UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO - UFPE
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS - CFCH
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS GEOGRÁFICAS - DCG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - PPGEO

MORFODINÂMICA E PROCESSOS SUPERFICIAIS DAS UNIDADES DE RELEVO DA PLANÍCIE DO RECIFE

JOAZADAQUE LUCENA DE SOUZA

Recife, 2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO - UFPE
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS - CFCH
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS GEOGRÁFICAS - DCG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - PPGEO

Dissertação de Mestrado apresentada por JOAZADAQUE LUCENA DE SOUZA ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco como requesito para obtenção do grau de Mestre em Geografia, sob a orientação Professor Doutor ANTONIO CARLOS DE BARROS CORRÊA.

MORFODINÂMICA E PROCESSOS SUPERFICIAIS DAS UNIDADES DE RELEVO DA PLANÍCIE DO RECIFE

Orientador: Antonio Carlos de Barros Corrêa
Co-orientador: Osvaldo Girão da Silva

Recife, 2013

S729m Souza, Joazadaque Lucena de.
Morfodinâmica e processos superficiais das unidades de relevo da planície do Recife / Joazadaque Lucena de Souza. – Recife: O autor, 2013
160 f. il.; 30cm.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos de Barros Corrêa.
Coorientador: Prof. Dr. Osvaldo Girão da Silva.
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, CFCH. Programa de Pós-graduação em Geografia, 2013.
Inclui referências e anexos.

1. Geografia. 2. Planícies – Recife(PE). 3. Relevo (Geografia). I Corrêa, Antonio Carlos de Barros. (Orientador). II. Silva, Osvaldo Girão da. (Coorientador). III. Título.

910 CDD (22.ed.) UFPE (BCFCH2014-72)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO - UFPE
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS - CFCH
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS GEOGRÁFICAS - DCG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - PPGEO

JOAZADAQUE LUCENA DE SOUZA

"MORFODINÂMICA E PROCESSOS SUPERFICIAIS DAS UNIDADES DE RELEVO DA PLANÍCIE DO RECIFE".

Dissertação aprovada, em 30/07/2013, pela comissão examinadora:

_____

Prof. Dr. Osvaldo Girão da Silva
(1º examinador – Co orientador – PPGEO/UFPE)

_____

Prof. Dr. Jan Bitoun
(2º examinador – PPGEO/UFPE)

_____

Prof. Dr. Demétrio da Silva Mutzenberg
(3º examinador – ARQUEOLOGIA/UFPE)

RECIFE – PE
2013

AGRADECIMENTOS

São tantas pessoas que participaram desse processo que ao final do texto certamente terei cometido uma série omissões e injustiças. Agradeço primeiramente a Deus que tem me dado discernimento, paciência e a força necessária para o prosseguimento dos estudos e a conclusão dessa etapa importante de minha vida profissional.

A minha família que me apoiou em todos os momentos, sobretudo naqueles em que as dificuldades apareciam em virtude de problemas pessoais e alguns imprevistos ocorridos ao longo da Pesquisa. Em especial para Deolinda, minha avó; Adriane, minha mãe; Adeilda e Luciano – tios; Jonas e Anderson – Irmãos; e Carlos André, Alyne e Karol – Primos. A minha Namorada (na época da defesa, agora Esposa) Michelle, companheira de todas as horas e grande responsável por ter continuado a caminhada, mesmo quando todos os fatores apresentavam-se desfavoráveis a conclusão do percurso. Aos meus amigos de longas datas que compartilham comigo momentos únicos e autênticos desde sempre: Erenildo, Ricardo, Marcelo, Deleon, Rafael, Eduardo, Carlos Alberto, Ramom entre tantos outros.

Aos Professores, Antonio Carlos e Osvaldo Girão por toda a atenção dispensada, pelos conhecimentos adquiridos e as valiosas orientações ao andamento e a conclusão da pesquisa. Aos demais Professores do Departamento de Geografia e do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco, onde iniciei e continuo a minha jornada na Ciência Geográfica, que pelo alto nível de competência e seriedade em seu árduo trabalho, me disponibilizaram ferramentas imprescindíveis a minha excelente formação como professor e pesquisador.

Aos companheiros do GEQUA (Grupo de Estudos do Quaternário do Nordeste do Brasil) pela parceria dos estudos, pelo esclarecimento de dúvidas e o ensinamento de técnicas fundamentais a construção do presente trabalho. Aos amigos, Antonio Carlos, Wemerson, Leandro e Adriana pela contribuição dispensada à construção da proposta de pesquisa, em fase embrionária, ainda em tempos de graduação, e, sobretudo, pelo companheirismo e cooperação dentro e fora do âmbito da pesquisa acadêmica.

Aos meus colegas de turma da Graduação 2005.1, sem os quais não teria apreendido os conhecimentos geográficos da forma como aprendi, tenho aprendido e continuarei a aprender. Aos meus colegas de turma do Mestrado 2011.1, sem os quais, esse curso não seria tão interessante, como o foi.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia pela atenção dispensada em todos os momentos em foi necessário. A FACEPE, pela concessão da bolsa de mestrado. A Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) pelo fornecimento de dados e ideias imprescindíveis ao prosseguimento da presente pesquisa.

RESUMO

MORFODINÂMICA E PROCESSOS SUPERFICIAIS DAS UNIDADES DE RELEVO DA PLANÍCIE DO RECIFE

A planície do Recife constitui um geossistema com alto grau de complexidade, tanto no que se refere à organização espacial de seus atributos físico-naturais, quanto do seu processo de ocupação urbana. Sua formação envolveu fenômenos de ordem tectônica, sedimentar, paleoclimática, eustática e antrópica, que se processaram em diferentes escalas de tempo. No contexto regional de relevo, configura-se como sendo parte integrante das bacias sedimentares costeiras Pernambuco e Paraíba, sendo formada por sedimentos depositados durante o período quaternário. Por se tratar de uma feição geomorfológica que sofreu a influencia de diversos sistemas deposicionais por conta das inúmeras variações do nível do mar a que foi submetida ao longo dos últimos 2 milhões de anos, apresenta uma grande variedade de depósitos sedimentares correspondentes aos múltiplos ambientes de sedimentação desenvolvidos como resposta a vigência da ação marinha, flúvio-marinha, fluvial e coluvial ao longo de sua extensão. Em decorrência a atuação dos múltiplos processos de acumulação de sedimentos, passou a apresentar variações morfológicas ao longo dos seus diferentes setores, em função das propriedades das múltiplas classes de sedimentos que a compõem e aos diversos processos de superfície a que foram submetidas ao longo de seu processo de formação e evolução. Tais feições geomórficas podem ser reunidas em diferentes classes a partir da criação e uso de uma tipologia que consiga tecer uma classificação genética e processual, e agrupa-las sob a forma de unidades de relevo que possuam relativa expressão espacial e sejam passíveis de serem mapeadas numa determinada escala de análise. Esta proposta de pesquisa tem como objetivo discorrer sobre a origem e evolução da Planície do Recife; criação de uma compartimentação das formas de relevo presentes em sua paisagem; entendimento de sua evolução a partir dos diferentes ambientes de deposição existentes ao longo de sua extensão; o funcionamento dos processos de superfície, presentes e pretéritos, capazes de gerar e fazer evoluir as respectivas morfologias, de maneira distinta de acordo com a sua posição no espaço; e ainda, mesmo que de forma inicial, estabelecer relações com o uso da terra.

Palavras-chaves: Planície do Recife; Compartimentação; Unidades de relevo.

ABSTRACT

MORPHODYNAMICS AND SURFACE PROCESSES OF UNITS OF RELIEF FROM PLAIN RECIFE

The plain of Recife is geosystem with high level of complexity, both in terms your spatial organization of their physical attributes-natural, as their urban occupation. Its formation process involved phenomena of order tectonic sedimentary paleoclimatic, eustatic and anthropogenic, which were processed on different time scales. In the regional context of relief, is an integral part of the sedimentary basins coastal Pernambuco and Paraíba, being formed by sediments deposited during the Quaternary Period. is a relief unit that suffered influences of various depositional systems because of the numerous variations in sea level that has been occurred over the past 2 million years, offering a wide variety of sedimentary deposits corresponding to multiple sedimentary environments developed in response to effective action marine, fluvio-marine, fluvial and colluvial along its extension. As response to actuation of multiple processes of sediment accumulation, began to show morphological differences along its different sectors on account of the properties of the different classes of sediments that compose it and the various surface processes that were submitted throughout its process of formation and evolution. These geomorphic features can be grouped into different classes be based on the creation and use of a typology that can weave a genetic and procedural classification we get classify the diferents groups of the of relief units that have relative spatial expression and are capable of being mapped de according a determined scale of analysis. This research proposal aims to discuss the origin and evolution of Plain Recife; creating a partitioning of landforms present in your landscape, understanding its evolution from the different environments of deposition exist along its extension, the operation of surface processes, present and past tenses, able of generate and evolve their morphologies, differently according to their position in space, and yet that of the initial form, to establish relationships with the land use.

Key-words: Plan of Recife; Compartmentalization; Relief units.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01. Localização da Área de Estudo..... 16
Figura 02. Depósitos quaternários da planície do Recife..... 19
Figura 03. Compartimentação regional de relevo..... 22
Figura 04. Climograma do Recife..... 24
Figura 05. Rede de Macrodrenagem do Recife..... 26
Figura 06. Evolução da população do Recife 1870-2010..... 28
Figura 07. Canais do Recife: Trechos Revestidos..... 31
Figura 08. Ponto de Alagamento no bairro do Ibura..... 32
Figura 09. Pontos de Alagamento do Recife. (Carvalho, 2004)..... 33
Figura 10. Bacias Sedimentares Pernambuco e Paraíba..... 51
Figura 11. Compartimentos Estruturais das Bacias Pernambuco e Paraíba.. 54
Figura 12. Fases Evolutivas da Planície do Recife..... 72
Figura 13. Interface do SIAGAS na função Busca por mapa..... 81
Figura 14. Interface do SIAGAS na função Busca por atributos..... 82
Figura 15. Interface do SIAGAS: Distribuição dos Poços do Recife..... 86
Figura 16. Distribuição dos poços: Bairros do Recife..... 87
Figura 17. Distribuição dos poços no Recife..... 88
Figura 18. Distribuição dos poços na Planície do Recife..... 88
Figura 19. Tipologias de Unidades de Relevo da planície do Recife..... 91
Figura 20. Unidades Geoambientais da planície do Recife..... 93
Figura 21. Unidades de Relevo da planície do Recife..... 97
Figura 22. Características das Unidades de Relevo da planície do Recife... 98
Figura 23. Distribuição e localização dos Poços por unidade de relevo..... 105
Figura 24. Distribuição dos poços na planície do Recife..... 107
Figura 25. Distribuição dos poços por unidade de Relevo na planície do Recife..... 108
Figura 26. Análise comparativa dos poços: Terraço Marinho Holocênico..... 109
Figura 27. Localização: Terraço Marinho Holocênico..... 110
Figura 28. Análise litológica do poço BV. 23..... 111
Figura 29. Análise litológica do poço BV. 59..... 111

Figura 30. Análise litológica do poço BV. 39..... 112
Figura 31. Análise litológica do poço BV. 106..... 112
Figura 32. Análise litológica do poço BV. 17..... 113
Figura 33. Localização:Terraço Marinho Pleistocênico..... 114
Figura 34. Análise comparativa dos poços: Terraço Marinho Pleistocênico.. 115
Figura 35. Análise litológica do poço IMB. 12. 115
Figura 36. Análise litológica do poço BV. 45..... 116
Figura 37. Análise litológica do poço IMB. 09..... 116
Figura 38. Análise litológica do poço IMB. 07..... 117
Figura 39. Análise litológica do poço IMB. 13..... 117
Figura 40. Análise comparativa dos poços: Terraço Flúvio-marinho Holocênico..... 118
Figura 41. Localização: Terraço Flúvio-marinho Holocênico..... 119
Figura 42. Análise litológica do poço BV. 47..... 120
Figura 43. Análise litológica do poço BV. 108..... 120
Figura 44. Análise litológica do poço BV. 54..... 121
Figura 45. Análise litológica do poço BV. 90..... 121
Figura 46. Análise litológica do poço BV. 51..... 122
Figura 47. Análise comparativa dos poços: Terraços Indiferenciados..... 123
Figura 48. Localização dos poços: Terraço Indiferenciado..... 124
Figura 49. Análise litológica do Poço CDU. 06..... 125
Figura 50. Análise litológica do Poço CDU. 04..... 125
Figura 51. Análise litológica do Poço CDU. 09..... 126
Figura 52. Análise litológica do Poço ENG. 05..... 126
Figura 53. Análise litológica do Poço ENG. 01..... 127
Figura 54. Análise litológica do Poço ESP. 10..... 127
Figura 55. Análise litológica do Poço ESP. 08..... 128
Figura 56. Análise litológica do Poço ESP. 07..... 128
Figura 57. Análise litológica do Poço ESP. 06..... 129
Figura 58. Análise litológica do Poço ESP. 05..... 129
Figura 59. Análise comparativa dos Poços:Planície de Maré..... 130
Figura 60. Localização: Planície de Maré..... 131
Figura 61. Análise litológica do Poço IMB. 05..... 132

Figura 62. Análise litológica do Poço IMB. 03..... 132
Figura 63. Análise litológica do Poço IMB. 02..... 133
Figura 64. Análise litológica do Poço IMB. 08..... 133
Figura 65. Análise comparativa dos Poços: Planicie Flúvio-lagunar..... 134
Figura 66. Localização: Planície Flúvio-lagunar..... 135
Figura 67. Análise litológica do Poço ILE. 06..... 136
Figura 68. Análise litológica do Poço ILE. 01..... 136
Figura 69. Análise litológica do Poço ILE. 03..... 137
Figura 70. Análise litológica do Poço ILE. 03..... 137
Figura 71. Análise litológica do Poço ILE. 04..... 138
Figura 72. Localização: Planície Restinga..... 139
Figura 73. Análise comparativa dos Poços: Planície de Restinga..... 140
Figura 74. Análise litológica do Poço REC. 03..... 140
Figura 75. Análise litológica do Poço REC. 01..... 141
Figura 76. Análise litológica do Poço REC. 02..... 141
Figura 77. Análise comparativa dos Poços: Planície Colúvio-aluvial Indiferenciada..... 142
Figura 78. Localização: Planície Colúvio-Aluvial Indiferenciada..... 143
Figura 79. Análise litológica do Poço JAR. 01..... 144
Figura 80. Análise litológica do Poço ARE. 01..... 144
Figura 81. Análise litológica do Poço IBU. 01..... 145
Figura 82. Análise litológica do Poço JJO. 01..... 145
Figura 83. Análise litológica do Poço JJO. 02..... 146

SUMÁRIO

RESUMO..... 05

ABSTRACT..... 06

LISTA DE FIGURAS..... 07

1. INTRODUÇÃO..... 12

2. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO..... 14

2.1. Geologia..... 16
2.2. Geomorfologia..... 21
2.3. Características climáticas..... 23
2.4. Drenagem..... 25
2.5. Uso do solo..... 27

3. REFERENCIAL TEÓRICO-CONCEITUAL..... 35

3.1. Análise de Sistemas em Geografia..... 35
3.2. Ambientes De Sedimentação..... 36
3.3. Compartimentação de Relevo..... 42
3.4. Uso do Solo e Risco de Alagamentos..... 45

4. GENÊSE E EVOLUÇÃO DA PLANÍCIE DO RECIFE..... 50

4.1. Geologia das Bacias Sedimentares Pernambuco e Paraíba..... 50
4.2. Variações do Nível do Mar e Sedimentação Costeira..... 61
4.3. Processos de Superfície..... 67
4.4. Formação da Planície do Recife..... 70

5. METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS..... 76

5.1. Abordagem Geossistêmica..... 77

5.2. Mapeamento de Unidades de Relevo..... 79
5.3. Análise Litológica de Perfis de Poços tubulares..... 80

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES..... 88

6.1. Compartimentação de Relevo da Planície do Recife..... 88
6.1.1. Unidades Geoambientais..... 92
6.1.2. Unidades de Relevo..... 96
6.2. Análise litológica das unidades de relevo..... 102
6.2.1. Terraços Marinhos Holocênicos..... 108
6.2.2. Terraços Marinhos Pleistocênicos..... 113
6.2.3. Terraço Flúvio-marinho Holocênico..... 118
6.2.4. Terraços Indiferenciados..... 122
6.2.5. Planície de Maré..... 130
6.2.6. Planície Flúvio-lagunar..... 134
6.2.7. Planície de Restinga..... 138
6.2.8. Planície Colúvio-aluvial Indiferenciada..... 142

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 148

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 152

9. ANEXOS..... 161

1. INTRODUÇÃO

Esta proposta de pesquisa tem como tema Morfodinâmica e processos superficiais das Unidades de Relevo da planície do Recife. Seus desdobramentos terão como foco a gênese da planície do Recife; compartimentação das formas de relevo presentes ao longo de sua extensão; entendimento de sua evolução a partir dos diferentes ambientes de deposição responsáveis pela ocorrência das determinadas formas de relevo ao longo da paisagem; o funcionamento dos processos de superfície, presentes e pretéritos, capazes de gerar e fazer evoluir as respectivas formas de relevo, de maneira distinta de acordo com a sua posição no espaço; e ainda, estabelecer relações com o uso da terra.

Atualmente não se tem um volume significativo de estudos de cunho geomorfológico que contemple a porção do município do Recife abrangida pelo ambiente de planície e, como consequência, o conhecimento de sua estrutura superficial da paisagem, compartimentação topográfica, e, sobretudo, da fisiologia da paisagem. Como resultado, existem grandes dificuldades técnicas no momento em que se faz necessário a elaboração e execução de projetos nas áreas ligadas ao meio ambiente, infraestrutura, saneamento, e uso da terra, culminando na inoperância na execução de ações preventivas, e principalmente mitigadoras, associadas à dinâmica natural do ambiente de planície. Durante a vigência de fenômenos naturais que modificam o funcionamento dos processos de superfície e propiciam a ocorrência de situações de risco geomorfológico a enchentes e alagamentos, evidenciando o desconhecimento da estrutura superficial da paisagem e do funcionamento dos processos de superfície.

Diante do exposto a pesquisa em tela utilizou como base teórica e metodológica o estudo de Corrêa (2006), e, a partir do mesmo, pretende investigar as relações existentes entre a formação, evolução e situação atual da planície do Recife e, por conseguinte contribuir com o conhecimento acerca da geomorfologia de seus diferentes setores, com o intuito de estabelecer relações de Processo-Resposta através de fluxos contínuos de energia e matéria a qual são submetidos os seus atributos. Espera-se que os produtos da atual pesquisa ofereçam subsídios a uma melhor gestão e planejamento desta porção da cidade.

O trabalho foi estruturado do seguinte modo, o CAPITULO 01 constitui a Introdução do Trabalho. O CAPITULO 02 traz a localização e a caracterização da área de estudo com o intuito de informar as características geográficas de maior relevância à pesquisa que se segue. Ao longo do CAPITULO 03 serão apresentados alguns conceitos chaves que irão auxiliar o entendimento das questões que serão discutidas durante a Dissertação em tela. O CAPITULO 04 se dedica a elucidação do processo de formação da planície do Recife durante as diferentes escalas temporais, e a respectiva contribuição de fenômenos tectônicos e sedimentares responsáveis por sua origem e evolução. Durante o CAPITULO 05 serão apresentados à metodologia e os procedimentos metodológicos utilizados no decorrer da pesquisa a fim de chegar-se aos objetivos pretendidos. No Capítulo 06 se encontram reunidos os resultados alcançados pela presente pesquisa. O CAPITULO 07 aborda a relevância dos estudos acerca da compartimentação de relevo, a importância dos resultados obtidos com a construção da presente Dissertação e a proposta de encaminhamentos futuros da atual proposta pesquisa.

2. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A planície do Recife localiza-se no litoral oriental do Nordeste do Brasil, na porção central do litoral do estado de Pernambuco, no município de mesmo nome, limitando-se com as cidades de Olinda, Camaragibe, São Lourenço da Mata e Jaboatão dos Guararapes, ocupando mais da metade da extensão territorial do Recife, e em alguns setores chega a ultrapassar os limites territoriais do Recife se estendendo pelos municípios citados anteriormente (figura 01).

A referida planície apresenta uma grande heterogeneidade de ambientes ao longo de sua extensão territorial, evidenciada através de sua amplitude altimétrica e variação topográfica. Essas características constituem o reflexo da dinâmica de sua estrutura superficial da paisagem, compartimentação topográfica e fisiologia da paisagem, herdadas de diferentes processos desencadeados no transcorrer de diferentes escalas espaciais e temporais, que por sua vez, deram sua contribuição para a vigência de determinadas morfologias e a ocorrência de uma série de processos de superfície existentes ao longo de sua área de abrangência.

Os setores situados nas proximidades da zona costeira e dos cursos fluviais de maior volume são caracterizados por uma topografia plana a levemente plana e apresentam menores cotas altimétricas, como resultado da atuação de processos marinhos, flúvio-marinhos e fluviais. À medida que há o afastamento das áreas citadas anteriormente verifica-se uma tendência de aumento progressivo das altitudes, evidenciando a ocorrência de compartimentos de relevo situados em outro patamar topográfico, por conta da predominância de processos fluviais, desenvolvidos predominantemente no ambiente continental ao invés de marinho ou flúvio-marinho, e, por conseguinte, contribuem de maneira decisiva para a mudança da configuração da paisagem. Nas porções mais internas da planície situadas nos setores norte e oeste se dá outra quebra de patamar altimétrico, causada por uma nova mudança da paisagem associada à ocorrência de morfologias típicas de um ambiente de transição do ambiente de planície para o ambiente de morros e colinas desenvolvidas sobre terrenos sedimentares desenvolvidos durante a transição plioceno/pleistoceno.

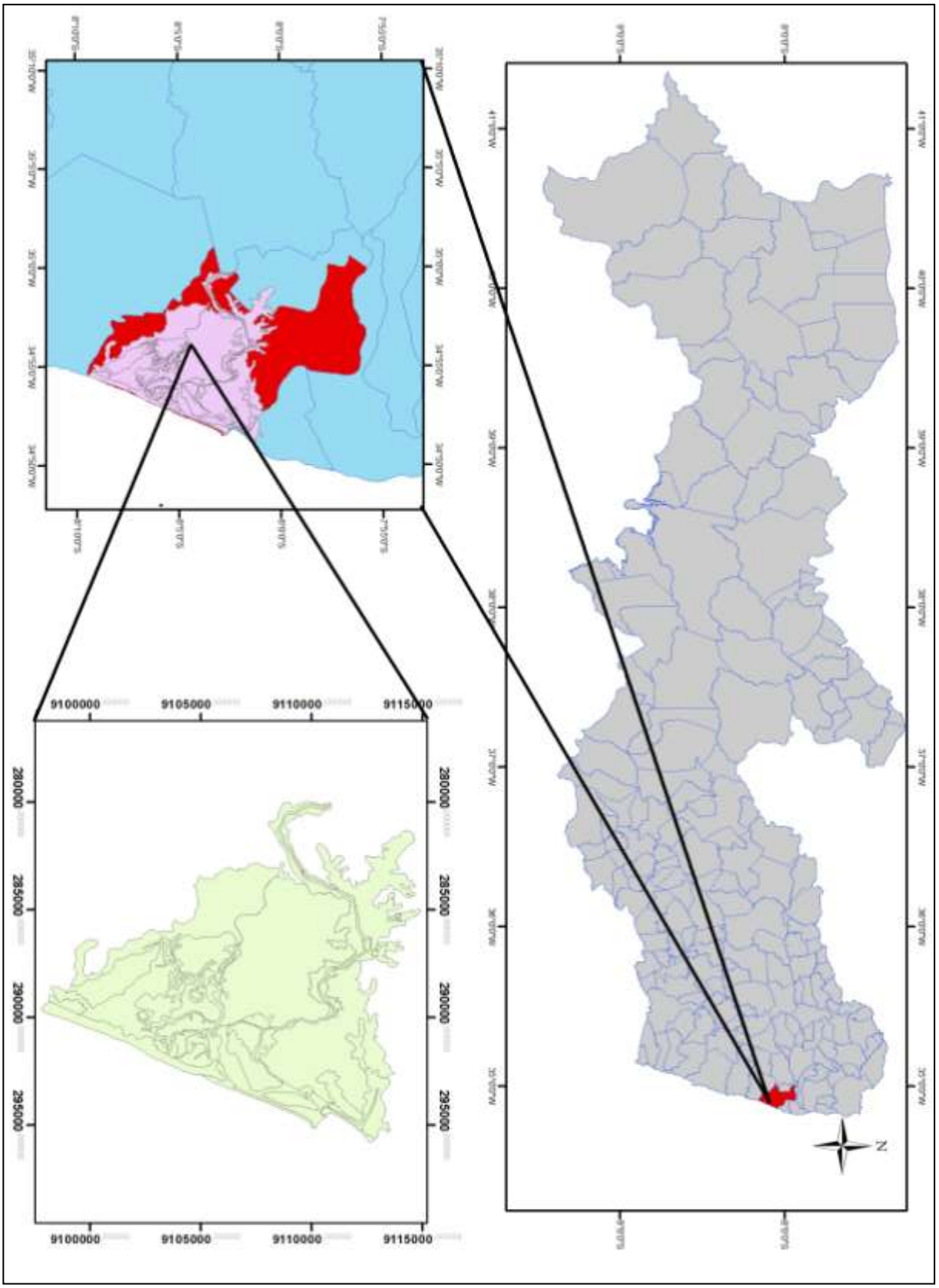


Figura 01. Localização da Área de Estudo. Elaboração própria.

As características da planície do Recife serão descritas de maneira detalhada nas seções posteriores do texto, ao longo de tópicos relacionados à geologia, geomorfologia, características climáticas, drenagem e uso do solo.

2.1. Geologia

Estudos da CPRM (2001) apontam que a planície do Recife é constituída geologicamente pelo embasamento cristalino pré-cambriano e pelo pacote sedimentar pertencente às bacias sedimentares Pernambuco e Paraíba, sedimentos terciários da Formação Barreiras, e em sua porção mais superficial por sedimentos Quaternários com características sedimentológicas bastante heterogêneas, evidenciando a coexistência de diferentes processos de deposição ao longo de sua extensão e diversas mudanças em sua dinâmica processual ao longo das diferentes escalas temporais citadas anteriormente.

De acordo com a classificação da CPRM (2001) a planície em tela é composta pelos seguintes tipos de sedimentos: Terraços Holocênicos (Qth); Terraços Pleistocênicos (Qtp); Quaternário Indiferenciado (Qi); Areias Aluviais (Qal); Sedimentos Fluvio-lagunares (Qdfl); Sedimentos de Mangue (Qm) e Recifes de Arenito (Qr), distribuídos espacialmente de acordo com o cartograma presente na figura 02. As características de cada classe são dadas em função da composição química, granulometria, textura e idade dos pacotes sedimentares, que estão representados de forma pormenorizada abaixo.

Terraços Holocênicos (Qth)

São constituídos por areias quartzosas inconsolidadas de granulometria média, com moderada seleção de grãos, de cor creme, com componente carbonático, conchas e fragmentos de conchas em sua composição (Lima Filho *et. al.*, 1991). Apresenta um pacote arenítico nas camadas inferiores e uma camada de granulometria siltico-arenosa e/ou argilo-arenosa de consistência mole logo abaixo do arenito, só aparecendo material resistente de 15 a 30 m de profundidade. Há uma frequência de depósitos de argila siltosa com presença de matéria orgânica de consistência mole a muito mole, alta compressibilidade e uma espessura maior que

25 m (Gusmão Filho, 2002), e a existência de estratificações cruzadas típicas de fácies praiais, e em alguns casos tais estruturas encontram-se obliteradas por processos pedogenéticos (Suguio, 1985).

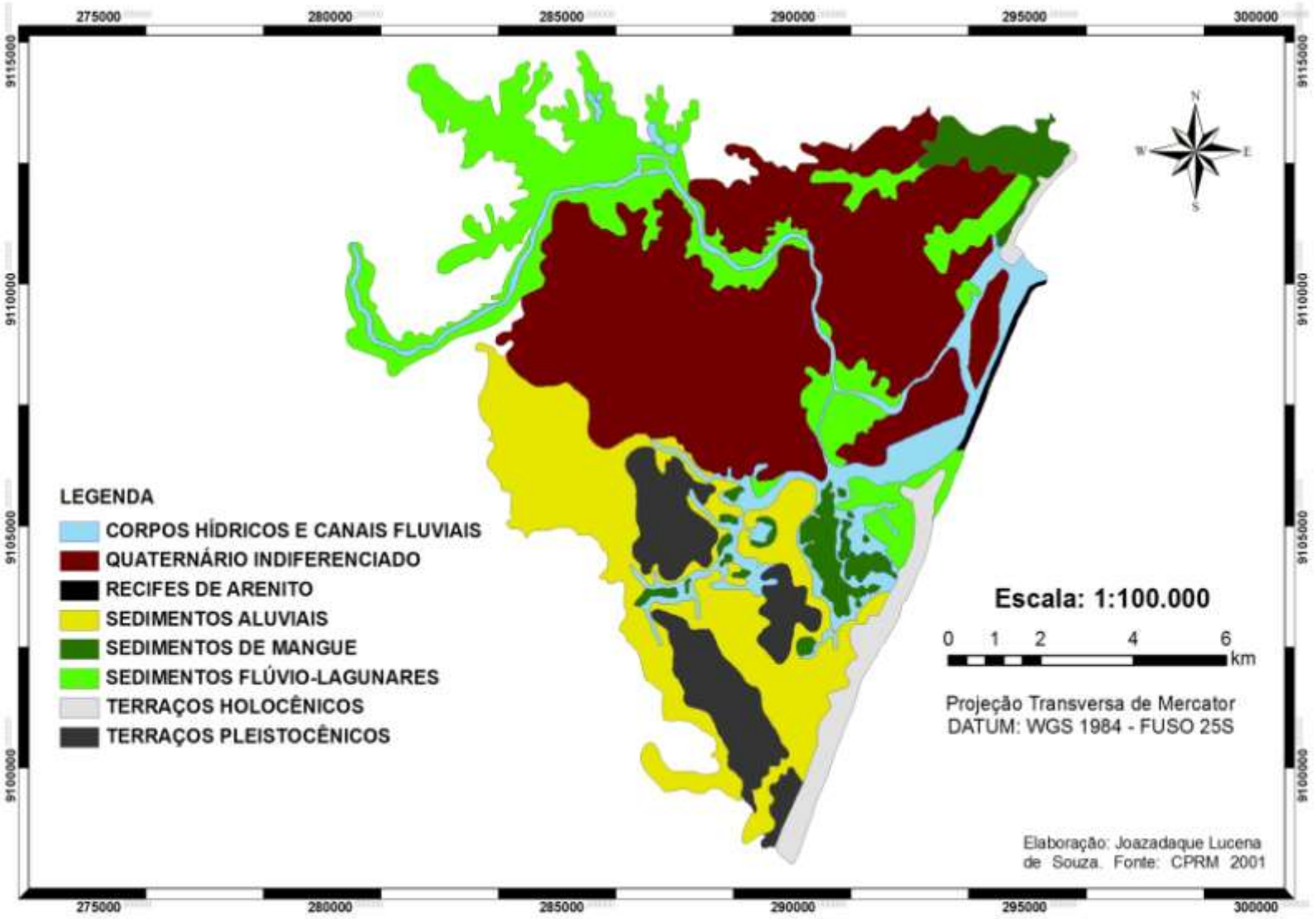
Terraços Pleistocênicos (Qtp)

Essa classe de sedimentos é composta predominantemente por areias quartzosas inconsolidadas, bem selecionadas, com grãos de quartzo arredondados e ausência de fragmentos de concha. Apresenta relativa consistência de arenito compacto a partir de 3 a 5 metros de profundidade e diagênese média à forte atribuída à presença de ácidos húmicos e óxidos de ferro resultantes de processos pedogenéticos em suas camadas mais inferiores. Superficialmente suas areias são brancas, tornando-se marrons a pretas nos horizontes inferiores, devido à lixiviação da matéria orgânica realizada pelo processo de podzolização (Lima Filho *et. al*., 1991; Muehe, 2006; Suguio, 2010).

Quaternário Indiferenciado (Qi)

São sedimentos que apresentam gênese, composição, granulometria e idades bastante variadas entre si, e por conta disso não apresentam um padrão específico que o diferencie. Geralmente encontra-se associado às antigas planícies de inundação do rio Capibaribe, atualmente situados fora da zona de alcance das marés. Estudos da CPRM (1994) classificaram esse grupo de sedimentos na categoria de Diversos (Qd), compostos por aluviões (Qa); sedimentos de praia (Qp); terraços holocênicos (Qth); e terraços pleistocênicos (Qtp); Costa et. al. (1994) denominaram tais sedimentos de Formação Boa Viagem. Somente a partir do estudo da CPRM (2001) passaram a ser designados como Quaternário Indiferenciado (Qi). Esse pacote sedimentar apresenta uma espessura que varia entre 50 e 80 metros dependendo do setor analisado, sendo encontrado, preferencialmente, ao longo da porção norte da planície do Recife.

Figura 02. Depósitos quaternários da planície do Recife. Elaboração Própria.



Sedimentos de Mangue (Qm)

São formados por material composto por partículas na fração argila, silte e areia fina e grande quantidade de matéria orgânica que se acumula em depósitos turfosos. Geralmente está associado aos ambientes estuarinos onde se desenvolvem uma vegetação de mangue adaptada ao alto grau de salinidade, quase sempre se situando nos cursos finais dos rios com foz no oceano Atlântico.

Sedimentos Flúvio-lagunares (Qdfl)

Essa classe de sedimentos é composta por areia fina, silte, argila e sedimentos turfáceos com algum componente de matéria orgânica. Geralmente estão associados à planície de inundação de rios de maior competência situados no setor norte da planície do Recife, e corpos hídricos de extensão considerável como lagoas e açudes situados em vários pontos da planície. Estudos de Lima Filho et. al. (1991) sugerem que seus sedimentos foram depositados em antigas lagunas durante a penúltima e última, transgressões marinhas.

Areias Aluviais (Qal)

Constituem sedimentos arenosos com intercalações de camadas de silte e argila, que ocorre como resposta ao entalhe fluvial dos sedimentos da Formação Barreiras, Formação Cabo e do transporte dos sedimentos gerados pelo intemperismo das rochas cristalinas do Planalto Litorâneo Rebaixado, preferencialmente no setor sul e sudoeste da planície do Recife. Nesse ambiente ocorre à acumulação de sedimentos no leito dos rios como resposta a baixa competência dos rios da região em transportar os sedimentos. Apresentam uma espessura média de com cerca de 10 metros, e se depositam nas várzeas dos rios durante o período de inundações dos canais fluviais.

Recifes de Arenito (Qr)

São compostos por sedimentos de granulometria variada (argila, silte, areia fina), presença de componente orgânico (conchas, recifes algálicos e coralíneos) e cimentação carbonática. Seu sítio de deposição coincide com antigas linhas de praia, que atualmente encontram-se abaixo do nível médio do mar e afloram durante a maré baixa (BARRETO, 2010).

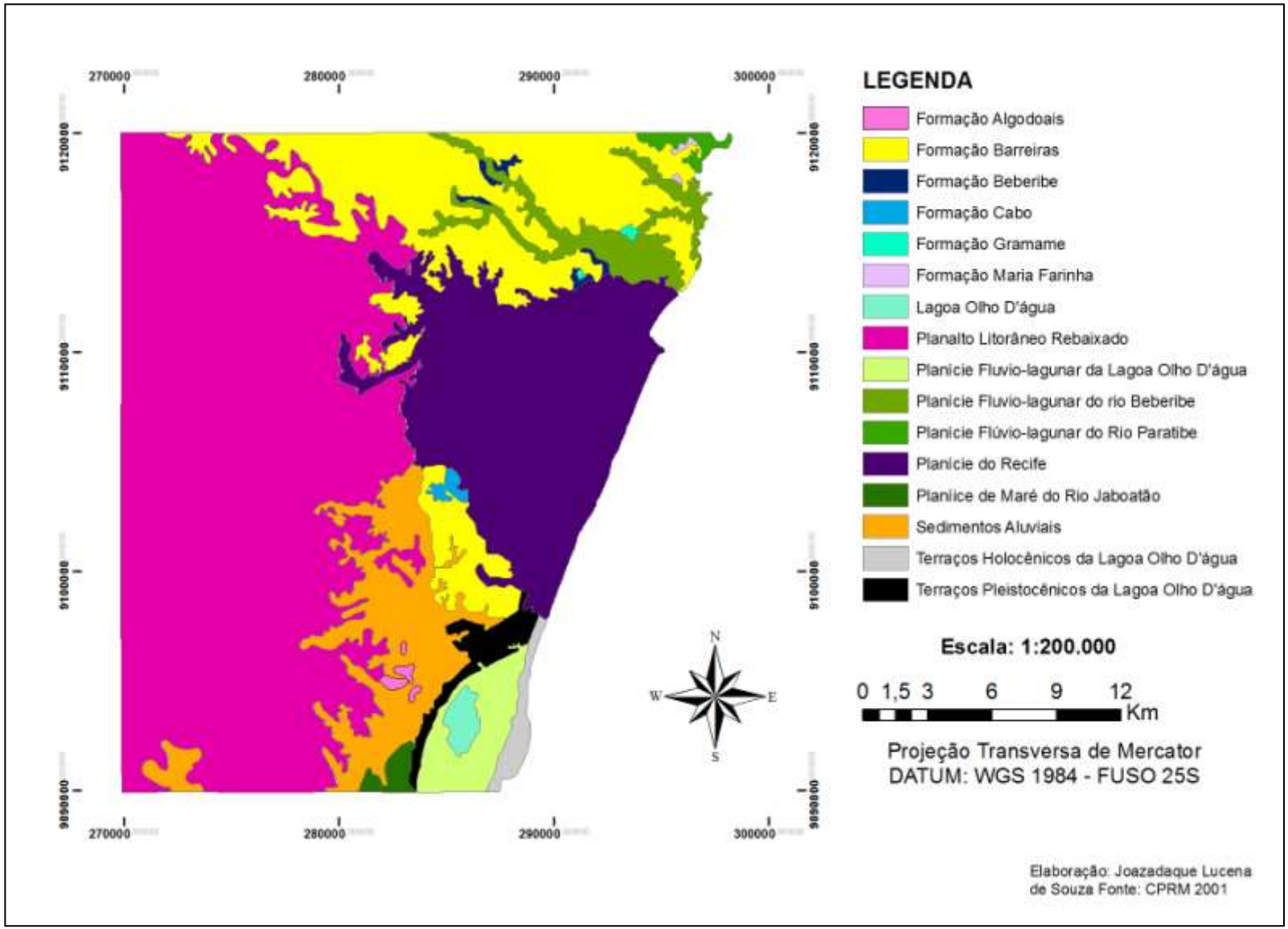
2.2. Geomorfologia

A planície do Recife é parte integrante das bacias sedimentares costeiras Pernambuco e Paraíba, situando-se parcialmente em cada uma delas. A mesma encontra-se limitada ao norte pelas colinas e morros da Formação Barreiras, Planície Flúvio-lagunar do rio Beberibe e alguns afloramentos da Formação Gramame; a oeste pelo Planalto Litorâneo Rebaixado, e alguns afloramentos da Formação Barreiras; ao sul pelos Sedimentos Aluviais, Formação Barreiras, Formação Cabo, além dos compartimentos pertencentes ao Sistema Flúvio-lagunar da Lagoa Olho d'água (Planície Flúvio-lagunar, Terraços Holocênicos e Terraços Pleistocênicos), que se diferencia da planície do Recife em função de um desnivelamento tectônico; e ao leste pelo oceano Atlântico (figura 04).

Sua morfologia resulta das sucessivas transgressões e regressões marinhas decorrentes de episódios de glaciação e interglaciação, ocorridos durante o período Quaternário (Dominguez, 1990; Moura, 2003). Essas variações ambientais foram responsáveis pela deposição de sedimentos ao longo dos seus diferentes ambientes de sedimentação e a respectiva vigência de diversos sistemas deposicionais em cada um deles.

As porções mais interiores da planície do Recife apresentam terraços fluviais e meandros abandonados preenchidos por diversas classes de sedimentos. Nas atuais planícies de inundação de seus principais rios são encontrados os depósitos aluvionares, que apresentam granulometria muito variada, com a presença de camadas de areia, silte e argila de consistência média até rija. Ao longo dos manguezais tem-se a ocorrência de depósitos de textura siltico-argilosa com componente orgânico. De acordo com Gusmão Filho (2002) as diversas camadas de

Figura 03. Compartimentação Regional de Relevo. Elaboração Própria.



sedimentos correspondem à fácies de materiais depositados ao longo de ambientes influenciados, em períodos distintos, pela a ação das marés e correntes. Tal ambiente está relacionado à ocorrência de depósitos que apresentam camadas que apresentam alternância de sedimentos marinhos e flúvio-lacustres, respectivamente.

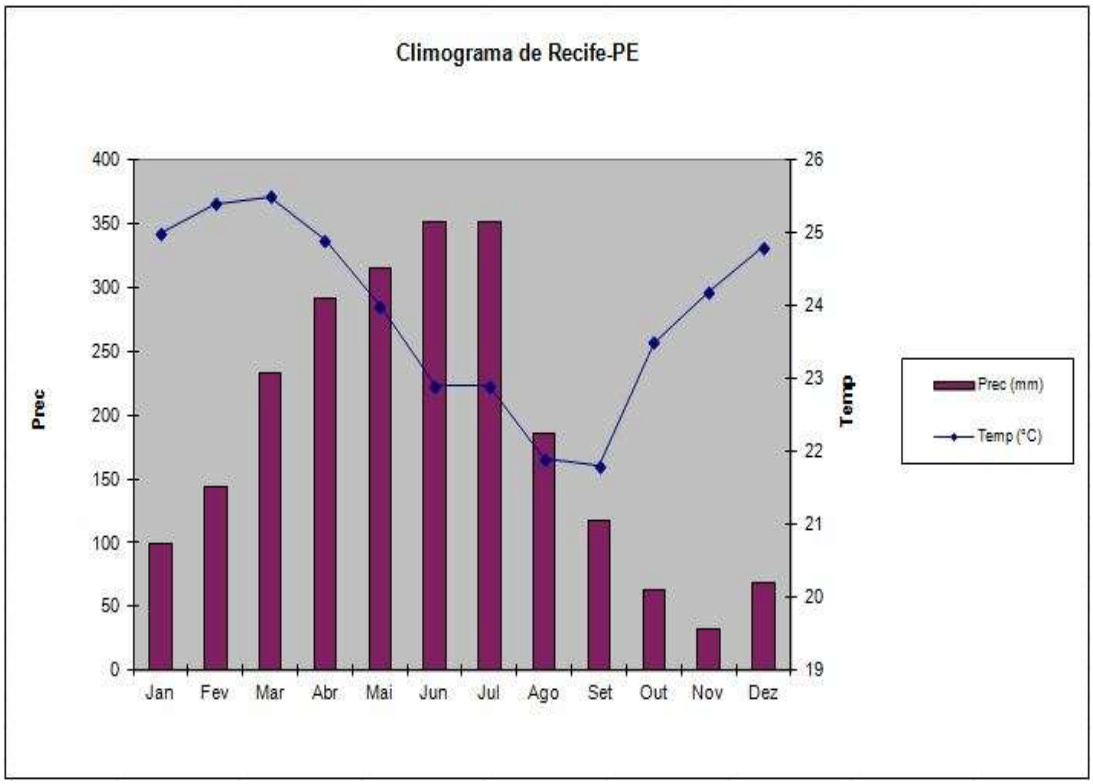
As variações do nível médio do mar geraram uma série de feições geomorfológicas ao longo da paisagem, entre elas destacam-se dois níveis de terraços marinhos, que representam as linhas praiais em diferentes momentos da evolução da planície do Recife, juntamente com outro nível praial representado pelos recifes de arenito com cimentação de carbonato de cálcio, atualmente submersos no pós-praia, e somente visualizados durante a maré baixa; os canais de maré, associadas aos ambientes de manguezais depositados nas zonas de menor altitude, separando os dois níveis de terraços ou estes das bordas da Formação Barreiras; os canais fluviais e os seus depósitos flúvio-lagunares, formados nos momentos de inundação; a porção interna da planície é formada pelas antigas planícies de inundação do rio Capibaribe, sob a forma de terraços fluviais e meandros abandonados somadas a grande quantidade de sedimento proveniente da ação marinha e retidos pelos arrecifes à frente do continente. (Gusmão Filho, 2002).

2.3. Características Climáticas

De acordo com Figueiredo (2005) a área correspondente à planície do Recife apresenta um comportamento climático derivado das condições atmosféricas da porção oriental do Nordeste do Brasil. Apresenta um comportamento médio da atmosfera que resulta de um estado habitual de suas condições de precipitação e temperatura (figura 04). Essa dinâmica habitual é afetada pela ação de sistemas atmosféricos que atuam na escala global (El Niño/Oscilação Sul e Dipolo do Atlântico); Regionais (Massa Tropical Atlântica, Zona de Convergência Intertropical, Ondas de Leste, Vórtices Ciclônicos, e em casos excepcionais a atuação de Frentes Frias etc.) e Locais (Brisas Marítimas). Ao longo da maior parte do ano as condições climáticas se dão em função da atuação da Massa Tropical Atlântica (mTa) e pelas perturbações que esta sofre em decorrência da atuação dos sistemas atmosféricos de mesoescala mencionados anteriormente.

Segundo Girão *et. al.* (2006) dentre os eventos que desencadeiam maiores totais pluviométricos, destacam-se a ZCIT (Zona de Convergência Intertropical) que age no Recife durante o outono, causando, chuvas, trovoadas, descargas elétricas e mudança na direção dos ventos de SE para NE, as Ondas de Leste, comuns no outono/inverno, são impulsionadas pelos ventos alísios de sudeste, atingindo a costa oriental do nordeste e proporcionando a ocorrência de chuvas intensas e recorrentes que se propagam na direção oeste adentrando o continente. Quanto à contribuição das perturbações oriundas da ação de Frentes Frias que em algumas ocasiões atinge o Recife em frontólise, não chegando a caracterizar um sistema frontal nítido com revezamento do ar tropical pelo ar polar após a passagem da frente, esta não propicia volumes consideráveis, assim como a atuação de Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis, de escala mesorregional, que se desenvolvem mais ativamente durante no verão e possuem um centro com límpido e bordas nebulosas, de onde provêm as precipitações de caráter moderado.

Figura 04. Climograma do Recife. Instituto Nacional de Meteorologia.



2.4. Drenagem

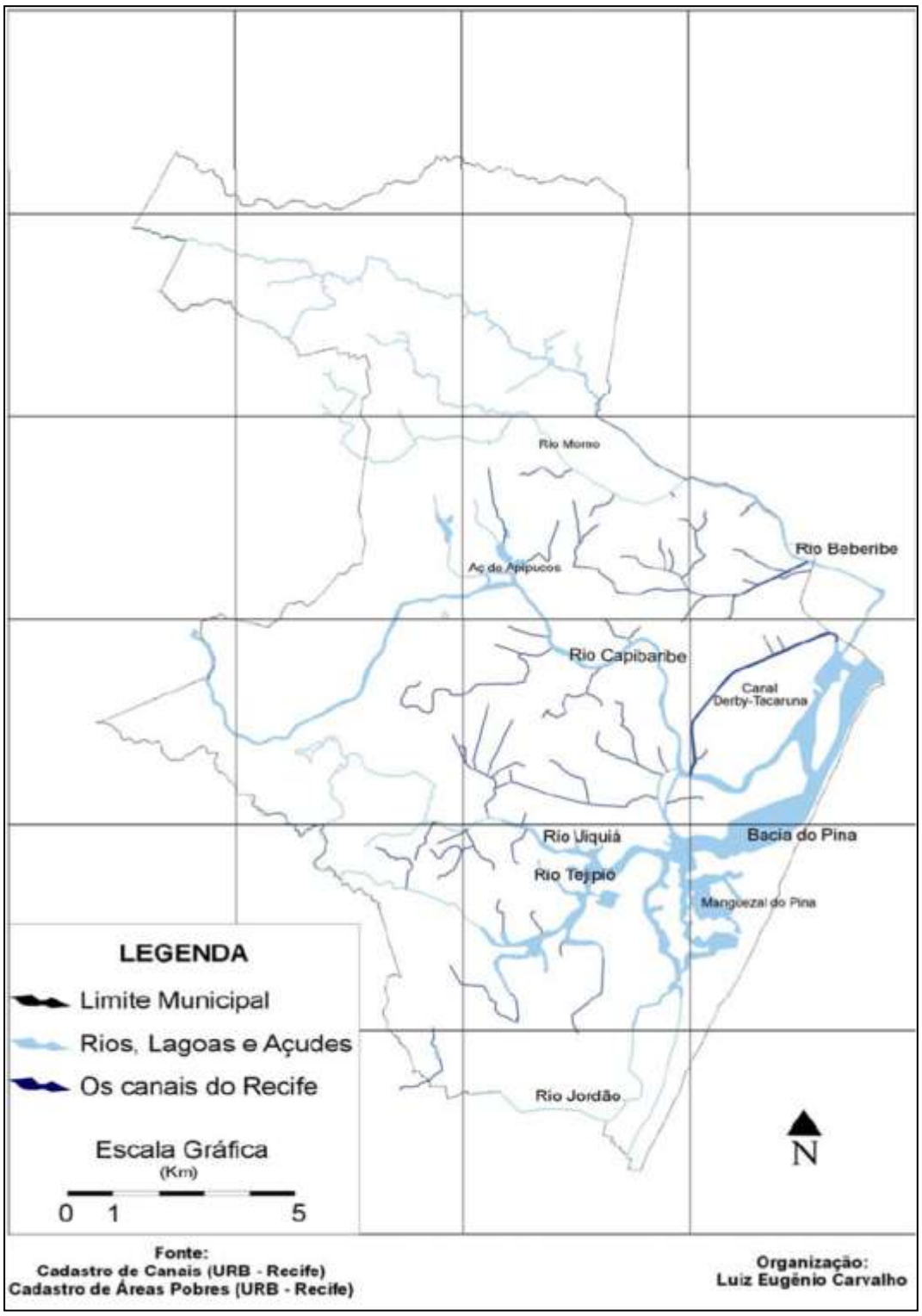
Segundo a URB/Recife (2000) canais fluviais são aqueles elementos artificiais de drenagem a céu aberto com 2 metros ou mais de largura. Estudos de Alencar (2011) apontam que a hidrografia do Recife é constituída por um sistema de macro-drenagem composto pelas seguintes bacias hidrográficas: bacia do Capibaribe, formada por 20 canais que drenam o setor central, norte e oeste do Recife; bacia do Beberibe, composta por 20 canais responsáveis pelo escoamento fluvial de parte da zona norte da cidade; a bacia do Tejipió que abrange 05 canais situados na zona sudoeste da cidade; a bacia do Jordão (zona sul) e do Jiquiá (zona oeste) compostas por 04 e 17 canais, respectivamente, totalizando 66 riachos, constituindo uma média de 0,48 Km de canal por Km² (figura 05). A rede de microdrenagem apresenta aproximadamente 1.000 km de extensão, sendo composta por uma rede de galerias e canaletas.

Segundo Gusmão Filho (2002) os rios que comandam a drenagem da planície do Recife executam o transporte de água e sedimentos dos diferentes setores da cidade em direção a sua foz. Em seu trajeto em direção ao oceano meandram pela planície e compartilham de um estuário comum situado na bacia do Pina, localizada na poção central do Recife. Subordinada aos cursos fluviais principais existe uma malha de outros canais menores, formando uma rede hidrográfica composta de outros cursos fluviais de menor dimensão, representados por rios (Morno, Pina, etc.); riachos (Mirueira, Dondon, etc.); córregos (Euclides, Abacaxi); canais (Derby-Tacaruna, Cavouco, Caiara, Setúbal, etc.) e espelhos d'água constituídos de poucas lagoas (Araçá e Apipucos) e amplas bacias (Pina, Santo Amaro e Portuária).

De acordo com PREUSS *et. al.* (2011) a cidade do Recife possui peculiaridades geográficas que devem ser consideradas para a sustentabilidade do seu sistema de drenagem. As baixas cotas altimétricas de seu território em relação ao nível do mar, presença de áreas planas, lençol freático próximo à superfície e aflorante na estação chuvosa, influência dos níveis das marés, são características naturais que dificultam o processo de drenagem. Ademais o sistema de drenagem também é prejudicado por conta da canalização de riachos urbanos e ocupação de suas margens por construções regulares e irregulares, alta taxa de impermeabilização do solo, destino

inadequado dos resíduos sólidos e ausência de um sistema de saneamento abrangente.

Figura 05. Rede de Macrodrenagem do Recife. Carvalho (2004).



Conforme Vasconcelos e Bezerra (2000) 80% da bacia hidrográfica do rio Tejipió está urbanizada e com alta taxa de impermeabilização. A mesma possui topografia relativamente plana e os impactos ambientais existentes são semelhantes aos encontrados nas demais bacias que drenam a planície do Recife, exigindo uma rápida drenagem das águas pluviais, causando problemas de cheias à jusante. De acordo com PREUSS *et. al.* (2011) a bacia do rio Capibaribe, sofre com constantes inundações e alagamentos no período chuvoso. O desmatamento e a ocupação de suas margens acarretaram o assoreamento do rio e de seus afluentes, propiciando o despejo de efluentes e de resíduos sólidos, causando prejuízos ao meio ambiente e à drenagem pluvial. Na bacia do rio Beberibe, além das degradações ambientais citadas anteriormente, a realização de obras inadequadas como pontes, pontilhões e bueiros, causaram o estrangulamento da calha do rio e consequentes prejuízos à drenagem.

2.5. Uso do solo

Segundo dados do Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2010) o Recife possui uma população estimada de 1.536.934 habitantes, distribuídas em uma área de 219 km². O que a classifica como sendo a 9ª cidade mais populosa do Brasil, contando com 14 municípios, que formam a sua Região Metropolitana totaliza cerca de 3.743.854 habitantes, e a coloca como a sexta maior aglomeração urbana do país. A figura 06, baseada nos dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) mostra a evolução populacional do Recife durante o período de 1870 a 2010.

PREUSS *et. al.* (2011) discorrem que o processo de ocupação do território recifense se deu a partir do século XVI com o início da ocupação holandesa, o cultivo de cana de açúcar e a progressiva instalação de engenhos ao longo dos cursos fluviais da bacia do rio Capibaribe. Com o desenvolvimento dessa monocultura deu-se início o processo de ocupação das áreas de planície e, por conseguinte, das primeiras aglomerações humanas no local. Os primeiros núcleos urbanos surgiram inicialmente nas imediações do Porto do Recife, em áreas que correspondem atualmente ao centro da cidade e, posteriormente se estendeu sob a forma de círculos concêntricos em direção às porções mais internas da planície e finalmente para os morros e encostas da zona oeste e norte da cidade.

Figura 06. Evolução da população do Recife 1870-2010. IBGE.

Ao longo dos séculos XVII, XVIII e XIX e primeiras décadas do século XX o crescimento da área urbana do Recife se deu em função da transformação das áreas estuarinas compostas por manguezais, lagoas, canais de maré e canais fluviais em espaços secos, visando à construção de equipamentos urbanos (estradas, ferrovias, moradias, parques, áreas de comércio etc.) que favorecessem a ocupação do espaço. Para ter-se uma dimensão das modificações efetuadas na planície do Recife. De acordo com Gusmão Filho (2002) somente na área do centro da cidade que corresponde atualmente aos bairros do Recife, Santo Antonio, São José e Boa vista foi aterrada uma área de cerca de 190 ha, a uma profundidade média de 2,5 m mobilizando um volume estimado de cerca de 5 milhões de metros cúbicos de areia até a data de 1907.

Esse processo de ocupação intensificou-se de maneira bastante significativa no decorrer do século XX, com a modificação do espaço urbano pela intensa utilização das áreas mais valorizadas por razões comerciais e habitacionais, acompanhadas por um intenso processo de verticalização das construções, acarretando em uma maior modificação dos ecossistemas naturais.

Na década de 1960, o município do Recife recebeu muitos imigrantes vindos do interior do Estado de Pernambuco e de toda Região Metropolitana do Recife (RMR), em decorrência do crescimento das atividades comerciais, às áreas que ainda não tinham sido ocupadas com grande intensidade pela população, passaram a ter uma grande densidade demográfica e como consequência os ambientes, que até então funcionavam quase em sua totalidade através de processos naturais, passaram a contar com o componente antrópico, que contribuiu de maneira significativa para a modificação da paisagem.

Tal ocupação urbana foi intensificada em direção às áreas ribeirinhas, situadas ao longo dos canais fluviais e demais corpos hídricos do Recife, e para as encostas e morros da zona oeste da cidade. Durante esse mesmo período iniciou-se a ocupação das áreas litorâneas da zona sul da cidade, correspondentes aos bairros de Boa Viagem e Pina, aumentando o índice de verticalização do espaço urbano com a construção de edifícios na faixa litorânea, alterando a dinâmica natural do ambiente costeiro. Como resultado desse processo ocorreu a intensificação da erosão costeira, supressão dos cursos fluviais presentes na área, subsidência de camadas do solo por conta do peso das construções, e deterioração dos aquíferos e lençóis freáticos da região.

Nas últimas décadas do século XX e no início do século XXI a artificialização dos espaços se intensificou consideravelmente, dessa vez a urbanização se utilizou da especulação imobiliária, por meio da valorização econômica de alguns setores do espaço urbano, em detrimento de outros, com o intuito de construir bairros residênciais de classe média alta, implementação de shoppings centers, supermercados e outros equipamentos comerciais de alto valor agregado, juntamente com suas respectivas vias de acesso. Tais constuções foram realizadas preferencialmente em áreas pouco suscetíveis a ocorrência de alagamentos, deslizamentos de terras e outros processos que oferecem risco a população, corroborando para que algumas parcelas da população fossem redistribuidas para espaços menos valorizados e, sobretudo, mais suscetíveis a ocorrência de problemas socioambientais análogos, contribuindo assim para a concentração das camadas da população menos favorecidas economicamente em locais impróprios para a sobrevivência humana. Esse cenário propriciou a quase que completa

destruição das caracteristicas naturais das áreas com alto valor comercial agregado por conta da intensa artificialização do espaço urbano.

De acordo com PREUSS *et. al.* (2011) o crescimento da população na área urbana do Recife tem se desenvolvido em disparidade com a infraestrutura oferecida pelo poder público, pois a coexistência de loteamentos sem planejamento em áreas inadequadas, elevadas taxas de impermeabilização do solo, retificação e estreitamento dos leitos dos cursos d'água, são exemplos de como tais ações estão modificando a drenagem natural nos centros urbanos.

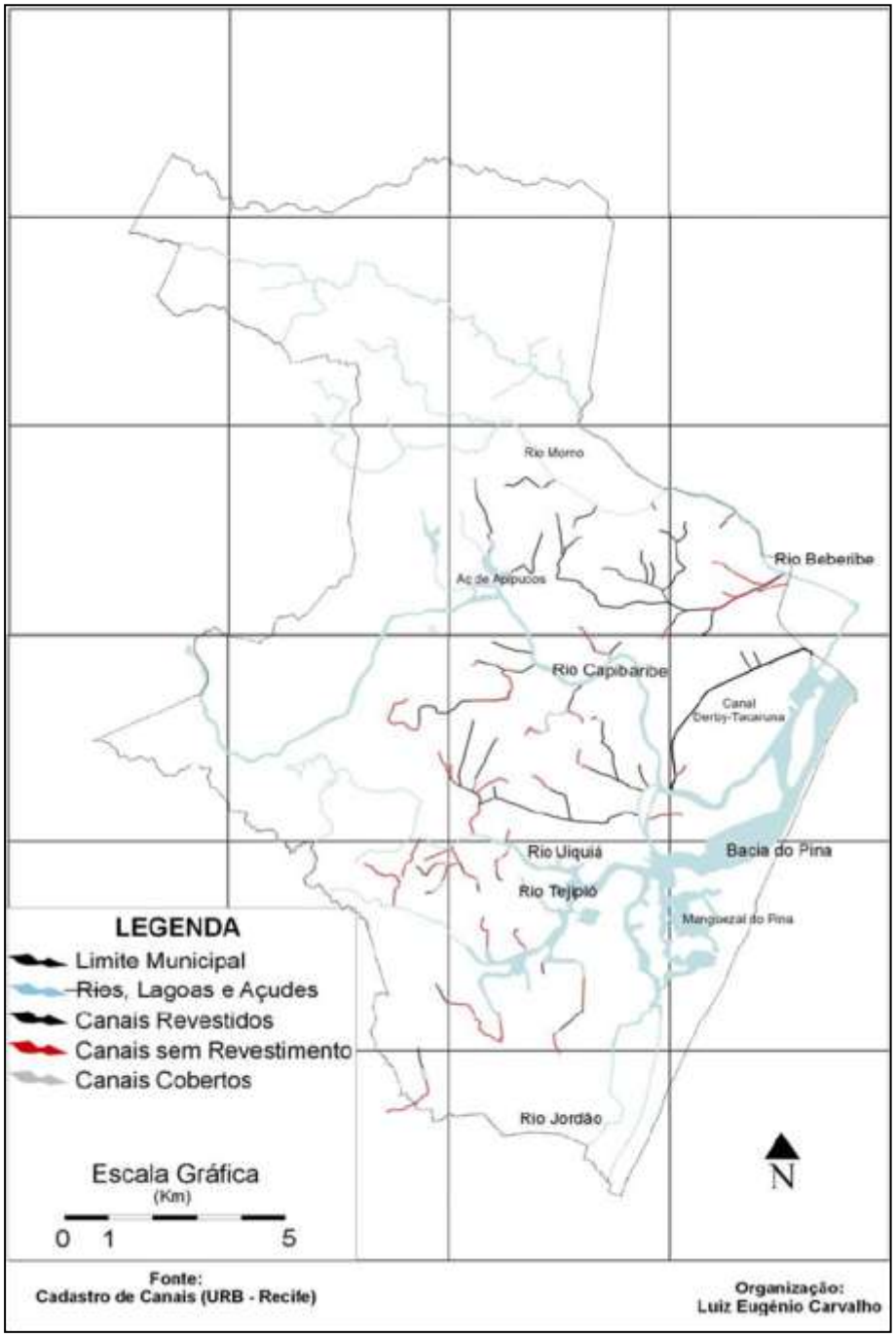
Quando tais fatores são somados com o lançamento de lixo e esgotos nas redes de drenagem, resultam no incremento do escoamento superficial e os impactos decorrentes de enchentes e alagamentos durante os períodos de chuva. Segundo Cabral *et. al.* (2001) os canais de maré e as áreas alagadas vêm sendo aterrados ao longo de séculos, sem nenhuma preocupação com a drenagem natural. A canalização de rios e córregos urbanos, além de causar uma série de prejuízos ao meio ambiente, por descaracterizar totalmente o hábitat natural, provoca o início de uma cadeia recorrente de problemas: favorecimento de ligações de esgotos clandestinos, ocupação das margens e das áreas de expansão de cheias, problemas de enchentes a jusante e o isolamento da conexão hidráulica entre o aquífero e o rio.

Estudos de PREUSS *et. al.* (2011) apontam que na tentativa de disponibilizar novas áreas urbanas e minimizar os efeitos locais das cheias, por muito tempo, as ações da engenharia fluvial e hidráulica foram sendo realizadas no sentido de retificar cursos d'água, transmitindo o mais rápido possível as vazões para jusante. A realização de obras com base na concepção de retificação do leito dos rios e córregos teve consequências não consideradas ou pouco avaliadas, sendo negligenciadas no planejamento, acarretando, quase sempre, em perdas consideráveis da biodiversidade das áreas que sofreram intervenções e ocorrência de enchentes e alagamentos, que por sua vez, causam prejuízos cada vez maiores.

Estudos de Cabral (2001) apontam que ao longo do processo de urbanização ocorrido no Recife, praticamente todos os cursos d'água foram canalizados e muitos baixios de maré aterrados. A canalização de um trecho de um curso fluvial reduz os riscos de enchentes e alagamentos de uma determinada área por um dado período de tempo, contudo, geralmente provocam alagamentos à jusante em decorrência da

aceleração do escoamento. Por isso o manejo do sistema de drenagem deve ser realizado na escala da bacia hidrográfica, por conta da conectividade dos cursos fluviais. Houve o estrangulamento da calha dos rios devido à ocupação irregular, e até formal de suas margens, processo este que continua até hoje, pondo em risco o sistema de drenagem natural do município e resultando em frequentes inundações (figura 07).

Figura 07. Canais do Recife: Trechos Revestidos. Carvalho (2004).



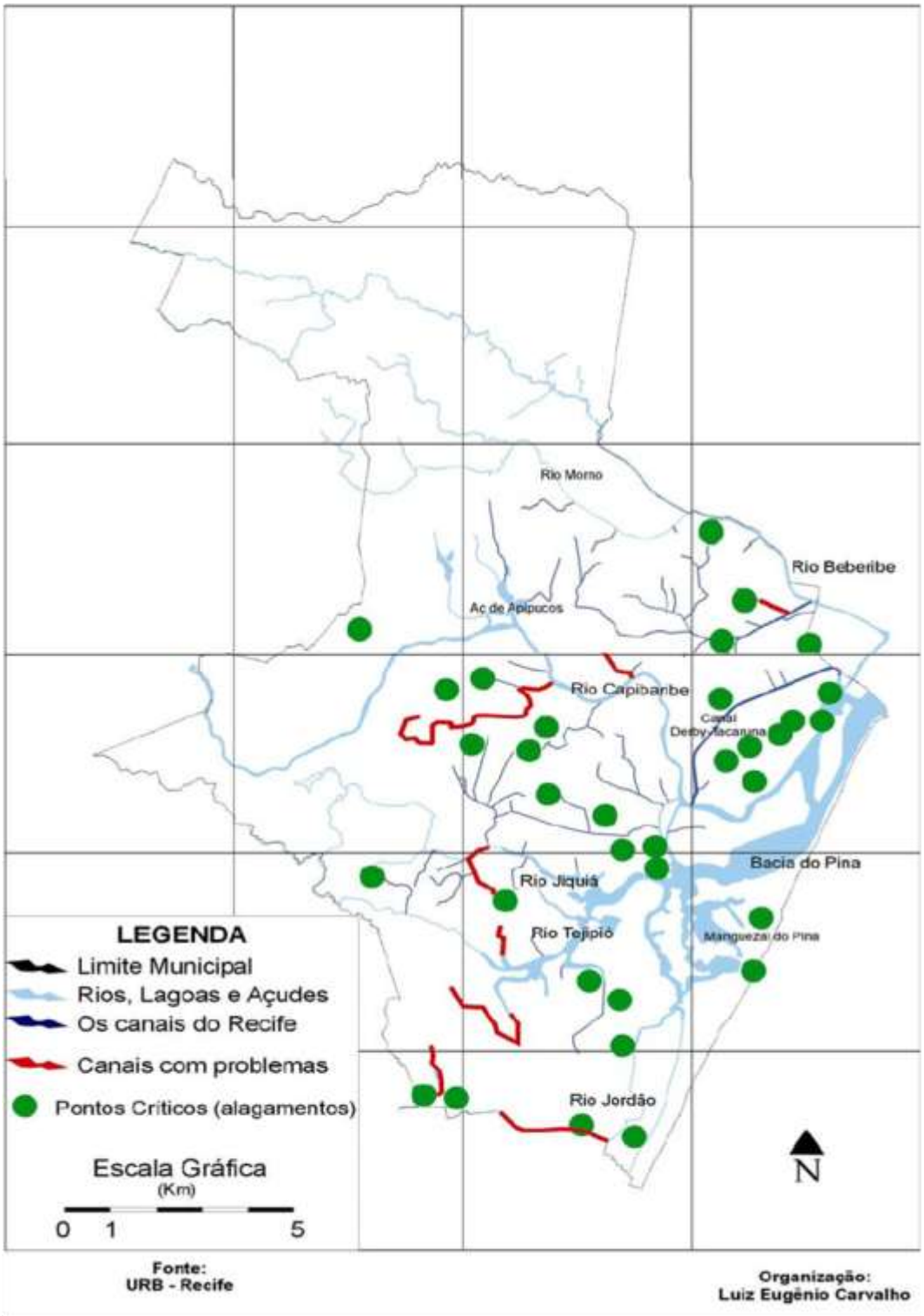
Para Fresia *et. al.* (2005) muitos pontos de alagamento do Recife, estão cada vez mais, localizados longe das margens dos cursos d'água principais, o que permite afirmar que um dos principais problemas existentes na área em estudo é a insuficiência, em quantidade e em qualidade, dos dispositivos de microdrenagem. O revestimento dos taludes com cimento, com o intuito de evitar a erosão e infiltração de água que contribuem para a ocorrência deslizamentos de terra, nas áreas de morro, tem provocado a aceleração do efeito do escoamento superficial, resultando em alagamentos nos níveis de base locais.

Anualmente durante eventos pluviométricos de média e alta magnitude, o sítio urbano do Recife, é acometido por alagamentos que acabam prejudicando o funcionamento, colocando em risco diversos setores da sociedade e vitimizando alguns segmentos da população (figura 08). Quando o poder público vem atuar, quase sempre é de forma pontual e corretiva nas áreas mais afetadas por tais desastres, no momento em que os mesmos cessam muito pouco é feito para evitá-los. O que ocorre de fato são ações pontuais, com muito pouco ou nenhum nível de articulação entre as secretarias e órgãos responsáveis pelo planejamento e gestão a nível municipal, estadual e federal.

Figura 08. Ponto de Alagamento no bairro do Ibura. PORTAL NE 10.

Estudos de Alencar (2011) apontam que a cidade do Recife apresenta pelo menos 77 pontos de alagamentos, sendo 18 pontos nas vias principais e 59 em áreas ribeirinhas (figuras 09).

Figura 09. Pontos de Alagamento do Recife. (Carvalho, 2004).



A urbanização avança em direção ao diversos níveis de terraços dos cursos fluviais ocupando progressivamente o leito menor, leito maior e maior excepcional. Como resultado mais imediato, tem-se o registro de diversos pontos de alagamentos nas proximidades dos principais rios da cidade. Segundo PREUSS *et. al.* (2011) a rede de macrodrenagem necessita de sérias intervenções. Conforme informações obtidas com Alencar (2011), as ações devem começar pela remoção do lixo e outros materiais carreados, provenientes das erosões ocorridas nas partes altas das bacias. Sendo necessário disseminar intervenções de controle e retenção do transporte de sedimentos da malha de drenagem, com a construção de reservatórios de retenção de sedimentos que podem ser instalados em pontos de mudanças de declividade e na confluência com outro canal.

Segundo Canholi (2005) para a sustentabilidade da macrodrenagem é necessário restituir os espaços dos cursos d'água, recuperando e preservando seus leitos expandidos para escoamento das inundações, respeitando as Áreas de Preservação Permanentes (APPs) pouco mantidas nas zonas urbanas. Para Gondolo (1999) o grande problema no planejamento ambiental esteja no enfoque de como tem sido o questionamento feito pra entender os grandes problemas relacionados com o meio ambiente. Ao contrário de tentarmos definir quais os fatores que contribuem para a degradação ambiental, devemos inicialmente partir em busca do processo de degradação a que está sendo submetido e que estrutura o mantém ou colabora para que esses processos perdurem.

3. REFERENCIAL TEÓRICO-CONCEITUAL

No decorrer do presente capítulo serão abordados alguns temas relevantes ao entendimento da presente pesquisa. Contudo a de se salientar que esse fato não exclui a possibilidade dos conceitos chaves do trabalho estarem diluídos, de forma, conjunta e integrada, ao longo dos capítulos posteriores. Inicialmente será discutida a questão da análise dos sistemas em Geografia; e em seguida a abordagem referente aos ambientes de sedimentação; Compartimentação de Reelevo; Uso do Solo; e Risco a alagamentos.

3.1. Análise de Sistemas em Geografia

Para Christofoletti (1980) a aplicação da Teoria Geral dos Sistemas aos estudos geomorfológicos representou um grande avanço, pois o conceito de equilíbrio passou a ser entendido como o ajustamento completo das variáveis internas às condições externas, ou seja, as formas surgidas em sistemas ambientais geomorfológicos estão diretamente relacionadas às influências exercidas pelo ambiente, que controla a qualidade e a quantidade de matéria e a energia a fluir pelo sistema.

No entender de Tricart (1977) um sistema é um conjunto de fenômenos que se processam mediante fluxos de matéria e energia, originando relações de dependência mútua entre os fenômenos. Como consequência, o sistema apresenta propriedades específicas e diferem da soma da soma das propriedades dos seus componentes. Não há um limite inferior para a descoberta de novos subsistemas: os estudos sobre os componentes da matéria sempre descobrem novas partículas cada vez menores. O limite superior é o universo. Dessa forma, o conceito lógico de sistema é a aplicação universal. As relações mútuas entre os subsistemas definem uma certa taxonomia a partir de uma escala hierárquica estabelecida entre os mesmos.

Ainda segundo Tricart (1977) o conceito de sistema é, atualmente, o melhor instrumento lógico de que dispomos para estudar os problemas relacionados ao meio ambiente. Ele permite adotar uma atitude dialética entre a necessidade da

análise (que resulta do próprio progresso da ciência e das técnicas de investigação) e a necessidade, contrária, de uma visão de conjunto, capaz de ensejar uma atuação eficaz sobre esse meio ambiente. Ainda mais, o conceito de sistema é, por natureza, de caráter dinâmico e por isso adequado a forneer os conhecimentos básicos para uma atuação – o que não é o caso de um inventário, por natureza estático.

Segundo Christofoletti (1979) a visão sistêmica concebe o mundo como um todo integrado, e não como uma coleção de partes dissociadas. Procurando compreender o conjunto mais que suas partes, pois há o surgimento de novas propriedades que não emergem do conhecimento de suas partes constituintes. Corrêa (2006) discorre que o conceito de Geossistema permite à geografia avaliar a organização espacial levando em conta os componentes do quadro natural e sua funcionalidade.

Para Christofoletti (2000) os Geossistemas são sistemas ambientais físicos que se apresentam como unidades que possuem expressão concreta na superfície terrestre, sensível à observação visual através dos diversos tipos de imageamento remoto. Nesse sentido, só adquirem significância espacial e, por conseguinte, geográfica, quando da ocorrência de fenômenos físicos ou humanos ao longo do espaço. Os mecanismos de erosão, transporte, acumulação de sedimentos, se apresentam na paisagem por meio dos ambientes de sedimentação, que funcionam através de fluxos de energia e matéria ao longo de um sistema aberto, retroalimentado constantemente e, por extensão, seus atributos sofrem modificações, ocasionando diversos graus de entropia ao longo do sistema, perturbando seu equilíbrio.

3.2. Ambientes de Sedimentação

Ab´Sáber (1969) relata que os estudos sobre o Quaternário estão direcionados a estrutura superficial da paisagem, facilitando à compreensão objetiva da evolução das formas recentes exibidas pelo relevo de uma dada região. Ao analisar documentos geológicos de idade quaternária, o pesquisador está penetrando no campo dos acontecimentos e processos responsáveis pelo acabamento final das feições morfológicas integradas que constituem a base para o

desenvolvimento de uma paisagem relativamente recente. Tal dinâmica é observada na paisagem por meio do modelo pelos quais são acumulados os sedimentos ao longo da paisagem, como consequência, acabam por representar peças muito importantes para a interpretação da paisagem e, sobretudo, a possibilidade de reconstituição do ambiente pretérito.

De acordo com Della Fávera (2001) uma camada sedimentar é uma unidade de caráter cronoestratigráfico, limitada por discordâncias e concordâncias relativas formadas por estratos contemporâneos e/ou geneticamente relacionados. Uma sequência estratigráfica genética é um produto sedimentar de um episódio deposicional, incorporando e reconciliando sistemas deposicionais, geometrias de acamamento e superfícies limítrofes dentro do arcabouço de ciclos de *offlap* e inundação de margem de bacia. Cada sequência consiste em fácies progradacionais, agradacionais e retrogradacionais depositadas durante um episódio regional de estabilidade paleogeográfica.

Desse modo, as diferentes formas de acumulação de sedimentos, ao longo da paisagem, acabam dando origem aos diferentes ambientes de sedimentação existentes na paisagem. A partir de então serão apresentados de maneira objetiva às características dos diferentes ambientes de sedimentação existentes na área de estudo da presente pesquisa.

Ambiente Costeiro

As zonas praiais são definidas geneticamente como depósitos de material inconsolidado, formados na interface entre o continente e oceano sob a ação de agentes morfogenéticos e morfodinâmicos que atuam no ambiente costeiro, os exemplares mais significativos são as ondas, correntes, marés e ventos, que atuam desde a linha média da baixa maré, até o contato com outra feição fisiográfica dotada de características diferentes como no caso de falésias, campo de dunas ou o aparecimento de vegetação permanente. (Suguio, 1992; Komar, 1976).

Dominguez *et. al.* (1992) discorre que morfologia praial resulta da progradação da linha de costa em direção ao oceano, através do processo de acumulação de sedimentos, pela ação das ondas, onde cada crista de praia representa um depósito individualizado. De acordo com Muehe (2003) as praias são

depósitos de sedimentos, mais comumente arenosos, acumulados pela ação de ondas e marés ao longo da faixa litorânea.

Para Silva (2008) o estudo do ambiente costeiro envolve a avaliação da distribuição da energia das ondas, dos padrões de dispersão de sedimentos e do balanço de sedimentos ao longo da costa. A identificação dos principais padrões de dispersão de sedimentos possibilita a realização de previsões de possíveis mudanças da linha de costa, evitando ou minimizando, assim, perdas físicas e econômicas.

Ambiente Estuarino

De acordo com Dalrymple *et. al.* (1992) um estuário é um corpo de água semi-fechado onde ocorre a interação de processos fluviais e marinhos, e a respectiva formação de morfologias com feições alongadas e estreitas, que se desenvolvem em direção a um vale fluvial, até a zona de alcance do limite superior da maré. Contrariamente aos deltas, os estuários apresentam taxa de fornecimento de sedimento inferior à sua capacidade de retrabalhamento por processos bacinais. Essa estrutura geológica é formada, preferencialmente, na desembocadura de vales afogados durante momentos de elevação do nível relativo do mar.

Estudos de Silva *et. al.* (2008) apontam que as sucessões estuarinas são tipificadas por seu caráter transgressivo, o que é registrado pela trasladação de fácies em direção às áreas continentais. Com isto, o empilhamento faciológico característico consiste em depósitos fluviais recobertos por estratos progressivamente com influência marinha em direção à costa, à medida que o estuário evolui, seu caráter transgressivo é minimizado. Quando as taxas de elevação do nível do mar diminuem, os estuários perdem suas características transgressivas, havendo a trasladação de fácies em direção à bacia. Tal modificação do sistema é mais comumente registrada na transição de fase de transgressão para de mar alto.

Em estuários dominados por onda, este momento é marcado pela progradação do delta de cabeceira de baía por sobre as fácies transgressivas representativas do preenchimento inicial (Silva *et. al.*, 2008). Com isso a bacia central vai sendo colmatada até eventualmente desaparecer, o que pode fazer com

que o estuário assuma características similares às de estuários com domínio de maré. Nestes, por sua vez, ocorre uma rápida distribuição de sedimentos durante seus estágios iniciais de preenchimento, quando ocorre a progradação, as fácies sofrem rápida trasladação em direção à bacia. As barras de maré localizadas na desembocadura do estuário tornam-se cada vez mais amplas até que o estuário possa ser totalmente preenchido, convertendo-o em deltas com taxas de sedimentação favoráveis.

A continuidade do processo de progradação pode culminar com o encerramento do sistema estuarino. Assim, pode-se dizer que estuários são feições efêmeras que tendem a ser preenchidas e, eventualmente, desaparecerem quando as taxas de elevação do nível relativo do mar diminuem. Estes sistemas são naturalmente convertidos em deltas, se o suprimento sedimentar provém diretamente do fluxo fluvial, ou sistemas litorâneos com linhas de costa retilíneas, se os sedimentos provêm de processos marinhos, com a ocorrência de ondas e marés.

Ambiente Fluvial

Segundo Silva *et. al.* (2008) a morfologia aluvial é resultado de uma complexa interação entre processos erosivos e deposicionais que configuram as características gerais de um sistema fluvial. A planície de inundação constitui regiões de baixo relevo, pouco drenadas, apresentando baixa taxa de acumulação, dominadas por sedimentos de granulometria muito fina. Miall (1996) afirma que uma grande quantidade de feições geomorfológicas pode ser desenvolvida, a partir da dinâmica do ambiente estuarino, havendo uma tendência de uma maior quantidade de classes tipológicas, quando são submetidos à ação de diferentes tipos climáticos.

Os depósitos aluviais são bastante representativos no registro estratigráfico, sendo estes transportados e depositados em sistemas fluviais por três principais mecanismos: fluxo de detritos, carga de fundo e carga em suspensão (Silva *et. al.*, 2008). A carga de fundo consiste na principal forma de transporte fluvial. Os sedimentos são transportados por tração, onde cada grão se movimenta individualmente ao longo do substrato. Os grãos maiores são transportados por arrasto e rolamento enquanto os grãos menores deslocam-se por saltação, como resultado dos diferentes padrões de transporte de sedimentos, desenvolve-se uma

série de tipologia de formas de leito. Considerando-se uma profundidade constante da lâmina de água, a morfologia das formas de leito é controlada pela granulometria e pela velocidade do fluxo.

De acordo com Schumm (1972) os rios meandrantes são caracterizados por canais com alta sinuosidade e que apresentam pouca variação na descarga. Os canais meandrantes mostram altas taxas de migração lateral, resultantes das diferenças na velocidade do fluxo no lado interno e externo do meandro. Silva *et. al.* (2008) discorre que em canais com alta sinuosidade, existe uma erosão contínua do banco externo do meandro, decorrente da progressiva migração lateral do canal. Em linhas gerais rios que apresentam sedimentos finos com ambundante vegetação ao longo de seu curso, tendem a possuir uma maior coesividade das margens, dificultando a erosão e a migração lateral do canal.

Segundo Allen (1965) a velocidade do fluxo da porção externa do meandro é maior, provocando erosão e transporte de sedimentos até as porções internas do próximo meandro onde são depositados, formando barras em pontal. De acordo com Silva *et. al.* (2008) a deposição contínua de sedimentos faz com que ocorra um crescimento progressivo da barra em pontal, onde o sentido geral de acreção apresenta um alto ângulo em relação ao eixo do canal. A variação na profundidade e na velocidade do fluxo sobre a superfície da barra em pontal resulta de uma seleção da granulometria e da assembléia de estruturas sedimentares, com uma tendência progressiva de diminuição do tamanho de grãos e de ocorrência de estruturas de regime de fluxo inferior em direção as suas porções superiores. O crescimento lateral das barras pode ser facilmente observado em depósitos modernos pelas cristas e depressões curvadas que se observa na superficie do terreno.

Ambiente Lacustre

Para Silva *et. al.* (2008) lagos são massas de água suficientemente profundas, circundadas por terras e de considerável extensão, de maneira que a vegetação terrestre (excluída a subaquática) não possa enraizar-se completamente. Quando as massas de água são pouco extensas são chamadas de lagoas. As lagoas costeiras são ecossistemas aquáticos de grande importância, uma vez que constituem interfaces entre zonas costeiras, águas interiores e águas costeiras

marinhas, ou seja, são ecossistemas de transição que ocupam seu espaço na zona costeira.

Ambiente de Leques Aluviais

Segundo Miall (1990) o termo leque aluvial é tem sido usado para designar sistemas fluviais em que o padrão dos canais é mais distributário que tributário. Esta característica geomorfológica permite distinguí-los dos sistemas fluviais típicos, que apresentam padrão de drenagem dominantemente tributário. De acordo com Silva *et. al.* (2008) são sistemas deposicionais em forma de leque aberto ou de segmento de cone. Caracterizados pela presença de canais fluviais distributários de grande mobilidade lateral. Formam-se em planícies ou vales largos onde rios, provinientes de relevos altos adjacentes, se espraiam adiquirindo padrão radial, devido ao desconfinamento do fluxo. O gradiente topográfico decresce das cabeçeiras para a base, dando origem a perfis longitudinal côncavo e transversal convexo para cima.

Segundo Silva *et. al.* (2008) o padrão distributário é consequência da redução do gradiente topográfico, que por sua vez causa o desconfinamento do fluxo, queda na velocidade da corrente e diminuição na profundidade da lâmina de água. Com a redução na capacidade de transporte sedimentar, ocorre sedimentação da carga transportada pelo rio e assoreamento do canal. O leito torna-se instável e ocorrem frequentemente alterações no seu traçado, especialmente após grandes cheias. A Incisão fluvial pode ocorrer na parte superior do leque em consequência de mudanças no perfil de equilíbrio do canal alimentador, gerando terraços cujas altitudes decrescem para a jusante. Neste caso, o desconfinamento e a expansão do fluxo ocorrem a partir do ponto de intersecção, definido pela intersecção da superfície topográfica do leque como o perfil de equilíbrio ou nível de base de erosão. Com isso, um espaço de acomodação é gerado e um novo lobo deposicional é formado a jusante do ponto de intersecção.

Nesses ambientes tem-se a ocorrência de fluxos de gravidade produzidos por movimentação de sedimentos e água sob a forma de fluxo de detritos, compostos por clastos com dimensão de calhaus e matacões, transportados em massa, praticamnte sem frecção, ao longo de taludes de baixo gradiente, que podem ser coesivos ou não coesivos dependendo da porcentagem de sedimentos finos (silte e

argila) na mistura; e fluxo fluidificado, que apresentam comportamento de fluído viscoso, com movimentos internos laminares e turbulentos, e são compostos por conglomerados clasto-sustentados com gradação normal e leques fluviais, dominados por rios permanentes ou intermitentes.

Os ambientes de sedimentação descritos anteriormente constituem a base para a gênese, instalação e evolução das diferentes formas de relevo ao longo da paisagem, tendo em vista que é a deposição sedimentar constitui um dos fatores mais relevantes para o desenvolvimento das diferentes formas de relevo existentes na superfície terrestre.

3.3. Compartimentação de Relevo

De acordo com Ab'Sáber (1969) a ocorrência isolada de depósitos quaternários é apenas uma estação geológica de significação paleogeográfica regional restrita e incompleta, que só adquire significado geomorfológico quando são partes componentes de um agrupamento de ocorrências capazes de serem analisadas em conjunto sob o ponto de vista fisioestratigráfico, e, se possível, cartográfico. Nesse sentido o mapeamento geomorfológico configura-se como sendo a técnica mais completa para visualização integrada dos depósitos modernos em face da compartimentação topográfica regional.

Ainda de acordo com Ab'Sáber (1969) a Geomorfologia é um campo científico que cuida do entendimento da compartimentação da topografia regional, assim como da caracterização e descrição, tão exatas quanto possíveis, das formas de relevo de cada um dos compartimentos estudados, tendo como objeto de estudo a estrutura superficial das paisagens referentes aos compartimentos e formas de relevo, e o entendimento dos processos morfoclimáticos e pedogenéticos atuais, em sua plena atuação, ou seja, procura compreender globalmente a fisiologia da paisagem através da dinâmica climática e de observações diretas sob controle de equipamentos de precisão.

As formas de relevo, assim como os outros componentes da estrutura superficial da paisagem, estão sujeitas à atuação conjunta dos fatores climáticos em sua sucessão efetiva. O entendimento da fisiologia da paisagem apoiada, pelo menos, nos seguintes conhecimentos: a sucessão habitual do tempo e atuação

condicionantes climáticos não habituais, a ocorrência de processos espasmódicos, a hidrodinâmica global da área e, ainda, levando-se em conta os processos biogênicos, químicos inter-relacionados. Nesse sentido, o uso de ferramentas de geocronologia pode ser de grande utilidade, na elaboração de considerações sobre a sequência de processos paleoclimáticos e morfoclimáticos do quaternário e, a partir das observações geomorfológicas das feições antigas e recentes do relevo, conduzir a visualização de uma plausível cinemática recente da paisagem.

Estudos de Dominguez (1990); Lima Filho *et. al.* (1991); Costa *et. al.* (1994); CPRM (1994); PCR (2000); CPRM (2001); Gusmão Filho (2002) contribuíram de maneira significativa para o estabelecimento de uma classificação de relevo que leva em consideração a distribuição dos depósitos quaternários ao longo de ambientes situados em planícies costeiras. Corrêa (2006) foi mais além, e sugeriu um sistema de classificação baseado nas unidades de paisagem, com o intuito de dar um ordenamento lógico à fisiologia, considerando os processos superficiais atuantes e, sobretudo, evidenciando seus diferentes usos e o quadro ambiental vigente em cada porção do espaço.

A referida tipologia utilizou as formas de relevo, a cobertura vegetal, o uso do solo, processos superficiais e riscos ambientais na determinação das unidades de paisagem, compartimentando o ambiente de planície em quatro subunidades: unidade de planície, litorânea, estuarina, e corpos d'água. O desafio posto é refinar tal classificação com maior nível de detalhe e produzir resultados capazes de caracterizar morfológica e processualmente as unidades, e, com isso, dar embasamento técnico e científico capaz de auxiliar o planejamento e gestão do uso da terra.

Segundo Ross (2003) as formas de relevo se manifestam de modo diferenciado ao longo da superfície, em função das organizações de seus elementos e das interferências múltiplas dos demais componentes do estrato geográfico, traduzidas pela troca de energia e matéria entre os componentes numa dinâmica responsável pela gênese e evolução do modelado terrestre. O entendimento do relevo passa, portanto, por uma instância maior, denominada de Paisagem. Não se pode entender a gênese e a dinâmica das formas de relevo sem que se entendam os mecanismos motores de sua geração, e o funcionamento da dinâmica da estrutura superficial da paisagem. Ross (2001) afirma que os elementos da

paisagem são mapeáveis e suas dimensões e formatos são elementos importantes para o entendimento de sua gênese e dinâmica atual e sua representação cartográfica, sendo um recurso técnico-científico importante para efeito de sua aplicação.

Casseti (2005) afirma que quando são levadas em consideração a intensidade e frequência de uma ação morfogenética definida sob os depósitos quaternários, há uma tendência do estabelecimento de um equilíbrio morfoclimático que, por conseguinte, comanda a formação de diferentes feições de relevo a partir de processos morfogenéticos e morfodinâmicos específicos. Estabelecendo, assim, uma relação entre os processos de superfície e as formas de relevo encontradas na paisagem através do trabalho geomorfológico. O resultado dessas relações será demonstrado nos próximos parágrafos.

A planície aluvial, compartimento topográfico de embutimento elaborado pelo sistema fluvial, associado à meandração, as sequencias deposicionais são resultantes do trabalho do próprio rio, tratando-se de cascalheiras inumadas ou suspensas, que evidenciam a ocorrência de alternâncias climáticas em suas camadas. Seus sedimentos são arredondados em decorrência do transporte fluvial por rolamento ou saltação, preenchendo a planície com depósitos aluviais.

A planície de inundação meândrica refere-se aos depósitos aluviais, holocênicos ou subatuais, relacionados tanto à elaboração das superfícies alveolares a partir de processo de meandração, como a transbordamento fluvial em relação ao leito maior, por ocasião dos fenômenos de enchentes.

Os depósitos de terraços sob a vigência de um clima semiárido é caracterizado pelo abandono ou redeposição de seixos rolados, elaborados pelo transporte fluvial no clima úmido antecedente, posicionados ao longo de talvegue remanescente. Numa fase seguinte, determinada pelo retorno ao clima úmido, evidencia-se o reentalhamento da drenagem no antigo leito abandonado, ou próximo deste; os seixos rolados, abandonados na fase agressiva anterior, depois de exumados pela incisão da drenagem, se posicionam acima do talvegue atuais, muitas vezes sotopostos ou recobertos por sedimentos resultantes do transbordamento do rio, como os depósitos aluviais, ou provenientes de montantes sob a forma de depósitos coluviais.

De acordo com Ab'Sáber, (1968) os Depósitos de Cobertura são formações detríticas, de origem coluvial ou elúvio-coluvial, presentes nas regiões tropicais úmidas, que acompanham todas as irregularidades principais da topografia das vertentes e dos interflúvios mais baixos ou rebaixados, atingindo todos os níveis e patamares de relevo da paisagem recente. Incluindo-se até mesmo o dorso dos baixos terraços fluviais que ladeiam descontinuamente as atuais planícies de inundação.

Quando os distintos ambientes de sedimentação, a partir do qual são desenvolvidas as diferentes formas de relevo ao longo da superfície terrestre são intensamente ocupadas pela população, ocorre uma série de modificações dos processos vigentes em ambientes naturais. Desse modo a ação antrópica contribui de maneira substancial para a modificação das formas de relevo existentes e em alguns casos é responsável pela a geração de morfologias totalmente antrópicas ao longo da paisagem.

3.4. Uso do solo e Risco de Alagamentos

Ab'Saber (1965) afirma que as variações de menor magnitude da fisiologia da paisagem podem ser determinadas por ações antrópicas, as quais na maior parte dos casos podem ser irreversíveis em relação ao funcionamento dos processos naturais. Na verdade, a intervenção humana na estrutura superficial da paisagem responde por uma gama de complexas variações na fisiologia de uma determinada paisagem, comparando-se até certo ponto, aos acontecimentos de maior intensidade, relacionados às variações climáticas quaternárias. Segundo Girão e Corrêa (2004) a ação do homem constitui-se em um relevante agente modificador do meio ambiente, alterando o equilíbrio e a dinâmica dos processos naturais.

De acordo com Peloggia (1997) a ação humana sobre a natureza tem consequências geológico-geomorfológicas refervíeis a três níveis de abordagem: na modificação do relevo e alterações físiográficas; em alterações da fisiologia das paisagens; e na criação de depósitos superficiais correlativos que podem se constituir em marcos estratigráficos. A ação do homem desempenha frequentemente um papel determinante na morfogênese atual, em função das modificações consideráveis que imprime à biosfera. Existe ainda toda uma série de formas

antrópicas, desenvolvidas em consequência de uma ruptura de equilíbrio do meio natural desencadeada pelo homem, variando também em função das formas técnicas e sociais de organização da produção ainda mais que do clima, evidenciando, que a morfogênese antrópica dispõe de uma dinâmica própria.

A ação antrópica é concentrada e intensificada nas áreas urbanas, bem como nas áreas de expansão urbana (ou periurbanas). De acordo com Fujimoto (2005) a análise geomorfológica consiste na identificação e mapeamento dos compartimentos de relevo determinados por fatores naturais, originados por processos climáticos presentes e pretéritos, quando a morfologia encontrava-se praticamente em situação original. As formas de relevo criadas ou induzidas pela atividade humana devem ser reconhecidas, analisadas e interpretadas quando situadas em ambientes urbanos. Neste sentido, a avaliação geomorfológica inclui em sua análise uma abordagem histórica das formas de relevo, do material de cobertura superficial e dos processos geomorfológicos, pois revelam as dimensões das alterações ambientais no espaço urbano.

Rodrigues (2005) entende por morfologia original, aquela cujos atributos como extensão, declividades, rupturas e mudanças de declives não sofreram alterações significativas por intervenção antrópica direta ou indireta. Modificação significativa é aquela que já implica em dimensões métricas nos atributos mencionados. Existe uma classificação de categorias de intervenção que parte de um primeiro grupo de intervenções morfológicas, denominadas intervenções de primeira ordem, nas quais a urbanização é uma das principais. Outra importante categoria, também de primeira ordem é a intervenção para retirada da vegetação original. Assim, a morfologia original é a que não sofreu intervenção direta nas formas originais, ou seja, os sistemas geomorfológicos podem ter sido objeto de interferências importantes do ponto de vista dos processos, como no caso da ação do desmatamento, mas não sofreram remanejamentos diretos significativos de material como aqueles que ocorrem em áreas com aragem, pastagem intensiva e uso de trator (superfícies agrícolas) ou cortes, aterros e substituição por materiais tecnogênicos (superfícies urbanas).

Os procedimentos específicos, ora apresentados, são apenas parte dessa busca mais ampla que inclui o conjunto de atividades práticas em processos de

planejamento. Representa, contudo, alguns dos testes mais significativos que podem ser considerados simultaneamente procedimento e resultado.

De acordo com o exposto conclui-se que a ação antrópica tem a capacidade de alterar a dinâmica habitual dos sistemas geomorfológicos, gerando um alto grau de entropia no mesmo. Essas modificações acabam por gerar uma série de desequilíbrios na paisagem, acarretando na incidência de diversos impactos ambientais ao longo da paisagem, como resultado do reajuste do sistema às novas condições de equilíbrio.

Segundo Kobiyama *et. al.* (2006) um evento natural ocorre em função de processos vigentes no sistema ambiental. De acordo com Castro (1996), desastre é definido como resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ambiente (vulnerável), causando danos humanos, materiais e/ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais e o risco a ocorrência dos mesmos é a probabilidade de perda esperada para uma área habitada em um determinado tempo.

Hétu (2003) discorre que um desastre, embora qualificado como natural, é antes de tudo, um fenômeno social. Um agente natural representando um risco potencial só será considerado uma catástrofe caso suscite perda de vidas e danos materiais. De acordo com Moura e Silva (2008) eventos naturais somente se convertem em desastres quando existe uma população ocupando as áreas afetadas pelos mesmos. Com frequência são derivados e/ou potencializados pela ação humana. Os impactos dos fenômenos naturais na sociedade tornam-se problemáticos pelo modo de ocupação do solo, pela qualidade construtiva e pela presença ou ausência de infraestrutura adequada.

Segundo Kobiyama *et. al.* (2006) a susceptibilidade a ocorrência de um desastre natural é entendida em função de sua recorrência e ciclicidade em uma determinada região no decorrer de certo intervalo de tempo. Enquanto a vulnerabilidade está relacionada aos danos causados à parcela da população que comumente é afetada. Os desastres naturais de natureza climática são responsáveis por uma parcela considerável das perdas materiais e humanas ao longo do globo. E nesse contexto as enchentes e alagamentos constituem desastres naturais de grande intensidade e frequência, quando associados a Eventos Pluviométricos de Alta Magnitude.

Frequentemente há uma confusão entre os termos inundação, enchente e alagamento, talvez por conta da tradução dos correspondentes em língua inglesa "*flood" e "flooding".* De acordo com Souza (2005a) Inundação é o transbordamento de cursos hídricos sobre terrenos naturais, onde não existem ou são raras as ocupações antrópicas; Enchente consiste no transbordamento dos cursos hídricos sobre terrenos de ocupação antrópica marginais aos mesmos; e Alagamento é o acumulo de água em áreas distantes dos cursos hídricos sobre terrenos com ocupação antrópica, geralmente em áreas de baixa declividade e/ou em áreas de antigos alagados que foram suprimidos pela urbanização.

Ribeiro e Lima (2011) discorrem que os alagamentos ocorrem como resposta ao processo de urbanização, e respectivas intervenções promovidas pela ação antrópica ao longo do ambiente de planície. Segundo Carvalho (2004) a origem do risco a alagamentos está associado à diminuição da área dos ambientes aquáticos pela expansão urbana. Nas áreas submetidas a essas intervenções passam gradativamente com seu uso a serem suscetíveis e posteriormente vulneráveis a esse tipo de risco.

Christofoletti (1980) afirma que os rios funcionam como canais de escoamento, tornando a dinâmica fluvial parte integrante do ciclo hidrológico, a alimentação dos cursos fluviais é realizada pelas águas superficiais e subterrâneas. Estima que apenas um oitavo da drenagem anual do ciclo hidrológico escoa diretamente para o mar, a partir da superfície da terra, o restante se infiltra momentaneamente pelo menos uma vez. De acordo com FADE (2003) as margens com terreno natural permitem uma melhor interação entre o rio e o aquífero freático, possibilitando a recarga do aquífero nas épocas de vazões maiores e por outro lado possibilitando que o aquífero contribua para a vazão do rio em épocas sem chuvas. Estudos de Tucci (1995) concluem que em uma bacia hidrográfica localizada fora do perímetro urbano, o fluxo hídrico é retido pela vegetação e infiltra-se no subsolo, o que resta, escoa sobre a superfície de forma gradual, produzindo um hidrograma com variação lenta de vazão e com picos de enchentes moderados. As inundações naturais extravazam seu leito menor, em média, a cada dois anos, ocupando o seu leito maior.

Segundo FADE (2003) a urbanização aumenta a vazão máxima das inundações e a frequência das enchentes e alagamentos. A impermeabilização do

solo, (principalmente nas proximidades das margens do canal) reduz a infiltração e, consequentemente, aumenta o escoamento superficial. Além disso, as superfícies impermeabilizadas apresentam menor rugosidade que o solo exposto, o que aumenta a velocidade da água que chega mais rápido nos pontos baixos, aumentando o nível normal de inundação dos rios e a geração de enchentes e alagamentos ao longo do perímetro urbano. Em locais com urbanização intensa a vazão produzida nos períodos de altos índices pluviométricos, pode chegar a ser seis vezes maior do que a vazão da mesma bacia em condições naturais.

De acordo com Corrêa (2006) as superfícies de áreas urbanas apresentam uma cobertura por asfalto, concreto e pavimento, tornando-a impermeável e dificultando a infiltração e aumentando o escoamento superficial. Desta forma, as áreas urbanas respondem às precipitações como se fossem desertos. O ambiente de planície por apresentar baixa declividade torna-se susceptível a ocorrência de enchentes e alagamentos durante os episódios de intensas precipitações. Em áreas urbanas a ocupação das margens dos corpos hídricos acaba por retirar a vegetação diminuindo a capacidade de infiltração de água no solo. Por outro lado à impermeabilização do solo próximo às suas margens por concreto ou asfalto acaba por impossibilitar por completo a incipiente infiltração vigente, provocando o aumento da velocidade do escoamento superficial de suas águas culminando no extravazamento do canal pelo fluxo hídrico, juntamente com a diminuição das áreas alagadas da planície de inundação por meio de aterros resultam na geração de diversas áreas suscetíveis a ocorrência de alagamentos.

4. GENÊSE E EVOLUÇÃO DA PLANÍCIE DO RECIFE

A faixa sedimentar costeira do litoral oriental do Nordeste do Brasil é composta quase em sua totalidade por um relevo de tabuleiros, entretanto, esse compartimento geomorfológico é interrompido por pequenas planícies que podem avançar vários quilômetros em direção ao interior do continente, em uma dessas descontinuidades desenvolveu-se a planície do Recife (Lima Filho *et. al.,* 1991). A gênese dessa planície tem relação com a abertura do oceano Atlântico, e a separação dos continentes Sul-americano e Africano durante o cretáceo, evidenciando o seu componente tectônico desenvolvido na escala de milhões de anos. Apenas no decorrer do período Quaternário que a planície em tela passou a ser afetada pelos eventos de variação do nível médio do mar ocorridos em função dos episódios de glaciação e interglaciação, desencadeadas na escala de tempo de milhares de anos.

Ao longo do capítulo serão abordados os fenômenos responsáveis pela gênese e evolução da planície do Recife em diferentes escalas de análise. Inicialmente serão abordados os fenômenos correspondentes à formação das bacias sedimentares costeiras Pernambuco e Paraíba; posteriormente serão tratadas as questões relativas às variações do nível do mar e sedimentação costeira; Processos de superfície ocorridos no Quaternário; e o processo de formação da Planície do Recife.

4.1. Geologia das bacias sedimentares Pernambuco e Paraíba

Na área correspondente a Região Metropolitana do Recife é possível identificar duas unidades geológico/geotectônicas a nível regional: o Planalto Cristalino Rebaixado, formado por rochas ígneas e metamórficas do embasamento pré-cambriano e a uma faixa sedimentar compreendida pelas bacias sedimentares Pernambuco e Paraíba, compostas por rochas sedimentares de idades mesozoica e cenozoica (CPRM 1994). A planície do Recife encontra-se completamente inserida nos domínios da segunda unidade, e alguns de seus setores constituem zonas limítrofes com o primeiro compartimento de relevo.

Pesquisas iniciais (Asmus e Carvalho, 1978; Ojeda, 1981) acreditavam que as referidas bacias constituíam um único compartimento de relevo, denominada de Bacia Pernambuco-Paraíba, com características homogêneas ao longo de toda sua extensão. Segundo Bizzi *et. al.* (2003) a mesma teria uma área emersa (*onshore*) de 9.000 km², estendendo-se para a plataforma continental, na região do Gráben do Cupe, ocupando cerca de 30.000 km² na sua porção submersa (*offshore*), prolongando-se até o Platô de Pernambuco. Lima Filho *et. al.* (2006) discorrem que com a evolução dos estudos geológicos que tratam da reconstituição dos eventos de ruptura e deriva dos continentes sul-americano e africano, abertura do oceano Atlântico e o desenvolvimento da estratigrafia de sequência, percebeu-se uma série de particularidades que culminaram na sua compartimentação em duas bacias com características estruturais, estratigráficas e geocronológicas distintas (figura 10).

Figura 10. Bacias Sedimentares Pernambuco e Paraíba. Barbosa e Lima Filho (2006).

Estas bacias ocupam a porção costeira dos estados de Pernambuco e Paraíba, estendendo-se desde o do Alto de Mamanguape, ao norte, limitando-se com a bacia Potiguar (situada no Rio Grande do Norte), até o Alto de Maragogi, ao sul, fazendo contato com a bacia Sergipe-Alagoas (no estado de Alagoas). As mesmas são separadas pelo Lineamento Pernambuco e possuem evoluções tectônicas distintas (Oliveira, 1993). A bacia Pernambuco, localizada ao sul do Lineamento Pernambuco, é do tipo Rift, é mais antiga e remonta a abertura do Atlântico. A bacia Paraíba situa-se ao norte desta falha de rejeito direcional, se comporta estruturalmente como uma rampa inclinada para o Atlântico e representa a última massa continental que ligou os continentes sul-americano e africano.

Origem e Evolução Tectônica

De acordo com Bizzi *et. al.* (2003) a partir do triásico ocorreram uma série de processos de acresção, subducção, transformância e microcolisões entre as placas sul-americana e africana, responsáveis pela sua separação e formação do oceano Atlântico e, por extensão, a reativação dos grandes lineamentos formados na fase magmática das províncias brasilianas. Esses processos se deram em três estágios evolutivos que sucederam um estágio anterior denominado de pré-rifte, que se encontrava vigente desde o limite paleozoico/eotriássico. O primeiro estágio designado de rifte (jurássico superior) foi composto pelo sin-rifte I, marcado por falhamentos extensionais, com formação de um complexo sistema de grábens e a ocorrência de magmatismo basáltico; sin-rifte II e III (neocomiano e barremiano respectivamente) onde se propagaram os eventos extensionais para o interior do continente, culminando numa fase de quiescência tectônica; o segundo estágio (aptiano-albiano) apresentou características transicionais entre condições continentais para marinhas, em um momento de estabilidade tectônica. No terceiro estágio (pós-albiano) ocorreu um gradual progresso da deriva continental e a subsidência termal.

De acordo com Mabesoone e Alheiros (1991) no aptiano se deu o processo de abertura do rifte sul-atlântico, como resposta aos esforços desencadeados pela divergência de movimentos entre os continentes sul-americano e africano. Inicialmente o rifte apresentava direção NS/NNE, nas proximidades dos municípios

de Campos (RJ) e Salvador (BA), a partir deste ponto, ocorreu uma bifurcação em dois ramos, seguindo às linhas de fraqueza do embasamento cristalino. O primeiro com direção N-S, responsável pela formação da bacia Recôncavo-Tucano-Jatobá, e o segundo com sentido NE, que criou a bacia Sergipe-Alagoas, e se prolongou até o Lineamento Pernambuco. Segundo Lana e Milani (1986 *apud* Mabesoone e Alheiros 1991) a região limitada entre estes três vértices, intitulada de Microplaca do Nordeste, acabou sofrendo uma rotação anti-horária em relação à placa sul-americana, passando a ter um comportamento independente.

O rifteamento vigente na bacia Pernambuco, foi abortado no contato com o Lineamento Pernambuco, não se propagando para a bacia Paraíba, ao norte, fazendo com que a mesma passasse a constituir o último setor a ser afetado pela reativação da plataforma sul-americana. Com o afastamento dos continentes a crosta passou por uma fase de estiramento ficando cada vez mais fina, até finalmente romper, indicando a ocorrência de uma flexura ao invés de quebra. Os protos-oceanos Atlântico norte e sul já haviam sido formados, pela expansão do assoalho oceânico, deixando, no entanto, a área entre Recife (PE) e João Pessoa (PB), na América do Sul, e Nigéria e Gabão, na África, ligadas até o maastrichiano, devido à ocorrência de falhas transcorrentes, que após a separação passaram a atuar como falhas transformantes da Cordilheira Mesoatlântica.

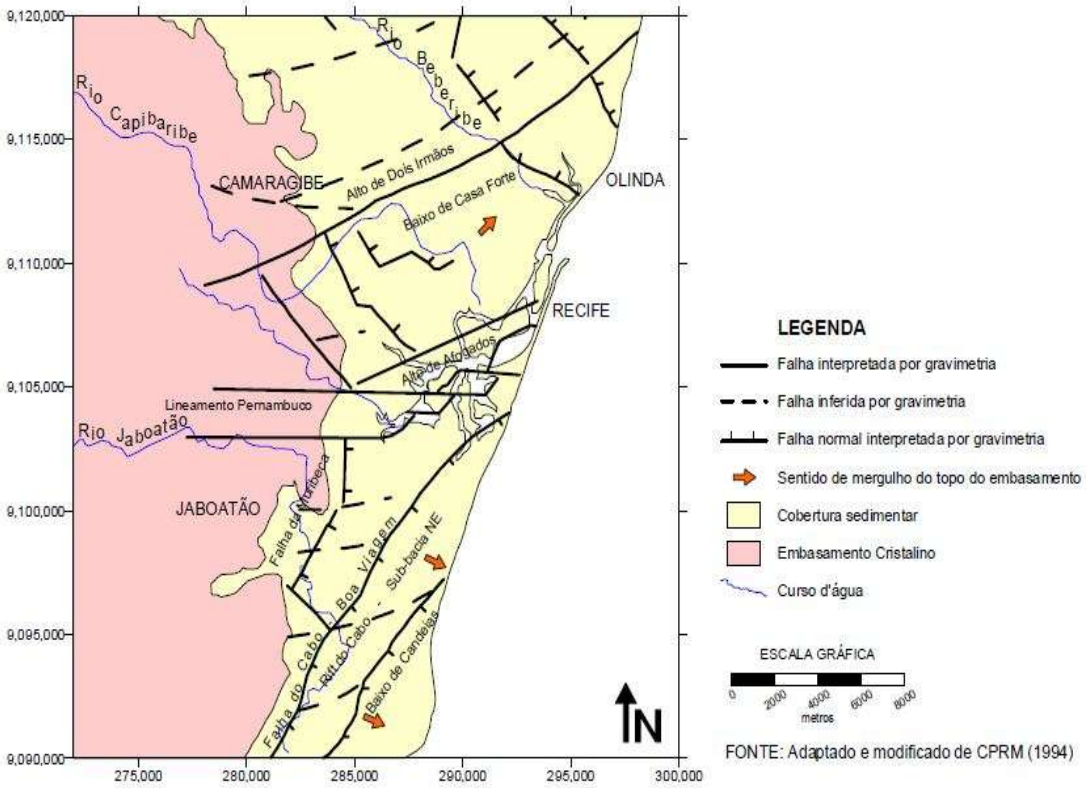
Matos (1999) afirma que na bacia Pernambuco ocorreu um rifte estreito gerado por movimentos transcorrentes dextrais. No aptiano, o rifteamento avançou para além do Lineamento Pernambuco, sendo abortado no contato com a bacia Paraíba. Durante o albiano, os esforços extensionais continuaram na bacia Pernambuco, com presença de um magmatismo ativo. Do final do turoniano ao santoniano, ocorreu uma subsidência ao norte alcançando a bacia Paraíba, devido à flexão da plataforma entre o Lineamento Pernambuco e o Alto de Touros no Rio Grande do Norte, fazendo com que as depressões fossem preenchidas por sedimentos clásticos, iniciando uma sedimentação transicional provocada por uma transgressão marinha provocada pela continuidade de flexão da rampa.

Durante o campaniano a transgressão se instalou em toda bacia Paraíba, devido à rápida subsidência da rampa. No maastrichtiano, ocorreu uma relativa calmaria tectônica, que culminou na deposição de carbonatos plataformais na bacia em tela. Na bacia Pernambuco, a partir do turoniano, houve levantamentos

epirogenéticos que foram responsáveis pela erosão que atingiu os sedimentos da fase rifte e as rochas da Suíte Magmática Ipojuca, juntamente com movimentos distensionais que causaram a deposição da Formação Algodoais. Segundo Lima Filho (2008) durante o paleógeno a bacia Pernambuco foi novamente tomada por um vulcanismo ácido, do tipo riolítico, que cobriu parte da mesma, o intemperismo desse riolito resultou nas camadas caulínicas depositadas principalmente no Alto do Cabo de Santo Agostinho.

Cada evento descrito anteriormente foi responsável pela criação de condicionantes tectônicos para o desenvolvimento das características atuais das bacias em questão. A partir dos estudos de Oliveira (1993) foram identificados os seguintes compartimentos estruturais na bacia Pernambuco: Baixo de Candeias e Baixo do Cupe/Suape, com desnível em tomo de 3.000 m, separados pelo Alto do Cabo/Gaibú. E na bacia Paraíba: o Baixo de Casa Forte, que corresponde a uma estrutura assimétrica e rasa, ladeada pelos altos de Afogados e de Dois Irmãos (Figura 11).

Figura 11. Compartimentos Estruturais das Bacias Pernambuco e Paraíba. CPRM (1994).



Evolução Sedimentar

Estudos de Chang *et. al.* (1990) asseveram que a evolução sedimentar das bacias da margem leste brasileira é representada pela deposição de cinco mega sequências sedimentares: continental, evaporítica transicional, plataforma carbonática rasa, transgressiva marinha e regressiva marinha. A mega sequência continental é constituída, por três sequencias sin-rifte, com idades, associações de fáceis e estilos estruturais característicos, a saber: sin-rifte I, neojurássica; a sin-rifte II, neocomiana; e a sin-rifte III do barremiano. A evaporítica e de plataforma carbonática rasa foram depositadas, respectivamente, durante o aptiano e albiano, nos estágios iniciais do desenvolvimento do oceano Atlântico, quando uma estreita passagem do mar formou-se ao longo de toda margem do leste brasileiro, resultando na deposição de evaporitos e posteriormente de uma plataforma rasa, constituída por oncólitos, óolitos e bioclastos, além de sistemas clásticos de fandelta que se intercalam a estes carbonatos.

A bacia Pernambuco, possui uma sedimentação correspondente à mega sequência continental, enquanto que a deposição sedimentar da bacia Paraíba só apresenta registros a partir da sequência marinha transgressiva, no turoniano. Lima Filho e Monteiro (1998) afirmaram que o Lineamento Pernambuco formou um alto estrutural que se manteve elevado até o final do turoniano, impedindo que a sedimentação vigente na bacia Pernambuco se propagasse para o norte.

Durante o aptiano foi aberta a parte mais setentrional do rifte, até o lineamento Pernambuco, ficando preenchido com depósitos resultantes em forma de leques aluviais a partir da escarpa falhada passando por seus setores proximal, mediano e distal, até o sistema lacustre receptor (Formação Cabo). Dada a grande espessura do pacote sedimentar o rifte devia ter se aprofundado em tempo relativamente curto, em paralelo a esse fato, a área ao norte do Lineamento Pernambuco teria se comportado como uma área continental de denudação. Segundo Mabesoone *et. al.* (1991a) a partir do cenomaniano superior, o rifte abriu-se e aprofundou-se ainda mais, resultando na deposição dos clástos finos e dos calcários da Formação Estiva em ambientes de litoral e plataforma mista, terrígena-calcária, do cenomaniano superior até o paleoceno foi depositado um pacote de rochas carbonáticas contínuo a partir da Formação Estiva na bacia Pernambuco.

Em paralelo, na bacia Paraíba do santoniano-campaniano ao maastrichtiano inferior, depositou-se nas sub-bacias Olinda, Alhandra e Miriri, a partir de sistemas deposicionais fluviais, litorâneos e estuarinos, a Formação Beberibe, composta de arenitos grosseiros a finos, com ou sem componente carbonático no cimento, com algumas intercalações de clástos finos e fossíliferos. Tal sequencia sedimentar inexiste ao sul do Lineamento Pernambuco em decorrência de seu relevo escarpado, diferentemente do relevo suavemente inclinado ao norte do mesmo.

Posteriormente a abertura do Atlântico sul chegou a um estágio no qual as correntes marinhas passaram a atuar na região, modificando consideravelmente a fauna marinha por conta de um episódio de ressurgência. Nos locais onde os arenitos não tinham um componente carbonático, as circunstâncias eram propícias à deposição e concentração de matéria fosfática, nas demais regiões com um arenito calcário subjacente, acumulou-se apenas um calcarenito grosseiro, muito fossilífero, com cada vez menos grãos de quartzo à medida que se aproxima da superfície. Com o aprofundamento do mar, a sedimentação calcária intensificou-se, com a acumulação de calcários finos, argilosos, com a presença de foraminíferos-biomicriticos (Formação Gramame).

No fim do cretáceo ocorreu uma crise ecológica que provocou um hiato de sedimentação e um empobrecimento da associação fossílifera. No paleoceno iniciou-se uma regressão que depositou a partir de sistemas deposicionais litorâneos, a Formação Maria Farinha, composta por calcários detríticos e argilas residuais de ambientes de maré. Durante o eoceno iniciou-se um processo de denudação na área. O nível do mar oscilou diversas vezes até a grande regressão global ocorrida no oligoceno superior, que provocou a retomada da erosão, a incisão dos depósitos existentes e início do intemperismo dos sedimentos cretáceos. Mabesoone *et. al.* (1991a) relataram que a transgressão do mioceno foi um indicador de que o nível do mar continuaria a oscilar até o fim do plioceno, o material sedimentar que foi depositado na faixa costeira durante esse período, atualmente emersa na transição pleistoceno/plioceno em ambas as bacias, a partir de sistemas deposicionais continentais, fluviais e litorâneos é denominado de Formação Barreiras. Lima Filho *et. al.* (1991) constataram que durante o Quaternário ocorreu uma sedimentação bastante representativa na coluna sedimentar, representada por depósitos arenosos até argilosos, fluviais palustres, terraços fluviais e marinhos,

praias, recifes e poucas dunas baixas. De acordo com a CPRM (2001) os sedimentos de idade quaternária pertencentes às bacias Pernambuco e Paraíba estão associados ao ambiente de planícies dos principais corpos hídricos da região.

Em seguida serão detalhadas, em linhas gerais, as sequências estratigráficas de ambas as bacias, em seus setores *onshore*, logo de maior relevância para os estudos relacionados a este trabalho de dissertação. Nos parágrafos seguintes serão descritas maneira detalhada todas as formações que apresentam relativa expressão espacial e significativa importância tectônica, sedimentológica, estratigráfica e litológica que compõem o preenchimento sedimentar da bacia Pernambuco e Paraíba até o final do neógeno, tendo em vista que a análise dos depósitos quaternários, existentes na área de estudo, já foi realizada nas seções anteriores do presente estudo.

Bacia Pernambuco

De acordo com Bizzi *et. al.* (2003) o preenchimento sedimentar da bacia Pernambuco se deu inicialmente pela Formação Cabo, composta por arcósios e conglomerados, rochas vulcânicas alcalinas da Formação Ipojuca, calcários dolomitizados da Formação Estiva em sua porção superior e a ocorrência de uma sequencia siliciclástica progradante de águas profundas, representada pela Formação Algodoais.

Formação Cabo: Constitui a unidade basal da bacia Pernambuco. É composta por conglomerados, arenitos arcosianos e uma camada siltico-argilosa de idade aptiana, ao longo de um pacote de espessura superior a 3.000 m (Mabesoone *et. al.* 1991b). Segundo Alheiros e Ferreira (1991) esses conglomerados apresentam um padrão textural polimidal, sustentado por um arcabouço formado por seixos, blocos e matacões, com uma escassa matriz arcosiana. Lima filho (1998) afirma que esta formação é composta por três fácies em um sistema de leques aluviais subaéreos ou sublacustres. A fácies proximal é composta por conglomerado com intercalação de arenito, a mediana é constituída por sedimentos arenosos com intercalações de níveis conglomeráticos e a distal é constituída por folhelhos intercalados com siltitos e arenitos.

Formação Ipojuca: Segundo Borba (1991) é uma sequência de rochas vulcânicas não orogênicas (basaltos e riolitos) sob a forma de diques, plugs, sillls e derrames basálticos de idade albiana. Estratigraficamente as rochas da Suíte Ipojuca, demonstram uma contemporaneidade com a porção superior da Formação Cabo, cortando e recobrindo os sedimentos desta formação. De acordo com Lima Filho (1998) apresenta intrusões magmáticas e derrames de rochas básicas, intermediárias e ácidas, com depósitos de fluxos piroclásticos que ocorrem na forma de diques e soleiras cortando as rochas sedimentares.

Formação Estiva: De acordo com Mabesoone *et. al.* (1991b) consiste numa unidade litoestratigráfica de espessura média de 100 m, composta por calcários maciços e dolomiticos, intercalados com silte e argila, de coloração cinza a esverdiada, com a presença de fósseis mal preservados, depositada entre o cenomaniano superior e turoniano Inferior. Ocorre uma predominância de rochas microclásticas sobre as calcárias, o que indica que a deposição se deu em ambiente de transicional a marinho. Alheiros e Ferreira (1991) mostram que seu limite inferior é marcado por um paleossolo desenvolvido sobre os clástos da Formação Cabo, indicando uma nítida discordância. Segundo Morais (2008) é formada por calcários recristalizados e calcários margosos, depositados em um ambiente de plataforma rasa, indicando um possível pulso transgressivo, e a ocorrência de intercalações de carbonatos com a parte superior da Formação Cabo.

Formação Algodoais: Os depósitos são divididos em duas unidades: uma conglomerática com fragmentos de rochas vulcânicas e tufos e a outra formada por arenitos arcosianos. Engloba todos os materiais vulcânicos que foram afetados pela erosão e transporte por processos fluviais. Cruz *et. al.* (2003) descrevem a ocorrência de arenitos e argilitos, que constituem uma fácies de canal fluvial e planície de inundação. Possuem idade pós-turoniana, por serem encontrados sobrepostos aos calcários da Formação Estiva e seu limite superior deve chegar até o neógeno. É capeada pela Formação Barreiras por uma discordância que é considerada por Lima Filho (1998) como sendo um marco estratigráfico.

Bacia Paraíba

Estudos de Bizzi *et. al.* (2003) afirmam que a bacia em tela é composta por três sub-bacias: Olinda, Alhandra e Miriri. Apresenta em sua base uma sequência de clástos grosseiros da Formação Beberibe, passando lateralmente aos clástos grosseiros á finos da Formação Itamaracá, sobreposta por calcilutitos e margas maastrichtianas da Formação Gramame, sobrepostos por calcários e margas de idade paleocênica da Formação Maria Farinha.

Formação Beberibe: Mabessone (1991) discorre que ela é representada por uma sequencia sedimentar com espessura média de 200m, depositada discordantemente sobre o embasamento cristalino, sendo marcada por um intenso período de subsidência durante o santoniano e campaniano. É composta por arenitos friáveis, cinzentos a cremes, de granulometria média a grossa e mal selecionados, divididas em três camadas sucessivas. Sua base formada por leitos conglomeráticos e intercalações de níveis argilosos, uma segunda camada composta por arenitos médios a finos com cimento calcífero e calcarenitos e no terceiro pacote depósitos microclásticos, de cores escuras a acinzentadas, às vezes com componente carbonático.

Formação Itamaracá: Corresponde à deposição de sedimentos de ambientes transicionais de idade campaniana sobrepostos a Formação Beberibe. É constituída por folhelhos, arenitos calcíferos cremes ou acinzentados, com granulação de média a grossa, estratificação indistinta e abundantes moldes de moluscos marinhos, e uma camada de fosfato que marcaria o topo de uma sequência transgressiva. Com a parada da sedimentação continental e o domínio de um ambiente carbonático, inicia-se a manutenção de um sistema de mar alto, correspondendo aos sedimentos plataformais da Formação Gramame (Barbosa *et. al.*, 2003; Barbosa, 2004).

Formação Gramame: Consiste num pacote sedimentar empilhado sobre a Formação Itamaracá ao longo do maastrichtiano, depositados em ambiente marinho raso, de média à baixa energia, sujeito a ação de tempestades e tsunamis. Representa uma alternância bem desenvolvida de ciclos de calcilutitos e margas, e

caracterizada por níveis altamente fossilíferos, calcilutitos ricos em pirita, e com intensa bioturbação do grupo dos Thalassinoides nas margas (Schlicht *et. al.*, 1999). Estudos de Barbosa (2004) apontam que a distribuição dos depósitos carbonáticos parece ter sido influenciada pela posição espacial das sub-bacias em relação ao nível do mar, mostrando um registro irregular a partir do neo-campaniano, quando se iniciou a fase transgressiva na bacia. Essa formação não ocorre nas sub-bacias Alhandra e Miriri, estando restritos a sub-bacia Olinda.

Formação Maria Farinha: Morais (2008) afirma que a mesma é composta por duas fácies: uma inferior, composta por calcários detríticos de origem litorânea, e uma porção superior, marcada pela alternância de calcários detríticos puros, calcários argilosos, margosos e argilas. Segundo Almeida (2000) a primeira fáceis é muito similar à Formação Gramame, a outra mostra feições recifais a lagunares de alta energia com colônias de algas, corais e moluscos perfuradores e incrustantes. Oliveira (1978) observou que a maior parte dos calcários desta formação é de micritos, muitas vezes recristalizados em microsparitos e, raramente, em esparitos, de deposição marinha em fase de regressão. Beurlen (1967) discorre que o capeamento da Formação Gramame pela Formação Maria Farinha fica restrito a uma estreita faixa litorânea situada na Sub-bacia de Olinda. De acordo com Barbosa (2004) sua base constitui um depósito sedimentar marcado por uma camada carbonática detrítica (conglomerática) contendo clastos carbonáticos e bioclastos retrabalhados os quais indicam um pulso de rebaixamento do nível do mar (Barbosa, 2004). Albertão (1998) constatou que esta camada provavelmente foi formada pela ação de um tsunami. Acima dela há um nível contínuo de marga. O rápido movimento regressivo dos depósitos neo-maastrichtianos da Formação Maria Farinha são interpretados como um Sistema de Mar Baixo, o que pode significar um evento de reativação e soerguimento tectônico da bacia.

Formação Barreiras: Mabesoone *et. al.* (1991b) a designaram como depósitos que cobrem a maior parte dos sedimentos cretáceos, estendendo-se também sobre as rochas cristalinas adjacentes, não ultrapassando muitas dezenas de metros de espessura, depositados no limite plioceno/pleistoceno. Mabesoone e Alheiros (1988) discorrem que a referida formação é constituída por sedimentos areno-argilosos,

pouco consolidados, com distintas fácies de leques aluviais, canais fluviais e planícies de inundação. Apresenta-se como depósitos meso e micro-clásticos, com ocasionais camadas de seixos, com cores muito vivas resultante do profundo intemperismo, obscurecendo assim os caracteres sedimentares originais, tais como acamamento e estruturas deposicionais. Está presente tanto na bacia Pernambuco quanto na bacia Paraíba.

De maneira geral a formação e desenvolvimento das bacias sedimentares costeiras Pernambuco e Paraíba do cretáceo ao neógeno foram fundamentais para o surgimento da estrutura necessária para a formação da planície do Recife, contudo, os registros das variações do nível do mar ocorridos durante o Quaternário, elucidam de forma mais clara os eventos responsáveis por sua gênese e evolução. Tendo em vista que os sedimentos recentes constituem peças imprescindíveis para uma reconstituição mais completa dos fenômenos sedimentares ocorridos ao longo do tempo. Em função desse fato, é importante salientar que a discussão sobre a sedimentação quaternária será discutida com maior detalhamento nas seções posteriores desse trabalho.

4.2. Variações do nível do mar e sedimentação costeira

As flutuações do nível relativo do mar representam uma consequência das variações reais dos paleoníveis dos oceanos, conhecidas como eustasia, e das mudanças dos níveis dos terrenos emersos adjacentes conhecidas pelo nome de isostasia. Essas mudanças são controladas fundamentalmente pelas variações nos volumes das bacias oceânicas, tectônica de placas e deformações das superfícies oceânicas em decorrência de fenômenos gravitacionais (Souza *et. al.*, 2005).

A atividade tectônica provoca deformações verticais e/ou horizontais da crosta terrestre e acabam gerando diferenças isostáticas ao longo do globo. Segundo Baptista Neto *et. al.* (2004) o ajuste na posição relativa da litosfera em relação à astenosfera proporcionado pela sobreposição de cargas de diferentes densidades, define o equilíbrio isostático da crosta terrestre. Esse equilíbrio é alcançado mediante o constante balanceamento de forças, trazidos por soerguimento de uma área e subsidência em outra, que implicam em variações locais, ou mesmo regionais do nível relativo do mar. Suguio (2010) afirma que a superfície da Terra varia

conforme a distribuição da força gravitacional. Na prática tem-se a ocorrência de enormes concavidades e intumescências da superfície do mar causadas pelas diferenças de densidade do interior do nosso planeta, e qualquer mudança na forma do geoide é acompanhada por um movimento vertical e horizontal da litosfera, causando variações do nível do mar de natureza geoidoeustática.

As variações do nível do mar que se deram durante o Quaternário foram ocasionadas por mudanças nos volume de água dos oceanos em virtude da ocorrência de glaciações nas altas latitudes do globo. De acordo com Moura (2003) as regiões tropicais também foram afetadas por esse fenômeno. Durante os períodos glaciais havia contenção de água nas calotas polares e o consequente rebaixamento do nível do mar, nestas situações tinha-se a retrogradação da linha de costa juntamente com a deposição de sedimentos nas áreas litorâneas formando os terraços marinhos. Durante os interglaciais ocorria o inverso, havia o degelo das calotas polares, ocasionando a elevação do nível do mar e a progradação da linha de costa, culminando na erosão do litoral.

Estudos de Suguio (2010) asseveram que as glaciações não são exclusividade do período Quaternário, tem-se registros da ocorrência desses fenômenos durante o proterozóico, cambriano, ordovinciano, siluriano e permocarbonífero. A origem dessas variações ambientais paleoclimáticas é um fenômeno bastante complexo, resultante da interação de uma série de fenômenos geofísicos, geológicos e meteorológicos, muitas vezes atribuídos à atuação de mecanismos astronômicos como a atividade solar e os ciclos de Milankovitch.

O sol apresenta ciclos de manchas solares de aproximadamente 11 anos em média que corresponde a momentos em que a energia desta estrela é liberada mais intensamente sob a forma de calor. Com a variação da atividade solar ocorre o aumento ou a diminuição na quantidade de calor irradiada sob a superfície terrestre, causando mudanças no clima. Os ciclos de Milankovitch consistem numa curva de variações na insolação durante os últimos 500.000 anos. Segundo essa teoria, a radiação solar efetiva que incide sobre a superfície terrestre dependeria de três parâmetros planetários: excentricidade da órbita terrestre, obliquidade da eclíptica e precessão dos equinócios (Suguio, 2010).

Estudos de Baptista Neto *et. al.* (2004) concluem que o principal fator que causou mudanças do nível dos oceanos foi o crescimento e desintegração de

geleiras continentais, que foram responsáveis por variações globais do nível dos oceanos, através do fenômeno conhecido como eustasia. As grandes oscilações do nível do mar ocorridas no período Quaternário exerceram um papel preponderante na evolução das linhas de costa, em alguns momentos expondo grande parte das atuais plataformas continentais e em outros recobrindo parcial ou completamente as atuais planícies costeiras. Estima-se que, devido ao degelo das geleiras nos últimos 20.000 anos, o nível do mar global poderia ter subido em média 70 a 60 m no globo, deixando registros dos respectivos paleoníveis dos oceanos.

Antigos níveis marinhos no litoral brasileiro

A partir dos estudos de Suguio (1985, 2010), Souza (2005) e Dominguez (1981, 1990) tornou-se possível obter um modelo geral das variações do nível do mar em diversos trechos do litoral brasileiro nos últimos 123.000 anos, culminando na definição de três níveis marinhos encontrados na maior parte do litoral do Brasil.

Antigo Nível Marinho Alto (mais antigo que 123.000 anos A.P.)

Os registros mais significativos ocorrem apenas nas faixas litorâneas dos estados da Bahia, Sergipe e Alagoas. Seus testemunhos são constituídos por falésias entalhadas em sedimentos continentais da Formação Barreiras e provavelmente por uma formação recifal não aflorante existente ao sul do Estado da Bahia.

Nível Marinho Alto de 123.000 anos A.P.

A Transgressão Antiga foi seguida por uma nova fase transgressiva, há cerca de 123.000 anos A.P. também conhecida como Transgressão Cananéia no litoral paulista e como Penúltima Transgressão, nas planícies costeiras dos estados da Bahia, Sergipe e Alagoas. Os registros desse nível marinho são formados por terraços marinhos pleistocênicos, com topos que variam entre 6 e 10 m acima do atual nível de maré alta, encontrados nos litoral oriental do Nordeste do Brasil.

Nível Marinho Alto Holocênico

É o patamar mais bem conhecido em função de numerosas reconstruções de antigas posições do nível relativo do mar no tempo e no espaço, que puderam ser efetuadas a partir de mais de 700 datações ao radiocarbono, que fornecem informações sobre as oscilações do nível relativo do mar no decorrer dos últimos 5.500 anos (Angulo *et. al.* 2006). Foi responsável pela formação dos terraços holocênicos, situados nas porções externas em relação aos de idade pleistocênica, e são separados destes por uma área baixa preenchida por lamas paleolagunares superpostas por depósitos paluidais. Situam-se de 4 a 5 m acima do nível atual nas porções externas das planícies e exibem suave declividade rumo ao oceano, o que sugere que sua construção se processou durante o rebaixamento do nível do mar.

Curvas de variação do nível do mar

A associação do registro estratigráfico aos estudos geomorfológicos podem fornecer instrumentos para a interpretação da paisagem através da reconstituição dos períodos de estabilidade e instabilidade ambiental. De acordo com Moura (2003) as modificações das condições ambientais ocorridas no Quaternário provocaram grandes transformações na paisagem, essas mudanças deixaram registros que podem fornecer indícios da sequência evolutiva do ambiente ao longo de determinado intervalo de tempo.

As variações no nível do mar que ocorreram no Quaternário deixaram diversas evidências sedimentológicas (terraços marinhos e *Beachrocks*), biológicas (fósseis e traços fósseis de organismos marinhos fora de sua zona de vida) e arqueológicas (sambaquis, material lítico e outros vestígios de ocupação humana em áreas atualmente submersas). Esses indicadores são imprescindíveis na mensuração de dados quantitativos e qualitativos do comportamento da zona costeira em momentos pretéritos e principalmente projetar sua evolução para o futuro, visando à integração desse tipo de conhecimento cientifico à gestão costeira.

Suguio (2010) elaborou curvas de variação do nível do mar para os últimos 7.000 anos em vários trechos do litoral brasileiro. Abstraindo-se as variações de

segunda ordem, foi possível constatar que em todos os setores estudados, os níveis relativos do mar situaram-se acima do atual com as seguintes peculiaridades:

1. O atual nível médio do mar foi ultrapassado pela primeira vez entre 7.000 a 6.500 anos A.P.;
2. Há cerca de 5.100 anos, o nível do mar subiu entre 3 e 5 m acima da média atual;
3. Por volta de 3.900 anos, o nível relativo do mar deve ter estado de 1,5 a 2 m abaixo do atual;
4. Há aproximadamente 3.600 anos, o nível do mar subiu entre 2 e 3,5 m acima do atual;
5. Há 2.800 anos, ocorreu novamente um pequeno rebaixamento atingindo um nível inferior ao atual;
6. Há cerca de 2.500 anos atrás, atingiu-se um nível de 1,5 m a 2,5m acima do atual, e desde então tem havido uma tendência ao rebaixamento contínuo;

Flutuações do nível relativo do mar e sedimentação litorânea

As variações no nível relativo do mar é o mecanismo mais eficiente de modificação da linha de costa. Moura (2003) relata que as atuais zonas costeiras foram submetidas aos processos de modelagem fluvial e marinha ao longo do Quaternário. Feições erosivas e deposicionais deixaram registros sedimentológicos que, quando preservados, representam peças fundamentais para a reconstituição paleogeográfica de ambientes pretéritos. Assim a análise geomorfológica dos ambientes atuais constitui a base para a compreensão da sequência evolutiva da paisagem no passado geológico recente.

De acordo com Suguio (2010) a elevação do nível do mar durante o atual interglacial se processou a velocidades muito altas, em 10.000 anos (16.000 a 6.000 anos A.P.) o nível do mar subiu mais de 100 m, o que representa uma taxa superior a 1 cm/ano. Essa ascensão afetou tanto as costas em soerguimento como em subsidência, promovendo conspícuas transgressões marinhas e provocando deposição de sedimentos marinhos. As fácies sedimentares desses depósitos são

definidas em função das velocidades de ascensão do nível do mar e de soterramento pelos sedimentos supridos.

Ikeda (1964) elaborou um modelo de sedimentação em função das variações do nível do mar que versava o seguinte: quando a velocidade de subida do nível do mar é aproximadamente igual à velocidade de sedimentação temos um momento de estabilidade da zona costeira com a deposição de sedimentos praiais. Quando a velocidade de subida do nível do mar é maior do que a velocidade de sedimentação, ocorre uma transgressão marinha e como resultado os baixos cursos fluviais são afogados ocorrendo à sedimentação marinha. Em contrapartida, no intervalo de tempo em que a velocidade de subida do nível do mar é inferior à velocidade de sedimentação, tem-se a ocorrência de regressão marinha e o respectivo avanço da sedimentação fluvial mar adentro.

Estudos de Suguio *et. al.* (1985) apontam que uma vez estabelecido o perfil de equilíbrio na zona litorânea, a elevação subsequente do nível do mar perturbará este equilíbrio, que será restaurado mediante sua translação em direção ao continente. Como consequência, o prisma praial irá sofrer erosão e o material erodido será transferido e depositado na antepraia. Esta transferência provocará uma elevação do assoalho de antepraia em magnitude igual à elevação sofrida pelo nível do mar, mantendo-se assim constante a profundidade da lâmina de água. Essa dinâmica é aplicável também nos momentos de descida do nível do mar, onde as ondas irão movimentar os sedimentos inconsolidados da antepraia rumo à costa, estocando-os no prisma praial e provocando a progradação da linha de costa. Esta transferência irá cessar quando a profundidade for equivalente à que existia anteriormente. Este mecanismo pode ser perfeitamente observado no decorrer de um ciclo mensal de maré. Durante as marés de sizígia, correspondente a uma pequena transgressão, ocorrerá erosão da alta-praia e sedimentação na antepraia; e, contrariamente, durante as marés de quadratura, correspondente a uma pequena regressão, pode ocorrer sedimentação na alta-praia e erosão na antepraia. Se o transporte por deriva litorânea for fraco ou nulo, ocorrerá então uma progradação sucessiva da linha de costa pelo acrescimento de cristas praiais e um progressivo crescimento da planície costeira.

Estudos de Gusmão Filho (2002) apontam que a deposição é o mais importante fator de sedimentação de uma planície, uma vez depositado o sedimento,

a sua natureza está bem definida, havendo poucas alterações em suas características a posteriori. A granulometria das partículas é um índice de seu modo de deposição, um fluxo hídrico mais lento tende a depositar sedimentos mais finos e uniformes em tamanho a exemplo das argilas, formando depósitos mais homogêneos, como as partículas menores permanecem mais tempo em suspensão, são transportadas a maiores distâncias. Quando a água se move rapidamente, apresenta um nível energético elevado, podendo depositar grãos maiores como cascalho e areia grossa, formando depósitos mais heterogêneos.

Ainda segundo Gusmão Filho (2002) nos depósitos marinhos, resultantes da transgressão e regressão, os sedimentos grosseiros são depositados primeiro no ambiente turbilhonar das frentes de onda, posteriormente os finos são depositados à medida que ocorre a estabilização do nível praial. Ao longo do curso longitudinal dos rios, o fluxo hídrico é mais rápido e turbulento nas proximidades da nascente, apresentando depósitos mais grosseiros caracterizados por cascalho e areia grossa. Em sua foz apresentam depósitos de granulometria fina, tamanho silte e argila, quando as correntes encontram o mar a velocidade é freada, e parte da carga transportada é depositada. Nos trechos em meandro, os sedimentos tendem a se acumular em seu lado interno e provocar erosão no lado externo. Durante momentos de maior vazão, os rios sobem e extravasam seus leitos e ocupam a sua planície de inundação, depositando silte e areia nesse ambiente, tais aluviões, não apresentam granulometria bem definida ao longo da seção transversal da área inundada.

Os mecanismos de erosão, transporte, deposição e sedimentação, desencadeados no decorrer do período quaternário foram preponderantes para o desenvolvimento de uma série de processos de superfície, e da mesma forma, tais processos, acabaram por determinar a distribuição das diferentes classes de sedimentos nos diversos setores da planície do Recife.

4.3. Processos de superfície

De acordo com Ab´Sáber (1969) as paisagens tropicais não evoluem a partir de uma estaca zero, completamente despida de solos e de vegetação, mas se modificam em função de produtos gerados pelo intemperismo, da formação de solos e de sua cobertura vegetal, nesse sentido o relevo se comporta espacialmente como

o saldo da atuação de uma gama de processos de superfície, que somente pode ser compreendido à partir de uma investigação minuciosa dos seus depósitos superficiais. As bases litológicas da paisagem correspondem apenas a um ponto inicial para a efetiva compartimentação topográfica, e, na realidade são os processos morfoclimáticos que realmente modelam e criam feições próprias do relevo. O entendimento da morfologia final das paisagens terrestres precede da investigação de seu desenvolvimento ao longo do Quaternário, tendo em vista que durante esse período constatou-se a ocorrência de processos erosivos, flutuações hidrológicas e hidrodinâmicas, responsáveis pela criação e modelagem das feições de relevo atuais.

Para Casseti (2005) a observação de um conjunto de formas com respectivos depósitos correlativos, associados a determinado clima, tem-se o equilíbrio morfoclimático atingido. Para que esse equilíbrio ocorra, há necessidade de um tempo de ação prolongada sob determinado processo morfogenético, que apresentará variação em função da frequência dos componentes climáticos. Assim, quanto maior a intensidade de determinada forma de intemperismo, ligada aos demais componentes processuais, maior a evolução ou ajustamento das formas a tais efeitos. Como exemplo, num clima úmido, a densidade de drenagem reflete no grau de dissecação das vertentes, tendendo a elaboração de formas convexas. Já num clima subúmido, considerando a mesma situação tectônica, o ajustamento das formas dependerá de um tempo maior, alterando as condições climáticas, num tempo relativamente mais curto que aquele gasto para se obter o equilíbrio morfoclimático, ocorrendo assim uma série de transformações ao longo da paisagem.

Estrutura Superficial da Paisagem durante o Pleistoceno

De acordo com Casseti (2005) no pleistoceno houve uma série de oscilações climáticas responsáveis pela ocorrência de pelo menos quatro grandes fases glaciais, e outros quatro períodos interglaciais, que deixaram evidências na paisagem sob a forma de depósitos correlativos. As oscilações climáticas pleistocênicas foram responsáveis pelas variações morfogenéticas associadas aos contrastes nas formas de intemperismo (físico e químico), com reflexos diretos na

tipologia dos depósitos correlativos. Desse modo, nas fases glaciais registrou-se morfogênese mecânica, devido à condição semiárida nas latitudes intertropicais, com pronunciada ou discreta pedimentação, enquanto na interglacial, registrou-se intemperismo químico, com entalhamento da drenagem, e a ocorrência do processo de coluvionamento.

Estudos de Casseti (2005) apontam que os detritos resultantes da desagregação mecânica apresentam uma disposição hierarquizada a partir da fonte de origem: com tendência a serem mais grosseiros no sopé das vertentes, reduzindo gradativamente a sua granulometria à medida que dela se afastam. Essa disposição se dá em decorrência da concentração das precipitações em curtos períodos de tempo, típicas de ambientes semiáridos. Na fase interglacial, a drenagem é reorganizada e o intemperismo químico é responsável pela decomposição das rochas, procurando inumar os detritos produzidos em condições anteriores, através do processo denominado de coluvionamento, podendo preservar ou destruir as paleoformas ou paleodepósitos ainda existentes. Esse contraste morfogenético gerou diferenças de composição química, granulometria, textura e idade entre os depósitos correlativos, responsável pelo desenvolvimento de uma série de macroformas de relevo ao longo das diferentes paisagens tropicais.

Estrutura Superficial da Paisagem durante o Holoceno

Segundo Casseti (2005) no Holoceno, com o retorno ao clima úmido e das condições interglaciais, o predomínio do intemperismo químico respondeu pela atividade de decomposição das rochas e formação de depósitos que seriam o embrião das futuras formas de relevo. Desse modo, tem-se o entalhamento da drenagem com respectivo coluvionamento, resultante do processo de decomposição nas fases úmidas, e o predomínio da morfogênese mecânica com a elaboração de cascalheiras, nas fases semiáridas ou secas. O grau de aridez assim como sua duração, foi responsável pela intensidade da morfogênese mecânica, que pode variar de simples reafeiçoamento de vertentes, com pedimentação, até a formação de extensos pediplanos, como os relacionados às superfícies erosivas de cimeira do ciclo Sul Americano propostas por King (1956).

Ainda de acordo com Casseti (2005) as alternâncias climáticas, mecanismos morfogenéticos e depósitos correlativos regionais associados ao neógeno e Quaternário foram apresentados anteriormente, observando que, enquanto a morfogênese mecânica normalmente implicava discreta pedimentação, a morfogênese química respondia por processo de incisão da drenagem e coluvionamento de soleiras locais. No neógeno, a maior duração da morfogênese mecânica proporcionou o desenvolvimento de superfícies erosivas (processo de pediplanação).

4.4. Formação da planície do Recife

Segundo Muehe (2003) uma planície costeira é uma superfície plana, baixa, localizada no contato com o oceano, e cuja formação resultou da deposição de sedimentos marinhos e fluviais. De acordo com Suguio (2010) são superfícies deposicionais de baixo gradiente, formadas por sedimentação predominantemente subaquosa que margeiam corpos de água de grandes dimensões, comumente representadas por faixas de terrenos emersos, geologicamente muito recentes e compostos por sedimentos marinhos, continentais, flúvio-marinhos, lagunares e/ou paludais de idade quaternária.

História Geológica

Durante os pulsos finais da separação entre os continentes sul-americano e africano registrou-se a ocorrência de esforços extencionais de grande magnitude na região que corresponde as atuais bacias Pernambuco e Paraíba. Lima filho *et. al*. (1991) afirmam que o movimento rotacional da microplaca do nordeste, que deu origem as bacias Tucano-Jatobá e Sergipe-Alagoas, provocou um empurrão do Lineamento Pernambuco para o norte. A partir desse momento foi formada a depressão que viria de desenvolver uma baía, que posteriormente, seria preenchida por sedimentos e daria origem a atual planície do Recife. Diante do exposto têm-se o entendimento que a origem desta planície constitui um fenômeno tectônico de grande complexidade e de difícil reconstituição, tendo em vista que os registros sedimentológicos do cretáceo são insipientes e/ou encontram-se bastante alterados.

Segundo Dominguez (1990) a história geológica da planície do Recife é descrita com uma melhor precisão a partir do quaternário. A sedimentação de sua porção costeira foi controlada fundamentalmente por progradações e retrogradações da linha de costa, contribuindo assim para a deposição de diversas classes de sedimentos. Esses depósitos se sobrepuseram aos sedimentos de períodos geológicos anteriores pertencentes às bacias Pernambuco e Paraíba, e consequentemente deram a estrutura necessária para a formação da referida planície.

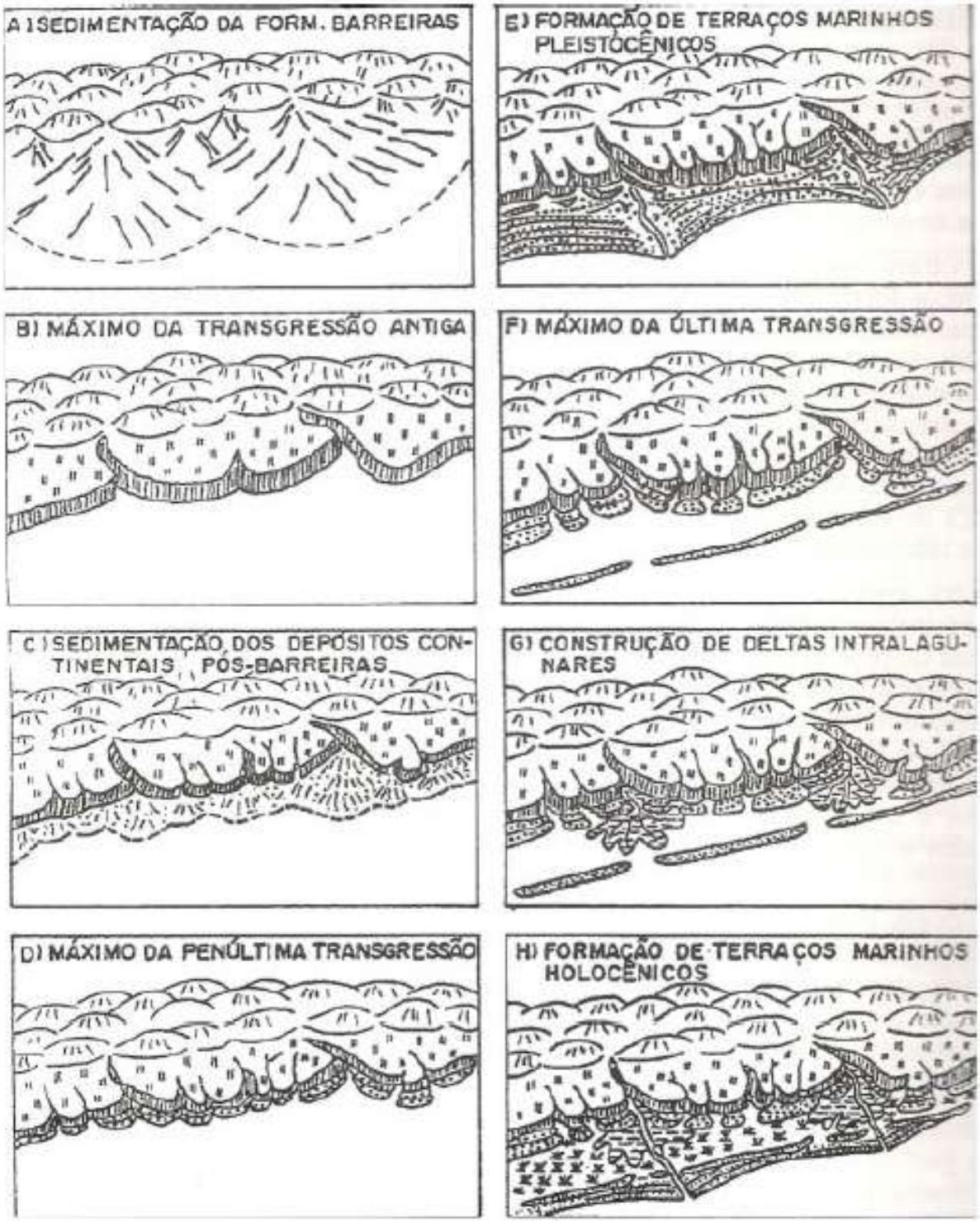
Para Suguio (2010) as flutuações de níveis relativos do mar e o transporte longitudinal de sedimentos associados com mudanças paleoclimáticas, controlaram a construção das planícies da costa brasileira. Dominguez *et. al.* (1990) identificaram em Pernambuco testemunhos de dois níveis marinhos elevados. O mais externo, holocênico, está relacionado à Última Transgressão, que alcançou um máximo em torno de 5 m acima do atual nível médio do mar por volta de 5.100 anos A.P. O pleistocênico, encontrado nas porções mais internas da planície, está associado à Penúltima Transgressão, que alcançou alturas de 8 a 10 m acima do nível médio do mar, há cerca de 123.000 anos A.P. Os testemunhos desses dois grandes episódios transgressivos foram responsáveis pela gênese de depósitos sedimentares, identificados por meio da análise de dados de sondagem e perfuração de poços tubulares. Esses depósitos se distribuem de maneira bastante heterogênea ao longo dos diferentes setores da planície em tela, e, portanto, são passíveis de serem mapeados de acordo com sua distribuição espacial, a partir da utilização de uma tipologia apropriada à escala de representação que se deseja utilizar.

Fases Evolutivas

As flutuações dos níveis relativos do mar e o transporte longitudinal de sedimentos, associados com mudanças paleoclimáticas, controlaram a construção das planícies da costa brasileira. O modelo evolutivo mais completo foi estabelecido para o litoral da Bahia por Dominguez *et. al.* (1981) e Suguio *et. al.* (1985), descrito por Souza (2005), Muhe (2006) e Silva *et. al.* (2008) e posteriormente readaptado por Suguio (2010) é válido para o trecho do litoral brasileiro entre Macaé (RJ) e Recife (PE), podendo ser estendido até o Rio Grande do Norte. Com uso deste

modelo, somado aos estudos de Lima Filho *et. al.* (1991) tornou-se possível descrever os estágios evolutivos da planície do Recife com uma considerável riqueza de detalhes (figura 12).

Figura 12. Fases Evolutivas da Planície do Recife. Suguio *et. al.* (1985).



Estágio A: Deposição dos Sedimentos continentais da Formação Barreiras

Durante o plioceno ocorreu à deposição da Formação Barreiras, sob a vigência de um clima semiárido sujeito a chuvas concentradas e torrenciais, responsável pela origem de um espesso manto de intemperismo. Nesse estágio, o nível do mar era bem mais baixo que o atual e, portanto, os sedimentos recobriram parte da atual plataforma continental adjacente, os produtos dessa erosão foram transportados predominantemente por movimentos gravitacionais até os sopés das encostas, sob a forma de leques aluviais proximais e depósitos fluviais de canais entrelaçados, e a ocorrência de fácies flúvio-lagunares e planície aluvial.

Estágio B: Máximo da Transgressão Antiga

Posteriormente à sedimentação da Formação Barreiras, o clima tornou-se mais úmido e deu-se o inicio a uma fase transgressiva, que erodiu a porção externa desta formação estabelecendo-se linhas de falésias. Atualmente não se tem registros significativos desta transgressão na planície do Recife.

Estágio C: Deposição de sedimentos continentais Pós-Barreiras

Após o nível máximo da Transgressão Antiga e durante a regressão subsequente, o clima readquiriu características semiáridas, o que propiciou a deposição de sedimentos continentais em forma de leques aluviais acumulados no sopé das encostas através de canais escavados nos depósitos da Formação Barreiras no Estágio B, atualmente esses leques não são visíveis na planície do Recife.

Estágio D: Máximo da Penúltima Transgressão

Há cerca de 123.000 anos A.P. o paleonível relativo do mar situava-se entre 2 e 8 m acima do atual. Durante esse episódio, os sedimentos continentais depositados no estágio antecedente foram erodidos, parcialmente retrabalhados e

recobertos. Em paralelo, os baixos cursos fluviais foram afogados e transformados em estuários e lagunas.

Estágio E: Construção de Terraços Marinhos Pleistocênicos

Após a transgressão ocorrida no estágio D teve inicio uma nova fase de regressão marinha responsável pela formação de terraços arenosos cobertos por cristas praiais progradantes, resultando na formação de extensas planícies costeiras. Durante esse rebaixamento do nível relativo do mar, a atual plataforma continental ficou quase completamente exposta, estabelecendo-se então uma rede de drenagem que erodiu parte dos terraços marinhos. De acordo com Lima Filho *et. al.* (1991) Nesta fase, os terraços preencheram grande parte da planície, concomitantemente, o rio Capibaribe mudou de curso nas proximidades do bairro da Várzea, obedecendo, antigas linhas de falhas, ocasionando a erosão de parte do terraço marinho pleistocênico, culminando na instalação de zonas de pântanos e/ou lagunas, além da construção de terraços fluviais ao longo do referido rio.

Estágio F: Máximo da Última Transgressão

A rede de drenagem instalada sobre os terraços marinhos pleistocênicos erodiu total ou parcialmente esses depósitos, escavando vales que atingiram a Formação Barreiras. Entre 6.500 e 7.000 anos A.P. o paleonível relativo do mar atingiu o atual e, a seguir, passou por um máximo situado 4 a 5 m acima do atual há cerca de 5.100 anos A.P. durante essa transgressão, os terraços pleistocênicos foram total ou parcialmente erodidos, o que culminou no afogamento dos cursos fluviais e a transformação das suas desembocaduras em estuários.

Estágio G: Construção de Deltas Intralagunares

Com a estabilidade do nível do mar houve a construção de lagunas situadas nas desembocaduras dos principais cursos fluviais com o oceano Atlântico. Os Deltas Intralagunares (ou intraestuarinos) foram alimentados essencialmente pelo

retrabalhamento dos sedimentos pleistocênicos e pela ação dos rios, na forma de Deltas Intralagunares.

Estágio H: Construção de terraços marinhos holocênicos

Após 5.100 anos A.P. o nível relativo do mar sofreu um rebaixamento progressivo até a posição atual (passando por rápidas flutuações entre 4.100 e 3.600 anos A.P., e entre 3.000 e 2500 anos A.P.). Durante os episódios de emersão, ocorreu a acresção de cristas praiais levando à construção de terraços marinhos holocênicos, resultando na progradação da linha de costa. O abaixamento do nível do mar causou a gradual transformação de lagunas em lagoas, e estas em pântanos salobros, e, finalmente, doces. A partir desse momento os rios passaram a fluir diretamente no oceano. Numerosas lagoas ainda presentes nessas planícies representam vestígios de antigas lagunas de dimensões bem maiores.

5. METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

As representações cartográficas são um fato social por excelência, sendo um produto do raciocínio humano na busca da realidade concreta. Qualquer paisagem, por mais simples que seja, é sempre social e natural, subjetiva e objetiva, espacial e temporal, produção material e cultural, real e simbólica. Para sua completa apreensão, não basta à análise separada de seus elementos. É preciso compreender sua complexidade, que é dada pela forma, estrutura e funcionalidade (Martinelli e Pedrotti, 2001).

Segundo Ferreira (1997) a cartografia das unidades de paisagem se concebe como uma cartografia ambiental de síntese, uma vez que aquelas se comportam como geossistemas, portanto dotadas de morfologia (definida por estruturas verticais, caracterizadas por fisionomia, massa e energia; e horizontais, vislumbradas através de combinações espaciais de estruturas verticais, variáveis no tempo), funcionamento (visto como o conjunto de transformações devidas à intervenção de variados fatores) e comportamento (entendido como o conjunto das mudanças internas de estado, que intervêm diacronicamente).

De acordo com Beroutchvili e Bertrand (1978) o Geossistema é um constructo teórico visto como unidade dimensional ideal que abarcaria a integridade da realidade concreta. Esta entidade, unidade de paisagem, é reconhecida como resultado da conjunção de fatores distintos, como a história geológica, a morfogênese do relevo, o clima em seu movimento, a dinâmica biológica e a participação da ação humana em sua evolução histórica. Evaso (1999) afirma que a paisagem é também a forma espacial do presente, porém testemunho de formas passadas que ainda persistem ou não. Revelando, assim, um dinamismo diacrônico, confirmando a evolução estrutural do processo espacial, demonstrando fases que poderão ser de estabilidade, de reformulação parcial ou de completa remodelação, engendrando novos espaços.

De acordo com o exposto faz-se necessário tratar das questões metodológicas relativas à inserção da utilização do conceito de Geossistema, como arcabouço teórico do presente trabalho, assim como dos procedimentos metodológicos adotados durante a construção do mesmo.

5.1. Abordagem Geossistêmica

Para chegar-se aos objetivos pretendidos com a presente pesquisa foi evocado o método sistêmico para fins de análise do espaço geográfico compreendido pela planície do Recife, em decorrência da mesma ter sido palco de uma série de modificações ao longo de diferentes períodos de tempo. Nesse sentido, a análise de sistemas em geografia, assim como a sua vertente espacial, o Geossistema é a corrente filosófica que melhor se adéqua a condução do atual trabalho.

Durante o quaternário a referida planície experimentou drásticas modificações em seu ambiente, e foi sendo construída por eventos de naturezas distintas, proporcionados pela coexistência de diferentes fluxos de energia e matéria ocorridos durante os momentos de subida generalizada do nível médio dos oceanos, associados a eventos de derretimento das calotas polares; em contrapartida o ambiente experimentou condições totalmente opostas durante os períodos que houve diminuição do nível médio do mar, condicionados por momentos e grande concentração de gelo nos polos.

Esse ambiente sofreu consideráveis modificações ao longo de períodos de tempo relativamente curtos, quando comparados com a duração dos fenômenos citados anteriormente. No decorrer dos últimos quatro séculos a planície do Recife tem sido alvo de uma série de modificações nas suas características originais em decorrência da ação antrópica. O processo de expansão urbana contribuiu de maneira decisiva para a destruição de uma porcentagem considerável dos elementos naturais, culminando na quase que total artificialização dos espaços por meio de inúmeras intervenções.

Para Christofoletti (2000) os Geossistemas são sistemas ambientais físicos que se apresentam como unidades que possuem expressão concreta na superfície terrestre, sensível à observação visual através dos diversos tipos de imageamento remoto. Segundo Christofoletti (1979) a visão sistêmica concebe o mundo como um todo integrado, e não como uma coleção de partes dissociadas. Procurando compreender o conjunto mais que suas partes, pois há o surgimento de novas propriedades que não emergem do conhecimento de suas partes constituintes.

De acordo com Christofoletti (1980) a aplicação da teoria geral dos sistemas aos estudos ambientais é capaz de analisar o funcionamento de um dado fenômeno como um todo integrado, concebendo-o como um sistema, composto de partes que somadas não conseguem reconstituir o nível de grandeza do todo, tendo em vista que a interação entre as partes é mais importante que a soma dos elementos integrantes, na formação do todo. Nesse sentido, cada sistema é passível de modificação de seus atributos internos e de interação com elementos externos através de fluxos de energia e matéria.

Um ponto fundamental dessa linha de pensamento reside nas noções de equilíbrio e entropia. Um sistema em estado de equilíbrio é aquele em que os fluxos de energia e matéria são contínuos, e, muitas vezes, cíclicos com o intuito da manutenção de sua dinâmica. Quando os mecanismos de retroalimentação de energia e matéria não estão ajustados perfeitamente às condições do mesmo, por conta da modificação de um ou mais atributos, a condição de equilíbrio é quebrada, e a partir de então o sistema aumenta sua entropia, que é entendida como o grau de desordem do mesmo. Assim, qualquer modificação nos atributos do sistema (Processo) é suficiente para o desencadeamento de mudanças nos fluxos de energia e matéria, e, como consequência, têm-se o rompimento do equilíbrio e a tentativa de reajustamento das variáveis internas as condições externas a fim de alcançar um novo equilíbrio (Resposta).

Corrêa (2006) discorre que o conceito de Geossistema permite à geografia avaliar a organização espacial levando em conta os componentes do quadro natural e sua funcionalidade. Os fluxos de energia e matéria que se dão na interface dos sistemas terra-atmosfera acabam desencadeando uma série de processos capazes de modificar a dinâmica dos mesmos, são nesses momentos excepcionais que se dá a geração de risco geomorfológico.

Nesse sentido a presente pesquisa pretende estabelecer uma relação entre a gênese das formas de relevo, os processos de superfície e as categorias de uso da terra decorrentes da ocupação da planície do Recife.

5.2. Mapeamento de Unidades de Relevo

Estudos de Casseti (2005) apontam que a compartimentação topográfica corresponde à individualização de um conjunto de formas com características semelhantes, o que leva a se admitir que tenham sido elaboradas em determinadas condições morfogenéticas e/ou morfoclimáticas que apresentem relações litoestratigráficas ou que tenham sido submetidas a eventos tectônicos. Guerra e Marçal (2010) afirmam que a identificação de uma unidade ambiental com suas respectivas intervenções sofridas ao longo dos anos pela sociedade, permite a aplicação de métodos e técnicas, necessários à sua análise, proporcionando a sua identificação, diagnóstico e prognóstico mais preciso. É de conhecimento geral que o relevo configura como sendo o componente do sistema ambiental em que melhor se observa as transformações na paisagem. A partir de sua análise será possível apreender a dinâmica dos processos de superfície juntamente com as mudanças do padrão hidrológico vigentes, além de servir como recorte espacial e unidade geoambiental de planejamento, por apresentar a vantagem de poder ser representado espacialmente através de diversos tipos de imageamento remoto.

A partir do método desenvolvido por Corrêa (2006) a planície do Recife será classificada em duas categorias hierárquicas distintas, passíveis de serem mapeadas em diferentes escalas de detalhe, em função de sua gênese, morfologia, processos de superfície, morfometria e cronologia, a partir de suas características geológicas, sedimentológicas, estratigráficas e geomorfológicas; para que em trabalhos posteriores seja possível a integração do uso da terra a referida compartimentação, e efetivada a análise do grau de intervenção de cada compartimento de relevo por equipamentos urbanos; diagnóstico dos impactos gerados pelos diferentes tipos de intervenção antrópica na modificação dos padrões morfogenéticos, da morfodinâmica e do regime hidrológico; na geração de risco geomorfológico; determinação de áreas com diferentes graus de susceptibilidade e vulnerabilidade de ocorrência de enchentes e alagamentos.

Para conseguir realizar a representação espacial dos fenômenos apreendidos pela presente pesquisa foi utilizado o software ARCGIS 9.3. (licença do Laboratório de Geomorfologia do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Pernambuco) com o intuito de confeccionar os seguintes produtos cartográficos:

- Mapa de localização da área de estudo;
- Mapa da distribuição dos depósitos quaternários;
- Mapa de compartimentação regional de relevo;
- Mapa de Unidades Geoambientais;
- Mapa de Unidades de Relevo.

Num segundo momento o cartograma referente às unidades de relevo da planície do Recife foi sobreposto a imagem do Google Earth do ano de 2013 a fim de demonstrar quais os espaços urbanos, pertencentes ao município do Recife, se encontram as referidas unidades de relevo propostas neste estudo.

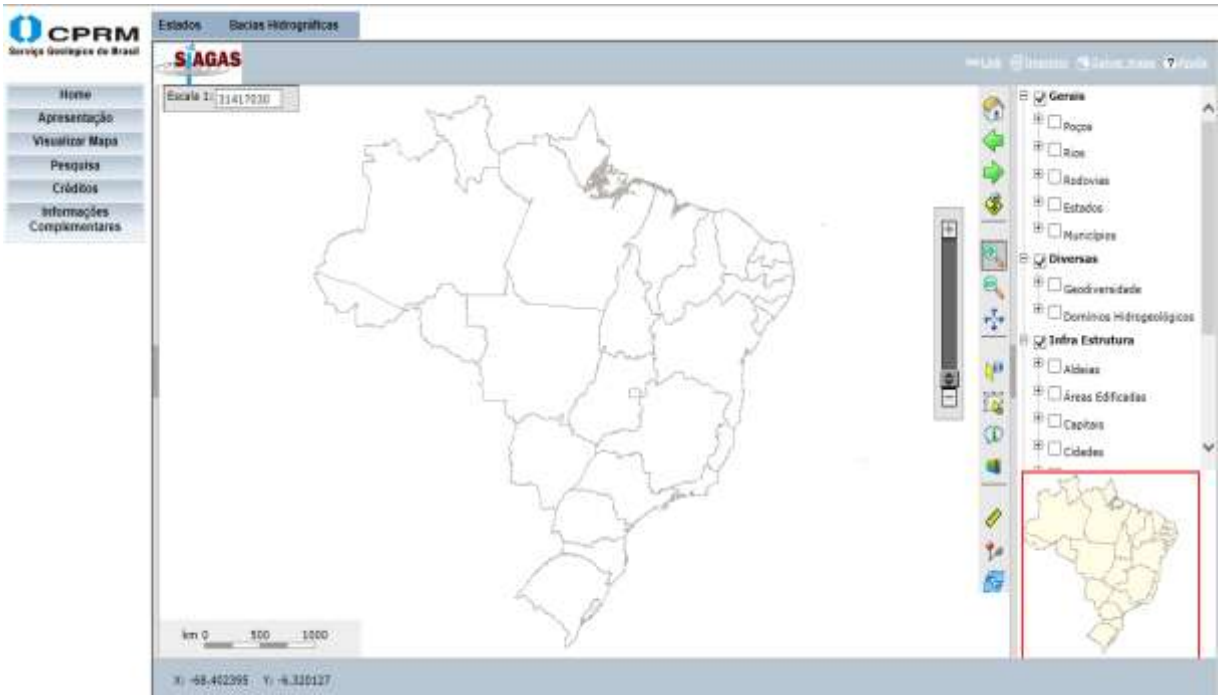
De acordo com o exposto fica evidenciado a importância da utilização de ferramentas de cartografia digital e geoprocessamento para a elaboração de material cartográfico indispensável à representação, análise e compreensão dos fenômenos geográficos ocorridos ao longo da paisagem.

5.3. Análise Litológica de perfis de poços tubulares

A pouca importância dada ao ambiente subsuperficial e a grande pressão exercida pela captação indiscriminada das águas subterrâneas foi à mola propulsora para a sensibilização e mobilização de diversos órgãos públicos, a comunidade acadêmica, os usuários e os profissionais da área para a criação de um Cadastro Nacional de Poços (Peixinho e Oliveira, 2004). De acordo com Lima e Branco (2010) no ano de 1996 o Serviço Geológico do Brasil por meio da CPRM (Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais) colocou em funcionamento o SIAGAS (Sistema de Informações de Águas Subterrâneas) com o intuito de armazenar, sistematizar e disponibilizar dados e informações georreferenciadas da geologia e hidrologia. Seu desenvolvimento priorizou fornecer aos gerentes e tomadores de decisões, informações mais precisas e relevantes sobre a estrutura, composição e dinâmica do ambiente subsuperficial do território brasileiro. A filosofia adotada foi à criação de um banco de dados estruturado, permitindo maior flexibilidade e intercâmbio com outras bases de dados por meio da utilização de um software que oferece diversas funcionalidades.

O SIAGAS é uma plataforma livre onde podem ser efetuadas consultas na Web de pesquisas hierarquizadas, tanto pontuais como espaciais, em uma poderosa interface gráfica (figuras 13 e 14) de SIG (Sistema de Informações Geográficas) e a possibilidade de exportação de dados em diversos formatos, inclusive ArcGis (ESRI), e link dos resultados (dados e seus atributos) com o Google Earth (formato kml). Possui uma arquitetura cliente-servidor, em que no lado do servidor encontra-se uma base de dados em SQL-SERVER que contém todos os dados alfanuméricos e geográficos.

Figura 13. Interface do SIAGAS na função Busca por mapa. CPRM (2012).



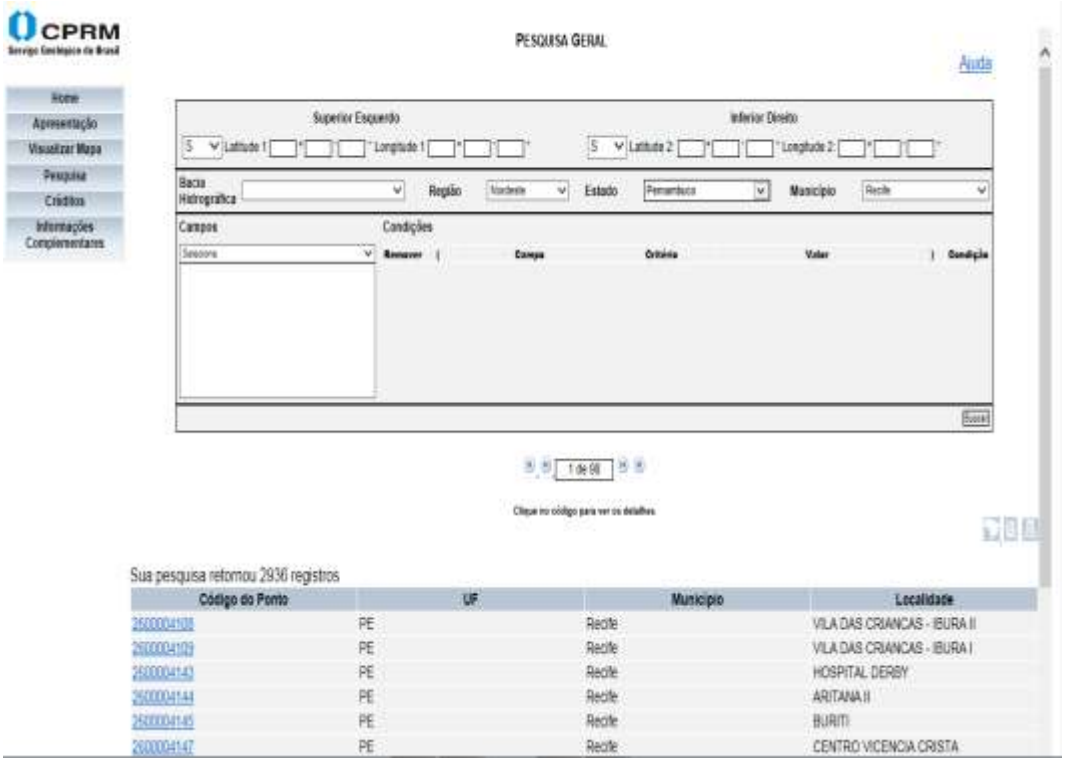
A utilização de um gerenciador SQL para armazenar e gerir dados permite um controle rigoroso das permissões de carga, acesso e alteração, o que não seria possível para dados armazenados em arquivos ou em base de dados tipo Access. Os dados alfanuméricos são armazenados numa estrutura de tabelas SQL. Essa estrutura foi construída após revisão crítica do modelo de dados utilizados.

O modelo conceitual do sistema apresenta as seguintes características:

1. Alimentação e consistência de dados descentralizada;

2. Coordenação e armazenamento em depósito central de dados
3. Consulta na web de forma hierarquizada

Figura 14. Interface do SIAGAS na função Busca por atributos. CPRM (2012).



O SIAGAS gerencia um Cadastro Nacional de Poços composto de cerca de 100.000 poços tubulares cadastrados. A nova versão do SIAGAS foi concebida para trabalhar em plataforma *Windows,* utilizando o Gerenciador de Banco de Dados Relacional (SQL-*Server*) ou similar, e tem os seguintes componentes:

a) Módulo de Entrada de Dados - MODDATA

O módulo de entrada de dados é de domínio público e de uso irrestrito. Trata-se da ferramenta básica para alimentação da base de dados e formação do Cadastro Nacional de Poços. A entrada de dados será na forma de tabelas e menus gráficos e contém um módulo dinâmico de entrada de dados construtivos e litológicos. Este módulo permite que concomitante com a entrada dos dados se

desenhe o perfil construtivo e litológico do poço, garantindo a imediata consistência do dado, antes do cadastramento, bem como a emissão de relatórios de saída.

b) Módulo de Consulta na Internet - MODNET

As limitações da tecnologia da Internet implicam capacidade, rapidez de acesso aos dados e facilidade de uso da pesquisa e geração de relatórios, mais limitadas que as aplicações Windows. As aplicações na Internet têm, no entanto, a vantagem de poder ser utilizadas em qualquer lugar sem exigir a instalação de qualquer tipo de software. A existência de um browser e de um ponto de acesso à internet são os requisitos exigidos para a sua utilização. O programa desenvolvido para esta finalidade permite a consulta de informação de maneira hierarquizada e a emissão de relatório, via Web, com as seguintes características:

- Visualização dos perfis construtivos e litológicos dos poços, bem como dos demais dados e tabelas, em pesquisas hierarquizadas.
- Visualização espacial dos poços selecionados por uma pesquisa, por estado, por município, por bacia hidrográfica ou por polígono definido por coordenadas geográficas.

c) Módulo de Análise e Interpretação de Dados - MOD

Este módulo foi desenvolvido, através do Acordo Brasil-Canadá, pela Waterloo Hydrogeologic Inc. e se integra ao Sistema SIAGAS, para uso do Serviço Geológico do Brasil e, cedido gratuitamente, é licenciado aos Órgãos Estaduais Gestores de Recursos Hídricos que firmarem Termo de Cooperação Técnica com o Serviço Geológico do Brasil. Este módulo apresenta as seguintes características:

- Utiliza o Sistema de Informações Geográficas (SIG), permitindo o tratamento de dados relacionados geograficamente, para se constituir num meio de integração de dados necessários ao planejamento e tomada de decisão;

- Visualiza e efetua o tratamento em mapas das seguintes informações: localização dos pontos de amostragem, dados cadastrais, dados geológicos e hidrogeológicos, dados construtivos e litológicos; dados de produção, dados hidroquímicos;
- Permite a realização de atividades de: geração de séries históricas, mapeamento temático e tratamento de imagem.

d) Modelos de Dados

O modelo de dados do SIAGAS originalmente concebido, foi aperfeiçoado, incorporando novos campos à sua estrutura, de modo a ser mais abrangente e atender aos diferentes níveis de demanda de dados por parte do usuário. Difundi-lo e torná-lo padrão nacional garantirá facilidades de intercâmbio entre os sistemas existentes. A sua concepção e definição de padrão envolveu a participação de uma equipe interdisciplinar. A estrutura das tabelas do modelo de dados é constituída dos seguintes grupos de informações:

- Dados de localização de poços;
- Dados de identificação;
- Dados de proprietário;
- Dados de cadastramento;
- Dados hidrográficos;
- Dados de explotação;
- Dados construtivos de poços;
- Dados de perfuração;
- Dados de revestimento;
- Dados de filtro;
- Dados de pré-filtro;
- Dados de cimentação;
- Informações litológicas;
- Informações estratigráficas;
- Dados dos aquíferos;

- Dados de perfilagem;
- Dados de teste de bombeamento;
- Dados de análise química.

De acordo com Peixinho e Oliveira (2004) esse sistema, além de ser uma ferramenta tecnológica preciosa para democratizar a informação no âmbito dos recursos hídricos, oferece, no plano institucional, uma valiosa contribuição na formulação e na implementação de políticas públicas, fornecendo aos planejadores uma visão científica, passível de ser considerada na tomada de decisões relacionadas à gestão das águas subterrâneas.

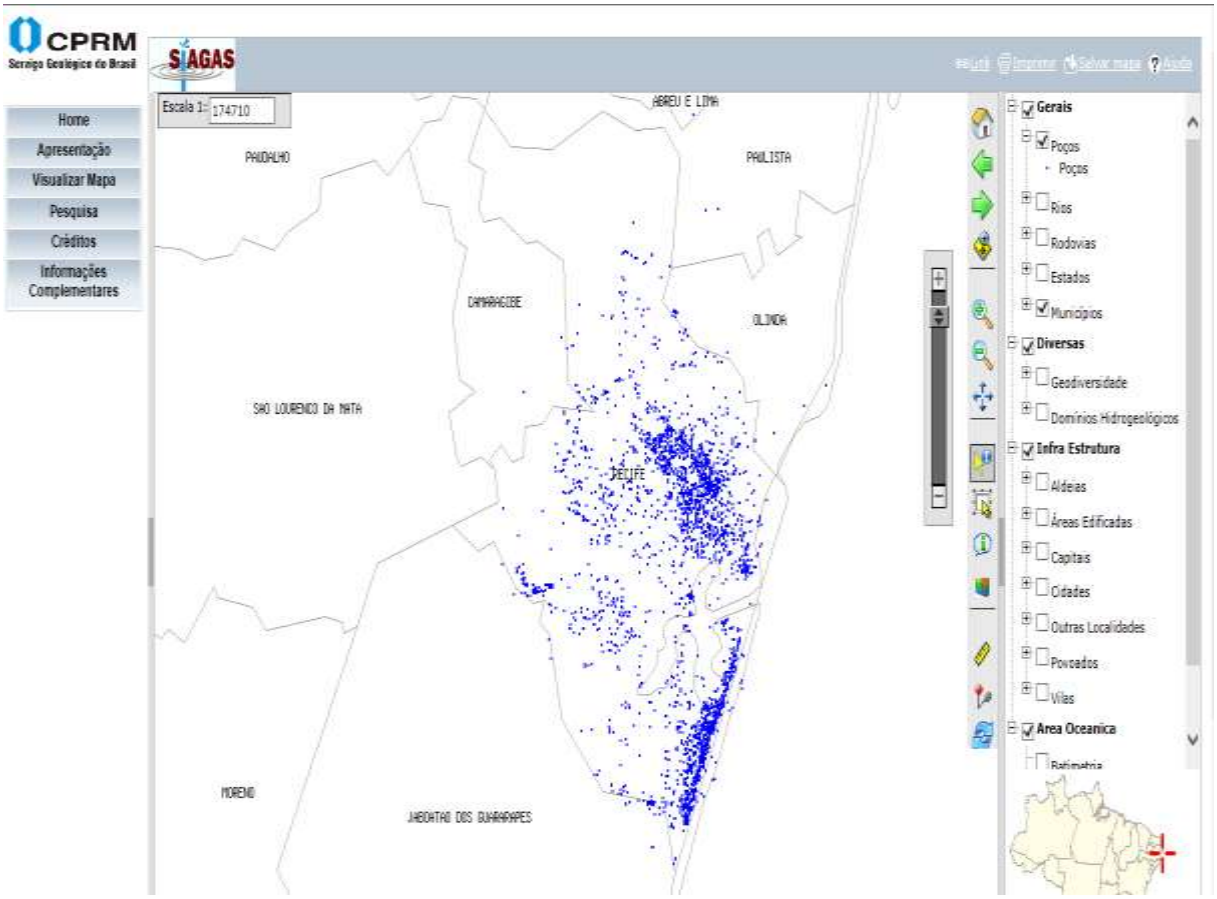
Finalmente, a associação do SIAGAS com o banco de dados, enriquecido pelo cadastramento das fontes de abastecimento de águas subterrâneas, proporcionará, de imediato, ações que permitam a recuperação de poços desativados, aumentando a oferta hídrica nas regiões carentes e a integração das bases de dados de água, socioeconômica e de saúde, visando o direcionamento de políticas integradas para melhoria da qualidade de vida nas diferentes regiões do país.

No presente estudo essa ferramenta foi utilizada como o intuito de tornar possível a realização de uma composição inicial das camadas sedimentares que compõem a planície do Recife a partir da análise e interpretação dos perfis litológicos derivadas da perfuração, identificação e cadastramento de poços tubulares.

Para ter-se uma dimensão aproximada do volume de dados disponíveis através do SIAGAS até o final de Dezembro de 2012, quando do encerramento da aquisição de dados para a conclusão deste estudo o município de Recife contava com pouco mais de 1800 poços cadastrados, e em julho de 2013 já contava com mais de 2900 poços em seu banco de dados (figura 15), o que reflete o intenso trabalho dos órgãos supracitados em alimentar e atualizar o referido sistema.

Foi realizado um levantamento criterioso da localização dos cerca 1.800 Poços cadastrados até a data inicial (mencionada no parágrafo anterior), e foi constatado que quase a totalidade dos poços existentes no município do Recife estavam localizados no seu ambiente de planície. Porém apenas 345 deles, dispunham de dados litológicos suficientes para a realização da pesquisa em tela.

Figura 15. Interface do SIAGAS: Distribuição dos Poços do Recife. CPRM (2012).



O passo seguinte foi à espacialização dos poços em função dos bairros do município do Recife cidade (figura 16) e a respectiva comparação da localização dos mesmos em relação ao mapa de unidades de relevo, visando determinar quais os poços analisados se encontravam sob a área de domínio de cada compartimento de relevo, visando estabelecer uma quantidade média de poços a serem analisados em cada tipologia vigente da planície (figuras 17 e 18). Nesse estágio atribui-se o número de 05 poços, circunvizinhos como amostra padrão para a análise do ambiente subsuperficial das unidades de relevo.

Figura 16. Distribuição dos Poços: Bairros do Recife. Elaboração

Distribuição dos Poços com dados litológicos disponíveis			
Bairros	Quantidade	Bairros	Quantidade
Aflitos	18	Imbiribeira	16
Afogados	04	Iputinga	03
Areias	01	Jaqueira	05
Boa viagem	104	Jardim Jordão	03
Boa Vista	17	Jardim São Paulo	01
Bongi	01	Joana bezerra	01
Campo Grande	02	Madalena	11
Casa Amarela	04	Monteiro	04
Casa Forte	13	Mustardinha	01
Caxangá	01	Parnamirim	06
Cidade Universitária	09	Pina	03
Coelhos	01	Prado	03
Coque	01	Recife antigo	03
Cordeiro	03	Rosarinho	02
Derby	04	San Martin	03
Dois Irmãos	01	Santo amaro	08
Encruzilhada	03	Santo Antonio	05
Engenho do Meio	07	Tamarineira	06
Espinheiro	15	Torre	13
Graças	23	Torreão	02
Ibura	02	Torrões	02
Ilha do leite	07	Várzea	03
TOTAL	345		

Figura 17. Distribuição dos Poços no Recife. Google Earth.

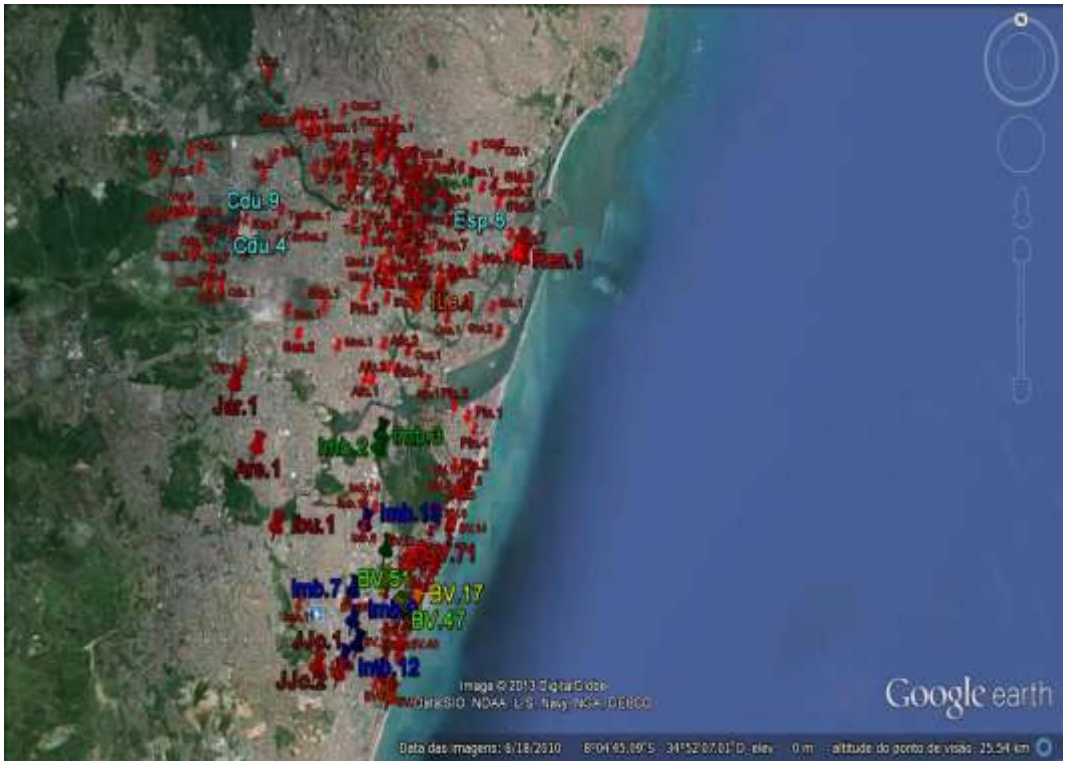
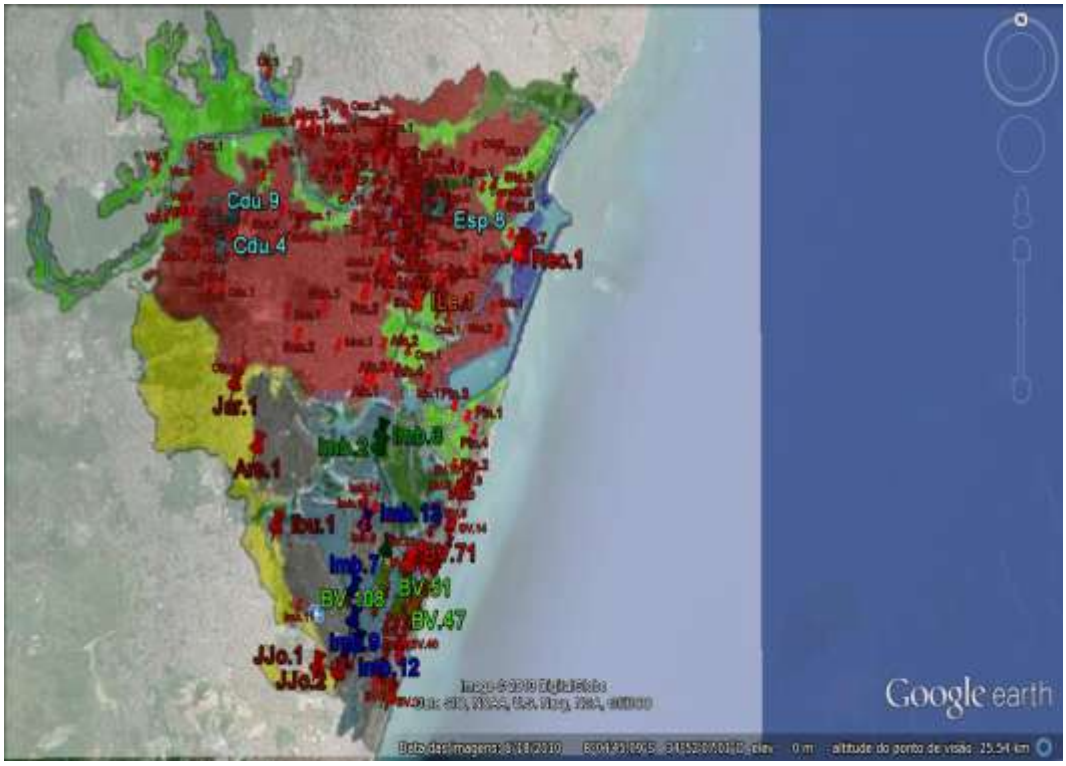


Figura 18. Distribuição dos Poços na Planície do Recife. Google Earth.



6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente capítulo serão abordados e discutidos os resultados obtidos com a presente pesquisa. Inicialmente será apresentada a compartimentação de relevo da planície do Recife e num segundo momento a análise litológica das diferentes unidades de relevo propostas pelo presente estudo.

6.1. Compartimentação de relevo da planície do Recife

A Geomorfologia é a ciência que estuda a gênese, evolução e distribuição das formas de relevo ao longo da superfície da terra. Segundo Ross (2003) as formas de relevo não ocorrem de modo aleatório e caótico no espaço, pelo contrário, sua ocorrência é derivada de uma série de fluxos de energia e matéria, capazes de modificar a dinâmica do modelado das camadas superficiais de nosso planeta.

As formas de relevo estão intimamente ligadas às características tectônicas, sedimentológicas, estratigráficas, pedológicas e biogeográficas de uma dada região e essa associação permite que certas classes de sedimentos favoreçam o desenvolvimento de determinadas morfologias de acordo com o ambiente de deposição. Para Casseti (2005) a compartimentação topográfica corresponde à individualização de um conjunto de formas com características semelhantes a partir da utilização de uma tipologia específica, que reflita às suas respectivas condições morfogenéticas, morfoclimáticas, litoestratigráficas a que foram submetidas em seu processo de formação. A partir da caracterização, identificação e determinação de um padrão de distribuição de sedimentos é possível aventar a criação de uma tipologia de unidades geomorfológicas dotadas de considerável expressão espacial.

De acordo com Guerra e Marçal (2010) a geomorfologia apresenta ferramentas capazes de definir, delimitar, dividir e espacializar unidades homogêneas e chegar a uma classificação que consiga agrupar as diferentes formas espaciais em níveis hierárquicos, capazes de serem identificados em diferentes escalas e, posteriormente representados através de mapas ou cartas topográficas. O mapeamento geomorfológico apresenta, através de metodologias apropriadas, a configuração da superfície terrestre e ressaltam com destaque que as unidades de

relevo podem ser utilizadas como base para outras classes de mapas, podendo se constituir em um importante instrumento de análise ambiental capaz de fornecer uma série de informações, que irão subsidiar propostas de planejamento, tendo em vista que o conhecimento ordenado da paisagem pode auxiliar um o uso da terra mais consciente.

De acordo com Corrêa (2006) a criação de uma tipologia de unidades de relevo reflete uma tentativa de organizar as unidades que compõem a paisagem de acordo com a sua consistência processual e dinâmica, e não apenas o estabelecimento de uma classificação geomorfológica da superfície. Para a construção de um sistema de classificação que se adeque a realidade encontrada em campo, é necessário à consideração de outros fatores de igual relevância sob o ponto de vista da ciência geomorfológica. Uma dada unidade de relevo deve conter informações acerca de sua gênese, processos de superfície, formas espaciais, dados morfométricos, cronologia e uso da terra, passíveis de serem classificadas e mapeadas numa determinada escala de análise de acordo com a sua distribuição no espaço.

A planície do Recife apresenta uma estrutura geológico-geomorfológica bastante complexa, em decorrência dos seus processos de formação e evolução estarem relacionados à vigência de condicionantes tectônicos e sedimentares ocorridos em diferentes escalas temporais, somadas a um intenso processo de ocupação urbana ocorrido nas últimas décadas. Como consequência destes processos (naturais e antrópicos), é dotada de características heterogêneas ao longo de sua extensão, o que possibilita a sua compartimentação em diversas unidades de paisagem. A ocorrência de ambientes com características morfológicas e processuais distintas permite a produção de uma tipologia de compartimentos de relevo que considere a aplicação de parâmetros genéticos, morfológicos processuais, morfométricos, geocronológicos, e de uso da terra dotados de considerável expressão espacial.

Os trabalhos de Dominguez (1990); Lima Filho *et. al.* (1991); Costa *et. al.* (1994); CPRM (1994); PCR (2000); CPRM (2001); Gusmão Filho (2002) constituíram o referencial teórico para a atual pesquisa. Esses estudos sugeriram uma série de sistemas de classificação baseados em diferentes critérios, demonstrando a relevância da compartimentação do ambiente de planície em subunidades capazes de refletir com clareza a estrutura superficial da paisagem de seus diferentes

setores. A proposta de compartimentação de relevo sugerida no presente trabalho é baseada nas relações existentes entre a composição do ambiente superficial da planície, as formas de relevo encontradas na paisagem, processos de superfície vigentes em cada ambiente e a consideração das idades dos diferentes depósitos quaternários existentes ao longo da planície do Recife (figura 20).

Figura 19. Tipologias de Unidades de Relevo da planície do Recife Elaboração própria.

UNIDADES GEOAMBIENTAIS				
	Unidade Geoambiental	Unidade Geomorfológica	Depósitos Quaternários	Idades
Planície do Recife	Planície Marinha	Terraço Marinho Holocênico	Qth	Holoceno
		Terraço Marinho Pleistocênico	Qtp	Pleistoceno
	Planície Flúvio-marinha	Terraço Flúvio-marinho Holocênico	Qth e Qal	Holoceno
		Planície de Restinga	Qi e Qr	Holoceno
		Planície de Maré	Qm	Holoceno
	Planície Fluvial	Planície Flúvio-lagunar	Qdfl	Holoceno
	Planície indiferenciada	Colúvio-aluvial Indiferenciada	Qal	Holoceno
		Terraço Indiferenciado	Qi	Holoceno e Pleistoceno
	Corpos Hídricos e Canais Fluviais	Corpos Hídricos e Canais Fluviais	_____	_____

Tal proposição permitiu a compartimentação do ambiente de planície a partir de dois critérios: o primeiro referente a uma repartição do espaço baseado em Unidades Geoambientais, que consideram a predominância de determinado ambiente de deposição ou associação de determinados sistemas deposicionais atuantes na planície do Recife; e o segundo baseado numa escala hierárquica inferior, denominadas de Unidades de Relevo, referente à distribuição das diferentes morfologias encontradas ao longo da planície do Recife.

6.1.1. Unidades Geoambientais

De acordo com Gusmão Filho (2002) a deposição é o fator preponderante na formação das planícies costeiras. Costa *et. al.* (1994) afirmam que durante o quaternário foram depositados uma grande variedade de sedimentos sobre os depósitos sedimentares do cretáceo e neógeno na área correspondente às bacias sedimentares costeiras Pernambuco e Paraíba, dando origem a uma série de planícies costeiras, entre elas a planície do Recife.

Nesse sentido um sistema de classificação baseado em Unidades Ambientais tem como base os ambientes de sedimentação existentes ao longo da planície do Recife, privilegiando a sua gênese e dinâmica dos processos de superfície vigentes na planície do Recife. Nesse sentido a divisão proposta considerou as seguintes unidades: Planície Marinha, Planície Flúvio-marinha, Planície Fluvial, Planície Indiferenciada e Corpos Hídricos e Canais Fluviais (figura 21).

Planície Marinha

Encontra-se situada ao longo da atual faixa litorânea do Recife, correspondentes à zona sul e centro da cidade, e antigas linhas de praia situadas na porção sudoeste da planície, formadas em momentos pretéritos durante a vigência de um nível médio do mar mais elevado que o atual, abrangendo as unidades de relevo classificadas na tipologia proposta como Terraço Marinho Holocênico e Terraço Marinho Pleistocênico. Esse ambiente ocorre na paisagem em função da propagação da energia das ondas ao longo do litoral, consistindo no principal fator responsável pela erosão, transporte e acumulação de sedimentos ao longo do

prisma praial, e onde vigoram os processos típicos do ambiente de deposição costeiro.

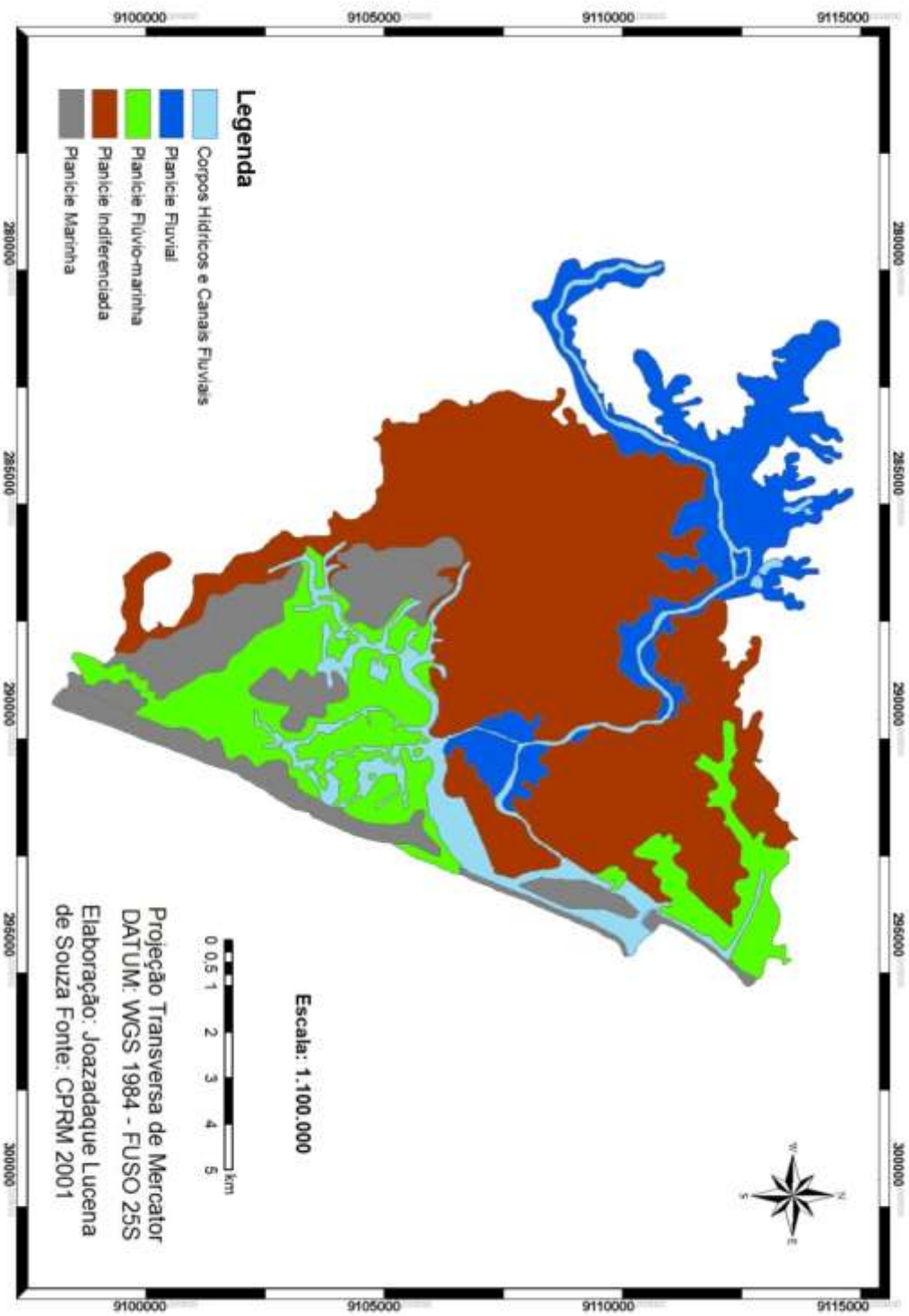


Figura 20. Unidades Geoambientais da planície do Recife. Elaboração Própria.

Planície Flúvio-Marinha

Situa-se na interface entre o ambiente costeiro e fluvial, situando-se ao longo das áreas estuarinas dos principais rios que executam a drenagem do Recife e compõem um estuário comum ao longo das bacias Portuária e Pina. Configuram as zonas de alcance das marés, localizadas ao longo do setor sul, influenciadas pela ação dos rios Tejipió, Pina, Jordão e Jiquiá e setor norte da planície, associados aos cursos fluviais dos rios Capibaribe e Beberibe. É composta pelas unidades de relevo existentes sob a ação da dinâmica flúvio-marinha, apresentando as seguintes feições de relevo: Terraço Flúvio-marinho Holocênico, Planície de Maré e Planície de Restinga.

Planície Fluvial

É representada pelos setores da planície abrangidos pela dinâmica fluvial, formados pelos processos relacionados à erosão, transporte e deposição de sedimentos vigentes em ambientes aluvionares. A dinâmica sedimentológica e estratigráfica, típicas dos sistemas fluviais, é responsável pela formação das áreas planas ou, em forma de terraço, adjacentes aos cursos fluviais, formando a maior parte das áreas de planície encontradas no Recife, através dos processos de anexação de barras fluviais, migração de meandros e preenchimento de antigas planícies de inundação. É representada pela unidade de relevo intitulada de Planície Flúvio-lagunar e tem uma contribuição muito grande na formação dos terraços indiferenciados.

Planície Indiferenciada

Ocorre na paisagem em função da interação de uma série de ambientes de deposição e sistemas deposicionais que atuam, de forma complexa, conjuntamente ou não, em um mosaico de relações dinâmicas que envolvem uma série de fluxos de energia e matéria, ao longo de uma mesma porção do espaço, gerando diversas características morfológicas, sedimentológicas, estratigráficas e geomorfológicas.

Os Processos de superfície que se dão na zona de contato entre o ambiente de planície e as encostas da Formação Barreiras se dão sob a forma de leques aluviais, com presença significativa na porção sudoeste da planície do Recife, na zona de contato entre o ambiente de planície e o ambiente marcado pela presença de encostas e morros que circundam a referida planície, e ao longo de seu setor norte, em decorrência da intercalação complexa de sedimentos fluviais e flúvio-marinhos, gerados por sucessivas transgressões e regressões, responsáveis pela alternância de sucessões de famílias de formas geomorfológicas ao longo da planície das diferentes planícies de inundação associadas ao rio Capibaribe.

De acordo com o exposto, esse compartimento de relevo não apresenta uma dinâmica correspondente a um determinado sistema deposicional, e, sim, uma interface de diversos sistemas ao longo do espaço, e por conta disso, acaba gerando formas de relevo distintas de acordo com o suprimento de sedimentos disponíveis ao longo de ambientes com características morfológicas e processuais heterogêneas.

Corpos Hídricos e Canais Fluviais

Essa unidade de relevo encontra-se situada ao longo dos Ambientes de Sedimentação Lacustre e Fluvial, respectivamente. É composta por uma malha de rios e demais corpos de água com significativa expressão espacial, responsáveis pela drenagem do Recife.

São constituídos pela bacia do Pina, situada na interface da planície do Recife e o oceano Atlântico; os cursos fluviais que drenam os setores sul e sudoeste da planície do Recife, representados pelos rios Tejipió, Jordão, Pina, Setúbal, Jiquiá, e Curado; a Lagoa do Araçá e demais rios de menor vazão que compõem o sistema fluvial das referidas regiões; O rio Beberibe, responsável pela drenagem da zona norte do Recife e o rio Capibaribe, principal curso fluvial da planície do Recife, responsável pela drenagem da porção central, zona norte e oeste, que também apresenta um conjunto de açudes situados nos bairros de Apipucos e Dois Irmãos.

Compõem o ambiente de deposição fluvial, sendo responsáveis pelos fluxos hídricos canalizados e recebem os sedimentos provenientes do fluxo difuso realizado ao longo dos outros ambientes de maior gradiente topográfico e, como

consequência, são fundamentais no transporte de sedimentos de fundo, em suspensão ou em solução iônica, dependendo do tipo e tamanho da partícula a ser transportada, apresentam significativa importância na construção da planície do Recife.

6.1.2. Unidades de Relevo

A atual proposta de compartimentação considerou as seguintes unidades: Terraço Marinho Holocênico, Terraço Marinho Pleistocênico, Terraço Flúvio-marinho Holocênico, Terraço Indiferenciado, Planície de Maré, Planície Flúvio-lagunar, Planície de Restinga, Planície Colúvio-aluvial Indiferenciada, e Corpos Hídricos e Canais Fluviais (figura 22 e 23).

Terraço Marinho Holocênico

Sua gênese é derivada de uma regressão marinha ocorrida há cerca de 5.100 anos A.P, após um longo período transgressivo, responsável por colocar em emersão os sedimentos Qth. Localizam-se na porção externa da planície sob a forma de corpos alongados, contínuos, apresentando cristas de cordões litorâneos paralelos a atual linha de costa. Apresentam largura média de 1 km, sendo representado na paisagem pela atual linha de costa, que se estende entre os bairros de Boa Viagem e Pina, na zona sul do Recife, abrangendo uma área de 4 km². Sua ocorrência na planície é marcada pela presença de cristas praiais com altitudes de 2 a 4 m.

Terraço Marinho Pleistocênico

É constituído pelos sedimentos Qtp, depositados por uma regressão marinha por volta de 120.000 anos A.P. Situam-se na porção mais interna da planície ao sul do lineamento Pernambuco sob a forma de antigas cristas praiais com médias altimétricas variando entre 6 e 12 m. Representam antigas linhas praiais vigentes em momentos pretéritos, quando o nível médio do mar estava mais elevado que o atual. Situam-se na zona sudoeste do município de Recife, numa posição paralela à atual

linha de costa, na área correspondente aos bairros de Boa viagem, Imbiribeira, Caçote, Areias, Estância, Jiquiá, Jardim São Paulo e Barro, nas áreas circunvizinhas ao Aeroporto Internacional dos Guararapes, numa área de pouco mais de 10 km².

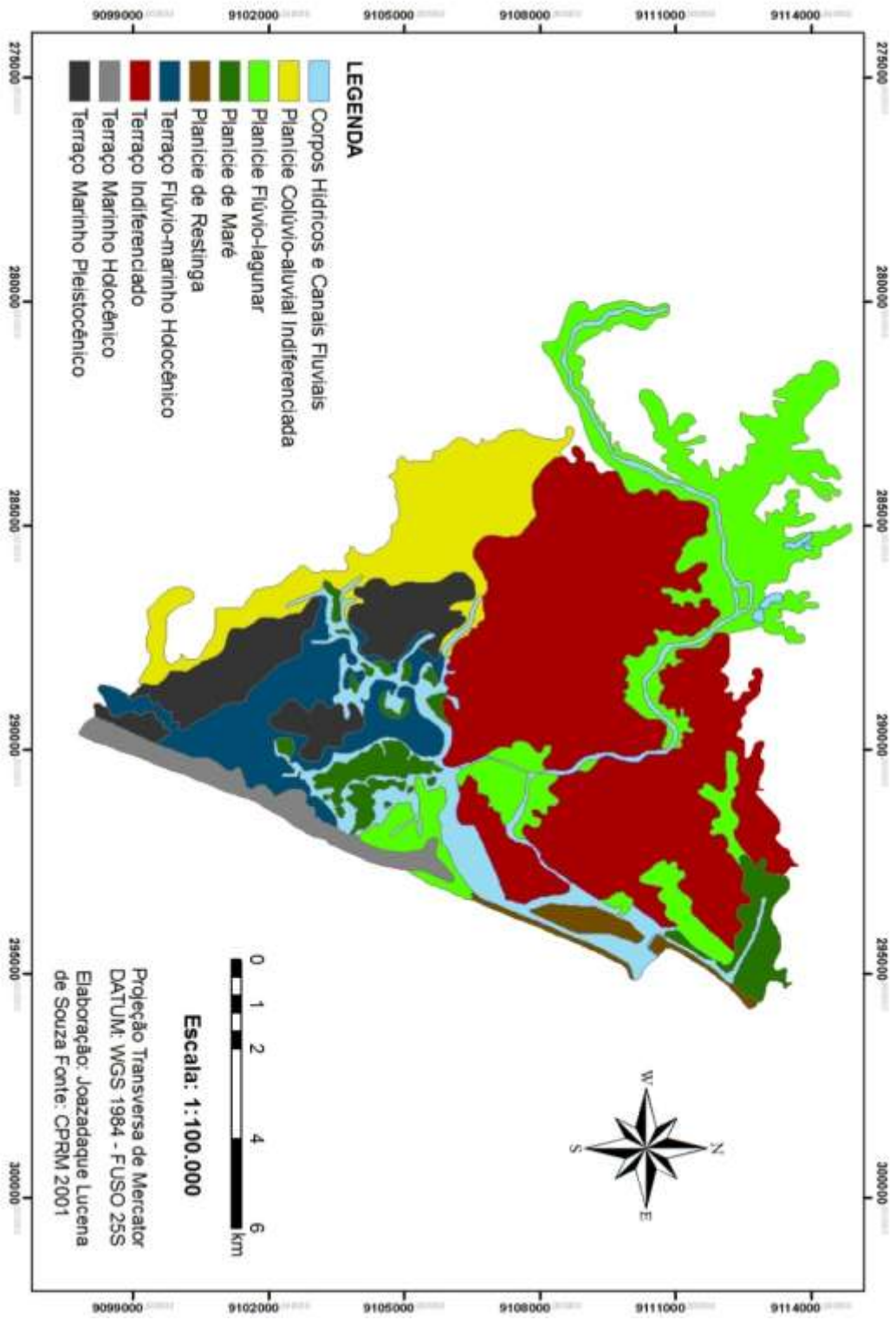


Figura 21. Unidades de Relevo da planície do Recife. Elaboração Própria

Figura 22. Características das Unidades de Relevo da planície do Recife. Elaboração Própria.

Unidades de Relevo da Planície do Recife			
Unidade de Relevo	Morfologia	Processos de Superfície	Área (km^2)
Terraço Marinho Holocênico	Cordões litorâneos alongados e paralelos à linha de costa.	Ação das marés, ondas, correntes e erosão costeira.	4,0
Terraço Marinho Pleistocênico	Cordões arenosos no interior da planície.	Escoamento superficial fora do alcance das marés.	10,1
Terraço Flúvio-marinho Holocênico	Cordão Arenoso-Argiloso encaixado entre os Terraços Marinhos Holocênico e Pleistocênico.	Escoamento superficial difuso e Intenso retrabalhamento fluvial	9,6
Planície de Restinga	Cordão arenoso no contato com o oceano e modelado pela desembocadura fluvial. Também se apresenta como uma Linha de recifes rochosos paralelos à linha de costa nas proximidades da zona sul da cidade.	Erosão fluvial e alongamento do cordão arenoso. Ação de ondas	1,9
Planície de Maré	Áreas planas situadas ao longo dos baixos cursos fluviais com vegetação de mangue.	Ação das marés e deposição flúvio-marinha.	5,8
Planície Flúvio-lagunar	Áreas planas margeando os cursos fluviais até o interior da planície.	Erosão e deposição nas margens dos rios.	23,4
Planície Colúvio-aluvial indiferenciada	Áreas planas no contato com as colinas da formação barreiras.	Erosão no alto curso e deposição no baixo curso dos rios.	12,9
Terraço Indiferenciado	Grande variação morfológica ao longo dos setores da planície.	Escoamento superficial fora do alcance das marés.	47,6
Corpos Hídricos e Canais Fluviais	Canais fluviais, Lagoas, açudes e Estuário das bacias hidrográficas das Principais bacias hidrográficas que drenam a planície.	Escoamento de água e sedimentos a partir de fluxos canalizados.	13,2

Terraço Flúvio-marinho Holocênico

É formado pelos sedimentos Qal, que constituem um retrabalhamento dos sedimentos Qth e Qtp pela ação fluvial após o rebaixamento do nível do mar ocorrido, durante o Holoceno, há 5.100 anos A.P. Estão distribuídos na paisagem sob a forma de terraços alongados encaixados entre os Terraços Marinhos Holocênicos e Pleistocênicos, que foram intensamente dissecados pela ação fluvial. Apresentam depósitos com alto nível de heterogeneidade, e se confundem por vezes com os Terraços Marinhos Holocênicos, Planície Aluvial e Planície de maré, formando um mosaico que reflete a ocorrência de zonas de contato e transição com as unidades as referidas unidades. Situam-se na zona sudoeste da Planície do Recife, na área que correspondente aos bairros de Boa Viagem, Imbiribeira, Ipsep, Ibura, Caçote, Areias, Estância e Jiquiá, ocupando uma área de 9,6 km².

Terraço Indiferenciado

É representado pelas áreas compostas pelos sedimentos nomeados Qi por Costa *et. al.* (1994) e CPRM (1994). De acordo com Lima Filho *et. al.* (1991) foram originados a partir da anexação e descaracterização dos terraços fluviais do rio Capibaribe aos terraços marinhos (Qth e Qtp) durante as duas últimas transgressões ocorridas a 10.000 e 5.100 anos A.P., respectivamente.

São feições contínuas, e apresentam grande variação sedimentológica e estratigráfica, assim como heterogeneidades altimétricas e morfológicas. Situam-se ao longo do curso atual e antigas planícies de inundação do rio Capibaribe, ao longo da porção norte da planície do Recife, sendo encontrados num patamar mais elevado em relação à Planície Flúvio-lagunar associadas ao mesmo rio. Estendem-se pelos bairros de diversos setores da metrópole recifense: Centro da Cidade (Cabanga, São José, Santo Antônio, Boa Vista, Paissandú, Ilha do Retiro, Soledade e Santo Amaro); Norte (Campo Grande, Campina do Barreto, Fundão, Espinheiro, Graças, Jaqueira, Encruzilhada, Hipódromo, Torreão, Rosarinho, Tamarineira, Bomba do Hemetério, Mangabeira, Água Fria, Casa Amarela, Casa Forte, Poço, Santana e Monteiro); Oeste (Afogados, Mustardinha, Mangueira, San Martim, Jardim São Paulo, Curado, Jiquiá, Bongi, Torrões, Prado, Madalena, Torre, Zumbi,

Cordeiro, Iputinga, Engenho do Meio, Cidade Universitária, Caxangá e Várzea) que somados chegam a 47,6 km².

Planície de Maré

Constituem áreas planas situadas ao longo da zona de contato entre os baixos cursos fluviais que compõem a planície do Recife, nas áreas que sofrem influencia da maré, colonizadas pela vegetação de mangue, que se adaptam a um substrato formado pelos sedimentos Qm e à variação de volume e salinidade da água. Situa-se ao longo do estuário comum dos rios que realizam a drenagem da zona norte e sul da cidade, na área compreendida pela bacia do Pina. Estão associadas aos baixos cursos fluviais dos rios Beberibe e Capibaribe situados nos bairros correspondentes ao setor norte da planície (Santo Amaro, Campo Grande, Peixinhos, Boa Vista e Recife Antigo, e setores correspondentes ao município de Olinda); e Tejipió, Pina, Jordão e Jiquiá que equivalem aos bairros localizados ao longo do setor sul da referida planície (Pina, Imbiribeira, Areias, Jiquiá, Afogados e Ibura), totalizando cerca de 5 km² de área.

Planície Flúvio-lagunar

Constitui áreas baixas sujeitas a inundações periódicas, compostas pelos sedimentos (Qdfl), localizadas nas proximidades dos corpos hídricos de considerável dimensão e principalmente ao longo dos rios Capibaribe e Beberibe, se estendendo como uma franja ao longo dos seus cursos em direção ao interior da Planície, abrangendo as áreas centrais da cidade do Recife (Boa Vista, Joana Bezerra, São José, Afogados, Paissandú, Ilha do Leite, Santo Amaro, Derby e Ilha do Retiro); Sul (Pina e Brasília Teimosa); Oeste (Torre, Cordeiro, Iputinga, Várzea, Caxangá etc.) e Norte (Arruda, Tamarineira, Ponto de Parada, Jaqueira, Parnamirim, Poço, Santana, Monteiro, Apipucos e Dois irmãos), ocupando cerca de 23,4 km².

Planície de Restinga

É Formada pelos sedimentos Qtp, Qth e Qi, constitui um cordão arenoso disposto paralelamente à linha de costa e um curso fluvial adjacente. O cordão litorâneo funciona como uma barreira ao canal, que por sua vez, é retrabalhado por processos fluviais. Situa-se na foz conjunta dos rios Capibaribe e Beberibe, numa área que corresponde atualmente ao bairro do Recife e uma área pertencente ao município de Olinda.

Os processos morfodinâmicos vigentes em ambiente natural deram a essa porção da planície a morfologia de ístimo, e por conta de algumas intervenções antrópicas, atualmente, possui morfologia de ilha. Tem-se outro exemplar no contato com os Terraços Marinhos Holocênicos dos bairros do Pina e Brasília Teimosa e a bacia do pina, área de desembocaduras dos rios Pina, Jordão, Jiquiá e Tejipió ocupando uma área de 1,9 km². Uma parcela considerável dos sedimentos que compõem essa unidade de relevo é composta pelos sedimentos Qr, que representam antigos níveis praiais, paralelos a costa, protegendo o continente da erosão costeira.

Planície Colúvio-aluvial indiferenciada

Apresentam uma topografia plana à levemente inclinada, decorrente do entalhe fluvial dos sedimentos dos morros e colinas da formação barreiras que circundam a planície do Recife. Apresentam cotas altimétricas variáveis, tendo em vista que reúnem áreas com características topográficas bastante distintas, contudo verifica-se uma tendência da diminuição da altitude das áreas de encosta em direção ao ambiente de planície, o que reflete a sua instalação sobre o ambiente de leques aluviais. É representada pelos sedimentos Qal, depositados ao longo dos baixos cursos fluviais dos rios Tejipió, Jordão, Jiquiá e Curado colmatando-os durante os períodos de cheia. Margeiam os Terraços Marinhos Pleistocênicos, a Formação Barreiras, Formação Cabo e o Planalto Litorâneo Rebaixado, de litologia cristalina, situando-se na zona oeste da cidade, numa área correspondente aos bairros da Várzea, Curado, Coqueiral, Sancho, Tejipió, Barro, Jardim São Paulo, Ibura, Jordão, Imbiribeira, Estância e Jiquiá, perfazendo uma área de 12,9 km².

Corpos Hídricos e Canais Fluviais

Esta unidade é representada pelos rios, canais fluviais e os demais corpos hídricos (açudes, lagoas, riachos e córregos) presentes na planície do Recife, que somados ocupam uma área de 13,2 km². São responsáveis pela drenagem de água e sedimentos sobre a forma de fluxos canalizados das diversas bacias hidrográficas dos rios Capibaribe, Beberibe, Tejipió, Pina, Jordão, Jiquiá e Curado. Todos os cursos fluviais têm foz conjunta no contato com o oceano Atlântico ao longo do sistema estuarino pertencente à bacia do Pina.

6.2. Análise litológica das Unidades de Relevo

O estudo de uma planície sujeita a processos eustáticos deve ser acompanhado pela análise de seu ambiente superficial com o intuito de apreender a sua dinâmica litológica, estratigráfica e sedimentológica. Os dados demonstrados nas seções posteriores foram obtidos a partir da utilização de métodos estratigráficos baseados em perfurações de poços tubulares e sondagens, com o intuito de obtenção e analise de amostras das diferentes profundidades da coluna sedimentar.

Desse modo tornou-se possível a aquisição de informações que auxiliaram na elucidação da gênese e evolução dos diferentes depósitos sedimentares e, a partir de então, lograr resultados mais significativos sobre a morfodinâmica das diferentes formas de relevo existentes no ambiente de planície.

Quanto maior a profundidade das camadas sedimentares tem-se um aumento progressivo da dificuldade de coleta de dados acerca de suas características sedimentológicas, estratigráficas e litológicas. Os depósitos situados nas camadas mais superficiais tendem a serem mais homogêneos, representando apenas os últimos acontecimentos da história quaternária do ambiente analisado.

De acordo com Viero *et. al.* (2002), a utilização de dados de poços tubulares e sondagens, tem adquirido significativa importância na atualidade, pois permite ao pesquisador tecer considerações sobre a gênese e evolução de fenômenos ocorridos em períodos geológicos pretéritos, apresentando a possibilidade de obtenção de informações relativas aos sedimentos acumulados em paleobacias e, a

partir de então, chegar-se a conclusões mais objetivas e completas sobre a evolução paleogeográfica de uma planície.

De acordo com Gusmão Filho (2002) os estudos geológicos permitem correlacionar as flutuações do nível do mar, ocorridas no Quaternário, com a formação de depósitos sedimentares correlativos a esse período. O conhecimento dos processos responsáveis pela deposição sedimentar podem elucidar a gênese e evolução de determinado um ambiente de sedimentação a partir das propriedades de seus sedimentos. Nesse sentido a litologia configura-se como sendo o elemento mais significativo na criação de uma tipologia de depósitos, fazendo com que os ambientes de deposição com características similares sejam descritos em função de sua granulometria, compacidade e/ou consistência e possam ser posteriormente, agrupados em uma tipologia para fins de classificação.

Segundo Casseti (2005) a morfologia atual da paisagem preserva, muitas vezes, indicadores como formas de relevo ou depósitos correlativos, que permitem a reconstituição de sua história, mostrando que sua gênese é decorrente da alternância das forças antagônicas ao longo do tempo geológico. A partir da análise da coluna estratigráfica de cada depósito é possível identificar como se deu o empilhamento sedimentar num dado intervalo de tempo, assim como descrever quais classes de sedimentos estão depositados de acordo com a profundidade, e posteriormente agrupa-los a partir de seus dados litológicos, faciológicos e cronológicos. E de posse destes dados, reconstituir de forma adequada quais foram os Sistemas Deposicionais responsáveis pela sedimentação de cada setor da planície em determinado intervalo de tempo, e, por conseguinte elucidar a história evolutiva da mesma.

De acordo com Gusmão Filho (2002) a deposição sedimentar é o fator mais importante na construção de uma planície costeira. Costa *et. al.* (1994) afirmam que durante o quaternário foram depositados uma grande variedade de sedimentos sobre os depósitos cretáceos e neógenos, correspondentes às bacias sedimentares costeiras Pernambuco e Paraíba, dando origem a uma série de planícies costeiras no litoral oriental do Nordeste do Brasil, e entre elas a planície do Recife. Nas seções posteriores será apresentada a constituição litológica em superfície e subsuperfície de cada setor da planície do Recife, correspondente a cada unidade de relevo apresentada na tipologia deste estudo.

A descrição litológica que será apresentada nas seções posteriores só tornou-se possível por conta da disponibilização e consulta de dados do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS), pertencente à Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais (CPRM), Órgão do Serviço Geológico do Brasil que faz parte do Ministério de Minas e Energia do Governo Federal. A presente pesquisa realizou uma minuciosa análise de 345 poços, que cofiguram a totalidade dos poços que apresentaram dados litológicos disponíveis na área compreendida pela planície do Recife. Para chegar-se aos objetivos pretendidos realizou-se uma amostra dos mesmos com o intuito de representar e efetivar comparações entre as diferentes unidades de relevo existentes na área de estudo. A partir do estabelecimento dessas metas foram escolhidos 42 poços distribuídos por todas as unidades de relevo presentes na tipologia apresentada, com exceção dos corpos hídricos e canais fluviais, que não apresentaram poços tubulares em seus domínios.

O critério utilizado para a realização da análise litológica atentou para a escolha de poços circunvizinhos que pertenciam à determinada unidade; catalogação do código do poço; atribuição de uma nomenclatura específica para cada exemplar, fazendo menção ao bairro em que o mesmo encontra-se localizado e a ordem em que os mesmos são apresentados no banco de dados do Sistema SIAGAS; a determinação de sua localização exata na paisagem a partir da identificação de suas coordenadas planas; a descrição de sua litologia a partir da Instrução Normativa para a utilização de simbologias em perfis individuais de sondagens e perfis geológicos encontradas em DEINFRA (1994); a determinação da relação litologia/profundidade por meios da confecção de gráficos; e a construção de tabelas contendo litologia e profundidade a fim de tornar visível a descrição litológica realizada.

Foi estipulada uma média de 05 poços a serem analisados em cada unidade de relevo, contudo algumas unidades não tinham essa quantidade de poços que apresentavam dados conclusivos, diminuindo o número de poços a serem analisados, enquanto outros apresentaram características tão peculiares e grande extensão territorial, aumentando a quantidade de amostras. Na figura 24 é apresentada uma tabela com a distribuição exata dos poços em cada unidade de relevo e o respectivo bairro em que os mesmos encontram-se localizados.

Figura 23. Distribuição e localização dos Poços por unidade de relevo Elaboração Própria.

POÇOS UTILIZADOS NA ANÁLISE LITOLÓGICA DA PLANÍCIE DO RECIFE		
Unidade de Relevo	**Poço**	**Bairro**
Terraço Marinho Holocênico	BV.23	Boa Viagem
	BV.59	Boa Viagem
	BV.39	Boa Viagem
	BV.17	Boa Viagem
	BV.106	Boa Viagem
Terraço Marinho Pleistocênico	IMB.12	Imbiribeira
	BV.45	Boa Viagem
	IMB.09	Imbiribeira
	IMB.07	Imbiribeira
	IMB.13	Imbiribeira
Terraço Flúvio-marinho Holocênico	BV.47	Boa Viagem
	BV.108	Boa Viagem
	BV.54	Boa Viagem
	BV.90	Boa Viagem
	BV.51	Boa Viagem
Terraço Indiferenciado	CDU.06	Cidade Universitária
	CDU.04	Cidade Universitária
	CDU.09	Cidade Universitária
	ENG.05	Engenho do Meio
	ENG.01	Engenho do Meio
	ESP.10	Espinheiro
	ESP.08	Espinheiro
	ESP.07	Espinheiro
	ESP.06	Espinheiro
	ESP.05	Espinheiro
Planície de Maré	IMB.05	Imbiribeira
	IMB.03	Imbiribeira
	IMB.02	Imbiribeira
	IMB.08	Imbiribeira
Planície Flúvio-lagunar	ILE.06	Ilha do Leite
	ILE.01	Ilha do Leite
	ILE.02	Ilha do Leite
	ILE.03	Ilha do Leite
	ILE.04	Ilha do Leite
Planície de Restinga	REC.03	Recife Antigo
	REC.01	Recife Antigo
	REC.02	Recife Antigo
Planície Colúvio-aluvial Indiferenciada	JAR.01	Jardim São Paulo
	ARE.01	Areias
	IBU.01	Ibura
	JJO.01	Jardim Jordão
	JJO.02	Jardim Jordão

É importante salientar que a escolha dos poços e das respectivas áreas em que os mesmos estão situados se deu em função da presença e consistência de dados, quantidade necessária à realização da pesquisa, localização e distribuição espacial e não por bairros. O que houve foi uma maior disponibilidade de dados em algumas localidades em detrimento de outras, por conta de alguns fatores listados a seguir: vários poços tubulares ainda não estão cadastrados no SIAGAS; alguns condomínios, conjuntos residenciais e edifícios privados não disponibilizaram os dados litológicos constantes em seus poços tubulares; só podem fazer parte do SIAGAS poços que estejam em situação legal, o que exclui os poços construídos de forma irregular e faz com que a maioria dos poços cadastrados localizarem-se em bairros de classe média e classe média alta.

A distribuição dos poços utilizados na análise litológica da planície do Recife encontra-se representada abaixo, a figura 25 mostra sua espacialização ao longo do Recife, enquanto a figura 26 evidencia como essa distribuição se deu ao longo da planície do Recife, e principalmente, que essa amostragem foi determinada pela compartimentação de relevo da planície do Recife.

Figura 24. Distribuição dos poços na planície do Recife. Google Earth.

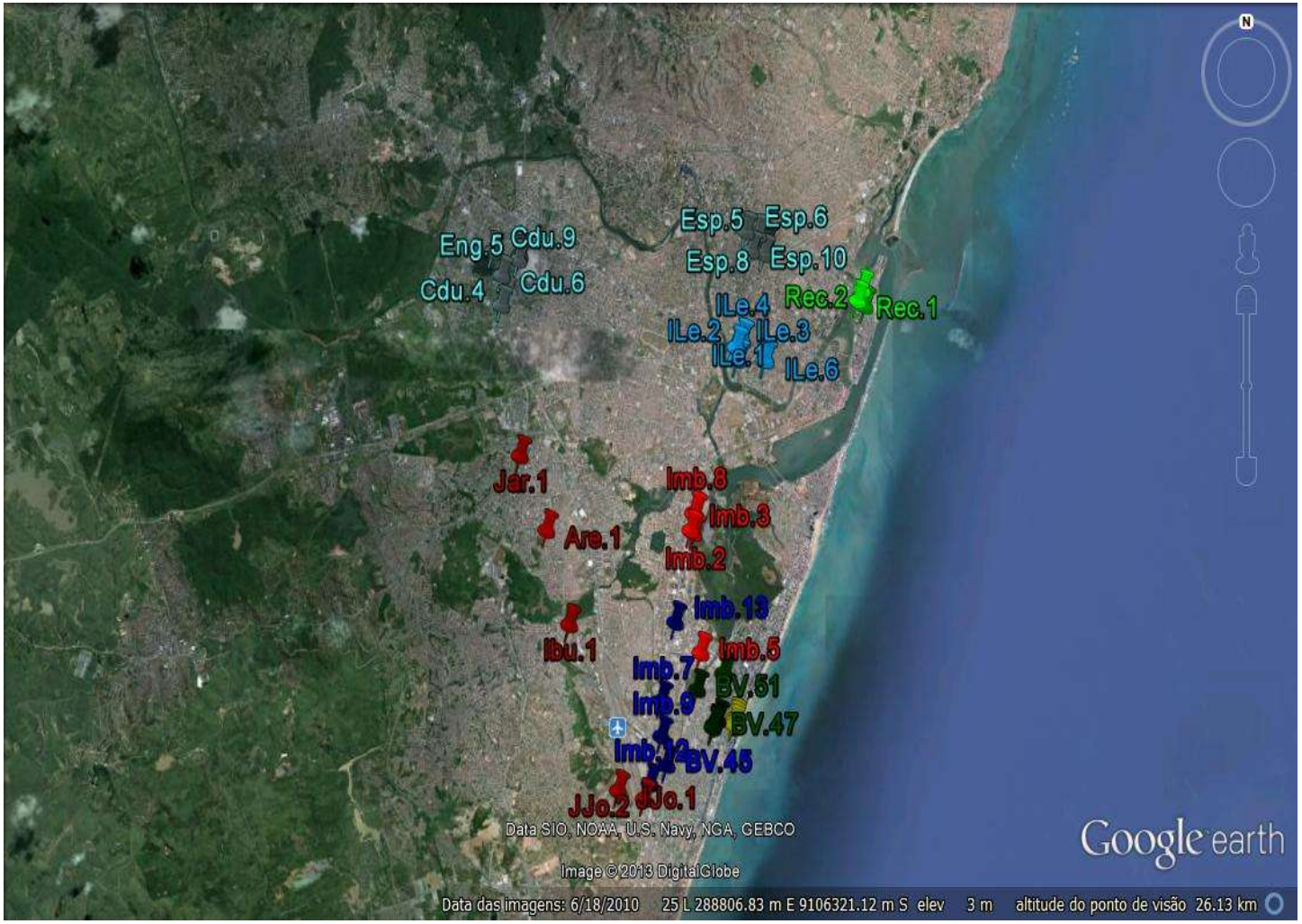
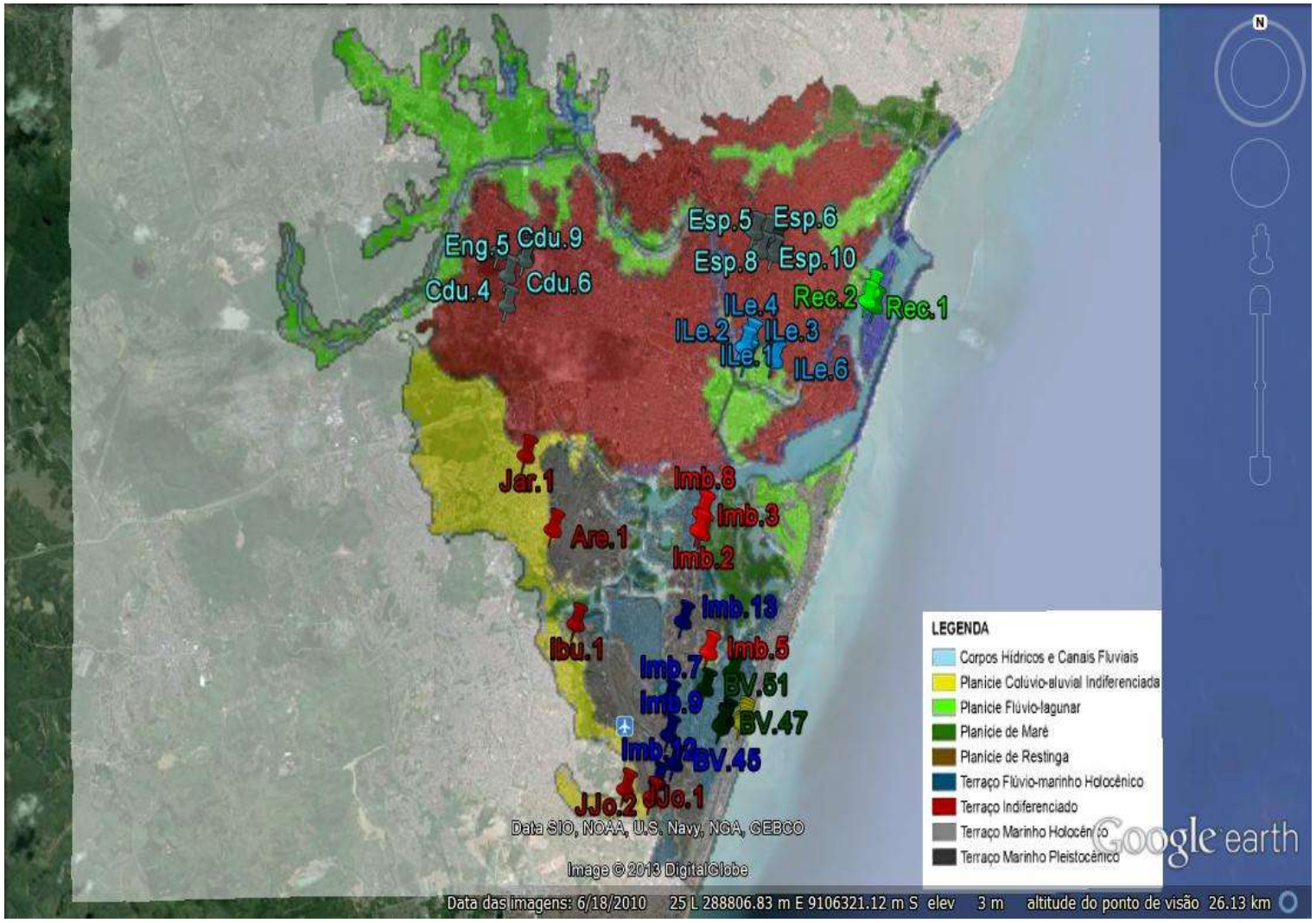


Figura 25. Distribuição dos poços por unidade de Relevo na planície do Recife. Google Earth.



6.2.1. Terraços Marinhos Holocênicos

Nos setores correspondentes a essa unidade de relevo ocorre à predominância do ambiente de sedimentação costeiro, com acumulação de partículas na fração areia e, em profundidade, a ocorrência de diagênese e formação de arenitos a partir das camadas arenosas disponíveis.

O intervalo entre as camadas arenosas é preenchido por camadas argilosas que indicam momentos de instalação de ambientes estuarinos, responsáveis pela acumulação de sedimentos mais finos ao longo da zona costeira. Na maioria das amostras analisadas só são encontrados pacotes areníticos superiores a 10 metros de espessura a partir da profundidade de 40 metros, e mesmo assim, eles quase sempre são acompanhados por camadas menos delgadas de material inconsolidado, o que reflete o baixo grau de diagênese das camadas sedimentares pertencentes a essa unidade geomorfológica (figuras 26, 27, 28, 29, 30 e 32).

Figura 26. Análise comparativa dos poços: Terraço Marinho Holocênico. Elaboração Própria.

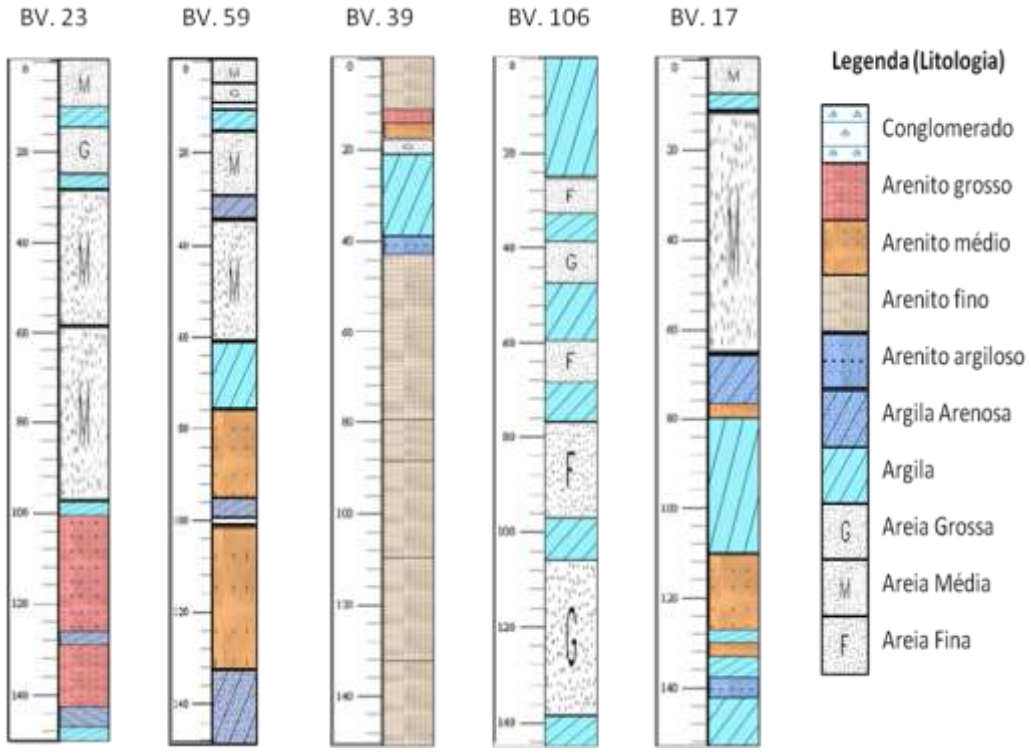


Figura 27. Localização: Terraço Marinho Holocênico. Google Earth.

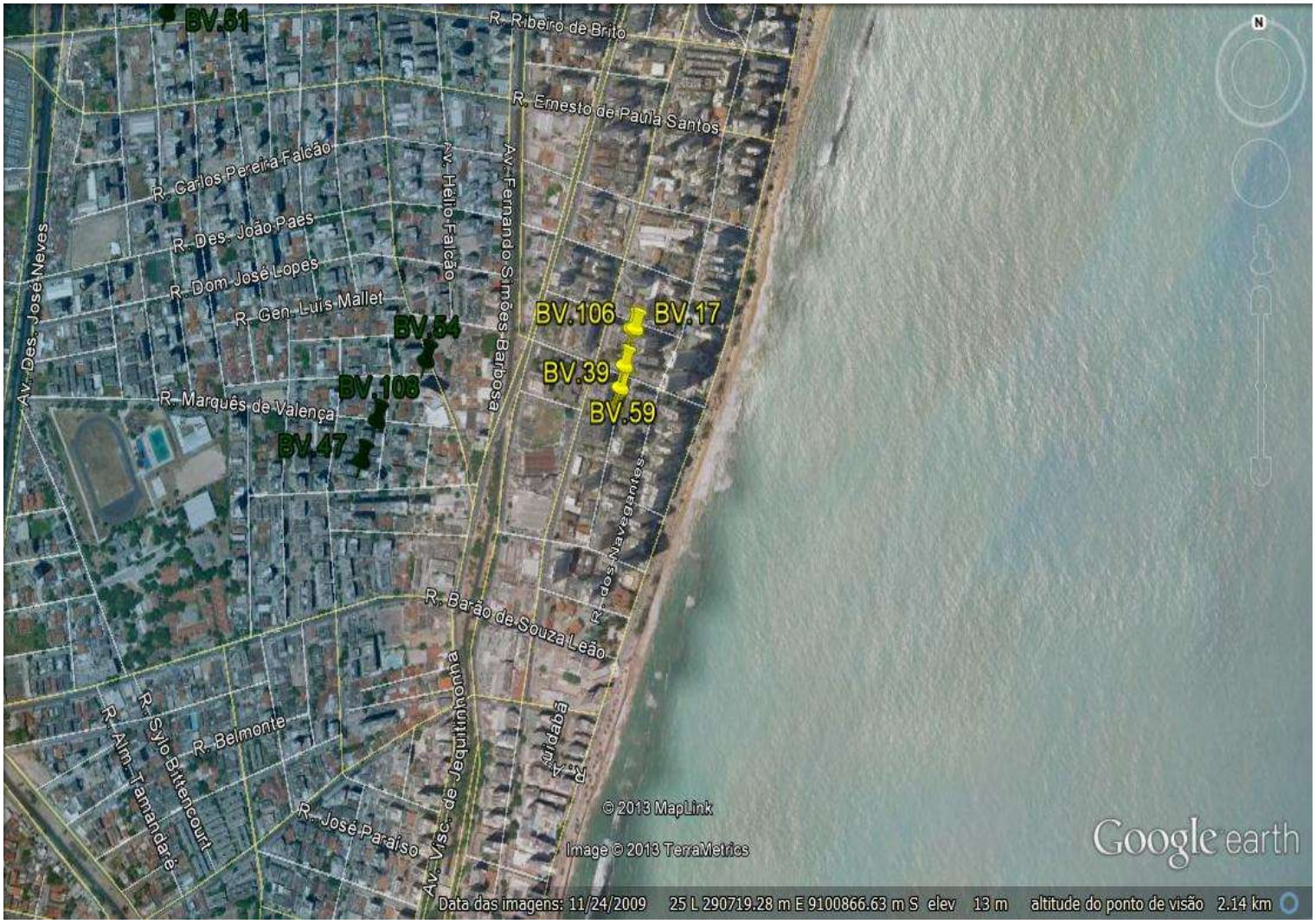
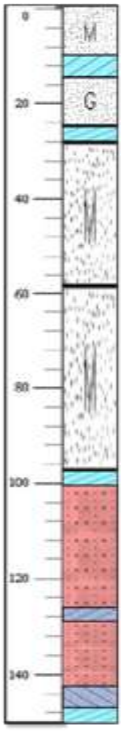


Figura 28. Análise litológica do poço BV. 23. Elaboração Própria.



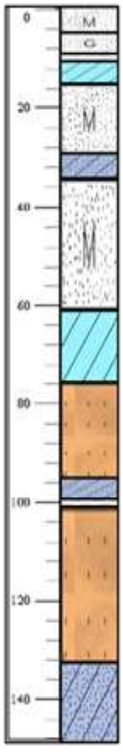
Dados litológicos (Poço BV. 23)
Código do Poço: 2600011837
Latitude (UTM): 290635
Longitude(UTM): 9100929
Localização: Boa Viagem

Legenda (Litologia)

- Arenito grosso
- G Areia grossa
- M Areia média
- Argila arenosa
- Argila

Dados Litológicos		
De(m)	Até (m)	Litologia
0	11	Areia média
11	16	argila
16	26	Areia Grossa
26	29	argila
29	99	Areia média
99	102	argila
102	128	Arenito Grosso
128	130	Argila arenosa
130	143	Arenito Grosso
143	148	Argila arenosa
148	150	argila

Figura 29. Análise litológica do poço BV. 59. Elaboração Própria



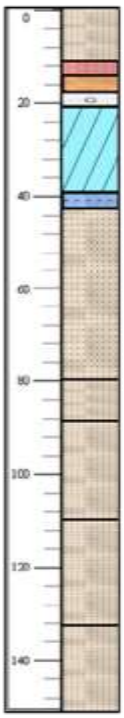
Dados litológicos (Poço BV. 59)
Código do Poço: 2600011835
Latitude (UTM): 290645
Longitude(UTM): 9100959
Localização: Boa Viagem

Legenda (Litologia)

- Conglomerado Argiloso
- Arenito médio
- G Areia Grossa
- M Areia Média
- Argila Arenosa
- Argila

Dados Litológicos		
De (m)	Até (m)	Litologia
0	6	Areia média
6	10	Areia grossa
10	11	Conglomerado Argiloso
11	16	argila
16	30	Areia média
30	36	Argila arenosa
36	61	Areia média
61	76	argila
76	95	Arenito médio
95	99	Argila arenosa
99	101	argila
101	132	Arenito médio
132	148	Argila arenosa

Figura 30. Análise litológica do Poço BV. 39. Elaboração Própria.



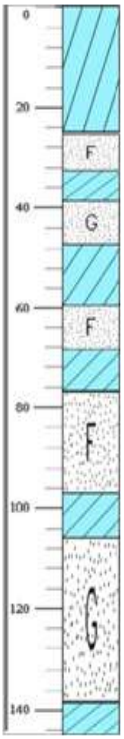
Dados litológicos (Poço BV. 39)
Código do Poço: 2600011745
Latitude (UTM): 290654
Longitude(UTM): 9100993
Localização: Boa Viagem

Legenda (Litologia)

- Arenito grosso
- Arenito médio
- Arenito fino
- Arenito argiloso
- G — Areia Grossa
- Argila

Dados Litológicos		
De (m)	Até (m)	Litologia
0	12	Arenito fino
12	15	Arenito Grosso
15	18	Arenito médio
18	21	Areia grossa
21	39	Argila
39	45	Arenito argiloso
45	135	Arenito fino

Figura 31. Análise litológica do Poço BV. 106. Elaboração Própria.



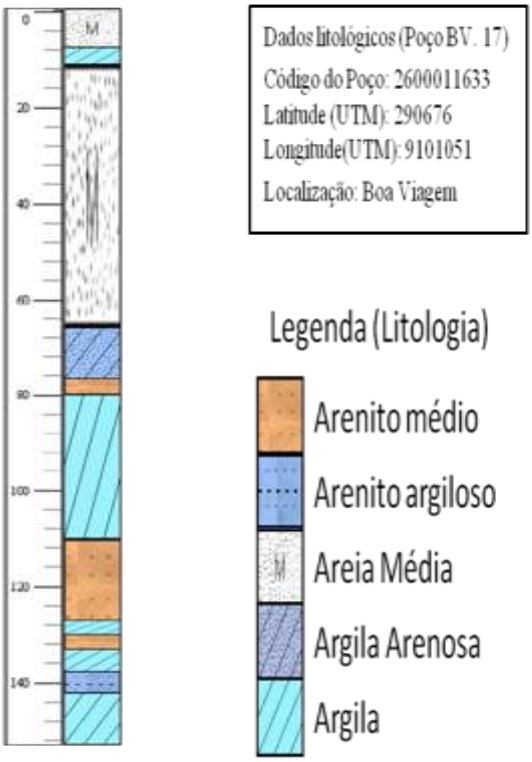
Dados litológicos (Poço BV. 106)
Código do Poço: 2600011683
Latitude (UTM): 290670
Longitude(UTM): 9101051
Localização: Boa Viagem

Legenda (Litologia)

- G — Areia Grossa
- F — Areia Fina
- Argila

Dados Litológicos		
De (m)	Até (m)	Litologia
0	25	Argila
25	32	Areia fina
32	37	Argila
37	50	Areia grossa
50	58	Argila
58	68	Areia fina
68	75	Argila
75	95	Areia fina
95	102	Argila
102	135	Areia grossa
135	144	argila

Figura 32. Análise litológica do Poço BV. 17. Elaboração Própria.



Dados Litológicos		
De (m)	Até (m)	Litologia
0	8	Areia média
8	12	Argila
12	67	Areia média
67	82	Argila arenosa
82	90	Arenito médio
90	113	Argila
113	127	Arenito médio
127	130	Argila
130	133	Arenito médio
133	137	Argila
137	142	Arenito argiloso
142	153	Argila

6.2.2. Terraços Marinhos Pleistocênicos

Essa unidade de relevo coincide com o ambiente de sedimentação costeiro, apresentando deposição de partículas na fração areia, que se encontra, quase em sua totalidade, sob a forma de arenitos com granulometria variada e intercalação de camadas argilosas entre os pacotes areníticos. O que revela um alto grau de semelhança com o ambiente superficial encontrado na área que corresponde aos Terraços Marinhos Holocênicos, e reforça a teoria defendida em seções anteriores deste estudo que reúnem os dois níveis de terraços (Pleistocênicos e Holocênicos) como pertencentes a uma categoria hierárquica superior intitulada de Planície Marinha, e somente são classificadas como unidades geomorfológicas distintas por conta da posição que ocupam na paisagem e, sobretudo por características morfológicas distintas geradas pelos diferentes processos de superfície a que são submetidos nos dias atuais.

As descrições litológicas dos poços BV. 45 e IMB. 13 indicaram o término da camada de acumulação de sedimentos e o inicio do substrato formado por rochas cristalinas não identificadas nas profundidades de 45 e 93 metros respectivamente, o que evidencia a heterogeneidade na cobertura sedimentar que compõe essa unidade de relevo (figuras 33, 34, 35, 36, 37, 38 e 39).

Figura 33. Localização Terraço Marinho Pleistocênico. Google Earth.

Figura 34. Análise comparativa dos Poços: Terraço Marinho Pleistocênico. Elaboração Própria.

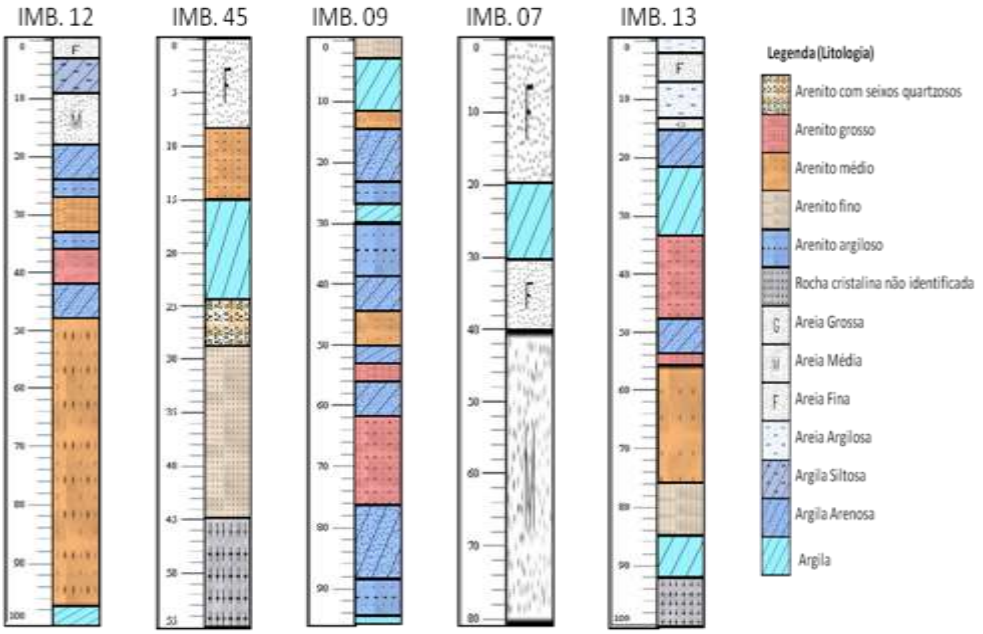
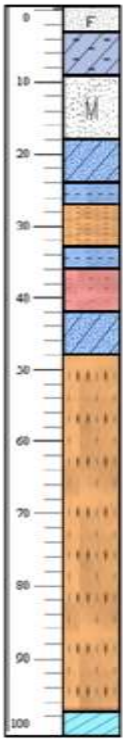


Figura 35. Análise litológica do Poço IMB. 12. Elaboração própria.

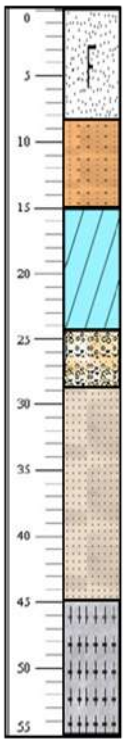


Dados litológicos (Poço IMB.12)
Código do Poço: 2600010270
Latitude (UTM): 288700
Longitude(UTM): 9099800
Localização: Imbiribeira

Legenda (Litologia)
- Arenito grosso
- Arenito médio
- Arenito argiloso
- Areia Média
- Areia Fina
- Argila Arenosa
- Argila Siltosa
- Argila

Dados Litológicos		
De (m)	Até (m)	Litologia
0	3	Areia fina
3	9	Argila siltosa
9	18	Areia média
18	24	Argila arenosa
24	27	Arenito argiloso
27	33	Arenito médio
33	36	Arenito Argiloso
36	42	Arenito Grosso
42	48	Argila arenosa
48	97	Arenito médio
97	108	Argila

Figura 36. Análise litológica do Poço BV.45. Elaboração própria.



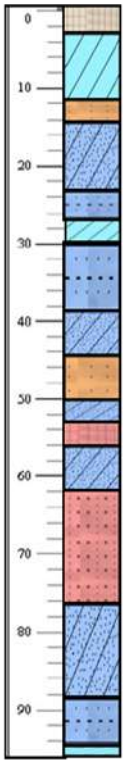
Dados litológicos (Poço BV. 45)
Código do Poço: 2600004961
Latitude (UTM): 289092
Longitude(UTM): 9100153

Legenda (Litologia)

- Arenito com seixos quartzosos
- Arenito médio
- Arenito fino
- Rocha cristalina não identificada
- Areia Fina
- Argila

Dados Litológicos		
De (m)	Até (m)	Litologia
0	8.8	Areia fina
8.8	15	Areia média
15	24	Arenito argiloso
24	27.86	Arenito Argiloso
27.86	45	Arenito Grosso
45	55	Rocha Cristalina não identificada

Figura 37. Análise litológica do Poço IMB. 09. Elaboração própria.



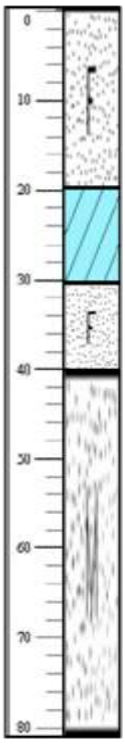
Dados litológicos Poço (IMB. 09)
Código do Poço: 2600048138
Latitude (UTM): 288967
Longitude(UTM): 9100705
Localização: Imbiribeira

Legenda (Litologia)

- Arenito grosso
- Arenito médio
- Arenito fino
- Arenito argiloso
- Argila Arenosa
- Argila

Dados Litológicos		
De (m)	Até (m)	Litologia
0	3	Arenito fino
3	12	Argila
12	15	Arenito médio
15	24	Argila arenosa
24	27	Arenito Argiloso
27	30	Argila
30	39	Arenito argiloso
39	45	Argila arenosa
45	51	Arenito médio
51	54	Argila arenosa
54	57	Arenito grosso
57	63	Argila arenosa
63	78	Arenito grosso
78	90	Argila arenosa
90	96	Arenito Argiloso
96	97	Argila

Figura 38. Análise litológica do Poço IMB. 07. Elaboração própria.



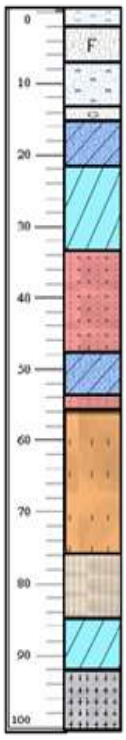
Dados litológicos (Poço IMB. 07)
Código do Poço: 2600048351
Latitude (UTM): 288964
Longitude(UTM): 9101381
Localização: Imbiribeira

Legenda (Litologia)

Areia Média
Areia Fina
Argila

Dados Litológicos		
De(m)	Até (m)	Litologia
0	20	Areia fina
20	30	Argila
30	40	Areia fina
40	80	Areia média

Figura 39. Análise litológica do Poço IMB. 13. Elaboração própria.



Dados litológicos (Poço IMB. 13)
Código do Poço: 2600011066
Latitude (UTM): 289290
Longitude(UTM): 9102896
Localização: Imbiribeira

Legenda (Litologia)

Arenito grosso
Arenito médio
Arenito fino
Areia Grossa
Areia Fina
Areia Argilosa
Argila Arenosa
Argila
Rocha cristalina não identificada

Dados Litológicos		
De(m)	Até (m)	Litologia
0	2	Areia argilosa
2	7	Areia fina
7	13	Areia argilosa
13	15	Areia grossa
15	33	Argila arenosa
33	47	Arenito grosso
47	53	Argila arenosa
53	55	Arenito grosso
55	75	Arenito médio
75	84	Arenito fino
84	93	Argila
93	100	Rocha cristalina não identificada

6.2.3. Terraço Flúvio-marinho Holocênico

A área ocupada pela referida unidade de relevo corresponde à zona de transição entre o ambiente de deposição costeiro e estuarino, apresentando processos de superfície típicos dos dois ambientes. Como nos demais níveis de terraços, há uma predominância de camadas compostas pela fração areia, pacotes arenosos nas camadas superiores e a maior ocorrência de arenitos nos níveis mais profundos.

Evidencia-se, ainda a intercalação de camadas argilosas entre os pacotes areníticos, que comprova que esse ambiente foi submetido ao afogamento dos baixos cursos dos sistemas fluviais da região durante momentos de subida do nível do mar. O pacote sedimentar referente a essa unidade é bastante espesso, atingindo profundidades superiores a 170 metros em alguns poços amostrados sem chegar ao embasamento cristalino (figuras 40, 41, 42, 43, 44, 45 e 46).

Figura 40. Análise comparativa dos Poços: Terraço Flúvio-marinho Holocênico. Elaboração própria.

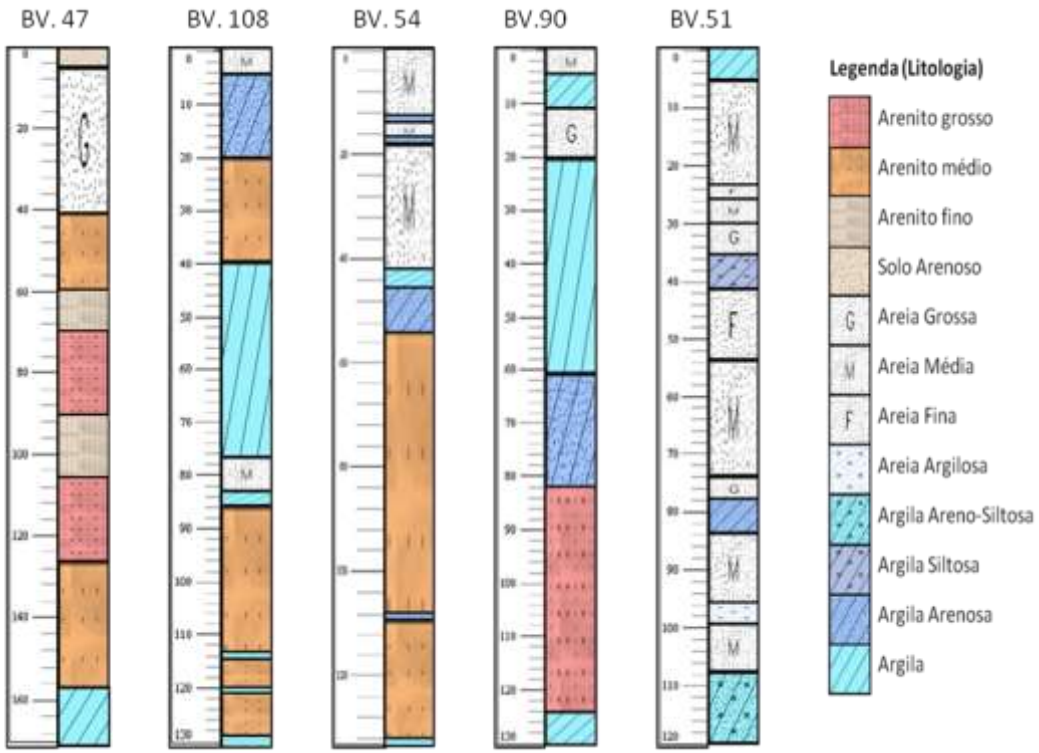
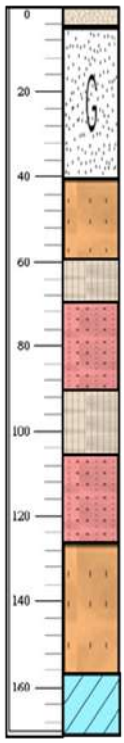


Figura 41. Localização: Terraço Flúvio-marinho Holocênico. Google Earth.

Figura 42. Análise litológica do Poço BV. 47. Elaboração própria.



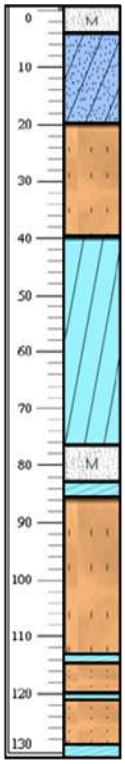
Dados litológicos (Poço BV. 47)
Código do Poço: 2600011898
Latitude (UTM): 290160
Longitude(UTM): 9100864
Localização: Boa Viagem

Legenda (Litologia)

Arenito grosso
Arenito médio
Arenito fino
Areia Grossa
Solo Arenoso
Argila

Dados Litológicos		
De(m)	Até (m)	Litologia
0	5	Solo arenoso
5	40	Areia Grossa
40	60	Arenito médio
60	70	Arenito fino
70	94	Arenito grosso
94	104	Arenito fino
104	126	Arenito grosso
126	158	Arenito médio
158	170	Argila

Figura 43. Análise litológica do Poço BV. 108. Elaboração própria.



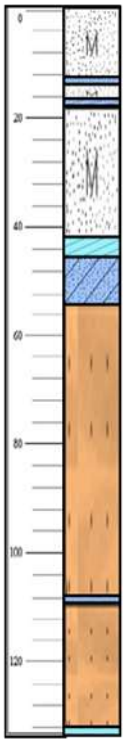
Dados litológicos Poço (BV. 108)
Código do Poço: 2600011674
Latitude (UTM): 290190
Longitude(UTM): 9100926
Localização: Boa Viagem

Legenda (Litologia)

Arenito médio
Areia Média
Argila Arenosa
Argila

Dados Litológicos		
De(m)	Até (m)	Litologia
0	4	Areia média
4	20	Argila arenosa
20	40	Arenito médio
40	76	Argila
76	82	Areia média
82	84	Argila
84	110	Arenito médio
110	111	Argila
111	119	Arenito médio
119	121	Argila
121	128	Arenito médio
128	130	Argila

Figura 44. Análise litológica do poço BV. 54. Elaboração própria.



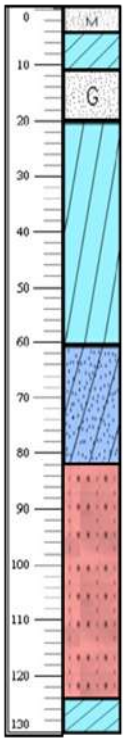
Dados litológicos (Poço BV. 54)
Código do Poço: 2600011732
Latitude (UTM): 290282
Longitude(UTM): 9101018
Localização: Boa Viagem

Legenda (Litologia)

- Arenito médio
- Areia Média
- Argila Arenosa
- Argila

Dados Litológicos		
De(m)	Até (m)	Litologia
0	13	Areia média
13	14	Argila arenosa
14	17	Areia média
17	19	Argila arenosa
19	43	Areia média
43	46	Argila
46	55	Argila arenosa
55	113	Arenito médio
113	114	Argila arenosa
114	132	Arenito médio
132	133	Argila

Figura 45. Análise litológica do Poço BV. 90. Elaboração própria.



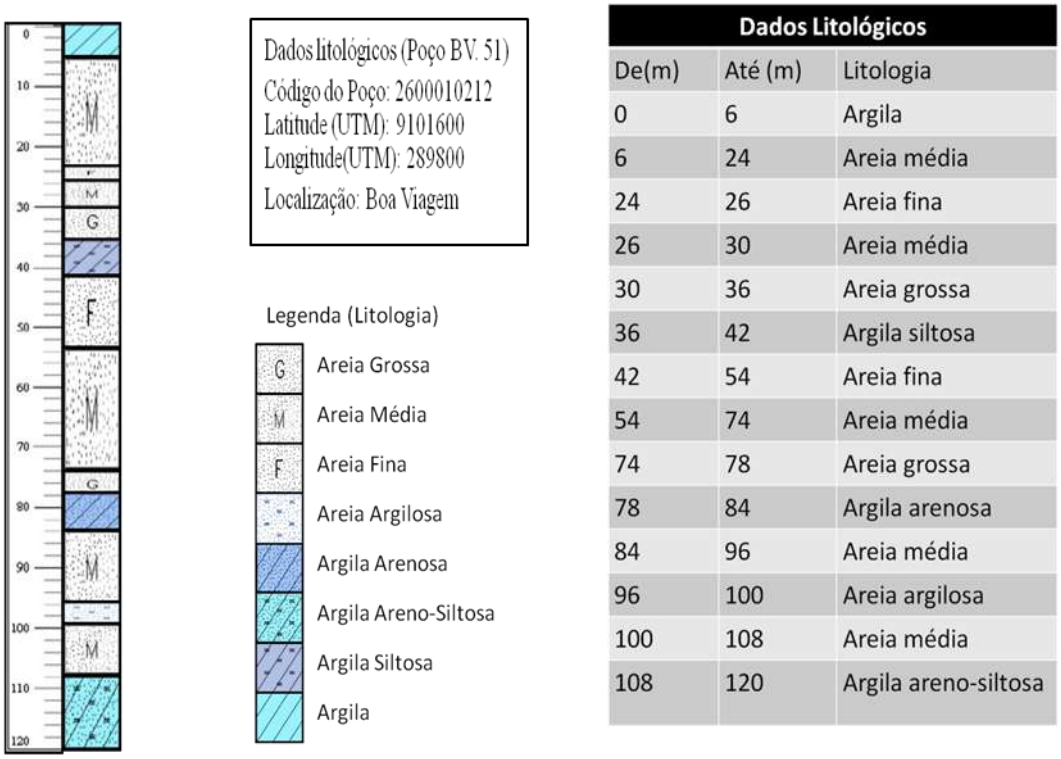
Dados litológicos Poço BV. 90
Código do Poço: 2600011740
Latitude (UTM): 290417
Longitude(UTM): 9101872
Localização: Boa Viagem

Legenda (Litologia)

- Arenito grosso
- Areia grossa
- Areia média
- Argila arenosa
- Argila

Dados Litológicos		
De(m)	Até (m)	Litologia
0	5	Areia média
5	12	Argila
12	20	Areia Grossa
20	60	Argila
60	84	Argila arenosa
84	126	Arenito grosso
126	130	Argila

Figura 46. Análise litológica do Poço BV. 51. Elaboração própria.



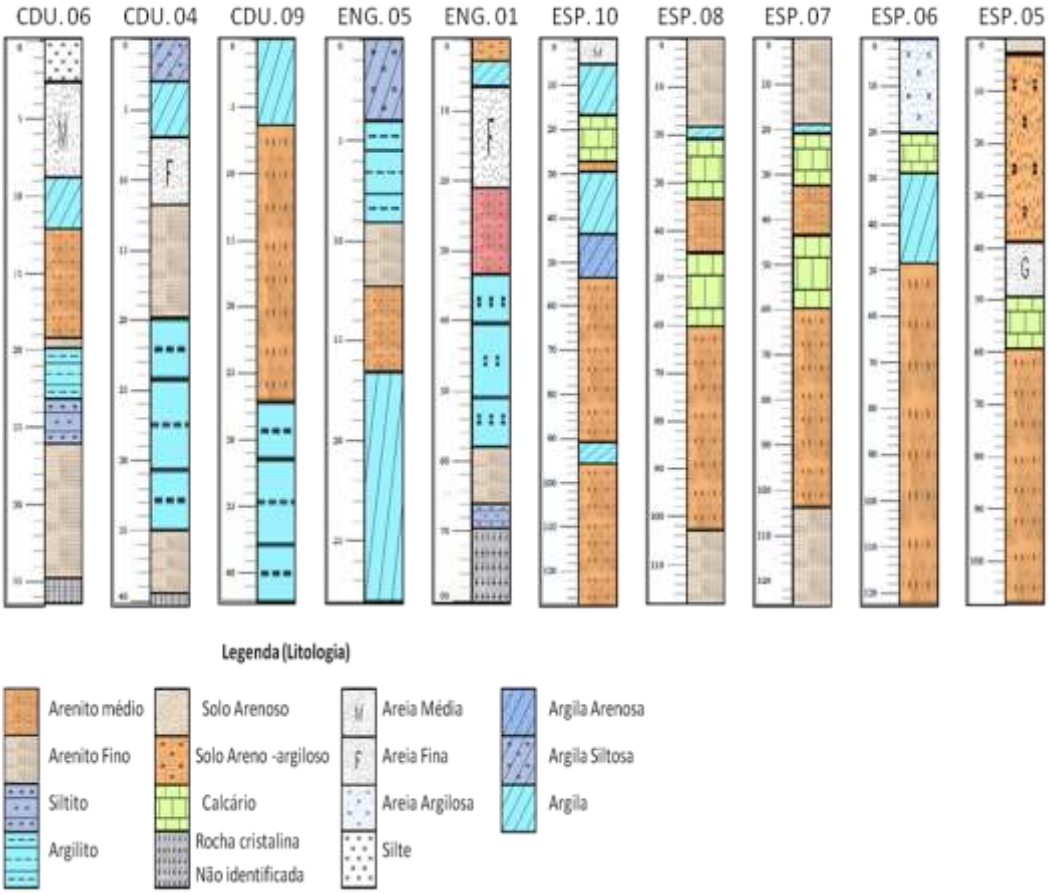
Dados Litológicos		
De(m)	Até (m)	Litologia
0	6	Argila
6	24	Areia média
24	26	Areia fina
26	30	Areia média
30	36	Areia grossa
36	42	Argila siltosa
42	54	Areia fina
54	74	Areia média
74	78	Areia grossa
78	84	Argila arenosa
84	96	Areia média
96	100	Areia argilosa
100	108	Areia média
108	120	Argila areno-siltosa

6.2.4. Terraços Indiferenciados

A área que corresponde a essa unidade de relevo não representa a vigência de um ambiente de deposição específico, e sim uma interface de vários sistemas instalados em diversos setores da planície do Recife. Os sedimentos que compõem a mesma foram retrabalhados por processos marinhos, flúvio-marinhos, fluviais e continentais, e, por conseguinte evidenciam o alto grau de heterogeneidade encontrado nesse nível de terraço ao longo da paisagem.

Nos setores situados no interior da planície apresentam uma coluna sedimentar de cerca de 30 a 40 metros de espessura, após essas profundidades é alcançado o substrato rochoso formado por rochas cristalinas não identificadas pela descrição litológica. A referida unidade é formada quase em sua totalidade por sedimentos finos (argila e silte) com a ocorrência de alguns pacotes arenosos e areníticos entre as camadas (figuras 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56 e 57, e 58).

Figura 47. Análise comparativa dos Poços: Terraços Indiferenciados. Elaboração própria.



Nos setores próximos ao litoral há uma predominância de sedimentos com granulometria fina (solo arenoso e areno-argiloso, areia média, areia argilosa) e arenito fino nas camadas superiores da coluna sedimentar, a cerca de 20 metros de profundidade tem-se a ocorrência de uma camada de calcário que apresenta, pelo menos, 10 metros de espessura, que evidencia a presença de compostos formados por carbonato de cálcio, provavelmente em ambiente marinho, a coluna sedimentar é complementada pela alternância de camadas areníticas e argilosas até cerca de 50 a 60 metros de profundidade, após esses valores encontra-se espessos pacotes areníticos que se aprofundam até o limite da analise litológica que vai até 120 metros e provavelmente se estende a profundidades muito superiores a esse valor.

Figura 48. Localização dos poços: Terraço Indiferenciado. Google Earth.

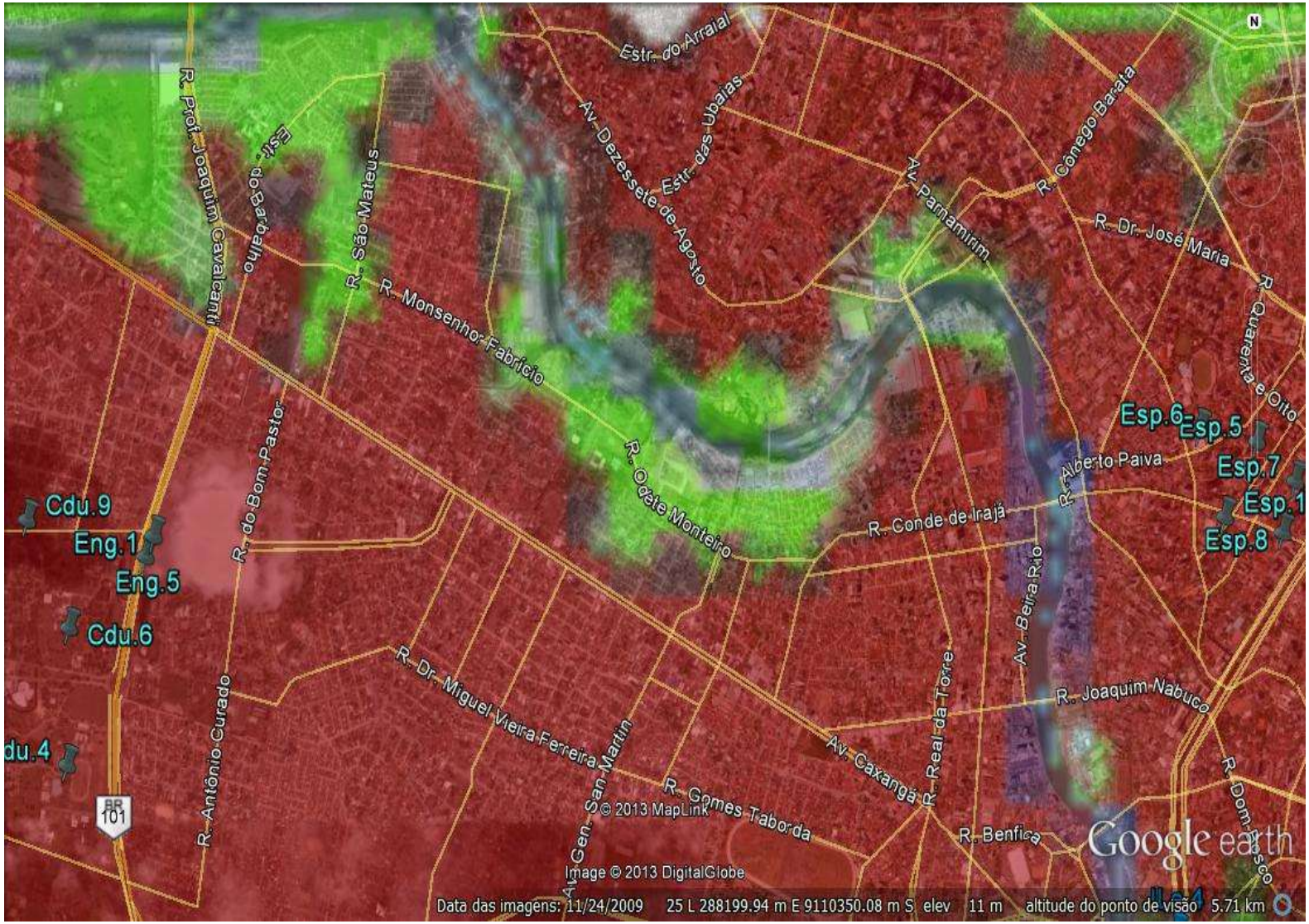
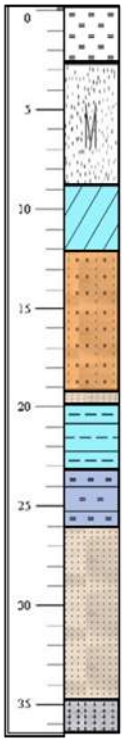


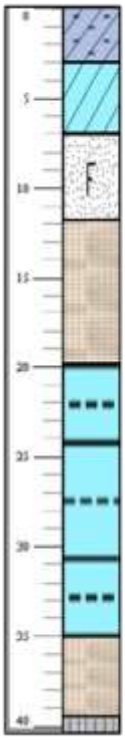
Figura 49. Análise litológica do Poço CDU. 06. Elaboração Própria.



Dados litológicos (Poço CDU. 06)
Código do Poço: 2600011341
Latitude (UTM): 285235
Longitude(UTM): 9109575
Localização: Cidade Universitária

Dados Litológicos		
De(m)	Até (m)	Litologia
0	3	Silte
3	9	Areia média
9	11	Argila
11	13	Arenito médio
13	19	Argilito
19	20	Arenito fino
20	23	Argilito
23	26	Siltito
26	35	Arenito fino
35	36.4	Rocha cristalina não identificada

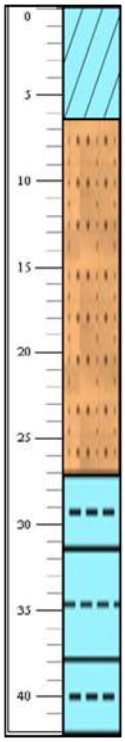
Figura 50. Análise litológica do Poço CDU. 04. Elaboração Própria.



Dados litológicos (Poço CDU. 04)
Código do Poço: 2600011279
Latitude (UTM): 285223
Longitude(UTM):9108999
Localização: Cidade Universitária

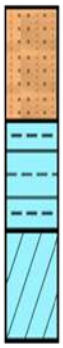
Dados Litológicos		
De(m)	Até (m)	Litologia
0	3	Argila siltosa
3	7	Argila
7	12	Areia fina
12	20	Arenito fino
20	35,5	Argilito
35,5	38,5	Arenito fino
38,5	40,1	Rocha cristalina não identificada

Figura 51. Análise litológica do Poço CDU. 09. Elaboração Própria.



Dados litológicos (Poço CDU. 09)
Código do Poço: 2600012143
Latitude (UTM): 285024
Longitude(UTM): 9110024
Localização: Cidade Universitária

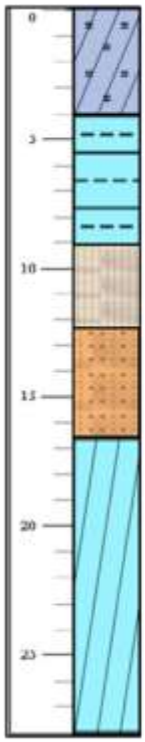
Legenda (Litologia)



Arenito médio
Argilito
Argila

Dados Litológicos		
De(m)	Até (m)	Litologia
0	6	Argila
6	22	Arenito médio
22	42	Argilito

Figura 52. Análise litológica do Poço ENG. 05. Elaboração Própria.



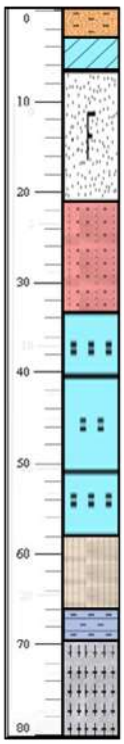
Dados litológicos (Poço ENG. 05)
Código do Poço: 2600010335
Latitude (UTM): 285620
Longitude(UTM): 9109874
Localização: Engenho do Meio

Legenda (Litologia)

Arenito médio
Arenito Fino
Argilito
Argila Siltosa
Argila

Dados Litológicos		
De(m)	Até (m)	Litologia
0	4	Argila siltosa
4	8	Argilito
8	12	Arenito fino
12	16	Arenito médio
16	28	Argila

Figura 53. Análise litológica do Poço ENG. 01. Elaboração Própria.

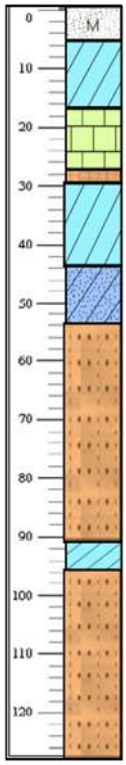


Dados litológicos (Poço ENG. 01)
Código do Poço: 2600011377
Latitude (UTM): 285661
Longitude(UTM): 9109960
Localização: Engenho do Meio

Legenda (Litologia)

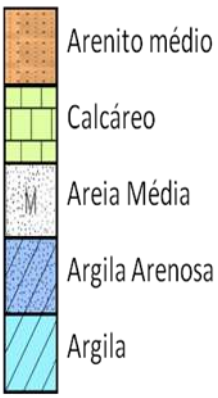
Dados Litológicos		
De(m)	Até (m)	Litologia
0	3	Solo areno-argiloso
3	6	Argila
6	21	Areia fina
21	33	Arenito grosso
33	58	Argilito
58	66	Arenito fino
66	67.5	Siltito
67.5	80	Rocha Cristalina não identificada

Figura 54. Análise litológica do Poço ESP. 10. Elaboração Própria.



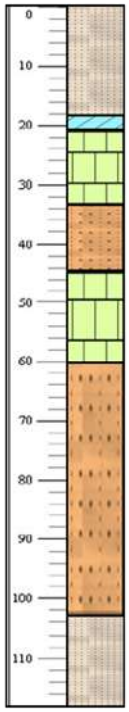
Dados litológicos (Poço Esp. 10)
Código do Poço: 2600012113
Latitude (UTM): 291051
Longitude(UTM): 9110059
Localização: Espinheiro

Legenda (Litologia)



Dados Litológicos		
De(m)	Até (m)	Litologia
0	6	Areia média
6	18	Argila
18	27	Calcário
27	30	Arenito médio
30	44	Argila
44	55	Argila arenosa
55	92	Arenito médio
92	96	Argila
96	127	Arenito médio

Figura 55. Análise litológica do Poço ESP. 08. Elaboração Própria.

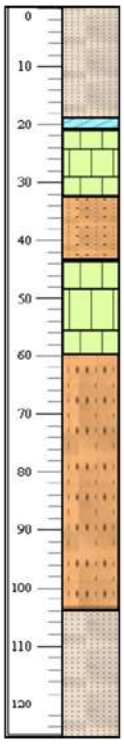


Dados litológicos (Poço Esp. 08)
Código do Poço: 2600011805
Latitude (UTM): 291342
Longitude(UTM): 9109995
Localização: Espinheiro

Legenda (Litologia)

Dados Litológicos		
De(m)	Até (m)	Litologia
0	18	Arenito fino
18	21	Argila
21	32	Calcário
32	44	Arenito médio
44	60	Calcário
60	102	Arenito médio
102	118	Arenito fino

Figura 56. Análise litológica do Poço ESP. 07. Elaboração Própria.

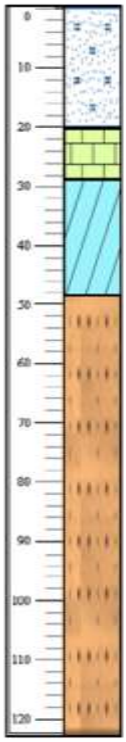


Dados litológicos (Poço Esp. 07)
Código do Poço: 2600011728
Latitude (UTM): 291403
Longitude(UTM): 9110211
Localização: Espinheiro

Legenda (Litologia)

Dados Litológicos		
De (m)	Até m)	Litologia
0	18	Arenito fino
18	21	Argila
21	32	Calcário
32	44	Arenito médio
44	60	Calcário
60	102	Arenito médio
102	125	Arenito fino

Figura 57. Análise litológica do Poço ESP. 06. Elaboração Própria.



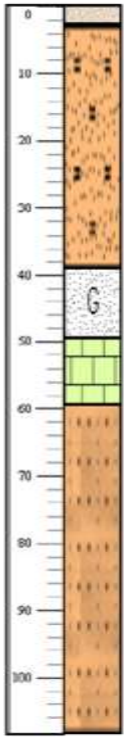
Dados litológicos (Poço Esp. 06)
Código do Poço: 2600012134
Latitude (UTM): 290924
Longitude(UTM): 9110427
Localização: Espinheiro

Legenda (Litologia)

- Arenito médio
- Calcáreo
- Areia Argilosa
- Argila

Dados Litológicos		
De(m)	Até (m)	Litologia
0	20	Areia argilosa
20	28	Calcário
28	48	Argilosa
48	122	Arenito médio

Figura 58. Análise litológica do Poço ESP. 05. Elaboração Própria.



Dados litológicos (Poço Esp. 05)
Código do Poço: 2600011972
Latitude (UTM): 291209
Longitude(UTM): 9110376
Localização: Espinheiro

Legenda (Litologia)

- Arenito médio
- Calcáreo
- Solo Arenoso
- Solo Areno-Argiloso
- Areia Grossa

Dados Litológicos		
De(m)	Até (m)	Litologia
0	3	Solo arenoso
3	39	Solo areno-argiloso
39	50	Areia grossa
50	59	Calcário
59	108	Arenito médio

6.2.5. Planície de Maré

Esse compartimento de relevo apresenta uma dinâmica de deposição de sedimentos formada pela vigência típica do Ambiente de Sedimentação Estuarino. Apresenta uma predominância de sedimentos arenosos e argilosos ao longo dos primeiros 40 metros de profundidade e a vigência de pacotes areníticos nas camadas inferiores que chegam a atingir cerca de 60 metros de espessura, com o aumento da profundidade aumenta a intercalação de camadas arenosas e argilosas, ocorrendo à predominância de camadas argilosas a partir de 110 metros de profundidade (figuras 59, 60, 61, 62, 63 e 64).

Figura 59. Análise comparativa dos Poços:Planície de Maré. Elaboração Própria.

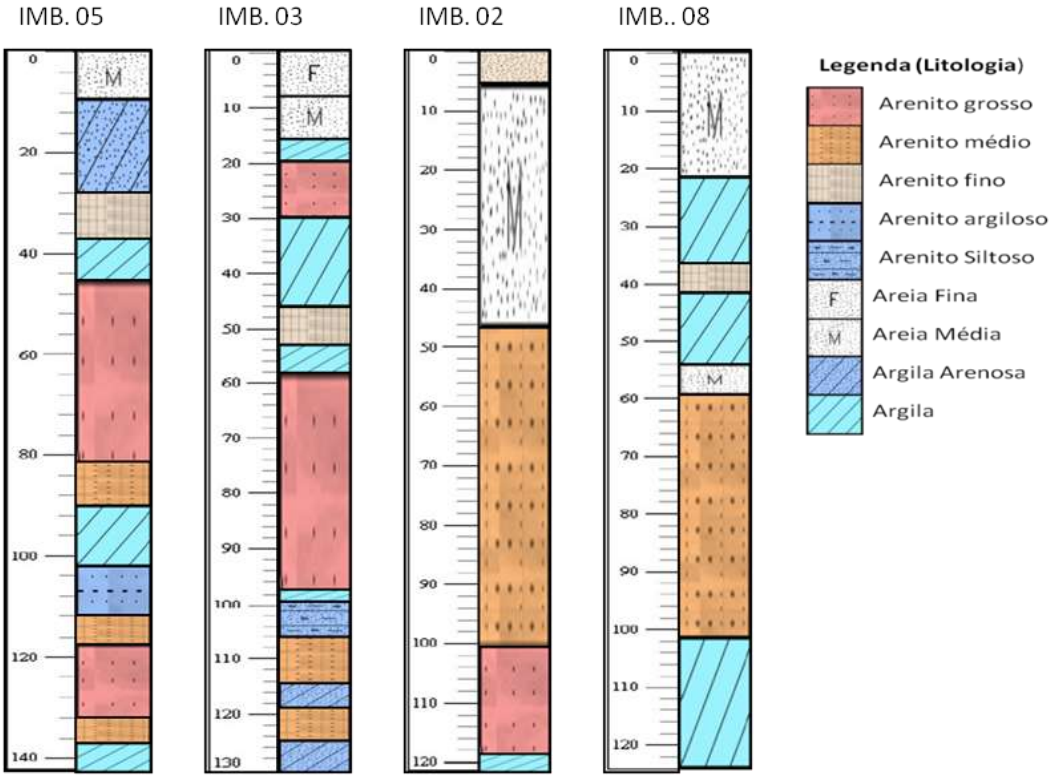
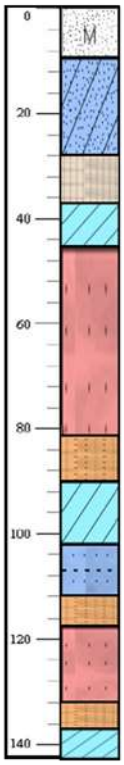


Figura 60. Localização: Planície de Maré. Google Earth.

Figura 61. Análise litológica do Poço IMB. 05. Elaboração própria.



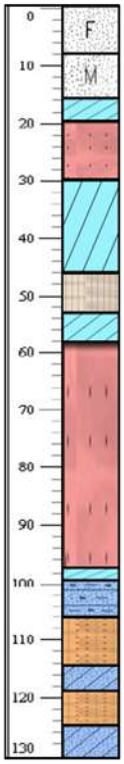
Dados litológicos (Poço IMB. 05)
Código do Poço: 2600047728
Latitude (UTM): 289879
Longitude(UTM):9102307
Localização: Imbiribeira

Legenda (Litologia)

Arenito grosso
Arenito médio
Arenito fino
Arenito argiloso
Areia Média
Argila Arenosa
Argila

Dados Litológicos		
De(m)	Até (m)	Litologia
0	10	Areia média
10	28	Argila arenosa
28	36	Arenito fino
36	44	Argila
44	80	Arenito grosso
80	88	Arenito médio
88	100	Argila
100	110	Arenito argiloso
110	115	Arenito médio
115	133	Arenito grosso
133	138	Arenito médio
138	142	Argila

Figura 62. Análise litológica do Poço IMB. 03. Elaboração própria.



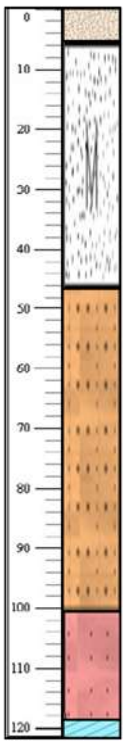
Dados litológicos (Poço IMB. 03)
Código do Poço: 2600012010
Latitude (UTM):289646
Longitude(UTM): 9104666
Localização: Imbiribeira

Legenda (Litologia)

Arenito grosso
Arenito médio
Arenito fino
Arenito siltoso
Areia Média
Areia Fina
Argila Arenosa
Argila

Dados Litológicos		
De(m)	Até (m)	Litologia
0	8	Areia fina
8	16	Areia média
16	20	Argila
20	30	Arenito grosso
30	46	Argila
46	52	Arenito fino
52	58	Argila
58	96	Arenito grosso
96	98	Argila
98	100	Arenito médio
100	106	Arenito siltoso
106	116	Arenito médio
116	120	Argila arenosa
120	126	Arenito médio
126	130	Argila arenosa

Figura 63. Análise litológica do Poço IMB. 02. Elaboração própria



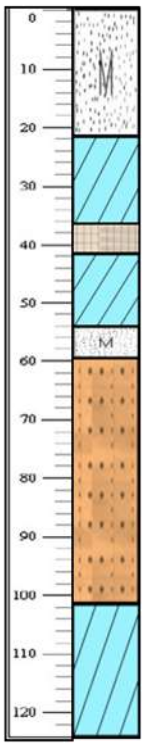
Dados litológicos (Poço IMB. 02)
Código do Poço: 2600012124
Latitude (UTM): 289714
Longitude(UTM): 9104611
Localização: Imbiribeira

Legenda (Litologia)

Arenito grosso
Arenito médio
Solo
Areia Média
Argila

Dados Litológicos		
De(m)	Até (m)	Litologia
0	5	Solo
5	100	Areia média
100	118	Arenito grosso
118	121	Argila

Figura 64. Análise litológica do Poço IMB. 08. Elaboração própria



Dados litológicos (Poço IMB. 08)
Código do Poço: 2600012092
Latitude (UTM): 289721
Longitude(UTM): 9104958
Localização: Imbiribeira

Legenda (Litologia)

Arenito médio
Arenito fino
Areia Média
Argila

Dados Litológicos		
De(m)	Até (m)	Litologia
0	22	Areia média
22	37	Argila
37	41	Arenito fino
41	55	Argila
55	59	Areia média
59	102	Arenito médio
102	124	Argila

6.2.6. Planície Flúvio-lagunar

A sedimentação que ocorre ao longo da Planície Flúvio-lagunar se dá em função do Ambiente Fluvial subordinado aos rios Capibaribe, uma parte do setor estuarino do rio Beberibe, além de algumas porções associadas ao sistema flúvio-lagunar da bacia do Pina. Nesse ambiente coexiste uma grande variedade de sedimentos, como resposta ao retrabalhamento fluvial desencadeado no período holocênico. Há uma leve tendência de concentração de sedimentos finos, principalmente argilosos ou com a fração argila em sua composição, ao longo dos primeiros 20 metros da coluna sedimentar, mas tem-se a ocorrência de arenito e siltito em alguns poços amostrados, nas camadas inferiores há uma predominância de arenitos de diferentes granulometrias, mas também são encontradas camadas bastante representativas de sedimentos arenosos e argilosos (figuras 65, 66, 67, 68, 69,70, e 71).

Figura 65. Análise comparativa dos Poços: Planicie Flúvio-lagunar.
Elaboração Própria.

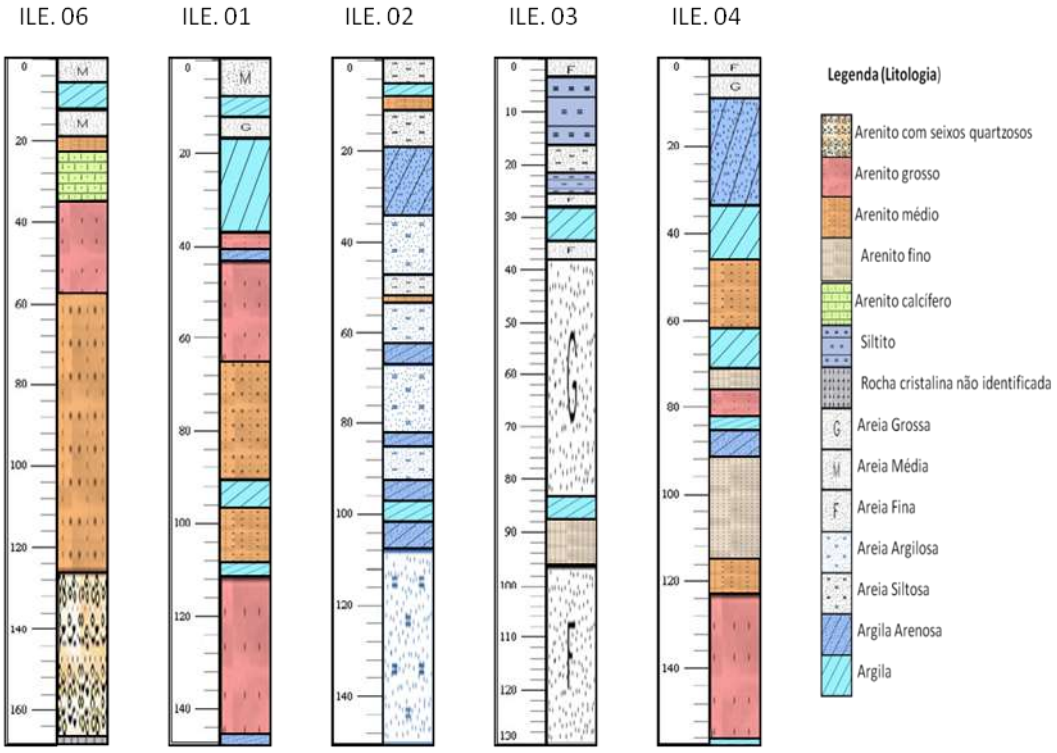
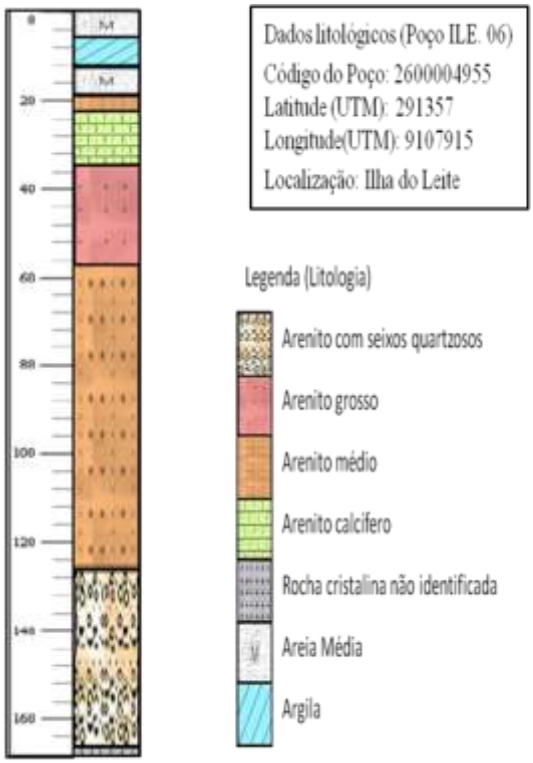


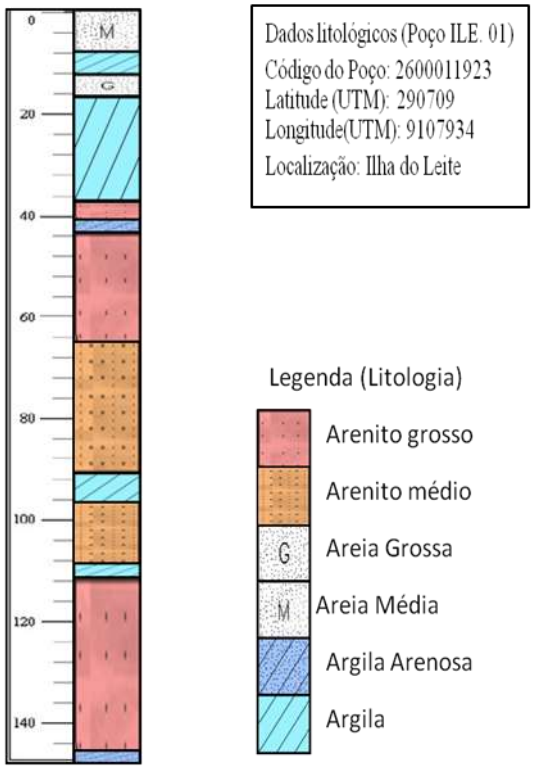
Figura 66. Localização: Planície Flúvio-lagunar. Google Earth.

Figura 67. Análise litológica do Poço ILE. 06. Elaboração própria.



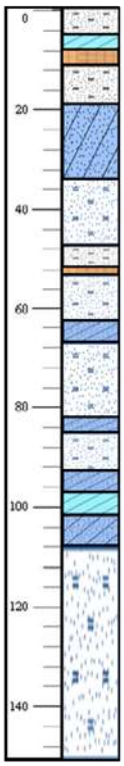
Dados Litológicos		
De(m)	Até (m)	Litologia
0	6	Areia média
6	12	Argila
12	18	Areia média
18	21	Arenito médio
21	33	Arenito calcífero
33	57	Arenito grosso
57	129	Arenito médio
129	167	Arenito com seixos quartzosos
167	168	Rocha cristalina não identificada

Figura 68. Análise litológica do Poço ILE. 01. Elaboração própria.



Dados Litológicos		
De(m)	Até (m)	Litologia
0	8	Areia média
8	12	Argila
12	16	Areia grossa
16	36	Argila
36	40	Arenito grosso
40	43	Argila arenosa
43	64	Arenito grosso
64	90	Arenito médio
90	96	Argila
96	108	Arenito médio
108	111	Argila
111	145	Arenito grosso
145	147	Argila arenosa

Figura 69. Análise litológica do Poço ILE. 032. Elaboração própria.



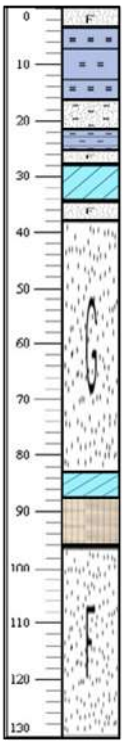
Dados litológicos (Poço ILE. 02)
Código do Poço: 2600010327
Latitude (UTM): 290714
Longitude(UTM): 9108161
Localização: Ilha do Leite

Legenda (Litologia)

Arenito médio
Areia Argilosa
Areia Siltosa
Argila Arenosa
Argila

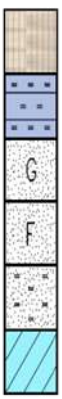
Dados Litológicos		
De(m)	Até (m)	Litologia
0	6	Areia siltosa
6	10	Argila
10	12	Arenito médio
12	19	Areia siltosa
19	36	Argila arenosa
36	49	Areia argilosa
49	53	Areia siltosa
53	55	Arenito médio
55	64	Areia argilosa
64	68	Argila arenosa
68	83	Areia argilosa
83	86	Argila arenosa
86	94	Areia argilosa
98	102	Argila
102	105	Argila arenosa
105	150	Areia argilosa

Figura 70. Análise litológica do Poço ILE. 03. Elaboração própria.



Dados litológicos (Poço ILE. 03)
Código do Poço: 2600011229
Latitude (UTM): 290683
Longitude(UTM): 9108162
Localização: Ilha do Leite

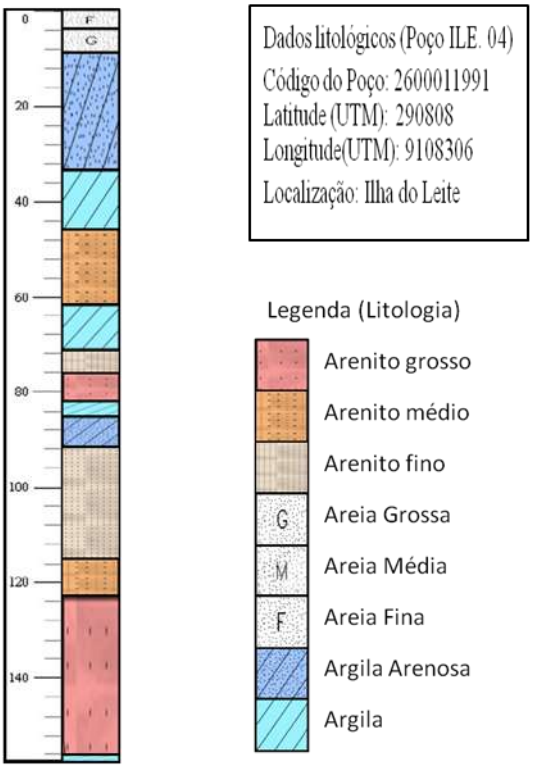
Legenda (Litologia)



Arenito fino
Siltito
Areia Grossa
Areia Fina
Areia Siltosa
Argila

Dados Litológicos		
De(m)	Até (m)	Litologia
0	4	Areia fina
4	17	Siltito
17	21	Areia siltosa
21	25	Siltito
25	27	Areia fina
27	33	Argila
33	36	Areia fina
36	82	Areia grossa
82	86	Argila
86	95	Arenito fino
95	130	Areia fina

Figura 71. Análise litológica do Poço ILE. 04. Elaboração própria.



Dados Litológicos		
De(m)	Até (m)	Litologia
0	3	Areia média
3	6	Areia grossa
6	31	Argila arenosa
31	45	Argila
45	63	Arenito médio
63	69	Argila
69	75	Arenito fino
75	81	Arenito grosso
81	84	Argila
84	90	Argila arenosa
90	114	Arenito fino
114	123	Arenito médio
123	156	Arenito grosso
156	157	Argila

6.2.7. Planície de Restinga

A referida unidade Geomorfológica encontra-se localizada na interface dos Ambientes de deposição costeiro, fluvial e estuarino, apresentando processos de superfície correspondentes aos mesmos e, sobretudo uma coluna estratigráfica que comprova que essa heterogeneidade, remontando períodos geológicos pretéritos. Ao longo das camadas mais superficiais tem-se uma predominância de pacotes compostos por sedimentos arenosos inconsolidados, as camadas intermediárias apresentam calcários e arenitos com componente carbonático, intercalados com sedimentos argilosos e a ocorrência de folhelho em um dos poços amostrados, nas camadas mais profundas, há predominância de pacotes areníticos com diferentes granulometrias, até a base das amostras analisadas (figuras 72, 73,74, 75 e76).

Figura 72. Localização: Planície Restinga. Google Earth.

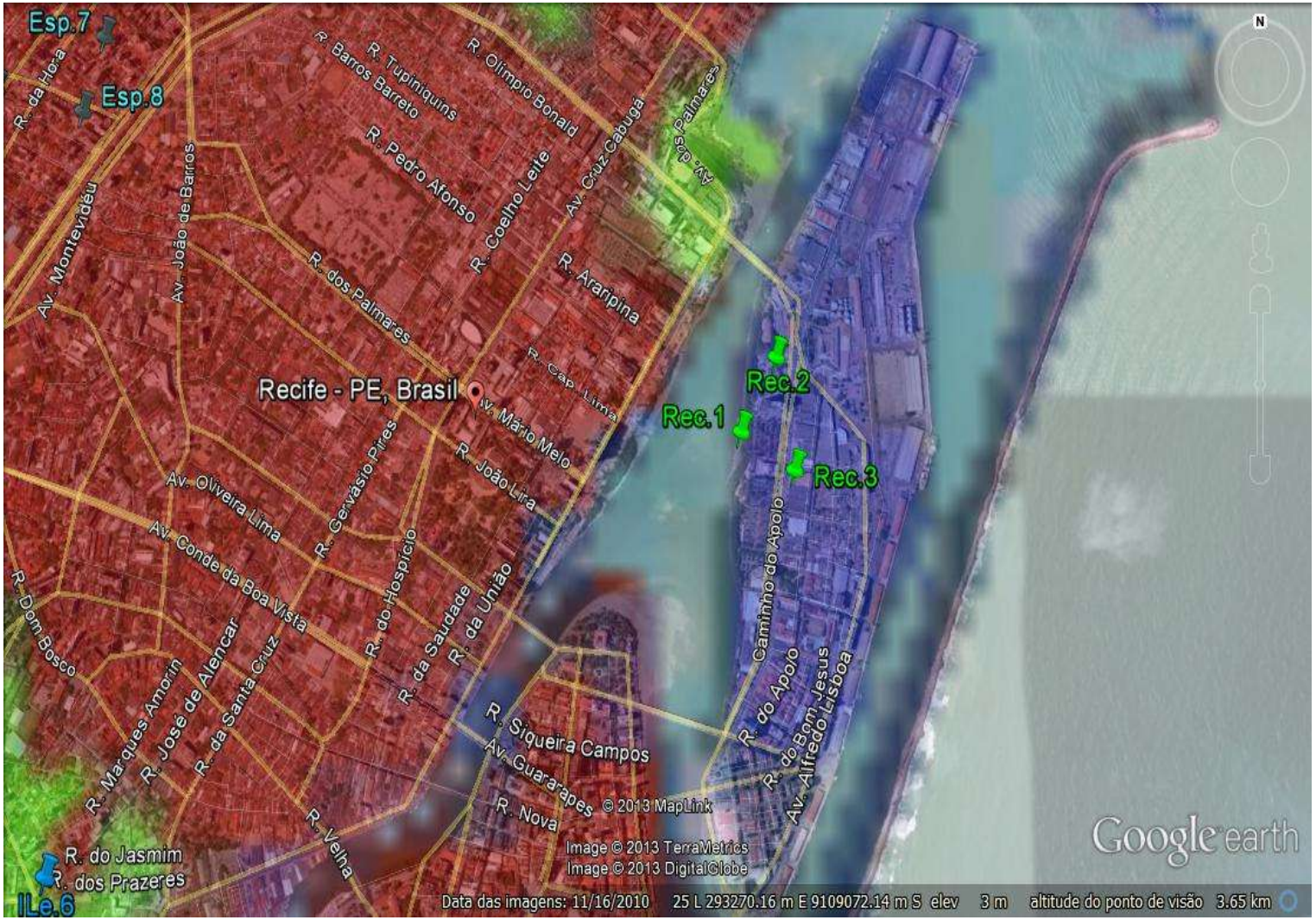


Figura 73. Análise comparativa dos Poços: Planície de Restinga. Elaboração Própria.

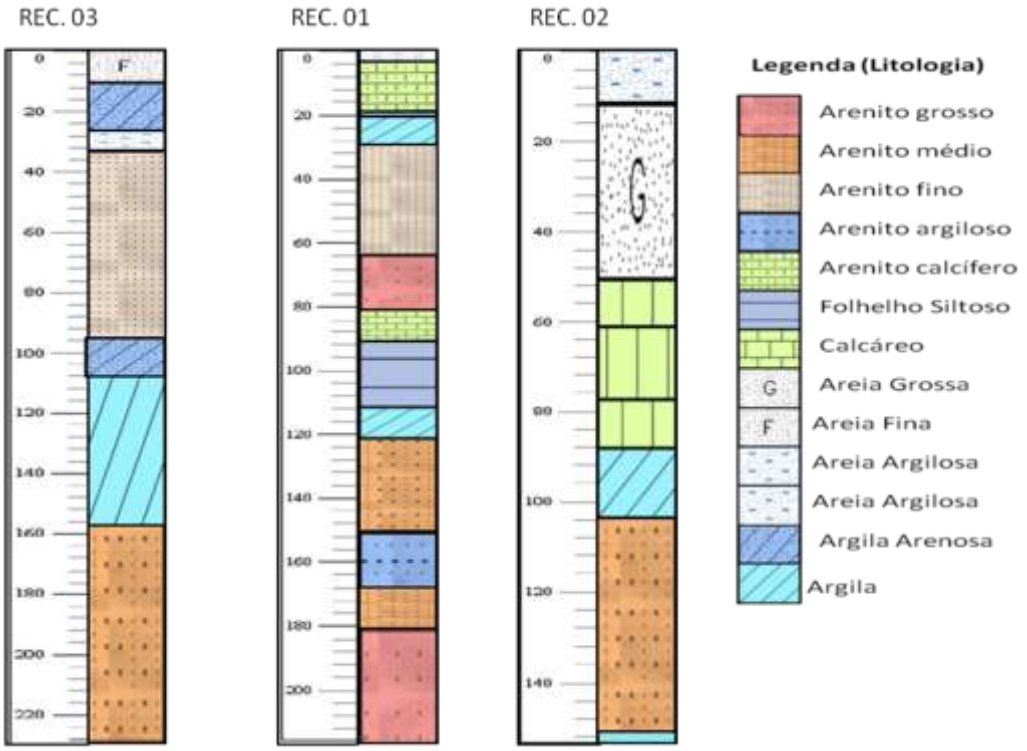
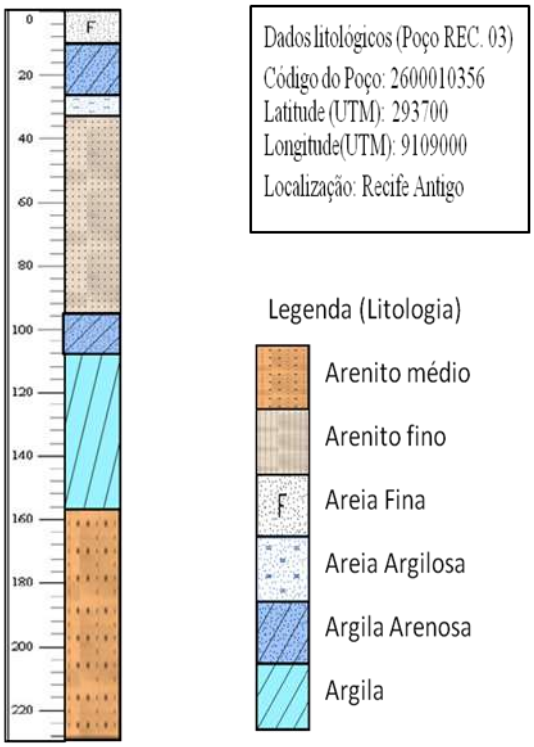
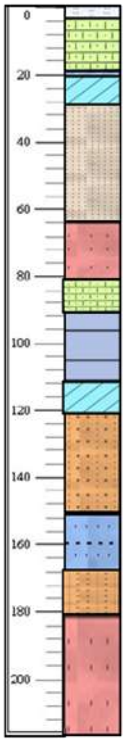


Figura 74. Análise litológica do Poço REC. 03. Elaboração Própria.



Dados Litológicos		
De(m)	Até (m)	Litologia
0	10	Areia fina
10	26	Argila arenosa
26	30	Areia argilosa
30	92	Arenito fino
92	104	Argila arenosa
104	158	Argila
158	230	Arenito médio

Figura 75. Análise litológica do Poço REC. 01. Elaboração Própria.



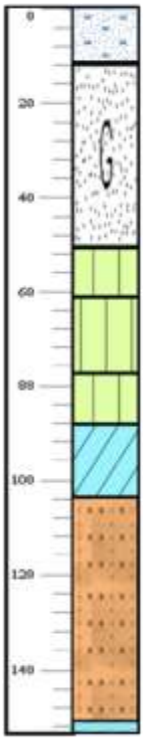
Dados litológicos (Poço REC. 01)
Código do Poço: 2600006725
Latitude (UTM): 293528
Longitude(UTM): 9109105
Localização: Recife Antigo

Legenda (Litologia)

- Arenito grosso
- Arenito médio
- Arenito fino
- Arenito argiloso
- Folhelho Siltoso
- Arenito calcífero
- Areia Fina
- Areia Argilosa
- Argila Arenosa
- Argila

Dados Litológicos		
De (m)	Até (m)	Litologia
0	3	Areia argilosa
3	18	Arenito calcífero
18	21	Argila arenosa
21	30	Argila
30	63	Arenito fino
63	81	Arenito grosso
81	90	Arenito calcífero
90	111	Folhelho siltoso
111	120	Argila
120	150	Arenito médio
150	168	Arenito argiloso
168	180	Arenito médio
180	215	Arenito grosso

Figura 76. Análise litológica do Poço REC. 02. Elaboração Própria.



Dados litológicos (Poço REC. 02)
Código do Poço: 2600011309
Latitude (UTM): 293643
Longitude(UTM): 9109312
Localização: Recife Antigo

Legenda (Litologia)

- Arenito médio
- Calcário
- Areia grossa
- Areia argilosa
- Argila

Dados Litológicos		
De(m)	Até (m)	Litologia
0	12	Areia argilosa
12	51	Areia grossa
51	89	Calcário
89	104	Argila
104	151	Arenito médio
151	153	Argila

6.2.8. Planície Colúvio-aluvial Indiferenciada

A unidade de relevo em tela conta com a predominância do ambiente de Leques Aluviais, que reflete a intensa atuação dos sistemas fluviais ao longo de um ambiente que funciona como zona de contato entre os ambientes de planície e encosta, retirando sedimentos das camadas com cotas altimétricas elevadas e depositando-os ao longo dos vales dos rios que comandam a drenagem da região.

O resultado da análise da litologia dos poços demonstrou que a cobertura sedimentar desta unidade de relevo apresenta profundidades que variam ao longo do espaço, na maior parte dos poços analisados chega-se a 80 metros de acumulação sedimentar, sem alcançar o embasamento cristalino, contudo no poço ARE. 01 o embasamento cristalino é encontrado a 32 metros de profundidade, demonstrando que a espessura sedimentar é função da competência dos sistemas fluviais em erodir, transportar e depositar sedimentos. Também ficou evidenciado que as camadas mais superficiais são compostas quase em sua totalidade por sedimentos argilosos e arenitos nas camadas inferiores, com intercalação de algumas camadas formadas por sedimentos argilosos (figuras 77, 78, 79, 80, 81, 82 e 83).

Figura 77. Análise comparativa dos Poços – Planície Colúvio-aluvial IndiferenciadaIndiferenciada. Elaboração Própria.

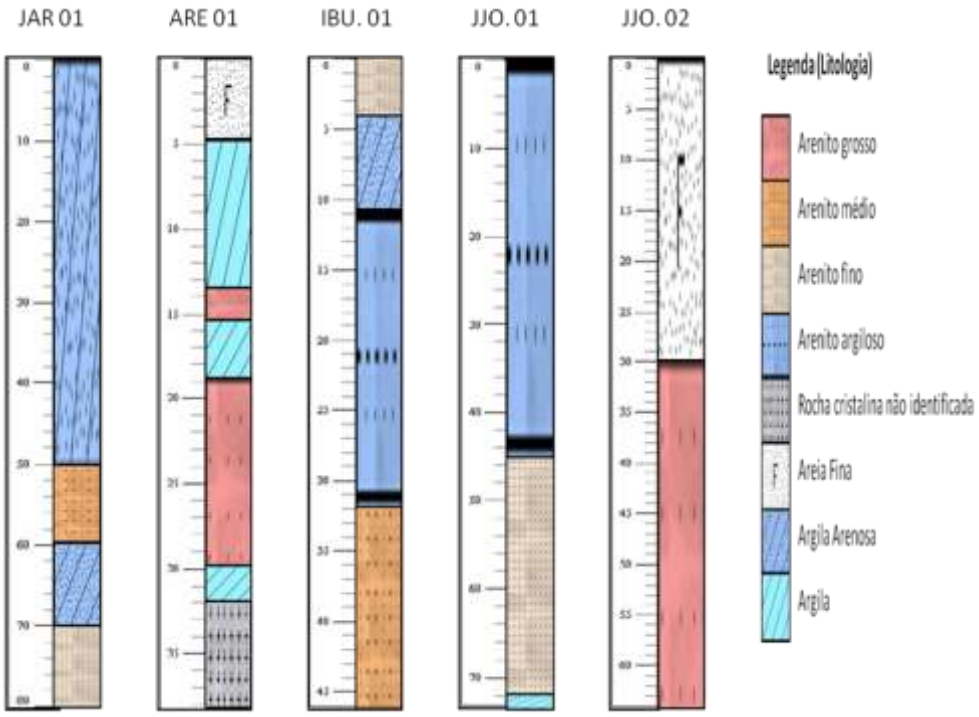


Figura 78. Localização:Planície Colúvio-Aluvial Indiferenciada. Google Earth.

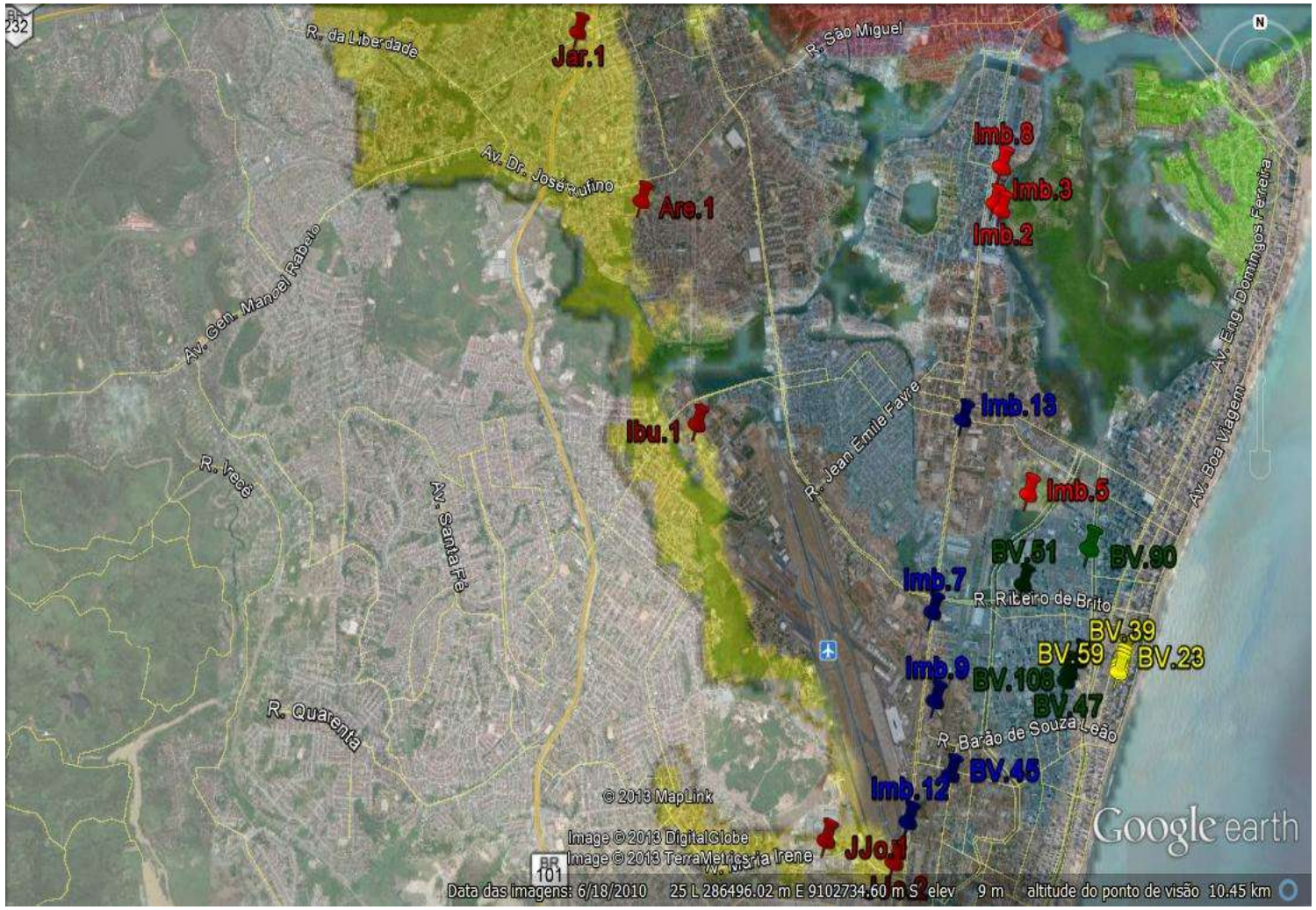
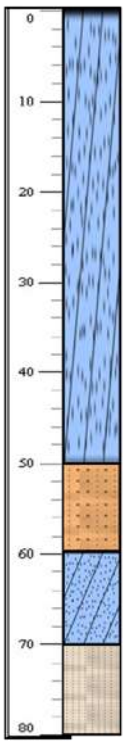


Figura 79. Análise litológica do Poço JAR. 01. Elaboração Própria.



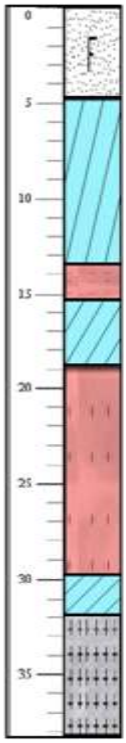
Dados litológicos (Poço JAR. 01)
Código do Poço: 2600013181
Latitude (UTM): 285665
Longitude(UTM): 9106097
Localização: Jardim São Paulo

Legenda (Litologia)

Arenito médio
Arenito fino
Argila Arenosa

Dados Litológicos		
De(m)	Até (m)	Litologia
0	50	Argila arenosa
50	60	Arenito médio
60	70	Argila arenosa
70	80	Arenito fino

Figura 80. Análise litológica do Poço ARE. 01. Elaboração Própria.



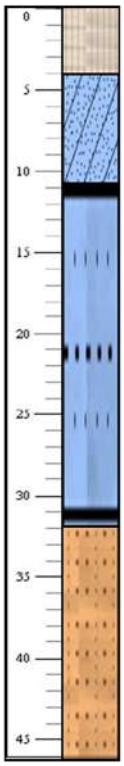
Dados litológicos (Poço ARE. 01)
Código do Poço: 2600012163
Latitude (UTM): 286287
Longitude(UTM): 9104663
Localização: Areias

Legenda (Litologia)

Arenito grosso
Rocha cristalina não identificada
Areia Fina
Argila

Dados Litológicos		
De(m)	Até (m)	Litologia
0	5	Areia fina
5	14	Argila
14	16	Arenito grosso
16	19	Argila
19	30	Arenito grosso
30	32	Argila
32	38.4	Rocha cristalina não identificada

Figura 81. Análise litológica do Poço IBU. 01. Elaboração Própria.



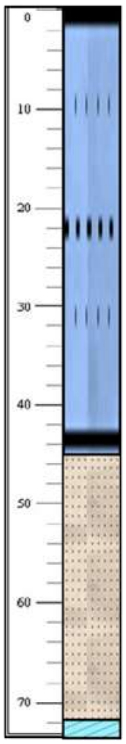
Dados litológicos (Poço IBU. 01)
Código do Poço: 2600011887
Latitude (UTM): 286813
Longitude(UTM): 9102846
Localização: Ibura

Legenda (Litologia)

Arenito médio
Arenito fino
Arenito argiloso
Argila Arenosa

Dados Litológicos		
De(m)	Até (m)	Litologia
0	4	Arenito fino
4	11	Argila arenosa
11	32	Arenito argiloso
32	46	Arenito médio

Figura 82. Análise litológica do Poço JJO. 01. Elaboração Própria.



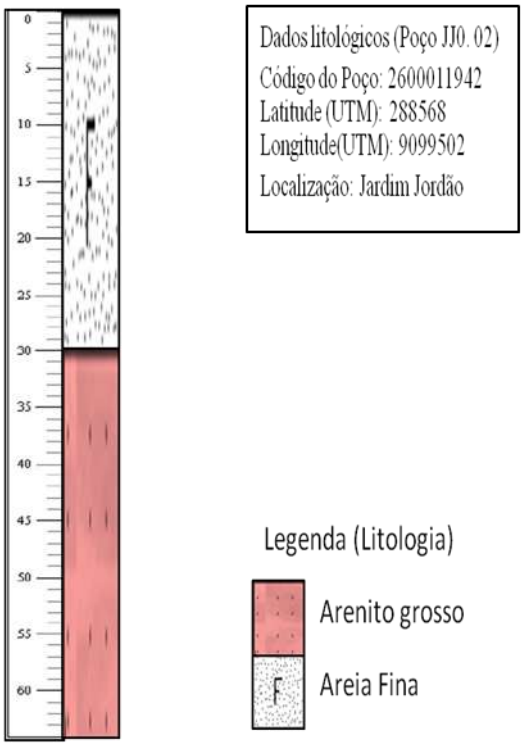
Dados litológicos (Poço JJO. 01)
Código do Poço: 2600011987
Latitude (UTM): 287964
Longitude(UTM): 9099662
Localização: Jardim Jordão

Legenda (Litologia)

Arenito fino
Arenito argiloso
Argila

Dados Litológicos		
De(m)	Até (m)	Litologia
0	45	Arenito argiloso
45	72	Arenito fino
72	73	Argila

Figura 83. Análise litológica do Poço JJO. 02. Elaboração Própria



Dados Litológicos		
De(m)	Até (m)	Litologia
0	30	Areia fina
30	64	Arenito grosso

A classificação do espaço a partir de um determinado critério, ou de uma multiplicidade de critérios com o auxílio de uma tipologia, contribui com uma melhor compreensão do objeto de estudo a ser analisado. Para implementar uma compartimentação de relevo é necessário a descrição, análise e interpretação da gênese, cronologia, dados morfométricos, processos de superficie e uso da terra, com o objetivo de tentar aproximar de forma mais fidedgna as representações cartográficas a realidade espacial concreta.

Diante do exposto nas seções anteriores da presente pesquisa, fica evidenciado a vigência de um padrão de distribuição espacial das unidades de relevo em função das características do ambiente deposicional da planície do Recife. A partir da análise litológica do ambiente subsuperficial dos diferentes setores da planície do Recife foi possível apreender a dinâmica dos diferentes sistemas deposicionais ao longo do tempo e espaço, e a partir de então relacionar a deposição com a formação dos diferentes compartimentos de relevo presentes vigentes na mesma.

Com o entendimento do funcionamento habitual dos sistemas deposicionais, foi possível efetivar uma classificação do ambiente da planicie do Recife em cinco unidades dotadas de características genéticas, cronológicas, morfométricas, processuais e uso do solo distintas entre si, com relativa expressão epacial e passível de ser mapeada numa escala de 1:100.000, as Unidades Geoambientais.

Entretanto, mesmo sendo representada numa escala compatível com a análise das compartimentos a nível municipal, percebeu-se que ainda restavam algumas lacunas a serem revistas e solucionadas, e a partir de então foi realizado um refino da tipologia chegando à uma classificação da referida planície em nove Unidades de Relevo com características heterogêneas entre si, mas que ao mesmo tempo possuem um alto grau de congruência com o nível hierárquico superior (Unidades Geoambientais). Nesse sentido as Unidades de Relevo podem ser representadas cartograficamnte numa escala 1:100.000, compatível com o estudo da referida planície, e, ainda, uma maior capacidade de análise e interpretação de seu ambiente subsuperfical a partir do uso do Sistema SIAGAS.

A análise litológica dos 42 poços tubulares realizada a partir dos dados do SIAGAS comprovaram que o ambiente deposicional é imprescindível para a gênese das diferentes unidades de relevo, dependendo da atuação de determinado sistema deposicional em determinado setor da planície ocorre uma tendência da instalação das formas de relevo correspondentes, evidenciando um alto grau de subordinação das formas de relevo aos sistemas deposicionais atuantes.

Nos momentos de grande mudanças ambientais, como no caso de mudanças climáticas e aumento do nível médio do mar as taxas de erosão, deposição e sedimentação são modificadas consideravelmente, culminando na modificação da predominância de um sistema deposicional em detrimento de outro ao longo de alguns setores da paisagem, durante um dado intervalo de tempo. Tais condições são propícias para as respectivas modificações na distribuição das unidades de relevo ao longo do espaço. Como as mudanças ambientais são cíclicas, com o restabelecimento das condições inicais ocorre uma tendência do restabelecimento progressivo da geração das formas de relevo com um maior grau de subordinação ao ambiente de deposição vigente. Confirmando a relação muito próxima entre a atuação dos sistemas deposicionais e as unidades de relevo análogas.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho buscou produzir informações de caráter geográfico acerca da gênese, evolução e dinâmica processual da planície do Recife. Os resultados obtidos com a análise do ambiente subsuperficial da planície em questão são bastante conclusivos, no que auxiliam a elucidar o funcionamento da deposição sedimentar em cada setor da planície. Esses dados deram subsídios a compartimentação de relevo proposta no presente estudo, reforçando a relação existente entre o ambiente de sedimentação, os depósitos quaternários, formas de relevo e processos de superfície existentes nos diferentes setores da planície do Recife.

Foi evidenciado que a deposição sedimentar é o fator mais importante no desenvolvimento das diferentes formas de relevo existentes na planície do Recife. O Terraço Marinho Holocênico e Pleistocênicos apresentam um modelo de deposição sedimentar comandado pelo ambiente de sedimentação costeira; o Terraço Flúvio-marinho Holocênico, Planície de Maré e Planície de Restinga apresentam uma arquitetura deposicional correspondente ao Ambiente Estuarino; a Planície Flúvio-lagunar e grande parte da área do Terraço Indiferenciado são compostos por uma deposição típica do Ambiente Fluvial; os corpos hídricos e canais fluviais constituem morfologias formadas pelo Ambiente Fluvial e Lagunar; a planície Indiferenciada é representada pelo Ambiente de Leques Aluviais. Confirmando assim o modelo de gênese e evolução da referida planície descrita nas seções anteriores do trabalho.

A tipologia adotada na presente pesquisa teve como objetivo principal contribuir com o conhecimento da geomorfologia da Planície do Recife, explicitando o seu processo de formação e evolução ao longo de diferentes escalas espaciais e temporais. Contudo a compartimentação é apenas o primeiro passo para a identificação e o zoneamento ambiental. Num ambiente intensamente urbanizado como a planície do Recife, também deve ser considerada a ação antrópica, tendo em vista que a urbanização tem promovido alterações na morfologia e na dinâmica processual do sistema ambiental.

O próximo passo a ser dado será a busca do entendimento de como a ocupação urbana, por meio de intervenções antrópicas, vem modificando a dinâmica

natural dos processos de superfície e morfologia original das unidades de relevo, visando à construção de subsídios ao planejamento do uso e ocupação consciente das características do sistema ambiental, e com isso minimizar as situações de suscetibilidade e vulnerabilidade a riscos geomorfológicos ao longo dos seus diferentes setores.

Estudos de Peloggia (1997) apontam que o estabelecimento das atividades humanas na produção de seus meios de existência tem alterado as condições do sistema ambiental como um todo e, em especial, das condições do modelado de relevo terrestre, evidenciando que a ação antrópica tem configurado como sendo um importante agente modificador da estrutura superficial da paisagem. No entanto, a atuação do homem enquanto agente geológico introduz algo essencialmente novo, e que o diferencia de todos os demais tipos de agentes e fatores geológicos: a categoria ontológica trabalho. Enquanto os fatores essencialmente naturais funcionam através de cadeias causais, a ação humana se dá através de posições Ideológicas, finalidades, objetivos pré-idealizados (e mesmo que os resultados dessa ação não necessariamente correspondam aos objetivos pré-fixados, e muitas vezes mesmo ao contrário, enquanto resultantes de uma atividade produtiva alienada).

Guerra e Marçal (2010) afirmam que as paisagens são classificadas de acordo com o grau de intervenção antrópica, refletindo a complexidade de interação entre os componentes do ambiente, ficando difícil sua visualização de forma cartográfica, obtendo-se um grande nível de informação, e talvez este seja um dos grandes desafios ao se analisar metodologicamente, a paisagem de forma integrada. Estudos de Ross (2003) apontam que a complexidade dos ambientes naturais, bem como dos alterados pelo homem, é de tal ordem que não se pode estabelecer seus limites territoriais com precisão, pois não ocorrem modificações bruscas de uma condição ambiental para outra. Nesse panorama enormemente diversificado de ambientes naturais, o homem, como ser social, interfere criando novas situações ao construir e reordenar os espaços físicos com a construção de cidades, estradas, atividades agrícolas, instalações de barragens, retificações de canais fluviais, etc. todas essas modificações inseridas pelo homem no ambiente natural alteram o equilíbrio de uma natureza que não é estática, mas que apresenta quase sempre um dinamismo harmonioso em evolução estável e contínua, com

pequenos ciclos com maior grau de entropia no sistema, quando não afetada pela ação antrópica.

Ainda segundo Ross (2003) as ações elaboradas pelo homem no ambiente deveriam ser precedidas por um minucioso entendimento desse ambiente e das leis que regem seu funcionamento, e para isso é necessário elaborar-se diagnósticos ambientais adequados. Dentro dessa perspectiva fica evidente a importância do entendimento da dinâmica das unidades de paisagens onde as formas do relevo se inserem como um dos componentes de muita importância e torna-se necessário entender o significado da aplicação dos conhecimentos geomorfológicos ao se implantar qualquer atividade antrópica na superfície. Interpretar o relevo não é simplesmente saber identificar padrões de formas ou tipos de vertentes e vales, saber descrever o comportamento geométrico das formas, mas saber identifica-las e correlaciona-las com processos presentes e pretéritos responsáveis por tais modelados, e com isso estabelecer não só a gênese, mas também a cronologia, ainda que relativa.

A planície do Recife é um ambiente bastante alterado pelo processo de urbanização e, como consequência, tanto suas formas de relevo quanto seus processos de superfície controlados apenas pela dinâmica natural foram intensamente modificados e, em alguns casos descaracterizados. Contudo a relação de processo-resposta, através dos fluxos de energia e matéria, ao longo do sistema ambiental, persiste, e se reajusta de acordo com os novos atributos do sistema na tentativa de alcançar um novo equilíbrio. Como resultado a paisagem passa a apresentar um elevado grau de entropia, se tornando mais suscetível à ocorrência de impactos ambientais, no caso desse estudo, aumento da magnitude, intensidade e frequência de enchentes e alagamentos, que fechando o ciclo, acaba colocando em risco diversos setores da população.

Sinaliza-se que em trabalhos posteriores seja discutida a inserção das formas antrópicas citadas por Ross (2003) e explicadas com mais ênfase por Peloggia (1997), geradas a partir de processos de acumulação tecnogênica como parte integrante da tipologia de formas aqui propostas e/ou a criação de uma tipologia específica para o assunto; a possibilidade de integração do estudo dos diferentes graus de susceptibilidade e vulnerabilidade das unidades de relevo a situações de risco geomorfológico e a realização do respectivo mapeamento de acordo com a

tipologia e escala de análise adotada no presente trabalho, tendo em vista que a expressão espacial dos fenômenos é fundamental na definição de unidades ambientais e no ordenamento territorial.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB' SÁBER, A. N. Depósitos Quaternários de valor paleoclimático no Estado de São Paulo. In Resumos de Teses e Comunicações do II congresso Brasileiro de Geógrafos, pp. 3 e 4. Rio de Janeiro. 1965.

AB' SÁBER, A. N. Uma revisão do quaternário paulista: do presente para o passado. R. Janeiro. Rev. Brasil. de Geografia 31 (4): 1-51 (separata), 1968.

AB' SÁBER, A. N. Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário. Geomorfologia. n. 18, IG-USP, S. Paulo, 1969.

ALBERTÃO, G. A. O Limite Cretáceo-Terciário no Brasil e no Mundo: Visão Geral e Fatores Causais. IV Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil. Rio Claro, SP. Boletim de Resumos. p. 9-13. 1998.

ALLEN, J. R. L. 1965. Sedimentation to the Lee small underwater sand waves: an experimental study. Journal of Geology, 73 (1): 95-116.

ALENCAR, A. V. (2011). Capacitação de equipe técnica. Hidrologia e manejo de águas pluviais urbanas. Prefeitura do Recife/EMLURB (Empresa de Limpeza e Manutenção do Recife). Apresentação concedida em visita técnica, Mar. 2011.

ALHEIROS, M. M.; e FERREIRA, M. G. V. X. A sub-bacia Cabo in: estudos geológicos: revisão geológica da faixa costeira de Pernambuco, Paraíba e parte do Rio Grande do Norte. Recife, DGEO, VOLUME10, SÉRIE B: ESTUDOS E PESQUISAS. 1991.

ALLEN, J. R. L. Sedimentation to the Lee small underwater sand waves: an experimental study. Journal of Geology, 73 (1): 95-116. 1965.

ALMEIDA, J. A. C. Calcários Recifais eocênicos da Formação Maria Farinha na Sub-Bacia de Alhandra, Paraíba: Aspectos Taxionômicos, Paleoecológicos, Paleoambientais e Estratigráficos. Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco. Recife. Dissertação de Mestrado, 2000. 164 p.

ANGULO, R. J.; LESSA, G. C.; SOUZA, M. C. A. Critical review of mid- to late-Holocene sea-level fluctuations on the eastern Brazilian coastline. Quaternary Science Reviews 25 (2006) 486–506.

ASMUS, H. E.; CARVALHO J. C. Condicionamento tectônico da sedimentação nas bacias marginais do Nordeste Brasileiro (Sergipe-Alagoas e Pernambuco-Paraíba). In: Projeto REMAC, aspectos estruturais da margem continental leste e sudeste do Brasil. Rio de Janeiro, PETROBRÁS/CENPES v. 4, p. 7-24, 1978.

BARBOSA, J. A; SOUZA, E. M.; LIMA FILHO, M. F.; NEUMANN, V. H. A estratigrafia da Bacia da Paraíba: Uma reconstituição. Estudos Geológicos, Universidade Federal de Pernambuco. 13: 89-108. 2003.

BARBOSA, J. A. Evolução da Bacia da Paraíba durante o Maastrichtiano-Paleoceno: formações Gramame e Maria Farinha, NE do Brasil. 230 p. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.

BARBOSA, J. A. LIMA FILHO, M. Os domínios da bacia da Paraíba. Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás – IBP. 2005. 3° Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás.

BAPTISTA NETO, J. A.; PONZI, V. R. A. & SICHEL, S. E. (orgs.). 2004. Introdução à Geologia Marinha. Ed. Interciência, Rio de janeiro, 279 p.

BARRETO, A. M. F.; ASSIS, H. M. B.; BEZERRA, F. H. R.; SUGUIO, K. 2010. Arrecifes, a Calçada do Mar de Recife, PE - Importante registro holocênico de nível relativo do mar acima do atual. *In*: Winge,M.; Schobbenhaus, C.; Souza, C. R. G.; Fernandes,A.C.S.; Berbert-Born, M.; Sallun filho,W.; Queiroz, E.T.; (Edit.) *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. Publicado na Internet em 27/10/2010 no endereço *http://www.unb.br/ig/sigep/sitio040/sitio040.pdf.*

BEURLEN, K. Paleontologia da faixa sedimentar costeira Recife-João Pessoa. In: Bol. Geol. São Paulo. 16(1): 73-79. 1967.

BEROUTCHACHVILLI, N; BERTRAND G. Le géossystème ou système territoriel naturel. Révue Géographique des Pyrénées, et du Sud-Ouest, v. 49, n. 2, p. 167-180. 1978

BIZZI, L. A.; SCHOBBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, J. H. (Orgs.) Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: texto, mapas & SIG – Brasília: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2003. 692 p.

BORBA, S. G. O vulcanismo no cabo, in: estudos geológicos: revisão geológica da faixa costeira de Pernambuco, Paraíba e parte do Rio Grande do Norte. Recife, 1991. DGEO, VOLUME10, SÉRIE B: ESTUDOS E PESQUISAS.

BEURLEN, K. Paleontologia da faixa sedimentar costeira Recife-João Pessoa. Bol. Geol. São Paulo. 16(1): 73-79. 1967.

CASSETI, Valter. Geomorfologia. [S.l.]: [2005]. Disponível em: <http://www.funape.org.br/geomorfologia/> Acesso em: 21/01/2013.

CABRAL, J. J. S. P.; ALENCAR, A. V. (2005). Gestão do território e manejo integrado das águas urbanas. Recife e a convivência com as águas. Cooperação Brasil – Itália em saneamento ambiental, ed. Gráfica Brasil. Brasília - DF, pp. 111 – 130.

CANHOLI, A. P. Drenagem urbana e controle de enchentes. São Paulo: Ed. Oficina de textos, 2005.

CASTRO, A. L. C**.** Manual de Desastres: desastres naturais. Brasília: Imprensa Nacional, 1996. 182 p.

CHANG, H. K., KOWSMANN, R. O., FIGUEIREDO, A. M. F. Novos conceitos sobre o desenvolvimento das bacias do leste brasileiro. In: Gabaglia, G. P. R. & Milani, E. J. (eds). Origem e Evolução das Bacias Sedimentares, Ed. Gávea/ Petrobrás, Rio de Janeiro, p. 269-289. 1990.

CHRISTOFOLETTI, A. Analise de sistemas em geografia – introdução São Paulo, Hucitec: Ed. Da universidade de São Paulo, 1979.

CHRISTOFOLETTI, A., Geomorfologia. 2 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. Modelagem de Sistemas Ambientais. São Paulo: Edgar Blücher, 2000.

COMPANHIA PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS-CPRM, 1994. Sistema de Informações para a gestão territorial da região Metropolitana do Recife – Projeto SINGRE, Vulnerabilidade das águas Subterrâneas da região metropolitana do Recife: CPRM/FIDEM. 27p. (Série Recursos Hídricos, 2).

COMPANHIA PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS-CPRM, 2001. Sistema de Informações para a Gestão Territorial da Região Metropolitana do Recife – Projeto SINGRE II, Atividades impactantes sobre o meio ambiente da Região Metropolitana do Recife: 81p. (Série Degradação Ambiental - Volume 02).

CORRÊA, A. C. B. Contribuição a analise do Recife como um Geossistema Urbano. Revista do Departamento de Geografia DCG/NAPA-UFPE Recife, v.23. nº 3 jul/dez. 2006.

COSTA, W. D.; SANTOS, A. C., COSTA; FILHO, W. D. O controle estrutural na formação dos aquíferos na planície do Recife. In: 8º Congresso Brasileiro de águas Subterrâneas. Recife, ABAS. 38-43. 1994.

CRUZ, L. R.; LIMA FILHO, M. F.; NEUMANN, V. H. M.; JARDIM de SÁ, E. F.; SILVA, F. C. A.; FRUTUOSO JR, L. J.; NASCIMENTO, M. A. L., GUEDES, I. M. G.; ANTUNES, A. F.; ALMEIDA, C. B.; MELO, K. J. V. As unidades siliciclásticas da sub-bacia de Pernambuco: uma revisão lito-estratigráfica. In: II Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, Rio de Janeiro. p. 50-50. 2003.

DALRYMPLE, R. W.; ZAITLIN, B. A.; BOYD, R. Estuarine facies models: conceptual basis and stratigraphic implications, Journal of Sedimentary Petology, 62(6):1030-1046. 1992.

DEPARTAMENTO ESTADUAL DE INFRAESTRUTURA DE SANTA CATARINA (DEINFRA). Instruções Normativas para a execução de sondagens: IN-03/94 Instrução Normativa para o uso de simbologias em perfis individuais de sondagens e seções geológicas.

DELLA FÁVERA, J. C., 2001. Fundamentos de Estratigrafia Moderna: 1-264. EdUERJ, Rio de Janeiro.

DOMINGUEZ, J. M. L.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; MARTIN, L. Esquema evolutivo da sedimentação quaternária nas feições deltaicas dos rios São Francisco (SE/AL), Jequintinhonha (BA), DOCE (ES) e Paraíba do Sul (RJ). Revista Brasileira de Geociências, v.11, p.225-237, 1981.

DOMINGUEZ, J. M. L.; BITTENCOURT, A. C. S. P.; LEÃO, Z. M. A. N.; AZEVEDO, A. E. G. Geologia do Quaternário Costeiro do Estado de Pernambuco. In: Revista Brasileira de Geociências, 20:208-215. 1990.

DOMINGUEZ, J. M. L.; BITTENCOURT, A .C. S. P.; MARTIN, L. 1992. Controls on Quaternary coastal evolution of the east-northeastern coastal of Brazil: roles of sea-level history, trade winds and climate. Sedimentary Geology, 80:213-232.

EMPRESA DE URBANIZAÇÃO E OBRAS DO RECIFE (URB/Recife). Cadastro de Canais do Recife. Empresas de Obras Públicas da Cidade do Recife. Recife. 2000.

EVASO, A. S. (1999) A refuncionalização do espaço. Experimental, v.3, n.6. p. 33-54.

EMPRESA DE URBANIZAÇÃO E OBRAS DO RECIFE (URB/RECIFE). Cadastro de Canais do Recife. Empresas de Obras Públicas da Cidade do Recife. Recife. 2000.

FERREIRA, M. C. (1997) Mapeamento de unidades de paisagem com Sistemas de Informação Geográfica: alguns pressupostos fundamentais. G e o g r a f i a, v. 22, n. 1, p. 23-36.

FIGUEIREDO, J. O. G. R. Distribuição espacial da pluviometria em Alagoas com ênfase à variabilidade causada pelos padrões de temperatura da superfície do mar.

148 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2002.

FUJIMOTO, N. S. V. M. Considerações sobre o ambiente urbano: um estudo com ênfase na geomorfologia urbana. Fujimoto. Revista do Departamento de Geografia, 16 (2005) 76-80.

FUNDAÇÃO DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO DA UFPE (FADE/UFPE). Estudo do uso e ocupação do solo nas faixas, onde a vegetação natural deve ser preservação permanente (Relatório Final I). Recife, 2003.

FRESIA, I.; PAOLETTI, A.; CROCI, S. (2005). Gestão do território e manejo integrado das águas urbanas. Recife e a convivência com as águas. Cooperação Brasil – Itália em saneamento ambiental, ed. Gráfica Brasil. Brasília - DF, pp. 131 – 162.

GIRÃO, O.; CORRÊA, A. C. B.; GUERRA, A. J. T. Influência da climatologia rítmica sobre áreas de risco: o caso da Região Metropolitana do Recife para os anos de 2000 e 2001. Revista de Geografia, UFPE/DCG-NAPA: Recife, Jan/Abr v.23, nº1, 2006. ISSN 0104 5490.

GIRÃO, G.; CORRÊA. A. C. B. A Contribuição da Geomorfologia para o planejamento da Ocupação de Novas Áreas. Revista do departamento de geografia DCG/NAPA-UFPE. Recife, v.21. nº 2 jul/dez. 2004.

GONDOLO, G. C. F. (1999). Desafios de um Sistema Complexo à Gestão Ambiental – bacia do Guarapiranga, Região Metropolitana de São Paulo. São Paulo, FAPESP, Annablume Editora, 162p.

GUERRA, A.J.T.; MARÇAL, M.S. Geomorfologia Ambiental. Bertrand Brasil: Rio de Janeiro, 3º Ed; 2010. 189 p.

GUSMÃO FILHO, J. de A. Fundações do conhecimento geológico a prática da engenharia. Recife: Ed. Universidade da UFPE, 2002.

HÉTU, B. Uma geomorfologia socialmente útil: os riscos naturais em evidência. Mercator - Revista de Geografia da UFC, ano 02, número 03. Fortaleza, 2003.

IKEDA, T. Pesquisas sobre os aluviões de Tokaidô. Relatório de pesquisas da seção de paleontologia da faculdade de Geologia da Faculdade de Geologia a Universidade de Tohoku, v. 60, p. 1-85, 1964.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA.
< http://www.ibge.gov.br/home/>

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA.
<http://www.inmet.gov.br/>

KOBIYAMA, M. et. al. Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos – Curitiba: Ed. Organic Trading , 2006.

KOMAR, P. D. Beach processes and sedimentation. Prentice – Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey; 1976 429 p.

KING. L. C. A geomorfologia do Brasil oriental. Revista brasileira de geografia, R. DE JANEIRO, 18 (2):3-121, ABR./JUN., 1956.

LIMA, J. B.; BRANCO, P. C. M. P. A. SIAGAS – Uma evolução em plataforma de softwares livres. São Luís – MA, 2010.

LIMA FILHO, M. F.; CORRÊA, A. A.; MABESOONE, J.; SILVA, J. C. Origem da Planície do Recife, in: Estudos Geológicos: revisão geológica da faixa costeira de Pernambuco, Paraíba e parte do Rio Grande do Norte. Recife, 1991. DGEO, SÉRIE B: ESTUDOS E PESQUISAS.

LIMA FILHO, M. F., MONTEIRO, A. B. 1998, Ingressões marinhas na Planície de Recife. 39° Cong. Bras. Geologia, Belo Horizonte, 106.

LIMA FILHO, M. F. Análise Estratigráfica e Estrutural da Bacia Pernambuco. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. 180 p. (1998).

LIMA FILHO M.; BARBOSA A. J.; SOUZA, E. M. Eventos tectônicos e sedimentares nas bacias nas bacias de Pernambuco e da Paraíba: Implicações no quebramento de Gondwana e correlação com a bacia do rio Muni. São Paulo, UNESP, Geociências, v. 25, n. 1, p. 117-126, 2006.

MABESOONE J. M. Sedimentos do Grupo Paraíba, in: estudos geológicos: revisão geológica da faixa costeira de Pernambuco, Paraíba e parte do Rio Grande do Norte. Recife, 1991. DGEO, VOLUME10, SÉRIE B: ESTUDOS E PESQUISAS.

MABESOONE, J. M.; ALHEIROS, M. M. Origem da bacia Sedimentar Costeira Pernambuco - Paraíba. Revista Brasileira de Geociências, v.18, n.4, p. 476-482, 1988.

MABESOONE J. M.; ALHEIROS M. M. Base estrutural. In: estudos geológicos: revisão geológica da faixa costeira de Pernambuco, Paraíba e parte do Rio Grande do Norte. Recife, DGEO, Volume 10, Série B: Estudos e Pesquisas. 1991. Pag. 33 a 44

MABESOONE J. M.; equipe de trabalho. Conclusões, história geológica, in: estudos geológicos: revisão geológica da faixa costeira de Pernambuco, Paraíba e parte do Rio Grande do Norte. Recife, 1991a. DGEO, Volume 10, Série B: Estudos e Pesquisas. Pag. 177 a 184

MABESOONE J. M. e equipe de trabalho. Nota explicativa dos mapas, in: estudos geológicos: revisão geológica da faixa costeira de Pernambuco, Paraíba e parte do Rio Grande do Norte. Recife, 1991b. DGEO, VOLUME10, SÉRIE B: ESTUDOS E PESQUISAS. Pag. 21 a 32.

MARTINELLI, M.; PEDROTTI, M. A cartografia das unidades de paisagem: Questões metodológicas. Revista do departamento de geografia, 14 (2001) 39-46.

MATOS, R. M. D. History of the northeast Brazilian rift system: kinematic implications for the break up between Brazil and west África. In: Cameron, N.R; Bate, R.H, Clure, V.S. (eds). The oil and gas habitats of the South Atlantic. Geol.Soc. Spec. Publ., 153: 55-73. 1999.

MIALL, A. D. 1990. Principles of Sedimentary Basin Analysis. 2ª Ed. Berlin, Springer, 668p.

MIALL, A. D. 1990. The Geology of Fluvial Deposits, Springer-Verlag, 582p.

MOURA Geomorfologia do Quaternário In: GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. (eds.) Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos. Bertrand Brasil: Rio de Janeiro, 5ª ed., 2003, p.149-209.

MOURA, R.; SILVA, L. A. A. Desastres naturais ou negligência humana? Revista Geografar (Revista Eletrônica do Programa de Pós Graduação em Geografia – UFPR). Curitiba, v.3, n.1, p.58-72, Jan./jun. 2008 ISSN: 1981-089X.

MORAIS, D. M. F. Sismoestratigrafia do cretáceo superior / neógeno nas bacias de Pernambuco e da Paraíba, NE do Brasil. Recife: vii, 70 folhas, Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Geociências, 2008.

MUEHE, Dieter (Org.) Erosão e progradação do litoral brasileiro. Brasília: MMA, 2006. 475 p.

NIR, D. (1983) *Man, a geomorphological agent: an introduction to anthropic geomorphology*. Jerusalem, Ketem Pub. House.

OJEDA, H. A. O. Estrutura, estratigrafia e evolução das bacias marginais brasileiras. Revista Brasileira de Geociências, v. 11, n. 4, p. 257-273, 1981.

OLIVEIRA, M. M. F. 1978. Estudo Faciológico da Formação Maria Farinha. Centro de Tecnologia e Geociências. Universidade Federal de Pernambuco, Recife. Dissertação de Mestrado, 113 p.

OLIVEIRA, R. G. Interpretação tectono-estrutural da área sedimentar da Região Metropolitana do Recife com base no mapa gravimétrico Bouger. In: SIMPOSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 15, 1993. Natal. *Atas.* Natal: SBG, 1993. 382p. il. p. 85-87.

PEIXINHO, F. C.; OLIVEIRA J. E. C. Sistema de informações de águas subterrâneas – SIAGAS – as suas funcionalidades e importância no contexto das políticas públicas. Serviço Geológico do Brasil/Companhia de Pesquisas de Recursos minerais, 2004. Disponível em: www.cprm.gov.br/publique/media/siagas_pub.pdf.

PELOGGIA, A. U. G. A Ação do Homem Enquanto Ponto Fundamental da Geologia do Tecnógêno: Proposição Teórica Básica e Discussão Acerca do Caso do Município de São Paulo. Revista Brasileira de Geociências. São Paulo, 1997.

PREUSS, S. L. C.; SILVA, A. A.; BRAGA, R. A. P.; CABRAL, J. S. P. Adequação estrutural e ambiental para a drenagem urbana sustentável: o caso do Recife, Pernambuco. XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.

PORTAL NE 10. <http://ne10.uol.com.br>

RIBEIRO, C. B. M.; LIMA, R. N. S. Simulação de inundações urbanas a partir da integração de técnicas de geoprocessamento à modelagem hidráulica e hidrológica. Revista de Geografia da UFJF. v.2, n.1, p.1-9, 2011.

RODRIGUES, C. (2004) A urbanização da Metrópole sob a pers-pectiva da geomorfologia. In CARLOS, A.F. e OLIVEIRA, A.U. *Geografias de São Paulo*. São Paulo, Contexto. V. 1, p. 89-114.

RODRIGUES, C. Morfologia original e morfologia antropogênica na definição de unidades espaciais de planejamento urbano: exemplos na metrópole paulista. Revista do Departamento de Geografia, 17 (2005) 101-111.

ROSS, J. L. S. Suporte da Geomorfologia Aplicada: Os Táxons e a Cartografia do Relevo. Departamento de Geografia\USP. 2001. Disponível em: www2.uefs.br/geotropicos/doc_02.pdf

ROSS, J. L. Geomorfologia ambiente e planejamento. 7 ed. São Paulo: Contexto, 2003.

SCHLICHT, P.; BENGTSON, P.; HAMBACH, U.; KRUMSIEK, K.; KOUTSOUKOS, E. Ciclos de Calcário e Marga do Maastrichtiano da Bacia Pernambuco-Paraíba (NE Brasil) – Evidências de Imposição Orbital. V Simpósio Sobre o Cretáceo do Brasil e I Simpósio sobre o Cretáceo da América do Sul. Serra Negra, SP. Boletim de resumos, (1): 121-124. 1999.

SCHUMM, S. A. Fluvial paleochannels. In: Rigby, J. K.; HAMBLIN, W. K. (Eds). Recognition of ancient sedimentary environments. Soc. Econ. Paleontol. Mineral. Espec. Publi., PP. 98-107. 1972.

SILVA, A. J. C. L. P.; ARAGÃO, M. A. N. F.; MAGALHÃES, A. J. C. Ambientes de Sedimentação siliciclástica do Brasil. São Paulo: Beca-BALL Edições, 2008.

SOUZA, C. R. G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A. M. S. & OLIVEIRA, P. E. 2005. Quaternário do Brasil. Ed. Holos, Ribeirão Preto, 378 p.

SOUZA, E. M.; LIMA FILHO, M. Marco estratigráfico nos arenitos calcíferos (Formação Itamaracá) do Campaniano da bacia Paraíba à luz da estratigrafia de sequencias. Revista de Geologia, Vol. 18, nº 1, 61-68, 2005.

SOUZA (a), C. R. G. Suscetibilidade morfométrica de bacias de drenagem ao desenvolvimento de inundações em áreas costeiras. Revista Brasileira de Geomorfologia, ano 6, nº1 (2005) 45-61.

SUGUIO, K.; MARTIN, L.; BITTENCOURT, A. C. S. P.; DOMINGUEZ, J. M. L.; FLEXOR, J. M.; AZEVEDO, A. E. G. Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário Superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. Revista Brasileira de Geociências. 15 (4): 273-286. 1985.

SUGUIO, K. Geologia do Quaternário e mudanças ambientais. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 408 p.

TRICART, J. Ecodinâmica. Rio de Janeiro, IBGE, Diretoria técnica, SUPREN, 1977.

TUCCI, C.E.M. Inundações urbanas. In TUCCI, C.E.M.; PORTO, R.L. BARROS, M.T. (org.) Drenagem Urbana 5 –ABRH. Porto Alegre: Ed. UFRGS. 1995.

VARELLA, C. A. A. Mapeamento com o programa computacional ArcGis 9.3. Universidade Federal Rural do Rio de janeiro. 2009.

VASCONCELOS, R. F. A; BEZERRA, O. G. (2000). *Atlas Ambiental do Recife*. Prefeitura da Cidade do Recife/Secretaria de Planejamento, Urbanismo e Meio Ambiente. Recife - PE, 151 p.

VIERO, A. C.; FREITAS, A. L.; CAYE, B. R. Estágio atual do SIAGAS no Rio Grande do Sul e Santa Catarina. XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Florianópolis, Santa Catarina, 2002.

9. ANEXOS

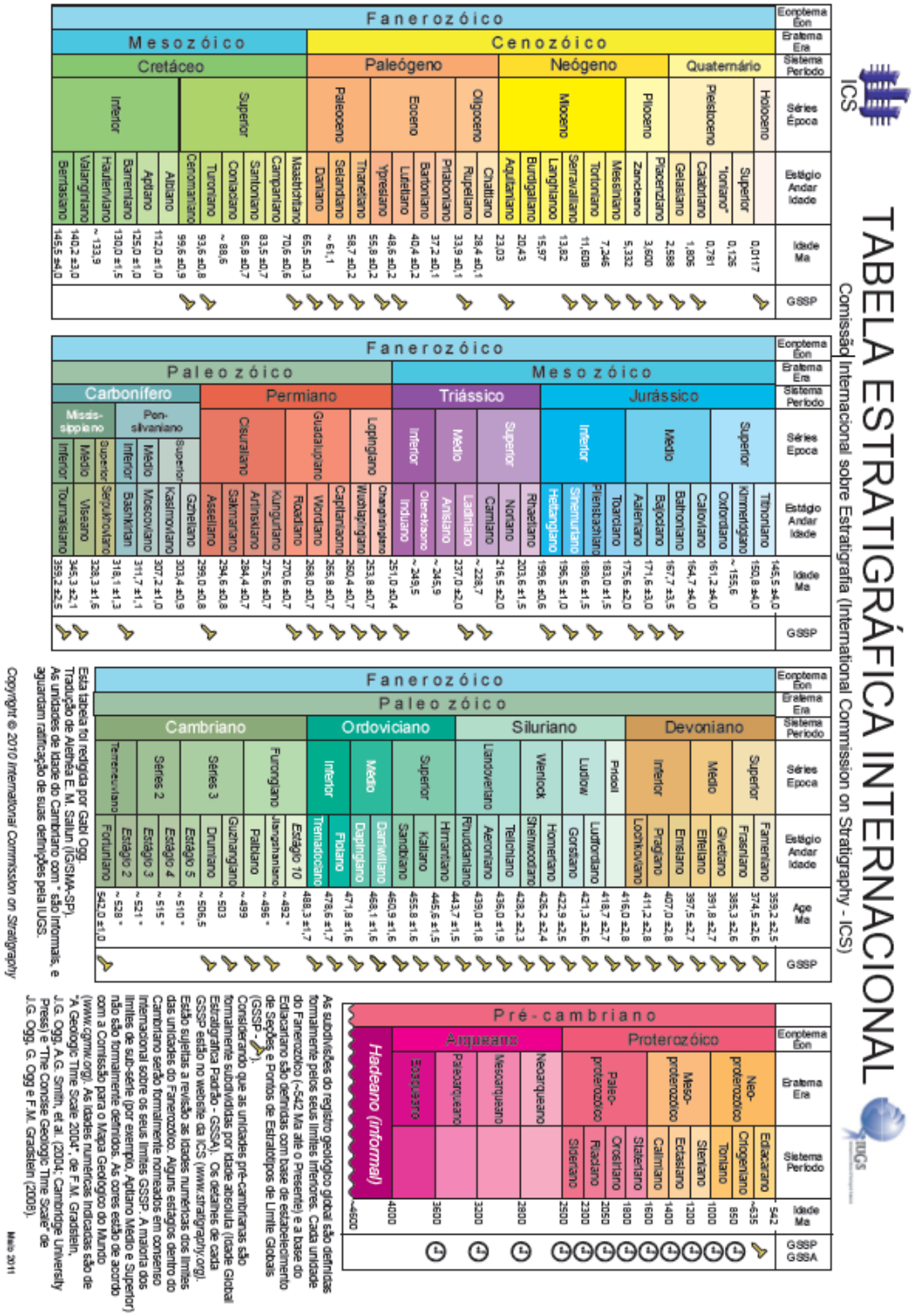



Tabela Estratigráfica Internacional