor costeiro da cidade.

Localizada no setor centro-oeste da cidade, suas águas drenam no sentido sul-norte, um trecho de pouco mais de 2,2 km, até desaguar no açude Santo Expedito, mais comumente conhecido como o “açude da Agronomia” (Campus do Pici / UFC), antes de chegar ao leito do rio Maranguapinho, que corre à oeste.

A lagoa da Parangaba é dotada de um dos maiores espelhos d'água no conjunto das lagoas de Fortaleza, apesar da intensa urbanização verificada nas suas adjacências.

Por sua vez, o açude da agronomia, situa-se numa cota logicamente mais baixa do que a da lagoa da Parangaba, ou seja, de 10 metros. Está situado num setor mapeado (CPRM, 1995) como de depósitos flúvio-aluvionares.

Situado mais ao sul da cidade de Fortaleza, a lagoa do Mondubim (Foto 08/Fig. 74) se situa longitudinalmente de forma similar ao açude da Agronomia, ou seja, também próximo ao rio Maranguapinho que escoia à oeste. Situado no bairro Manoel Sátiro, a lagoa está situada numa cota que em campo chegou aos 27 metros.



Localizado num setor de predomínio dos tabuleiros costeiros (fig. 73), essa lagoa reforça a hipótese da possível correlação entre litologia e topografia e a gênese das lagoas, permitindo a sua classificação entre lagoas inter-dunares e costeiras. Sendo esta, segundo essa linha de raciocínio, como uma lagoa costeira. As águas da lagoa do Mondubim drenam para oeste, percorrendo pouco mais de 1,25 km até desaguar no rio Maranguapinho.

Há pouco mais de 1,75 km da lagoa costeira do Mondubim, na direção NNE, está localizada numa cota de 25 metros de altitude, a lagoa da Maraponga (foto 07/fig. 74) que, da mesma forma, está situada num setor de predomínio geomorfológico dos tabuleiros costeiros.

Ao contrário da lagoa do Mondubim que tem suas águas drenadas para o rio Maranguapinho, as águas da lagoa da Maraponga drenam para a direção leste. Na forma de um afluente do rio Cocó, suas águas percorrem 2 km aproximadamente até serem contidas pelo açude do Itapery, localizado no campus do Itapery (UECE). Portanto, o mesmo caso da lagoa da Parangaba e do açude da Agronomia.

Percorrendo um setor mapeado como de depósitos flúvio-aluvionares (CPRM, 1995), as águas da lagoa da Maraponga percorrem mais 1,7 km desde o açude do Itapery até outro açude, denominado: açude Uirapuru. Deste até o rio Cocó, na altura do bairro Dias Macedo são mais 1,26 km.

Também inseridas no domínio geomorfológico dos tabuleiros costeiros, tem-se as lagoas do Dendê e do Opaia, situadas à oeste do leito do rio Cocó, com características altimétricas similares às lagoas da Parangaba e da Maraponga, descritas acima.

6.4.2. As Lagoas Inter-dunares

O primeiro exemplo é o da lagoa do Porangabussu (foto 02/fig. 74) localizada no bairro do Rodolfo Teófilo – setor noroeste da cidade -, com cerca de 11 metros de altitude, está situada num setor de predomínio geológico de paleodunas (fig. 73), o que induz uma gênese associada à migração dessas dunas, hoje estabilizadas, que podem ter obstruído algum pequeno curso fluvial que drenaria para o norte, onde o mar está distante apenas 3 km.

Suas águas drenam para o rio Cocó através de um setor canalizado que percorre a Avenida Eduardo Girão (a avenida “do canal”) que, grosso modo, percorrem no sentido ONO-ESSE, um trecho de pouco mais de 5 km. Recentemente urbanizada pela prefeitura de Fortaleza, a lagoa do Porangabussu encontra-se bem conservada.

As demais lagoas analisadas situam-se predominantemente no setor leste da cidade, de sul ao norte, essa parte da cidade amplamente dominada por terrenos de

predomínio de paleodunas rompe a lógica de que as lagoas costeiras estariam associadas com altitudes menores, além de situadas nas partes mais setentrionais da cidade.

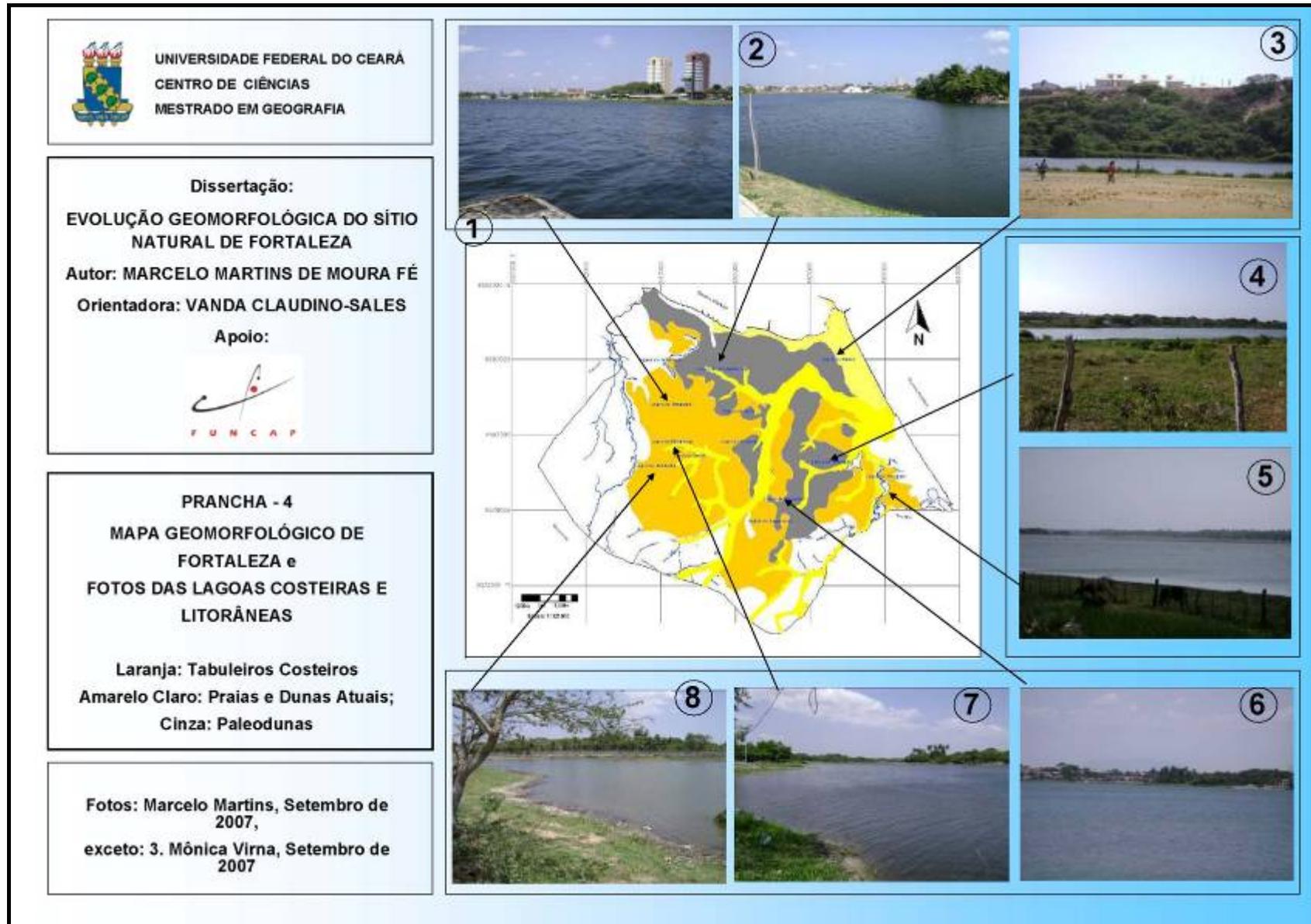
Localizada ao sul da cidade, à leste do rio Cocó que, por sua vez, delimita esse amplo predomínio de paleodunas no sítio natural de Fortaleza no sentido leste-oeste, a lagoa de Messejana (foto 06/fig. 74) está situada numa cota de 20 m. Em campo mensuramos em sua margem noroeste 22 metros.

Situada sobre terrenos de predomínio de paleodunas (fig. 73), é uma das lagoas classificadas aqui como inter-dunares, topograficamente, mais elevadas. Localizada no bairro homônimo, suas águas drenam para nordeste, percorrendo mais de 3,5 km, até encontrarem a lagoa da Sapiranga. A lagoa da Sapiranga (foto 04 /fig. 74), situada numa cota de apenas 5 metros, apresenta o segundo maior espelho d'água no conjunto de lagoas de Fortaleza. Estreitamente relacionado com esse espelho, predominam no setor as paleodunas (fig. 73). Suas águas drenam para a foz do rio Cocó, localizada a pouco mais de 3,7 km de distância, na direção nordeste.

Um pouco mais ao sul, na divisa com o município do Eusébio, temos a impressionante lagoa da Precabura (foto 05/fig. 74), com um imenso espelho d'água, assentado sobre terrenos de paleodunas. Situada numa cota predominante de 10 metros (setores mais meridionais) e de 5 metros (mais ao norte) essa lagoa, assim como a da Sapiranga, se configuram como exemplos claros de lagoas inter-dunares, ao receberem influência das marés.

Um fato interessante decorrente dessa influência é a manutenção da amplitude desse espelho d'água da lagoa da Precabura que mesmo apresentando pouca profundidade, mantém ocupando uma área tão significativa.

Por fim, a lagoa do Papicú (foto 03/fig. 74). Situada no bairro homônimo, é, ao lado da lagoa de Messejana, a lagoa topograficamente mais elevada do sítio natural, com uma significativa ressalva: está, ao contrário da lagoa de Messejana, situada ao norte da cidade, onde, de maneira geral, temos as menores altitudes, em virtude configuração característica da zona litorânea e da erosão também.



Situada numa cota de 20 metros, em campo 22 metros, a lagoa do Papicú está sobreposta a terrenos de paleodunas (fig. 73), assim como as demais lagoas inter-dunares. Um fator geomorfológico que pode contribuir para a explicação da elevada cota altimétrica da lagoa pode ser a presença de dunas nos setores adjacentes, sobretudo leste. Paleodunas e dunas atuais que, aliás, proporcionam ao setor nordeste da cidade, depois dos relevos vulcânicos, a característica de ser um dos setores mais elevados da cidade.

6.5. DE NORTE A SUL: A DISSECAÇÃO DO MODELADO

Permeando praticamente todo o Sítio Natural de Fortaleza, num direcionamento que vai, de maneira geral, de sul para norte, seguindo a topografia geral da cidade, que se caracteriza por ser mais elevado ao sul e mais rebaixado ao norte, comum às zonas costeiras, temos as planícies fluviais e seus baixos cursos, as planícies flúvio-marinhas.

Na seqüência apresentamos a prancha – 05 (fig. 75), onde temos o Mapa Geomorfológico de Fortaleza, adaptado e dotado apenas das Planícies Fluviais e Flúvio-marinhas, sendo correlacionadas com fotos dos rios e suas planícies em diversos pontos da cidade de Fortaleza.

Nas imediações do médio curso do rio Cocó, no sul de Fortaleza, numa ponte construída na BR-222 (foto 07/fig. 75) verifica-se o trabalho de dissecação do leito fluvial e depósitos aluviais ao longo de suas margens, situado em torno dos 23 metros aproximadamente.

Nos setores mais internos da cidade, é comum as ruas e avenidas – notadamente de sentido leste-oeste - cruzarem pelo leito do rio Cocó e sua planície fluvial. Um desses pontos é verificado na Avenida Perimetral (foto 04/fig. 75), próximo ao aterro do Jangurussu. Trecho do rio, aliás, reconhecidamente poluído pelo chorume do aterro.

Próximo ao setor que delimita a planície fluvial do rio Cocó, dando início ao seu baixo curso, ou planície flúvio-marinha, mais ou menos delimitado pelo trecho final retilíneo que o rio apresenta de sul até o setor próximo do bairro da Aerolândia – BR 116.

Visto do viaduto que dá acesso à Avenida Raul Barbosa (fig. 76), percebe-se que as margens do rio ainda se apresentam intensamente ocupadas, apesar de algumas comunidades terem sido retiradas do local nos últimos anos. È um trecho do rio continuamente poluído, poluição esta denunciada pelos aguapés.

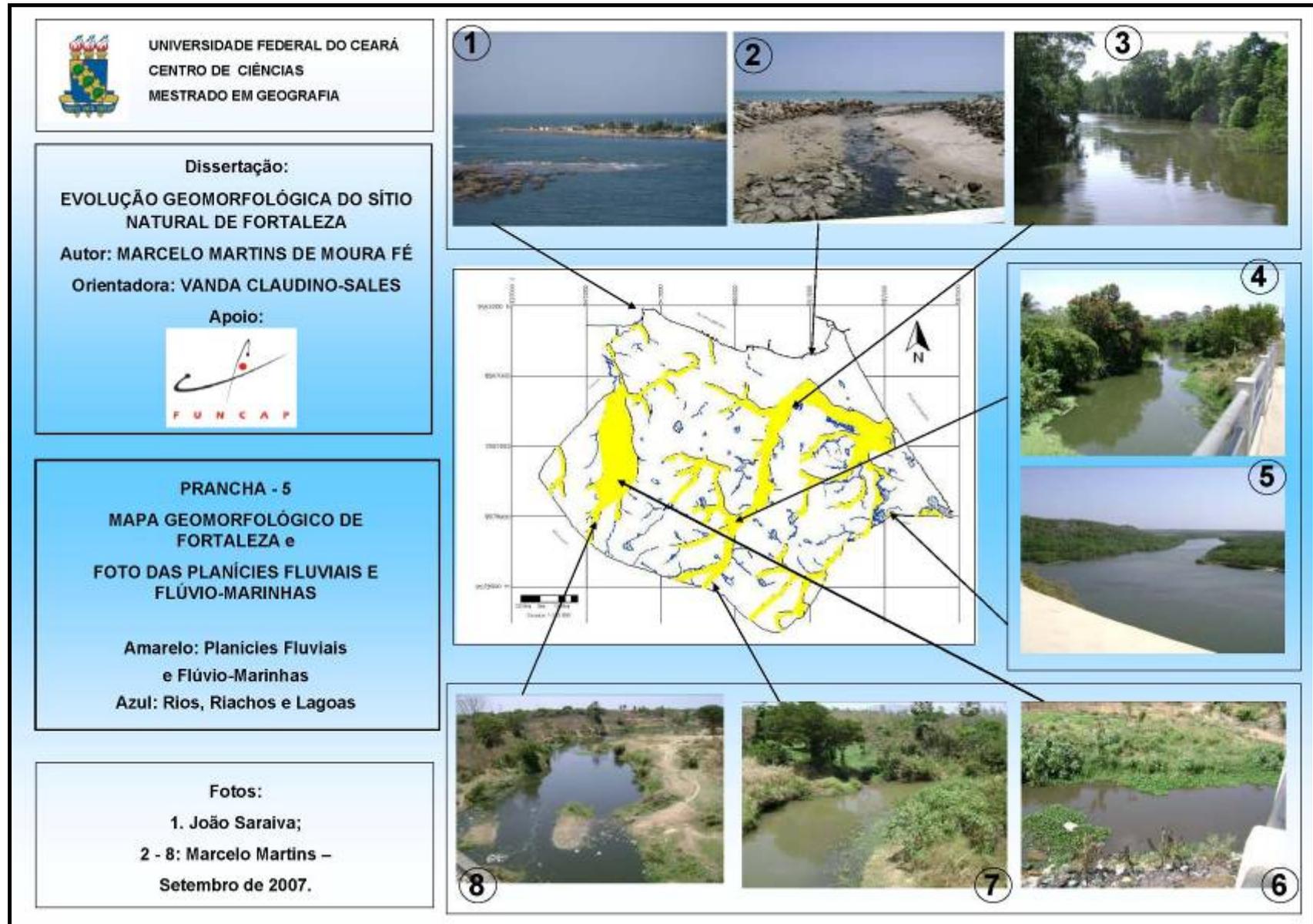




Figura 76: Foto do rio Cocó no bairro da Aerolândia, tirada da Avenida Raul Barbosa (Foto: Marcelo Martins, Setembro de 2007).

O rio Maranguape se constitui como um dos principais afluentes do rio Ceará e, ao drenar diversos setores de Fortaleza, desde o setor sul até desaguar no rio Ceará no setor noroeste da cidade, se configura, ao lado do rio Cocó, como um dos principais elementos da paisagem do sítio natural de Fortaleza. Suas nascentes se originam na porção setentrional na serra da Aratanha.

No setor sul da cidade, o rio Maranguapinho está no seu médio curso, da BR-222 pode-se verificar a planície fluvial desocupada e relativamente preservada (foto 08/fig. 75).

Adentrando na cidade de Fortaleza, outro setor analisado do rio Maranguapinho se deu na ponte situada na Avenida Osório de Paiva, no bairro do Canindezinho (foto 06/fig. 75). Este setor da planície fluvial do rio já configura como um setor intensamente ocupado, tanto que a visualização das margens da planície fluvial fica prejudicada devido à sua ocupação. Também verificamos no local, o lançamento de forma direta de dejetos no rio, provavelmente sem nenhum tratamento, o que reforça ainda mais o quadro de descaso com os rios da cidade.

Outro setor visualizado do rio Maranguapinho e de sua planície fluvial se dá no bairro Autran Nunes, mais precisamente na Avenida Senador Fernandes Távora (fig. 77), onde a planície fluvial do rio apresenta os sinais que o caracterizam ao longo de quase toda a

cidade: Amplos setores de suas margens intensamente ocupados, seja pelas moradias, por áreas agricultadas, com o plantio de espécies vegetais exóticas ao meio, como, por exemplo, bananeiras.



Figura 77: Foto do rio Maranguapinho no bairro do Autran Nunes, tirada da ponte situada na Avenida Fernandes Távora (Foto: Marcelo Martins, Setembro de 2007).

Caracterizadas pela ação conjunta de processos continentais e marinhos, as planícies flúvio-marinhas são ambientes criados pela deposição de sedimentos predominantemente argilosos e ricos em matéria orgânica, onde se desenvolve a vegetação de mangue. São formadas em áreas onde se processa a mistura de água doce dos rios e lagoas, com água salgada que penetra no continente através das marés.

O resultado desta mistura proporciona a deposição de material escuro e lamacento, que aumenta a cada período de maré cheia, até gerar o ambiente favorável à instalação dos manguezais. Na RMF, destacam-se os manguezais associados aos rios Cocó, Ceará e Pacoti, bem como aos reservatórios naturais de água doce, como ocorre na praia do Barro Preto, ou nas lagoas costeiras que, pelo contato temporário com a água do mar, recebem a denominação de "lagamar".

Neste capítulo, o rio Ceará só está sendo analisado a partir da sua planície flúvio-marinha devido ao fato desse rio drenar a cidade de Fortaleza apenas perto do seu deságüe no

oceano Atlântico. Da mesma forma, será esta a abordagem do rio Pacoti, que deságua na área extremo sudeste da cidade.

O rio Ceará, corpo hídrico que delimita os municípios de Fortaleza e Caucaia e que demarca o limite leste da área de pesquisa, tem suas nascentes associadas a afluentes, que por sua vez, nascem, em sua imensa maioria, nas vertentes das serras de Maranguape e do Juá.

A planície flúvio-marinha do rio Ceará pode ser visualizado parcialmente da ponte construída sobre a foz do rio Ceará (foto 01/fig. 75). De lá, temos uma visão do contato entre o manguezal, instalado sobre a planície, e as águas do rio, sobretudo na margem do município de Caucaia, e um contato da malha urbana com o rio na margem de Fortaleza. Um setor ocupado pelos bairros do bairro Vila Velha e Barra do Ceará.

Por sua vez, a planície flúvio-marinha do rio Pacoti (foto 05/fig. 75). está situada na divisa entre os municípios de Fortaleza e Aquiraz. Esse rio, no contexto dos rios da cidade, apresenta, pelo menos por enquanto, das melhores condições de preservação, muito em função de não serem áreas ocupadas.

Os setores adjacentes às suas margens são locais que apresentam uma significativa diversidade de unidades de paisagem, como o morro do Caruru, as dunas fixas e móveis, os tabuleiros costeiros, além das praias e dos arenitos de praia

Por sua vez, a planície fluvio-marinha do rio Cocó tem seu início delimitado no mapa geológico da RMF (CPRM, 1995) a partir de sua mudança de direção que passa de sul-norte para SO-NE e perto de sua foz, para NO-SE.

Num dos setores ambientalmente mais problemáticos da cidade, nas proximidades do *shopping center* Iguatemi, o manguezal instalado sobre a sua planície flúvio-marinha pode ser visualizado. Densamente arborizadas, as margens do rio Cocó nessa parte da cidade vem sendo paulatinamente ocupado pela malha urbana da cidade.

Na foz do rio Cocó, a planície flúvio-marinha ganha mais largura (perfil natural dos rios) e o manguezal ocupa principalmente os setores da margem da praia de Sabiaguaba, já que no lado da praia do Caça e Pesca, a ocupação se faz mais presente, o que é sinônimo de degradação da vegetação nativa.

Na porção ao norte da cidade temos os riachos da Jacarecanga, o riacho Pajeú, onde a partir de suas margens teria se desenvolvido a cidade de Fortaleza e o riacho Maceió, o qual foi detalhado com mais ênfase no capítulo anterior.

6.6. OS SETORES NORDESTE E LESTE DE FORTALEZA

As dunas formam cordões quase contínuos que acompanham paralelamente a linha de costa, sendo interrompidos, vez ou outra, por planícies fluviais e flúvio-marinhas, por sedimentos mais antigos pertencentes à Formação Barreiras, que por vezes se projetam até a linha de praia, expondo-se como falésias, ou ainda por promontórios constituídos por litologias mais resistentes (pontas do Mucuripe e do Iguape).

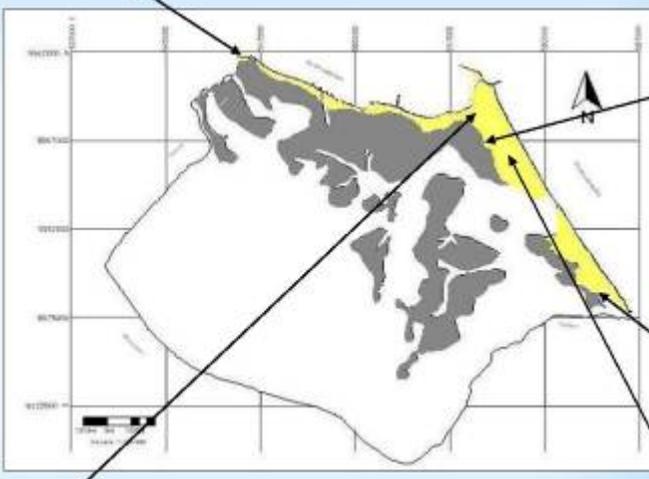
Como conceituam Silva e Cavalcante (2004), as dunas compreendem elevações de areias, formando relevos ondulados e / ou suavemente ondulados, comumente situadas bem próximas às faixas de praias. São constituídas por sedimentos areno-quartzosos de colorações esbranquiçadas e às vezes amarelas ou avermelhadas.

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.

As dunas são responsáveis pela obliteração de vários cursos fluviais, dificultando o seu deságüe no oceano Atlântico. Desta maneira, rios e riachos tendem a apresentar canais anastomosados, paralelos a linha de costa. Por outro lado, os cordões de dunas também têm sua continuidade interrompida pela presença das planícies fluviais ou flúvio-marinhas.

Mais abaixo, apresentamos a prancha – 06 (fig. 78), onde temos o Mapa Geomorfológico de Fortaleza, adaptado e ressaltando os setores mapeados como sendo de domínio das Paleodunas e das Dunas mais recentes, associado, como fizemos com as demais pranchas, com fotos dos setores analisados.

Um dos raros exemplares de dunas móveis em Fortaleza se apresenta na forma de uma duna (ainda) móvel situada no setor noroeste, localizada no bairro da Barra do Ceará (fotos 01 e 02/fig. 78). Uma duna que vem passando por tentativas sucessivas, por parte do poder público, de estabilização artificial da mesma, interrompendo a sua migração. O exemplo inverso acontece no setor sudeste da cidade, nas proximidades do rio Pacoti, onde um campo de dunas ainda persiste na paisagem. Um dos mais significativos exemplares é duna móvel bastante elevada e que se vê na estrada que dá acesso ao *Beach Park*.

 <p>UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ CENTRO DE CIÊNCIAS MESTRADO EM GEOGRAFIA</p>	 		
<p>Dissertação: EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA DO SÍTIO NATURAL DE FORTALEZA Autor: MARCELO MARTINS DE MOURA FÉ Orientadora: VANDA CLAUDINO-SALES Apoio:</p> 			
<p>PRANCHA - 6 MAPA GEOMORFOLÓGICO DE FORTALEZA – PALEODUNAS / DUNAS e FOTOS DAS DUNAS</p> <p>Cinza: Paleodunas Amarelo: Dunas e Praias atuais</p>			
<p>Fotos: João Saraiva; 2 e 7; Mônica Virna; 3 - 6 e 8; Marcelo Martins. Todas: Setembro de 2007.</p>			
			

Com uma altura de 46 m, temos uma duna que migra na direção do rio Pacoti (fig. 79). No local existem diversas dunas, de diferentes tipologias. É um setor relativamente bem conservado, mas que já vem sofrendo com o avanço do residencial *AlphaVille*.



Figura 79: Fotografia Aérea da Região Sudeste de Fortaleza, com destaque para a duna migrando na direção do rio Pacoti (Fonte: Ortofotos, 2001).

Todavia, o melhor exemplo da presença das dunas na cidade se dá em seu setor nordeste, nas proximidades da ponta do Mucuripe. Onde temos as maiores altitudes do sítio natural de Fortaleza, ao lado dos relevos vulcânicos.

Os setores circunvizinhos à Avenida Abolição, à lagoa do Papicú, todo o setor ocupado pelo morro Santa Terezinha (fig. 80 e fotos 07 e 08 /fig. 78), configuram ao lado de outros setores dos bairros Vicente Pinzón, Dunas, Praia do Futuro (fotos 06 /fig. 78), Papicú (fotos 03 e 04 /fig. 78) e Cidade 2000, como exemplos claros de como a expansão urbana pôde descaracterizar substancialmente o seu sítio natural, embora ainda existam nessas áreas algumas dunas, desconectadas umas das outras e sem grande expressão espacial.

À retaguarda das dunas recentes, observam-se gerações mais antigas, as quais apresentam o desenvolvimento de processos pedogenéticos (daí serem chamadas de dunas edafizadas), resultando na fixação de um revestimento vegetal de maior porte.



Figura 80: Fotografia Aérea do Morro Santa Terezinha – bairro do Vicente Pinzón, setor Nordeste de Fortaleza (Fonte: Aerofotos Nordeste, 2002).

Um dos exemplos mais significativos de paleodunas, que predominam amplamente por todo o setor leste da cidade, com significativa representatividade em nas partes setentrionais também, pode ser dado no setor do parque ecológico do Cocó (fig. 81). Um setor com aproximadamente 45 metros de altitude e que denota a importância dessas formações para a configuração do sítio natural da cidade.

Campo de dunas fixas e semi-fixas, também foi verificado nas adjacências do Parque do Cocó. Mais precisamente na quadra da Rua Andrade Furtado com rua T (fig. 82). Com 49 metros de altitude, têm seus setores adjacentes ocupados por prédios em diversas partes, menos a feição voltada para o leito do rio Cocó.

Tais feições apresentavam-se em franco estado degradativo, isto é, em estágio dissipativo, passando por processos erosivos e circundado por cercas, o que denota ser uma área de propriedade particular e na seqüência deverá ser absorvido pela especulação imobiliária intensa neste setor da cidade.



**Figura 81: Fotografia panorâmica do Parque do Cocó
(Foto: Marcelo Martins, Setembro de 2007).**



**Figura 82: Foto de Dunas vegetadas nas proximidades do Parque do Cocó
(Foto: Mônica Virna, Setembro de 2007).**

6.7. À BEIRA-MAR: SETOR NORTE DA CIDADE

O setor norte da cidade de Fortaleza se caracteriza pela presença pretérita e ausência contemporânea das praias, um elemento geomorfológico de significativa importância natural, dentre elas, na contenção dos processos erosivos das ondas e marés.

As praias são feições que predominam na planície litorânea, são formadas por areias marinhas quartzosas. Apresentam-se em geral planas e extensas, com até várias centenas de metros de largura (CLAUDINO-SALES, 2005). Formam um depósito contínuo, alongado por toda a extensão da costa desde a linha de maré baixa (baixamar) até a base das dunas móveis.

Na seqüência, apresentamos uma nova prancha – Prancha 07 (fig. 83), onde temos uma fotografia aérea da cidade, associada com fotos de alguns setores analisados no texto que se segue.

Incluem-se no contexto geomorfológico das praias, os arenitos de praia, que ocorrem em alguns setores da cidade de Fortaleza. As melhores ocorrências situam-se nas praias de Sabiaguaba, na foz do rio Cocó, na praia da Cofeco - foz do rio Pacoti (foto 07/fig. 83), além da enseada do Mucuripe, com mais abrangência, no setor da Avenida Beira-Mar, denominada de “Volta da Jurema” (foto 03/fig. 83), sendo que neste último local, os arenitos diferenciam-se por exibirem avançado estágio de laterização.

Os arenitos de praia constituem corpos alongados, que normalmente afloram em dois subambientes praias: na zona de estirâncio e na zona de arrebentação. Formados por sedimentos de praia, cimentados por carbonato de cálcio e magnésio, com diagênese média a alta, eles desempenham o papel de barreiras naturais, protegendo as praias dos efeitos da erosão marinha.

No trecho de sentido leste – oeste, temos as praias da Barra do Ceará (foto 01 – prancha 07), do Arpoador, do Pirambu (foto 08 /fig. 83), a Praia Formosa, a Praia de Iracema (foto 02 /fig. 83), do Ideal, dos Diários, do Meireles, do Iate Clube (foto 05 /fig. 83) e a praia Mansa até o cais do porto (foto 04/fig. 83) no Mucuripe. Todas elas, podendo ser classificadas de maneira geral, como praias dotadas de uma faixa de estirâncio estreita, intensamente ocupadas e atingidas pela erosão marinha.

De maneira geral, o que temos é a intensa malha urbana inumando amplos setores do sítio natural. E nos setores onde ainda não ocorre esse soterramento, temos a progressiva tentativa e, diversas vezes, a efetiva ocupação dos setores ainda minimamente conservados.

 <p>UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ CENTRO DE CIÊNCIAS MESTRADO EM GEOGRAFIA</p>			
<p>Dissertação: EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA DO SÍTIO NATURAL DE FORTALEZA Autor: MARCELO MARTINS DE MOURA FÉ Orientadora: VANDA CLAUDINO-SALES Apoio: </p>			
<p>PRANCHA – 7 IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE FORTALEZA E FOTOS DAS PRAIAS e ARENITOS</p>			
<p>Fotos: 1. João Saraiva; e 2 - 8: Marcelo Martins – Setembro de 2007 Fonte da Imagem: Google Earth – Abril de 2008.</p>			

Na cidade de Fortaleza, podemos subdividir, assim como as dunas atuais, as praias em dois setores: o trecho: SE-NO, com as praias do Futuro (foto 06/fig. 83), Caça e Pesca, Sabiaguaba e Cofeco, um pouco menos degradado, com uma faixa de estirâncio maior, mais desenvolvida, e o trecho de direção leste – oeste, que perfaz o *front* norte de Fortaleza, amplamente ocupado, que resulta na quase completa descaracterização do meio natural. Entre ambos, o porto do Mucuripe, não por coincidência, um verdadeiro divisor sob o ponto de vista ambiental desses dois trechos.

CAPÍTULO 7:



**URBANIIZAÇÃO E PROBLEMAS
AMBIENTAIS**

7. URBANIZAÇÃO E PROBLEMAS AMBIENTAIS

7.1. A EXPANSÃO URBANA DA CIDADE

No período em que os europeus aportaram na nossa orla marítima, nos idos do século XVI, encontraram amplos campos de dunas recobrando o litoral de Fortaleza. Incontáveis lagoas e baixios interconectados por pequenos córregos que pontilhavam todo o setor ao lado de resquícios de falésias antigas, riachos que dissecavam o *front* marinho, além de extensos manguezais deveriam constituir uma paisagem natural única (CLAUDINO-SALES, 2006).

O crescimento da cidade de Fortaleza, a princípio foi lento. No século XVI, o Ceará vivenciava as suas primeiras tentativas de colonização portuguesa e a cidade tinha funções restritivamente administrativa e militar. Porém, no limiar entre os séculos XIX e XX, Fortaleza ganhou projeção no âmbito cearense, a cidade ascendeu econômica e socialmente em função da cultura e do comércio externo do algodão, o qual provocava um maior dinamismo no comércio local (SOUZA, 2005).

A partir de 1950, segundo Souza (2005), as taxas demográficas alcançaram índices significativos de crescimento das populações urbanas, resultantes, cada vez mais, de movimentos migratórios. Esse crescimento, por sua vez, estava intimamente relacionado às questões fundiárias e ao despreparo institucional da coisa pública frente à ocorrência das longas estiagens - as secas -, e ao amparo das populações sertanejas. Os movimentos migratórios ganhavam força e projeção para Fortaleza, cuja ocorrência regional, já atingia todo o Estado do Ceará e parte de estados vizinhos.

Nos últimos 40 anos, houve continuidade das migrações das áreas rurais para as urbanas. Esses processos associados ao fato de Fortaleza configurar-se como o centro concentrador das principais atividades econômicas do Estado proporcionou o contínuo crescimento demográfico da capital alencarina e de sua região metropolitana que, em 2000, já concentrava 71,53% da população cearense (SOUZA, 2005).

Tal aglomeração, constituída majoritariamente de migrantes que vivem em condições precárias, residentes na periferia urbana da cidade, exerce um mecanismo de fomento para a contínua expansão das fronteiras urbanas (SILVA, 2005).

7.2. PERÍODOS SIGNIFICATIVOS DA EXPANSÃO E CARTOGRAFIA EVOLUTIVA

Em 1649, Matias Beck funda o povoado que daria origem à atual Fortaleza. No morro chamado Marajaitiba foi construído o Forte Shoonenborck. O pequeno núcleo foi elevado à categoria de Vila pela Carta Régia de 1726, com o nome de Fortaleza de Nossa Senhora de Assunção. Apesar do título de Vila, Fortaleza se resumia a um acanhado núcleo e suas edificações se localizam junto ao riacho Pajeú (fig. 84) (SILVA, 1992).

A partir do desmembramento da Capitania (1799), o Ceará se tornou independente da Capitania de Pernambuco. Fortaleza a partir de então intensifica a atividade exportadora do algodão. Esta atividade assume um papel de destaque para a Vila, constituindo a base de sustentação do comércio. Elevada à categoria de Cidade em 1823, recebe o nome de Fortaleza de Nova Bragança, nessa época a cidade se expandia pela área do atual Poço das Dragas, Francisco Sá e Marechal Deodoro (SILVA, 1992).

O algodão passa a ser cultivado em maior escala no Ceará a partir dos conflitos internos nos Estados Unidos, na chamada Guerra de Secessão, o que fomentou a expansão da cidade, ampliando seu raio de ação para o interior. À medida que se expande a produção, a cidade fortalece sua economia e aumenta sua área urbana (SILVA, 1992).

Aliás, o desenvolvimento da cultura do algodão e a implantação do sistema ferroviário foram fundamentais para as modificações do sistema urbano no Ceará. As antigas cidades, dependentes do sistema portuário, cederam lugar de comando para aquelas mais próximas dos centros de produção do algodão e beneficiados pela presença da rede ferroviária (SOUSA, 2005).

No século XIX, a Vila contava com um sistema de canalização d'água (1867), se conectava com a então capital federal, a cidade do Rio de Janeiro, através de linhas de navios a vapor, bem como, a partir de 1866, já contava com uma rede de iluminação pública. Em 1875, segundo planta de Adolfo Herbster, Fortaleza se expandiu em termos de espaço efetivamente ocupado, até as atuais avenidas do Imperador, Duque de Caxias e Dom Manuel (SILVA, 1992).

No período de 1880 a 1926, Fortaleza intensificou mais sua ação sobre o interior do Estado, com a expansão da rede ferroviária, que atingia as mais distantes localidades do sertão, como Baturité, Quixadá, Crato, Sobral e Crateús. A ferrovia assume importância fundamental na organização espacial da cidade na época. Nessa época já caminhos que partiam da capital para outros pontos do Estado. Dentre eles, destacavam-se os de Parangaba,

Soure e Messejana, que ligavam-se a então denominada Vila de Nossa Senhora de Assunção – a atual cidade de Fortaleza (SILVA, 1992).

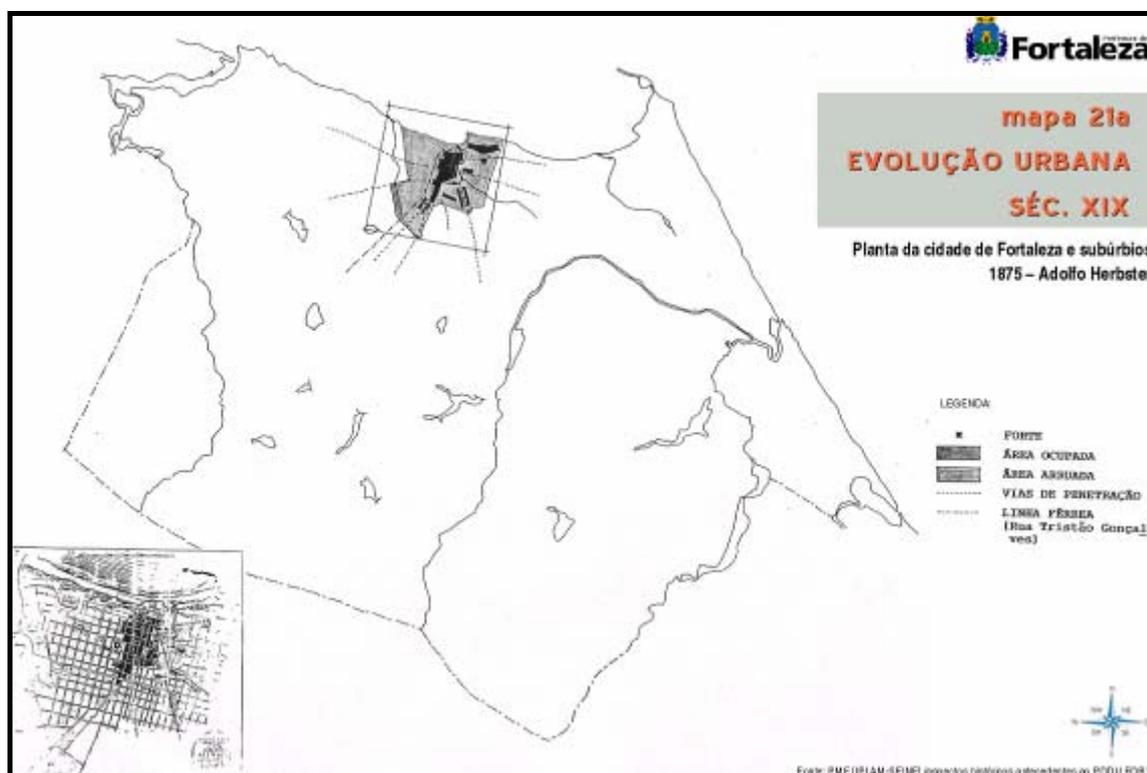


Figura 84: Mapa da Evolução urbana ocorrida no século XIX
(Fonte: Plano Diretor de Fortaleza / PMF, 2005).

Essas vias assumiram importante papel na organização e expansão da cidade, principalmente no que tange a localização e disposição dos bairros, por exemplo. Hoje, esses antigos caminhos compreendem as atuais: Avenida João Pessoa (caminho de Parangaba), Avenida Bezerra de Menezes com o prolongamento da BR 222 (caminho do Soure) e Avenida Visconde do Rio Branco que se prolongou com a BR-116. As vias de acesso orientaram e dimensionaram o crescimento de Fortaleza. À proporção que aumentava a população da cidade, surgiam novos bairros ao longo delas, principalmente da ferrovia (SILVA, 1992).

Em fins do século XIX e início do século XX (1880-1926), Fortaleza recebeu vários serviços urbanos como o de transporte coletivo (bondes puxados a burro). Durante esse período, mais especificamente na gestão de Idelfonso Albano, há sensíveis mudanças na cidade com a retificação do alinhamento das casas e o alargamento das ruas e instalação dos bondes elétricos (1914) (SILVA, 1992).

A partir da década de 1930, Fortaleza vislumbra um crescimento demográfico elevado que se reflete no aumento de sua área urbana. Contudo, a expansão da cidade a partir do aumento da população não gerou a ampliação relativa à infra-estrutura urbana, tais como calçamento das ruas, energia elétrica, água encanada, transportes coletivos.

Esse crescimento desordenado deu lugar a aglomerações de edificações precárias na periferia da cidade. Data do início da década de 1930 a origem dos aglomerados com características de favelas. Entre 1930-1955 surgiram as seguintes favelas na cidade: Cercado do Zé Padre (1930), Mucuripe (1933), Lagamar (1933), Morro do Ouro (1940), Varjota (1945), Meireles (1950), Papoquinho (1950) e Estrada de Ferro (1954). As favelas proliferaram a partir de 1930 devido ao aumento no fluxo migratório. (SILVA, 1992).

A partir de 1932, Fortaleza passa por um período mais dinâmico, quando é bem intenso o crescimento da cidade. Isso é revelado pela maior ocupação do seu espaço físico. Os maiores adensamentos da época ocorrem na direção Oeste (fig. 85), chegando até a Avenida Padre Ibiapina. Cabe observar que já há algum tempo o crescimento da cidade se orientava para aquela direção (SILVA, 1992).

Enquanto a cidade se expandia para a zona Oeste, a chamada zona Leste possuía baixa ocupação. A abertura de um conjunto de avenidas projetadas por Adolfo Herbster em 1875, tangenciando o Centro, constituídas das Avenidas Tristão Gonçalves, Duque de Caxias e Dom Manuel, esta última principalmente, significou o início da integração da zona Leste à área central da cidade. Até essa época, só estava incorporada à malha urbana da cidade a área onde se localiza Seminário da Prainha, que no passado constituía o início da Picada do Mucuripe, caminho que colocava a enseada do Mucuripe em contato com a cidade, propriamente dita (SILVA, 1992).

Segundo Silva (1992), o crescimento da cidade para a parte Oeste, ao longo da atual Rua Guilherme Rocha, que depois da Praça do Liceu recebe o nome de Avenida Francisco Sá, não privilegiou a orla marítima, ao contrário, ocorreu na faixa mais interna da cidade. Provavelmente a ocupação deve ter sido orientada para essa faixa mais interna devido às dificuldades de fixação nas áreas de dunas que margeiam toda a costa (SILVA, 1992).

A instalação da ferrovia, a intensificação das relações da cidade com o espaço regional provocaram mudanças na cidade. A construção de oficinas para o reparo nos vagões da ferrovia propiciou a fixação da mão-de-obra nela empregada, começando a utilizar seus arredores para a construção de suas residências. A presença da ferrovia e da mão-de-obra atraiu indústrias ligadas direta e indiretamente ao cultivo do algodão. A concentração da classe operária, indústrias e o posterior surgimento de favelas motivou parcelas mais

abastadas da sociedade, que já se instalara na Jacarecanga e, em menor escala, no Benfica, a elegerem um novo espaço de moradia, surgiu o bairro da Aldeota (SILVA, 1992).

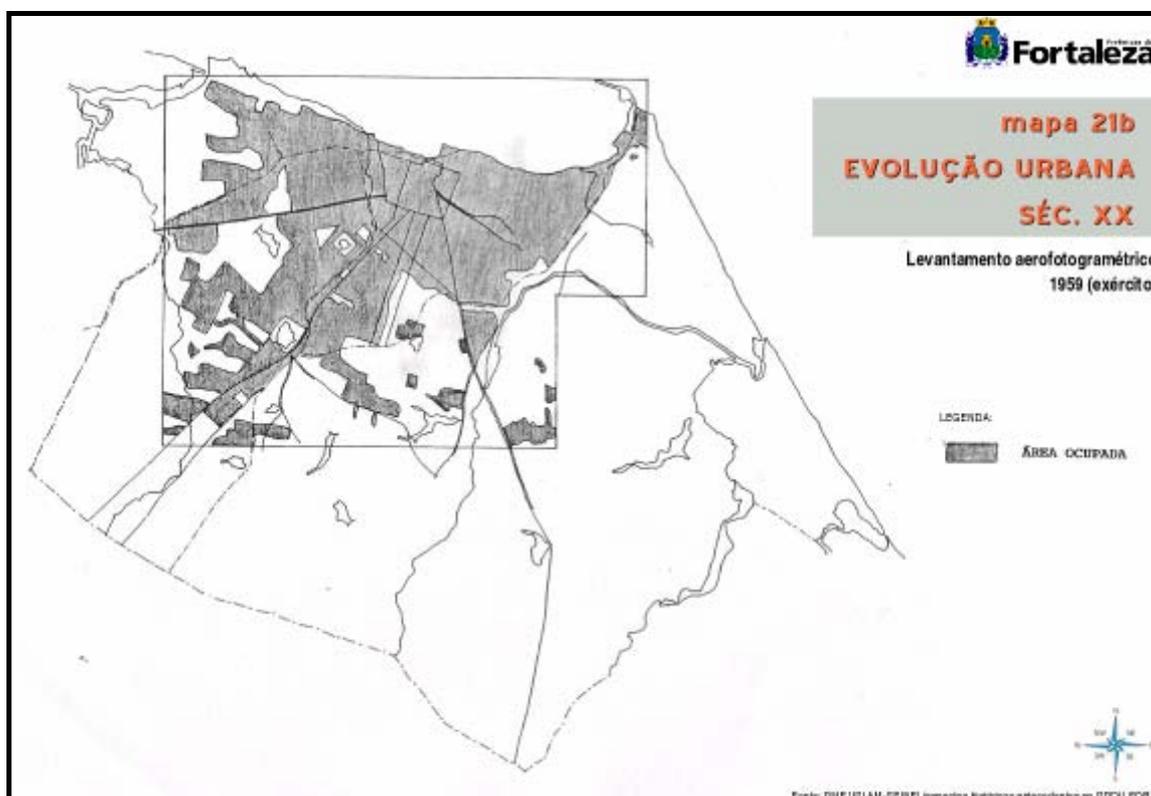


Figura 85: Mapa da Evolução urbana ocorrida no século XX
(Fonte: Plano Diretor de Fortaleza / PMF, 2005).

A partir de então, a cidade encontrou e elegeu novos setores para sua expansão, o que levou, de forma concomitante com a desvalorização de outros setores. O fato é que praticamente toda a cidade, guardadas obviamente as características e tipologia das ocupações, bem como as classes que a ocupam, nessa primeira década do século XXI, sofre com a expansão da malha urbana.

Como podemos observar no Mapa da evolução urbana da cidade neste século (fig. 86), percebemos novas construções em áreas que, até então, não estavam entre os setores mais valorizados da cidade. Da mesma forma, estes setores apresentam significativas observações com respeito ao sítio natural.

Na porção noroeste, onde temos a expansão de quadras entre o ano 2000 e o ano de 2005, observa-se uma expansão na direção da planície flúvio-marinha do rio Ceará (fig. 86). Partindo para o setor sul, mais novas quadras construídas, e de forma correlata, novas

residências, ao longo da planície do rio Maranguapinho, o que ilustra bem o surgimento de novas áreas de risco vislumbradas na cidade de forma contínua na cidade.

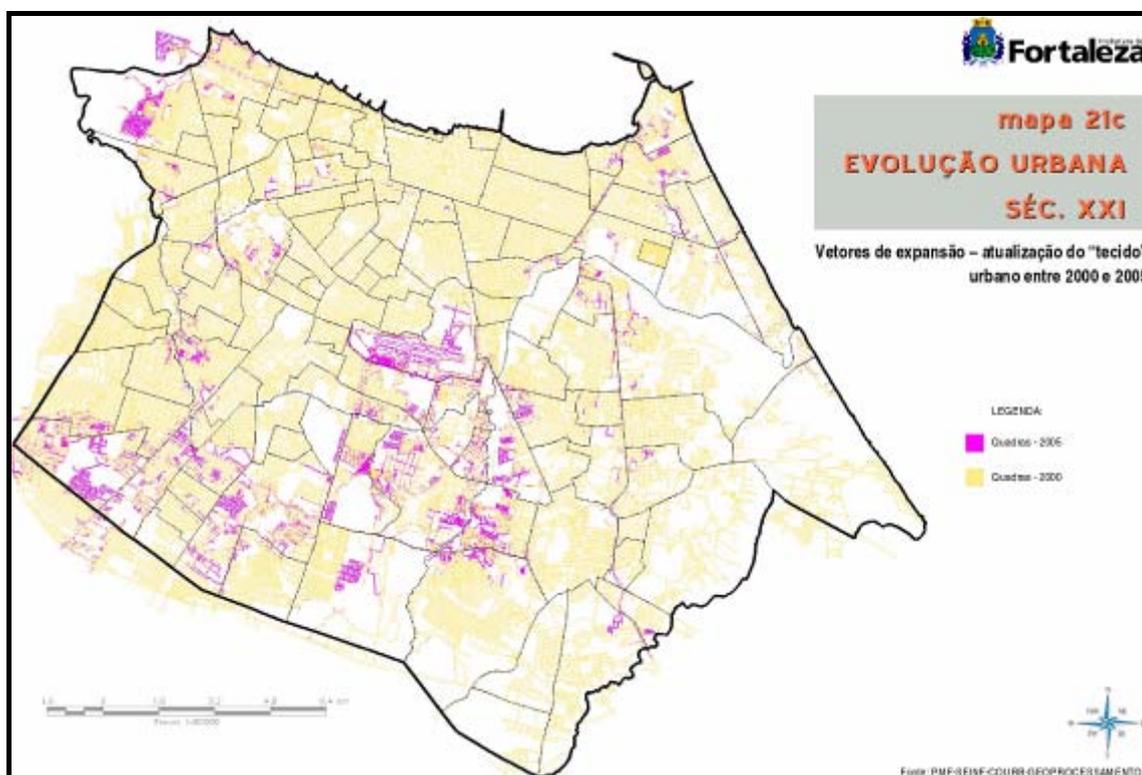


Figura 86: Mapa da Evolução urbana ocorrida até o século XXI
(Fonte: Plano Diretor de Fortaleza / PMF, 2005).

O mesmo ocorre com a planície fluvial do Cocó (fig. 86), com diversas novas construções, sobretudo, na sua margem direita. Tais ocupações, também nos indicam o crescimento de áreas de risco nessa porção da cidade, sobremaneira, as construções próximas ao leito do rio.

7.3. PRESSÃO SOBRE A NATUREZA: FATORES ATUAIS E AS PROBLEMÁTICAS ASSOCIADAS

No tópico que se segue tentaremos realizar com base em outros estudos realizados, nas nossas análises realizadas em gabinete e, sobretudo, complementadas e refutadas ou reforçadas nos levantamentos de campo realizados nos últimos meses, um levantamento analítico dessas diversas problemáticas dividindo-as em tópicos, embora todos saibamos que várias delas encontrem-se correlacionadas.

Além desse levantamento, objetivamos trazer à tona também as origens dessas problemáticas, isto é, os fatores atuais de pressão sobre o meio físico, o meio natural, o sítio natural da cidade de Fortaleza.

Na seqüência apresentamos o Mapa Geomorfológico da cidade de Fortaleza, associado com curvas de nível cuja eqüidistância é de 20 metros. Esse Mapa Geomorfológico-topográfico de Fortaleza (fig. 87) nos permite visualizar, quais os setores mais elevados da cidade, bem como conhecer que tipo de domínio geomorfológico predomina com esses setores.

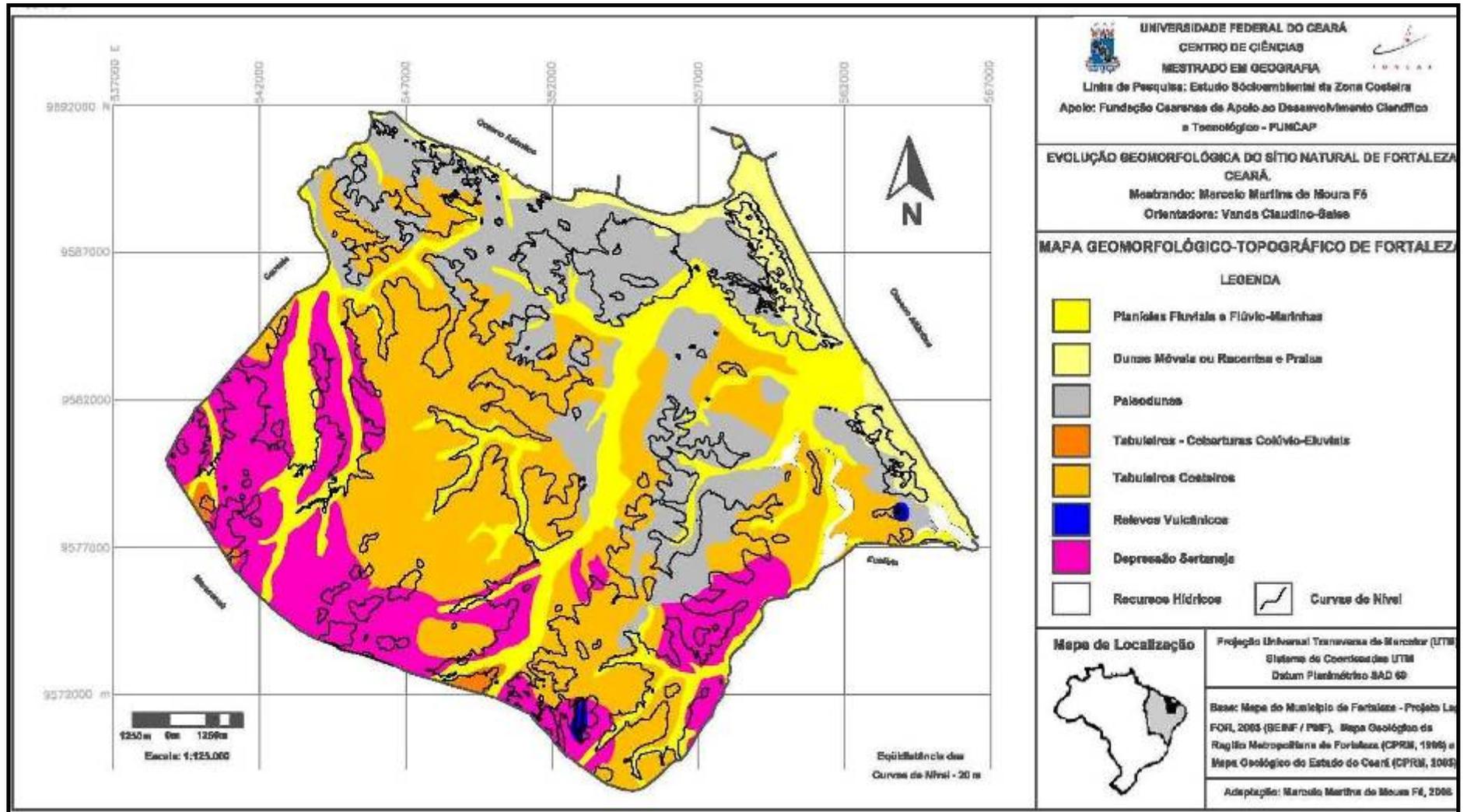
Não é demais frisar que, como ao longo desse tópico trataremos de alguns dos mais significativos problemas ambientais vivenciados por Fortaleza, mais precisamente, trataremos de seis, e que estes foram selecionados segundo critérios geomorfológicos, conhecer a correlação entre tipos de relevo e altitudes correlatas é uma questão importante para tais discussões.

7.3.1. A Migração das Dunas

Os campos de dunas são, dentre os ecossistemas costeiros, aqueles que talvez apresentem as maiores transformações nas suas características originais em consequência da atividade antrópica e dos atuais padrões de uso e ocupação verificados nas grandes cidades brasileiras.

O litoral de Fortaleza já foi marcado pela ocorrência de extensos cordões de dunas móveis que eram sujeitas aos efeitos da dinâmica eólica, provocando a sua instabilidade e de dunas fixas (ou semi-fixas), que possuem um revestimento vegetal pioneiro, que as protege da ação dos ventos.

Hoje, porém apenas alguns corpos isolados, desconectados da faixa de praia, às vezes intercalados pela malha urbana, além de alguns setores de dunas situadas, sobretudo, na faixa leste da cidade (fig. 87) testemunham um passado não muito longínquo. Todavia, mesmo esses testemunhos encontram-se num contexto de suscetibilidade á expansão urbana da cidade.



A mobilização das dunas é um processo natural que ocorre com freqüência em regiões litorâneas dominadas por ventos constantes, com velocidades adequadas para promover a movimentação dos sedimentos arenosos. Essas condições ocorrem na zona costeira de Fortaleza, como consequência, verifica-se em determinadas áreas, situações em que as dunas mostram-se avançando sobre outros ecossistemas - como vales fluviais, lagoas e mangues, promovendo, inclusive, o assoreamento dos mesmos.

Da mesma forma áreas urbanizadas, estabelecidas nas zonas de migração de dunas, constituem áreas de risco, com a possibilidade de serem lentamente soterradas pela remobilização das areias. Bairros como a Barra do Ceará, Papicú, Vicente Pinzón, Praia do Futuro, Cidade 2000 avançam sobre as áreas de mobilização dos corpos dunares e, em contrapartida, sofrem com o avanço das areias.

Vários outros exemplos ocorrem na RMF, podendo-se observar aspectos positivos e negativos na interação do processo de migração de dunas com os demais ecossistemas costeiros. No entanto, o relativo equilíbrio natural é, quase sempre, drasticamente alterado pela intervenção antrópica.

Na cidade de Fortaleza, como citamos acima, bairros populosos como a Barra do Ceará, sofrem graves problemas relacionados com o avanço das areias sobre residências, ruas e avenidas. Em muitos casos, a técnica adotada para se deter ou diminuir a migração das massas arenosas consiste no plantio de espécies vegetais potencialmente fixadoras, como a salsa de praia e outros tipos de gramíneas que melhor se adaptam às condições regionais.

Utiliza-se também, na tentativa de minimizar os efeitos da ação dos ventos ou desviar a sua direção, obstáculos feitos com palhas de carnaúba e de coqueiro, telas de nylon e outros materiais, como por exemplo, um muro de contenção colocado pela administração municipal na Avenida Radialista José Lima Verde, situada na Barra do Ceará, para deter o avanço da duna móvel (fig. 88) que já se configura como um fato exemplar da complexa relação entre o sítio natural da cidade e a expansão da malha urbana.

A duna da Barra do Ceará pode muito bem ser utilizada como mais um testemunho do quando a expansão desordenada da cidade descaracterizou amplamente a cidade. Na foto abaixo (fig. 89) podemos visualizar, no ano de 1982, a praia da Barra do Ceará e, um pouco mais ao fundo, a duna da Barra do Ceará.

Nessa foto abaixo, é nítido o estado de conservação, o tamanho da duna e, sobretudo, a ausência de qualquer tipo de ocupação o que, sem dúvida, contribuía para mitigar os efeitos decorrentes da ocupação, sem prejuízos, por exemplo, para a percolação de águas pluviais.



Figura 88: Foto de muro de contenção construído para tentar barrar a migração da Duna da Barra do Ceará (Foto: Mônica Virna, Setembro de 2007).

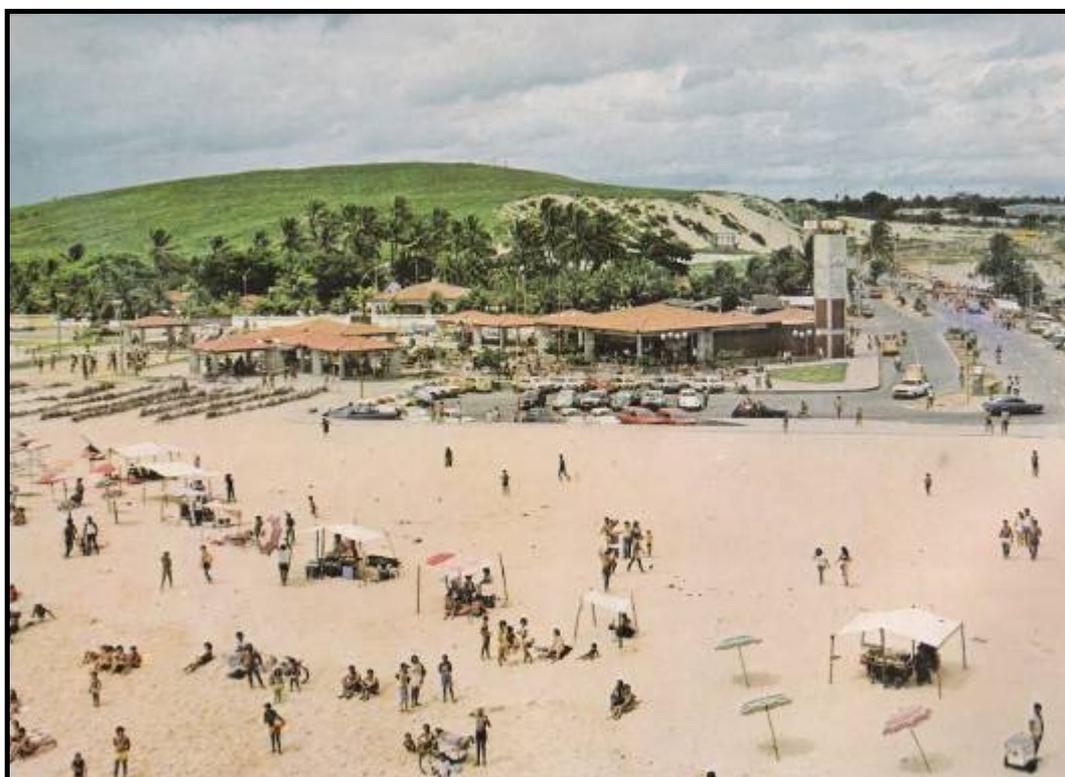


Figura 89: Foto da Praia da Barra e, em segundo plano a Duna da Barra do Ceará, coberta por uma vegetação herbácea (Fonte: PMF, 1982).

Todavia, a migração dos sedimentos já estava impossibilitada no ano de 1982, devido tanto à presença de uma vegetação herbácea cobrindo toda a duna, como também, à presença da Avenida Radialista José Lima Verde.

O assentamento de grande parte da população de baixa renda nesses ambientes, ou seja, a favelização das dunas constitui um dos grandes problemas a serem solucionados pelos administradores. Essa forma de ocupação, além de causar a desestabilização das áreas com relação à mobilização eólica, também é responsável por outros níveis de interferência no meio físico - deslizamentos de encostas e contaminação dos mananciais hídricos, os quais serão abordados mais adiante em capítulos específicos.

As dunas são consideradas como ecossistemas frágeis, sensíveis, ou vulneráveis, devido à sua propensão para mudanças, mesmo quando submetidas a pequenos stress ambientais. Os impactos negativos da atividade humana em dunas costeiras têm sido consideráveis, e muitas delas encontram-se em adiantado estado de degradação, sendo que em alguns casos foram completamente removidas (BRANDÃO, 1995).

Dado o grau de suscetibilidade e de importância ambiental das dunas, a proposta que poderia realmente solucionar o problema relativo à migração desses relevos, seria a orientação por parte do poder público para que a expansão da cidade se desse no sentido dos setores mais meridionais da cidade, ou seja, na direção dos tabuleiros costeiros e da depressão sertaneja, procurando-se preservar, o máximo possível, as dunas costeiras que ainda não diretamente afetadas pela expansão urbana da cidade.

Por outro lado, não se pode abandonar as áreas que já são críticas. Sem dúvida, deve-se adotar políticas corretivas ou mitigadoras nas áreas de mobilização já ocupadas ou em processo irreversível de ocupação, através da revegetação das dunas e de outras técnicas artificiais de fixação e de proteção contra ação eólica.

7.3.2. Erosão da Linha de Costa

Dominguez (1993) conceitua que a erosão da linha de costa é mais adequadamente, caracterizada como recuo da linha de costa. Isto se deve ao fato de que as praias, a porção mais visível e valiosa da maioria das zonas costeiras não estão, na realidade, sendo erodidas, mas simplesmente mudando sua posição no espaço e este fenômeno não causa danos ao ambiente das praias que se ajusta continuamente à evolução do traçado litorâneo.

Tal fato poderia ser interpretado dessa forma, como um processo de equilíbrio natural se não houvesse tantas intervenções na dinâmica natural que alimenta as praias. É inegável que a sociedade, sobretudo alguns setores da sociedade dotados de meios mais incisivos de intervenção no quadro natural, têm contribuído bastante para aumentar o problema da erosão marinha.

A construção de barragens, por exemplo, reduz o suprimento de sedimentos para a linha de costa, acelerando o fenômeno da erosão. Obras de engenharia executadas com a finalidade de proteger determinados segmentos costeiros, muitas vezes resultam, ao contrário, na intensificação do processo erosivo, como é o caso das diversas estruturas construídas ao longo do litoral de Fortaleza.

De acordo com Brandão (1995), observações efetuadas no conjunto da RMF e em outras áreas costeiras, fora de seus limites, permitem concluir que grande parte da linha de costa do estado do Ceará experimenta erosão, seja por causas naturais ou devido a interferências antrópicas. A construção de uma bateria de molhes costeiros (fig. 90) desde o porto do Mucuripe até a foz do rio Ceará interrompem o fluxo de sedimentos pela deriva litorânea e aumentam o poder erosivo das ondas nos setores a sotamar dessas estruturas.



Figura 90: Foto da enseada do Mucuripe, com molhes costeiros construídos para reter a ação das ondas (Fonte: Acervo Nirez).

Estas obras, num total de doze, foram concebidas a partir da principal (a do porto), numa tentativa seqüenciada de se deter os efeitos da ação erosiva que foi se estabelecendo a jusante de cada um dos molhes construídos, como ocorreu intensamente, na Praia de Iracema, na foto abaixo (fig. 91), antes de passar por este processo. Na seqüência, temos uma foto do mesmo setor (fig. 92), feita recentemente, onde percebe-se claramente os efeitos da erosão.

O molhe do porto do Mucuripe foi construído na década de 1940 (fig. 93), sem a realização dos estudos necessários para a compreensão dos processos oceanográficos e sedimentológicos que atuam na área. A finalidade da obra era proteger a bacia portuária contra o ataque direto das ondas e impedir que o transporte litorâneo de sedimentos provocasse o assoreamento do porto.

Esta construção, aliás, pode ser caracterizada como o marco inicial da sucessão de práticas, obras e diretrizes do poder público que contribuiram, sobremaneira, para o desenvolvimento do atual quadro de degradação ambiental vivenciado hoje pela cidade.

No entanto, ao atingir a estrutura, o regime de ondas é deformado e ocasiona o fenômeno de difração, ou seja, após atingirem o obstáculo propagam-se em ondulações curvilíneas na zona de sombra do dique. Este fenômeno fez com que o material em suspensão fosse depositado ao longo da estrutura e formasse uma pequena praia, tornando mais rasa a zona adjacente e dificultando o acesso a navios de grande calado.



Figura 91: Foto da Praia de Iracema, na ponte dos Ingleses – Década de 1930 (Fonte: Acervo Nirez).



Figura 92: Foto da Praia de Iracema, a leste da ponte dos Ingleses – ao fundo (Foto: Marcelo Martins, 2007).



Figura 93: Foto da Ponta do Mucuripe, no princípio da construção do Porto do Mucuripe (Fonte: Acervo Nirez).

Os arenitos de praia, como vimos anteriormente, são formações que ocorrem em diversos trechos da planície litorânea de Fortaleza constituindo corpos alongados, dispostos paralelamente à linha de costa e que normalmente afloram em dois ambientes praias: na zona de estirâncio e/ou na zona de arrebentação.

Segundo Brandão (1995), a presença desses corpos muitas vezes contribui para atenuar os efeitos da erosão costeira, tendo em vista que ajudam a absorver grande parte da energia das ondas, diminuindo a remoção de sedimentos da face de praia.

Nas fotos abaixo (figs. 94 e 95), podemos visualizar a mais abrangente e significativa exposição de arenitos de praia da cidade em dois momentos.

Na fig. 94, no final de 2007, com a exposição dos arenitos, muito em virtude da ocorrência da maré baixa, com a ocupação urbana avançando até o contato com os arenitos. Vale frisar também a presença de uma parede de rochas mais a frente na foto, o que indica tanto a ocorrência da erosão marinha no setor, quanto o fato de que a função natural de proteção da costa por parte dos arenitos de praia não ocorre a contento.



Figura 94: Foto dos Arenitos de praia localizados na Volta da Jurema, com detalhe da ocupação urbana avançando sobre os arenitos e a presença de um paredão rochoso mais a frente, denunciando a erosão marinha no setor (Foto: Marcelo Martins, 2007).

Por outro lado, na foto abaixo (fig. 95), observamos um quadro bem diferente do que o descrito acima. Embora, este setor da cidade já apresentasse o princípio de sua urbanização atualmente intensa, ilustradas por alguns prédios, além da presença da Avenida Beira-Mar é nítida a diferença e a conservação dessa feição geomorfológica. Mais um exemplo dos efeitos da expansão sobre o sítio natural da cidade

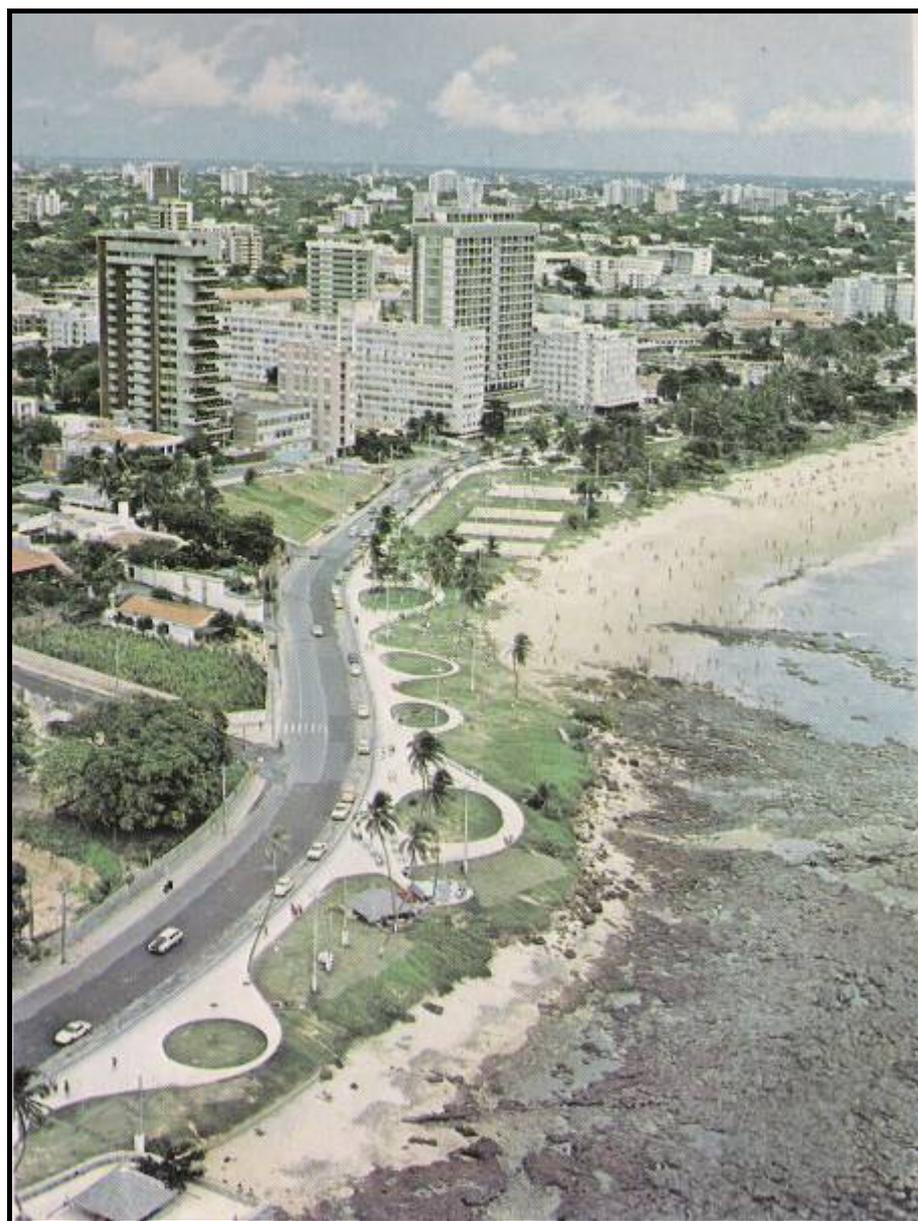


Figura 95: Foto panorâmica dos Arenitos de praia localizados na Volta da Jurema, no ano de 1982 (Fonte: PMF, 1982).

Em algumas áreas as dunas podem exercer papel importante no *bypass* de sedimentos de um setor para outro da linha de costa. A configuração costeira de Fortaleza

mostra-se em alguns trechos, favorável a que as areias mobilizadas pelos ventos desloquem-se em direção à linha de praia e sejam incorporadas à deriva litorânea, contribuindo para a manutenção do equilíbrio dinâmico das praias a jusante.

Alguns cursos d'água (como o rio Pacoti, por exemplo) funcionam como receptores do material eólico, que é adicionado ao transporte fluvial e, posteriormente, redistribuído pelo sistema litorâneo. O promontório do Mucuripe que ocorre na região -, constitui uma feição importante para o *bypass* (transpasse) dos sedimentos.

No caso do Mucuripe, quando os ventos predominantes sopram do quadrante sudeste, parte das areias provenientes das dunas que ocorrem na praia do Futuro, acumulam-se na bacia portuária, contribuindo para o seu processo de assoreamento.

Outro fator natural de ocorrência do transpasse de sedimentos por meio da zona costeira (by pass costeiro) é formação de dunas. Um exemplo dessa dinâmica no setor da ponta / porto do Mucuripe é gênese do Morro Santa Terezinha, que se originou através desse processo. Vale frisar que a não-ocorrência do transpasse acarreta, a jusante, em processos erosivos na zona litorânea.

Abaixo podemos visualizar uma fotografia aérea do Morro Santa Terezinha, do ano de 1978 (fig. 96), com seus sedimentos sendo, de forma inicial, barrados e não podendo mais alcançar a faixa de praia, na altura da Praia do Iate. Percebe-se também a urbanização cercando a duna, processo este que culminou com a ocupação de praticamente toda a duna (fig. 97).

7.3.3. Degradação de Áreas de Acumulação Inundáveis

O termo “área úmida” (*wetland*) é utilizado para descrever ambientes que não são nem totalmente terrestres, nem totalmente aquáticos. São áreas inundadas ou saturadas por água superficial ou subterrânea, numa frequência e duração suficientes para dar suporte a uma vegetação tipicamente adaptada à vida em condições saturadas (BRANDÃO, 1995).

Constituem ambientes transicionais entre os sistemas terrestres e aquáticos, onde o nível do lençol freático está próximo à superfície do terreno, ou onde o terreno é coberto por água rasa. As áreas úmidas, que podem estar relacionadas a águas salgadas, doces ou salobras, desempenham importantes funções ambientais, tanto do ponto de vista biológico quanto físico (Dominguez, 1993), tais como:

Constituem locais de reprodução, alimentação e descanso de aves aquáticas em geral, sendo de extrema importância para aquelas migratórias. São também áreas críticas para

a reprodução de um grande número de espécies de peixes, crustáceos e moluscos de valor econômico para o homem. Retêm água das chuvas, reduzindo os efeitos das inundações e funcionam como tampões hidrológicos para reservatórios subterrâneos, liberando água nos períodos secos e armazenando nos períodos chuvosos

Auxiliam a mitigar os efeitos da poluição, retendo, retardando e transformando substâncias poluidoras como pesticidas, metais tóxicos e matéria orgânica, evitando que contaminem os mananciais hídricos. Os microorganismos presentes nas áreas úmidas atuam na decomposição dos poluentes da água, como nitratos, e do ar, como sulfatos. Além disso, são fontes relevantes na produção de oxigênio.

Apesar de sua importância, esses ambientes nem sempre têm sido considerados como um recurso natural. Pelo contrário, mangues, pântanos e brejos são frequentemente tratados como locais a serem drenados, dragados e aterrados, dando lugar a loteamentos, empreendimentos turísticos e industriais, vazadouros de lixo etc.



Figura 96: Fotografia aérea do Morro Santa Terezinha (Fonte: Seinfra, 1978).



Figura 97: Fotografia aérea do Morro Santa Terezinha (Fonte: Seinfra, 2000).

Os manguezais são ambientes mistos criados pela atuação conjunta de processos continentais e marinhos, favorecendo a deposição de sedimentos predominantemente síltico-argilosos, ricos em matéria orgânica, que sustentam a vegetação de mangue. Devido à contínua disponibilidade de nutrientes e à característica protegida desses ecossistemas costeiros, um grande número de organismos utiliza os manguezais para alimentação, reprodução e abrigo. Inúmeras espécies de peixes, camarões, caranguejos e ostras são exploradas pelas populações ribeirinhas, constituindo uma importante fonte de renda e alimentação.

A matéria orgânica oriunda da decomposição das folhas e dos dejetos produzidos pelos animais é carregada para o mar, enriquecendo suas águas e, conseqüentemente, aumentando a produtividade da pesca litorânea, ou seja, as áreas de mangue funcionam como exportadores de nutrientes para as zonas costeiras adjacentes.

Além disso, devido ao seu posicionamento geográfico entre os ambientes marinho e terrestre, e à configuração de suas árvores e arbustos (com raízes entrelaçadas), os manguezais atuam como verdadeiros contêndores da erosão provocada pela ação das ondas, protegendo determinados setores da linha de costa. Da mesma forma fornecem proteção contra as enchentes ao longo dos rios, diminuindo a força das inundações e preservando campos agricultáveis e habitações adjacentes (BRANDÃO, 1995).

Existe uma farta legislação ambiental a níveis federal, estadual e municipal, que direta ou indiretamente aborda a preservação desses ecossistemas. No entanto, apesar das inúmeras leis e decretos vigentes, constata-se que, por deficiência de infra-estrutura na fiscalização exercida pelos órgãos competentes, bem como pela falta de conscientização e de educação ambiental por parte da sociedade de um modo geral, essas áreas, que são extremamente complexas e frágeis, têm sido violentamente alteradas pelas interferências antrópicas.

Podemos associar a este quadro, o assoreamento das lagoas da cidade de Fortaleza, feições naturais que historicamente têm sofrido com o avanço da urbanização que inexoravelmente tem extinguido literalmente “passado por cima”, retirando da paisagem estas feições tão importantes para a amenização climática e para a composição paisagística, dentre outros aspectos fundamentais para a qualidade de vida da população.

Um exemplo desse processo pode ser visualizado através da figura abaixo (fig. 98), onde temos a foto de uma lagoa que existia entre as atuais: Rua Marechal Deodoro e a Avenida da Universidade, no bairro do Benfica. Uma lagoa que foi assoreada e que devia ter seu sangradouro, na altura do canal onde hoje há a Avenida Eduardo Girão.



Figura 98: Fotografia aérea de uma Lagoa que existia entre as atuais: Rua Marechal Deodoro e a Avenida da Universidade (Fonte: Acervo Nirez).

7.3.4. Movimentos de Massa

Na cidade de Fortaleza as áreas de risco geológico associadas a deslizamentos de terra estão relacionadas ao assentamento de favelas em corpos de dunas, como ocorrem no bairro da Barra do Ceará e no setor nordeste da cidade, nas imediações da ponta do Mucuripe.

Todavia, vale frisar que tanto por causa de suas características topográficas – relevo predominantemente plano a suave ondulado -, quanto à extinção das dunas do cenário alencarino, a cidade de Fortaleza não apresenta um significativo gradiente topográfico, o que representa declividades modestas (fig. 99).

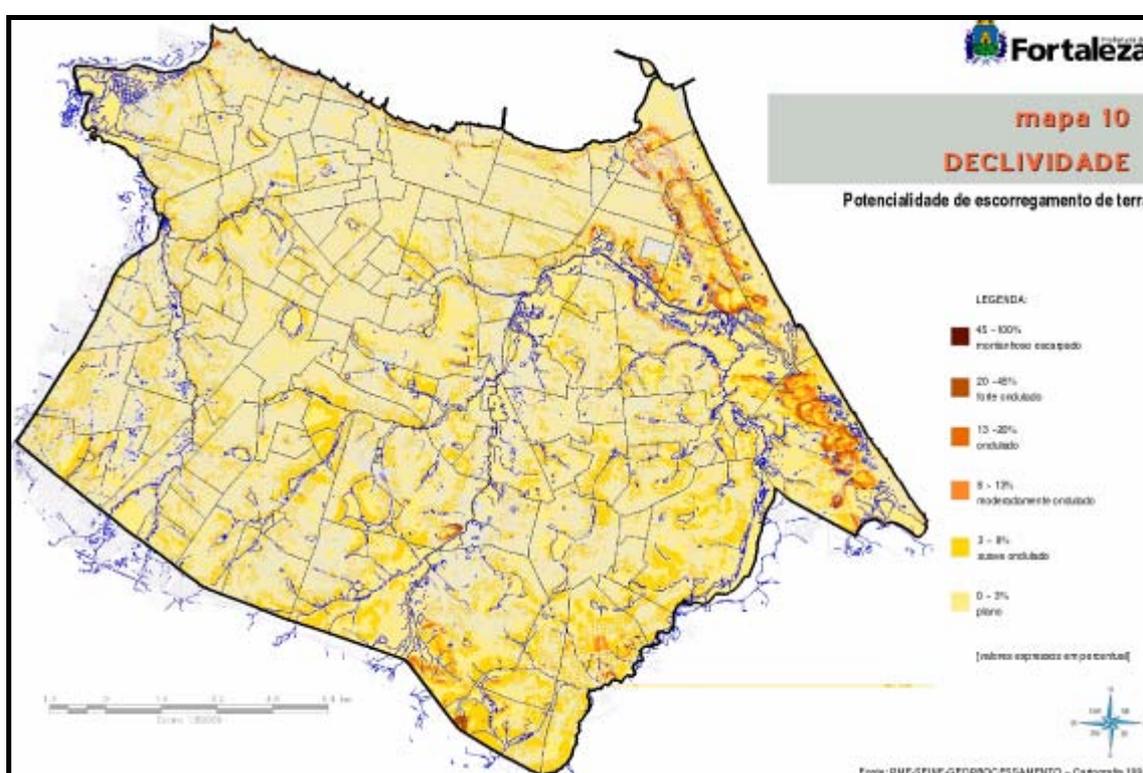


Figura 99: Mapa das Classes de Declividades do Município de Fortaleza (Fonte: PMR/Plano Diretor de Fortaleza, 2005).

A constituição arenosa desses morros propicia uma alta taxa de infiltração das águas pluviais e, conseqüentemente, um nível de saturação do solo elevado; assim como a declividade acentuada do terreno, a retirada da cobertura vegetal, a pressão e a distribuição das habitações nas encostas são os principais fatores que provocam a desestabilização dessas áreas (BRANDÃO, 1995).

De acordo com Brandão (1995), adicione-se ainda, o acúmulo de lixo/entulho nos taludes, a ação dos ventos que promove a remobilização dos sedimentos, favorecida pela

ausência de vegetação fixadora, e o lançamento das águas servidas, em superfície ou em fossas, contribuindo para uma contínua infiltração do solo. Nessas condições, a deterioração progressiva do meio ambiente proporciona um panorama favorável às movimentações gravitacionais dos terrenos.

O caráter acumulativo e persistente dos fatores descritos acima possibilita que eventos pluviométricos, não necessariamente intensos ou excepcionais, sejam suficientes para induzir a ocorrência dessas manifestações, quase sempre com resultados calamitosos para a população de baixa renda.

7.3.5. A Problemática sazonal: as Enchentes

As planícies de inundação, também conhecidas como várzeas, são faixas dispostas ao longo dos leitos fluviais, constituídas de sedimentos aluvionares e periodicamente inundadas pelas águas de transbordamento dos rios. As enchentes, portanto, são fenômenos naturais que ocorrem nessas zonas, normalmente em épocas de eventos pluviométricos excepcionais, quando a vazão a ser escoada torna-se superior à capacidade de descarga das calhas dos cursos d'água.

Os fatores que afetam o comportamento da vazão de um rio podem ser divididos, de acordo com Brandão (1995), em dois tipos:

a)- fatores climáticos, que estão relacionados com a intensidade e com a duração das precipitações que ocorrem na bacia hidrográfica, e

b)- fatores fisiográficos (área, forma, declividade, tipo de solo, cobertura vegetal etc), que determinam o maior ou menor grau com que são sentidos os efeitos de uma precipitação na bacia hidrográfica.

Excetuando-se os fenômenos naturais, as atividades antrópicas são as principais causas da ocorrência e intensificação das enchentes. O uso e ocupação do solo introduzem modificações consideráveis nas bacias hidrográficas, em intervalos de tempo relativamente curtos quando comparados com as alterações provocadas pelos processos naturais.

O desmatamento e a ocupação desordenada das nascentes e das várzeas, assim como a construção de obras hidráulicas, de acordo com Brandão (1995) são as principais atividades que alteram o regime dos cursos d'água. Essas intervenções normalmente provocam o assoreamento de rios e lagoas, representando um fator determinante para a manifestação das enchentes.

Entende-se como assoreamento o preenchimento total ou parcial dos corpos d'água devido ao aumento da quantidade de material sólido transportado e depositado, cujas causas estão relacionadas à intensificação dos processos erosivos e ao lançamento de detritos, entulhos etc, nos leitos dos rios e nas lagoas.

As áreas de risco são expressivas no município de Fortaleza, onde a ocupação indiscriminada ao longo da rede de drenagem tem sido cada vez mais intensa, principalmente através da proliferação de favelas nas margens de rios e lagoas que banham a área urbana.

Essa forma de ocupação, que aumenta com o êxodo rural a cada período de seca, com o agravamento da situação socioeconômica e com a falta de uma política habitacional mais consistente, tem contribuído significativamente para exacerbar a incidência das enchentes, através do assoreamento dos cursos d'água causado pela remoção da cobertura vegetal, que protege suas margens contra a erosão, e pelo lançamento de lixo, entulhos e outros dejetos nesses ambientes. Sendo assim, a cada período de precipitações intensas, situações de calamidade pública estabelecem-se nessas zonas.

Para agravar a situação dessas comunidades as enchentes sempre trazem problemas de saúde pública, como cita Brandão (1995), favorecendo altos índices de doenças, especialmente aquelas de veiculação hídrica, tais como: diarreia, hepatite, meningite, dengue e leptospirose, além de viroses indeterminadas e infecções pulmonares.

Forma-se uma cadeia de transmissão, onde fatores como a falta de saneamento básico, coleta de lixo irregular e subalimentação determinam maior ou menor grau de incidência.

A manutenção das várzeas, através de formas de ocupação que convivam harmonicamente com as inundações periódicas, como ocorria anteriormente (fig. 100), bem como o controle da urbanização e do manejo do solo em toda a área das bacias hidrográficas, acarretarão avanços na luta contra as enchentes. Por outro lado, é fundamental a criação de um sistema eficiente de previsão e alerta que execute o monitoramento das chuvas e da elevação do nível das águas com condições de acionar, a tempo, as providências necessárias para evitar as situações de calamidade nas áreas de risco.

7.3.6. Os Impactos da Mineração

As atividades de extração mineral em regiões metropolitanas revestem-se de relativa importância, tendo em vista o fornecimento de insumos básicos necessários para o desenvolvimento dos centros urbanos. De acordo com Brandão (1995), as curtas distâncias

que separam as áreas produtoras dos centros consumidores constituem um fator favorável a essas atividades, uma vez que viabilizam economicamente a extração de bens minerais de baixo valor comercial, como é o caso dos materiais de aplicação direta na construção civil.



Figura 100: Foto aérea das margens do rio Cocó, na altura dos atuais bairros da Varjota e Cocó – Anos 1960 (Fonte: Acervo Nirez).

Ainda segundo Brandão (1995), outro aspecto positivo da mineração em regiões metropolitanas está relacionado à geração de empregos, funcionando como agente mitigador dos efeitos da crise social, que normalmente mostra-se mais expressiva em regiões de alta densidade demográfica. Por outro lado, essas atividades nem sempre se desenvolvem de uma maneira harmônica com o crescimento urbano, muitas vezes comprometendo a qualidade de vida das comunidades vizinhas e provocando impactos negativos ao meio ambiente.

Na RMF, são exploradas jazidas de areia (fina e grossa), água mineral, argila, diatomito, fonólito, granito (brita e ornamental), mica, quartzo, feldspato, quartzito e saibro (ROBERTO, 2000).

Vale ressaltar que a degradação ambiental causada pela mineração é, geralmente, duradoura e de difícil recuperação, muitas vezes deixando cicatrizes irreversíveis na paisagem.

As maiores alterações no meio físico são provocadas pelas lavras de areia e argila. Quando praticadas de forma inadequada nos ambientes de planícies aluviais, essas atividades ocasionam desmatamentos, remoção da camada de solo superficial, extensas cavas abandonadas, poluição visual (estética), poluição dos recursos hídricos superficiais (material em suspensão), desvio dos cursos d'água, erosão das margens e assoreamento de rios e lagoas.

As extrações de areia grossa podem ocorrer tanto no canal fluvial quanto nos terraços aluviais dos principais rios e afluentes. Os depósitos em exploração estão associados, dentre outros, às bacias dos rios Ceará e Pacoti, os quais também possuem depósitos de argila explorados (ROBERTO, 2000).

A extração de areias de dunas e de terrenos da Formação Barreiras provoca impactos ambientais através da degradação paisagística pela abertura de extensas cavas, muitas vezes atingindo o lençol freático, pelo desmonte e pela alteração nas formas das dunas. Além disso, a remoção da cobertura vegetal, praticada por essa atividade, é responsável pela transformação de dunas fixas em móveis, trazendo problemas relacionados ao avanço das areias sobre áreas urbanizadas e agricultadas, bem como sobre ecossistemas aquáticos, contribuindo para o assoreamento dos mesmos (BRANDÃO, 1995).

Quanto às pedreiras de granito (incluindo-se outros tipos litológicos como gnaisses, migmatitos e fonolitos), quer seja para a produção de britas ou de rochas ornamentais, o impacto mais visível está relacionado aos “anfiteatros” implantados nas encostas, constituindo cicatrizes permanentes na paisagem. O aproveitamento de matacões, apesar de não abrir grandes frentes de lavra, também descaracteriza a paisagem através dos desmatamentos e do desmonte dos blocos que ocorrem distribuídos nas encostas (BRANDÃO, 1995).

7.3.7. Degradação Ambiental: considerações finais

Como observamos ao longo deste capítulo é diversificado e preocupante o quadro ambiental da cidade de Fortaleza. Para ilustrar e sintetizar este quadro apresentamos a última prancha elaborada para este trabalho (fig. 101), com fotos de diversos setores que se caracterizam como lócus de degradações ambientais de ordem geomorfológica, embora, se tomarmos como foco outras ciências, o quadro piore substancialmente.

Na foto 01 (fig. 101), temos a ocupação e o deslizamento de areias das dunas situada no bairro da Barra do Ceará, setor noroeste da cidade; na foto 02 (fig. 101), temos um

setor da Praia de Iracema, onde deveria haver areias, hoje caracterizada pelo enroncamento rochoso responsável por atenuar os efeitos erosivos das vagas marinhas.

Nas fotos 03 e 04 (fig. 101), temos a ação da especulação imobiliária atuando e avançando sobre o leito do rio Cocó, na altura do Parque homônimo; na foto 05 (fig. 101), tem-se a ocupação das dunas do Papicu, às margens da lagoa do Papicu, onde podemos observar pela tipologia das casas que não se trata de uma parcela da população carente de poder aquisitivo para adquirir um imóvel.

Nas fotos 06 e 07 (fig. 101), visualiza-se anfiteatros produzidos pela mineração nos morros do Caruru e Ancuri e, por fim, na foto 08 (fig. 101), a foto de uma área propícia à ocorrência de enchentes, localizada no bairro do Autran Nunes, margens do rio Maranguapinho.

Em suma, a impressão que se tem é que não há um compromisso da cidade, de seus cidadãos, seja qual for a parcela da população, embora a parcela que detém o poder de intervenção pública neste quadro deva ser responsabilizada com mais ênfase.

O fato é que neste vácuo, onde o meio ambiente ainda presente e diversificado, como procuramos mostrar e detalhar ao longo deste trabalho, está entregue e sujeito a ação da especulação imobiliária que não tem compromissos com a ordenação e mínimo resguardo ambiental na ocupação dos espaços.

Assim, no hiato existente entre natureza e sociedade em geral, avançam setores da população que contribuem e mesmo promovem a degradação do meio físico da cidade, o que, em última instância irá prejudicar os próprios moradores da cidade, sejam eles nascidos ou adotados, afastando seus visitantes e tornando a beleza singular de Fortaleza em algo cinza e disforme aos olhos de quem ainda a querem ver.

 <p>UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ CENTRO DE CIÊNCIAS MESTRADO EM GEOGRAFIA</p>	 	
<p>Dissertação: EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA DO SÍTIO NATURAL DE FORTALEZA Autor: MARCELO MARTINS DE MOURA FÉ Orientadora: VANDA CLAUDINO-SALES</p> <p>Apoio:</p> 		
<p>PRANCHA – 8 IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE FORTALEZA e FOTOS DOS IMPACTOS AMBIENTAIS RELACIONADOS</p> <p>Fonte da Imagem de Satélite: Google Earth – Abril de 2008.</p>	 	
<p>Fotos: 1 e 5. Mônica Vima – Setembro de 2007; 2 - 4 e 8. Marcelo Martins – Setembro de 2007; e 6 e 7: Julien Quiret, Abril de 2007.</p>		

CAPÍTULO 8:



CONCLUSÕES: FORTALEZA ONTEM, HOJE E SEMPRE

8. CONCLUSÕES: FORTALEZA ONTEM, HOJE E SEMPRE.

A cidade de Fortaleza, no tocante ao seu quadro físico, comumente denominado como natureza, o qual tratamos neste trabalho como o Sítio Natural de Fortaleza, tem origens que, de certa forma, guardam uma origem antiga, datada de mais de 100 milhões de anos atrás, de processos ocorridos ao longo do Cretáceo.

De forma essencial, o Sítio Natural de Fortaleza herdou dois elementos importantes e ainda visíveis na paisagem: Primeiro, a conformação do nosso litoral, que no lado leste apresenta uma direção predominante: SE-NO, desde a foz do rio Pacoti, na divisa com os municípios de Aquiraz e Eusébio, passando pelas Praias da Cofeco, de Sabiaguaba, do Caça e Pesca e do Futuro, bem como pela foz do rio Cocó, chegando até a Ponta do Mucuripe. Deste setor em diante, o litoral norte de Fortaleza, toma, grosso modo, uma direção E-W, vindo desde a Ponta do Mucuripe até a foz do rio Ceará, percorrendo diversas praias da cidade, dentre elas, as praias do Iate, do Meireles, a Praia de Iracema, do Pirambu, do Arpoador e da Barra do Ceará.

O segundo elemento é justamente o divisor desses verdadeiros dois litorais de Fortaleza: a própria Ponta do Mucuripe que, como foi citado no capítulo 3, representa um dos eixos de ruptura do Gondwana, além de se configurar, ao lado da conformação do litoral da cidade, como importantes elementos que influencia sobremaneira a dinâmica quaternária que discutida com mais ênfase no capítulo 5.

Logo na seqüência da história natural, o cenário predominantemente rochoso existente, passou a sofrer o processo suave de inclinação no sentido da zona litorânea, em contato com o recém-formado oceano Atlântico, processo este denominado de Flexura Marginal, associado aos processos de erosão, começaram a dar os primeiros passos na direção da paisagem natural que temos hoje em alguns setores da cidade.

Oriundos dos processos tectônicos que possibilitaram a abertura do Atlântico Sul, eventos magmáticos permearam toda a fachada Norte da região nordeste brasileira ao longo do Terciário, cujos reflexos se derem na forma de dois relevos elevados, constituídos de rochas vulcânicas e que se notabilizam por serem os cumes da cidade de Fortaleza: o morro Caruru e do Ancuri.

Ao longo do Terciário médio até o início Quaternário, houve a deposição da Formação Barreiras, depósito sedimentar característico da costa nordestina e de Fortaleza, cujos relevos correlatos, sobretudo os tabuleiros costeiros proporcionaram a completa mudança do sítio natural.

A partir da embasada teoria sobre a deposição da Formação Barreiras em Fortaleza, desenvolvida por Maia (1998) e análises mais recentes feitas por Peulvast e Claudino-Sales (2003) e, tendo como apoio nossas análises de dados significativos, podemos concluir, ou pelo menos inferir com um pouco mais de convicção, alguns pontos.

Primeiro, com base em estudos anteriores, que as áreas-fontes podem ser remetidas às rochas constituintes das unidades geomorfológicas da Depressão Sertaneja e do Maciço de Baturité, que configurariam, portanto, como a fácies proximal da Formação Barreiras.

Os setores mapeados como de predomínio das Coberturas Colúvio-Eluviais, em função de suas características morfológicas sedimentológicas, podem ser considerados como a fácies mediana da Formação Barreiras.

Os afloramentos da fácies distal da Formação Barreiras apresentam características sedimentológicas similares às descritas por Maia (1998), como sendo a segunda camada de deposição da Formação Barreiras.

Os perfis de sondagens parecem indicar a ocorrência de duas fases de deposição, mas, sobretudo, da que a primeira fase de deposição (base) apresente características mais conglomeráticas e esteja imediatamente sobreposta pelos materiais da segunda fase de deposição, assim como foi apresentada por Maia (1998).

Tendo como base inicial, a análise de cartas topográficas, de imagens de satélite e de fotografias aéreas, foram elaboradas hipóteses e buscados elementos que pudessem contribuir para o desenvolvimento dessas hipóteses.

Ao longo do Quaternário, processos naturais modelaram as formas pré-existentes e originaram novas feições naturais, possibilitando a conformação dos rios e seus leitos fluviais, a formação e o desenvolvimento de praias, dunas e lagoas.

Assim, com o apoio de análises do contexto natural da área, de dados extraídos de perfis de sondagens, bem como de levantamentos de campo e do mapa geomorfológico elaborado obtivemos significativos elementos que apontam o setor inter-fluvial entre o riacho Maceió e o rio Cocó, como sendo um provável setor onde drenava o Paleocurso do rio Cocó.

Ao longo do Holoceno, possivelmente, em um período paleo-climático mais seco e, por conseguinte, em função de uma migração mais incisiva de dunas, tivemos a lenta, mas significativa obliteração do leito do rio Cocó que, até então, desaguaria na fachada norte da cidade, forçando-o a mudar seu curso para o setor leste da cidade, como ocorre atualmente. Desta forma, o riacho Maceió representaria um testemunho fluvial desse paleocurso do rio Cocó.

O resultado dos processos analisados que ocorrerem ao longo dessa história natural é o Sítio Natural da cidade, que de maneira geral, apresenta o setor meridional dominado pela Depressão sertaneja, modelada sobre as rochas mais antigas regionalmente.

Ainda no setor sul, os relevos vulcânicos que se constituem como os relevos mais elevados da cidade. Por outro lado, isto é, praticamente por quase todos os lados da cidade, têm-se as planícies fluviais, que realizam o significativo trabalho de modelagem das demais feições naturais e se caracterizam por serem os setores mais rebaixados da cidade, isto, sem contar obviamente, com a zona costeira em contato com o mar.

O setor central do sítio natural, de maneira geral, é dominado espacialmente pela ocorrência dos tabuleiros costeiros, que estão presentes também em outros setores da cidade também, dando a mesma, o caráter tabular, sem um gradiente altimétrico significativo, uma característica da cidade.

Nos setores leste e nordeste da cidade, temos, depois dos relevos vulcânicos, as maiores altitudes da cidade, com o predomínio geomorfológico das paleodunas e das dunas atuais. Por fim pontuando quase toda a cidade temos as lagoas de Fortaleza.

Com base na correlação entre a posição das lagoas e do tipo de relevo sobre o qual estão situadas, propomos uma classificação básica, mas embasada, das lagoas de Fortaleza, onde as subdividimos em: costeiras e inter-dunares. Sendo consideradas as costeiras, as lagoas situadas sobre os tabuleiros costeiros e, interdunares, as lagoas desenvolvidas e ainda existentes sobre setores de dunas e paleodunas.

Pretendemos com esta classificação, lançar uma base para o desenvolvimento de propostas diferenciadas para a conservação destas lagoas, por entendermos que, ao serem inseridas em contextos geológico-geomorfológicos diferentes, as formas de gênese e desenvolvimento das lagoas também são diferentes, o que, logicamente, exige medidas conservacionistas particulares para cada uma delas

Por fim, ao longo do capítulo 07, com base em critérios essencialmente geomorfológicos apresentamos um quadro da problemática ambiental da cidade, apontando os setores da cidade onde ocorrem, além das possíveis causas e as situações de risco tanto para a população local, quanto para o próprio Sítio Natural da Cidade.

Mais uma vez, com análises desta ordem, pretendemos apresentar informações que possam contribuir para o subsídio de propostas posteriores de uso e ocupação, propostas que levem em consideração as particularidades dos modelados, com suas características favoráveis e desfavoráveis para o uso, mitigando pelo menos, os efeitos adversos verificados em quase toda a cidade do desrespeito e/ou desconhecimento do Sítio Natural de Fortaleza.

Fortaleza configura-se como um dos principais pólos turísticos do país. Esta atratividade se dá, sobretudo, pelo belo mosaico paisagístico da cidade que, apesar da ocupação desordenada ao longo das últimas décadas, ainda resiste e persiste em vários pontos da capital alencarina.

Mas, a paisagem natural resistirá aos padrões atuais de uso e ocupação? Por quanto tempo? O que guarda o futuro para a natureza e para a cidade de Fortaleza? Natureza e cidade, aliás, que devem ser tratadas sempre de forma conjugada, por serem uma coisa só. São questões para todos os cidadãos, principalmente, as pessoas responsáveis pelas ações e necessárias intervenções para que a expansão da cidade se dê de maneira mais conservacionista com relação aos seus atributos naturais.

Em alguns setores, a ocupação desordenada tem prejudicado (e sofrendo com o avanço das areias) a mobilização das dunas. Por outro lado, algumas obras têm prejudicado o trânsito de sedimentos que ocorre paralelamente ao longo da costa. As conseqüências são drásticas. O aumento do poder erosivo das ondas e o seu impacto nas construções situadas à beira-mar são exemplos cabais desse processo.

A ocupação desordenada da cidade, fruto do desconhecimento dos riscos e, principalmente, da carência por moradias e de uma mínima infra-estrutura, tem vitimado, sobretudo, os nossos rios, sufocados pela malha urbana da cidade que avança sobre suas margens. São milhares de pessoas em moradias precárias, sujeitas às cheias sazonais das águas, ao lixo e dejetos despejados sem nenhum tratamento, prejudicando o equilíbrio natural dos rios, à sua fauna e flora associadas.

Citamos alguns exemplos, poderíamos citar outros, mas o que importa é refletir sobre esse contexto, e, sobretudo, agir e modificar esse quadro, que nos faz prever que as perspectivas para a cidade não são nada animadoras. É preciso atenuar os fatores de pressão sobre o meio ambiente, a exploração e a degradação dos recursos naturais, o manejo correto e ambientalmente responsável dos resíduos sólidos, o que poderá prevenir os efeitos da ocupação desordenada e mitigar a degradação da qualidade de vida da população.

Devemos estar atentos e cientes para que o patrimônio paisagístico da cidade não se perca frente aos desmandos e ao avanço de setores da sociedade, para que os atributos naturais, formados ao longo de milhares de anos, possam ser vivenciados pelas próximas gerações. Para que Fortaleza seja sempre Fortaleza. Única.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

AB'SABER, A. N. **Os domínios de Natureza do Brasil: Potencialidades paisagísticas.** São Paulo: Ateliê editorial, 2003.

ALHEIROS, M. M. et al. **Sistemas Depositionais na Formação Barreiras no Nordeste Oriental.** Anais XXXV Congresso Brasileiro de Geologia, Vol.2: 753-760. 1988.

_____. **Os fundamentos Geológicos.** In: AZEVEDO, A. Brasil: A Terra e o Homem. Vol. 1 – As bases físicas. 2 ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1964.

ALMEIDA, F. F. M. **Geologia e Petrologia do Arquipélago de Fernando de Noronha.** (Monografia). Rio de Janeiro: DNPM/DGM, 1958.

ALMEIDA, F. F. M.; BRITO NEVES, B.B; CARNEIRO, C. D. R. **The origin and evolution of the South American Platform.** Earth Science Reviews 50: 77-111, 2000.

ALMEIDA, F.F.M.; CARNEIRO, C. D. R.; MACHADO JÚNIOR, D. L. e DEHIRA, L. K. **Magmatismo Pós-Paleozóico no Nordeste oriental do Brasil.** Revista Brasileira de Geociências, 18 (4): 451-462, 1988.

ANDRADE, G. O. **A superfície de Aplainamento Pliocênica do Nordeste do Brasil.** Coleção Mossoroense, B, 486:1-44, 1958.

ANDRADE, G. O. e CALDAS LINS, R. **Introdução à morfoclimatologia do Nordeste do Brasil.** Arquivo do Instituto de Ciências da Terra. Recife (3/4): 17 – 27. Publicação Especial do Congresso Nacional de Geologia, 17, Recife, p. 5 – 19, 1965.

ARAI, M; UESUGUI, N; ROSSETTI, D. F. e GÓES, A. M. **Considerações sobre a Idade do Grupo Barreiras no Nordeste do Estado do Pará.** Anais do XXXV Congresso Brasileiro de Geologia, Belém, Pará, V. 2. 1988.

ARAI, M. **A grande elevação eustática do Mioceno: a verdadeira origem do grupo Barreiras.** X Congresso da Abequa, Guarapari/ES, Simpósio Barreiras, 2005.

ARAÚJO, V. D; REYES-PERES Y. A; LIMA, R. F; SANTOS, D. A. S; PELOSI, A. P. M. R; CÓRDOBA, V. C. e LIMA-FILHO, F. P. **Análise Faciológica e Interpretação Paleambiental de Rochas da Formação Barreiras, Litoral Oriental do Rio Grande do**

Norte. X Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, Abequa. Guarapari / Es, 2005.

BARRETO, A. M. F; BEZERRA, F. H. R; SUGUIO, K., TATUMI, S. H; YEE, M; PAIVA, R. P. e MUNITA, C. S. **Late Pleistocene marine terrace deposits in northeastern Brazil: sea-level change and tectonic implications.** *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 179: 57 – 69, 2002.

BARRETO, A. M. F; SUGUIO, K., BEZERRA, F. H. R; TATUMI, S. H; YEE, M. GIANNINI, P. C. F. **Geologia e Geomorfologia do Quaternário Costeiro do Estado do Rio Grande do Norte.** *Revista do Instituto de Geociências – USP. V. 4, n. 2, p. 1-12, 2004.*

BÉTARD, F.; PEULVAST, J-P; CLAUDINO-SALES, V. **Gis and Morphostructural mapping: a contribution to the morphotectonica study of the Baturité massif, Northeastern Brazil.** 6 th International conference on Geomorphology. Zaragoza / Esp, 2005.

BEURLLEN, K. **A estrutura geológica do Nordeste Brasileiro.** XXI Congresso Brasileiro de Geologia, Curitiba. 151-158, 1976.

BEZERRA, F. H. R; AMARO, V. E; VITA-FINZI, C. e SAADI, A. **Pliocene-Quaternary fault control of sedimentation and coastal plain morphology in NE Brazil.** *Journal of South American Earth Sciences*, 14: 61 – 75, 2001.

BEZERRA, E. C. **Balço Hídrico.** IN: CEARÁ. Secretaria de Planejamento e Coordenação – SEPLAN. Fundação Instituto de Planejamento do Ceará – IPLANCE. Atlas do Ceará. Fortaleza, 1989.

BIANCHI, L.; MARQUES, J. C. S.; PADILHA, M. N. M.; TEIXEIRA, J. E. M. COELHO, M. C. P.; MARTINS-JÚNIOR, M. e AGUIAR, M. T. R. **Recursos de água subterrânea na RMF.** Plano de aproveitamento dos recursos hídricos na RMF. Fase I – Fatores condicionantes. Fortaleza: AUMEF / SEPLAN, 1984.

BIGARELLA, J. J. **The Barreiras Group in Northeastern Brazil.** *Anais Academia Brasileira de Ciências*, 47: 365-393. 1975.

BIGARELLA, J. J. e ANDRADE, G. O. **Considerações sobre a estratigrafia dos sedimentos cenozóicos em Pernambuco (Grupo Barreiras).** UR – ICT. Arquivos, 2. Recife, 1964.

BITTENCOURT, A. C. S. P ; MARTIN, L ; DOMINGUEZ, J. M. L ; VILAS-BOAS, G. S. e FLEXOR, J. M. **Quaternary marine formations of the coast of the state of Bahia (Brazil).** Atas do Simpósio Internacional de Evolução Costeira do Quaternário. São Paulo: 232 – 253, 1979.

BOILLOT, G., **Dynamique de la lithosphère. Une introduction à la Géologie.**, Paris. Masson. 1996.

BLOOM, A. **Superfície da Terra.** Trad. Setembrino Petri e Reinholt Ellert. São Paulo: Edgard Blucher, 1996.

BOILLOT, G. **Géologie des Marges Continentales.** Masson Paris, 226 p, 1996.

BORGES, V. P. e MORAES FILHO, J. C. **Grupo Barreiras e Estruturas Neotectônicas na região de Teixeira de Freitas, Bahia.** XLI Congresso Brasileiro de Geologia, João Pessoa, PB, 2002.

BOSSI, G. E; ROLIM, J. L. e ANDREIS, R. R. **El Grupo Barreiras en el Noroeste brasileño.** In: Congresso Latino-americano de Geologia, 5, Buenos Aires, v. 1: 173 – 190: 1982.

BRAGA, A. P. G.; PASSOS, C. A. B.; SOUZA, E. M.; FRANÇA, J. B.; MEDEIROS, M. F. e ANDRADE, V. A. **Geologia da Região Nordeste do Estado do Ceará.** Projeto Fortaleza. Brasília: DNPM, 1981.

BRANDÃO, A. M. P. M. **Clima Urbano e Enchentes no Rio de Janeiro.** In: GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. (Org.). Impactos Ambientais Urbanos no Brasil. 4 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

BRANDÃO, R. L. (Org). **Sistema de informações para Gestão e Administração Territorial da Região Metropolitana de Fortaleza – Projeto SINFOR: Diagnostico Geoambiental e os principais problemas de ocupação do meio físico da Região Metropolitana de Fortaleza.** CPRM/SEMACE/SRH. Fortaleza: CPRM, 1995.

_____ **Sistema de informações para Gestão e Administração Territorial da Região Metropolitana de Fortaleza – Projeto SINFOR: Mapa Geológico da Região Metropolitana de Fortaleza.** Texto Explicativo. Fortaleza: CPRM, 1994.

BRANNER, J. C. **Geology along the Pernambuco coast south of Recife**. Boletim de Geologia da Sociedade Americana. Washington, 13: 58 – 92. 1902.

BRASIL, DNPM, **Projeto RADAMBRASIL**, Folha SA - 24 - Fortaleza, Volume 21: 23 – 112. Rio de Janeiro, 1981.

BRASIL/DNPEA. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento Exploratório – Reconhecimento de solos do Estado do Ceará**. 2 volume / Vol. I. Boletim Técnico, 28. Recife, 1973.

CABY, R.; ARTHAUD, M.H.; ARCHANJO, C.J. **Lithostratigraphy and petrostructural characterization of supracrustals units in the Brasiliano Belt of Northeast Brazil: geodynamics implications**. IN: SILVA FILHO, A.F.; LIMA, E.S. (eds.). Geology of The Borborema Province. Journal of South America Earth Science 235-246, 1995.

CAMPOS E SILVA, A. **Considerações sobre o quaternário do Rio Grande do Norte**. Arquivo do Instituto de antropologia – UFRN, Natal, 2 (1/2): 275 – 301. 1966.

CARNEIRO, C. D. R.; HAMZA, V. M. e ALMEIDA, F. F. M. **Ativação tectônica, fluxo geotérmico e sismicidade no Nordeste oriental brasileiro**. Revista Brasileira de Geociências. 19 (3): 310-322, 1989.

CARVALHO, A. C. **Dinâmica Costeira entre Cumbuco e Matões – Costa Nw do Estado do Ceará**. Ênfase nos Processos Eólicos. Tese de Doutorado. Universidade Federal da Bahia. (Sedimentologia e Geologia Costeira). Salvador / Bahia, 2003.

CASTRO, J. W. A. **Unidades Geológicas do Estado do Ceará**. In: Atlas do Ceará. Fortaleza: Fundação Iplance, Governo do estado do Ceará, 1989.

CEARÁ. Secretaria do desenvolvimento urbano e meio ambiente -SDU / Superintendência estadual do Meio Ambiente - SEMACE. **Composição Florística e estrutura dos bosques de mangue dos rios Ceará, Cocó e Pacoti**. Fortaleza, 1994.

CEARÁ. Secretaria de recursos hídricos – SRH. **Plano estadual de recursos hídricos**. 4 vol. Fortaleza, 1992.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial**. Vol. 1 – O Canal Fluvial. São Paulo:

Edgard Blucher, 1981.

CLAUDINO-SALES, V. **Os Lençóis Fortalezaenses.** Jornal O Povo: Fortaleza, 13 de Abril de 2006.

_____**Os litorais cearenses.** In: SILVA, J. B.; DANTAS, E. W. C.; CAVALCANTE, M. T. (Org.) Ceará: um novo olhar geográfico, Fortaleza: Demócrito Rocha, 2005.

_____**Sistemas e Análise Ambiental: Abordagem Crítica.** Revista GEOUSP – Espaço e Tempo. São Paulo, n 16: 125-141, 2004.

_____**Les littoraux du Ceará. Evolution géomorphologique de la zone côtière de l'Etat du Ceará, Brésil – du long terme au court terme.** Thèse de Doctorat, Université Paris-Sorbonne, 511p. 2002.

_____**Cenários Litorâneos - Lagoa do Papicu: Natureza e Ambiente na cidade de Fortaleza, Ce.** Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo - USP, 349 p. 1993a.

_____**Sistemas naturais e degradação sócio-ambiental no Estado do Ceará. In: Diagnóstico Sócio-Ambiental do Estado do Ceará – O Olhar da Sociedade Civil.** Fortaleza: Fórum da Sociedade Civil Cearense sobre meio-ambiente e desenvolvimento, 1993b.

CLAUDINO-SALES, V. e PEULVAST, J-P. **Evolução Morfoestrutural do Relevo da Margem Continental do Estado do Ceará, Nordeste do Brasil.** Caminhos de Geografia. V. 7, n 20: 1-21, 2007.

_____**Geomorfologia da Zona Costeira do Estado do Ceará, Nordeste do Brasil.** In: SILVA, J. B.; DANTAS, E. W. C.; ZANELLA, E. e MEIRELES, A. J. A. (Org.). Litoral e Sertão: natureza e sociedade no Nordeste brasileiro. Fortaleza: expressão gráfica, 2006.

COSTA, M. C. L. **Fortaleza: expansão urbana e organização do espaço.** In: SILVA, J. B.; DANTAS, E. W. C.; CAVALCANTE, M. T. (Org.) Ceará: um novo olhar geográfico, Fortaleza: Demócrito Rocha, 2005.

COSTA, M. J. et al. **Prometo Jaibaras – Relatório Final.** Carta geológica do Brasil ao Milionésimo. Folhas Fortaleza e Jaguaribe. DNPM / CPRM, Recife, 1973.

CPRM. **Fortaleza, Atlas digital de Geologia e Recursos minerais do Ceará.** Mapas na Escala 1:500.000, Cd Rom, 2003.

_____ **Mapa Geológico da Região Metropolitana de Fortaleza.** Mapa na Escala 1:150.000, Impresso, 2003.

CYPRIANO, J. L. e NUNES, A. B. **Geologia da Bacia Potiguar.** Maceió, Petrobrás / Rpne / Direx, 1968.

DAVIS, W. M. **O Ciclo Geográfico.** In: COLTRINARI, L. (org.) Seleção de Textos, 19. AGB, 1991.

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral. **Mapa geológico do Estado do Ceará.** 1983.

DOMINGUEZ, J. M. L. **Relatório de Visita Técnica à Residência da CPRM em Fortaleza.** Programa de Gestão e Administração Territorial - GATE. CPRM/REFO. 9p. Salvador, 1993.

EMBRAPA. **Estado do Ceará.** MIRANDA, E. E. de; COUTINHO, A. C. (Coord.). Coleção Brasil visto do Espaço. Cd-Rom. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2002.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Rio de Janeiro, 1999.

FAIRCHILD, T. R. et al. **Em busca do passado do planeta: Tempo Geológico.** In: TEIXEIRA, W. et al. (Org). Decifrando a Terra. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

FERREIRA, A.G. e MELLO, N.G. da S. **Principais Sistemas Atmosféricos Atuantes Sobre a Região Nordeste do Brasil e a Influência dos Oceanos Pacífico e Atlântico no Clima da Região.** Revista Brasileira de Climatologia, vol. 1, nº 1, Presidente Prudente, 2005.

FIGUEIREDO, M. A. **Vegetação.** In: Atlas do Ceará. Fortaleza: Iplance, 1989.

FORTALEZA. **A Administração Lúcio Alcântara (Março de 1979 – Maio de 1982).** Fortaleza: Prefeitura Municipal de Fortaleza, 1982.

FORTES, F. P. **Mapa geológico da Bacia Potiguar: a origem da bacia mesozóica do Apodi como decorrência do ciclo tecto-orogénico brasileiro.** Petrobrás / Debar / Dinter. Relatório Interno. Natal, 1987.

FOUCAULT, A. e RAOULT, J-F. **Dictionnaire de Géologie**. 4ed. Paris, Milão, Barcelona: Masson, 1995.

FUNCEME. <http://www.funceme.br/DEMETS/index.htm>. Acessado: entre 14 de outubro de 2005 e 25 de Abril de 2008.

GEORGE, P. **Os Métodos da Geografia**. São Paulo: Difusão Européia do Livro, 1972.

GIANINNI et al, **Idade TL e propriedades sedimentológicas na planície costeira do Rio Grande do Norte**. In: Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 7: 135-136, 2001.

GUERRA, A. T. e GUERRA, A. J. T. **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997.

GUERRA, A. J. T. e MENDONÇA, J. K. S. **Erosão dos Solos e a Questão Ambiental**. In: VITTE, A. C. e GUERRA, A. J. T. (Org.). **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

IPECE. <http://www.ipece.ce.gov.br/atlas/lista>. Acessado entre 21 de Março de 2006 e 25 de Abril de 2008.

JORDY FILHO, S.; SALGADO, O. A.; FONZAR, B. C. **Vegetação. As Regiões Fitoecológicas, Sua Natureza e Seus Recursos Econômicos**. In: BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SA.24- Fortaleza. v. 21, p.309-360. Rio de Janeiro. 1981.

KEGEL, W. **Contribuição ao estudo da bacia costeira do Rio Grande do Norte**. Coleção Mossoroense, 167: 55 – 104. Mossoró, 1981.

_____ **Contribuição ao estudo da bacia costeira do Rio Grande do Norte**. Bol. Div. Geol. Mineral. Departamento nacional de Produção Mineral. Rio de Janeiro, n. 170, 1957.

KING, L. **Geomorfologia do Brasil Oriental**. Revista Brasileira de Geografia. Rio de Janeiro, 18 (2): 147 – 266, 1956.

LAPORTE, L. **Ambientes Antigos de Sedimentação**. São Paulo: Edgard Blucher, 1982.

LEINZ, V. e AMARAL, S. E. **Geologia Geral**. 11 ed. São Paulo: Nacional, 1989.

LIMA, L. C.; MORAIS, J. O, e SOUZA, M. J. N. **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará**. Fortaleza: FUNECE, 2000.

LIMA, M. F. e FIGUEIREDO, M. A. **Plano de Recuperação, Formação e Manejo da Cobertura Vegetal Visando a Preservação dos Recursos Hídricos da R.M.F.** Esboço Preliminar. 26p. Relatório Técnico-Científico. AUMEF-SEPLAN/CE. Fortaleza. 1984.

LIMA, O. N. B; BARBOSA, V. C. C. e VALADÃO, R. C. **Evolução do Relevo Adjacente à Margem Continental Oriental Brasileira: Indicadores Geológicos**. Anais do XLI Congresso Brasileiro de Geologia, João Pessoa, PB, 2002.

MABESOONE et al. **Estratigrafia e origem do grupo Barreiras em Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte**. Revista Brasileira de Geociências, 2: 173-188, 1972.

_____. **Relief of Northeastern Brazil and its correlated sediments**. Zeif. F. Geomorph. , 10: 419 – 453, 1966.

MABESOONE, J. M.; CAMPOS E SILVA, A. e BEURLIN, K. **Estratigrafia e origem do Grupo Barreiras em Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte**. Revista Brasileira de Geociências, 2: 173 – 188, 1972.

MAIA, L. P. **Procesos Costeros y Balance Sedimentario a lo Largo de Fortaleza (NE-Brasil): Implicaciones para una Gestion Adecuada de la Zona Litoral**. Tesis Doctoral, Univ. Barcelona, 198p. 1998.

_____. **Controle Tectônico e evolução geológica/sedimentológica da região da desembocadura do Rio Jaguaribe, Ceará**. Dissertação de Mestrado, Departamento de Geologia, UFPE, Recife, 144p. 1993.

MARQUES, J. S. **Ciência geomorfológica**. IN: GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. (Org). Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. 5 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J. M.; DOMINGUEZ, J. M. L. e AZEVEDO, A. E. G. **Evolução da Planície costeira do rio Paraíba do Sul / RJ, durante o Quaternário: influência das flutuações do nível do mar**. In: XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia. Rio de Janeiro / RJ. 1, 1985.

MATOS, R.M.D. **Tectonic evolution of the Equatorial South Atlantic**. American Geophysical Union, Geophysical Monograph 115:331-354, 2000.

_____ **Abertura do Atlântico Sul: rifts na margem continental?** Bahia. VII Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, 64-66, 1999.

_____ **The Northeast Brazilian Rift System**. Tectonics 11 (4):766-791. 1992.

_____ **Sistema de rifts cretáceos do Nordeste Brasileiro**. Rio de Janeiro. Textos/PETROBRÁS/Depex, 126-159, 1987.

MATOSO, S. O. e ROBERTSON, F. S. **Uso geológico do termo “barreiras”**. Boletim técnico da Petrobrás. Rio de Janeiro, 2 (3): 37 – 43, 1959.

MELLO, U.T. **Controles tectônicos na estratigrafia da bacia Potiguar: uma integração de modelos geodinâmicos**. Rio Janeiro. Boletim Geociências da PETROBRÁS 3(4):347-364, 1989.

MIRANDA, P. de T. de C.; FRANÇA, M. A. M.; COUTINHO, M. L. de O.; BARROS, F. de M.; SOUZA, M. M. A. **Composição Florística e Estrutura dos Bosques de Mangue dos Rios Ceará, Cocó e Pacoti**. 48p. Gov. Est. Ceará, SDU/SEMACE. Fortaleza, 1994.

MIZUSAKI, A. M. P. **A Formação Macau na porção submersa da Bacia Potiguar**. Boletim de Geociências. Petrobrás, 3 (3): 191 – 200, 1989.

MIZUSAKI, A. M. P.; THOMAZ-FILHO, A.; MILANI, E. J. e CÉSERO, P. **Mesozoic and Cenozoic igneous activity and its tectonic control in northeastern Brazil**. Journal of South American Earth Sciences, 15: 183-198, 2002.

MORAES, L. J. **Estudos geológicos no Estado de Pernambuco**. B. Ser. Geologia Mineral Brasileira. Rio de Janeiro, n. 32, 1928.

MORAES REGO, L. F. **Notas sobre a geologia do território do Acre e da bacia do Javari**. Manaus, C. Cavalcante, 1930.

MORAIS, J. O. **Processos de Assoreamento no Porto do Mucuripe**. In: Arq. Ciên. Mar 12 (2), p.139-149. LABOMAR/UFC. Fortaleza, 1972.

MORAIS, J. O. **Aspectos de geologia ambiental costeira no município de Fortaleza (Estado do Ceará)**. Tese de professor Titular. Universidade Federal do Ceará. 1980.

MORAIS, J. O.; COUTINHO, P. N. e SOUZA, M. J. N. **Contribuição ao estudo geomorfológico-sedimentológico do litoral de Beberibe (Ceará – Brasil)**. Arquivo de Ciências do Mar, 15 (2): 71 – 78, 1975.

MORAIS, R. M. O; MELLO, C. L; COSTA F. O. e SANTOS P. F. **Fácies Sedimentares e Ambientes Depositionais Associados aos Depósitos da Formação Barreiras no Estado do Rio de Janeiro**. X Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, Abequa. Guarapari / Es, 2005.

MOREIRA, M. M. M. A.; GATTO, L. C. S. **Geomorfologia** In: BRASIL, DNPM, Projeto RADAMBRASIL, Folha SA - 24 - Fortaleza, Volume 21: 23 – 112, Rio de Janeiro. 1981.

MOURA-FÉ, M. M. **Evolução Geomorfológica dos tabuleiros costeiros do Município de Caucaia, Ceará**. (Monografia – Bacharelado em Geografia). Universidade Federal do Ceará: Fortaleza, 2006.

NASCIMENTO, D. A.; GAVA, A.; PIRES, J. L. e TEIXEIRA, W. **Mapeamento Regional**. IN: Projeto Radambrasil. Folha SA.24. Fortaleza. Vol. 21. Rio de Janeiro, 1981.

NIMER, E. **Clima**. In: IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Geografia do Brasil. Rio de Janeiro: SERGRAF, 1977.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979.

O POVO. Jornal. **Projeto: eleições 2008**. 30 de Março de 2008. Fortaleza, 2008.

O POVO. Jornal. **Brasil: mais de 1 milhão de habitantes em 12 cidades**. 16 de Julho de 2007. Fortaleza, 2007a.

O POVO. Jornal. **Fortaleza: Área de risco catalogadas no Plano de Saneamento ambiental**. 6 de Outubro de 2007. Fortaleza, 2007b.

OLIVEIRA, A. I. e LEONARDOS, O. H. **Geologia do Brasil**. 3 ed. Mossoró: SUDENE, 1978.

_____**Geologia do Brasil.** 2 ed. Rio de Janeiro. Ministério da Agricultura. Serviço de Informação, 1943.

OLIVEIRA, P. E. e RAMOS, J. R.A. **Geologia das quadrículas de Recife e Pontas de Pedra.** DNPM. Div. Geol. Min. Boleti, 151, 1956.

PENTEADO, M. M. **Fundamentos de Geomorfologia.** 2 ed. Rio de Janeiro: Fundação IBGE, 1978.

PEREIRA, R. C. M. e SILVA, E. V. **Solos e Vegetação do Ceará: características gerais.** In: SILVA, J. B; CAVALCANTE, T. C. e DANTAS, E. W. et al (Org.). Fortaleza: edições Demócrito Rocha, 2005.

PEULVAST, J. P. e CLAUDINO SALES, V. **Reconstruindo a evolução morfotectônica da margem passiva do Nordeste brasileiro.** In: SILVA, J.B.; LIMA, L.C. e ELIAS, D. (Org). Panorama da Geografia Brasileira. Vol. 1: 47-99, São Paulo: AnnaBlume, 2006.

PEULVAST, J. P. e CLAUDINO SALES, V. **Aplainamentos e Geodinâmica: revisitando conceitos clássicos em Geomorfologia.** Fortaleza. Rev. Mercator 1: 62-92, 2004a.

PEULVAST, J. P. e CLAUDINO SALES, V. **La Bande Côtière de l'état du Ceará, Nord-est du Brésil : presentation geomorphologique.** In: Revista Mercator. Ano 03, n. 05: 95-123, 2004b.

_____**Nota Explicativa - Carta morfoestrutural do Estado do Ceará e regiões adjacentes da Paraíba e Rio Grande do Norte.** In: CPRM. Atlas digital e mineral do Estado do Ceará. Cd-Rom. Fortaleza, 2003a.

_____**Barreiras sediments and landforms: observations on the Geomorphological of the meaning late Cenozoic onshore sedimentation along the Equatorial of the Northeastern Brazil.** II Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 2003b.

_____**Neotectônica, relevo e Morfogênese em contexto de Margem Passiva: o caso da fachada Equatorial do Nordeste Brasileiro.** XLI Congresso Brasileiro de Geologia, João Pessoa, PB, 2002b.

_____ **Dispositivos morfo-estruturais e evolução morfotectônica da margem passiva transformante do Nordeste brasileiro.** Campinas. III Simp. Nacional de Geomorfologia, 2000.

PEULVAST, J. P.; CLAUDINO SALES, V.; BEZERRA, F.H.; BETARD, F. **Landforms and neotectonics in the Equatorial passive margin of Brazil.** Paris. Geodinamica Acta, v. 19, p. 51-71, 2006.

PETRI, S. e FÚLFARO, V. J. **Geologia do Brasil.** São Paulo: Edusp, 1983.

PIRAZZOLI, A. P. **Sea-Level changes - The Last 20.000 years.** Willey N.Y. 1996.

PITTY, A. F. **The Nature of Geomorphology.** London and New York: Methuen, 1982.

POPP, J. H. **Geologia Geral.** 5 ed. Rio de Janeiro: LTC, 1998.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FORTALEZA / PLANO DIRETOR PARTICIPATIVO. <http://www.sepla.fortaleza.ce.gov.br/planodiretor>. Acessado entre 10 de Novembro de 2006 e 25 de Abril de 2008.

ROBERTO, F. A. C. et al. **Distritos Mineiros do Estado do Ceará.** Fortaleza: DNPM, 10º Distrito, 2000.

RODRIGUES, M. F. F. **Rochas basálticas do Rio Grande do Norte e Paraíba.** Universidade de São Paulo, Dissertação de Mestrado, 1976.

SAADI, A. e TORQUATO, J. R. **Contribuição à Neotectônica do Estado do Ceará.** Revista de Geologia 5, 5-38, 1992.

SALGADO-LABORIAU, M. L. **História Ecológica da Terra.** 2 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1994.

SALIM, J; LIMA, M. S. e MABESOONE, J. M. **Feições morfológicas do Rio Grande do Norte.** In: XXVII Congresso Brasileiro de Geologia. Aracaju, 421 – 426, 1973.

SAUER, C. O. **A Morfologia da Paisagem.** In: CORRÊA, R. L. e ROSENDAHL, Z. (org.) **Paisagem, tempo e cultura.** Rio de Janeiro: Ed UERJ, 1998.

SHACKLETON, N.J. **Oxygen Isotopics, Ice volume and sea level.** Quaternary Science Reviews, 6:183-190, 1987.

SHIMABUKURO, S. e ARAI, M. **A Discordância Tortoniana e sua Relação com o Arcabouço Estratigráfico do Grupo Barreiras e Unidades Correlatas (Neógeno do Brasil)**. Boletim de resumos do XVII Congresso Brasileiro de Paleontologia. Rio Branco, Acre. P. 54, 2001.

SHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; DERZE, G. R.; ASMUS, H. E. **Geologia do Brasil. Texto Explicativo do Mapa Geológico do Brasil e da área Oceânica Adjacente incluindo depósitos minerais**. Escala 1:2.500.000. DNPM, Brasília, 1984.

SILVA, J. B. **A Região Metropolitana de Fortaleza**. In: SILVA, J. B.; DANTAS, E. W. C.; CAVALCANTE, M.T.(Org.) Ceará: um novo olhar geográfico, Fortaleza: Demócrito Rocha, 2005.

_____ **Espaço, Território, Paisagem e Região**. Notas de Aula. Mestrado em Geografia. Universidade Federal do Ceará, 2006.

_____ **Quando os Incomodados não se retiram: uma análise dos movimentos sociais em Fortaleza**. Fortaleza: Multigraf Editora, 1992.

SILVA, J. B. e CAVALCANTE, T. C. (Coord.) **Atlas Escolar, Ceará: espaço geo-histórico e cultural**. João Pessoa: Grafset, 2004.

SILVA, A. C.; MABESOONE, J. M. e BEURLIN, K. **Estratigrafia do Grupo Barreiras nos Estados do Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco**. Separata mimeografada do Bol. Da Associação dos Geólogos de Pernambuco. Recife, 1971.

SILVEIRA, J. D. **Morfologia do Litoral**. In: AZEVEDO, A. Brasil: A Terra e o Homem. 4 vol. Vol. 1 – As bases físicas. 2 ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1964.

SOUZA, M. J. N. **A sub-compartimentação regional do relevo**. In: Atlas do Ceará. Fortaleza: Fundação Iplance, Governo do estado do Ceará, 1989.

_____ **Contribuição ao Estudo das Unidades Morfo-estruturais do Estado do Ceará**. Revista de Geologia da UFC. 1:73-91, 1988.

_____ **Geomorfologia do Vale do Choró**. Dissertação de Mestrado. São Paulo: Universidade de São Paulo – USP, 1973.

SOUSA, M. S. S. **Ceará: bases de fixação do povoamento e o crescimento das cidades.** In: SILVA, J. B.; DANTAS, E. W. C.; CAVALCANTE, M.T.(Org.) **Ceará: um novo olhar geográfico**, Fortaleza: Demócrito Rocha, 2005.

STANGE, A. e NEVES FILHO, J. P. **Pedologia** – Levantamento Exploratório de Solos. In: BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Secretaria Geral. **Projeto RADAMBRASIL. Folha SA.24 – Fortaleza: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da Terra.** Rio de Janeiro, 1981.

SUDENE – ASMIC. **Estudo geral de base do vale do Jaguaribe.** Recife, 1967.

SUERTEGARAY, D. M. A. e NUNES, J. O. R. **A Natureza da Geografia Física na Geografia.** Terra Livre, 17: 11-24. São Paulo, 2004.

SUGUIO, K. **A Importância da Geomorfologia em Geociências e áreas afins.** Revista Brasileira de Geomorfologia. Vol. 1, N 01: 80-87, 2000.

_____ **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais: (passado + presente = futuro?).** São Paulo: Paulo's Comunicação e Artes Gráficas, 1999.

_____ **Dicionário de Geologia Sedimentar e Áreas afins.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

_____ **Rochas Sedimentares.** 4 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1994.

SZATMARI, P.; FRANÇOLIN, J.B.L.; ZANOTTO, O.; WOLF, S. **Evolução Tectônica da margem equatorial brasileira.** Revista Brasileira de Geociências 17 (2): 180-188, 1987.

TASSINARI, C. C. G. **Tectônica Global.** In: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M.; FAIRCHILD, T. R. e TAIOLI, F. (Org.). **Decifrando a Terra.** São Paulo: Oficina de Textos, 2003.

TEIXEIRA, F. J. e PAIVA, M. H. A. **Estudo hidrogeológico e hidroquímico da região costeira do município de Icapuí – Ce.** Relatório de Graduação, UFC. Fortaleza, 1993.

TRICÁRT, J. **Principes et Méthodes de la Géomorphologie.** Paris: Masson, 1965.

VANDOROS, P. e OLIVEIRA, M. A. F. **Sobre o fonólito de Messejana, Ceará.** Anais da Academia Brasileira de Ciências. Rio de Janeiro, V.40, n. 2, 1968.

VAUCHEZ, A.; NEVES, S.; CABY, R.; CORSINI, M.; EDYDIO-SILVA, M.; ARTHAUD, M.; AMARO, V. **The Borborema shear zone system, NE Brazil.** Journal of South American Earth Science 8(3/4):247-266, 1995.

VILAS-BOAS, G.S; SAMPAIO, F. J. e PEREIRA, A. M. S. **O Grupo Barreiras na região de Conde, Nordeste do Estado da Bahia.** XLI Congresso Brasileiro de Geologia, João Pessoa, PB, 2002.

ZANELLA, M. E. **Eventos Pluviométricos Intensos em Ambiente Urbano: Fortaleza: o episódio do dia 29/01/2004.** In: SILVA, J. B; DANTAS, E. W. C. e MEIRELES, A. J. A. (Org.). Litoral e Sertão: Natureza e Sociedade no Nordeste Brasileiro. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2006.

ANEXOS:



TABELA GEO-CRONOLÓGICA
Evolução Geomorfológica do Sítio Natural de Fortaleza, Ceará.

ERA	PERÍODO	SÉRIE	Estágio	Idade	EVENTOS
Cenozóico	Quaternário	Holoceno		5 Ka	Máximo da última transgressão marinha no Litoral Brasileiro
		Pleistoceno		13 Ka	Última Transgressão Marinha
				18 Ka	Último Pico Glacial e correlata Última Regressão Eustática
	Terciário / Quaternário	Plioceno / Pleistoceno		10,4 à 1,16 M.a	Deposição da Formação Barreiras
	Terciário	Oligoceno	Chatiano	28 M.a.	Formação Magmática Alcalina Messejana
Mesozóico	Cretáceo	Inferior	Albiano	108 M.a.	Separação definitiva entre África e Brasil, início da fase drift - Abertura do Atlântico Sul
			Aptiano	112 M.a.	Estiramento da Crosta no Golfo da Guiné e Abertura de Fossas Transformantes e do Atlântico Equatorial (NE brasileiro)
				114 M.a.	Fragmentação do Gondwana – Eixo Equatorial / Nordeste Setentrional (Sítio Natural de Fortaleza)
			Barremiano	130 – 125 M.a.	Mudança no sentido da separação continental (de SE-NO para L-O) e Início da formação da margem transformante do Nordeste Brasileiro
			Neocomiano - Barremiano	131,8 - 124,5 M.a.	Abortamento dos riftes intracontinentais e início da formação das bacias sedimentares Potiguar e Araripe
					Abertura de Riftes Intracontinentais. na Província Borborema
	Neocomiano	145,6 - 131,8 M.a.	Fragmentação do Gondwana – Eixo Norte / Formação do Eixo Estrutural Cariri-potiguar		
	145 M.a.	Fragmentação do Gondwana – Eixo Sul			
	Triássico	Superior		200 M.a.	Início da Fragmentação do Pangea
Paleozóico	Permiano			250 M.a.	Aglutinação do Pangea
	Cambriano	Médio	-	532 M.a.	Fragmentação do Panotia
-			0,88 – 0,55 G.a.	Aglutinação do Panotia – Orogênese Brasileira	
Pré-Cambriano	Proterozóico	Neoproterozóico/	-	1,0 – 0,75 G.a.	Fragmentação do Rodínia
		Neo/Mesoprot.	-	1,45 – 0,95 G.a.	Aglutinação do Rodínia
		Meso/ Paleoprot.	-	1,8 – 1,6 G.a.	Fragmentação do Atlântida
		Paleoproterozóico	-	2,2 – 1,8 G.a.	Aglutinação do Atlântida