

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA DA ÁREA COSTEIRA NO MUNICÍPIO DO
CONDE (PB): CARACTERIZAÇÃO MORFOPEDOLÓGICA E PROCESSOS DE
URBANIZAÇÃO**

CONRAD RODRIGUES ROSA

ORIENTADOR: NEWTON MOREIRA DE SOUZA
COORIENTADOR: OLAVO FRANCISCO DOS SANTOS JUNIOR

TESE DE DOUTORADO EM GEOTECNIA

PUBLICAÇÃO: G.TD 139/17

BRASÍLIA / DF: 2017

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA DA ÁREA COSTEIRA NO MUNICÍPIO DO
CONDE (PB): CARACTERIZAÇÃO MORFOPEDEOLÓGICA E PROCESSOS DE
URBANIZAÇÃO

CONRAD RODRIGUES ROSA

TESE DE DOUTORADO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL DA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A
OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR

APROVADA POR:



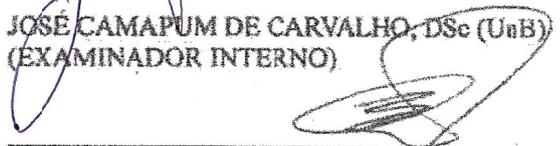
NEWTON MOREIRA DE SOUZA, DSc (UnB)
(ORIENTADOR)



OLAVO FRANCISCO DOS SANTOS JUNIOR, DSc (UFRN)
(COORIENTADOR)



JOSÉ CAMAPUM DE CARVALHO, DSc (UnB)
(EXAMINADOR INTERNO)



BERNARDO CRISTÓVÃO COLOMBO DA CUNHA, DSc (UEG)
(EXAMINADOR EXTERNO)



PATRÍCIA DE ARAÚJO ROMÃO, DSc (UFG)
(EXAMINADOR EXTERNO)

BRASÍLIA / DF, 20 DE DEZEMBRO DE 2017

FICHA CATALOGRÁFICA

ROSA, CONRAD RODRIGUES

Cartografia geotécnica da área costeira do município do Conde (PB): caracterização morfoopedológica e processos de urbanização. Distrito Federal, 2017.

xiii, 183 p., 210X297 mm (ENC/FT/UnB, Doutor, Geotecnia, 2017).

Tese de Doutorado – Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia,
Departamento de Engenharia Civil.

- | | |
|---------------------------------------|---------------------------|
| 1. Conde – Paraíba | 2. Cartografia geotécnica |
| 3. Falésia e tabuleiro costeiro | 4. Processos erosivos |
| 5. Ocupação e condicionantes naturais | |
| I. ENC/FT/UnB | II. Título (série) |

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ROSA, C. R. (2017). Cartografia geotécnica da área costeira no município do Conde (PB): caracterização morfoopedológica e processos de urbanização. Tese de Doutorado, Publicação G. TD – 139/17, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, DF, 183p.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Conrad Rodrigues Rosa

TÍTULO DA TESE DE DOUTORADO: **CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA DA ÁREA COSTEIRA NO MUNICÍPIO DO CONDE (PB): CARACTERIZAÇÃO MORFOPEDEOLÓGICA E PROCESSOS DE URBANIZAÇÃO**

GRAU / ANO: Doutor/ 2017

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta tese de doutorado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta tese de doutorado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



Conrad Rodrigues Rosa

Rua Francisco Brandão, 1021. Manaíra, Apto. 1302
CEP: 58038-520 - João Pessoa/ Paraíba, Brasil

Em memória de Paulo Roberto de Oliveira

Rosa (meu pai)

A vida agora são recordações!

AGREDECIMENTOS

Durante esse período tenho a agradecer a muitas pessoas que contribuíram para que esse resultado fosse possível! Foi uma longa caminhada de amadurecimento pessoal e profissional.

Agradeço primeiramente ao meu orientador, Newton, por sua atenção constante, pelo estímulo dado a esta pesquisa quando ela ainda principiava, e por ter sabido conviver com minhas inquietudes e compreendido minhas limitações.

Ao coorientador, Olavo, por ter acreditado no meu trabalho.

À CAPES agradeço a bolsa que me foi concedida.

Aos professores que ministraram aulas no doutorado, em especial José Camapum, Hernan Martinez e Luis Fernando, pelos constantes desafios que contribuíram sobremaneira para o meu aperfeiçoamento profissional, às discussões e apoio da amiga Tania Matamoros, e Eleudo Esteves, Marcelo Borges e Thomaz Neto.

Ao Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da UnB, pela contribuição, em especial a Cida, pela prontidão às minhas solicitações.

À equipe do Laboratório de Engenharia da UFPB, pela contribuição no tratamento com o material coletado, especialmente, ao prof. Ricardo de Melo e aos laboratoristas engenheiro Sérgio Ricardo e João Dantas.

Ao professor Carlos Xavier, pela gentileza em ceder equipamentos do laboratório de arqueologia do Núcleo de Documentação e Informação Histórica Regional - NDIHR/UFPB.

Aos amigos, Adriano Rene, Alysson Cavalcante, Mariá Romano, Paulo Rafael, Wuldenberg Jr., Jaílson Marinho, Rogério Souto, companheiros de campo, obrigado pela contribuição de vocês.

À minha mãe, Nilza, pelo apoio. Sua participação e contribuição foram necessárias para a finalização desse trabalho.

Ao meu irmão, Pablo, que me fez acreditar que eu conseguiria.

À minha esposa, Simone, por dividir comigo cada segmento da vida, marcado por arranhões, esfoladuras, mas também por muitas alegrias.

Ao meu filho, Heitor, que nasceu no meio da feitura da tese, reforçando assim, os sentidos de minha vida.

Obrigado a todos que contribuíram direta ou indiretamente para essa conquista!

RESUMO

A ocupação dos municípios litorâneos nordestinos tem intensificado nas últimas décadas, devido a três condições prioritárias de crescimento: urbanização, industrialização e exploração turística. As características desta ocupação podem elevar a pressão sobre os recursos naturais, com repercussões sobre os condicionantes da dinâmica do sistema, produzindo alterações que podem comprometer a estabilidade das feições morfológicas. O município do Conde, na Paraíba, Brasil, se insere neste contexto, tendo sido observada uma projeção de ocupação urbana sobre e/ou próxima à falésia, o que incide na alteração da paisagem, ao mesmo tempo observam-se riscos associados a essa alteração. A partir da análise do relevo e demais fatores geográficos, objetivo principal compreender o comportamento morfopedológico e atributos morfométricos do relevo ante à interação das ações antrópicas na paisagem. Para fins da elaboração cartográfica foram considerados a geologia, a geomorfologia, o solo, a vegetação, o uso e cobertura e seus reflexos na ocupação do solo no município do Conde. A pesquisa foi conduzida com base em vários documentos cartográficos e de cunho geológico, geográfico e de engenharia, como também de relatórios sobre a área selecionada além de intensa pesquisa *in loco*, por meio de monitoramento, levantamento e coleta de dados de campo, a partir dos quais se procurou identificar as formas de ocupação e os condicionantes naturais da área; o conhecimento das formas de modelagem dos processos geomorfológicos atuantes na dinâmica natural da falésia e tabuleiro costeiro; e, por fim, o mapeamento das unidades do relevo. Resultados desse estudo mostraram que as propriedades geotécnicas dos sedimentos nos tabuleiros costeiros são caracterizadas por movimentos neotectônicos influenciando os processos de deposição sedimentar e formas do relevo, e ainda, que a região costeira do Conde tem passado por processos de modificação acentuados, como processos erosivos nas falésias e tabuleiro.

Palavras chave: Município do Conde - PB. Ocupação e condicionantes naturais. Falésia e tabuleiro costeiro. Formas do relevo. Processos erosivos.

ABSTRACT

The occupation of coastal municipalities in the Northeast has intensified in the last decades due to three priority development conditions: urbanization, industrialization and tourism. The characteristics of this occupation may increase the pressure on the natural resources, with repercussions on the dynamics of the system, producing alterations that can put at risk the stability of the morphological features. The municipality of Conde, in Paraíba, Brazil, is inserted in this context, with a projection of urban occupation on and / or near the cliff, which affects the landscape and presents risks associated with this change. From the analysis of the relief and other geographic factors, the objective of this study is to understand morphological behavior and morphometric attributes of the relief and the interaction of the anthropic actions in the landscape. For the purpose of the cartographic elaboration, we took into account the geology, the geomorphology, the soil, the vegetation, the use of coverage and their impact on the occupation of the soil in the municipality of Conde. The research was conducted on the basis of several cartographic documents and geological, geographic and engineering data, as well as reports on the selected area through intensive on-site research by means of monitoring, surveying and data collection from the field. The goal was to identify the occupancy features and the natural conditioners of the area; to understand the forms of modeling the geomorphological processes acting on the natural dynamics of the cliff and coastal board and finally, to map the relief units. Results from this study showed that the geotechnical properties of the sediments in the coastal plains are characterized by neotectonic movements influencing sedimentary deposition processes and relief forms, and that the coastal region of the Conde has undergone significant modification processes, such as erosive in cliffs and board.

Keywords: Municipality of Conde - PB. Occupation and natural conditioning. Cliff and coastal board. Forms of relief. Erosive processes.

ÍNDICE

1 - INTRODUÇÃO	1
2 - REVISÃO DA LITERATURA	6
2.1 – CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA: CONCEITOS E FATORES DE IDENTIFICAÇÃO	6
2.2 – GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA: FORMA E PROCESSOS	9
2.3 – SOLOS TROPICAIS NOS TABULEIROS COSTEIROS	16
2.4 – GEOTECNIA	19
2.4.1 – CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA	20
2.5 – MORFOPEDOLOGIA	22
2.6 – USO E COBERTURA DO SOLO	24
3 – MATERIAIS E MÉTODOS: RECONHECIMENTO, OBTENÇÃO DE DADOS E INTERPRETAÇÃO CARTOGRÁFICA	28
3.1 – 1ª ETAPA: RECONHECIMENTO DAS FALÉSIAS E TABULEIROS COSTEIROS	28
3.2 – 2ª ETAPA: OBTENÇÃO DE DADOS	32
3.2.1 – ENSAIO DE GRANULOMETRIA	34
3.2.2 – ENSAIO DE RESISTÊNCIA DO SOLO À PENETRAÇÃO	34
3.2.3 – ENSAIO DE INFILTRAÇÃO DA ÁGUA NO SOLO	36
3.3 – 3ª ETAPA: INTERPRETAÇÃO CARTOGRÁFICA	37
4 – CARACTERIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA ÁREA DE PESQUISA	42
4.1 – DESCRIÇÃO DO MUNICÍPIO	42
4.2 – ASPECTOS FISIOGRAFICOS	44
4.3 – DESCRIÇÃO GEOLÓGICA	44
4.4 DESCRIÇÃO GEOMORFOLÓGICA	46
5 – ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS: CARACTERIZANDO O RELEVO NO MUNICÍPIO DO CONDE (PB)	49
5.1 – FALÉSIAS COSTEIRAS	49
5.1.1 – CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA	51
5.2 – TABULEIROS COSTEIROS	72
5.2.1 – CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA	73
5.2.2 – CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA E MORFOPEDOLÓGICA	127
5.2.3 ANÁLISE MORFOMÉTRICA E MORFOLÓGICA	129
5.2.4 – USO E COBERTURA DO SOLO	139
5.3 – ANÁLISE MORFOMÉTRICA E MORFOLÓGICA: USO E COBERTURA DO SOLO NA ÁREA COSTEIRA DO CONDE - PB	143

6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS	152
6.1 CONCLUSÕES.....	152
6.2 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS.....	155
REFERÊNCIAS.....	156

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Normas de caracterização de solos	34
Tabela 3.2 - Valores de α sugeridos por Elrick et al. 1989 (SOTO, 2009)	37
Tabela 5.1 – Classificação SUCS para as amostras da falésia	52
Tabela 5.2 – Classificação triangular do solo	52
Tabela 5.3 - Resumo da granulometria para as amostras da falésia da praia Bela, de acordo com a classificação SUCS	55
Tabela 5.4 - Resumo da granulometria, de acordo com a classificação SUCS para a praia de Tambaba	58
Tabela 5.5 - Resumo da granulometria de acordo com a classificação SUCS - Praia de Arapuca	61
Tabela 5.6 - Resumo da granulometria de acordo com a classificação SUCS - Praia de Coqueirinho	65
Tabela 5.7 - Resumo da granulometria de acordo com a classificação SUCS - Praia de Tabatinga	67
Tabela 5.8 -Resumo da granulometria de acordo com a classificação SUCS- Praia de Carapibus	69
Tabela 5.9 - Resumo da granulometria de acordo com a classificação SUCS- Praia do Amor	71
Tabela 5.10 - Resumo da granulometria para as amostras em 0,30 m de profundidade de acordo com a classificação SUCS	76
Tabela 5.11 - Resumo da granulometria para as amostras abaixo de 0,30 m de profundidade, de acordo com a classificação SUCS	84
Tabela 5.12 - Resumo da granulometria para as amostras abaixo de 0,30 m de profundidade, de acordo com a classificação SUCS	94
Tabela 5.13 - Resumo da granulometria para os pontos de 24 a 48 em amostras com profundidade abaixo de 0,30 m	103
Tabela 5.14 - Resumo da granulometria para os pontos de 49 a 65 em amostras com profundidade de 0,30 m	112
Tabela 5.15 - Resumo da granulometria para os pontos de 49 a 65 em amostras com profundidade abaixo de 0,30 m	119
Tabela 5.16 - Coordenadas UTM dos pontos de ensaio do PANDA	123
Tabela 5.17 - Valores de permeabilidade de campo	126
Tabela 5.18 - Tabulação cruzada dos planos de orientação de vertentes e declividade do terreno	135

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Estratigrafia da área de estudo	9
Figura 2.2 - Estrutura geomorfológica	12
Figura 2.3 - Representação da forma de relevo Tabuleiro e Falésia	16
Figura 2.4 - Classificação triangular do solo	17
Figura 2.5 - Esquema teórico de construção de nomenclatura da cobertura terrestre	26
Figura 3.1 - Litoral do município do Conde, à esquerda limite do município no rio Graú e à direita limite municipal no rio Gramame	28
Figura 3.2 - Checklist de caracterização e identificação (elaborado por Braga, 2005)	29
Figura 3.3 - Localização das áreas de pesquisa	30
Figura 3.4 - Formulário de uso e cobertura do solo	31
Figura 3.5 - Trado cavadeira	33
Figura 3.6 - Ferro-de-cova	33
Figura 3.7 - Cavador articulado manual	33
Figura 3.8 - Modelo do PANDA	35
Figura 3.9 - Ensaio com o PANDA, tabuleiro costeiro	36
Figura 4.1 - Localização da área de estudo	43
Figura 4.2 - Mapa geológico	45
Figura 4.3 - Bacia sedimentar Paraíba-Pernambuco e zonas de cisalhamento	46
Figura 4.4 - Unidades e forma do relevo costeiro	47
Figura 5.1 - Linhas de seixos, praia de Tabatinga e cores variegadas	50
Figura 5.2 - Conglomerado Maciços Sustentado por Lama (Cmf), Praia de Arapuca	51
Figura 5.3 - Conglomerado Maciço Sustentado por Clastos (Cmc), Praia de Coqueirinho	51
Figura 5.4 - Arenitos Lamosos Conglomeráticos Maciços (Alcm), Praia de Tambaba	51
Figura 5.5 - Arenito Lamoso Maciço (Alm), Praia de Carapibus	51
Figura 5.6 - Classificação triangular do solo	53
Figura 5.7 - Croquis do perfil de praia, praia Bela	54
Figura 5.8 - Perfil topográfico da seção Amostra 1 e 1, praia Bela	54
Figura 5.9 - Pontos de coleta de amostras na praia Bela	54
Figura 5.10 - Curvas granulométricas ponto 1	55
Figura 5.11 - Curvas granulométricas do ponto 1.1	55
Figura 5.12 - Curvas granulométricas do ponto 2	56
Figura 5.13 - Curvas granulométricas do ponto 3	56
Figura 5.14 - Talude no pós-praia, praia Bela	56
Figura 5.15 - Vista aérea da praia de Tambaba	57

Figura 5.16 - Substrato consolidado e linha de fratura	57
Figura 5.17 - Localização da coleta de amostras e perfil topográfico	58
Figura 5.18 - Curvas granulométricas do ponto 4	59
Figura 5.19 - Curvas granulométricas do ponto 5	59
Figura 5.20 - Curvas granulométricas do ponto 6	59
Figura 5.21 - Curvas granulométricas do ponto 7	59
Figura 5.22 - Curvas granulométricas do ponto 8	59
Figura 5.23 - Pontos de coleta de amostras na praia de Arapuca	60
Figura 5.24 - Linha de seixos	61
Figura 5.25 - Curvas granulométricas do ponto 9	62
Figura 5.26 - Curvas granulométricas do ponto 10	62
Figura 5.27 - Curvas granulométricas do ponto 11	62
Figura 5.28 - Curvas granulométricas do ponto 12	63
Figura 5.29 - Curvas granulométricas do ponto 13	63
Figura 5.30 - Camada 2 Ponto 12	63
Figura 5.31 - Curvas granulométricas do ponto 14	64
Figura 5.32 - Praia e erosão de Coqueirinho	64
Figura 5.33 - Curvas granulométricas do ponto 15	66
Figura 5.34 - Curvas granulométricas do ponto 16	66
Figura 5.35 - Curvas granulométricas do ponto 17	66
Figura 5.36 - Curvas granulométricas do ponto 18	66
Figura 5.37 - Curvas granulométricas do ponto 19	67
Figura 5.38 - Curvas granulométricas do ponto 20	67
Figura 5.39 - Curvas granulométricas do ponto 21	68
Figura 5.40 - Curvas granulométricas do ponto 22	68
Figura 5.41 - Medida de contenção da base da falésia, maré 2.3 m	68
Figura 5.42 - Curvas granulométricas do ponto 23	70
Figura 5.43 - Curvas granulométricas do ponto 24	70
Figura 5.44 - Curvas granulométricas do ponto 25	70
Figura 5.45 - Curvas granulométricas do ponto 26	70
Figura 5.46 - Praia do amor - localização dos pontos amostrais	71
Figura 5.47 - Curva granulométrica do ponto 27	72
Figura 5.48 - Curva granulométrica ponto 28	72
Figura 5.49 - Curva granulométrica da amostra 29	72
Figura 5.50 - Divisão das áreas de pesquisa	73
Figura 5.51 - Carta de sondagens Loteamento Village Jacumã	74

Figura 5.52 - Classificação triangular do solo para os pontos 1 a 22	75
Figura 5.53 - Curva granulométrica ponto 1, amostra 1	78
Figura 5.54 - Curva granulométrica ponto 2, amostra 1	78
Figura 5.55 - Curva granulométrica ponto 3, amostra 1	79
Figura 5.56 - Curva granulométrica ponto 4, amostra 1	79
Figura 5.57 - Curva granulométrica ponto 5, amostra 1	79
Figura 5.58 - Curva granulométrica ponto 6, amostra 1	79
Figura 5.59 - Curva granulométrica ponto 7, amostra 1	80
Figura 5.60 - Curva granulométrica ponto 8, amostra 1	80
Figura 5.61 - Curva granulométrica ponto 9, amostra 1	80
Figura 5.62 - Curva granulométrica ponto 10, amostra 1	80
Figura 5.63 - Curva granulométrica ponto 11, amostra 1	81
Figura 5.64 - Curva granulométrica ponto 12, amostra 1	81
Figura 5.65 - Curva granulométrica ponto 13, amostra 1	81
Figura 5.66 - Curva granulométrica ponto 14, amostra 1	81
Figura 5.67 - Curva granulométrica ponto 15, amostra 1	81
Figura 5.68 - Curva granulométrica ponto 16, amostra 1	81
Figura 5.69 - Curva granulométrica ponto 18, amostra 1	82
Figura 5.70 - Curva granulométrica ponto 19, amostra 1	82
Figura 5.71 - Curva granulométrica ponto 20, amostra 1	82
Figura 5.72 - Curva granulométrica ponto 21, amostra 1	82
Figura 5.73 - Curva granulométrica ponto 22, amostra 1	83
Figura 5.74 - Classificação triangular do solo para as amostras coletadas abaixo de 0,30m	83
Figura 5.75 - Curva granulométrica ponto 1, amostra 2	86
Figura 5.76 - Curva granulométrica ponto 2, amostra 2	86
Figura 5.77 - Curva granulométrica ponto 3, amostra 2	87
Figura 5.78 - Curva granulométrica ponto 4, amostra 2	87
Figura 5.79 - Curva granulométrica ponto 5, amostra 2	87
Figura 5.80 - Curva granulométrica ponto 7, amostra 2	88
Figura 5.81 - Curva granulométrica ponto 8, amostra 2	88
Figura 5.82 - Curva granulométrica ponto 9, amostra 2	88
Figura 5.83 - Curva granulométrica ponto 10, amostra 2	88
Figura 5.84 - Curva granulométrica ponto 11, amostra 2	89
Figura 5.85 - Curva granulométrica ponto 12, amostra 2	89
Figura 5.86 - Curva granulométrica ponto 13, amostra 2	89
Figura 5.87 - Curva granulométrica ponto 14, amostra 2	90

Figura 5.88- Curva granulométrica ponto 15, amostra 2	90
Figura 5.89 - Curva granulométrica ponto 16, amostra 2	90
Figura 5.90 - Curva granulométrica ponto 18, amostra 2	90
Figura 5.91 - Curva granulométrica ponto 21, amostra 2	91
Figura 5.92 - Curva granulométrica ponto 22, amostra 2	91
Figura 5.93 - Classificação triangular do solo para os pontos 24 a 48	92
Figura 5.94 – Carta de sondagens Jacumã, Vilas de Carapibus e Carapibus	92
Figura 5.95 - Curva granulométrica ponto 24, amostra 1	96
Figura 5.96 - Curva granulométrica ponto 25, amostra 1	96
Figura 5.97 - Curva granulométrica ponto 26, amostra 1	97
Figura 5.98 - Curva granulométrica ponto 28, amostra 1	97
Figura 5.99 - Curva granulométrica ponto 29, amostra 1	97
Figura 5.100 - Curva granulométrica ponto 30, amostra 1	98
Figura 5.101 - Curva granulométrica ponto 31, amostra 1	98
Figura 5.102 - Curva granulométrica ponto 33, amostra 1	98
Figura 5.103 - Curva granulométrica ponto 34, amostra 1	98
Figura 5.104 - Curva granulométrica ponto 35, amostra 1	99
Figura 5.105 - Curva granulométrica ponto 36, amostra 1	99
Figura 5.106 - Curva granulométrica ponto 38, amostra 1	99
Figura 5.107 - Curva granulométrica ponto 39, amostra 1	99
Figura 5.108 - Curva granulométrica ponto 40, amostra 1	100
Figura 5.109 - Curva granulométrica ponto 41, amostra 1	100
Figura 5.110 - Curva granulométrica ponto 42, amostra 1	100
Figura 5.111 - Curva granulométrica ponto 43, amostra 1	100
Figura 5.112 - Curva granulométrica ponto 44, amostra 1	101
Figura 5.113 - Curva granulométrica ponto 46, amostra 1	101
Figura 5.114 - Curva granulométrica ponto 47, amostra 1	101
Figura 5.115 - Curva granulométrica ponto 48, amostra 1	101
Figura 5.116 – Classificação triangular do solo para os pontos 24 a 48, amostra 2	102
Figura 5.117 - Curva granulométrica ponto 24, amostra 2	105
Figura 5.118- Curva granulométrica ponto 25, amostra 2	105
Figura 5.119 - Curva granulométrica ponto 26, amostra 2	106
Figura 5.120 - Curva granulométrica ponto 28, amostra 2	106
Figura 5.121 - Curva granulométrica ponto 30, amostra 2	106
Figura 5.122 - Curva granulométrica ponto 33, amostra 2	106
Figura 5.123 - Curva granulométrica ponto 34, amostra 2	107

Figura 5.124 - Curva granulométrica ponto 35, amostra 2	107
Figura 5.125 - Curva granulométrica ponto 38, amostra 2	107
Figura 5.126 - Curva granulométrica ponto 40, amostra 2	107
Figura 5.127- Curva granulométrica ponto 41, amostra 2	108
Figura 5.128 - Curva granulométrica ponto 42, amostra 2	108
Figura 5.129 - Curva granulométrica ponto 43, amostra 2	108
Figura 5.130 - Curva granulométrica ponto 44, amostra 2	108
Figura 5.131 - Curva granulométrica ponto 46, amostra 2	109
Figura 5.132 - Curva granulométrica ponto 47, amostra 2	109
Figura 5.133 - Curva granulométrica ponto 48, amostra 2	109
Figura 5.134 - Classificação textural do solo para as amostras nos pontos 49 a 65	110
Figura 5.135 – Carta de sondagens de Tabatinga, Coqueirinho, Tambaba e área rural de Tambaba	111
Figura 5.136 - Curvas granulométricas ponto 49, amostra 1	114
Figura 5.137 - Curvas granulométricas ponto 50, amostra 1	114
Figura 5.138 - Curvas granulométricas ponto 51, amostra 1	115
Figura 5.139 - Curvas granulométricas ponto 52, amostra 1	115
Figura 5.140 - Curvas granulométricas ponto 53, amostra 1	115
Figura 5.141 - Curvas granulométricas ponto 55, amostra 1	115
Figura 5.142 - Curvas granulométricas ponto 56, amostra 1	116
Figura 5.143 - Curvas granulométricas ponto 57, amostra 1	116
Figura 5.144 - Curvas granulométricas ponto 58, amostra 1	116
Figura 5.145 - Curvas granulométricas ponto 59, amostra 1	116
Figura 5.146 - Curvas granulométricas ponto 60, amostra 1	117
Figura 5.147 - Curvas granulométricas ponto 61, amostra 1	117
Figura 5.148 - Curvas granulométricas ponto 62, amostra 1	117
Figura 5.149 - Curvas granulométricas ponto 63, amostra 1	117
Figura 5.150 - Curvas granulométricas ponto 64, amostra 1	118
Figura 5.151 - Curvas granulométricas ponto 65, amostra 1	118
Figura 5.152 - Classificação triangular do solo para os pontos 49 a 65, amostra 2	118
Figura 5.153 - Curvas granulométricas ponto 49, amostra 2	120
Figura 5.154 - Curvas granulométricas do ponto 50, amostra 2	120
Figura 5.155 - Curvas granulométricas do ponto 52, amostra 2	121
Figura 5.156 - Curvas granulométricas do ponto 53, amostra 2	121
Figura 5.157 - Curvas granulométricas do ponto 55, amostra 2	121
Figura 5.158 - Curvas granulométricas do ponto 57, amostra 2	121

Figura 5.159 - Curvas granulométricas do ponto 58, amostra 2	122
Figura 5.160 - Curvas granulométricas do ponto 60 amostra 2	122
Figura 5.161 - Curvas granulométricas do ponto 61, amostra 2	122
Figura 5.162 - Curvas granulométricas do ponto 64, amostra 2	122
Figura 5.163 - Curvas granulométricas do ponto 65, amostra 2	123
Figura 5.164 - Croquis das amostras de resistência à penetração	124
Figura 5.165 - Perfil de resistência 1	124
Figura 5.166 - Perfil de resistência 2	124
Figura 5.167 - Perfil de resistência 3	124
Figura 5.168 - Perfil de resistência 4	125
Figura 5.169 - Perfil de resistência 5	125
Figura 5.170 - Pontos de coleta de permeabilidade com permeâmetro Guelph	126
Figura 5.171 - Localização do perfil topográfico em Coqueirinho – Tabatinga	128
Figura 5.172 - Rede de drenagem	130
Figura 5.173 - Diagrama de roseta, frequência absoluta	131
Figura 5.174 - Diagrama de roseta, azimute médio	131
Figura 5.175 - Carta de orientação de vertentes	132
Figura 5.176 - Carta sombreada	134
Figura 5.177 - Carta de classes de declividade do terreno	136
Figura 5.178 - Carta de curvatura do perfil	137
Figura 5.179 - Carta de curvatura plana	138
Figura 5.180 - Carta de rodovias e vias de acesso	141
Figura 5.181 - Carta de uso e cobertura do solo	143
Figura 5.182 - Evolução da ocupação urbana na área costeira do Conde - PB	145
Figura 5.183 - Carta de drenagem sobre a imagem Digitalglobe, 2017	147
Figura 5.184 - Orientação de canais e anomalia de drenagem	148
Figura 5.185 - Pontos de sondagem e hipsometria	149
Figura 5.186 - Cruzamento das informações de curvatura com hipsometria	150
Figura 5.187 - Cruzamento das informações de curvatura de perfil e orientação de vertentes	151

LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURA E ABREVIACÕES

ACM – Grade de fluxo acumulado
Alcm - Arenitos lamosos conglomeráticos maciços
Alm - Arenitos lamosos maciços
Agm - Argilitos maciços
ASTM – American Society for Testing and Materials
CAD – Computer aided design
Cmc - Conglomerado maciço sustentado por clastos
Cmf – Conglomerados maciços sustentados por lama
CL – Argila inorgânica de baixa plasticidade
CORINE – Coordination of Information on Environment
CPRM – Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais
Datum – Sistema geodésico de referência
DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral
E – Leste
Fe - Ferro
GPS – Global Position System
GW - Pedregulho bem graduado
ha - Hectare
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INPE – Instituto Nacional de Pesquisa Espacial
LDD – Local Drain Direction
NBR – Associação Brasileira de Normas Técnicas
N – Norte
NE – Nordeste
NW - Noroeste
MCT – Miniatura, compactada, tropical
MNT – Modelo Numérico de Terreno
MPa – Unidade megapascal
PANDA – Penetrômetro dinâmico leve
PUCE – Padrão – unidade – componente – avaliação
S – Sul

SC – Areia argilosa
SIG – Sistema de informação geográfica
SIRGAS – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SE - Sudeste
SM – Areia siltosa
SP – Areias mal graduadas
SP-SC – Areia mal graduada com argila
SP-SM – Areia mal graduada com silte
SPRING – Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas
SPT – Sondagem à percussão
SUDENE – Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste
SRTM – Shuttle Radar Topography Mission
SW - Areia bem graduada (classificação textural)
SW-SM – Areia bem graduada com silte
SW-SC – Areia bem graduada com argila
SW – Sudoeste
TIN – Triangular Irregular Network
UTM – Universal Transversa de Mercator
W – Oeste

1 - INTRODUÇÃO

A zona costeira pode ser compreendida como espaço de transição entre a terra e o mar, entendidos como domínios ambientais, influenciados tanto por processos continentais como oceânicos. Ela é formada na área de interação direta, entre os componentes da Geosfera (continente), Hidrosfera (águas doces e salgadas) e Atmosfera.

A Zona Costeira do Brasil abrange alguns estados e centenas de municípios, distribuídos do Norte equatorial ao Sul temperado do país. É uma área onde se verificam interações entre a dinâmica continental, oceanográfica e atmosférica, resultando em formas morfológicas distintas, que se transformam sob determinadas condicionantes ambientais.

No litoral brasileiro há uma variedade de ecossistemas que incluem manguezais, recifes de corais, dunas, restingas, praias arenosas, lagoas, estuários. À interação dos elementos naturais, somada às ações antrópicas (alterações na natureza realizadas pelo homem) contribuem para alterações na paisagem. A ação antrópica em relação à natureza é preocupante, considerando-se que estas ações estão sendo realizadas com frequência, nem sempre de uma maneira responsável e sustentável. Dentre as consequências decorrentes do desequilíbrio nas zonas costeiras está a alteração no balanço sedimentar, principalmente quando a quantidade de sedimentos que chega ao ambiente é inferior à quantidade que sai, promovendo o desencadeamento dos processos de erosão no litoral. O processo de ocupação da zona costeira acaba por reduzir os serviços dos ecossistemas provocando a extinção de espécies, a fragmentação de habitats, a poluição, contaminações exotópicas e redução da produtividade.

A ocupação dos municípios litorâneos se intensificou nas últimas décadas devido a três condições prioritárias de desenvolvimento: a urbanização, a industrialização e a exploração turística conforme Morais (2009). As características desta ocupação podem elevar a pressão sobre os recursos naturais, com repercussões sobre os condicionantes da dinâmica do sistema, produzindo alterações que comprometem a estabilidade das feições morfológicas. O município do Conde, na Paraíba, se insere neste contexto, tendo sido observada uma projeção de ocupação urbana sobre e/ou próxima às falésias, o que incide na alteração da paisagem, ao mesmo tempo observam-se riscos associados a essa alteração.

A ocupação tem se dado, na maioria das vezes, por equipamentos turísticos, tais como: pousadas, hotéis e condomínios de veraneio que vão alterando aos poucos a paisagem. A paisagem corresponde à unidade geomorfológica planície costeira e tabuleiros costeiros,

incluindo terraços marinhos, cordões litorâneos, planície de maré, dunas costeiras e falésias.

Por ser uma região litorânea de vulnerabilidade natural, o Litoral Sul Paraibano apresenta uma constante evolução da paisagem, onde ocorre interação entre vários ecossistemas. Todos esses aspectos fazem com que a área apresente elevado grau de fragilidade morfo-pedológica, ou seja, as interações entre as unidades geomorfológicas naturalmente estão sujeitas à morfogênese e pedogênese, e essa fragilidade é acentuada a partir dos processos de urbanização, sendo necessários estudos que possam viabilizar racionalmente a utilização correta dos seus espaços e recursos naturais. À vista disso, é preciso averiguar qual a relação do comportamento morfométrico da paisagem natural que influencia a fragilidade morfo-pedológica.

A relação entre o comportamento morfo-pedológico e os atributos morfométricos da paisagem é o problema central deste estudo, e tem como objetivo principal compreender o comportamento morfo-pedológico e atributos morfométricos do relevo ante à interação das ações antrópicas na paisagem. A elaboração das cartas geotécnicas dará base para o planejamento de ocupação dessa faixa costeira, para isso se fez necessário eleger os seguintes objetivos específicos:

- a) Organizar as informações cartográficas para a área de pesquisa;
- b) Levantar atributos geotécnicos e geomorfológicos referentes às falésias e ao tabuleiro costeiro onde se concentra atualmente a expansão urbana;
- c) Elaborar cartas geotécnicas visando ao planejamento de ocupação na área costeira;
- d) Elaborar diagnósticos sistemáticos sobre essa faixa do relevo;
- e) Elaborar um documento que auxilie nos projetos de edificação e no planejamento da expansão urbana da área costeira;
- f) Apresentar uma síntese do modelo morfo-pedológico da área costeira no município do Conde, Paraíba.

Pressupõe-se que as propriedades geotécnicas dos sedimentos Barreiras na Bacia sedimentar Paraíba, sub-bacia Alhandra são caracterizadas por movimentos neotectônicos influenciando os processos de deposição sedimentar e as formas do relevo. O entendimento dessas propriedades permite a elaboração de cartas geotécnicas tencionando o planejamento de ocupação na área costeira. À vista disso, foram realizados levantamentos de atributos geotécnicos e geomorfológicos referentes às falésias e ao tabuleiro costeiro onde se concentra atualmente a expansão urbana. Para fins da elaboração cartográfica foram considerados: a geologia, a geomorfologia, o solo, a vegetação, o uso e cobertura e seus reflexos na ocupação do solo no município do Conde, Paraíba, Brasil.

Assim como em todo litoral brasileiro, a região costeira paraibana tem passado por processos de modificação acentuados, por processos erosivos nas falésias, e por processos marinhos que ocasionam a erosão costeira. A linha de costa além de sofrer a ação erosiva do mar não recebe o aporte sedimentar continental, pois esses sedimentos estão assoreando os rios e reservatórios e não aportam nas praias, devido quase sempre aos barramentos a montante.

Pouco se tem mensurado de maneira geomorfológica e geotécnica a respeito desses processos na borda litorânea paraibana. Há poucos diagnósticos ou prognósticos sistemáticos sobre essa faixa do relevo, ainda mais, quando se buscam na literatura resultados específicos para o litoral sul do estado da Paraíba no contexto geotécnico.

O litoral sul do estado da Paraíba é constituído de uma faixa geológica caracterizada por deposição de sedimentos inconsolidados denominado Barreiras, que é descrita como sendo uma cobertura sedimentar terrígena continental e marinha (Nunes et al., 2011). Por ser marinha demonstra a ação do mar ainda como ativa nos processos de erosão e acreção de sedimentos, ocasionando a dinâmica costeira. O contato com o mar se dá por falésias e planície costeira, inserida geologicamente na Bacia Paraíba, composta por arenitos continentais médios e grossos e arenitos conglomeráticos sobre depósitos de arenitos carbonáticos (Barbosa et al., 2003; Rosseti et al., 2009). Isso mostra uma sucessão sedimentar, corroborado com os estudos de eustasia, ou aumento e diminuição do nível médio do mar (Farias, 2005; Arai, 2006).

O ambiente em que as populações se assentam e ocupam pode ter sua dinâmica natural alterada devido a situações de riscos geotécnicos que podem surgir. Por isso, este trabalho está direcionado ao perigo que essas situações oferecem. Esse olhar voltado à identificação de áreas propícias à ocupação visa, principalmente, à implementação de conhecimento teórico e da melhoria do estado da arte, no que concerne à ciência e à engenharia, como também à própria segurança social.

Do ponto de vista geológico os sedimentos Barreiras são constituídos também por concentrações de aluviões e sedimentos de praia relacionados ao período Plioceno - Neógeno, características que dão ao ambiente a possibilidade de processos erosivos intensos, devido à pluviosidade e declividade do terreno. A morfologia do terreno no Barreiras, na Paraíba, caracteriza-se por sedimentos não consolidados de matriz arenosa com camadas definidas de areia (camada superior) e camada areno-argilosa (abaixo de 1,00 m). Por vezes a camada areno-argilosa está visível enquanto cobertura do solo, pois a erosão laminar carrou a camada arenosa para os canais dos rios. O relevo dos tabuleiros costeiros é constituído

geologicamente, por áreas de sedimentação do Mioceno, no entanto, processos tectônicos, intemperismo e camada superior de areia bem drenada são condicionantes para que esse relevo esteja em profundo trabalho de erosão. Outro ponto relevante é que os sedimentos das praias são constituídos também de sedimentos de origem continental, ou seja, é provável que parte da camada arenosa dos tabuleiros seja fonte de sedimentos para abastecer as praias.

Ao se estabelecer o conhecimento geotécnico no litoral do Conde busca-se gerar informações cartográficas para uma importante área do litoral brasileiro, uma vez que nessa porção do litoral da Paraíba está ocorrendo um acelerado ciclo ocupacional de habitação e turismo, além de elaborar um documento que auxilie nos projetos de edificação no planejamento de expansão urbana da área costeira.

No que concerne à dinâmica costeira, ao gerar conhecimento espera-se contribuir com o planejamento da ocupação e proteção ambiental dessa área. Ademais, as áreas costeiras são as mais densificadas em ocupação no globo e respondem por uma variedade de processos econômicos. O litoral paraibano na sua porção sul apresenta-se como uma excelente fonte para o entretenimento, embora já se observe forte impacto turístico que nos últimos anos tem ocorrido. Considera-se ainda uma vasta ocupação industrial, tanto na cidade do Conde como em municípios vizinhos, dando início a uma densificação urbana do uso do solo, de onde poderão advir diversos impactos ambientais.

A pesquisa foi conduzida com base em vários documentos cartográficos e de cunho geológico, geográfico e de engenharia, como também de relatórios sobre a área selecionada além de intensa pesquisa *in loco*, por meio de levantamento e coleta de dados de campo, a partir dos quais se procurou identificar as formas de ocupação e os condicionantes naturais da área; o conhecimento das formas de modelagem dos processos geomorfológicos atuantes na dinâmica natural da falésia e tabuleiro costeiro; e, por fim, o mapeamento das unidades do relevo. Com base nessas informações, seguiu-se a síntese do modelo morfopedológico da área costeira no município do Conde, Paraíba, cuja finalidade foi sua condução à produção de informações cartográficas com fins de planejamento urbano, no que concerne aos processos geomorfológicos e morfopedológicos.

Este trabalho foi organizado em seis capítulos. O primeiro capítulo corresponde à introdução, caracterizado por constar o delineamento e a relevância do estudo, os objetivos e o escopo do texto.

No segundo capítulo, denominado “Revisão da Literatura”, são discutidos conceitos que remetem: à cartografia geotécnica; à geologia e geomorfologia, aos solos tropicais nos tabuleiros costeiros; à classificação geotécnica.

O terceiro capítulo intitulado “Materiais e Métodos” abarca três etapas: Reconhecimento; Ensaio de Caracterização; e Cartografia. Neste item são apresentados os resultados do trabalho de campo e laboratório, as características e ensaios realizados.

O quarto capítulo, apresenta a caracterização e descrição da área de pesquisa, ou seja, a identificação da área e descrição do município em seus aspectos fisiográficos, com a descrição geológica, geomorfológica, hidrográfica além da ocupação dos solos.

No quinto capítulo são analisados os resultados obtidos na pesquisa, caracterizando o relevo no município do Conde a partir das cartas geotécnicas.

Por fim, no sexto capítulo são apresentadas as conclusões do trabalho.

2 - REVISÃO DA LITERATURA

Inicia-se apresentando conceitos da cartografia geotécnica a qual identifica os fatores de importância para nortear os assuntos apresentados nesta revisão. Temas específicos como: cartografia geotécnica, geologia; geomorfologia; propriedades do solo, características do relevo e dos processos geodinâmicos e as condições climáticas que mantêm o ciclo hídrico são entendidos como parte dos resultados na construção deste trabalho de identificação das condições do meio físico para o entendimento de como as atuais e futuras formas de ocupação dos terrenos pode ocorrer em harmonia com as condições naturais e evitando processos de degradação ambiental.

2.1 – CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA: CONCEITOS E FATORES DE IDENTIFICAÇÃO

A produção cartográfica estabelece alguns critérios de acordo com o conteúdo e finalidade da informação contida no documento cartográfico. Quanto ao conteúdo, a produção cartográfica apresenta documentos gráficos, provenientes de atributos sobre o meio físico, categorizados de acordo com o tempo, o espaço, homogeneidade/ heterogeneidade e relações entre as variáveis espaciais; quanto à finalidade, a produção cartográfica pode servir para usos múltiplos ou específicos.

A cartografia geotécnica se torna uma especificidade técnica que permite organizar atributos do meio físico voltados para interesses, principalmente da engenharia, ou seja, é um conjunto de ações de obtenção, avaliação, análise e classificação do meio físico para usos diretos na engenharia (Zuquette & Gandolfi, 2004).

Os princípios da cartografia geotécnica correspondem às áreas da geologia e geomorfologia integrando as informações obtidas do meio físico em um documento de síntese e representação, voltado para o planejamento e gestão do uso e cobertura do solo e subsolo, orientado de acordo com os critérios do conteúdo e finalidade, retratando as características geotécnicas.

Do ponto de vista geotécnico, a paisagem parte da condição estabelecida pelas características do substrato rochoso, relevo, solo, águas superficiais e subterrâneas, clima, além dos processos geodinâmicos. A inter-relação entre esses conjuntos e seus atributos possibilita a elaboração de cartas geotécnicas com base em informações quantitativas,

identificando os elementos e classificando-os em uma homogeneidade e baixo nível de ruído (Board, 1975).

De acordo com Varnes (1974), a carta é um instrumento de transferência de informação com base na distribuição espacial dos atributos, separados por três aspectos de informação: sintático, semântico e pragmático. A informação sintática é a quantidade mensurável de sinais que podem ser transmitidos observando-se a veracidade, precisão e sentido. A informação semântica é um constructo baseado em um sistema de classificação para reduzir a incerteza considerando-se o usuário final, ou seja, existe um significado específico e objetivo na organização da informação. Por fim, a informação pragmática refere-se ao processo de comunicação e interação entre o usuário e o objeto cartografado, caso o usuário não tenha a habilidade necessária, ou ainda, um arcabouço teórico e técnico, assim a informação não será decodificada nem compreendida.

Os métodos de investigação geotécnica para elaboração da cartografia reúnem dados, que a partir de uma integração e síntese geram representações temáticas. As cartas temáticas geram informações acerca da geologia (maciços rochosos, bacias sedimentares etc.), geomorfologia e geomorfometria, atributos de solos (pedologia e geotecnia), cobertura do solo, além de cartas hidrográficas e hidrogeológicas. A cartografia geotécnica apresenta uma inter-relação entre os componentes da paisagem dando ênfase aos atributos geotécnicos para que haja um planejamento racional da forma de ocupação na área mapeada (Moreira, 1996).

Ao se elaborar uma carta geotécnica, estabelecem-se critérios de classificação (Varnes, 1974) cuja finalidade é compreender os atributos da paisagem para uma ocupação do meio físico. Como critério de avaliação para elaboração de uma carta geotécnica, Zuquette e Gandolfi (2004) propõem dois itens importantes: a) informações geotécnicas quantitativas; e b) níveis de homogeneidade. Para estes autores é necessário agrupar as informações a partir da utilização de classificações geotécnicas inseridas em uma hierarquia funcional.

De acordo com Martins (2005), o processo conceitual da cartografia geotécnica é que uma ferramenta utilizada comumente no planejamento regional envolve um conjunto de etapas como: organização, análise, modelo, proposta e execução, vinculadas a um fim específico, da investigação e avaliação geológico-geotécnica. Varnes (1974) destaca que a concepção formal na cartografia busca, a partir de um processo lógico, elaborar categorias de classificação pautadas na organização de atributos variáveis, porém semelhantes, ou seja, o processo de classificação deve examinar e validar uma série elementar de atributos. À vista disso, Varnes (1974) estabelece quatro categorias de classificação conceitual, são elas: temporal, espacial, tipológica e racional objetivando delinear áreas homogêneas. A

categorização busca relacionar ou organizar diversos atributos e objetos, gerando dados identificáveis e classificáveis. Na classificação e identificação de atributos em cartografia geotécnica Dearman (1991) discute sobre as categorias estabelecidas por Varnes (1974) afirmando que os atributos estão relacionados à categoria tempo e determinados pela categoria espaço, associando propriedades e objeto.

Os pressupostos para a elaboração cartográfica geotécnica parte dos componentes do meio físico necessitando de um grupo de atributos que se vincula a um fim específico, e as condições consideradas inerentes às cartas, conforme pontuam Zuquette e Gandolfi (2004). São: objetivo; escala; atributos; obtenção de atributos; análise e tratamento dos dados; síntese e apresentação.

Para elaboração de cartas geotécnicas geralmente são utilizadas as técnicas de avaliação de terrenos ou compartimentação por unidades de terreno. Essa técnica dá atenção à morfologia do relevo cujo resultado é a divisão do terreno em classes, delimitando feições e formas de terreno. A metodologia concernente para esse fim é a PUCE (*Pattern, Unit, Component, Evaluation*), desenvolvida na Austrália, e busca organizar numa síntese informações do meio físico hierarquizando-as em classes de terreno (Arnot & Grant, 1981, Finlayson, 1984), a saber: província, padrão de terreno, unidades e componentes do terreno. A província é definida pelo contexto geotectônico; o padrão de terreno é definido pela geomorfologia regional e está relacionada à drenagem e aprofundamento dos vales; a unidade é o detalhamento geomorfológico; o perfil do solo e a cobertura são componentes definidos pela uniformidade nas curvaturas da superfície, pelo arranjo de solos e rocha, e pela cobertura e condições hidrogeológicas.

Os dados geomorfométricos dão base para homogeneização de cada compartimento do terreno (Romão, 2006), a partir do interesse do estudo de viabilidade, planejamento e construção. De acordo com Diniz (2012), a partir da metodologia PUCE é possível elaborar cartas geotécnicas com representação de índices numéricos de faixas de atributos, e tabelas de classificação.

As localizações e atributos são elementos inerentes a todo documento cartográfico. A localização é definida por posições x e y no espaço, e os atributos são qualidades ou magnitudes (Romão, 2006), assim a relação entre esses dois elementos deriva toda a estrutura cartográfica de propriedades topográficas, redes, direções e padrões. De maneira que a carta se torna um modelo de abstração e de tomada de decisão (Chorley, 1975), sendo que a carta pode ser compreendida como um modelo onde a representação espacial admite estruturas complexas de sistemas em paralelo, ou superpostos tais como: sistemas de drenagem e

topográficos.

2.2 – GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA: FORMA E PROCESSOS

A discussão acerca da classificação dos sedimentos Barreiras costuma partir de duas propostas litoestratigráficas: uma que trata os sedimentos enquanto Grupo, e outra que trata os sedimentos enquanto Formação. Esses sedimentos possuem uma aceção vaga na nomenclatura, e a diferença entre elas está contida no Guia Estratigráfico Internacional (2003), alicerçada na concepção de cada termo, por exemplo, Grupo composto por duas ou mais formações, sendo que não existe a necessidade de as formações serem as mesmas em toda a extensão da área de ocorrência. Formação é a unidade formal primária da classificação, e deve apresentar certo grau de homogeneidade litológica (Fig. 2.1).

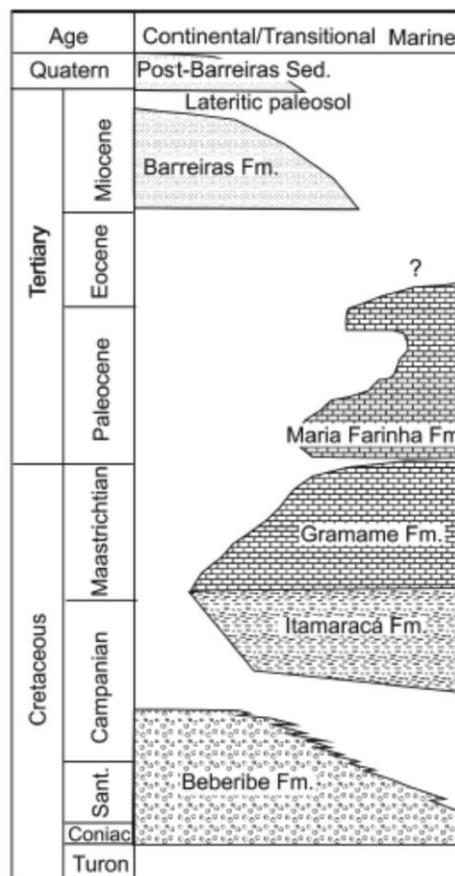


Figura 2.1 - Estratigrafia da área de estudo (Rossetti et al. 2012)

Segundo afirmam Bigarella e Andrade (1964) citado por Nunes et al. (2011), terminologia de Grupo Barreiras é caracterizada por discordâncias erosivas com deposição sedimentar originada no Mioceno. O Mioceno caracteriza-se por sedimentos detríticos fluvial e marinho a partir de processos de eustasia marinha (Villas Boas et al., 2001); (Arai, 2006).

De acordo com Villas Boas et al. (2001), os sedimentos Barreiras são originados por sedimentos terrígenos do Mioceno. Na concepção de Bigarella et al. (1994) os depósitos de sedimentos inconsolidados, como o Barreiras, possuem sedimentos também marinhos, tais sedimentos são originados pelos ciclos de erosão e deposição. Para Derruau (1966), é com o ciclo erosivo que o ambiente cria condições de transporte de sedimentos através da rede de drenagem, transportando os sedimentos de níveis mais altos para os mais baixos numa relação de equilíbrio.

Mabesoone e Lobo (1980) afirmam que os sedimentos que compõem o Barreiras são originados a partir das duas fases: ciclos de erosão e deposição. A erosão ocorrida na superfície dos Cariris Velhos (Ciclo Sul Americano – Oligoceno) sendo que os sedimentos são depositados no Mioceno no Ciclo de Superfícies de Tabuleiros e, por fim, depósitos de areia branca no Holoceno.

Os sedimentos não consolidados, mal selecionados, de cores variegadas, de textura média a fina além, de silte e argila, corroboram com a proposição de deposição marinha, visto que a superposição de camadas é determinada por movimentos epirogenéticos (Rosseti & Goes, 2008), e de subida e descida do nível do mar (Villas Boas et al., 2001).

Morais et al. (2006) e Breda et al. (2011) buscando compreender o paleoambiente deposicional no Estado do Rio de Janeiro, com base nas descrições granulométricas e mineralógicas, definiram a geometria das camadas em fácies de cascalhos, areias e lamosas, apresentando um ambiente fluvial de intensa ferruginização. Essas estruturas sedimentares podem ser interpretadas como depósito de detritos de fluxo de alta energia, arenitos maciços com características de processos pós-deposicionais, e camadas de argilas maciças com processos de decantação de finos, corridas de lama e depósitos de planície de inundação devido ao tectonismo no processo de formação do sistema de bacias sedimentares.

Villas Boas et al. (2001) apresentaram três processos deposicionais tendo como foco o Estado da Bahia: fluxo de detritos, fluxo de detritos pseudoplásticos, depósito subaquoso, sugerindo um ambiente semiárido com deposição em carga de leito e granulometria de cascalhos. Lima et al. (2006) também identificaram um ambiente de clima semiárido para o sul do Estado da Bahia, apresentando um paleoambiente com predomínio de canais entrelaçados e deposição de fluxo de detritos. Dominguez et al. (1990) apontaram evidência para os sedimentos ao longo da costa de Pernambuco de episódios de transgressões marinhas no quaternário, a partir de testemunhos de terraços marinhos acima do nível de preamar atual, areia com granulometria fina a grossa e sedimentos siltico-argilosos; depósitos lagunares com textura fina; recifes de coral e bancos de areia utilizando datações radiométricas.

Acerca ainda dos processos de deposição sedimentar, Santos Jr et al. (2012) classificam os sedimentos costeiros em duas categorias: consolidados e inconsolidados sendo que a primeira apresenta cimentação entre as partículas, enquanto os inconsolidados, não apresentando cimentação ou tendo cimentação fraca são vulneráveis à erosão.

Versando sobre a estratigrafia da Bacia Paraíba-Pernambuco, Barbosa et al. (2003) apresentam a litoestratigrafia da Formação Gramame que se encontra abaixo do Barreiras como sendo uma unidade carbonática marinha, incluindo afloramentos de arenito calcífero. Brito Neves et al. (2009) a consideram como sendo uma unidade regressiva ao Barreiras com fácies calcárias homogêneas. Barbosa et al. (2003 e 2007) definem que os estratos dos sedimentos do Barreiras apresentam fácies fluviais e leques aluviais, em um ambiente úmido de idade plio-pleistocênica na faixa costeira. Ochoa et al (2013) consideram difícil a tarefa de mapear e compreender os sedimentos da Bacia Paraíba, devido à falta de marcadores estratigráficos e intenso processo de intemperismo.

A lenticularidade de camadas dos sedimentos Barreiras e bruscas mudanças nos perfis (tanto verticais quanto laterais) interferem na litologia, o que torna mais difícil o mapeamento de perfis-guia e mais complexo o processo de definição de sequência de deposição da camada estratigráfica.

A geomorfologia sobre os sedimentos Barreiras é originada pelos processos neotectônicos com episódios de elevação e subsidência (King, 1956), formando relevo escarpado e baixadas litorâneas, provas de movimentos tectônicos ocorridos entre o Cretáceo Inferior e o Terciário Médio trabalhados pelos ciclos erosivos (Barbosa et al. 2003). Segundo Nunes et al. (2011), “a sedimentação na Formação Barreiras está relacionada a superfícies de aplainamentos, originadas pela separação do continente africano e sul-americano e sofrendo interferências das mudanças climáticas muito intensas no Cenozóico, por diferentes cíclicos de erosão e deposição”. Em artigo sobre a morfologia no Oeste africano, Vogt (1959) anuncia que os processos de pediplanação e deposição sedimentar são originados pelo ciclo erosivo. O mesmo que ocorre no Nordeste do Brasil, afirma King (1956), a partir de referências observadas e comparadas entre o Brasil e a África nos processos de aplainamentos do relevo mais antigo.

O ordenamento das estruturas geomorfológicas é baseado em uma classificação onde se separam os modelados agrupando os elementos da paisagem de maneira hierárquica. De acordo com o IBGE (2009), a taxonomia utilizada é definida por fatores causais tais como: estrutural, litológica, pedológica, climática e morfodinâmica (Fig. 2.2), sendo agrupadas em ordem de grandeza: Domínios morfoestruturais, Regiões Geomorfológicas, Unidades

Geomorfológicas, Modelados e Formas de Relevo.

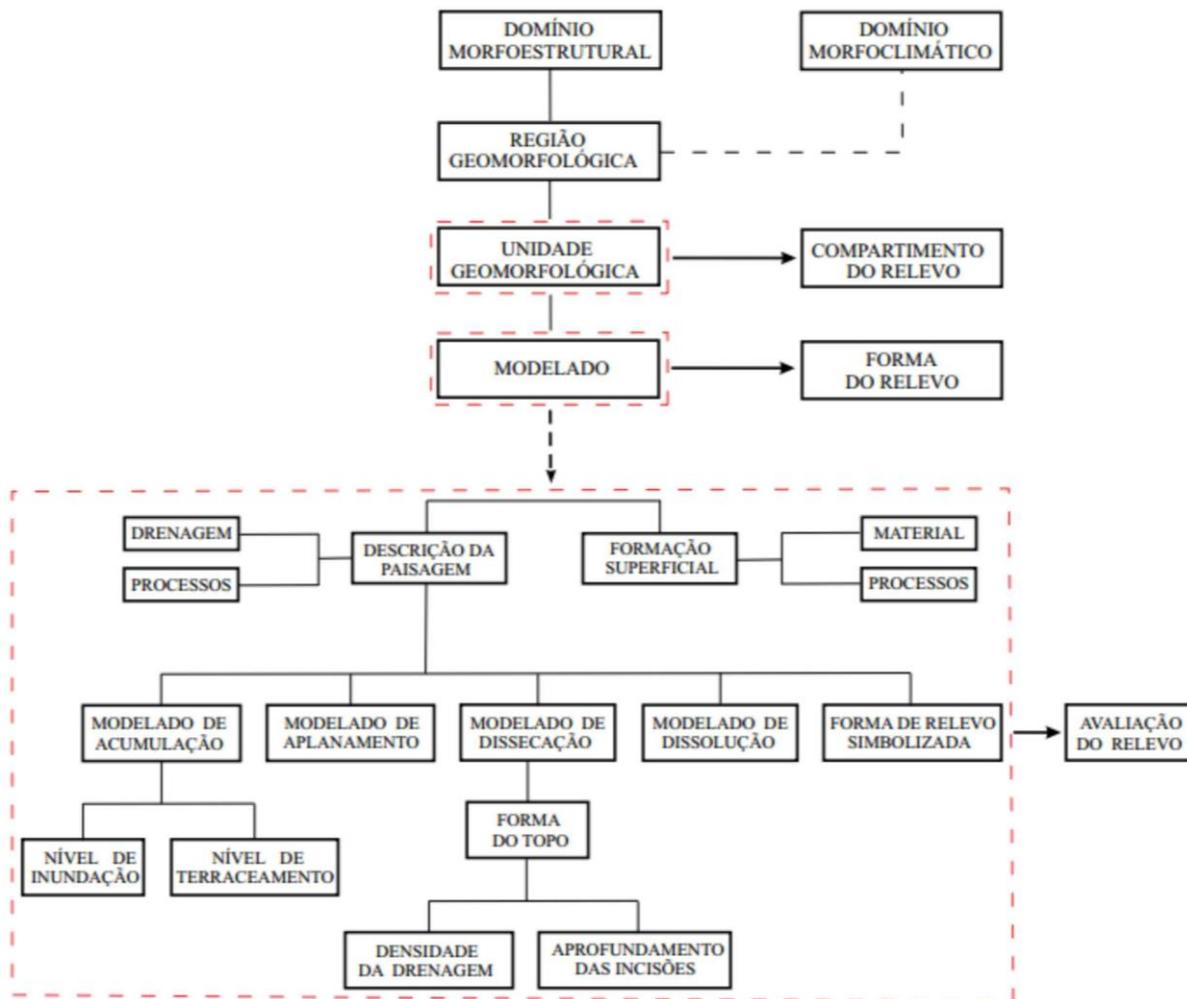


Figura 2.2 - Estrutura geomorfológica (IBGE, 2009)

À vista disso, Tricart (1976) propõe uma classificação taxonômica dividindo-a em oito ordens de grandeza dos fatos e fenômenos geomorfológicos, partindo do pressuposto temporo-espacial: a 1ª ordem abrange uma área e fenômenos de classificação geral em escala global; a 2ª ordem é dividida em unidades estruturais com diferenciação climática e aspectos tectônico-estruturais e definida por milhares de quilômetros quadrados; a 3ª ordem é definida pela divisão em unidades menores e homogêneas, estudada do ponto de vista estrutural e seus processos de erosão e sedimentação; a 4ª ordem corresponde a dezenas de quilômetros quadrados, estudada ainda sob a abordagem estrutural; a 5ª ordem abrange unidades que podem ser estudadas e mensuradas em quilômetros lineares, podendo já diferenciar modelado de relevo; a 6ª ordem abrange centenas de metros que definem essa grandeza, podendo delimitar as formas de relevo; a 7ª ordem é dividida em micro formas e, por fim, a 8ª ordem abrange a compreensão dos processos atuantes em escalas milimétrica e micrométrica.

Ross (1992) em seu estudo geomórfico define que as formas do relevo têm explicação

genética e são inter-relacionadas e interdependentes, e ainda destaca seis níveis para definição das escalas de grandeza: o 1º. Táxon é a unidade morfoestrutural; o 2º. Táxon é a unidade morfoescultural; o 3º. Táxon é dividido em unidades morfológicas; o 4º. Táxon é dividido em tipos e formas de relevo; o 5º. Táxon, em tipos de vertentes, o 6º. Táxon é dividido em formas de processos atuais.

De acordo com o Manual Técnico de Geomorfologia Brasileiro (IBGE, 2009), a faixa costeira brasileira tem uma morfologia de tabuleiros costeiros e planície litorânea. Segundo revela King (1956), os tabuleiros são recobertos por colúvios e latossolos, e são formados pelos processos de sedimentação mesozóico, a partir das atividades neotectônicas. Brito Neves et al. (2004) em artigo sobre movimentos tectônicos no Cenozóico discutem a formação superficial ocasionada pelos movimentos internos a partir do comportamento reológico sofrido pelo maciço, ou seja, a zona costeira em estudo origina-se das atividades de eventos distensionais. Os autores inferem que a linha de falhas com direção E-W e a zona de cisalhamento com direção NE-SW estabelecem o desenho tafrogênico da bacia sedimentar Paraíba-Pernambuco, o que ocasiona a rede de drenagem com orientação E-W.

O termo neotectonismo foi definido em 1948 por Obruchev citado em Saadi (1993) como sendo “movimentos da crosta terrestre que se instalaram durante os períodos do Terciário Superior (Mioceno e Plioceno) e Quaternário, assumindo um papel decisivo na formação da topografia contemporânea”. A neotectônica é um processo geológico que atua em uma área geográfica submetendo-a a tensões que geram deformações, Terciária e Quaternária. Esse conceito ocorre na Província da Borborema onde a Bacia Paraíba-Pernambuco está inserida (Marotta et al., 2015).

Sobre a formação de escarpas costeiras (falésias) no Barreiras, Dresch (1957) explica que são formadas pela flexura pré-cretáceo, caracterizando os sedimentos de cobertura provenientes das áreas de relevo mais antigo e sugerindo que os depósitos de sedimentos sejam originados pelo soerguimento continental. Martin et al. (1986) apresentam características geomorfológicas que definem um ambiente onde houve processos tectônicos no quaternário (neotectonismo). Na pesquisa de Martin et al. (1986) sobre a baía de Todos os Santos (BA), as características de áreas submersas, ilhas e estuários parecem ter sido formados pela ação de subsidência e falhas. Baseados também em características geomorfológicas e na distribuição de terraços marinhos quaternários, Suguio e Martin (1996), como também Saadi (1993) esclarecem que fatores de subsidência definiram a linha de costa, ou seja, níveis marinhos holocênicos.

Segundo Lima Filho et al. (2006), evidências de reativações tectônicas podem ser

observadas no Cenozóico ao longo do litoral brasileiro e nos processos de deposição nas bacias sedimentares, especificamente para a bacia sedimentar Paraíba-Pernambuco, definindo então duas bacias similares: a bacia Paraíba e bacia Pernambuco, divididas pelo Lineamento Pernambuco, considerando uma fase rifte e pós-rifte para a formação e deposição sedimentar nas duas bacias. Os autores ainda apresentam estudos atuais de episódios de epirogênese na Província Borborema, situada na borda das bacias Pernambuco e Paraíba, o que ocasionam estruturas definidas por dobras e falhas, e presença de sedimentos turbidíticos. O neotectonismo tem ainda por definição o movimento ou deformação no nível geodésico de referência (INQUA, 1978, citado por Saadi, 1993). O trabalho de Marotta et al. (2105), ao estabelecer pontos de controle geodésicos e sísmicos na Província Borborema, apresenta informações acerca da tensão gerada pelas falhas concluindo uma atividade sísmica que gera deformações na superfície em direção Nordeste (direção à linha de costa).

Rossetti et al. (2009) apresentam para o litoral Sul da Paraíba a morfologia em patamares, registrando soerguimentos que refletem no terreno as estruturas deformacionais. O artigo de Andrades Filho e Rossetti (2012) caracteriza a rede de drenagem na bacia Paraíba como sendo produto da tectônica e do clima. Concordando com Brito Neves et al. (2004), Andrades Filho e Rossetti (2012) identificam a direção dos lineamentos em E-W, caracterizando as bacias hidrográficas principais: tipo treliça, sub-dentrítico, incluindo anomalias de drenagem, definidas como “efeitos da neotectônica sobre a drenagem” (Manual Técnico de Geomorfologia, IBGE, 2009).

A hierarquia da drenagem é o arranjo do sistema de canais dos rios em uma ordem hierárquica tendo como principal atributo o número de afluentes. Segundo Christofolletti (1980), dois modelos são amplamente difundidos, o modelo de Horton (1945) e o modelo de Strahler (1952), ambos determinam a hierarquia a partir da ordenação do número de afluentes em um único curso principal; a diferença entre os dois modelos é que, para Horton o rio principal é o mesmo desde a nascente até a desembocadura, enquanto para Strahler os canais sem tributários são considerados de primeira ordem, o que implica afirmar que o canal principal será determinado quando seus tributários forem de ordem menor que os de primeira ordem e quando não houver mais tributários. Ambos os modelos determinam o número total de canais tributários diferenciando-se somente na classificação do canal principal, pois para Horton o canal de maior ordem é o principal e para Strahler a soma de todos os tributários é o canal principal.

A evolução do relevo pode ser compreendida a partir de duas classes: uma geológica e outra morfoclimática. A classe geológica é explicada a partir dos processos estruturais no

tempo geológico comandadas por forças endógenas; a classe morfoclimática é explicada por processos exógenos em tempo mais recentes (Paleógeno e Neógeno). Portanto, os processos morfoclimáticos caracterizam o relevo em superfícies de erosão e acumulação, ou como apresenta Casseti (2005), em superfícies de erosão, pediplanação, dissecação e sedimentação.

A concepção proposta por Tricart (1976) sobre taxonomia da paisagem é mais abrangente que a concepção proposta por Ross (1992), posto que, Tricart apresenta oito Ordens de Grandeza, variando a escala de tempo e espacial, do macro ao micro, enquanto que, para Ross são necessários seis ordens ou Táxons. No que se refere à compartimentação do relevo, Tricart e Ross estão de pleno acordo, pois ambos partem da existência de três conjuntos, denominados de áreas de erosão, pediplanação e sedimentação. A compartimentação do relevo como suporte ao planejamento deve levar em consideração a escala pretendida para avaliar os processos, o tempo e o espaço, como afirma Casseti (2005), a compartimentação do relevo deve ordenar os fatos geomorfológicos e assim subdividir o relevo em unidades e formas.

As unidades de relevos são conjuntos de formas de relevo homogêneas ou unidades geomorfológicas (IBGE, 2009). As unidades de tabuleiros costeiros e planícies costeiras, e o contato entre essas duas unidades se dão pela forma de relevo denominada de falésias costeiras.

Tabuleiro Costeiro é um compartimento geomorfológico inserido no terceiro nível taxonômico de Ross e 3^a. Ordem de Grandeza de Tricart, sendo esta uma área em escala regional. Maia e Bezerra (2014) definem tabuleiro costeiro como depósitos cenozóicos relacionados aos efeitos do condicionamento neotectônico de processos erosivos sendo representado por terraços escalonados.

A planície costeira é definida também pelo 3^o. táxon e 3^a. ordem. São áreas de deposição sedimentar com aporte originado do continente através dos rios e do mar a partir das correntes litorâneas, ou seja, são áreas resultantes de acumulação definindo-se em planície marinha e fluviomarinha. A unidade da planície costeira subdivide-se em planície marinha onde as formas de relevo associadas são: praia, restingas, cristas de praia, cordões de praia, linhas de acreção, falésia, paleofalésia e recifes. A planície fluviomarinha é resultante de processos de acumulação fluvial e marinha sujeita a inundações periódicas originando canais fluviais, manguezais, cordões arenosos e deltas.

De todas as formas, compreendidas na unidade da planície costeira, a ênfase maior recai na forma de falésias costeiras, que são definidas como formas abruptas que limitam o compartimento dos tabuleiros costeiros à praia (Fig. 2.3). As falésias costeiras são originadas

por eventos tectônico-estruturais (Maia & Bezerra, 2014) e processos erosivos marinhos de alta energia (IBGE, 2009).

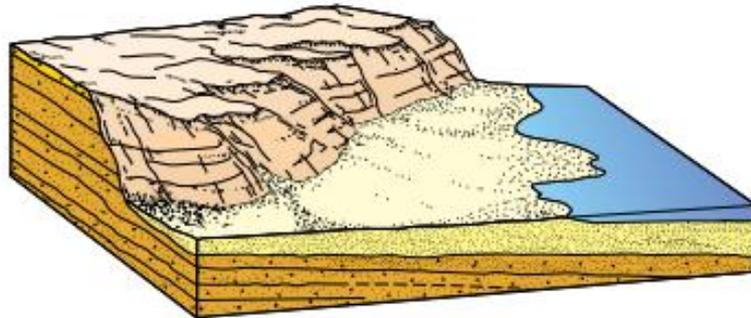


Figura 2.3 - Representação da forma de relevo tabuleiro e falésia (IBGE, 2009)

Os estudos para os sedimentos Barreiras abordam em sua maioria temas geológicos, geofísicos, estratigráficos, geomorfológicos ou pedológicos. Os estudos geotécnicos têm sido vinculados à análise de estabilidade de falésias costeiras e de estudos para fundações.

2.3 – SOLOS TROPICAIS NOS TABULEIROS COSTEIROS

Os solos tropicais são bastante intemperizados, movimentados por ação gravitacional e carregado pela rede de drenagem numa condição de pluviosidade e temperaturas altas. Apresentam ainda as características da topografia como unidade de formação do solo tropical devido aos processos mecânicos de transporte permitindo que áreas bem drenadas favoreçam o intemperismo e formação da caulinita (Townsead, 1985). Boulet et al (1998) estudando os tabuleiros costeiros em Alagoas definem essa camada (abaixo do horizonte O - orgânico) no Barreiras como sendo solos lateríticos e classificam como depósitos areno-argilosos com mineralogia constituída por quartzo, muscovita, caulinita. Estudos de Melo et al (2002) e Correa et al (2008) em pesquisas realizadas no Estado de Alagoas evidenciam a presença de metais pesados distribuídos nos sedimentos Barreiras, tais como: alumínio, rutilo, zircão, titânio.

A partir dos estudos de Mabeoone & Lobo (1980) acerca de paleossolos no Nordeste brasileiro, considera-se que os sedimentos do período Cenozóico, relacionados com depósitos não fossilíferos são formados por processos de ciclos erosivos a partir de climas áridos a semiáridos, e os solos são ricos em caulinita e óxidos de ferro.

Os solos lateríticos estão inseridos em um grupo caracterizado por camadas superiores mais bem drenadas com matizes vermelho e amarelo, evidenciando a presença do argilo-

mineral caulinita e elevada permeabilidade. Como afirmam Cozzolino & Nogami (1993), é comum reconhecer a divisão das camadas lateríticas para outras camadas pela presença de linha de seixo. Para estes autores, os solos lateríticos podem estar sobre camadas de sedimentos transportados. Os solos saprolíticos possuem constituição mineral derivada em parte dos processos de intemperização e parte da rocha matriz (Cozzolino & Nogami, 1993).

O arranjo da combinação das frações ou classes de partículas do solo é variado, considerando que o solo é o somatório da quantidade de areia, argila e silte, isso sem levar em consideração a matéria orgânica e as frações maiores que 2 mm, ou seja, em 100% da mostra de solo existe a classificação, que vai se dar na porcentagem da areia, argila e silte (Lemos & Santos, 1996). Para facilitar a compreensão da distribuição textural é utilizado um sistema de classificação a partir de um gráfico triangular (Fig. 2.4) onde estão distribuídas as frações em porcentagem nos vértices, e no interior do gráfico constam as classificações baseadas nas premissas da agronomia e pedologia.

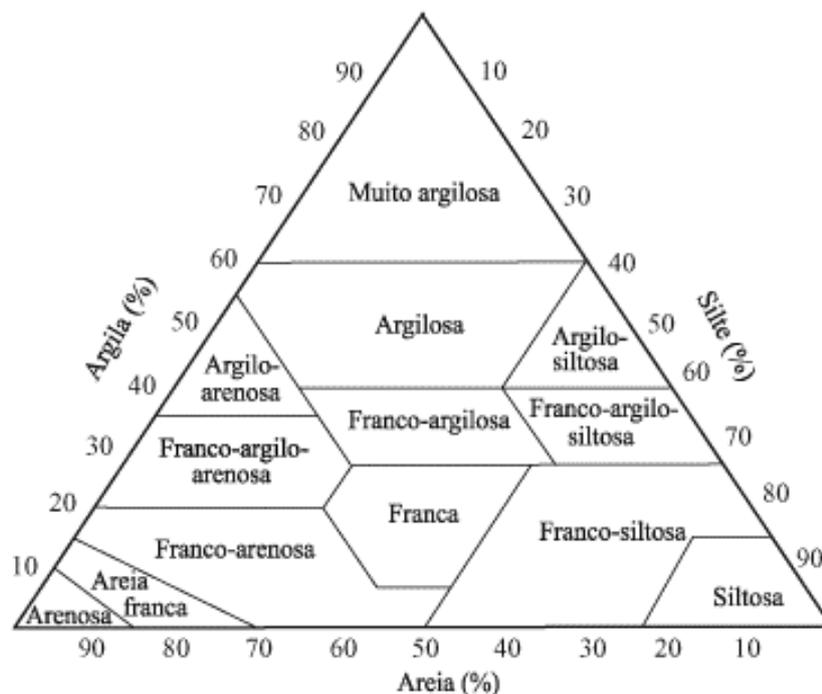


Figura 2.4 - Classificação triangular do solo (Lemos e Santos, 1996)

Delgado (2002) em sua dissertação de mestrado apresenta que as lateritas originam-se de um único processo, que é a relação entre intensidade e tempo no processo de intemperismo sendo preponderante uma constituição mineralógica da caulinita e óxidos hidratados de ferro e/ ou alumínio. Esta autora demonstra que devido à cimentação e agregação dos argilominerais é possível ter na fração mais grossa da granulometria frações de areia devido

aos torrões formados por essa agregação. No entanto, o solo presente no Barreiras apresenta camadas com características distintas.

Traçando um perfil de solo a partir da superfície tem-se a camada caracterizada pelo processo de laterização, com deposição pós-Barreiras, com matriz caulinitica, formando torrões quebradiços angulosos com micro porosidade perceptível. Na pesquisa sobre a fração areia e argila, a partir de análises mineralógicas por DRX e análise térmica, Melo et al. (2002) caracterizaram no município de Aracruz, estado do Espírito Santo, para a fração areia em quartzo e concreções ferruginosas com traços de turmalina, rútilo, zircão, biotita e muscovita; para a fração argila os minerais encontrados foram: a caulinita e óxidos de ferro, gibbsita, anatásio e mica. As camadas inferiores apresentam arenitos de ambientes fluviolagunares e camadas argilosas e carbonáticas de influência marinha (Barbosa et al 2003).

Estudos defendidos por Filizola et al. (2001), Giarola & Silva (2002) e Nunes et al. (2013), na área das estruturas pedogenéticas do solo nos tabuleiros costeiro, apresentam conceitos acerca das terminologias de solos coesos, duripãs e fragipãs. A gênese dessa camada tem origem iluvial, muito duros e firmes sem uma estrutura visível apresentando macro porosidade, com profundidade a partir de 0,30 m e podendo chegar a 30 m de profundidade. Segundo Giarola & Silva (2002), a ocorrência da camada coesa nos tabuleiros costeiros está relacionada aos antigos Latossos Amarelos. A localização da camada coesa pode ser encontrada desde o topo do tabuleiro até as vertentes com características mineralógicas, com a presença de caulinita e goethita conferindo a cor amarela típica desse solo, como também o alumínio, o quartzo e a muscovita, com predominância do Matiz 10YR (amarelo escuro).

Giarola & Silva (2002) observam que as características do solo coeso nos tabuleiros costeiros refletem sua origem a partir de depósitos sedimentares Terciários, de materiais argilosos, argiloarenosos e arenosos. Para Nunes et al. (2013), o estudo da origem das camadas coesas identificou litofácies nos sedimentos Barreiras que foram definidas em três classes: a dos conglomerados maciços sustentados por lama (Cmf); a dos arenitos lamosos conglomeráticos maciços (Alcm), e a dos arenitos lamosos maciços (Alm) e argilitos maciços (Agm).

Silva et al. (2007) ao estudar a coesão do solo nos tabuleiros costeiros afirmam que o processo de cimentação se dá pela influência dos óxidos de Fe, Si e Al, considerando-os como camada coesa aquela com presença de quartzo na fração areia e caulinita na fração argila. Os autores caracterizam ainda o perfil de solo como camada não coesa e camada coesa. A camada não coesa é superficial com porcentagens maiores de frações de areia grossa e média, estando na classe textural franco argilo-arenosa; a camada coesa é uma camada mais profunda (abaixo

de 0,30 m), com fração maior de areia média e argila, considerada no triângulo textural como argilo-arenosa. Santos Jr. et al. (2015) em estudos de caracterização dos sedimentos do Barreiras no estado do Rio Grande do Norte mostram que o processo de cimentação se dá pela concreção de partículas de quartzo cimentados por uma matriz ferruginosa.

2.4 – GEOTECNIA

Os estudos para os sedimentos Barreiras abordam em sua maioria temas geológicos, geofísicos, estratigráficos, geomorfológicos ou pedológicos. Um dos primeiros trabalhos de pesquisa relacionados à caracterização granulométrica dos solos, que referenciam a área de depósitos sedimentares do Barreiras, é de Oliveira (1968). Ele estudou os sedimentos da zona litorânea do Nordeste referente ao Barreiras, destacando a classificação: arenosos, argiloarenosos e argilosos.

Um dos maiores problemas relatados nos estudos geotécnicos nos sedimentos Barreiras está relacionado à instabilidade de vertentes. À vista disso, Gusmão Filho (1995) elaborou um estudo do ambiente físico das encostas no município de Recife – PE, apresentando uma problemática relacionada aos riscos geológicos. O autor considera o subsolo da cidade como complexo, devido em parte pela geomorfologia de planícies fluviomarina e morro, e afirma que no fim do Terciário (atual Neógeno), a área sofreu um "basculamento, sendo depositado os sedimentos referentes ao Barreiras, constituindo-se em sedimentos de granulometria variada, mistura de areias e argilas, com horizontes de seixos sub-horizontais, levemente direcionados para o mar na forma de tabuleiros elevados [...] constituídos por sedimentos não consolidados" (Gusmão Filho, 1995).

Em relatório técnico para a CPRM, no município de Jaboatão dos Guararapes (PE), Pfaltzgraff (1996) elabora um mapa de indicadores geotécnicos para localizar, caracterizar e minimizar os riscos geológicos de inundações e desmoronamentos, associando assim informações geológicas com indicadores geotécnicos utilizando a metodologia de cartas geotécnicas

Em relação às características do meio físico para um mapeamento geológico-geotécnico no Barreiras, no estado do Maranhão, Pereira & Zaine (2007) apresentam essa questão como processo geológico e geomorfológico, sem adentrar em discussões de caracterização e comportamento geotécnico. Nesse sentido, Costa et al (2008) elaboraram um mapeamento geológico-geotécnico para o município de Goytacazes - RJ que está inserido no Barreiras, gerando uma carta de unidades geológico-geotécnicas utilizando classificações

pedológicas e caracterizações geotécnicas baseadas na granulometria e nível do lençol freático, definindo as unidades de solo em solos areno-argilosos e argiloarenosos.

Silva et al. (2007) ao estudar instabilidade de uma encosta no município de Camaragibe – PE elabora uma caracterização geotécnica que vai além da classificação textural do solo, apresentando dados de permeabilidade, resistência e mineralógicos. A partir de sondagens, a autora caracterizou os sedimentos na área como areia argilosa amarela variegada pouco compactada.

Em ensaios de laboratório Galindo et al. (2012) caracterizaram uma área em Maceió – AL como sendo argilo-arenosa com traços de silte, originados de solos residuais e sedimentares. Em pesquisas nos sedimentos Barreiras no Rio Grande do Norte, as camadas sedimentares foram caracterizadas como intercalações de argilitos, siltitos, arenitos, com diferentes teores de silte e argila e arenitos conglomeráticos com presença de cimentação ferruginosa (Santos Junior. et al., 2015).

2.4.1 – CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA

O solo possui propriedades físicas, mecânicas e hidráulicas que são necessárias ao entendimento de seu comportamento, assim sendo, pode-se caracterizar um solo a partir de sua textura, plasticidade, umidade e permeabilidade. A caracterização geotécnica se dá pela quantificação da granulometria e limites de Atterberg. Essa caracterização é elemento importante no entendimento dos processos geotécnicos, tais como: erosão, estabilidade de taludes (falésia) e condutividade hidráulica (Gomes, 2001 e Martinez, 2003).

O trabalho de Santos Junior. et al. (2015) sumariza dados acerca da caracterização das propriedades geotécnicas nas falésias costeiras no Rio Grande do Norte, apresentando uma estrutura textural arenosa, com cimentação ferruginosa, uma camada laterítica no topo da falésia, e camadas inferiores arenosa, e camadas com diversos teores de silte e argila classificando como areia siltosa e areia argilosa. Ainda no litoral do Rio Grande do Norte, Severo (2005) identifica a presença de carbonato de cálcio como agente cimentante da face da falésia costeira, e caulinita e óxido de ferro para o solo do tabuleiro. O autor observa ainda uma descontinuidade na curva granulométrica e relaciona à forte cimentação. Outra característica do solo é a cimentação, que é a "consistência quebradiça e dura do material do solo, ocasionada por qualquer agente cimentante [...] tais como: carbonato de cálcio, sílica, óxido ou sais de ferro ou alumínio" (Manual de Pedologia, IBGE, 2007).

Martinez (2003) em estudo nos solos do Barreiras na cidade de João Pessoa (PB)

afirma que o processo se dá por cimentação por gibbsita, e que os sedimentos estudados sofreram um transporte retrabalhando os grãos de quartzo envolvendo-os em óxido de ferro.

Para os tabuleiros costeiros Boulet et al. (1998), Filizola et al. (2001), Giarola et al. (2001) apresentam dados de sílica amorfa como agente cimentante. Segundo Giarola e Silva (2002), os solos dos tabuleiros costeiros no Barreiras apresentam-se friáveis quando úmidos e coesos quando secos. Castro et al. (2003), em revisão de literatura sobre micromorfologia pedogenética sugere que são solos cimentados devido à agregação das partículas que estão associados a materiais arenosos produzidos por iluviação.

Um processo indutor na formação do solo é a permeabilidade hidráulica no perfil de solo. Segundo Filizola et al. (2001), os solos dos platôs dos tabuleiros costeiros evoluem para latossolos e argissolo por estarem fora da zona de influência direta do lençol freático, fazendo a migração vertical de superfície para profundidade de minerais e argilominerais e como consequência, menor escoamento superficial, o que diminui os processos erosivos.

Boulet et al. (1998) e Filizola et al. (2001) estudaram os índices de permeabilidade no solo dos tabuleiros costeiros com vistas a compreender como esse índice influencia na formação das camadas superficiais do solo. Neste estudo, os autores observaram que as camadas superficiais compostas pela fração arenosa são camadas mais permeáveis, sendo classificados como camada de alta coesão, Latossolo e Argissolo, Severo (2011) e Santos Junior. et.al. (2015), em estudos de permeabilidade, apresentaram valores entre 10^{-5} a 10^{-9} para os solos na Formação Barreiras.

Na mesma linha de estudos, Gomes (2001) aborda a permeabilidade em solos dos tabuleiros costeiros focando na erodibilidade do solo. Martinez (2003) em sua tese revela que o comportamento da camada laterítica está relacionado com índices de permeabilidade *in situ*.

Segundo Gomes (2001), o solo possui uma característica física, definida como a capacidade em resistir às tensões exercidas pelos movimentos de fluidos e cargas mecânicas, e pode ser calculado com a penetração de um cone com uma carga de massa conhecida em queda livre sobre uma haste de penetração. A resistência mecânica que o solo oferece em relação à penetração é um elemento importante para o conhecimento das suas propriedades, relacionadas ao planejamento de vias, edificações, erodibilidade e permeabilidade. Segundo Sá & Santos Junior. (2007), o índice de resistência do solo varia em função de atributos de densidade aparente e texturais. Silva & Carvalho (2007) definem que a resistência do solo é um atributo determinado pela coesão e friccional das suas partículas, de forma que o comportamento mecânico do solo nos tabuleiros costeiros é influenciado também pelos agentes cimentantes como óxidos de Fe, Si e Al (Giarola & Silva, 2002; Silva & Carvalho,

2007).

Giarola & Silva (2002) apresentam valores de resistência à penetração entre 3 e 9 MPa para horizontes coesos no tabuleiro costeiro; Roque et al. (2003) em estudos no Latossolo apresentam valores entre 0,10 e 2MPa para áreas com vegetação de florestas, e 3 a 4 MPa para áreas de uso agrícola nas camadas até 0,30 m de profundidade. Gomes (2001) e Soares (2011) em estudos de erodibilidade e parâmetros geotécnicos, obtiveram valores de resistência para sedimentos Barreiras até 40 MPa em perfis de sondagem SPT a 2,00 m de profundidade.

As propriedades do solo podem variar entre amostras relativamente próximas umas das outras, e a complexidade na formação dos solos influencia diretamente alguns atributos, tais como: cor, textura, mineralogia, dentre outros. A relação com o clima é também fator de influência na formação do solo; os de clima temperado diferem dos de clima tropical. Para caracterizar o solo é necessário que se faça uma série de ensaios laboratoriais que identifiquem as suas características.

Os ensaios realizados mais realizados para a classificação de solos são os do Sistema Unificado de Classificação, Classificação do T.R.B, antigo H.R.B e MCT (Miniatura, Compactado, Tropical).

Os solos tropicais possuem peculiaridades que influenciam no resultado final dos ensaios. Como afirmam Cozzolino & Nogami (1993), "agregação dos finos nos solos lateríticos: o uso de defloculante ou não uso de defloculante leva a resultados diferentes [...]; natureza físico-química da fração argila: em certas condições a porcentagem da argila laterítica pode significar comportamento diverso de outros solos sedimentares". A MCT foi criada no Brasil por Villibor & Nogami (1981); essa sistemática é específica para verificação dos solos tropicais e é realizada a partir de corpos de prova cilíndricos, de dimensões reduzidas com diâmetro e altura de 50 mm.

2.5 – MORFOPEDOLOGIA

A abordagem morfopedológica permite que se compreenda a paisagem a partir do sistema geologia, relevo e solo. Torna-se importante saber que essa abordagem deriva de concepções de mapeamento de solos, como apresentado por King (1970) em mapas de solo, utilizando parâmetros de topografia, solo e vegetação.

Um entendimento da paisagem a partir da relação entre compartimentação e formas de relevo é proposto por Ab' Saber (1969), no qual ele busca uma prospecção nas vertentes, terraços e planícies em diversas ordens de grandeza. Na proposta deste autor tem-se a

compreensão do meio físico a partir de três níveis: a) compartimentos da topografia regional e formas de relevo; b) sistematização da estrutura superficial da paisagem e seus processos cronológicos das feições antigas e recentes do relevo; e c) processos morfoclimáticos e pedogênicos. A concepção de Ab'Saber (1969) transcende as propostas de King (1970) pois, enquanto este vê a paisagem como classes separadas que se superpõem em função do mapeamento, Ab'Saber vê a paisagem como uma função dinâmica.

Corroborando as premissas de Ab'Saber, Tricart (1976) argumenta que a geomorfologia era estática e fornecia um quadro de fenômenos, limitando as descrições fisiográficas. No entanto, em sua crítica ele apresenta os níveis pedogenéticos e morfogenéticos, e sob a ótica dos processos dinâmicos traz uma concepção de classificação da paisagem em níveis de susceptibilidade concebendo o relevo e, por conseguinte, a paisagem como um ambiente mutável, dinâmico tanto em nível natural quanto pela ação humana.

A morfopedologia busca compreender o relevo não só a partir do critério hipsométrico, ou a partir de documentos temáticos isolados, nem tampouco com o uso de topossequências estáticas, mas sim com produtos cartográficos que trabalham o meio físico integrado em escala de detalhes definindo limiares onde a ordem de grandeza apresente detalhes de homogeneidade. Ou como definem Castro & Salomão (2000), é um produto da relação entre substrato, solo e relevo, levando em consideração o uso, cobertura e ocupação tanto histórica quanto atual da área em estudo.

A proposta morfopedológica possui uma metodologia baseada em níveis de compreensão do relevo em escala regional. Nessa ótica, Tricart (1976) apresenta a análise taxonômica das relações morfogênese-pedogênese para o relevo, onde os meios estáveis, em que o relevo é o produto da atmosfera-litosfera, mostram que as alterações são medidas em escala cronológica, com dissecação moderada e vertentes em lenta evolução. Os meios intermediários, ou seja, a relação permanente entre a morfogênese e a pedogênese se dá a partir de critérios quantitativos e qualitativos, onde a morfogênese afeta a superfície do solo, mas não os horizontes pedológicos, caracterizado por um horizonte A mal desenvolvido e não característico. Os meios instáveis são caracterizados por uma morfogênese forte e atuante, principalmente por movimentos de origem tectônica e climática.

Castro & Salomão (2000) em trabalhos sobre processos erosivos apresentam três níveis de detalhamento, sendo o primeiro nível um diagnóstico regional em escala 1:100.000, definindo características litológicas, relevo e pedológicas, cartas em nível de detalhamento 1:50.000, cruzando dados litológicos, morfológicos e solos buscando unidades homogêneas. O 2º nível é a elaboração em campo de eixos topográficos, ou seja, topossequências que

auxiliam no entendimento do *continuum* dos horizontes pedológicos, por fim, o 3º nível relaciona ensaios de condutividade hidráulica à topossequência.

Os critérios para a avaliação da paisagem, segundo indicam estudos morfopedológicos de Vanoverstraten & Trefois (1993); Castro & Salomão (2000); Lohmann & Santos (2005); Bétard & Bourgeon (2009) partem da inter-relação da descrição e avaliação do meio físico com dados altimétricos, elaboração de topossequência e uso de geotecnologias.

2.6 – USO E COBERTURA DO SOLO

O reconhecimento do meio físico e seu detalhamento se tornam importantes para compreensão e planejamento do espaço territorial. Sítios urbanos, históricos e arqueológicos, áreas agrícolas, áreas de preservação ambiental, obras de engenharia (pontes, barragens, instalações de antenas de telecomunicações etc.), preservação do solo e recursos hídricos apresentam-se como unidades em um sistema. O sistema pode ser representado como um modelo do comportamento espacial das inter-relações entre o meio-físico e o ambiente ocupado, presumindo um grau de ordem mensurável, assim a noção de modelo assume, segundo Chorley & Haggett (1974), uma síntese de dados onde são mostradas aproximações em grande parte subjetivas, do ponto de vista do pesquisador, e que não tem como incluir todas as observações e mensurações fundamentais à realidade do espaço.

A proposta de um sistema de classificação foi formulada no relatório técnico do IBGE (2006) com base no uso de imagens de satélites, de trabalhos de campo e de análise das formas de ocupação e das características do processo produtivo, tendo como referência, o programa CORINE (*Coordination of Information on Environment*). O programa CORINE foi elaborado pela Comissão Europeia no período de 1985 a 1990, fruto da necessidade de se ter uma base de informações ambientais de todo o território europeu e de áreas limítrofes, de forma homogênea e suscetível a atualizações periódicas.

Para os processos de classificação de uso e cobertura do solo é importante proceder com uma regionalização do espaço, estabelecendo limites (sejam físicos ou territoriais) e reunindo em grupos os objetos com semelhanças de propriedades ou de relações (Grigg, 1974). Outro aspecto importante na concepção dos processos de classificação de uso e cobertura do solo é o aspecto histórico, considerando que a evolução do espaço no tempo pode ser o tempo geológico (meio-físico) ou o tempo histórico (meio social econômico).

A elaboração da classificação de uso e cobertura do solo parte geralmente de um pressuposto teórico que visa hierarquizar com a intenção de mapeamento, ou seja, uma

nomenclatura de uso e cobertura, que precisa estar em consonância com a escala, fonte de dados e objetos semelhantes. O desenvolvimento de sistemas de classificação pode fornecer referências para a organização e hierarquização de informações que constam nos mapas de uso e de cobertura do solo, diretamente associada com os tipos de cobertura natural ou artificial. O certo é que não há um sistema único de classificação e uso do solo.

A classificação é um ordenamento lógico e arranjo de objetos em classes de semelhança ou homogeneidade. Anderson et al. (1976) foram os primeiros a propor o uso e cobertura do solo com dados de sensoriamento remoto, indicando que os sistemas permitem a identificação de categorias com uso de terminologias explícitas, a propagação das informações e das classes definidas e a realização de generalizações. O sistema foi desenvolvido para atender às necessidades de agências estaduais e federais americanas para atualização do uso da terra e de cobertura do solo com vistas a uma uniformidade de categorização aos níveis mais generalizados. Os autores procuram compatibilizar as diferentes categorias de uso com as categorias do objeto, de modo que pudessem ser definidas a partir das imagens orbitais. O sistema proposto incluía apenas o primeiro e segundo níveis que são generalizados. Depois passou a corresponder a um sistema aberto, permitindo a flexibilização para o desenvolvimento posterior de classificação no terceiro e no quarto níveis, a fim de atender a necessidades particulares

De acordo Anderson et al. (1976), o nível mínimo de precisão para identificar e interpretar as categorias de uso da terra e cobertura do solo, a partir de imagens de sensoriamento remoto, deverá ser de 75%, e a precisão para as diferentes categorias deverá ser aproximadamente as mesmas. Para eles, a classificação é um ordenamento lógico e um arranjo de objetos em classes de semelhança ou homogeneidade. Nessa ótica, os autores traçaram os critérios de classificação para elaboração de documentos cartográficos em uso e cobertura do solo, sendo: a) precisão mínima de 85% dos objetos na superfície da terra a partir de imagens de sensores remotos; b) todas as categorias devem ter a mesma acurácia na precisão; c) os dados devem ser interpretados da mesma forma por outros pesquisadores; d) a classificação deve ser aplicável a outras áreas de maior extensão; e) uso da vegetação e outros tipos de coberturas podem ser usados como substitutos de avaliação; f) uso de imagens obtidas em diferentes épocas; g) uso de subcategorias podem ser usadas a partir de levantamento de campo ou imagens com maior resolução; h) possibilidade de agregação de subcategorias; i) comparação futura com novos levantamentos de uso e cobertura; j) possibilidade de múltiplos usos da terra.

Anderson et al. (1976) esclarecem que legendas são geralmente confundidas com

classificação. Para os autores, Legendas podem ser consideradas como a aplicação de um sistema de classificação, um subconjunto de classes, contendo classes mistas, além de serem dependentes da fonte de dados, propriedades cartográficas e resolução espacial. Hierarquicamente estruturada, a Legenda oferece maior consistência, acomoda diferentes níveis de informações, começa com um nível amplo e permite subdivisões (subclasses) sistemáticas. Classes são mutuamente exclusivas em cada nível e o critério utilizado em um nível de classificação não deve ser repetido em outro (Fig. 2.5).

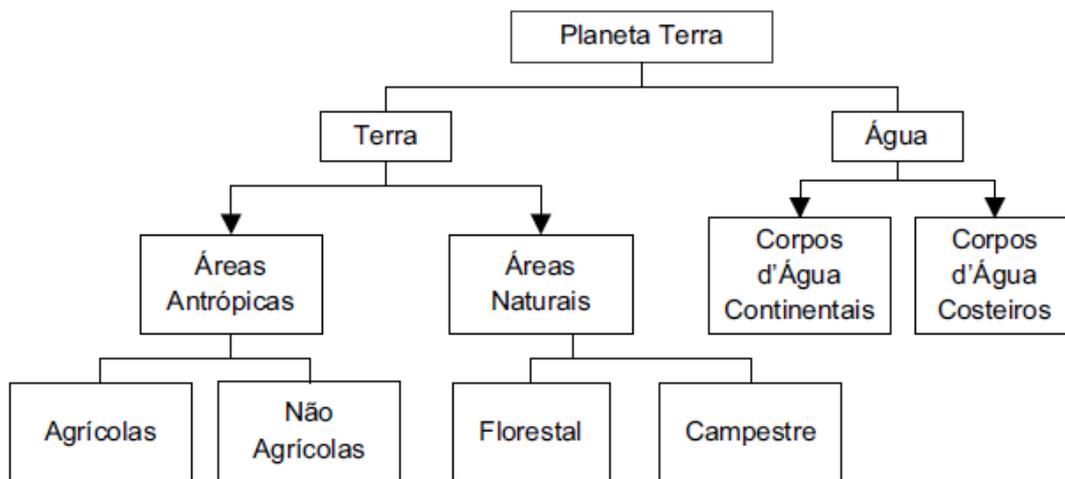


Figura 2.5 - Esquema teórico de construção de nomenclatura da cobertura terrestre (IBGE, 2009)

O sistema apresentado no esquema teórico permite uma divisão sucessiva em multiníveis, possibilitando elaboração em níveis de categorias e classes e subclasses, de maneira que é atribuída para o nível I, a classe (antrópica e natural), para o nível II, as subclasses (agrícola, não agrícola, florestal e campestre) e para o nível III, as unidades identificadas em levantamento de campo ou reconhecimento por imagem; o que vincula os três níveis é a classificação numérica que irá identificar os elementos distribuídos no sistema de classificação de uso e cobertura do solo.

O uso do solo e sua cobertura é um processo antrópico inerente ao desenvolvimento econômico e social do espaço em áreas urbanas ou em processos de urbanização. É visto como sendo uma organização espacial fragmentada, delimitada em áreas residenciais, industriais, lazer, produção agropecuária, circulação, extração mineral, preservação e áreas futuras para expansão.

Essa fragmentação do espaço gera uma densificação articulada em propriedades fundiárias, imobiliárias, industriais e grupos sociais excluídos (Correa, 2002). Panerai (2006) apresenta duas grandes categorias de expansão: modo de crescimento contínuo, onde as extensões são prolongamentos diretos das áreas já construídas; e modo de crescimento

descontínuo, onde a ocupação preserva áreas naturais e agrícolas. Esses modos de urbanização são observados por Andrade (1979) no processo de ocupação do espaço no Nordeste, principalmente na zona costeira em que o conflito da urbanização se dá com a expansão e retração de áreas de produção agrícola. Assim, a cartografia geotécnica contribui na análise do meio físico auxiliando no planejamento do espaço orientando o uso e cobertura do solo (Diniz, 2012).

3 – MATERIAIS E MÉTODOS: RECONHECIMENTO, OBTENÇÃO DE DADOS E INTERPRETAÇÃO CARTOGRÁFICA

A pesquisa foi dividida em três etapas, aplicadas a duas Unidades Geomorfológicas: planície costeira e tabuleiros costeiros. As etapas são: reconhecimento das áreas que foram analisadas; obtenção de dados; interpretação cartográfica.

3.1 – 1ª ETAPA: RECONHECIMENTO DAS FALÉSIAS E TABULEIROS COSTEIROS

Nessa primeira etapa, o reconhecimento das falésias teve início ao norte do município, próximo à foz do rio Gramame, rio que estabelece os limites entre João Pessoa e Conde. As áreas visitadas foram as praias: Gramame, Amor, Jacumã, Carapibus, Tabatinga, Coqueirinho, Arapuça, Tambaba e Bela. Ao todo a extensão do litoral visitado foi de 17 km (fig. 3.1), além do tabuleiro próximo à falésia.



Figura 3.1 - Litoral do município do Conde, à esquerda limite do município no rio Graú e à direita limite municipal no rio Gramame (GoogleEarth, Digitalglobe, 2016)

A etapa de reconhecimento foi orientada pela norma NBR 6497, além dos trabalhos de Braga (2005), Scudelari et al. (2007) acerca de inventário e elaboração de *checklist* (Fig. 3.2). Em relação à determinação de unidade litoestratigráfica Araújo et al. (2006), e Fambrini et al. (2011) definem, arquitetura deposicional e fácies sedimentares utilizando um formulário de estratigrafia

Amostras de solos foram coletadas para uma caracterização preliminar da granulometria. Os pontos de amostragem foram determinados de acordo com a mudança das camadas, como também por critérios baseados em ensaios tátil-visual. Com esse levantamento buscou-se uma visão genérica da face da falésia e dos processos erosivos.

Segue *Checklist* utilizado na pesquisa de campo elaborado por Braga:

Nome/Lugar: _____ Subtrecho: _____ Lua (fase): _____ Coordenadas: _____ Altura: _____ Data/Horário: _____ Maré: _____
CARACTERIZAÇÃO DO SUBTRECHO
Caracterização da Falésia:
Falésias vivas Falésias recuadas Vegetação e sua distribuição: () Topo; () Face; () Base. Uso da falésia: () Acesso à praia; () Mirante; () Área de preservação; () Outros: _____ Estruturas na Falésia: Uso da propriedade: () Moradia; () Veraneio; () Pousada; () Comércio; () Outros: _____ Qual a distância da estrutura até a borda da falésia? _____
IDENTIFICAÇÃO DOS PROCESSOS EROSIVOS NO SUBTRECHO
Escoamento superficial:
Existe uma planície que produz um escoamento descontrolado pela face da falésia? Existem sistemas de fraturas, nesta planície, que condicionam o escoamento superficial? Erosão Pluvial, Qual? (ravinas, voçorocas) _____ Contribuições na erosão superficial: () Drenos de casa; () Irrigação; () Outros. _____
Percolação da água subterrânea:
As maneiras que a água é infiltrada no topo da falésia: () Tanques sépticos; () Irrigação; () Drenos; () Piscinas; () Outros _____ Há superfícies úmidas na face da falésia? Há deslizamentos ativos ou históricos? Qualquer outro tipo de movimento de massa. Qual? _____
Ação da onda:
Na maré alta existe uma faixa de praia? Largura: _____ Linhas de arenito na faixa de praia. Tipo: _____ As ondas escovam o pé da falésia? Proteção no pé da falésia. Tipo: _____ Há alguma obra de controle da erosão? Tipo: _____ A obra causa mais erosão? Obs:

Figura 3.2 - Checklist de caracterização e identificação (Braga, 2005)

Os tabuleiros costeiros foram agrupados em duas áreas (Fig. 3.3), denominadas áreas de pesquisa I e II, visto que em cada área o processo de ocupação e de expansão é diferente, sendo assim, a área I engloba o município do Conde; a área II engloba: o Loteamento Village Jacumã; Jacumã, Carapibus, Tabatinga, Vilas de Carapibus; Coqueirinho; Tambaba e área rural de Tambaba.

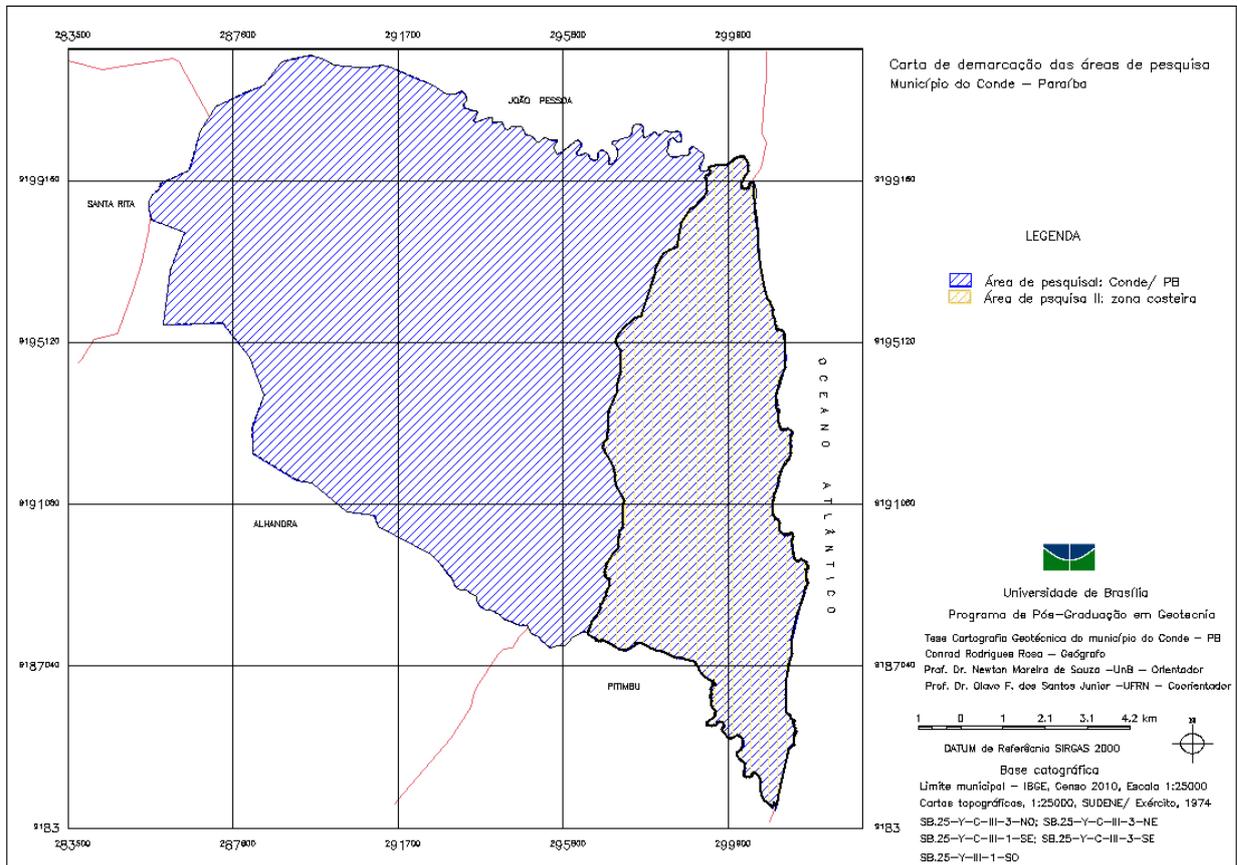


Figura 3.3 - Localização das áreas de pesquisa

Ainda na etapa de reconhecimento, os trabalhos de campo se deram a partir do uso de GPS para a obtenção das coordenadas dos pontos de interesse, delineamento de trilhas, caminhos e vias de acesso. Também foram aplicados formulários referentes às informações acerca do uso e cobertura do solo (Fig. 3.4). Considera-se, portanto, como reconhecimento do tabuleiro as informações primárias sobre o relevo, uso e cobertura do solo, vegetação, vias de acesso e tipologia de edificações.

Cartografia geotécnica do município do Conde - Paraíba Levantamento expedito de uso e cobertura do solo para área rural										
NÍVEL DE INFORMAÇÃO IV										
Projeto	Tese de doutoramento - Cartografia geotécnica do município do Conde - PB com ênfase em área costeira									
Pesquisador	Conrad Rosa	Responsável pela coleta								
N. do ponto										
Div. regional	(área urbana) (área rural) (bairro) (vila)									
Coordenadas UTM				Foto				Foto		
Caracterização morfológica	Vale encaixado									
	Vale abertos									
	Topo									
	Vertente									
	Nascente									
	Fundo de vale									
	Planície fluvial									
	Planície costeira									
	Desembocadura do rio no mar									
	Desembocadura de rio									
	Falésia									
	Praia									
	Área alagada (capim ou vegetação rasteira)									
	Área alagada (mangue)									
Caracterização antrópica EDIFICAÇÕES	Casa alvenaria									
	Casa taipa									
	Multipavimentos 2									
	Multipavimentos 3									
	Multipavimentos +4									
	Condomínio fechado									
	Acampamento SEM TERRA									
	Igreja									
	Igreja histórica									
	Casa histórica									
	Silo									
	Ponte									
	Ponte histórica									
	Ruínas									
	Indústria _____									
	Mineração _____									
	Cemitério									
	Lixão									
	Canais									
	Antena _____									
Vias de acesso pavimentada										
Vias de acesso não pavimentado										
Caracterização Biogeográfica	Mata atlântica									
	Vegetação de tabuleiro									
	Mangue									
	Gramíneas									
	Mangabeira									
Caracterização antrópica AGRICULTURA e PECUÁRIA	Feijão									
	Mandioca									
	Frutíferas									

	Hortaliças									
	Batata									
	Cana-de-açúcar									
	Côco									
	Bambu									
	Eucalipto									
	Bovino									
	Suíno									
	Aves									
	Caprino									
Piscicultura										
Carcinicultura										

Figura 3.4 - Formulário de uso e cobertura do solo

3.2 – 2ª ETAPA: OBTENÇÃO DE DADOS

Nas falésias foram coletadas ao todo 29 amostras deformadas, com martelo estratigráfico, alavanca e pá de acordo com pontos pré-definidos. Uma observação também utilizada para mudança de camadas foi a presença da mudança no ângulo da direção da camada; muitas vezes não era possível afirmar sua direção, visto que elas se encontram intemperizadas dificultando a interpretação.

Para essa caracterização as amostras foram coletadas a partir da diferença entre as camadas. Foram ainda efetuados ensaios tátil-visual, segundo a norma ASTM D2488, identificando a cor, estrutura, umidade e resistência ao esmagamento, buscando caracterizar *in loco* a granulometria em solos grossos e finos, umidade natural e coesão dos grãos. Essa primeira classificação foi importante para se determinar a coleta das amostras impondo um critério geotécnico para a obtenção de amostras.

Foi feita a avaliação visual com uso de lupa de aumento 20x, caracterizando-se os grãos como sendo em sua maioria de quartzo medidos com uso de paquímetro o eixo maior e a esfericidade, além da observação da cor. Outros grãos foram retidos e observados na peneira 16 tais como grãos agregados de silte e argila e concreções de ferro.

Os ensaios de limites foram executados em todas as amostras, no entanto, nem todas apresentaram liquidez e plasticidade. As amostras foram coletadas nas faces das falésias e face das erosões nas praias Bela, Tambaba, Arapuca, Coqueirinho, Tabatinga e Carapibus, sendo que nas praias Bela e Arapuca foram obtidas amostras na falésia e na erosão. Na praia de Coqueirinho as amostras foram extraídas somente da erosão, visto que essa morfologia tem uma dimensão maior que a face da falésia. Nas praias de Tabatinga e Carapibus as amostras coletadas pertencem à face da falésia, apresentando somente uma erosão costeira por ação marinha de solapamento na base da falésia.

O levantamento de campo nos tabuleiros costeiros ocorreu entre os meses de julho a outubro de 2016, utilizando a proposta de Karacsoniy & Remenyi (1970) citado em Zuquette & Gandolfi (2004), acerca da relação de escala de mapeamento geotécnico e investigação de campo, juntamente com a proposta de Borges et al (2015). Para as áreas de estudo foi definida a escala de 1:50.000 com sondagens distantes aproximadamente 400 metros formando uma malha de 70 pontos.

Foram executados 65 pontos de sondagem na área II. As sondagens foram feitas seguindo orientações da NBR 9603, com um trado cavadeira com hastes até 2 metros, porém se observou em campo que o trado por si só não era suficiente para executar a coleta de

amostras. Assim sendo, fez-se uso de um ferro-de-cova e um de cavador articulado manualmente (Fig. 3.5, 3.6 e 3.7).

Com o trado muitas vezes não se conseguia retirar o material da sondagem, ora por ser material arenoso, ora por não conseguir escavar devido à resistência do solo. O ferro de cova foi então utilizado para abrir o buraco de sondagem e o cavador articulado manual para retirar o material deformado. Eram obtidos cerca de 3 kg de material quando possível, sendo que em camadas mais resistentes, muito do que se obteve foi cerca de 0,5 kg de amostra, nesse caso o solo apresentava com concreções.



Figura 3.5 - Trado cavadeira



Figura 3.6- Ferro-de-cova



Figura 3.7 - Cavador articulado manual

Para a coleta de amostras foi estabelecido um perfil onde a superfície do solo estava na cota 0 m. A primeira coleta seria padronizada em 0,30 m de profundidade denominada amostra 1 (A1), e a segunda amostra seria de acordo com a mudança das características visuais e táctil-visual do solo denominada amostra 2 (A2). A profundidade da 2ª amostra foi variável, entre 0,60 m e 2,00 m de profundidade.

3.2.1 – ENSAIO DE GRANULOMETRIA

Com os ensaios de caracterização geotécnica foi possível analisar as amostras deformadas, coletadas com o objetivo de medir a granulometria, a densidade real dos grãos, os limites de Atterberg, a cor do solo, a forma dos grãos e a mineralogia.

A caracterização geotécnica se deu a partir do uso das normas apresentada na Tabela 3.1

Tabela 3.1 – Normas de caracterização de solos

ASTM D2488	Análise tátil visual
NBR – 6457	Preparação de amostras
NBR – 7181	Granulometria por peneiramento e sedimentação
NBR - 7180	Limites de plasticidade
NBR 6459	Limites de liquidez
NBR 6508	Massa específica dos grãos

Os ensaios de granulometria foram realizados com peneiramento do material seco ao ar, sendo o material fino peneirado após a sedimentação; a fase de sedimentação foi realizada com uso de defloculante hexametáfosfato de sódio e sem uso de defloculante.

3.2.2 – ENSAIO DE RESISTÊNCIA DO SOLO À PENETRAÇÃO

Os ensaios de resistência do solo foram executados *in situ* com uso do penetrômetro PANDA (Fig. 3.8), que consiste em um equipamento portátil e produz uma aquisição direta de dados em função de energia aplicada em uma cabeça de bater equipada com um sensor que, a partir da força aplicada é transferida para uma haste de metal com uma ponteira que em contato com o solo apresenta a resistência à penetração da ponteira. À medida que a ponteira penetra no solo a força gerada de resistência é calculada por um datalogger e a resistência à penetração é medida em campo (Sanhueza & Villavicenzio, 2010; Amorim, 2013). A resistência de ponta é expressa em MPa e representada por q_d .

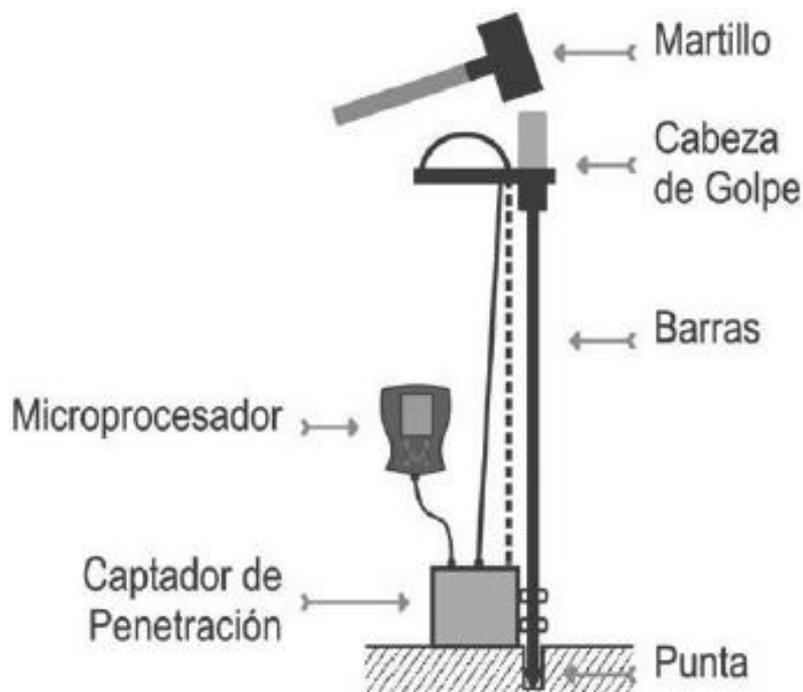


Figura 3.8 - Modelo do PANDA (Sanhueza & Villavicencio, 2010)

A Equação (3.1) representa o procedimento de cálculo:

$$Q_d = (0,5 * m * v^2) / \{(A * e) * [1+(P/m)]\} \quad (3.1)$$

Onde:

Q_d = resistência de ponta (MPa)

m = massa do martelo (kg)

v = velocidade de impacto (m/s)

A = área de penetração (m^2)

e = penetração de ponta (m)

P = profundidade (m)

Esta pesquisa utilizou uma ponta com 2 cm^2 , com profundidade máxima, obtida a partir da maior resistência em campo chegando em torno de 2 m de profundidade. As hastes são inseridas de acordo com a necessidade em campo e da camada ensaiada. Cada haste tem 1,00 m de comprimento. Os pontos selecionados para execução dos ensaios foram próximos as falésias, nas formas de relevo de topo, em áreas com a 1ª camada arenosa e áreas onde a 1ª camada era erodida (Fig. 3.9).



Figura 3.9 - Ensaio com o PANDA, tabuleiro costeiro
 Foto: Romano, M. (2015). Execução do ensaio do PANDA, maio de 2015

3.2.3 – ENSAIO DE INFILTRAÇÃO DA ÁGUA NO SOLO

Outro ensaio *in situ* efetuado nessa pesquisa foi o de infiltração da água no solo a partir do permeâmetro Guelph. Bastos (2004), Soto et al. (2009) e Ribeiro et al (2009) apresentam uma metodologia, tanto para a obtenção do atributo de infiltração de campo, quanto na formulação dos dados, tendo sido utilizado para os valores de infiltração a planilha eletrônica para cálculo direto do parâmetro K_s , pelo método do permeâmetro Guelph, disponibilizada pela Soilmoisture^R, que utiliza a equação proposta por Reynolds & Elrick, (1985) (equação 3.2):

$$k_s = \frac{C \cdot Q}{\left(2\pi \cdot H^2 + \pi \cdot a^2 \cdot C + \frac{2\pi \cdot H}{\alpha} \right)} \quad (3.2)$$

Onde:

K_s = condutividade hidráulica de campo (cm/s)

C = parâmetro do fator de forma H/a e tipo de solo

Q = vazão do regime permanente

H = altura da carga hidráulica utilizada (5 cm e 10 cm)

a = raio do furo no solo (cm)

α = é estimado de acordo com a classe textural do solo e macroporosidade do solo (Tab. 3.2)

Tabela 3.2 - Valores de α sugeridos por Elrick et al. 1989 (Soto, 2009)

α (cm ⁻¹)	TIPO DE SOLO
0,01	Argilas compactas (aterros, liners, sedimentos lacustres e marinhos)
0,04	Solos de textura fina, principalmente sem macroporos e fissuras
0,12	Argilas até areias finas com alta a moderada quantidade de macroporos e fissuras
0,36	Areia grossa inclui solos com macroporos e fissuras

A obtenção do parâmetro Q se dá pela Eq. 3.3:

$$Q = R \cdot A \quad (3.3)$$

Onde:

Q = vazão do regime permanente

R = razão da vazão constante durante o ensaio

A = área do reservatório do permeâmetro Guelph (36,19 cm²)

3.3 – 3ª ETAPA: INTERPRETAÇÃO CARTOGRÁFICA

A etapa de cartografia teve início a partir da estrutura lógica, em que se buscou estabelecer um modelo onde o problema do comportamento morfométrico e os objetivos de pesquisa (analisar o relevo e fatores geográficos) estivessem em consonância com a concepção formal ou processo lógico de categorias proposto por Varnes (1974). Assim, a cartografia geotécnica foi iniciada a partir da classificação e identificação de atributos, buscando uma espacialização.

Para realização dessa etapa foram adquiridos produtos de imagens como: fotografias aéreas em 1:30.000 de 1985; cartas topográficas em 1:25.000 – Folha Conde SB.25-Y-C-III-3-NO; Folha Jacumã SB.25-Y-C-III-3-NE; Folha N.S. da Penha SB.25-Y-C-III-1-SE; Folha Pitimbu SB.25-Y-C-III-3-SE; Folha SB.25-Y-C-III-1-SO todas de 1979 executadas pelo Exército Brasileiro e SUDENE.

Imagens orbitais LANDSAT 7 ETM de 4 de agosto de 2001 com órbita 214 e ponto 65; LANDSAT 8, de julho de 2016, com órbita 214 e ponto 65; além de curvas de nível vetorizadas com equidistância de 10 m e curvas de nível intermediárias com equidistância de 5 m obtidas nas cartas topográficas. No site do IBGE estão disponíveis as informações sobre limites municipais, rodovias, mapa geológico e malha digital na base SIRGAS 2000; as vias internas municipais foram obtidas no projeto OpenStreetMap. Os softwares utilizados na execução da cartografia foram CAD para vetorização das curvas de nível, GoogleEarth, QGis,

TerraView e SPRING.

A elaboração da cartografia se iniciou com o planejamento conceitual dos elementos espaciais contidos no âmbito da pesquisa: definição da área de estudo, terreno, vias de acesso, áreas urbanas, áreas de vegetação, áreas de preservação, além dos fenômenos que se pretendeu cartografar: geomorfologia, solos, hidrografia e erosões.

A cartografia geotécnica e os perfis topográficos foram executados utilizando-se o *software* SPRING (integrating remote sensing and GIS by object oriented data modelling) desenvolvido pelo INPE, que é um programa de gerenciamento de SIG (Sistema de Informação Geográfica), processamento de imagens, modelagem numérica de terreno, análise espacial e consulta em banco de dados. A estrutura de elaboração cartográfica no SPRING partiu de um projeto contendo os dados de projeção cartográfica: coordenadas planas UTM, fuso 25 hemisfério Sul, Longitude do meridiano central $033^{\circ}0'0''$ com Datum (sistema geodésico de referência) SIRGAS 2000, retângulo envolvente x1: 283500; x2: 304000; y1: 9183000; y2: 9203200 delimitando a área a ser cartografada.

O SPRING opera a partir de uma estrutura lógica, onde os dados são organizados em categorias. Os dados referentes ao modelo numérico de terreno (MNT) foram obtidos a partir da digitalização das curvas de nível das cartas topográficas, gerando um arquivo de amostras de valores de x, y e z, onde x e y são as coordenadas do ponto e z é a altimetria do ponto (com valores positivos para pontos acima do nível do mar e valores negativos abaixo do nível do mar), a digitalização é feita a partir das isolinhas e pontos cotados.

O modelo que abarca os produtos de sensoriamento remoto, ou demais imagens é a categoria Imagem, utilizando o formato TIFF com representação matricial. Nessa categoria foram inseridos o mosaico das cartas topográficas, as imagens LANDSAT 7 e LANDSAT 8 e as aerofotos. O modelo Cadastral permite a inserção de pontos e objetos. Os dados para essa categoria foram os pontos de sondagens de solo, uso e cobertura do solo, limite municipal, limite da área de pesquisa e limite da área de proteção ambiental. O modelo Temático pode conter planos de informação matricial ou vetorial, com pontos, linhas e polígonos. Nesse modelo foram gerados os planos de informação drenagem, curvatura, declividade, hipsometria, orientação de vertentes e linhas de quebra.

O modelo de dados MNT foi elaborado a partir da importação das curvas de nível e pontos cotados digitalizados no CAD para o SPRING, inseridos como entidade amostras (x, y e z), para melhoramento do modelo numérico de terreno pontos cotados foram inseridos a partir da edição vetorial no SPRING, e curvas de nível intermediárias foram também inseridas. A partir desse modelo os planos de informação contendo o modelo TIN e a grade

regular e foram gerados e passaram por posterior processo de filtragem utilizando o filtro linear passa-baixa com vizinhança de dimensão 5x5, que significa dizer que houve uma suavização das arestas da imagem em seus níveis de cinza, esse procedimento induz à imagem uma suavização nas bordas dos vetores (curvas de nível) possibilitando gerar uma visualização do terreno com menor diferenciação abrupta nos níveis de cinza.

Comparando-a com as curvas de nível, observou-se que nos pontos onde as curvas representam vales encaixados no modelo 2D de altimetria não estão bem representados no modelo gerado pelo TIN. Foram então acrescentadas linhas de quebra, que são linhas construídas na edição vetorial para auxiliar no melhoramento do modelo, ou seja, são linhas que representam informações de modelagem de descontinuidade no relevo. Essas linhas realçam os vales, bem como as redes de drenagem, salientando feições lineares.

A partir da geração do plano de informação contendo as amostras de altimetria com as linhas de quebra e TIN, com o tamanho do pixel $x = 20m$ e $y = 20m$, foi gerado o modelo de dados de processos hidrológicos responsável pela extração da rede de drenagem e canais fluviais. Utilizando-se para isso o interpolador quintico, que é um algoritmo e tem como função modelar a superfície de forma suave, ou seja, evitar transições abruptas entre as células vizinhas. Para melhor visualização esse plano de informação foi submetido a um remapeamento de cores onde se alterou a escala de cor para que as drenagens ficassem mais bem definidas. A rede de drenagem foi definida a partir da grade de fluxos acumulados (ACM). Para a obtenção da rede de drenagem no Conde - PB, efetuado o remapeamento de cores com valor mínimo igual a 5000 e máximo igual a 370823, extraíndo-se assim os principais canais de drenagem.

A carta de altitudes ou carta hipsométrica foi executada a partir do modelo numérico de terreno, gerado com TIN e grade regular com tamanho do pixel $x=10m$ e $y=10m$, utilizando-se filtro passa-baixa com 5x5 e 3 interações. A carta de declividade foi também gerada dos dados do MNT, se criando um modelo de dados chamado declividade e com valores em porcentagem. As classes de declividade foram geradas como modelo temático no SPRING utilizando-se a classificação proposta pela Embrapa, que define as classes de 0-3%, 3-8%, 8-20%, 20-45% e >45%.

Para a execução da carta de orientação de vertentes utiliza-se o MNT suavizado gerando fatiamento dos dados referentes à orientação geográfica em Norte, Nordeste, Noroeste, Sul, Sudeste, Sudoeste, Leste e Oeste.

Na carta sombreada utilizou-se o plano de informação de curvas de nível da categoria MNT. Ao invés de gerar uma nova categoria de MNT, foi gerada uma categoria imagem, onde

os parâmetros foram: resolução horizontal e vertical $x=10m$ e $y=10m$ para o tamanho do pixel, com 8 bits; na carta de imagem sombreada utiliza-se a direção da luz para representar as formas do relevo. Assim os parâmetros foram: azimute 180° cor: verde; azimute 270° , cor: azul; azimute 90° , cor: vermelho; todos com elevação de 15° e exagero de relevo de $24x$. A composição RGB foi utilizada para melhor visualização das áreas onde o sombreamento havia ficado com tons de cinza muito próximo ao preto, impossibilitando uma visualização mais acurada do relevo.

As cartas de curvatura plana e de perfil foram geradas com o uso do modelo numérico de terreno. Para gerar a curvatura plana e de perfil, foi utilizado um polinômio para o cálculo das derivadas direcionais, que equivale à taxa de variação da inclinação da superfície em relação ao raio de curvatura a partir do modelo proposto por Zevenbergen & Thorne (1987) (Eq. 3.2).

$$z = A \cdot x^2 \cdot y^2 + B \cdot x^2 \cdot y + C \cdot x \cdot y^2 + \frac{r \cdot x^2}{2} + s \cdot x \cdot y + \frac{t \cdot y^2}{2} + p \cdot x + q \cdot y + D \quad (3.2)$$

De acordo com Zevenbergen & Thorne (1987), os coeficientes são determinados a partir da matriz de vizinhança 3×3 , onde o espaçamento da malha regular é definido por Δx (igual a Δy) e os valores de Z são as elevações do terreno.

Utilizando-se o modelo de Zevenbergen & Thorne (1987), a Equação 3.3 apresenta o algoritmo escrito em LEGAL

```
//Calculo da curvatura de Perfil segundo método de Zevenbergen e Thorne.
{
  Numérico      alt("Curvas_Nivel_10m"),      cvPr("Curvatura_ZT"),cvPl("Curvatura_ZT"),
D("Curvatura_ZT"),      E("Curvatura_ZT"),      F("Curvatura_ZT"),      G("Curvatura_ZT"),
H("Curvatura_ZT");
  alt = Recuperar (Nome = "Topo_Amostras_TIN5x5_3it");
  cvPr = Novo (Nome= "Curvatura_Perfil", ResX=10, ResY=10, Escala=25000, Min=-10, Max=10);
  cvPl = Novo (Nome= "Curvatura_Plana", ResX=10, ResY=10, Escala=25000, Min=-10, Max=10);
  D = Novo (Nome="D", ResX=10, ResY=10, Escala=10000, Min=-10, Max=10);
  E = Novo (Nome="E", ResX=10, ResY=10, Escala=10000, Min=-10, Max=10);
  F = Novo (Nome="F", ResX=10, ResY=10, Escala=10000, Min=-10, Max=10);
```

```

G = Novo (Nome="G", ResX=10, ResY=10, Escala=10000, Min=-10, Max=10);
H = Novo (Nome="H", ResX=10, ResY=10, Escala=10000, Min=-10, Max=10);
Pixel=10;
//
//Cálculo das variáveis de apoio > D, E, F, G, H.

D = (((alt [-1,0] + alt [1,0])/2) - alt [0,0])/Pixel^2);
E = (((alt [0,1] + alt [0,-1])/2) - alt [0,0])/Pixel^2);
F = (alt [1,1] - alt [-1,1] + alt [-1,-1] - alt [1,-1])/(4*Pixel^2);
G = (alt [1,0] - alt [-1,0])/(2*Pixel);
H = (alt [0,1] - alt [0,-1])/(2*Pixel);
cvPr = (-2*(D*G*G+E*H*H+F*G*H))/(G*G+H*H);
cvPl = (-2*(D*H*H+E*G*G-F*G*H))/(G*G+H*H);
}

```

(3.3)

Para a execução da carta de uso e cobertura do solo procurou-se uma imagem com melhor resolução espacial utilizando nessa pesquisa as imagens Landsat 7 do Landsat 8 e as bandas utilizadas possuem a resolução espacial de 30 metros, o que impossibilita uma classificação mais acurada dos objetos contidos no espaço. Foi utilizado também imagens obtidas pelo Digitalglobe disponíveis no GoogleEarth com data de 2017.

O procedimento de elaboração da carta de uso e cobertura do solo no SPRING foi feito utilizando-se a classificação multiespectral da imagem a partir do treinamento, ou seja, o reconhecimento pelo *software* da assinatura multiespectral da imagem, esse processo se dá a partir de pontos obtidos na imagem que caracterizem as classes que serão mapeadas, ou classes temáticas. Ao final desse processo criou-se um plano de informação de categoria imagem [Imagem_Levant_Uso_Cobertura], para gerar a carta temática, o procedimento é criar um nova categoria temática [Carta_Levant_Uso_Cobertura], ou seja, um plano de informação que contenha as classes do tema de uso e cobertura [área antrópica: urbanizada, mineração, complexo industrial; área agrícola e silvicultura; área de vegetação natural: florestal e campestre; solo exposto e erosão na borda das falésias].

4 – CARACTERIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA ÁREA DE PESQUISA

Neste capítulo inicia-se a descrição da área investigada e as ações vividas em determinado momento da pesquisa. Após apresentação da descrição do município do Conde (PB), apresentam-se os aspectos fisiográficos e ainda a descrição geológica e morfológica da área em questão.

4.1 – DESCRIÇÃO DO MUNICÍPIO

A área de pesquisa está situada no município do Conde, Paraíba, Brasil com enfoque na área de ocupação litorânea (Fig. 4.1), localizada na mesorregião Mata Paraibana. O município foi criado em 1963, no entanto documentos históricos mostram que o local já era habitado desde 1668 ainda quando era freguesia, tornando-se distrito em 1768 (Neves & Neves, 2010) a área compreendida pelo litoral do Conde possuía rios e lagoas navegáveis, atualmente não se encontram cursos de água navegáveis no município.

Segundo relatório da CPRM (2005), no município do Conde (PB) é precária a rede de esgoto, sendo uma abrangência de mais de 90% o uso de fossa séptica, conta ainda com poços de abastecimento de água e uma reduzida rede de água, atualmente não há dados que apresentem mudanças na rede de esgoto, contudo a rede de água foi instalada no ano de 2016 tornando o abastecimento de água através de uma adutora.

Medeiros (2010) relata a presença de vestígios arqueológicos pré-históricos como cerâmica indígena e históricos como faiança europeia (século XVII) no tabuleiro costeiro, onde empreendimentos de engenharia, ao não observar tais vestígios acabam por destruí-los. Bezerra (2013) em estudo sobre o patrimônio cultural no município, cita a presença de povos tradicionais quilombolas na bacia hidrográfica do rio Gramame, estando localizados nas comunidades Mituaçu e Guruji, cita a presença de obras de engenharia históricas nas áreas rurais de Gramame e Engenho Velho, como ponte (início do século XX), igreja (início do século XX), residências (meados do século XX), ruínas (século XVIII), e ainda existe a igreja matriz fundada em 1768.

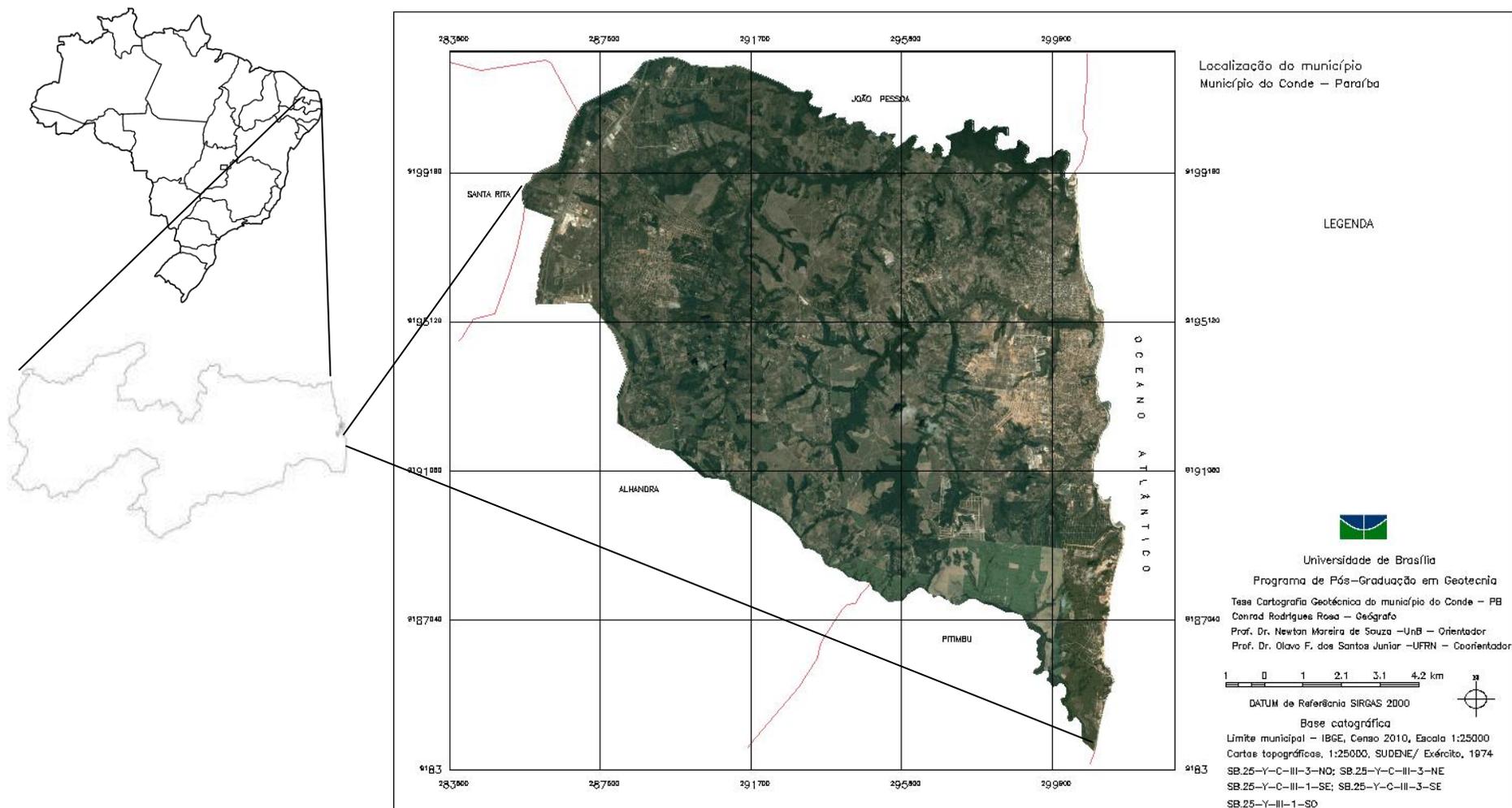


Figura 4.1 - Localização da área de estudo (GoogleEarth, LANDSAT 8)

4.2 – ASPECTOS FISIOGRAFICOS

Os aspectos fisiográficos do município são planícies costeiras (praia, e planície fluviomarinha), tabuleiros costeiros, escarpas (falésias), vales encaixados, rios perenes, clima tropical úmido, com temperaturas médias anuais entre 22° a 26°, umidade entre 50% a 90%, ventos alísios de nordeste e sudeste, e precipitação superior a 1500 mm, (Projeto Orla, MMA, 2008 e Becker et al, 2011), com um litoral semi-abrigado por enseadas e recifes. Ao Sul o rio Graú é o limite municipal com Pitimbu e Alhandra; o limite ao Norte e Noroeste é o rio Gramame limitando com João Pessoa e Santa Rita; a Leste o município limita-se com a faixa de praia.

A praia é caracterizada por sedimentos arenosos quaternários, com geometria em arco, formando enseadas e protegidas por recifes que estão localizados na porção submersa e porção subaérea, além de praias abertas, com forma retilínea sem proteção natural de recifes. A faixa de praia do município foi dividida em 9 praias sendo do Norte para o Sul: Barra de Gramame, Amor, Jacumã, Carapibus, Tabatinga, Coqueirinho, Arapuca, Tambaba e Bela.

A planície litorânea ou planície costeira são áreas formadas por sedimentos arenosos quaternários ou terciários, depositados ao longo da costa. Sua gênese está diretamente relacionada às variações de nível do mar, em períodos pretéritos, e em períodos mais recentes às desembocaduras dos rios e correntes de deriva litorânea.

A planície fluviomarinha é caracterizada por depósitos de acumulação fluvial e marinha, sujeita a inundação periódica, já que sofre a influência das oscilações do nível de maré, e também do fluxo do nível de água do rio, devido à baixa declividade do terreno no encontro da desembocadura do rio com o mar, subdivide-se em canais fluviais, manguezais, cordões litorâneos e deltas.

As falésias que acompanham as praias possuem altura que variam de 10m a 50m; o topo das falésias é um limiar para a unidade fisiográfica tabuleiros costeiros, se estendendo por todo o município (CPRM, 2005), com uma rede hidrográfica que trabalhou o relevo em vales estreitos com encostas abruptas e várzeas com exceção da praia de Jacumã, que se encontra em uma área de terraço marinho onde as falésias passam a ter altura entre 1 m e 5 m.

4.3 – DESCRIÇÃO GEOLÓGICA

A região costeira do Nordeste do Brasil é formada pelos sedimentos de idade miocênica, caracterizados por serem não consolidados com sucessão de deposições terrígenas

continentais e terrígenas marinhas (Arai, 2006; Barbosa et al., 2007; Nunes et al., 2011), além de sedimentos Quaternários (Fig. 4.2). De acordo com Nunes (2011), o Barreiras possui uma continuidade mergulhando de Oeste para Leste em forma de rampa detrítica e apresenta discordâncias erosivas. Contudo são discutidos sem um consenso as formas de deposição continental devido à grande variação faciológica, bem como a variação na estrutura de estratificação.

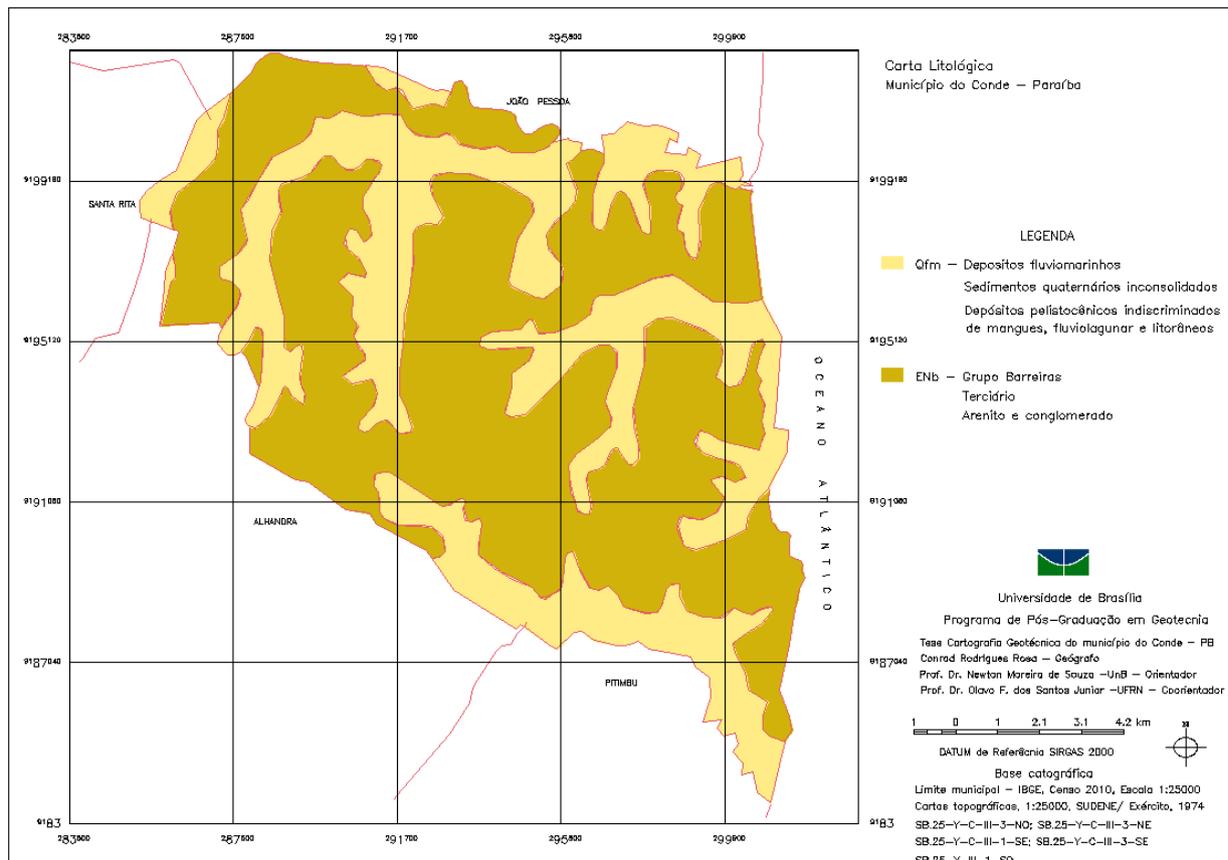


Figura 4.2 - Mapa geológico (GEOBANK, DNPM, 2010)

Para compreender os processos de movimento de massa nas falésias e tabuleiros costeiros é necessário entender o ambiente em que a área se insere. O litoral do município do Conde (PB) apresenta uma camada de deposição sedimentar componente do Barreiras, na bacia sedimentar Paraíba-Pernambuco (Fig. 4.3), delimitada pelas Zonas de Cisalhamento de Patos (norte) e Zona de Cisalhamento de Pernambuco (sul) e pelas falhas de Itabaiana (norte) e Goiana (sul). Discussões recentes apontam processos neotectônicos presentes no Barreiras, definido como processos tectônicos e de cisalhamento no período (geológico) atual, ou seja, processos ativos atuais (Obruchev & Slemmons citado por Bezerra, 2000).

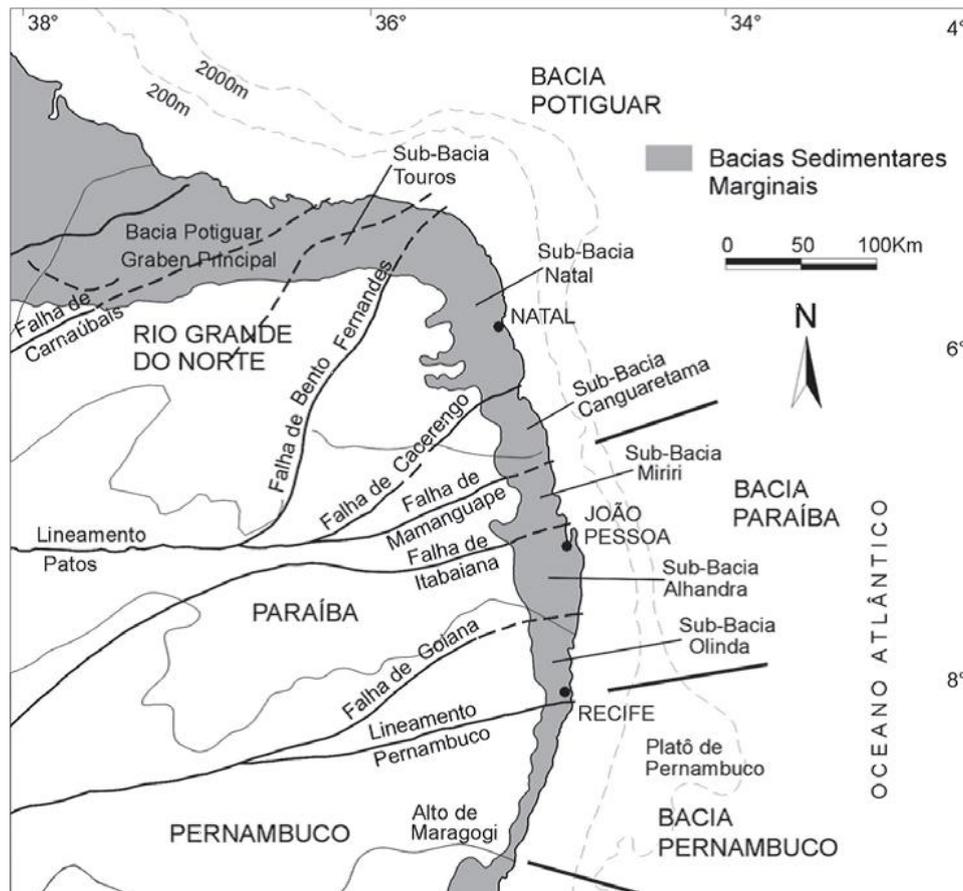


Figura 4.3 - Bacia sedimentar Paraíba-Pernambuco e zonas de cisalhamento (Barbosa et. al., 2003.)

Segundo Barbosa et al. (2003), as zonas de cisalhamento foram de grande importância na bacia costeira entre Recife e Natal, pois exerceram o preenchimento sedimentar. Afirmam ainda os autores que as diferenças na natureza dos depósitos se devem aos processos tectônicos e eventos de erosão. A bacia sedimentar Paraíba comporta uma sucessão sedimentar de arenitos continentais, fluviais e fluviolacustres, calcários, arenitos calcíferos e margas associados a eventos transgressivos vinculados à Formação Gramame que, segundo Brito Neves et al. (2009), tem testemunhos aflorados escassos com fácies calcárias homogêneas. Acima da Formação Gramame está a Formação Barreiras que ocorre em forma de tabuleiro na área mais próxima a sua borda dominada por depósitos de leques aluviais, canais fluviais entrelaçados e planície fluviolacustre (Barbosa et al., 2007).

4.4 DESCRIÇÃO GEOMORFOLÓGICA

O Manual Técnico de Geomorfologia (IBGE, 2009) define os tabuleiros costeiros como sendo uma unidade geomorfológica e as falésias como formas do relevo. O tabuleiro, a praia, falésia, planície costeira e planície fluviomarinha são indicadas na Fig. 4.4.



Figura 4.4 – Unidades e forma do relevo costeiro
Data: 16/02/2009

Conforme apontam Andrade Filho & Rossetti (2012), a geomorfologia no tabuleiro costeiro ao Sul do rio Gramame está relacionada às falhas e fraturas que deformaram a cobertura sedimentar, ou seja, é um relevo controlado por tectônica e clima, predominando uma drenagem em treliça e subdentrítica. A área do município do Conde - PB está inserida na margem direita da bacia hidrográfica do rio Gramame, rio Guruji, rio Bucatu e margem esquerda do rio Graú. É constituída por um padrão de drenagem pouco desenvolvido e com baixa densidade e deságuam diretamente no mar.

O Barreiras, situado no litoral brasileiro, abrange uma área territorial espacializada entre as regiões Nordeste e Sudeste. Por estar em uma região costeira, os solos do Barreiras sempre foram utilizados para fins de ocupação. De acordo com Nunes et al (2011), os sedimentos do Barreiras são pobres em termos de minerais econômicos, de maneira que o uso do solo esteve historicamente vinculado à agropecuária e estabelecimento de sítios urbanos.

A pesquisa de Etchevarne (2000) mostra um processo de ocupação e uso do solo por grupos pré-históricos nos tabuleiros costeiros do Nordeste, principalmente pelo uso de argila como um bem mineral. Com a chegada dos portugueses o solo se torna um bem de produção agropecuária. Medeiros (2010) apresenta vestígios arqueológicos localizados no Barreiras presentes na área de tabuleiro no município do Conde - PB, sendo desde vestígios cerâmicos, misturados com conchas de moluscos, cerâmica portuguesa, até remanescentes de povos

quilombolas.

Devido ser afossilíferos os sedimentos do Barreiras, a caracterização paleoambiental fica a cargo dos processos neotectônicos e geomorfológicos para compreender as formas atuais do relevo. As falésias no Conde - PB são registros naturais de mudanças climáticas, vales soterrados por sedimentos mais novos (quaternário) formando assim um geoparque costeiro. Os tabuleiros por sua vez, apresentam perfis de alteração com camadas mais superficiais de sedimentos laterizados, sendo essa camada afetada diretamente pelas obras de engenharia, ou seja, construção de edificações unifamiliares, bem como de edifícios multipavimentos.

5 – ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS: CARACTERIZANDO O RELEVO NO MUNICÍPIO DO CONDE (PB)

Essa etapa visa analisar os dados coletados e organizá-los de modo que se possa ter uma informação objetiva que permita caracterizar e assim compreender o meio físico e as formas de uso e cobertura do solo.

5.1 – FALÉSIAS COSTEIRAS

Em levantamentos executados por Brito Neves et al (2009) no município do Conde – PB, o maciço sedimentar foi classificado pelos pesquisadores em três grupos: Sedimentos de Praia, Sedimentos Pós-Barreiras, Formação Barreiras.

Ochoa et al (2013) apresentam os sedimentos Barreiras como sendo depósitos siliclásticos aflorantes, assim o entendimento dos preenchimentos sedimentares na Bacia Paraíba, pela ausência de marcadores estratigráficos e a intensa intemperização como um maciço torna-se complexo, dificultando a descrição e o mapeamento.

Os perfis estratigráficos nas falésias apresentam litotipos intensamente intemperizados e/ou sobrepostos por material movimentado das camadas superiores. Essa arquitetura deposicional pode ser vista por quase toda a extensão das falésias, apresentando camadas ou superposição das camadas de base em frações de silte e argila, com coloração cinza ou branca não friável.

As camadas na face da falésia estão dispostas em sua maioria, por uma base mais consolidada, formada por argilas e silte, na cor branca, com espessura que varia de centímetros até 2m, o meio da falésia é formado por camadas de areias finas de coloração rosa e/ou amarelas, bem como uma camada mais espessa de cor branca e frações de areias finas e médias; uma camada fina (centímetros) superior com linhas de seixos arredondados de cor alaranjada ou creme, intercalados em uma camada avermelhada com areias finas a médias (Fig. 5.1); a camada próxima ao topo da falésia é formada por material friável com frações de areia média a grossa e, por fim, uma camada superior, já no topo da falésia é constituída de solo laterítico classificado como sedimento pós-barreiras.



Figura 5.1 - Linhas de seixos, praia de Tabatinga e cores variegadas

Os afloramentos selecionados para este estudo apresentaram litotipos intensamente intemperizados, o que dificultou a realização de uma análise faciológica, tornando os modelos dedutivos de interpretação estratigráfica incompletos. No entanto, a arquitetura deposicional para a Formação Barreiras é caracterizada por intercalações de camadas continentais e marinhas. Segundo esclarecem Barbosa et al (2003) e Rossetti et al. (2012), as fácies para a Bacia Paraíba são fluviais e de leques fluviais, representando um domínio úmido sobre o litoral. Para Nunes et al (2011), as fácies no Barreiras são descritas como conglomerados maciços, com características de lama, clastos, arenitos lamosos, estratificação cruzada e argilitos.

As características encontradas na área revelam conglomerados maciços, sustentados por lama (Cmf), com matriz areno-lamosa de natureza quartzosa, conglomerado maciço sustentado por clastos (Cmc), com uma matriz arenosa, arenitos lamosos conglomeráticos maciços (Alcm), constituídos basicamente de areia quartzosa média e fina, e arenito lamoso maciço (Alm), constituído por quartzo e óxidos de ferro (Fig. 5.2, 5.3, 5.4 e 5.5).



Figura 5.2 - Conglomerado Maciços Sustentado por Lama (Cmf), Praia de Arapuca



Figura 5.3 - Conglomerado Maciço Sustentado por Clastos (Cmc), Praia de Coqueirinho.



Figura 5.4 - Arenitos Lamosos Conglomeráticos Maciços (Alcm), Praia de Tambaba



Figura 5.5 - Arenito Lamoso Maciço (Alm), Praia de Carapibus

5.1.1 – CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA

Os atributos geotécnicos do maciço, na extensão da falésia no litoral do Conde (PB), foram classificados a partir dos ensaios de laboratório como sendo areias siltosas (SM) e areias argilo siltosas (SC-SM). O uso do defloculante apresentou variação na granulometria da fração fina, atribuindo-se a isso a desagregação dos clastos, ou seja, agregados de argila. Ocorre ainda a presença de camadas conglomeráticas, clastos de argila e linha de seixos. As cores mosqueadas sugerem presença de ferro, alumínio e magnésio (Melo et al, 2002). Os principais matizes foram *gley* para a base da falésia, as camadas intermediárias 7.5 R (tons de vermelho), 2.5 YR (tons de amarelo), e a camada superior com matiz 10YR (amarelo) apresentando concreções.

As 30 amostras obtidas em campo apresentam como características principais frações de areia média e fina, com aglutinação da fração silte e argila. A classificação SUCS das amostras são apresentadas na Tabela 5.1:

Tabela 5.1 – Classificação SUCS para as amostras da falésia

Número de amostras	Classificação SUCS	
12	SM	areia siltosa
7	SW-SM	areia bem graduada com silte
4	SP-SM	areia mal graduada com silte
4	SP-SM	areia argilo siltosa
1	SC	areia argilosa
1	CL-ML	argila siltosa com areia
1	ML	silte com areia

Na Tabela 5.2 apresenta-se a classificação triangular do solo para as 30 amostras coletadas na falésia (Fig. 5.6).

Tabela 5.2 – Classificação triangular do solo

Número de amostras	Classificação triangular do solo (textura)
10	franco arenosa
8	areia franca
8	arenosa
2	franco siltosa
2	franco argilo-arenosa

Comparando as duas classificações pode ser observado que ambas apresentam amostras com matriz arenosa, a classificação triangular classifica como sendo franco devido a existência de frações silte a argila; para os solos classificados como arenoso há uma porcentagem de fração de areia média e/ ou grossa; os solos franco siltoso e franco arenoso é porque possuem frações de silte e areia fina.

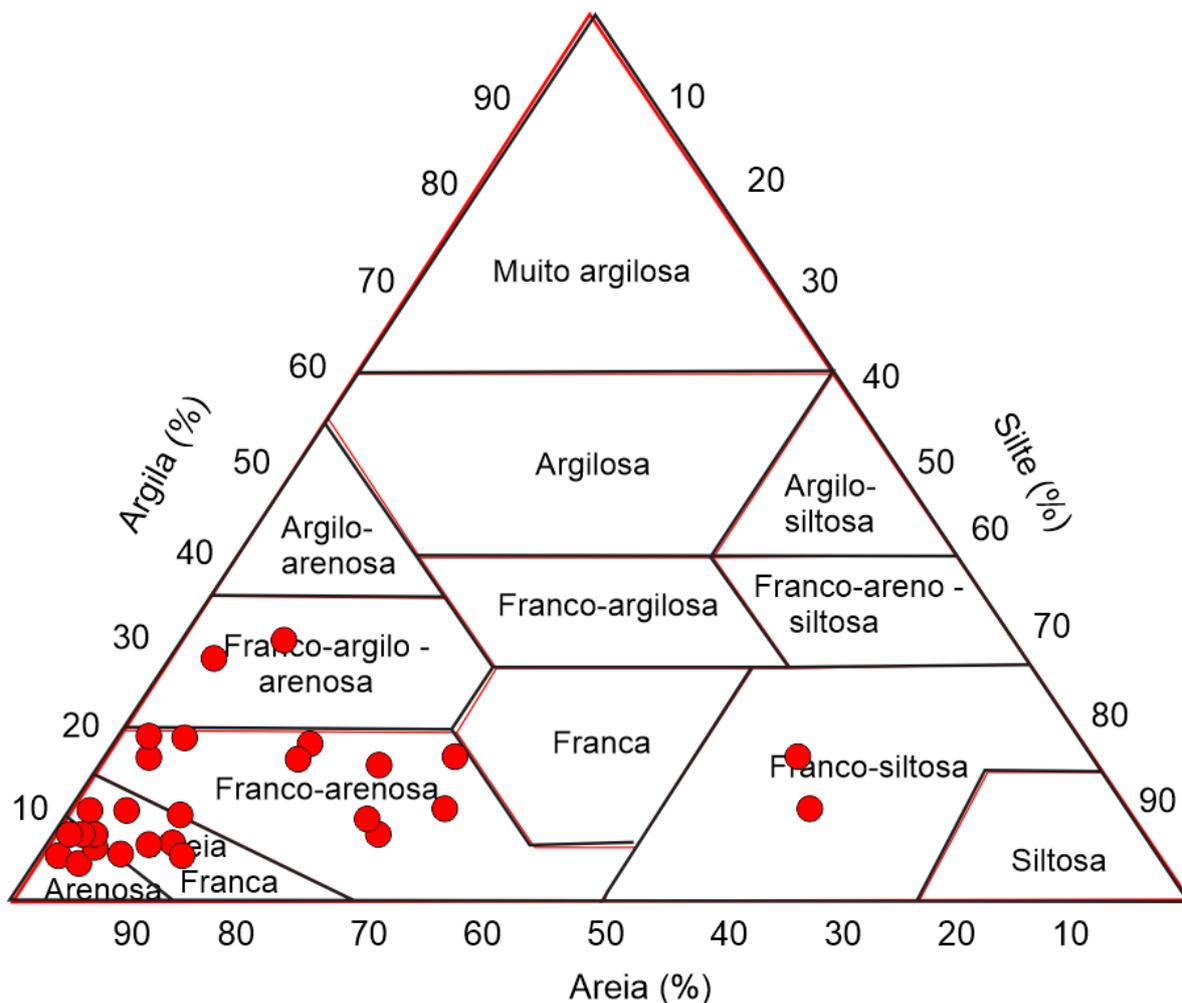


Figura 5.6 - Classificação triangular do solo

Pela dimensão da área (17 km) de falésias, com camadas nem sempre de fácil diferenciação, os critérios propostos pelos ensaios da ASTM D2488 *Standard Practice for Description and Identification of Soils (Visual-Manual Procedure)* foram de importância singular para que se determinassem os pontos de amostragem.

Praia Bela

A praia Bela, limite Sul do município do Conde, tem 1.000 m de extensão de falésia morta, ou seja, sem contato com o mar. As características do perfil praias são aproximadamente 80 m entre o baixa mar e a berma. O pós-praia é de 25 m da berma até o 1º talude, caracterizando um primeiro terraço; o 2º terraço com 30 m até a base da falésia (Fig. 5.7), e a falésia com aproximadamente 35 m de altura (Fig. 5.8).



Figura 5.7 - Croquis do perfil de praia, praia Bela

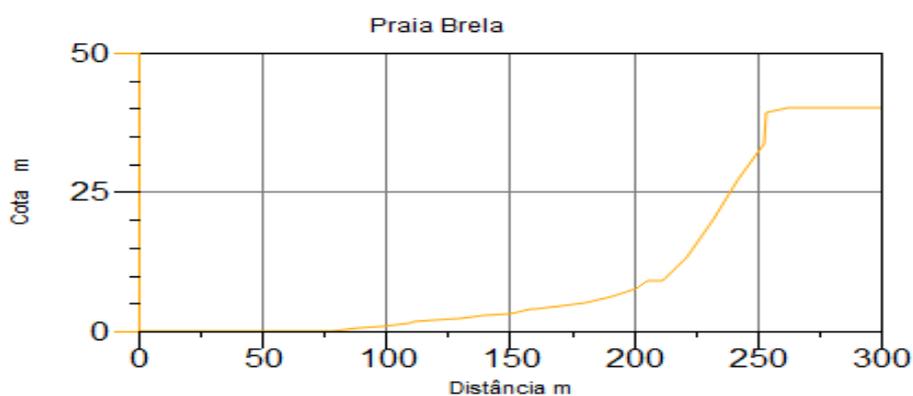


Figura 5.8 - Perfil topográfico da seção Amostra 1, praia Bela

Os pontos de coleta e o resumo da granulometria das amostras 1, 1.1, 2 e 3 da falésia da praia Bela estão descritas na Figura 5.9 e Tabela 5.3. Os resultados apresentados para a fração fina foram obtidos com ensaio de sedimentação com defloculante.

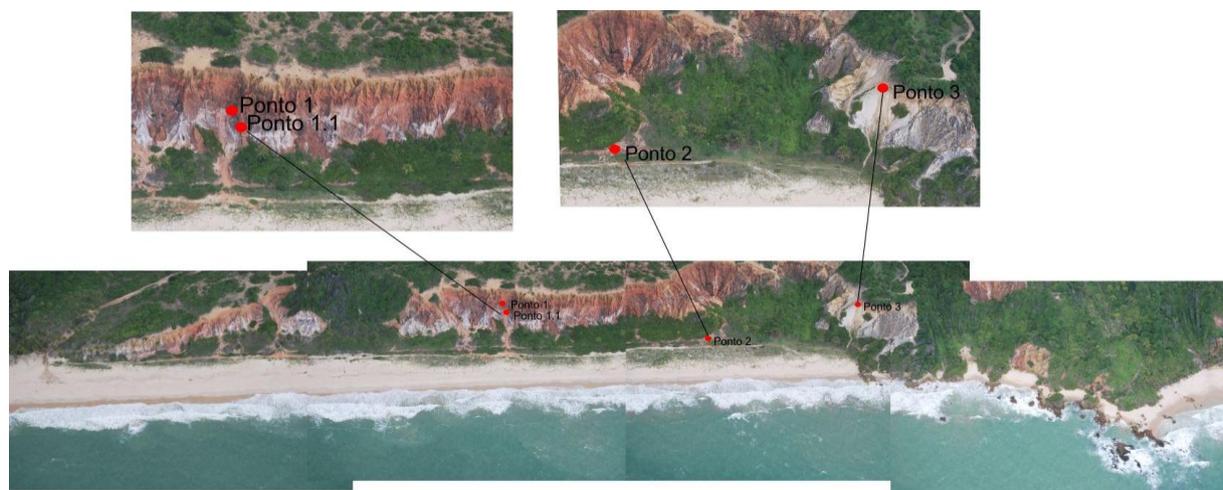


Figura 5.9 - Pontos de coleta de amostras na praia Bela
Data:16/02/2009

Tabela 5.3 - Resumo da granulometria para as amostras da falésia da praia Bela, de acordo com a classificação SUCS

	Ponto 1	Ponto 1.1	Ponto 2	Ponto 3
COORD. UTM	25M 301215/ 9184535	25M 301215/ 9184535	25M 301315/ 9184725	25M 301340/ 9184859
Altura (m)	13	10	2	27
w (%)	0,32	0,25	0,25	0,10
G _s	2,75	2,75	2,76	2,73
Material (mm)	Fração retida (%)	Fração retida (%)	Fração retida (%)	Fração retida (%)
4,75 < Pedregulho < 75	3	0	4	0
2,0 < Areia grossa < 4,75	2	0	9	1
0,42 < Areia média < 2,0	40	20	50	39
0,075 < Areia fina < 0,42	21	60	30	52
0,005 < Silte < 0,075	17	4	2	4
Argila < 0,005	17	16	5	4
Limite de liquidez (w _L)	27	25	NP	NP
Limite de plasticidade (w _P)	19	18	NP	NP
Índice de plasticidade	8	7	NP	NP
D ₁₀			0,15	0,12
D ₃₀	0,07	0,15	0,35	0,25
D ₆₀	0,4	0,3	0,65	0,45
C _c			1	1
C _u			4	5
Classificação SUCS	SC	SC-SM	SP-SM	SP-SM

As curvas granulométricas (Fig. 5.10, 5.11, 5.12 e 5.13) foram executadas com e sem uso de defloculante com agitação mecânica (NBR 7181).

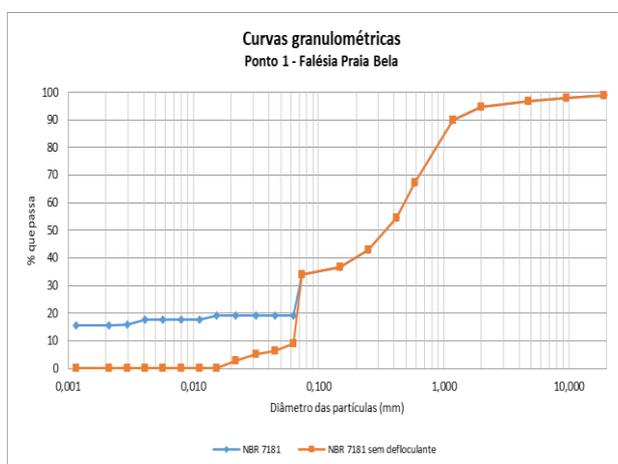


Figura 5.10 - Curvas granulométricas ponto 1

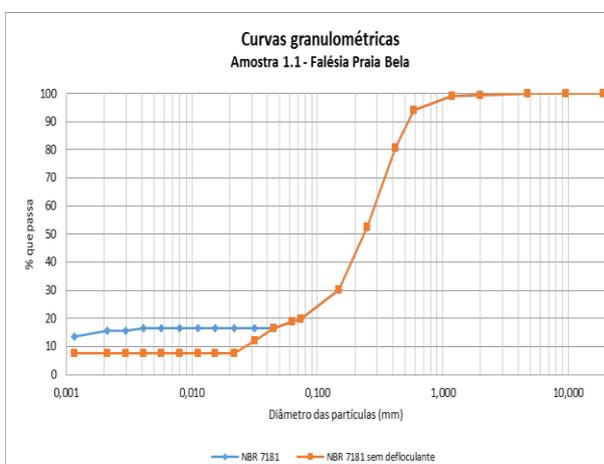


Figura 5.11 - Curvas granulométricas do ponto 1.1

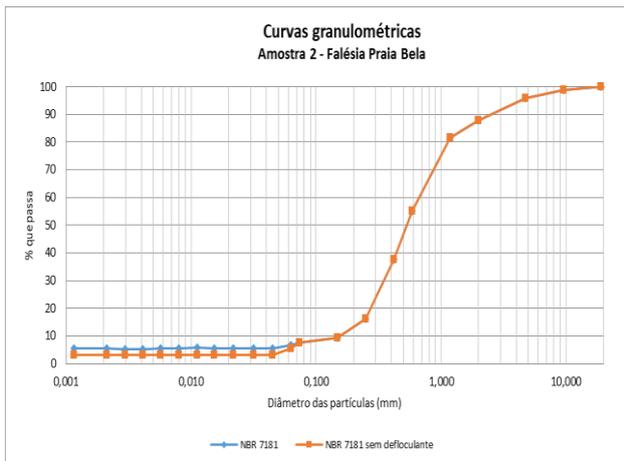


Figura 5.12 - Curvas granulométricas do ponto 2

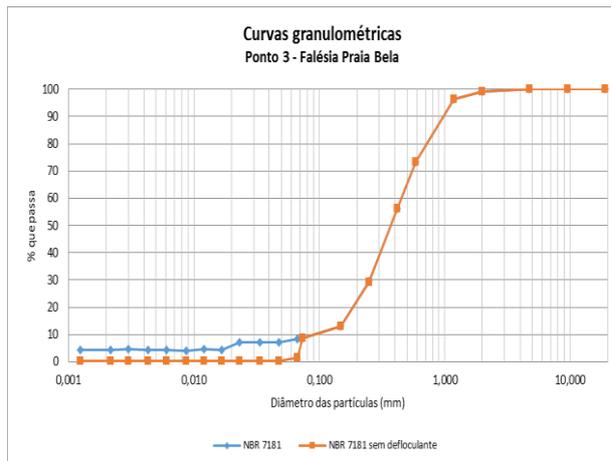


Figura 5.13 - Curvas granulométricas do ponto 3

Nos pontos 1 e 1.1 é possível perceber uma diferença na granulometria com e sem hexametáfosfato de sódio, levando à hipótese de que a fração de finos apresenta grãos aglutinados, seja formando agregados, seja na forma de pacotes de argila, e ou cimentados. No ponto 2 e 3 a presença do defloculante não acarretou variação significativa na fração fina.

Na amostra 1 (ponto 1) a cor do solo *in situ* não pode ser avaliada segundo a tabela de cores de Munsell, visto que é mosqueada ou variegada, ou seja, apresenta vários tons entre amarelo e rosa; grãos de quartzo transparente e grãos com cores na superfície de amarelo, rosa e com pigmentos pretos; o eixo maior dos grãos está em torno de 3 mm e possui forma alongada.

O ponto 2 foi obtido no 1º talude, mede aproximadamente 1,6 m, é o início do 2º terraço (Fig. 5.14) sugere uma deposição com material originado dos movimentos de massa da falésia. A cor, seguindo-se a tabela de cores de Munsell, é 5 YR 5/4 (marrom claro).



Figura 5.14 - Talude no pós-praia, praia Bela
Foto: CAVALCANTE, A. (2015). Coleta de amostras

O ponto 3 foi obtido no topo da falésia (aproximadamente 20 m de altura) em um depósito de areia com cor da amostra *in loco*: gley 1 8/10 Y (branca), com eixo do grão de quartzo maior em 2 mm, cor do grão com forma alongada e arredondada: opaco, alguns com superfícies com pigmentos escuros cinza e ou preto.

Praia de Tambaba

A praia de Tambaba caracteriza-se por ser uma praia com trecho abrigado com recifes (Fig. 5.15). Possui um substrato consolidado, possivelmente com calcário margoso da Formação Gramame apresentando linhas de fratura nessa camada (Fig. 5.16). A falésia não possui contato direto com o mar, apresentando talude e terraço; os movimentos na face da falésia continuam ativos, mesmo sem contato do mar os processos erosivos continuam ativos influenciando os movimentos de massa no talude e erosão regressiva. A estratigrafia da face da falésia é composta por camadas de areia sobre camadas de argila lenticulares, de difícil determinação de sua sequência estratigráfica devido aos processos de movimentos de massa estar encobrendo o maciço.



Figura 5.15 - Vista aérea da praia de Tambaba
Data: 16/02/2009



Figura 5.16 - Substrato consolidado e linha de fratura

As 5 (cinco) amostras apresentadas foram definidas de acordo com ensaios tátil-visual, e com a mudança visual de camadas (Fig. 5.17). Por ser uma face com movimentos de massa em quase toda a extensão vertical da falésia, se optou por coletar amostras no maciço e não nas áreas deslizadas.

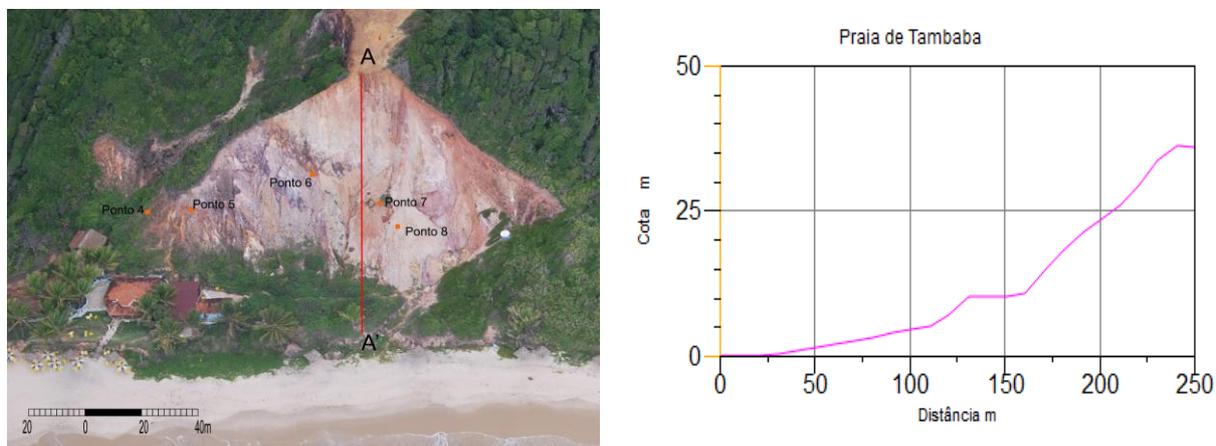


Figura 5.17 - Localização da coleta de amostras e perfil topográfico

O resumo da granulometria é apresentado na Tabela 5.4 para as 5 (cinco) amostras:

Tabela 5.4 - Resumo da granulometria, de acordo com a classificação SUCS para Tambaba

	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8
COORD. UTM	25M 301471/ 9185174	25M 301482/ 9185186	25M 301482/ 9185210	25M 301484/ 9185218	25M 301484/ 9185221
Altitude (m)	8	14	28	11	11
w (%)	1,00	0,24	3,90	0,54	0,28
G _s	2,75	2,77	2,76	2,77	2,77
Material (mm)	Fração retida (%)				
4,75 < Pedregulho < 75	17	1	0	0	0
2,0 < Areia grossa < 4,75	6	1	0	0	0
0,42 < Areia média < 2,0	35	66	1	1	8
0,075 < Areia fina < 0,42	32	21	26	89	68
0,005 < Silte < 0,075	3	4	63	3	6
Argila < 0,005	7	7	10	7	18
Limite de liquidez (w _L)	NP	NP	NP	NP	NP
Limite de plasticidade (w _P)	NP	NP	NP	NP	NP
Índice de plasticidade	NP	NP	NP	NP	NP
D ₁₀	0,07	0,07	0,01	0,08	
D ₃₀	0,3	0,4	0,07	0,2	0,15
D ₆₀	0,7	0,65	0,07	0,3	0,25
C _c	1	3	12	1	
C _u	10	9	14	3	
Classificação SUCS	SW-SM	SP-SM	ML	SP-SM	SM

O ponto 4 foi obtido em uma face com cobertura vegetal, porém em processo erosivo, cor do solo mosqueada, com tons de vermelho e amarelo, e presença de matéria orgânica. A análise granulométrica é apresentada a seguir nas Figuras 5.18, 5.19, 5.20, 5.21 e 5.22.

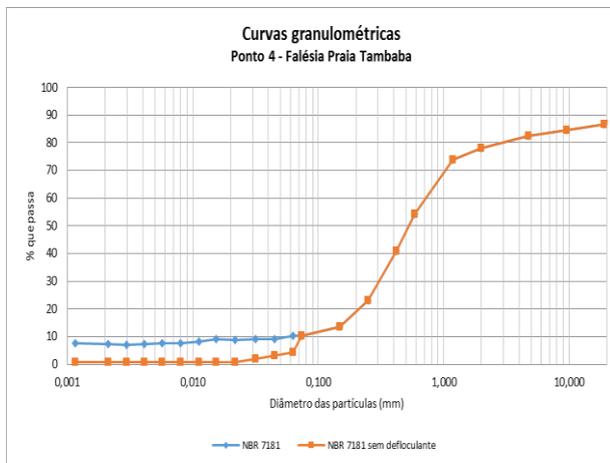


Figura 5.18 - Curvas granulométricas do ponto 4

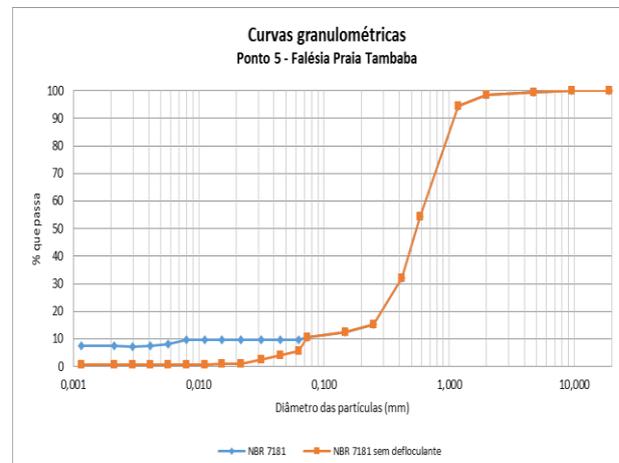


Figura 5.19 - Curvas granulométricas do ponto 5

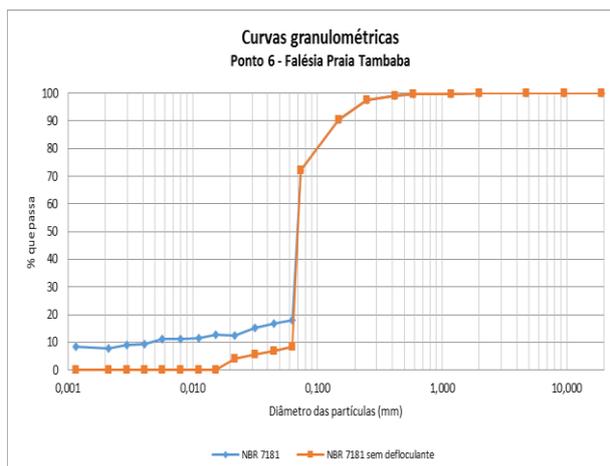


Figura 5.20 - Curvas granulométricas do ponto 6

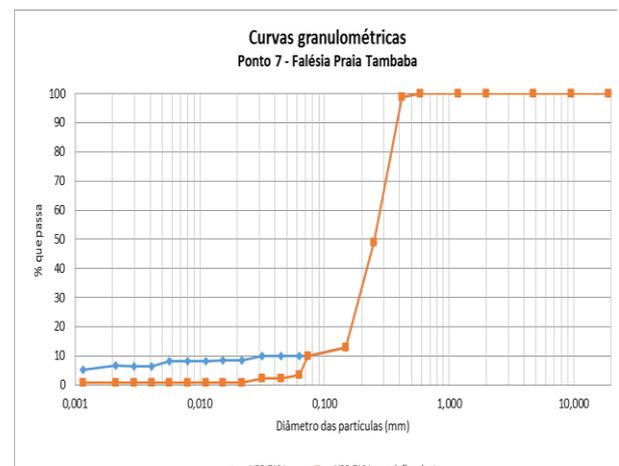


Figura 5.21 - Curvas granulométricas do ponto 7

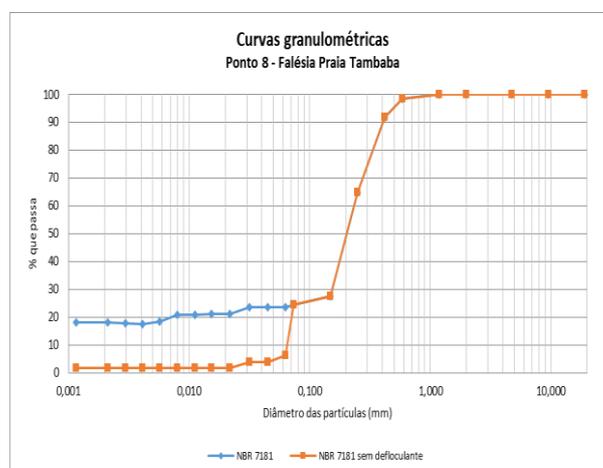


Figura 5.22 - Curvas granulométricas do ponto 8

Os pontos 6 e 8 foram obtidos em lentes de argila, as demais amostras foram obtidas no maciço arenoso. A amostra 6 apresenta uma quantidade pequena de argila, não apresenta limites de consistência. O ponto 7 não apresentou alteração com uso ou não do defloculante. O ponto 8 apresentou variação no uso de defloculante, a amostra apresentou um aumento na fração fina na ordem de 20%, contudo não apresentou liquidez ou plasticidade, denotando ser um material mais siltoso que argiloso.

Praia de Arapuca

As amostras referentes à praia de Arapuca foram coletadas na face da falésia e nas faces Sul e Norte da erosão. A morfologia dessa praia é de praia não abrigada, ou seja, sem presença de arrecifes, porém há testemunhos de rocha na área submersa da plataforma, ficando exposta na maré baixa. Areia de praia com seixos (análise tátil-visual) sugere que a base da falésia tenha contato com o espraiamento das ondas na maré alta de 1,8 m. Caracterizam-se ainda por conter erosões regressivas na falésia, algumas estabilizadas naturalmente pela vegetação, outras em processo ativo de movimento de massa.

Foram coletadas 5 (cinco) amostras (Fig. 5.23): 2 (duas) na falésia e 3 (três) nas erosões. O critério para coleta foi a mudança de camadas e o resultado foi obtido na primeira análise tátil-visual.



Figura 5.23 - Pontos de coleta de amostras na praia de Arapuca (GoogleEarth, 2017)

A praia de Arapuca é uma área que tem sido alterada pelos processos erosivos de maneira intensa, pois a faixa de falésia é menor que a área erodida, contando com 5 (cinco) erosões intercaladas por faixas de falésia. A camada de base da falésia pode ser descrita como uma base ou substrato areno-argiloso, com cores variando entre branco (*gley*) e rosa claro (7.5 R 8/4). Não foi possível determinar camadas acima da base para toda a extensão da área, pois

se notam discordâncias erosivas, depósitos de sedimentos movimentados que recobrem a face do maciço, e também camadas intercaladas de linha de seixos (Fig. 5.24).



Figura 5.24 - Linha de seixos
Foto: CAVALCANTE, A. (2015)

As amostras analisadas apresentaram os seguintes resultados, expressos na Tabela 5.5:

Tabela 5.5 - Resumo da granulometria de acordo com a classificação SUCS - Praia de Arapuca

	Ponto 9	Ponto 10	Ponto11	Ponto12	Ponto13	Ponto14
COORD. UTM	25M 301147/ 9186001	25M 301147/ 9186001	25M 301186/ 9186045	25M 301322/ 9186264	25M 301360/ 9186537	25M 301302/ 9186669
Altitude (m)	3	1	16	5	1	23
w (%)	0,74	0,21	0,51	1,69	0,98	1,97
G _s	2,70	2,77	2,77	2,67	2,70	2,82
Material (mm)	Fração retida (%)					
4,75 < Pedregulho < 75	0	21	1	0	4	1
2,0 < Areia grossa < 4,75	0	19	0	0	1	0
0,42 < Areia média < 2,0	28	40	24	3	21	10
0,075 < Areia fina < 0,42	37	11	40	22	53	51
0,005 < Silte < 0,075	26	2	28	59	3	9
Argila < 0,005	9	7	7	16	18	29
Limite de liquidez (w _L)	NP	NP	NP	23	28	23
Limite de plasticidade (w _p)	NP	NP	NP	17	21	19
Índice de plasticidade	NP	NP	NP	6	7	4
D ₁₀	0,01	0,1	0,05			
D ₃₀	0,06	0,65	0,07	0,03	0,15	
D ₆₀	0,25	2	0,25	0,08	0,3	
C _c	1	2	1			
C _u	25	20	5			
Classificação SUCS	SM	SW-SM	SM	CL-ML	SC-SM	SC-SM

Os pontos 9, 10 e 11 apresentaram curvas de granulometria contínua, com solo bem graduado, apresentadas nas Figuras 5.25, 5.26 e 5.27.

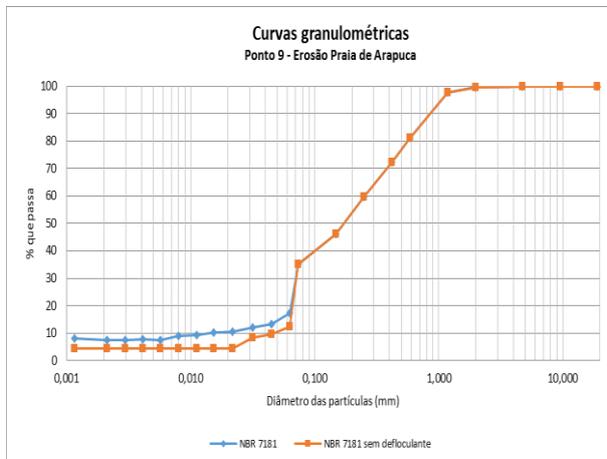


Figura 5.25 - Curvas granulométricas do ponto 9

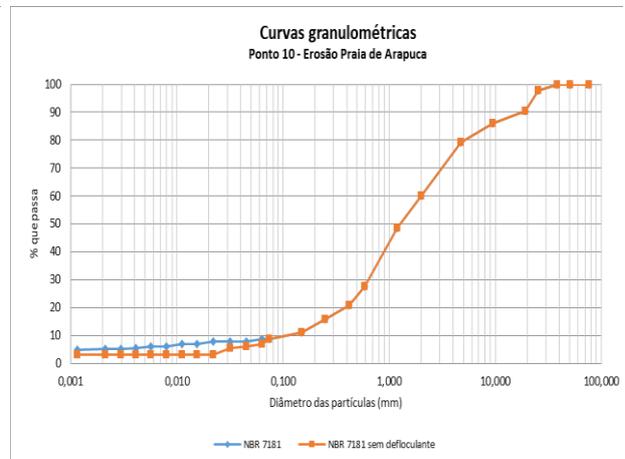


Figura 5.26 - Curvas granulométricas do ponto 10

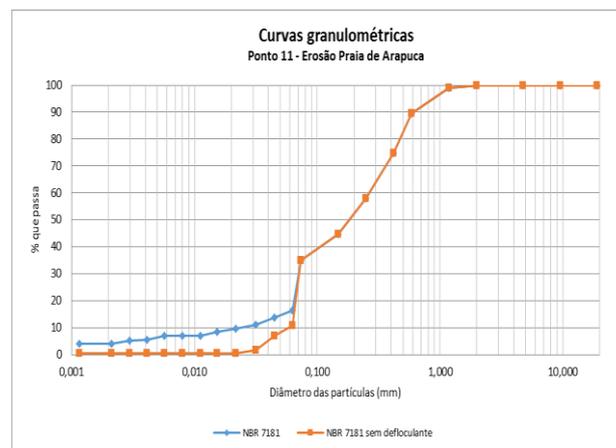


Figura 5.27 - Curvas granulométricas do ponto 11

O uso do defloculante para as amostras dos pontos 12 e 13 (Fig. 5.28 e 5.29) apresentou variação na curva granulométrica, a cor 2.5 YR 6/8 (amarelo avermelhado) é a mesma para as três amostras, bem como a presença de linhas de seixos. Nesse sentido, é possível dizer que pertencem à mesma camada estratigráfica.

Nos ensaios dos pontos 9 e 11 a queda abrupta na curva granulométrica está indicando um processo de desagregação devido o ensaio de sedimentação a partir do peneiramento fino ter sido executado após a conclusão da sedimentação.

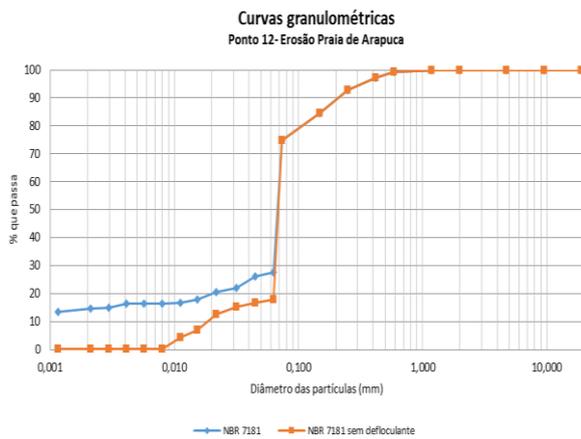


Figura 5.28 - Curvas granulométricas do ponto 12

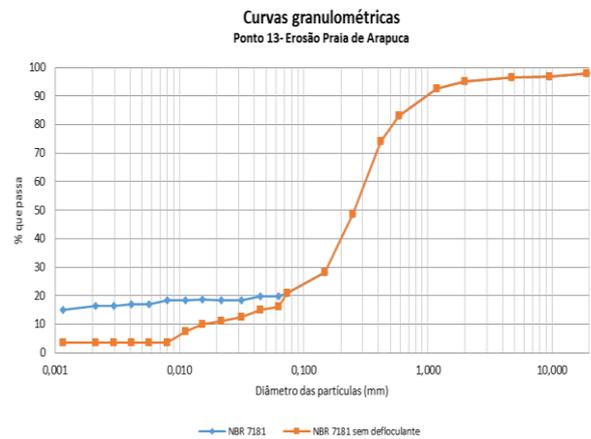


Figura 5.29 - Curvas granulométricas do ponto 13

A amostra no ponto 12 foi coletada em uma camada de cor branca, com tons vermelhos e roxos, que está sobre a camada aonde foi coletada a amostra no ponto 13 - base da falésia (Fig. 5.30), de cor rosa claro (7.5R 8/4). São duas camadas praticamente contínuas por toda a praia de Arapuca, salvaguardando as áreas em que há o mergulho da camada de base ou interrupção da camada superior por discordância.



Figura 5.30 - Camada 2 Ponto 12
Foto: MARINHO, J. (2015)

O ponto 14 apresentou uma variação significativa nos ensaios, com e sem defloculante (Fig. 5.31). Essa amostra foi obtida na face da erosão revelando cores variegadas, de vermelho, roxo e amarelo. Os ensaios apresentam amostras com partículas agregadas, quando ensaiadas sem defloculante, o que se deduz que há cimentação na amostra por elementos minerais ferruginosos.

A ocupação urbana nessa praia é baixa densidade, não tendo ocupação sobre a falésia, os bares estão localizados na área do talude, com áreas destinadas a estacionamento na base da falésia. No entanto, o uso de veículos é permitido dentro da área de erosão, pois é um ponto turístico denominado “Cânions de Coqueirinho”.

Com estratigrafia homogênea, a falésia e as vertentes da voçoroca apresentam mesmo material sedimentar descritos. Foram coletadas 4 amostras, na face da falésia e outras três amostras foram coletas no interior da erosão e é apresentado o resumo granulométrico na Tabela 5.6.

Tabela 5.6 - Resumo da granulometria de acordo com a classificação SUCS - Praia de Coqueirinho

	Ponto 15	Ponto 16	Ponto 17	Ponto 18
COORD. UTM	25M 301593/ 9188529	25M 301577/ 9188510	25M 301619/ 9188529	25M 301621/ 9188535
Altitude (m)	3	13	3	3
w (%)	0,92	0,16	1,37	2,45
Gs	2,77	2,66	2,66	2,69
Material (mm)	Fração retida (%)	Fração retida (%)	Fração retida (%)	Fração retida (%)
4,75< Pedregulho <75	1	0	3	1
2,0< Areia grossa <4,75	2	1	2	2
0,42<Areia média<2,0	34	21	37	20
0,075<Areia fina<0,42	48	66	41	35
0,005 < Silte <0,075	5	2	12	32
Argila < 0,005	10	10	5	10
Limite de liquidez (w_L)	NP	NP	NP	NP
Limite de plasticidade (w_p)	NP	NP	NP	NP
Índice de plasticidade	NP	NP	NP	NP
D10	0,01	0,05	0,06	0,01
D30	0,15	0,2	0,15	0,06
D60	0,4	0,3	0,45	0,25
Cc	5	2	1	4
Cu	33	6	7	42
Classificação SUCS	SM	SW-SM	SM	SM

As Figuras 5.33, 5.34, 5.35 e 5.36 representam as curvas granulométricas com e sem uso de defloculante para as amostras da falésia e erosão de Coqueirinho.

A curva referente à amostra do ponto 15 apresenta uma classificação SM – areia siltosa; a amostra no ponto 16 apresenta classificação SW-SM – areia bem graduada com silte e os pontos 17 e 18 apresentam classificação SM – areia siltosa.

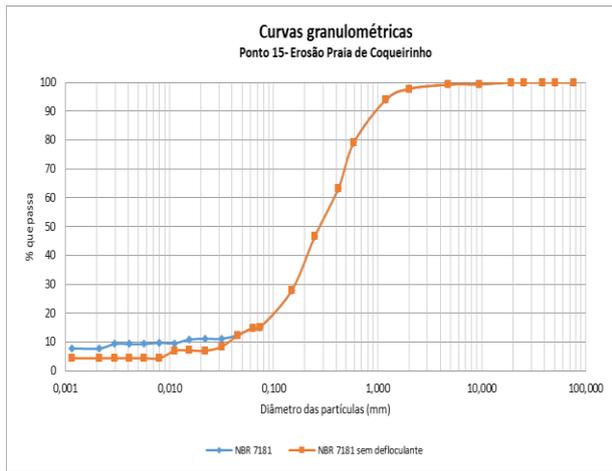


Figura 5.33 - Curvas granulométricas do ponto 15

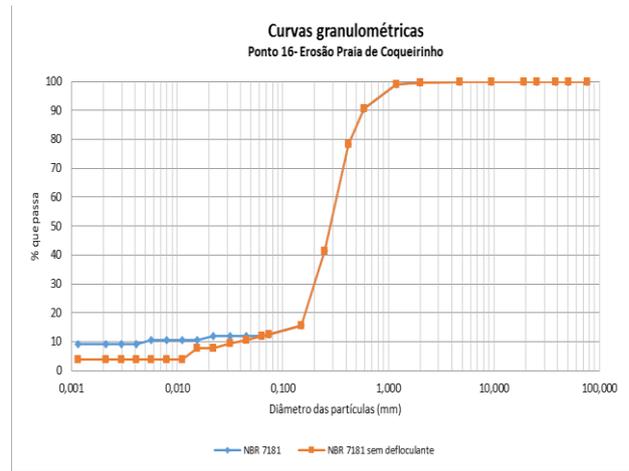


Figura 5.34 - Curvas granulométricas do ponto 16

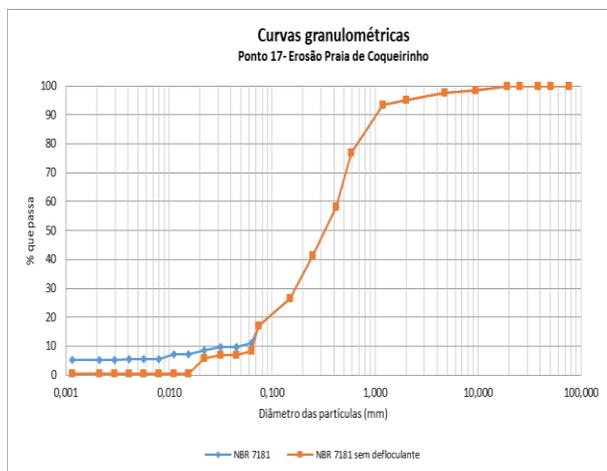


Figura 5.35 - Curvas granulométricas do ponto 17

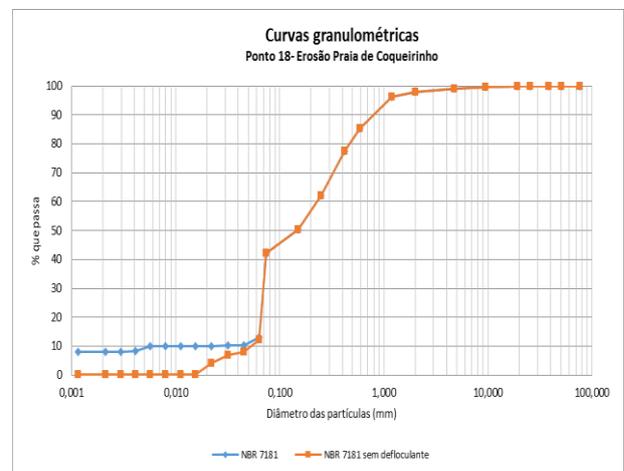


Figura 5.36 - Curvas granulométricas do ponto 18

Praia de Tabatinga

A praia de Tabatinga é uma praia exposta, ou seja, a ação das ondas incide diretamente na faixa de areia por não haver proteção natural de recifes e com forma ligeiramente côncava. O rio Bucatu deságua nessa praia, possuindo ainda as desembocaduras do maceió Paratibe e riacho Tabatinga. O processo de urbanização se dá entre o maceió e o riacho, bem como ao sul do rio Bucatu. É um processo de ocupação que está se acentuando com pousadas e casas de veraneio.

Os pontos 19, 20, 21 e 22 foram obtidos na face da falésia e sua granulometria é apresentada na Tabela 5.7.

Tabela 5.7 - Resumo da granulometria de acordo com a classificação SUCS - Praia de Tabatinga

	AMOSTRA 19	AMOSTRA 20	AMOSTRA 21	AMOSTRA 22
COORD. UTM	25M 301446/ 9190182	25M 301293/ 9190251	25M 301183/ 9190458	25M 301177/ 9190479
Altitude (m)	2	3	Base da falésia	Base da falésia
w (%)	0,58	0,49	0,72	0,66
Gs	2,91	2,84	2,70	2,73
Material (mm)	Fração retida (%)	Fração retida (%)	Fração retida (%)	Fração retida (%)
4,75 < Pedregulho < 75	0	2	0	0
2,0 < Areia grossa < 4,75	1	1	1	2
0,42 < Areia média < 2,0	16	39	40	26
0,075 < Areia fina < 0,42	64	48	49	33
0,005 < Silte < 0,075	10	4	3	24
Argila < 0,005	9	6	7	15
Limite de liquidez (w_L)	NP	NP	NP	37
Limite de plasticidade (w_p)	NP	NP	NP	32
Índice de plasticidade	NP	NP	NP	5
D10	0,02	0,07	0,05	
D30	0,12	0,25	0,25	
D60	0,25	0,42	0,42	
Cc	3	2	3	
Cu	12	6	8	
Classificação SUCS	SM	SW-SM	SW-SM	SM

A amostra 19 (Fig. 5.37) apresenta uma curva com classificação SM – areia siltosa, as amostras 20 (Fig. 5.38) e 21 (Fig. 5.39) são classificadas como SW-SM – areia bem graduada com silte; a amostra 22 (Fig. 5.40) SM – areia siltosa.

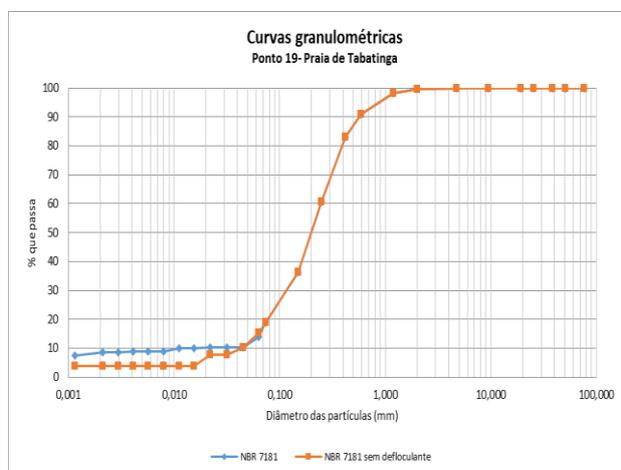


Figura 5.37 - Curvas granulométricas do ponto 19

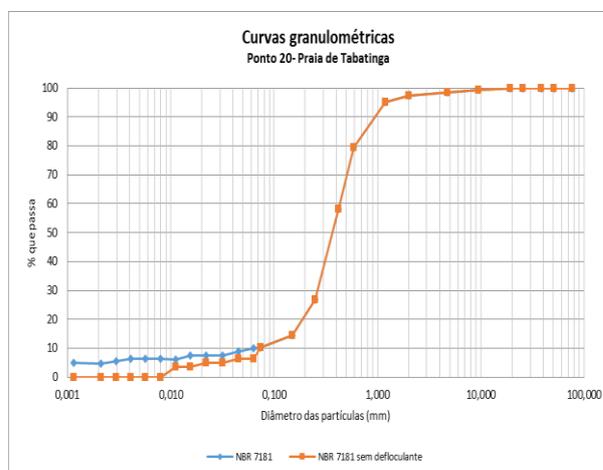


Figura 5.38 - Curvas granulométricas do ponto 20

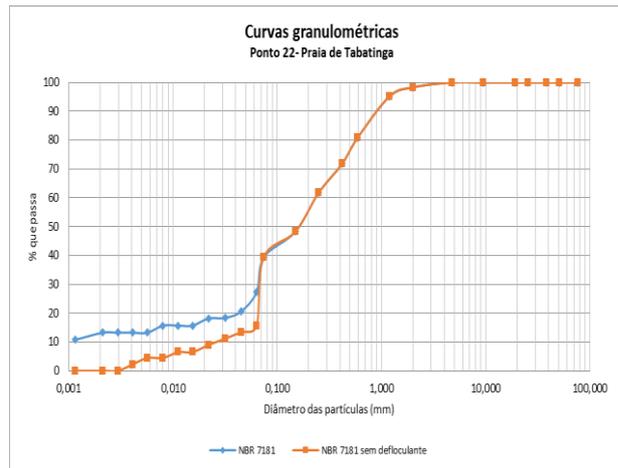
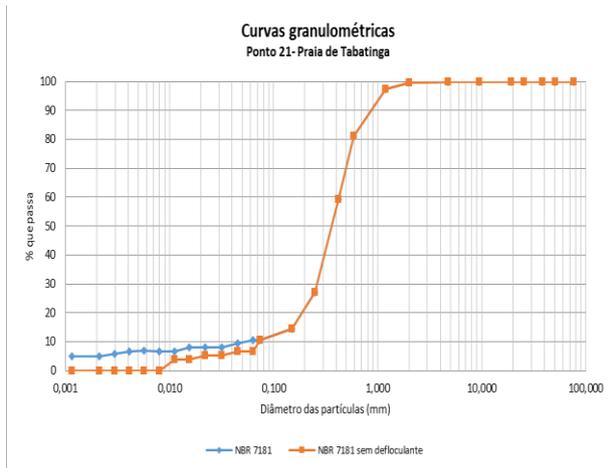


Figura 5.39 - Curvas granulométricas do ponto 21

Figura 5.40 - Curvas granulométricas do ponto 22

Praia de Carapibus

A praia de Carapibus possui uma faixa de areia de praia limitada pela falésia que se encontra ativa, com adensamento de edificações no topo da falésia. As edificações são divididas entre residências, casas de veraneio e pousadas; essa ocupação no topo está sofrendo as consequências do intemperismo na face da falésia, que apresenta processo ativo de movimentos de massa, ocasionando queda das edificações. Muitas edificações já sofreram danos ocasionado pelos movimentos de massa na borda da falésia. Tais danos são queda de muros, perda de terreno, queda de paredes, rachaduras nas paredes das casas.

Algumas medidas foram tomadas pelos próprios moradores, na tentativa de estabilizar a falésia em relação à ação das ondas (Fig. 5.41), porém em relação à queda de blocos e deslizamentos ainda não existem obras de contenção.



Figura 5.41 - Medida de contenção da base da falésia, maré 2.3 m

A falésia em Carapibus tem as cotas mais baixas em relação ao restante do litoral do Conde, chegando a medir cerca de 20 m de altura. Outra característica desse maciço é sua aparente homogeneidade no ensaio tátil-visual, além das camadas estratigráficas não apresentarem mudanças significativas entre si na maior parte da face da falésia. As características costeiras da praia são de litoral desabrigado na faixa central da praia, o que permite contato direto do mar, e nas extremidades Sul e Norte há presença de recifes. Uma faixa de aproximadamente 20 metros de areia de praia não mostra a presença de berma, e o pós-praia se inicia na base da falésia.

A estratigrafia é homogênea, com camadas espessas e fácies paralelas. Há presença de lamitos, clastos de argila, camadas de areia de cores rosa e amarela; também há presença de linha de seixos, e a camada de sedimentos pós-Barreiras é bem definida compreendendo toda a extensão da praia, que é caracterizada pelo latossolo. A Tabela 5.8 apresenta o resumo da granulometria.

Tabela 5.8 -Resumo da granulometria de acordo com a classificação SUCS- Praia de Carapibus

	AMOSTRA 23	AMOSTRA 24	AMOSTRA 25	AMOSTRA 26
COORD. UTM	25M 301125/ 9193155	25M 301144/ 9193313	25M 301150/ 9193354	25M 301149/ 9193540
Altura (m)	15	4	14	1
w (%)	0,17	0,21	0,60	1,84
GS	2,77	2,76	2,76	2,76
Material (mm)	Fração retida (%)	Fração retida (%)	Fração retida (%)	Fração retida (%)
4,75< Pedregulho <75	0	1	0	0
2,0< Areia grossa <4,75	2	0	1	1
0,42<Areia média<2,0	41	20	36	33
0,075<Areia fina<0,42	40	68	32	33
0,005 < Silte <0,075	11	4	4	17
Argila < 0,005	6	7	27	16
Limite de liquidez (w_L)	SEM W_L	SEM W_L	27	32
Limite de plasticidade (w_P)	SEM W_P	SEM W_P	21	27
Índice de plasticidade	SEM IP	SEM IP	6	5
D10	0,06	0,06		
D30	0,25	0,23		
D60	0,45	0,36		
Cc	2	2		
Cu	7	6		
Classificação SUCS	SM	SW-SM	SC-SM	SM

As curvas granulométricas são apresentadas nas Figuras 5.42, 5.43, 5.44 e 5.45:

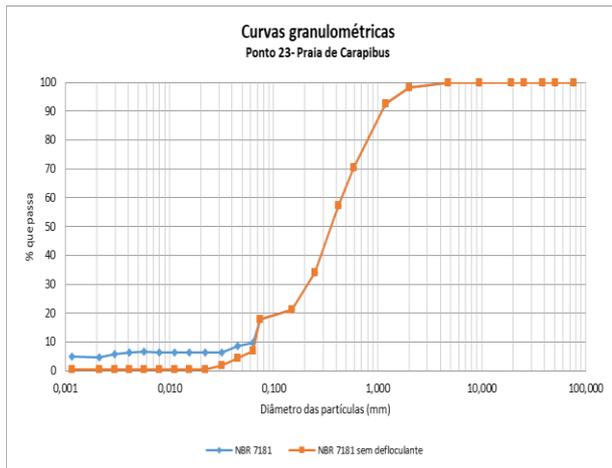


Figura 5.42 - Curvas granulométricas do ponto 23

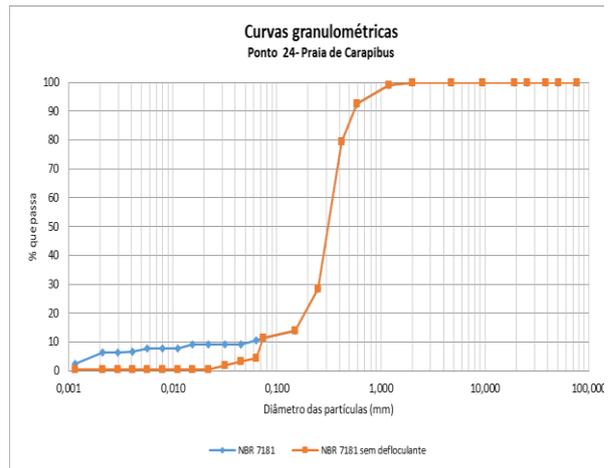


Figura 5.43 - Curva granulométrica do ponto 24

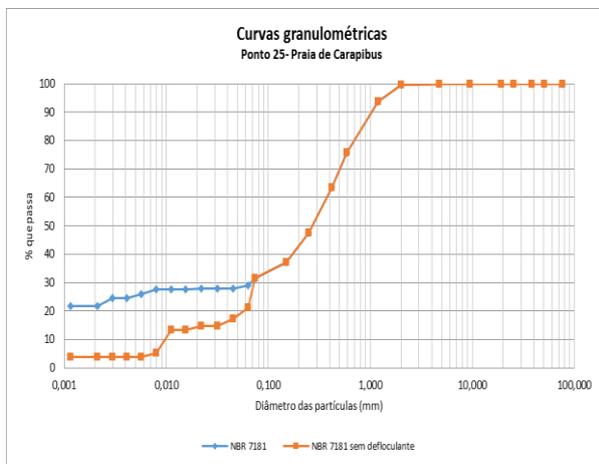


Figura 5.44 - Curvas granulométricas do ponto 25

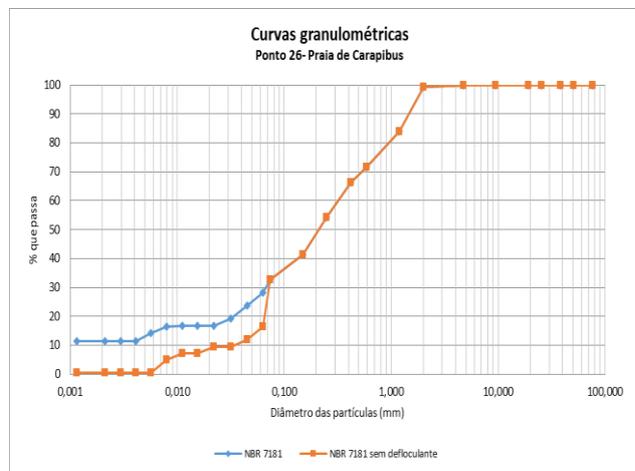


Figura 5.45 - Curva granulométrica do ponto 26

Praia do Amor

A praia do Amor possui uma configuração retilínea, com a desembocadura do rio Guruji é formada uma vegetação de mangue, ao sul há uma pequena formação de cabo ou pontão, visto que esse adentra ao mar, ao norte da desembocadura a falésia apresenta uma erosão regressiva com comprimento de aproximadamente 140m e largura de cerca de 70m. As amostras foram obtidas na falésia (Ponto 27) e nas faces da erosão (Pontos 28 e 29) (Fig. 5.46).



Figura 5.46 - Praia do amor - localização dos pontos amostrais

Na Tabela 5.9 são apresentados os valores da classificação SUCS

Tabela 5.9 - Resumo da granulometria de acordo com a classificação SUCS- Praia do Amor

	Ponto 27	Ponto 28	Ponto 29
COORD. UTM	25M 301201/ 9195335	25M 300905/ 9195903	25M 300857/ 9195955
Altura (m)	3	15	13
w (%)	1,70	0,65	0,97
Gs	2,76	2,60	2,60
Material (mm)	Fração retida (%)	Fração retida (%)	Fração retida (%)
4,75< Pedregulho <75	0	2	1
2,0< Areia grossa <4,75	1	1	1
0,42<Areia média<2,0	19	38	41
0,075<Areia fina<0,42	34	44	45
0,005 < Silte <0,075	30	9	7
Argila < 0,005	16	6	5
Limite de liquidez (w_L)	33	NP	NP
Limite de plasticidade (w_p)	26	NP	NP
Índice de plasticidade	7	NP	NP
D10		0,07	0,07
D30		0,25	0,28
D60		0,43	0,42
Cc		2	3
Cu		6	6
Classificação SUCS	SM	SM	SW-SM

A Figura 5.47, referente à amostra coletada no ponto 27, é classificada como SM – areia siltosa. A amostra obtida na face da falésia a 3 m de altura apresenta cor avermelhada na escala de cores da carta de Munsell e é identificado por 2,5YR. O ponto 28 (Fig. 5.48) apresenta classificação SM – areia siltosa; e o ponto e 29 (Fig. 5.49) apresenta classificação SW-SM – areia bem graduada com silte.

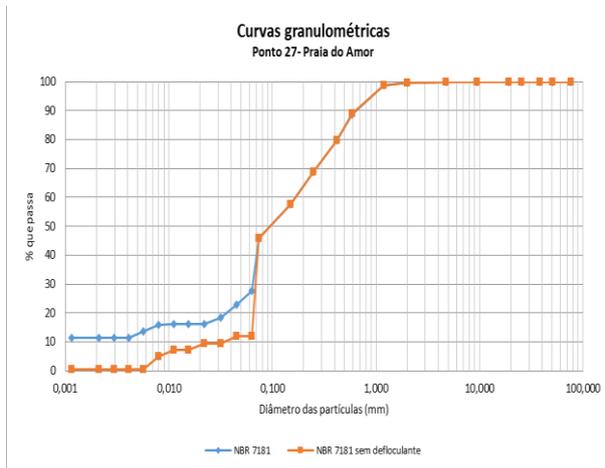


Figura 5.47 - Curva granulométrica do ponto 27

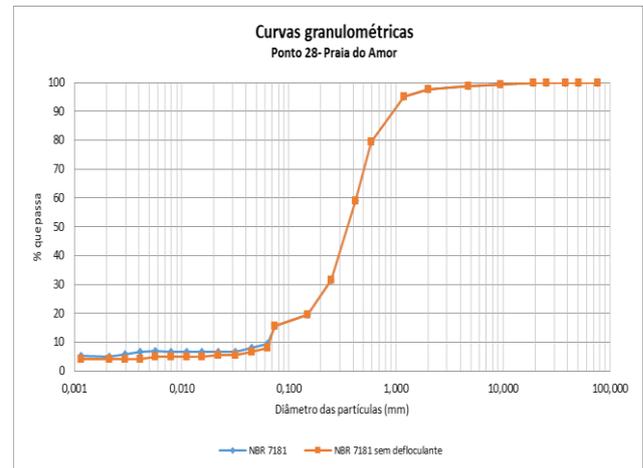


Figura 5.48 - Curva granulométrica ponto 28

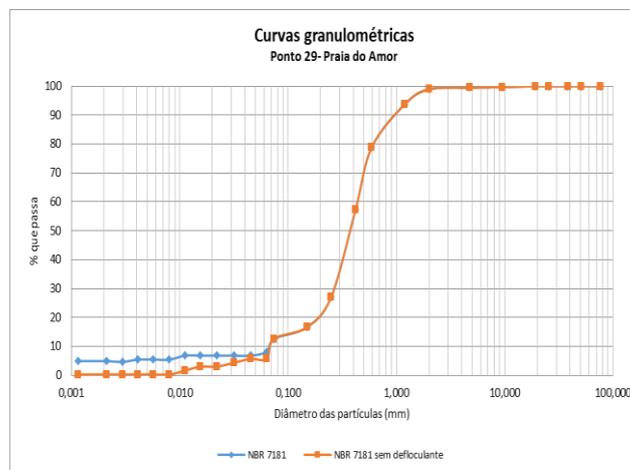


Figura 5.49 - Curva granulométrica da amostra 29

5.2 – TABULEIROS COSTEIROS

A caracterização dos tabuleiros costeiros baseou-se na divisão morfológica dos topos e vertentes, utilizando para isso as cartas topográficas executadas pela Sudene, imagens LANDSAT 8, além de dados digitais de elevação adquiridos pelo SRTM, disponibilizadas pelo USGS e disponibilizadas pela Embrapa.

5.2.1 – CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA

As amostras obtidas no tabuleiro foram deformadas, localizadas seguindo o critério de mudança no perfil de solo por observação direta bem como em ensaios táctil-visual (ASTM D 2488). A área apresenta uma dimensão de aproximadamente 44 km², partindo do topo das falésias ao Leste até o limite da atual urbanização a Oeste.

A área II foi dividida em Loteamento Village Jacumã; Jacumã; Carapibus; Vilas de Carapibus; Tabatinga; Coqueirinho; Tambaba e área rural de Tambaba (Fig. 5.50).

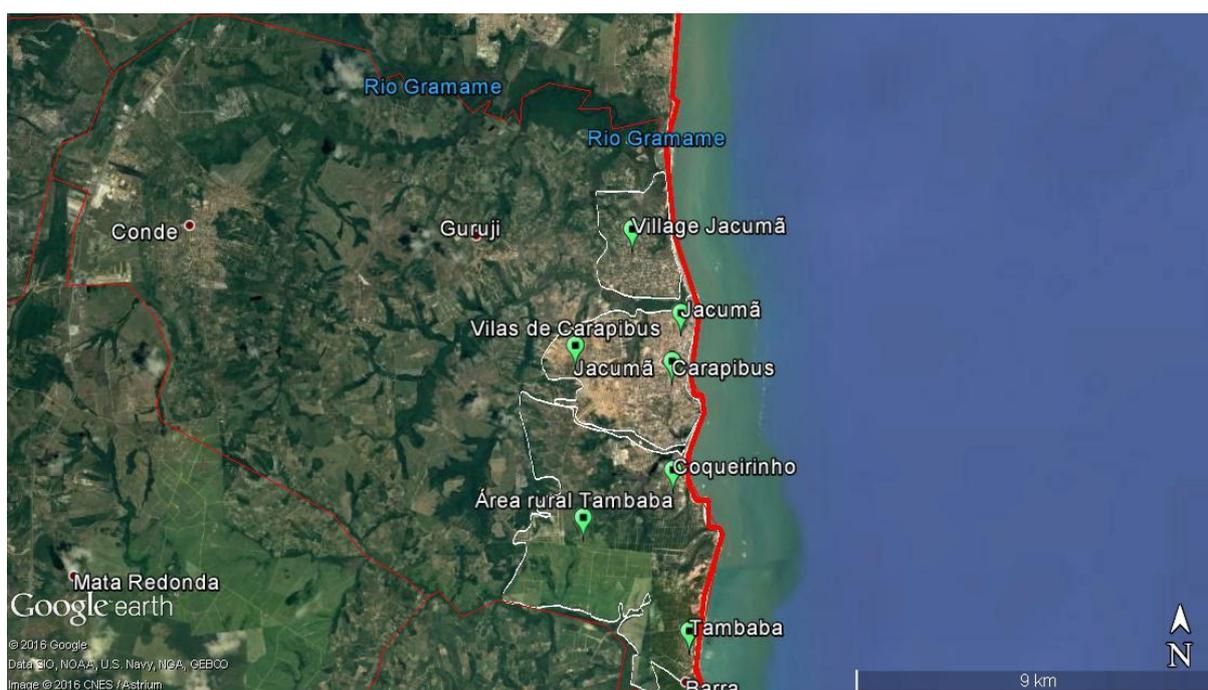


Figura 5.50 - Divisão das áreas de pesquisa
Fonte: GoogleEarth, 2015

Village Jacumã

O loteamento Village Jacumã é uma área urbanizada na porção Nordeste do município, aproximada de 4,84 km² com 23 pontos de sondagem utilizando-se para coleta o trado manual (Fig. 5.51).

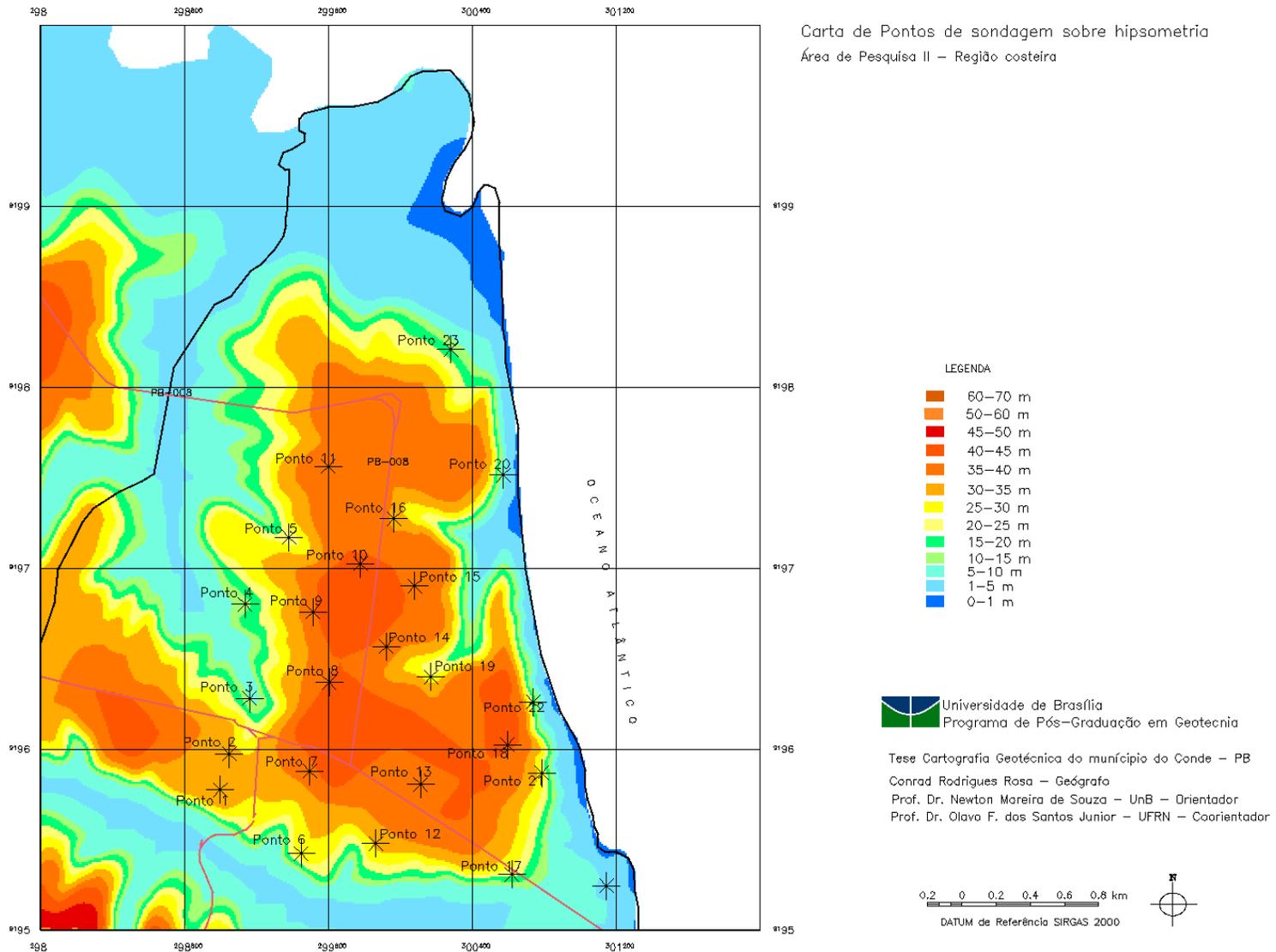


Figura 5.51 - Carta de sondagens Loteamento Village Jacumã

Os ensaios de caracterização geotécnica das amostras coletadas a 0,30 m de profundidade foram classificadas no triângulo textural como sendo 2 (duas) amostras na classe arenosa; 9 (nove) amostras como areia franca; 8 (oito) franco-arenosa; 1 (uma) argilo-arenosa e 1 (uma) amostra sendo argilosa, sendo que em dois pontos não foi possível obter amostras devido a resistência do solo não permitir escavabilidade com os instrumentos manuais (Fig. 5.52).

A Tabela 5.10 apresenta os valores para os ensaios das amostras na classificação SUCS.

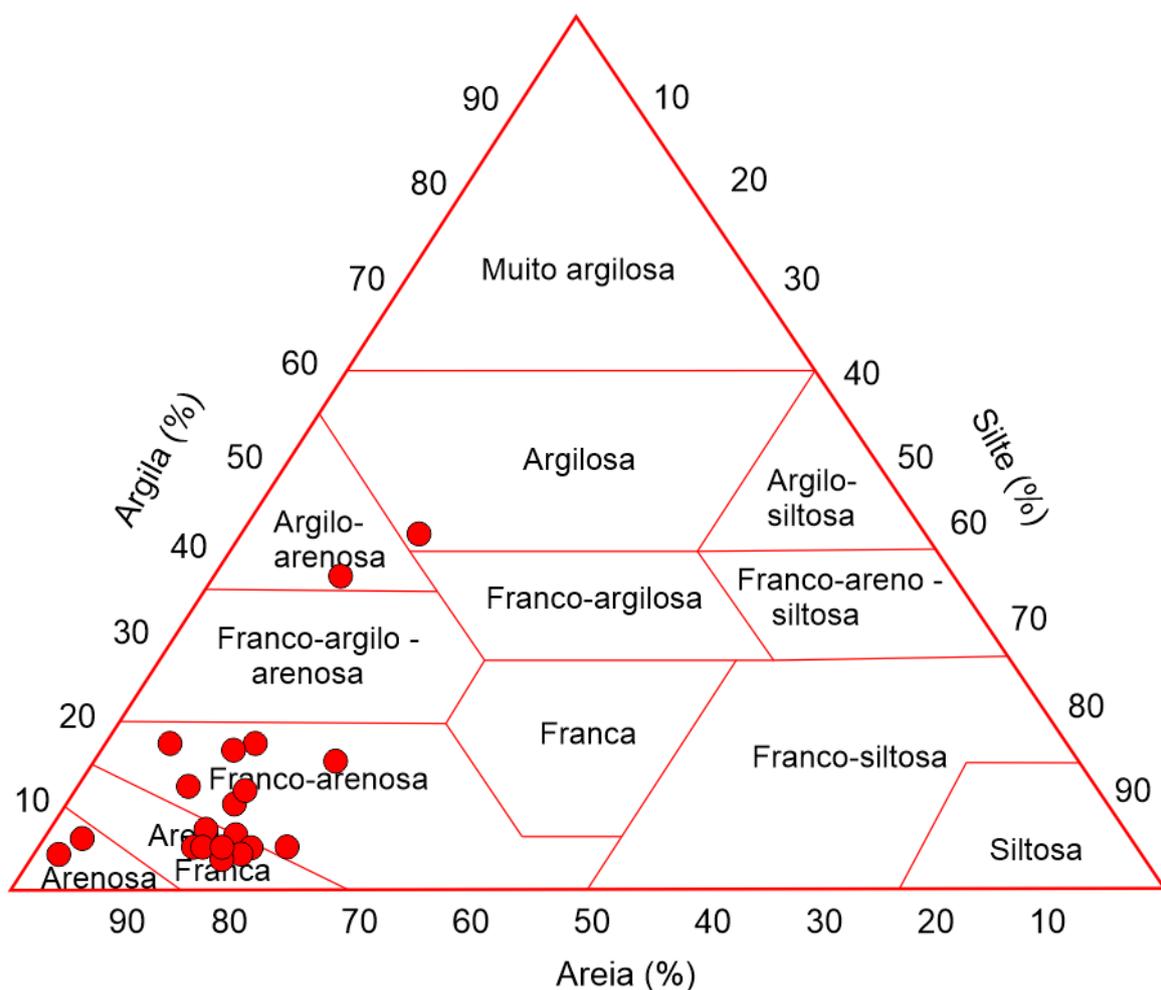


Figura 5.52 - Classificação triangular do solo para os pontos 1 a 22

Tabela 5.10 - Resumo da granulometria para as amostras em 0,30 m de profundidade de acordo com a classificação SUCS

	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9
COORD. UTM	25M 299001/ 9195776	25M 299052/ 9195975	25M 299170/ 9196284	25M 299139/ 9196799	25M 299383/ 9197172	25M 299455/ 9195428	25M 299501/ 9195881	25M 299610/ 9196375	25M 299515/ 9196760
w (%)	2,22	2,08	1,73	0,73	3,00	1,09	0,63	1,65	1,00
Densidade real (g/cm ³)	2,66	2,67	2,60	2,62	2,64	2,60	2,60	2,60	2,57
Material (mm)	Fração retida (%)								
4,75< Pedregulho <75	0	1	7	2	32	1	0	0	1
2,0< Areia grossa <4,75	1	1	4	1	7	7	1	1	2
0,42<Areia média<2,0	17	46	24	34	16	29	60	57	44
0,075<Areia fina<0,42	35	27	39	42	23	27	18	19	34
0,005 < Silte <0,075	11	15	15	14	10	21	17	17	14
Argila < 0,005	36	10	11	7	12	15	4	6	5
Limite de liquidez (w _L)	32	NP	NP	NP	NP	36	NP	NP	NP
Limite de plasticidade (w _P)	23	NP	NP	NP	NP	27	NP	NP	NP
Índice de plasticidade	8	NP	NP	NP	NP	8	NP	NP	NP
D10		0,07	0,07	0,07			0,07	0,07	0,07
D30		0,15	0,40	0,2	0,20		0,25	0,2	0,2
D60		0,40	0,30	0,4	1,50		0,40	0,5	0,45
Cc		1	1	1	4		2	1	1
Cu		6	6	6	250		6	7	6
Classificação SUCS	SM								

	Ponto 10	Ponto 11	Ponto 12	Ponto 13	Ponto 14	Ponto 15	Ponto 16	Ponto 18	Ponto 19	Ponto 20	Ponto 21	Ponto 22
COORD. UTM	25M 299791/ 9197027	25M 299604/ 9197566	25M 299866/ 9195480	25M 300116/ 9195804	25M 299928/ 9196567	25M 300078/ 9196908	25M 299976/ 9197272	25M 300608/ 9196023	25M 300179/ 9196405	25M 300570/ 9197516	25M 300791/ 9195863	25M 300749/ 9196225
w (%)	0,74	0,67	0,71	0,24	1,49	0,20	0,60	2,81	0,19	1,20	1,97	2,61
Densidade real (g/cm ³)	2,61	2,63	2,67	2,67	2,60	2,67	2,67	2,64	2,64	2,60	2,60	2,60
Material (mm)	Fração retida (%)											
4,75< Pedregulho <75	0	1	2	0	0	0	0	1	0	1	0	1
2,0< Areia grossa <4,75	1	0	7	1	1	1	1	0	1	2	1	1
0,42<Areia média<2,0	40	35	25	34	22	29	24	15	35	26	22	23
0,075<Areia fina<0,42	40	54	36	45	55	48	51	28	57	44	49	52
0,005 < Silte <0,075	14	4	13	15	18	17	19	15	3	22	12	6
Argila < 0,005	5	6	17	5	4	5	5	41	4	5	16	17
Limite de liquidez (w _L)	NP	NP	31	NP	NP	NP	NP	33	NP	NP	36	31
Limite de plasticidade (w _p)	NP	NP	27	NP	NP	NP	NP	26	NP	NP	27	25
Índice de plasticidade	NP	NP	4	NP	NP	NP	NP	7	NP	NP	9	6
D10	0,07	0,07		0,07	0,07	0,07	0,07		0,08	0,07		
D30	0,2	0,2		0,15	0,15	0,15	0,1		0,2	0,1		
D60	0,4	0,4		0,4	0,4	0,3	0,25		0,4	0,3		
Cc	1	1		1	1	1	1		1	1		
Cu	6	6		6	6	4	3		5	4		
Classificação SUCS	SM	SW-SM	SM	SM	SM	SM	SM	ML	SP-SM	SM	SM	SM

As amostras apresentaram percentuais de areia maiores que os percentuais da fração fina, sendo que 95% das amostras são constituídas por mais de 50% da fração areia, caracterizando-se como um solo arenoso (SM, SW-SM e SP-SM) e 5% caracteriza-se como sendo um solo ML. Devido a maior fração ser arenosa as amostras praticamente não apresentaram limites de liquidez e plasticidade. As amostras nos pontos 17 e 23 não foram coletadas, pois o solo apresentou resistência à escavação com os instrumentos manuais, com características de laterita, revelando que a cor possui um matiz 10YR 6/8.

A curva granulométrica do ponto 1, amostra 1 (Fig. 5.53) apresenta uma variação no ensaio com uso e sem uso do defloculante, visto que na amostra 61% são areia e 39% são argila e silte. Apresenta-se na Figura 5.54 uma curva granulométrica uniforme, onde os grãos revelam tamanho relativamente próximos uns aos outros.

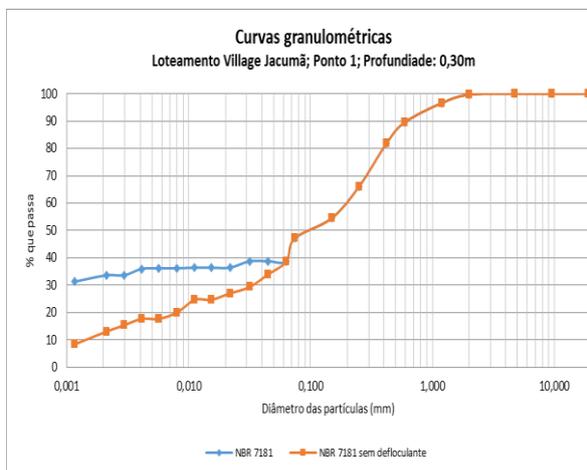


Figura 5.53 - Curva granulométrica ponto 1, amostra 1

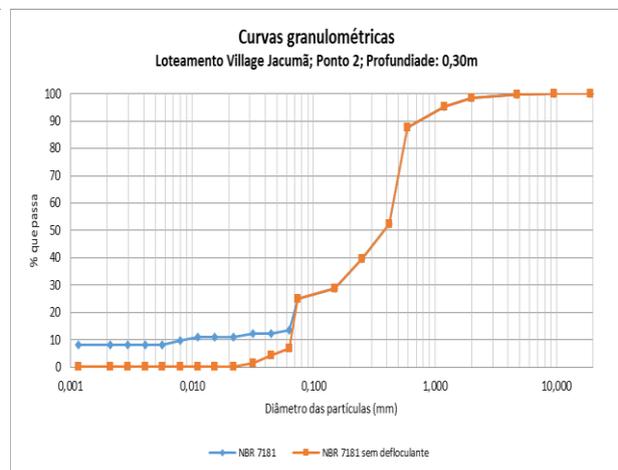


Figura 5.54 - Curva granulométrica ponto 2, amostra 1

No ponto 3, amostra 1 (Fig. 5.55) apresenta-se uma curva contínua, com porcentagem da fração pedregulhosa, o uso do defloculante não mostrou presença de sedimentos finos representativos, nem na amostra total nem como agregados aos grãos de areia. O ponto 4, a amostra 1 (Fig. 5.56) apresenta uma amostra com curva contínua com baixa porcentagem de sedimentos finos, não apresentando limites de Atterberg.

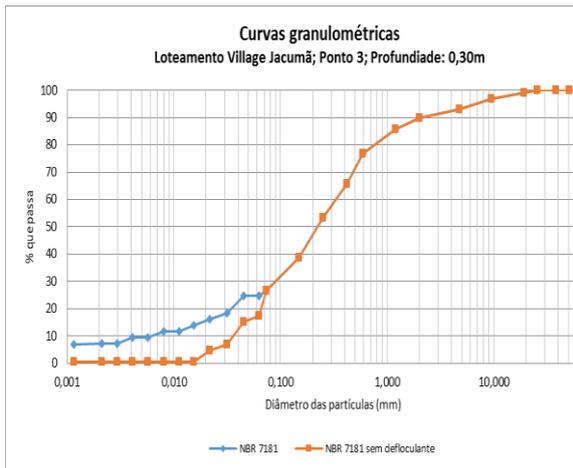


Figura 5.55 - Curva granulométrica ponto 3, amostra 1

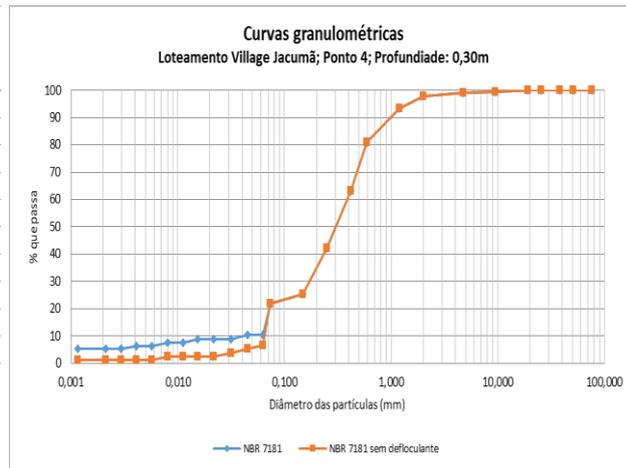


Figura 5.56 - Curva granulométrica ponto 4, amostra 1

As curvas mostradas para as primeiras amostras nos pontos 5 e 6 (Fig. 5.57 e 5.58) são representativas de sedimentos bem graduados visto as curvas serem contínuas, com baixa presença de sedimentos da fração fina (argila e silte) e o uso do defloculante não apresentar variação significativa.

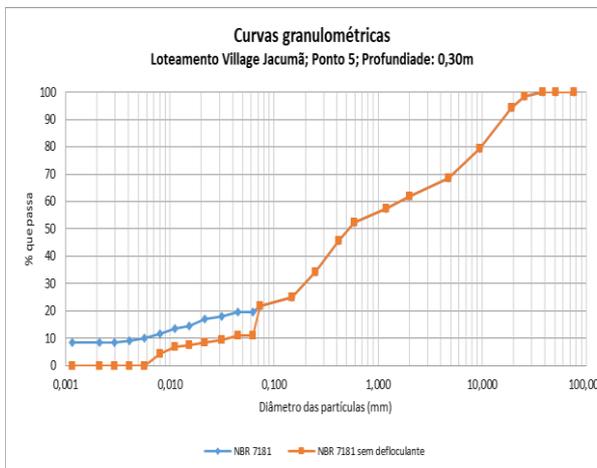


Figura 5.57- Curva granulométrica ponto 5, amostra 1

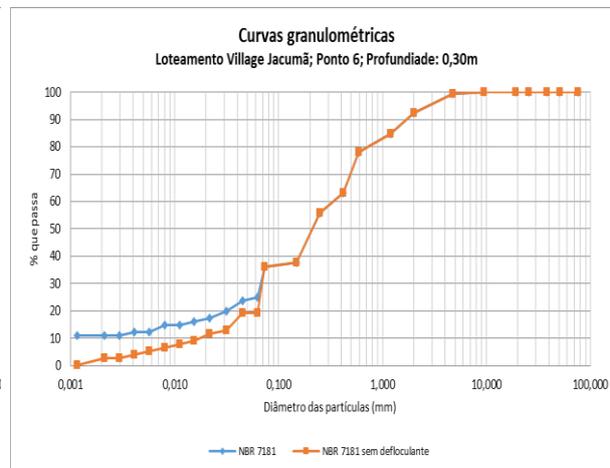


Figura 5.58- Curva granulométrica ponto 6, amostra 1

As Figuras 5.59, 5.60, 5.61 e 5.62 representam as curvas para os pontos 7, 8, 9 e 10 com características semelhantes na fração e composição do solo. Com característica de solo uniforme o tamanho dos grãos é relativamente igual, classificadas como SM – areia siltosa.

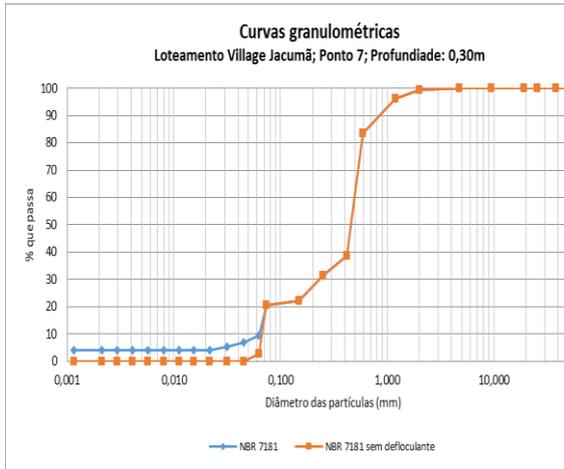


Figura 5.59 - Curva granulométrica ponto 7, amostra 1

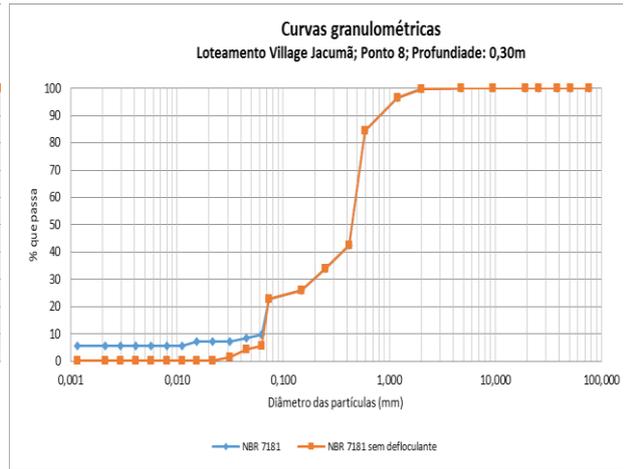


Figura 5.60 - Curva granulométrica ponto 8, amostra 1

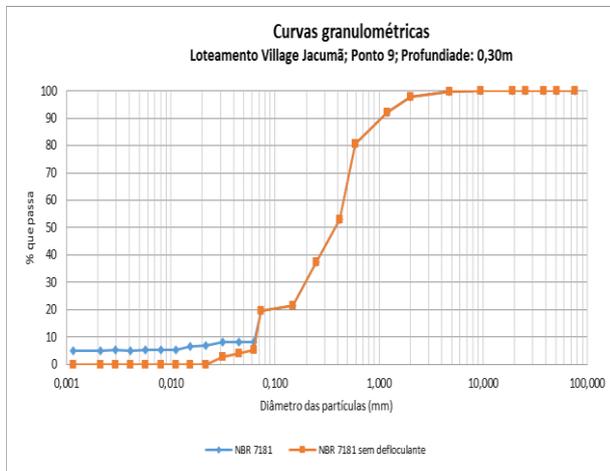


Figura 5.61- Curva granulométrica ponto 9, amostra 1

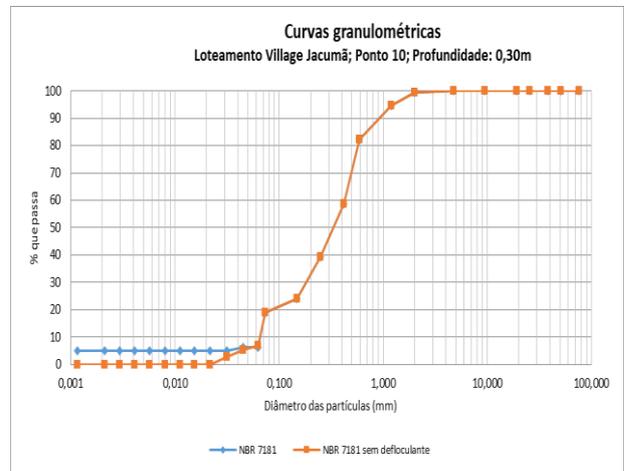


Figura 5.62 - Curva granulométrica ponto 10, amostra 1

No ponto 11 a amostra 1 (Fig. 5.63) apresenta um solo uniforme com pequena presença da fração fina, sem alteração pelo uso do defloculante. A Figura 5.64 representa a amostra 1 no ponto 12, com um solo bem graduado, curva granulométrica contínua, classificada como SM (areia siltosa).

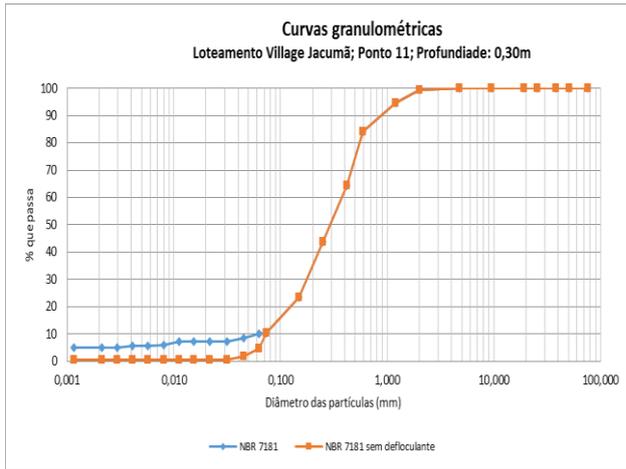


Figura 5.63 - Curva granulométrica ponto 11, amostra 1

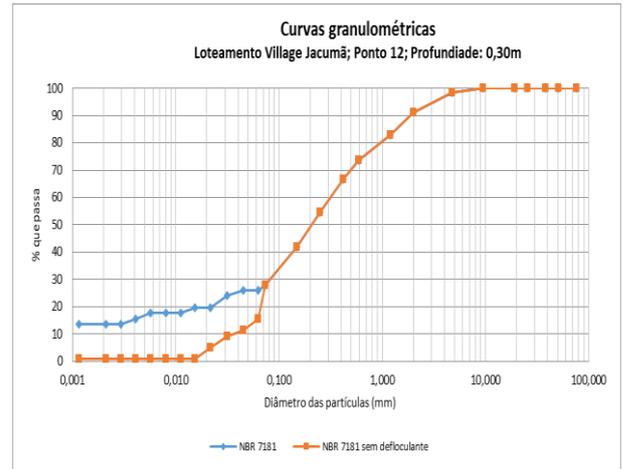


Figura 5.64 - Curva granulométrica ponto 12, amostra 1

As Figuras 5.65, 5.66, 5.67 e 5.68, respectivamente pontos 13, 14, 15 e 16 trazem curvas com distribuição uniforme, não apresentando variação no uso do defloculante, onde é possível dizer que a fração fina preenche os vazios entre as partículas maiores.

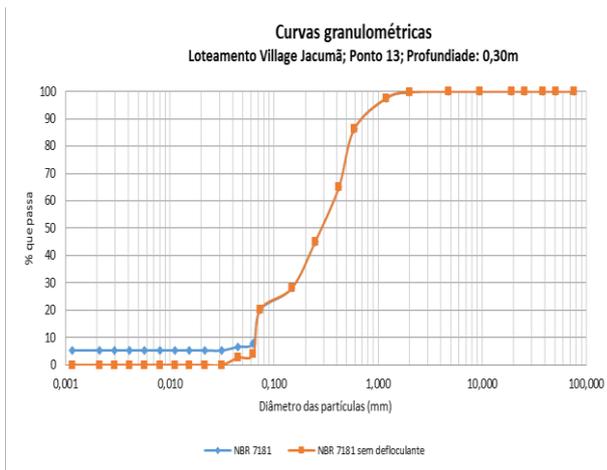


Figura 5.65 - Curva granulométrica ponto 13, amostra 1

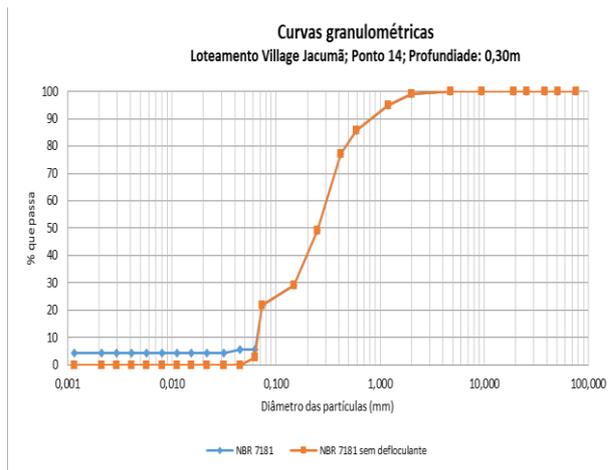


Figura 5.66 - Curva granulométrica ponto 14, amostra 1

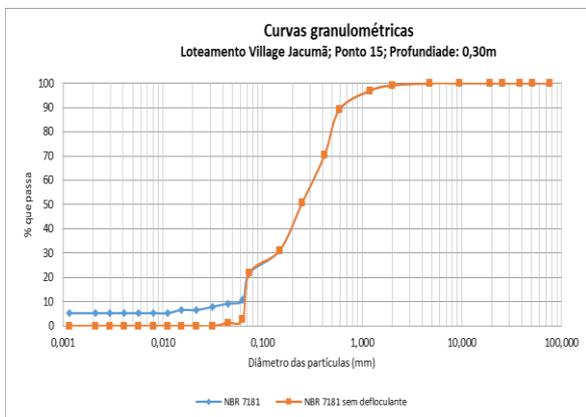


Figura 5.67 - Curva granulométrica ponto 15, amostra 1

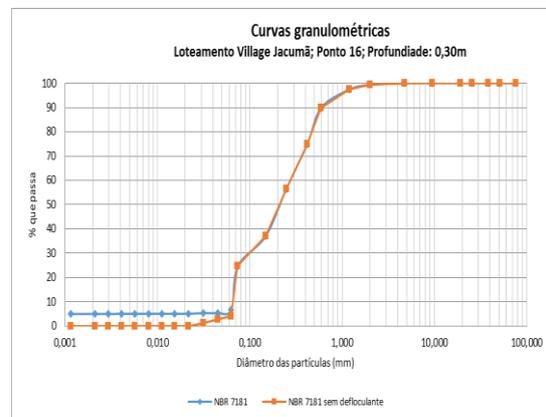


Figura 5.68 - Curva granulométrica ponto 16, amostra 1

O ponto 18 está localizado no topo do tabuleiro com uma camada areno-argilosa; a diferença entre o uso do defloculante da amostra sem defloculante pode ser explicada pela agregação da fração fina formando grãos maiores (Fig. 5.69). O ponto 19, amostra 1 (Fig. 5.70) pertence a uma camada de solo onde a curva representa uma distribuição contínua.

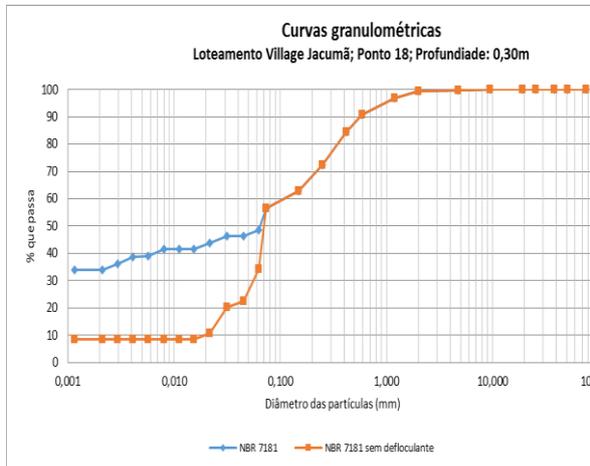


Figura 5.69 - Curva granulométrica ponto 18, amostra 1

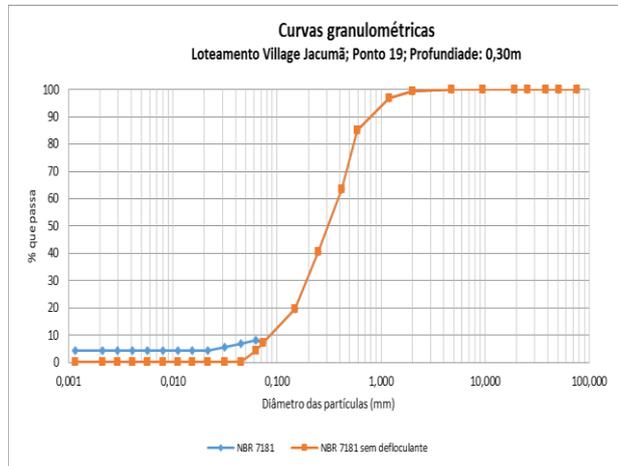


Figura 5.70 - Curva granulométrica ponto 19, amostra 1

A amostra 1 no ponto 20 (Fig. 5.71) mostra uma curva contínua com distribuição bem graduada onde a presença do defloculante não apresentou variações significativas no resultado do ensaio. As Figuras 5.72 e 5.73, representativas dos pontos 21 e 22 apresentam classificação SM – areia siltosa em uma distribuição contínua e bem graduada.

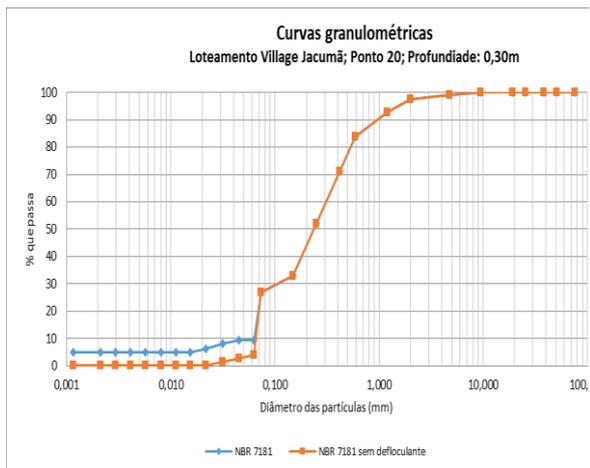


Figura 5.71 - Curva granulométrica ponto 20, amostra 1

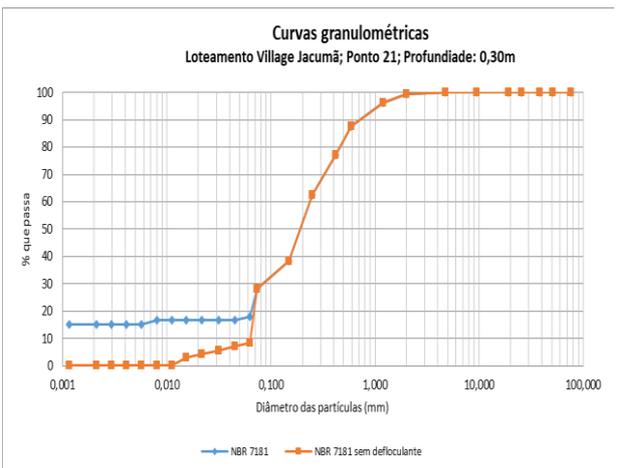


Figura 5.72 - Curva granulométrica ponto 21, amostra 1

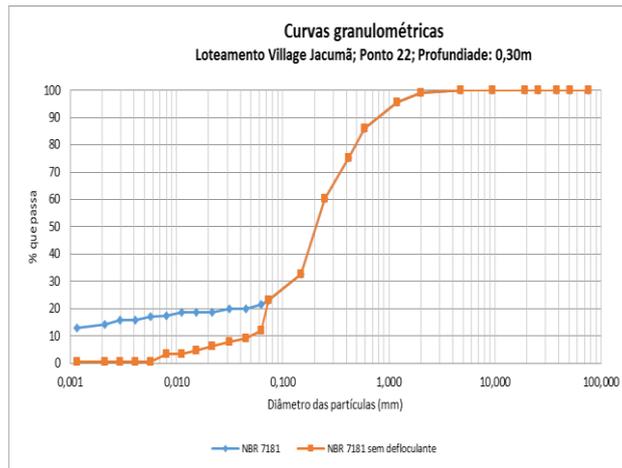


Figura 5.73 - Curva granulométrica ponto 22, amostra 1

As amostras coletadas em profundidade, abaixo de 0,30 m, variaram de acordo com a mudança do horizonte. Assim sendo, optou-se por não estabelecer um valor arbitrário. No entanto utilizou-se dos critérios de ensaio táctil-visual e mudanças de cor e textura.

A classificação triangular do solo para as amostras 2 são: 8 (oito) amostras areia franca; 9 (nove) franco-arenosa; e 1 (uma) franco argilo-arenosa; em cinco pontos não possível obter amostras devido ao solo apresentar resistência à perfuração com os instrumentos de sondagem manual (Fig. 5.74).

A Tabela 5.11 apresenta a classificação SUCS para as amostras ensaiadas.

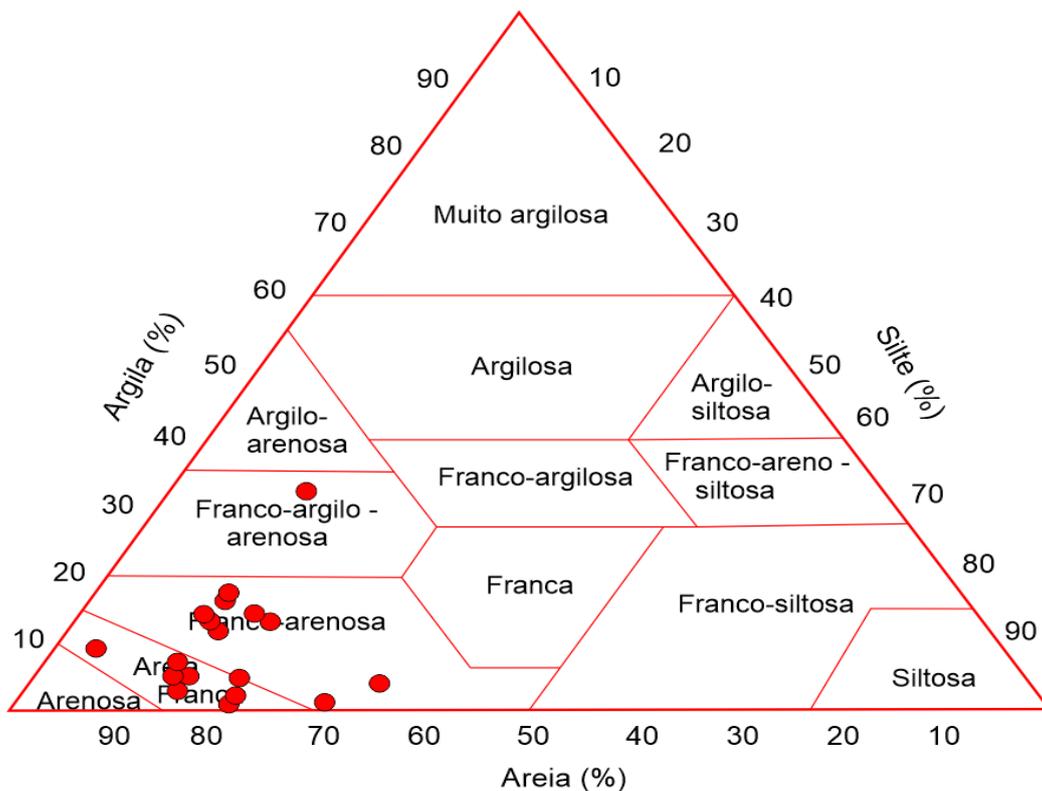


Figura 5.74 – Classificação triangular do solo para as amostras coletadas abaixo de 0,30m

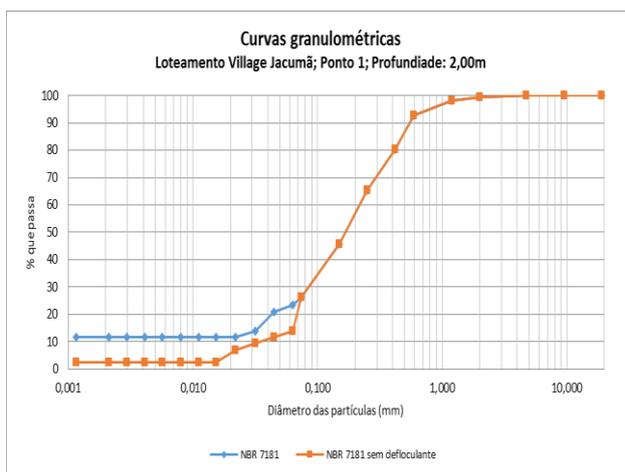
Tabela 5.11 - Resumo da granulometria para as amostras abaixo de 0,30 m de profundidade, de acordo com a classificação SUCS

	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9	Ponto 10
COORD. UTM	25M 299001/ 9195776	25M 299052/ 9195975	25M 299170/ 9196284	25M 299139/ 9196799	25M 299383/ 9197172	25M 299501/ 9195881	25M 299610/ 9196375	25M 299515/ 9196760	25M 299791/ 9197027
Profundidade (m)	2,00	0,95	1,10	1,00	0,80	0,80	1,10	1,00	1,80
w (%)	2,34	2,00	1,52	1,28	2,87	0,77	1,69	2,18	0,78
Densidade real (g/cm ³)	2,65	2,66	2,63	2,57	2,60	2,60	2,63	2,67	2,60
Material (mm)	Fração retida (%)								
4,75< Pedregulho <75	1	14	10	0	26	0	1	23	1
2,0< Areia grossa <4,75	0	6	0	2	7	1	0	7	1
0,42<Areia média<2,0	19	33	33	28	14	31	29	23	32
0,075<Areia fina<0,42	54	24	31	41	21	30	39	29	46
0,005 < Silte <0,075	14	21	13	13	19	34	31	15	13
Argila < 0,005	12	2	13	16	13	4	0	3	7
Limite de liquidez (w _L)	31	NP	NP	22	36	NP	36	NP	NP
Limite de plasticidade (w _p)	22	NP	NP	16	27	NP	27	NP	NP
Índice de plasticidade	8	NP	NP	6	9	NP	9	NP	NP
D10		0,07	0,01			0,07		0,07	0,04
D30		0,1	0,00			0,07		0,2	0,15
D60		0,5	0,45			0,3		0,8	0,35
Cc		1	3			0,3		1	2
Cu		7	75			4		11	9
Classificação SUCS	SM	SM	SM	SC-SM	SM	SM	SM	SM	SM

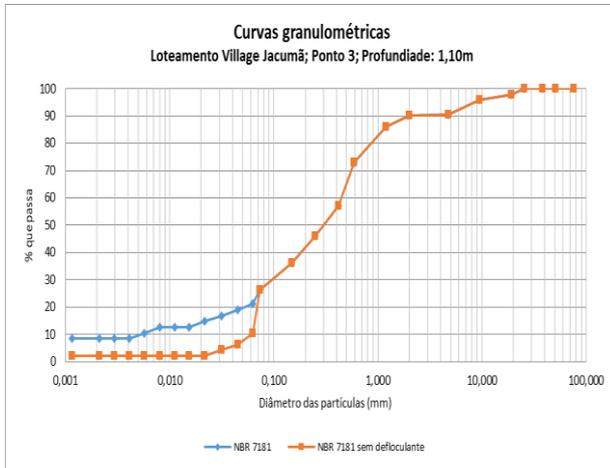
	Ponto 11	Ponto 12	Ponto 13	Ponto 14	Ponto 15	Ponto 16	Ponto 18	Ponto 21	Ponto 22
COORD. UTM	25M 299604/ 9197566	25M 299866/ 9195480	25M 300116/ 9195804	25M 299928/ 9196567	25M 300078/ 9196908	25M 299976/ 9197272	25M 300608/ 9196023	25M 300791/ 9195863	25M 300749/ 9196225
Profundidade (m)	0,60	0,70	2,00	1,00	1,30	2,00	2,00	2,00	1,70
w (%)	0,40	0,69	0,07	2,35	0,13	0,92	2,76	1,91	1,34
Densidade real (g/cm ³)	2,63	2,67	2,67	2,63	2,67	2,67	2,64	2,60	2,57
Material (mm)	Fração retida (%)								
4,75 < Pedregulho < 75	0	2	0	1	0	0	0	0	0
2,0 < Areia grossa < 4,75	1	7	1	1	1	1	1	1	1
0,42 < Areia média < 2,0	42	25	32	30	29	25	19	25	28
0,075 < Areia fina < 0,42	38	36	47	55	48	49	35	48	40
0,005 < Silte < 0,075	14	13	15	4	21	20	13	12	27
Argila < 0,005	5	17	5	9	1	5	32	14	24
Limite de liquidez (w _L)	NP	31	NP	NP	NP	NP	33	20	28
Limite de plasticidade (w _p)	NP	27	NP	NP	NP	NP	26	12	21
Índice de plasticidade	NP	4	NP	NP	NP	NP	7	8	6
D10	0,07		0,07	0,03	0,07	0,07			
D30	0,15		0,2	0,15	0,15	0,1			
D60	0,45		0,35	0,35	0,3	0,2			
Cc	1		2	2	1	1			
Cu	6		5	12	4	3			
Classificação SUCS	SM	SC	SC-SM						

Para as 18 amostras coletadas abaixo dos 0,30m a classificação foi: SM – areia-siltosa com 15 (quinze) amostras, SC-SM – areia argilo siltosa com 2 (duas) amostras e uma amostra classificada como SC – areia argilosa. No ponto 6 a profundidade máxima alcançada foi de 0,45m, não sendo possível obter uma amostra a essa profundidade, pois o solo se encontrava impenetrável aos equipamentos utilizados, porém é possível afirmar a partir das observações *in situ* que a cor era avermelhada com valor de 2,5YR 4/6, com concreções ferruginosas, a mesma descrição se aplica ao ponto 17. Nesse ponto não se obteve amostra, pois o solo apresentou-se impenetrável desde a superfície. O ponto 19 apresentou uma primeira camada arenosa (SP-SM) até aproximadamente 0,60 m, após essa profundidade não foi possível obter amostra, pois essa camada estava bastante endurecida e a partir de fragmentos obtidos com os instrumentos de sondagem pode-se perceber a cor cinza. No ponto 20, não foi possível coletar a amostra 2, pois a profundidade máxima foi de 0,50 m e essa camada se encontrava bastante endurecida, com matiz 10YR.

A curva granulométrica referente a amostra 2 do ponto 1, foi coletada na profundidade de 2,00 m (Fig. 5.75) e apresenta uma curva de distribuição de areia siltosa classificada como SM. A amostra 2, no ponto 2 (Fig. 5.76), pertence a uma camada arenosa classificada como SM – areia siltosa, com o uso do defloculante se obteve uma variação na fração silte, não tendo diferença na fração argila, explica-se essa variação pelo processo de lixiviação da fração silte da camada superior.



encontra em uma profundidade 1,00 m, sendo classificada SM – areia siltosa e onde o uso do defloculante apresentou variação na desagregação do material fino, desaglutinando a fração silte e argila.



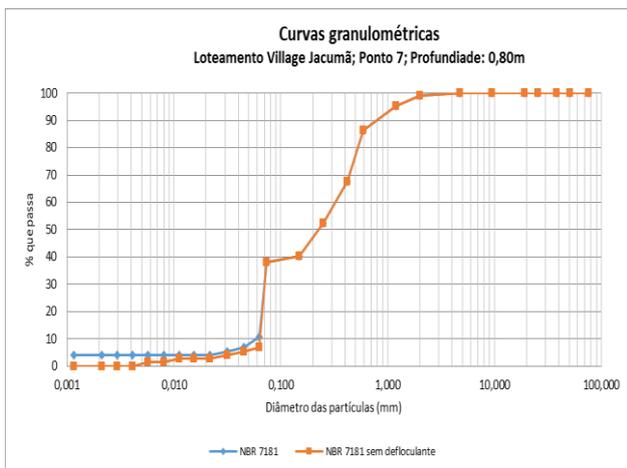


Figura 5.80 - Curva granulométrica ponto 7, amostra 2

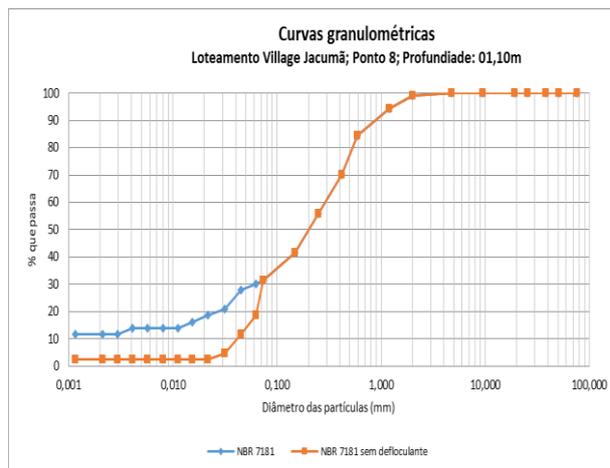


Figura 5.81 - Curva granulométrica ponto 8, amostra 2

O ponto 9, amostra 2 (Fig. 5.82) apresenta uma curva com características de distribuição dos grãos contínua, com classificação SM – areia siltosa com 23% de pedregulho, com baixa concentração de materiais finos, mesmo com o uso do defloculante a presença de silte e argila não se mostrou significativa. Os pontos 10 (Fig. 83) e 11 (Fig. 84) mostram uma curva com características de distribuição bem graduada com silte classificada como SM – areia siltosa.

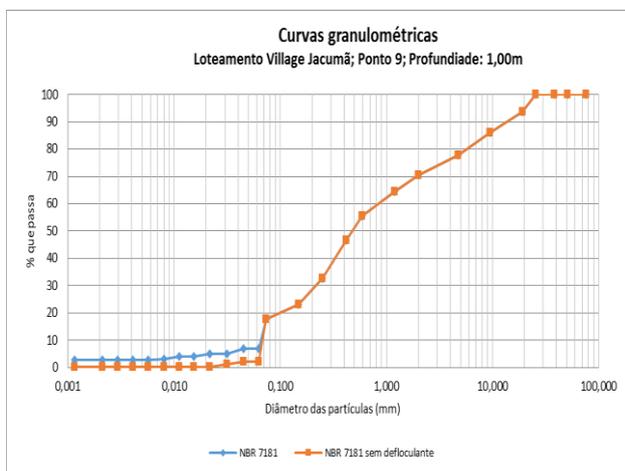


Figura 5.82 - Curva granulométrica ponto 9, amostra 2

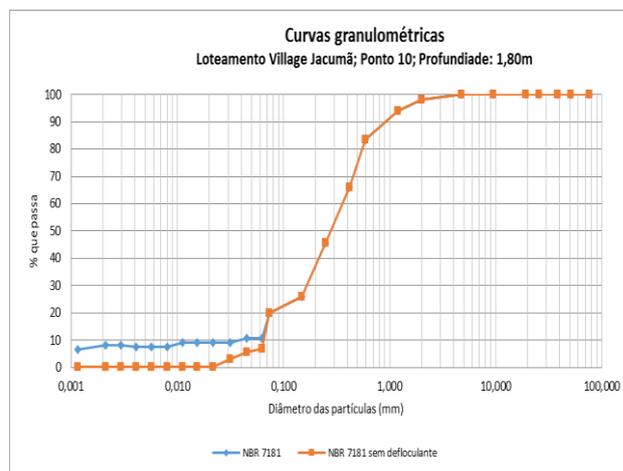


Figura 5.83 - Curva granulométrica ponto 10, amostra 2

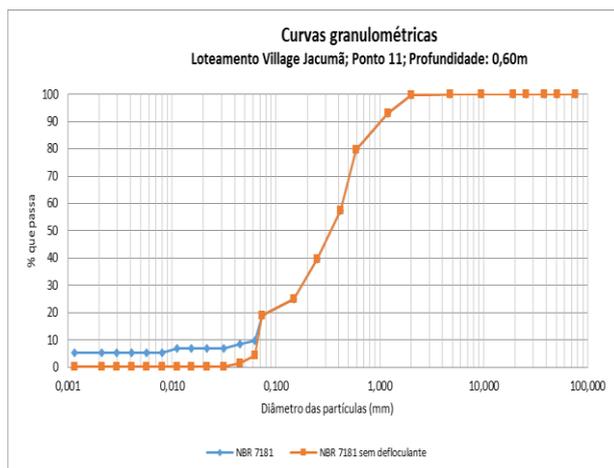


Figura 5.84 - Curva granulométrica ponto 11, amostra 2

O ponto 12, a amostra 2 (Fig. 5.85) apresenta uma curva com características de distribuição dos grãos descontínua, com classificação SM – areia siltosa com baixa concentração de materiais finos. Mesmo com o uso do defloculante a presença de silte e argila não se mostrou significativa. Na amostra 2 no ponto 13 (Fig. 5.86), é classificada como sendo SM – areia siltosa, com uma maior concentração de grãos na fração areia média, a curva apresenta uma distribuição uniforme do tamanho dos grãos.

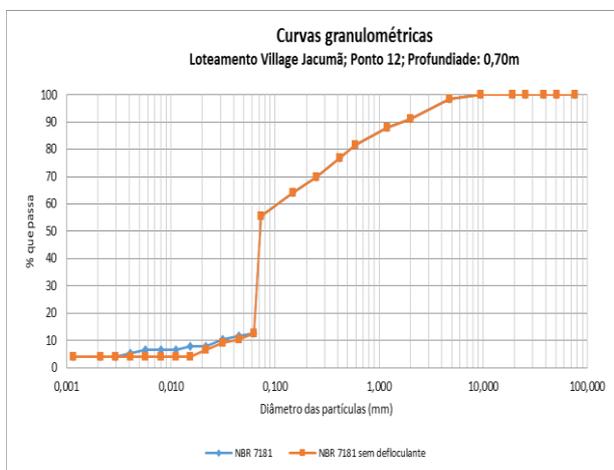


Figura 5.85 - Curva granulométrica ponto 12, amostra 2

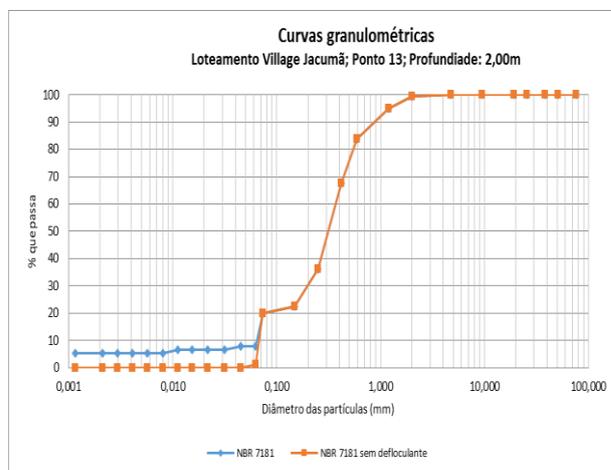
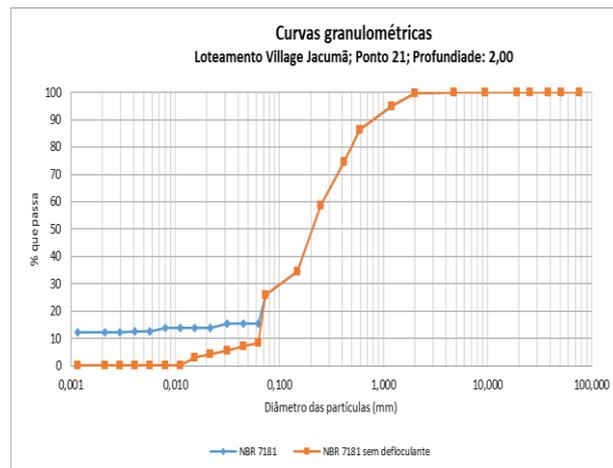


Figura 5.86 - Curva granulométrica ponto 13, amostra 2

No ponto 14 (Fig. 87) a amostra 2, coletada a 1,00 m de profundidade, apresenta uma amostra classificada como SM, com uma distribuição do tamanho dos grãos contínua e que com a presença de defloculante os grãos da fração fina se mostraram presentes, contudo o percentual de argila e silte não apresentou limites de liquidez e plasticidade. A segunda amostra, ponto 15, (Fig. 5.88) a amostra 2 é classificada como sendo SM, com uma maior concentração de grãos na fração areia média e fina, a curva apresenta uma distribuição

O ponto 21, a amostra 2 (Fig. 5.91), coletada a 2,00 m de profundidade, abaixo da camada arenosa apresentou uma curva com distribuição contínua com maior concentração de areia média e fina, a curva apresentou variação com uso do defloculante, o processo desagregador químico evidencia uma maior porcentagem de argila e silte, porém observa-se que o estado natural do solo (sem defloculante) é um solo com partículas agregadas, ou seja, uma tendência de agregação das partículas finas.



Jacumã, Carapibus e Vilas de Carapibus

Na Figura 5.93 é apresentada a classificação triangular do solo para pontos 24 a 48. São 6 (seis) amostras na classe arenosa; 9 (nove) areia franca; 5 (cinco) franco-arenosa e 1 (uma) amostra classificada como franca. No entanto, quatro amostras não foram coletadas devido resistência à escavação

Na Tabela 5.12 apresentam-se os valores obtidos no ensaio de peneiramento e sedimentação para as amostras com defloculante, de acordo com a classificação SUCS (amostras à profundidade de 0,30 m).

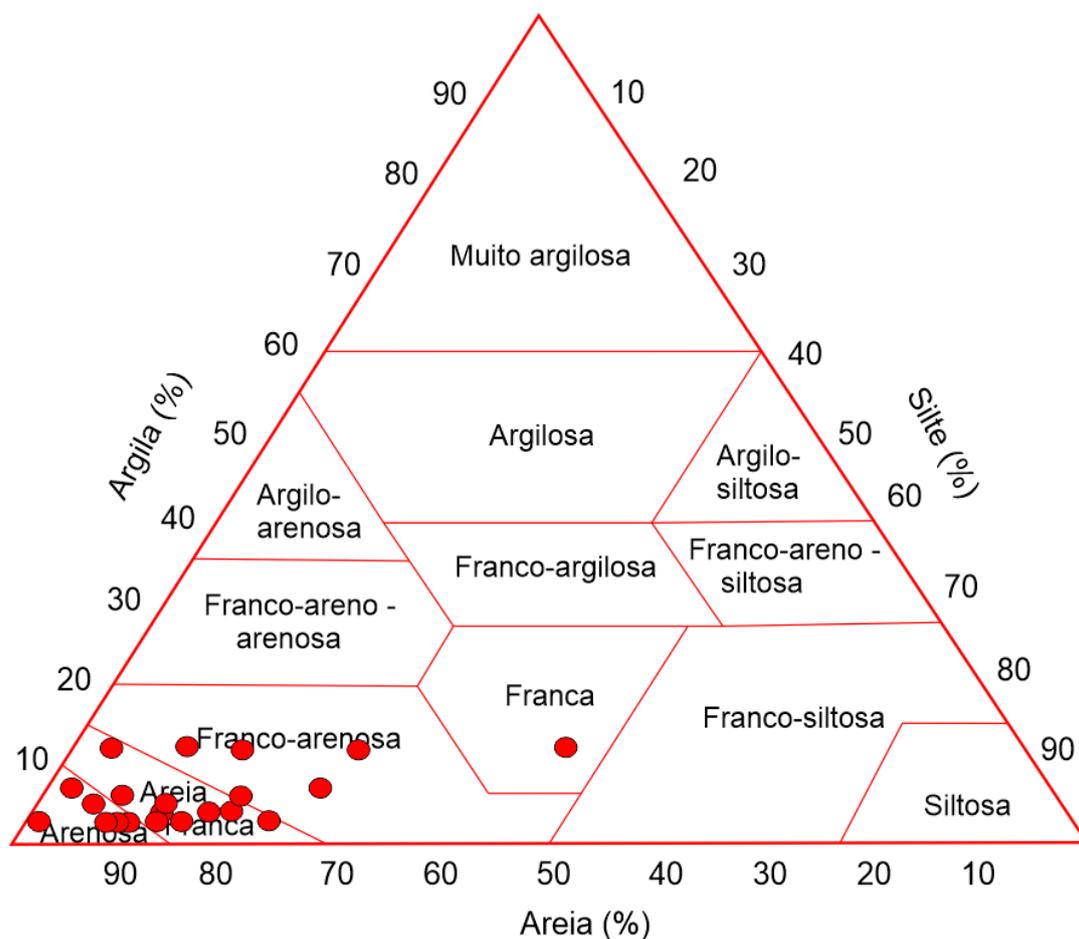


Figura 5.93 – Classificação triangular do solo para os pontos 24 a 48

As sondagens dos pontos 24 a 48 foram distribuídas nas áreas urbanas de Jacumã, Carapibus e Vilas de Carapibus, e estão localizadas no centro-leste do município (Fig. 5.94).

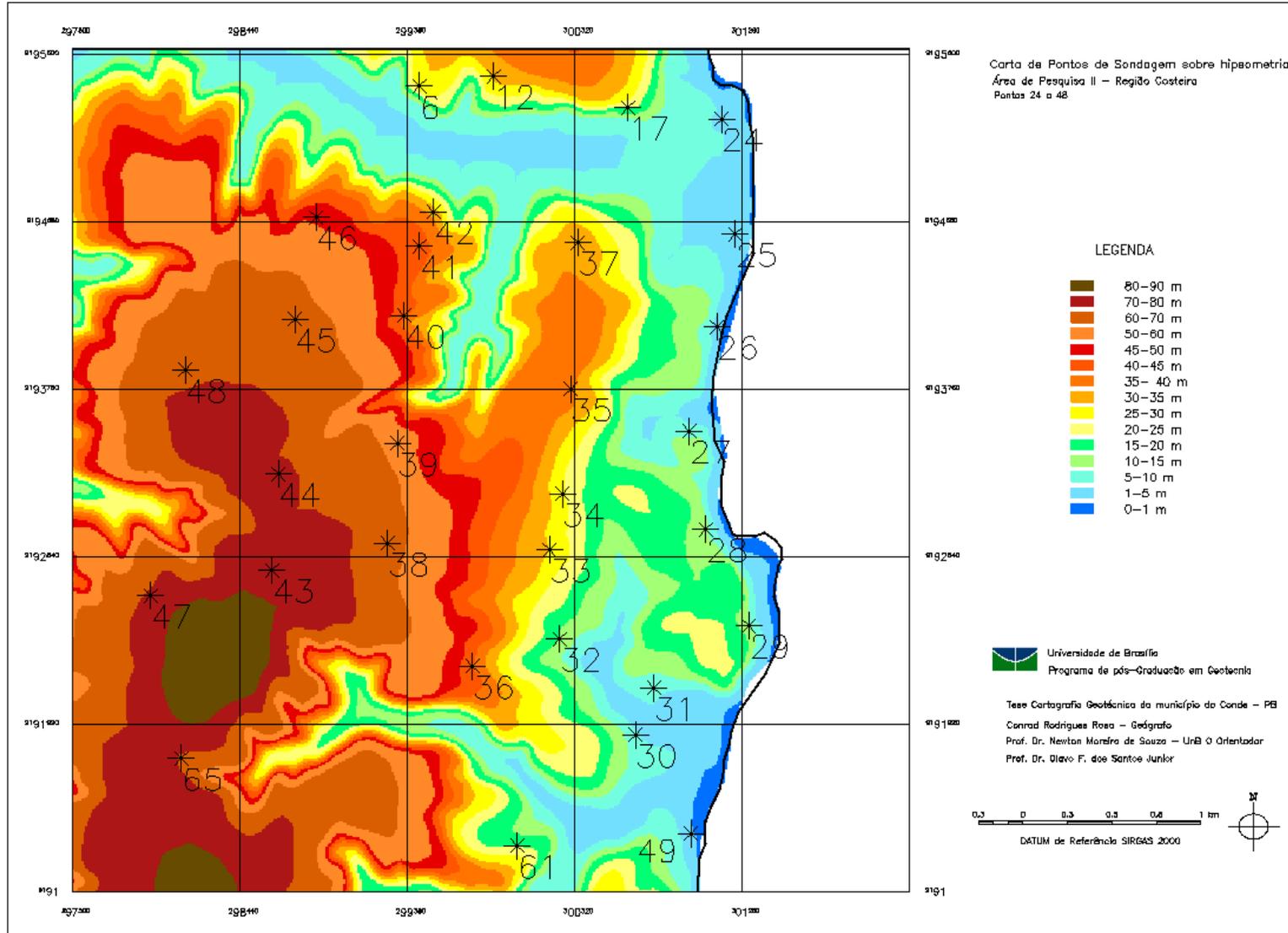


Figura 5.94 - Carta de sondagens Jacumã, Vilas de Carapibus e Carapibus

Tabela 5.12 - Resumo da granulometria para as amostras abaixo de 0,30 m de profundidade, de acordo com a classificação SUCS

	Ponto 24	Ponto 25	Ponto 26	Ponto 28	Ponto 29	Ponto 30	Ponto 31	Ponto 33	Ponto 34	Ponto 35
COORD. UTM	25M 301149/ 9195241	25M 301220/ 9194609	25M 301123/ 9194093	25M 301064/ 9192974	25M 301220/ 9194610	25M 300660/ 9191864	25M 300764/ 9192118	25M 300226/ 9192994	25M 300248/ 9193191	25M 300313/ 9193755
w (%)	0,38	0,14	0,25	0,65	0,63	0,48	0,14	0,78	1,21	0,14
Densidade real (g/cm ³)	2,67	2,65	2,64	2,61	2,61	2,66	2,67	2,67	2,61	2,65
Material (mm)	Fração retida (%)									
4,75< Pedregulho <75	1	0	1	0	1	0	0	1	23	0
2,0< Areia grossa <4,75	3	1	0	2	1	1	1	0	22	0
0,42<Areia média<2,0	29	5	29	33	38	8	43	37	18	12
0,075<Areia fina<0,42	42	83	42	26	27	79	35	52	21	62
0,005 < Silte <0,075	19	6	16	27	21	9	17	3	13	23
Argila < 0,005	6	5	12	12	12	3	4	7	3	3
Limite de liquidez (w _L)	NP	NP	27	NP						
Limite de plasticidade (w _P)	NP	NP	19	NP						
Índice de plasticidade	NP	NP	8	NP						
D10	0,07	0,07		0,001	0,001	0,07	0,15	0,07	0,07	0,07
D30	0,2	0,18		0,07	0,07	0,2	0,2	0,2	0,3	0,1
D60	0,3	0,28		0,35	0,4	0,3	0,45	0,4	2,5	0,25
Cc	2	2		3	2	2	1	1	0,5	1
Cu	4	4		70	80	4	6	6	35	3
Classificação SUCS	SM	SP-SM	SC-SM	SM	SM	SP-SM	SM	SW-SM	SM	SM

	Ponto 36	Ponto 38	Ponto 39	Ponto 40	Ponto 41	Ponto 42	Ponto 43	Ponto 44	Ponto 46	Ponto 47	Ponto 48
COORD. UTM	25M 299754/ 9192235	25M 299280/ 9192913	25M 299336/ 9193460	25M 299366/ 9194154	25M 299462/ 9194556	25M 299534/ 9194739	25M 298632/ 9192753	25M 298662/ 9193295	25M 298867/ 9194710	25M 297941/ 9192620	25M 298138/ 9193861
w (%)	0,73	0,57	0,6	0,95	0,14	1,16	0,75	0,48	0,12	0,33	0,68
Densidade real (g/cm ³)	2,62	2,63	2,65	2,65	2,65	2,64	2,61	2,57	2,65	2,64	2,64
Material (mm)	Fração retida (%)	Fração retida (%)	Fração retida (%)								
4,75< Pedregulho <75	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
2,0< Areia grossa <4,75	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,42<Areia média<2,0	38	40	13	31	7	30	20	28	7	39	52
0,075<Areia fina<0,42	41	41	27	54	81	36	56	66	79	43	31
0,005 < Silte <0,075	13	15	46	8	8	26	19	2	10	13	4
Argila < 0,005	5	3	12	6	3	7	4	3	3	4	12
Limite de liquidez (w _L)	NP	NP	27	NP	28						
Limite de plasticidade (w _p)	NP	NP	19	NP	18						
Índice de plasticidade	NP	NP	8	NP	9						
D10	0,07	0,07		0,03	0,07	0,04	0,07	0,12	0,07	0,07	
D30	0,15	0,2		0,18	0,18	0,07	0,15	0,22	0,18	0,2	
D60	0,4	0,4		0,35	0,25	0,3	0,3	0,35	0,25	0,4	
Cc	1	1		3	2	1	1	1	2	1	
Cu	6	6		12	3	4	4	3	4	6	
Classificação SUCS	SM	SM	CL	SM	SP-SM	SM	SM	SP-SM	SM	SM	SC

Das 21 amostras, em profundidade de 0,30 m, 13 apresentaram características de solo SM – areia siltosa (62% das amostras), 4 amostras (19%) são classificadas como SP-SM – areia mal graduada com silte; 5% das amostras são classificadas como SW-SM – areia bem graduada com silte (uma amostra); uma amostra SC-SM – areia argilo siltosa; SC – areia argilosa (uma amostra); e uma amostra classificada como CL – argila magra arenosa. Alguns pontos não puderam ser obtidos devido à resistência do solo 27, 32, 37 e 45, não sendo possível escavar e assim obter amostras desejadas; o ponto 27 localizado na falésia da praia do Amor, próximo à borda da falésia, apresentou alta resistência à escavação por estar sobre um topo rochoso consolidado com cor vermelha no matiz 2.5YR (tabela de cores de Munsell), apresentava também características ferruginosas. Os pontos 32, coordenadas: 25M 301064, 9192974, ponto 37 nas coordenadas: 25M 300226, 9192994, e ponto 45 com coordenadas: 25M 299462, 9194556, o solo apresentava-se muito rígido com cor amarela no matiz 10YR.

As curvas granulométricas da amostra do ponto 24 (Fig. 5.95) apresenta a classificação SM – areia siltosa, sem limites de liquidez e plasticidade; o ponto 25 (Fig. 5.96) apresenta uma classificação SP-SM – areia mal graduada com silte, com baixa variação de partículas finas quando efetuado o ensaio com uso do defloculante.

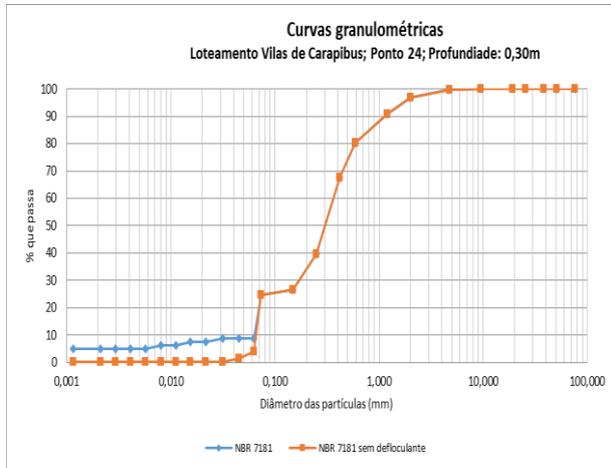


Figura 5.95 - Curva granulométrica ponto 24, amostra 1

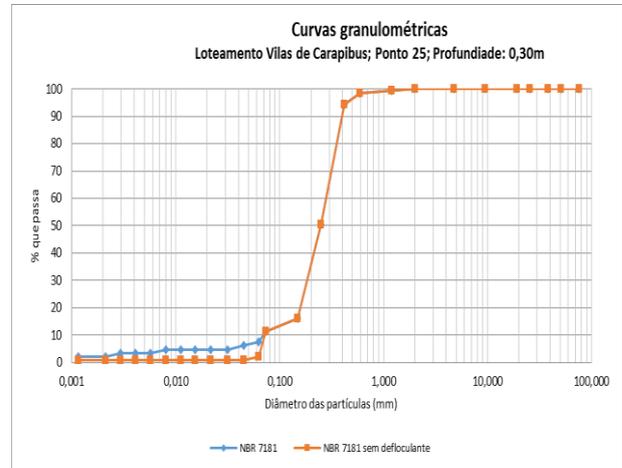


Figura 5.96 - Curva granulométrica ponto 25, amostra 1

O ponto 26, amostra 1 (Fig. 5.97) possui uma classificação de areia argilo-siltosa e o ponto 28, amostra 1 (Fig. 5.98) apresenta uma classificação SM – areia siltosa, o uso do defloculante mostrou uma desagregação das partículas finas, contudo as amostras não apresentaram comportamento de liquidez ou plasticidade.

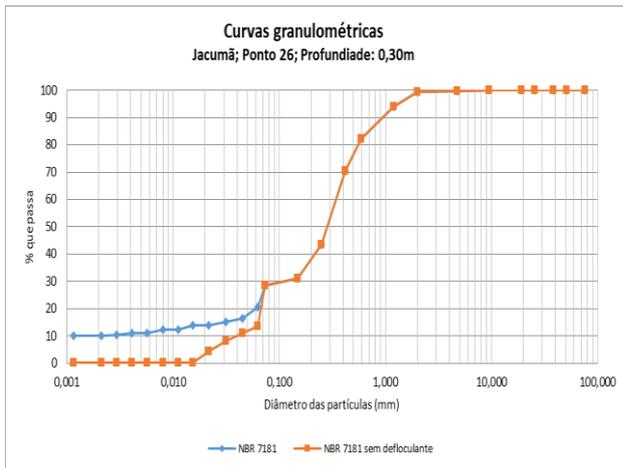


Figura 5.97 - Curva granulométrica ponto 26, amostra 1

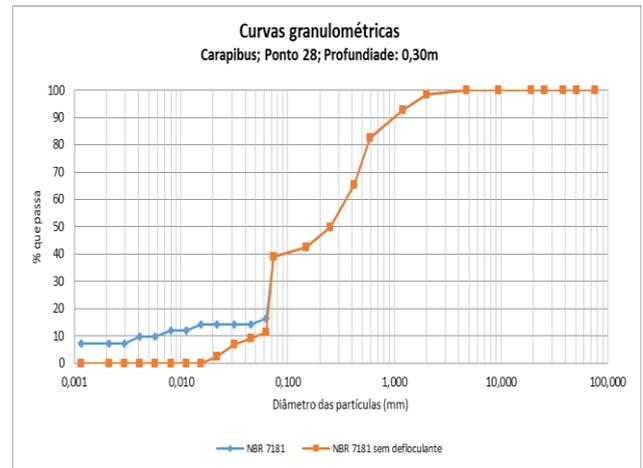


Figura 5.98 - Curva granulométrica ponto 28, amostra 1

O ponto 29 com a amostra 1 (Fig. 5.99) possui uma classificação SM – areia siltosa, onde o uso do defloculante apresentou um aumento de aproximadamente 7 % em relação à curva sem uso do defloculante.

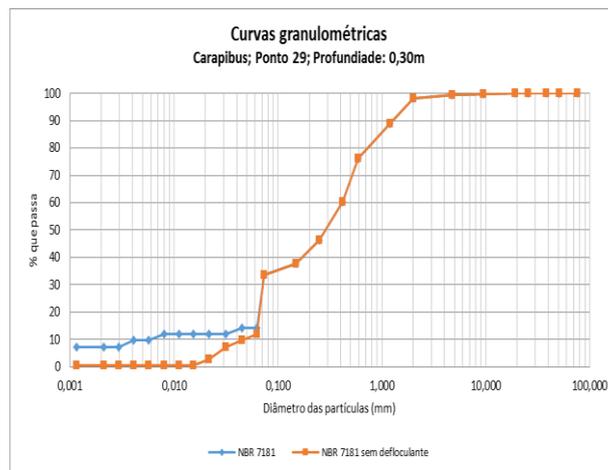


Figura 5.99 - Curva granulométrica do ponto 29, amostra 1

O ponto 30 (Fig. 5.100) possui uma classificação para a amostra 1 de areia mal graduada com silte (SP-SM) e o ponto 31, amostra 1 (Fig. 5.101) apresentou características de distribuição uniforme com baixa variação de partículas finas; quando efetuado o ensaio com uso do defloculante, esses pontos apresentam uma classificação SM – areia siltosa.

5.109) é classificada como SP-SM – areia mal graduada com silte, com uma porcentagem de partículas finas desprezíveis para comportamento de mudança de consistência do solo.

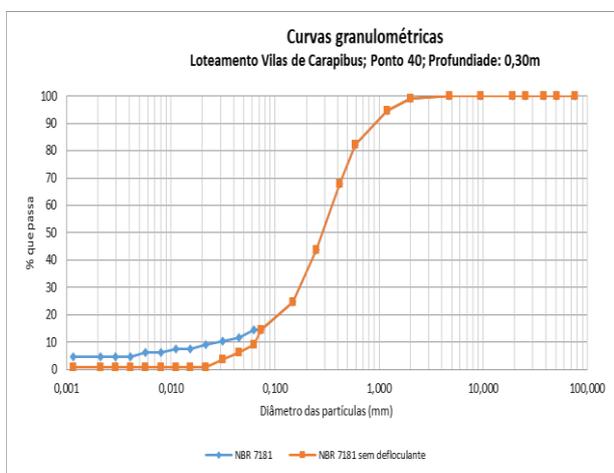


Figura 5.108 - Curva granulométrica ponto 40, amostra 1

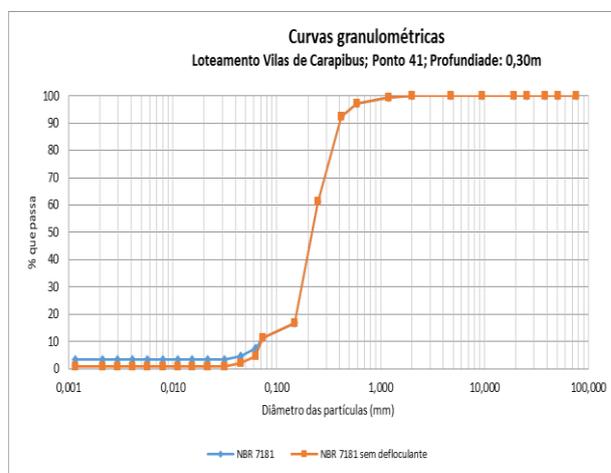


Figura 5.109 - Curva granulométrica ponto 41, amostra 1

Os pontos 42 e 43 (Fig. 5.110 e 5.111) trazem duas curvas granulométricas semelhantes para as amostras 1; a classificação é SM – areia siltosa - distribuídas em curvas com tamanho de grãos uniformes, ambas não apresentam limites de liquidez e plasticidade.

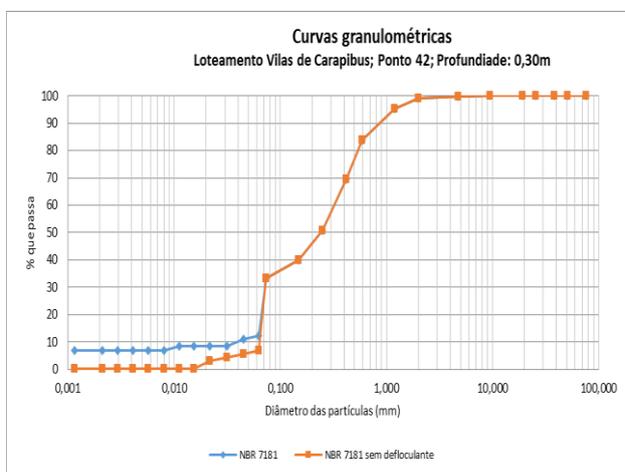


Figura 5.110 - Curva granulométrica ponto 42, amostra 1

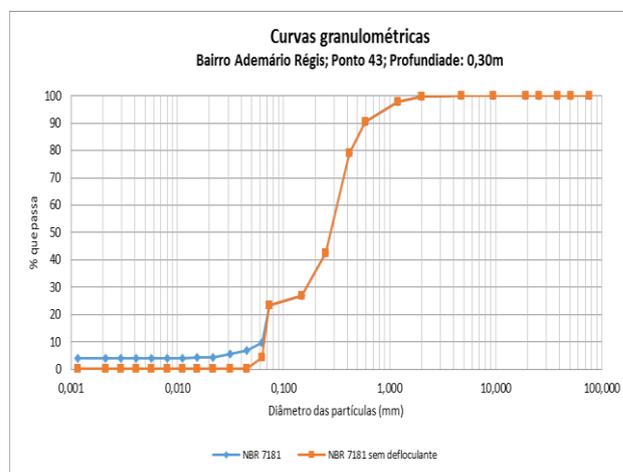


Figura 5.111 - Curva granulométrica ponto 43, amostra 1

O ponto 44 (Fig. 5.112) apresenta classificação SP-SM – areia mal graduada com silte onde as curvas granulométricas estão distribuídas em tamanhos de grãos uniformes não apresentando limites; e o ponto 46 (Fig. 5.113) é classificado como SM – areia siltosa e as curvas granulométricas estão distribuídas em tamanhos de grãos uniformes não apresentando limites.

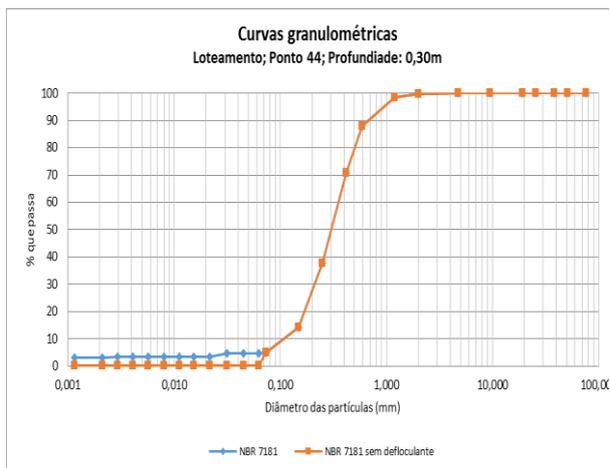


Figura 5.112 - Curva granulométrica ponto 44, amostra 1

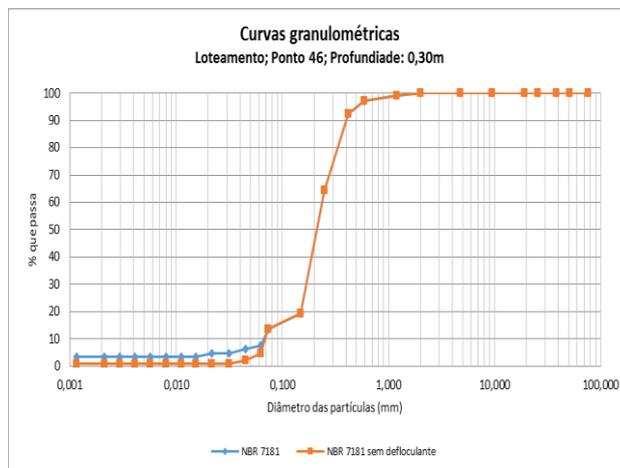


Figura 5.113 - Curva granulométrica ponto 46, amostra 1

A amostra 1 no ponto 47 (Fig. 5.114) classifica-se como SM – areia siltosa, distribuído uniformemente na curva granulométrica; o ensaio com uso de defloculante não apresentou variação nos resultados das partículas finas do solo. O ponto 48 (Fig. 5.115) apresenta um solo classificado como sendo SC – areia argilosa, o uso do defloculante apresentou variação na análise da amostra com aproximadamente 19% de argila e silte em comparação com a amostra sem uso do defloculante.

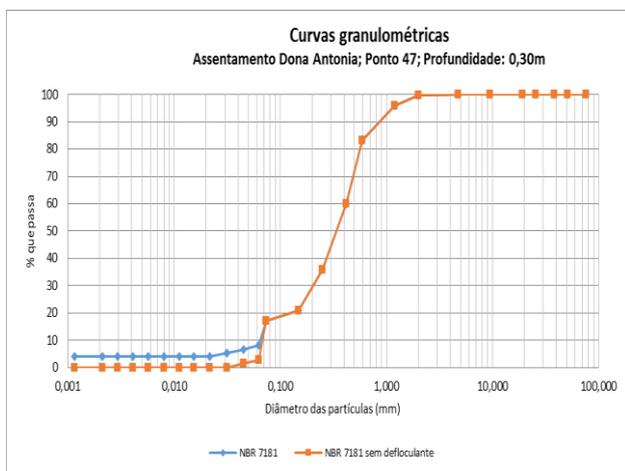


Figura 5.114 - Curva granulométrica ponto 47, amostra 1

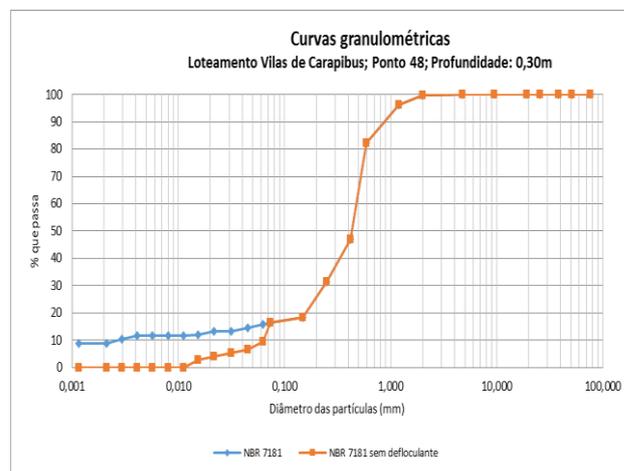


Figura 5.115 - Curva granulométrica ponto 48, amostra 1

A Figura 5.116 apresenta as amostras obtidas nas sondagens abaixo de 0,30 m dispostas no triângulo textural do solo. São 4 (quatro) amostras arenosas; 6 (seis) amostras areia franca; 5 (cinco) franco-arenosa e 2 (duas) franco argilo-arenosa; oito amostras não foram obtidas devido à resistência à perfuração com instrumentos manuais.

Na Tabela 5.13 é mostrado o resumo da granulometria para os pontos de 24 a 48 em amostras com profundidade abaixo de 0,30 m.

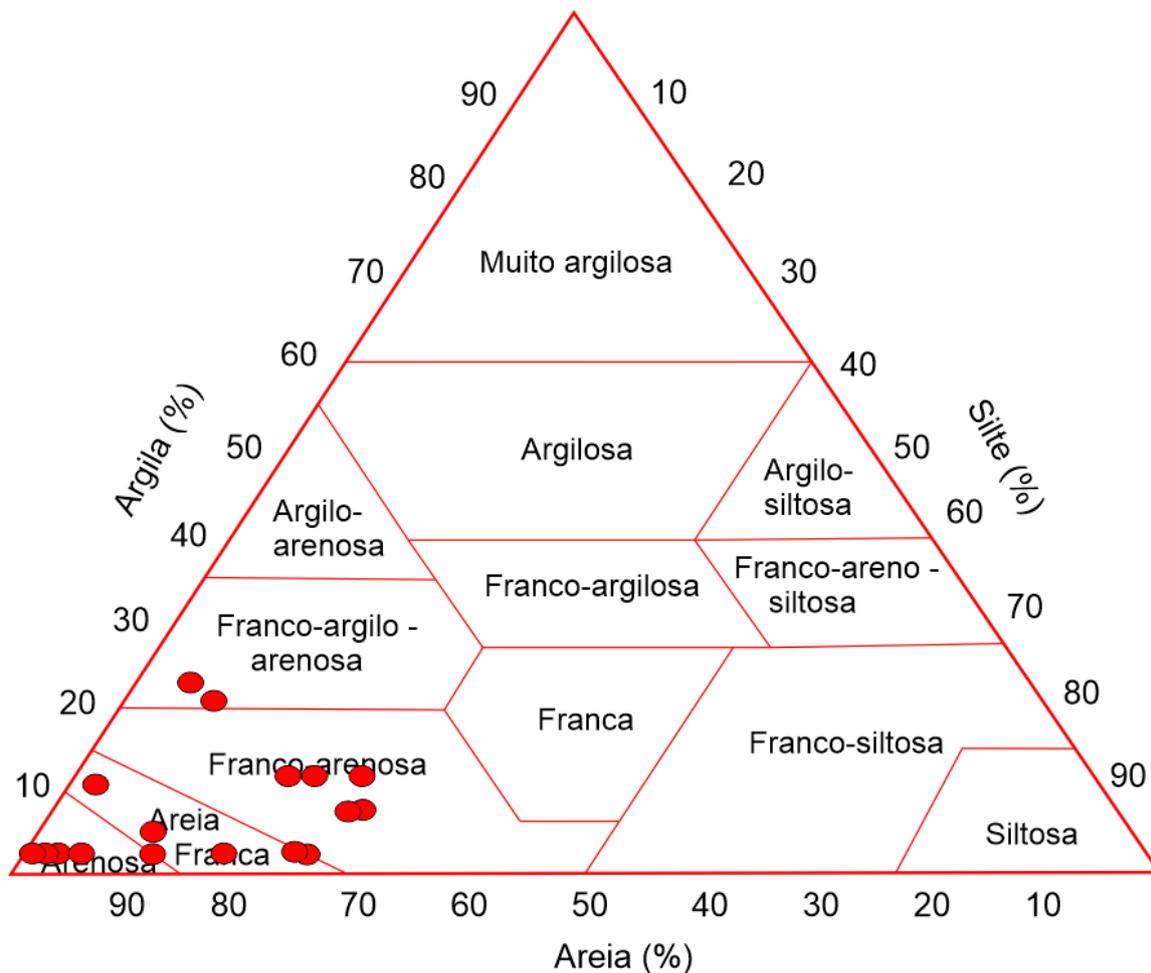


Figura 5.116 – Classificação triangular do solo para os pontos 24 a 48, amostra 2

Tabela 5.13 - Resumo da granulometria para os pontos de 24 a 48 em amostras com profundidade abaixo de 0,30 m

	Ponto 24	Ponto 25	Ponto 26	Ponto 28	Ponto 30	Ponto 33	Ponto 34
COORD. UTM	25M 301149/ 9195241	25M 301220/ 9194609	25M 301123/ 9194093	25M 301064/ 9192974	25M 300660/ 9191864	25m 300226/ 9192994	25M 300248/ 9193191
Profundidade (m)	2,00	2,00	2,00	1,25	2,00	2,00	0,60
w (%)	1,26	0,13	0,25	0,80	0,12	1,06	1,52
Densidade real (g/cm ³)	2,69	2,65	2,64	2,61	2,64	2,67	2,63
Material (mm)	Fração retida (%)						
4,75< Pedregulho <75	6	0	0	0	0	1	32
2,0< Areia grossa <4,75	4	1	1	1	1	1	17
0,42<Areia média<2,0	40	3	27	37	5	21	22
0,075<Areia fina<0,42	22	89	39	56	85	48	15
0,005 < Silte <0,075	5	4	21	2	6	3	3
Argila < 0,005	23	3	12	3	3	21	11
Limite de liquidez (w _L)	32	NP	27	NP	NP	27	26
Limite de plasticidade (w _p)	27	NP	19	NP	NP	22	20
Índice de plasticidade	5	NP	8	NP	NP	4	5
D10		0,07		0,1	0,08		
D30		0,19		0,25	0,2		
D60		0,28		0,4	0,3		
Cc		2		1	2		
Cu		4		4	4		
Classificação SUCS	SM	SP-SM	SC-SM	SP-SM	SP-SM	SM	SC-SM

	Ponto 35	Ponto 38	Ponto 40	Ponto 41	Ponto 42	Ponto 43	Ponto 44	Ponto 46	Ponto 47	Ponto 48
COORD. UTM	25M 300313/ 9193755	25M 299280/ 9192913	25M 299366/ 9194154	25M 299462/ 9194556	25M 299534/ 9194739	25M 298632/ 9192753	25M 298662/ 9193295	25M 298867/ 9194710	25M 297941/ 9192620	25M 298138/ 9193861
Profundidade (m)	2,00	2,00	1,80	2,00	1,00	2,00	2,00	2,00	1,50	2,00
w (%)	0,21	0,59	2,40	0,26	1,17	0,97	0,26	0,10	3,07	4,08
Densidade real (g/cm ³)	2,65	2,63	2,65	1,65	2,63	2,61	2,61	2,65	2,60	2,64
Material (mm)	Fração retida (%)	Fração retida (%)								
4,75< Pedregulho <75	0	0	1	0	0	0	1	0	8	0
2,0< Areia grossa <4,75	0	1	2	0	1	1	0	1	1	1
0,42<Areia média<2,0	13	45	19	9	30	31	36	16	49	32
0,075<Areia fina<0,42	60	39	47	70	35	33	57	55	26	30
0,005 < Silte <0,075	24	12	19	18	26	27	3	25	11	25
Argila < 0,005	3	3	12	3	8	8	3	3	5	12
Limite de liquidez (w _L)	NP	NP	30	NP	30	25	NP	NP	NP	31
Limite de plasticidade (w _P)	NP	NP	21	NP	21	19	NP	NP	NP	22
Índice de plasticidade	NP	NP	9	NP	8	5	NP	NP	NP	9
D10	0,07	0,07	0,01	0,07	0,02	0,02	0,15	0,07	0,07	
D30	0,1	0,21	0,07	0,15	0,07	0,07	0,25	0,08	0,3	
D60	0,25	0,43	0,2	0,25	0,3	0,3	0,4	0,25	0,7	
Cc	1	1	6	1	1	1	1	1	2	
Cu	4	6	50	4	15	15	3	4	10	
Classificação SUCS	SM	SM	SC	SM	SC	SC-SM	SP-SM	SM	SM	SC

O ponto 24, com a amostra 2 (Fig. 5.117) possui uma curva granulométrica com distribuição contínua com classificação SM – areia siltosa com 23% de argila, no ensaio sem defloculante a amostra já apresentou uma fração de silte, porém com baixa porcentagem de argila, no ensaio com defloculante a curva se mostrou mais contínua nas frações silte e argila, o que pode ser explicado como sendo a ação do defloculante nas partículas de argila que estavam aglutinadas nas partículas de areia fina e silte. Na amostra 2 no ponto 25 (Fig. 5.118) é classificado como um solo SP-SM – areia mal graduada com silte, a curva granulométrica tem sua distribuição uniforme, com maior porcentagem de areia média, o uso do defloculante apresentou uma porcentagem um pouco maior de silte em comparação a amostra ensaiada sem defloculante, porém não houve variação das porcentagens de argila nos dois ensaios.

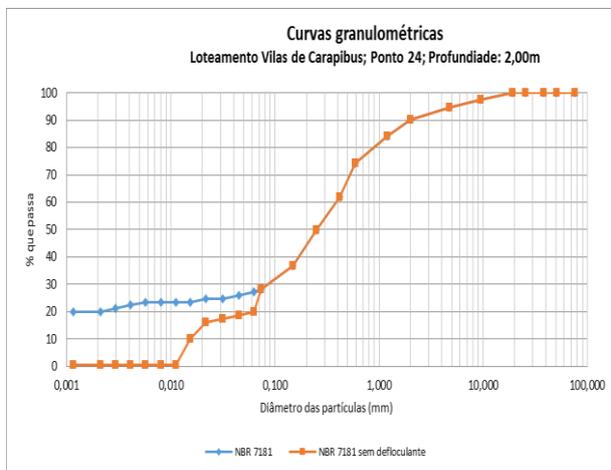


Figura 5.117 - Curva granulométrica ponto 24, amostra 2

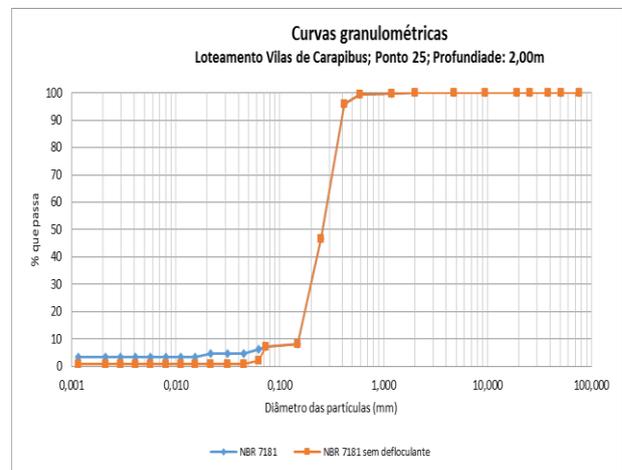


Figura 5.118 - Curva granulométrica ponto 25, amostra 2

A amostra 2, obtida a 2,00 m de profundidade no ponto 26 (Fig. 5.119) apresentou variação na quantidade de partículas finas. No entanto essa variação não foi significativa para modificar o atributo de consistência do solo, não havendo limites de liquidez e plasticidade, a amostra é classificada como SC-SM – areia argilo siltosa. No ponto 28 a segunda amostra (Fig. 5. 120) foi coletada a 1,25m de profundidade sendo classificada como SP-SM – areia mal graduada com silte, com uma distribuição uniforme sem apresentar limites de consistência.

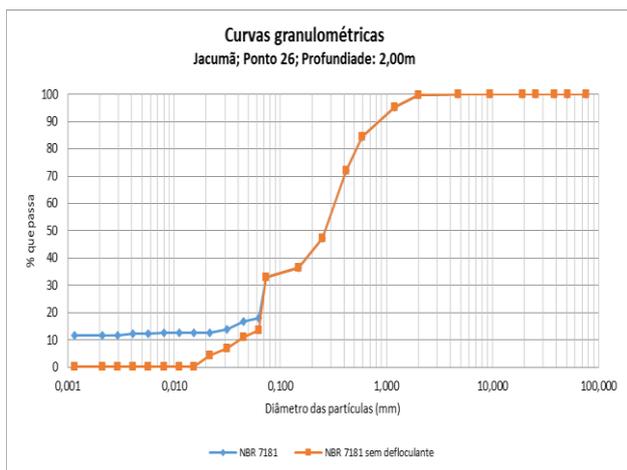


Figura 5.119 - Curva granulométrica ponto 26, amostra 2

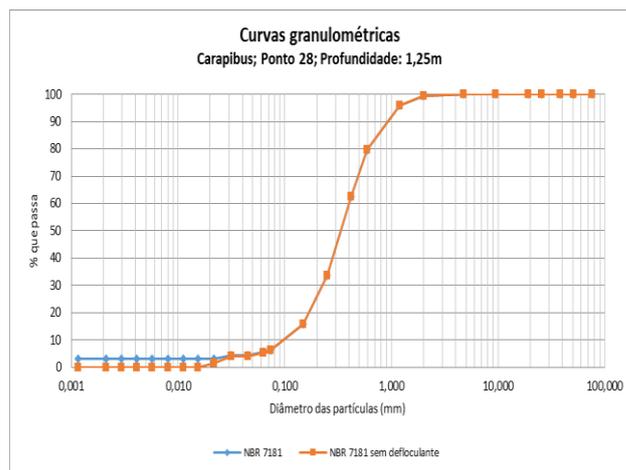


Figura 5.120 - Curva granulométrica ponto 28, amostra 2

A curva granulométrica referente a amostra 2 no ponto 30 (Fig. 5.121), obtida a 2,00 m de profundidade é uniforme, classificada como SP-SM – areia mal graduada com silte, onde o uso do defloculante não apresentou desagregação significativa no ensaio. A curva granulométrica da amostra 2 do ponto 33 (Fig. 5.122) é classificada como SM – areia siltosa. Pode-se observar que na curva, sem uso do defloculante há a uma porcentagem maior de silte em relação à argila; na curva, com uso do defloculante a distribuição se torna mais contínua, o que se leva a afirmar que os grãos de argila estavam aglutinados nos grãos de silte e areia fina.

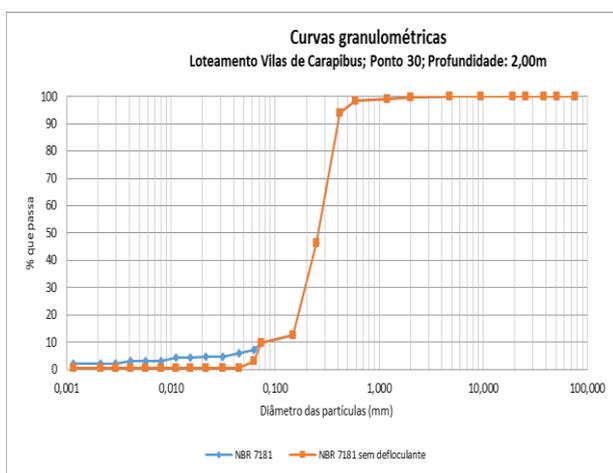


Figura 5.121 - Curva granulométrica ponto 30, amostra 2

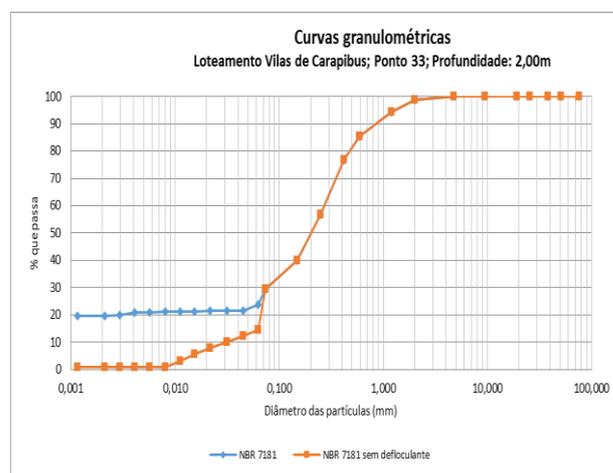


Figura 5.122 - Curva granulométrica ponto 33, amostra 2

O ponto 34, possui para a amostra 2 (Fig. 5.123) a classificação de SC-SM – areia argilo siltosa com pedregulho, obtido a 0,60 m de profundidade, é uma amostra que apresenta uma distribuição contínua, onde o uso de defloculante não apresentou desagregação significativa para alteração do comportamento do solo. A amostra 2 do ponto 35 (Fig. 5.124),

obtida a 2,00 m de profundidade, é classificada como sendo uma amostra SM – areia siltosa, com distribuição uniforme sem variação ao uso de defloculante.

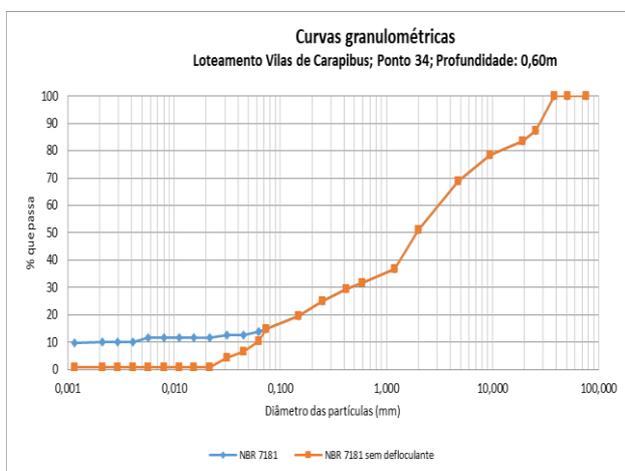


Figura 5.123 - Curva granulométrica ponto 34, amostra 2

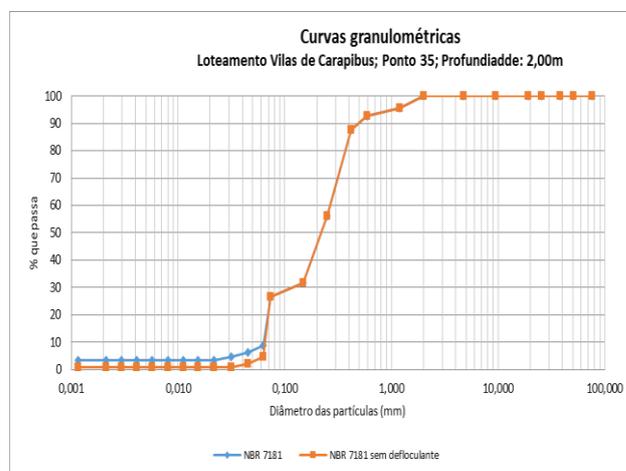


Figura 5.124 - Curva granulométrica ponto 35, amostra 2

O ponto 38, amostra 2 (Fig. 5.125) classifica-se como SM – areia siltosa, com distribuição uniforme sem variação ou desagregação das partículas finas. Na Figura 5.126 apresenta-se a curva granulométrica do ponto 40, amostra 2, coletada a 1,80 m de profundidade, ou seja, uma curva bem graduada, classificada como SC – areia argilosa. O uso do defloculante no ensaio desagregou as partículas finas mostrando maior concentração de silte e argila em relação ao ensaio sem defloculante.

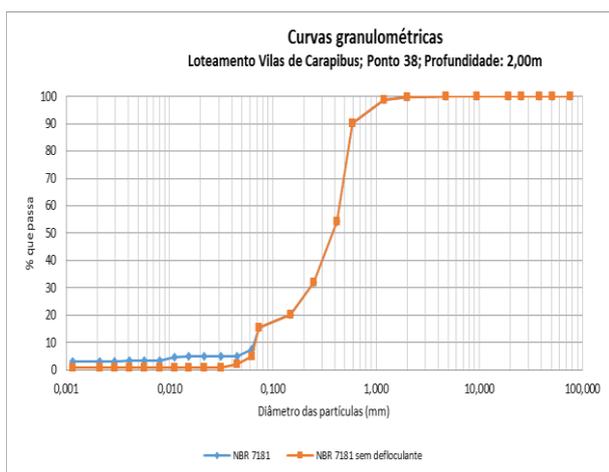


Figura 5.125 - Curva granulométrica ponto 38, amostra 2

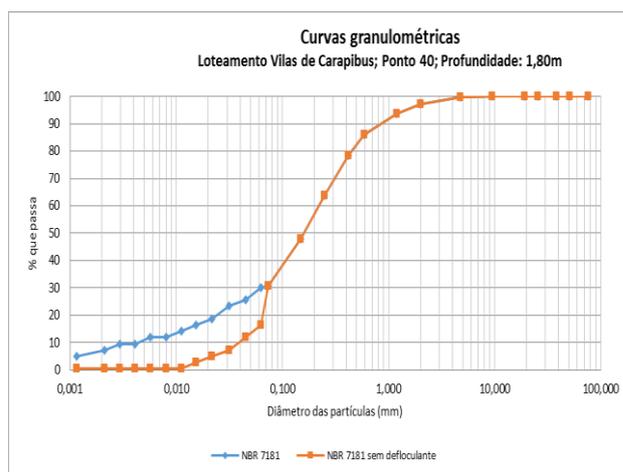


Figura 5.126 - Curva granulométrica ponto 40, amostra 2

O ponto 41, amostra número 2 (Fig. 5.127) é classificado como SM com distribuição uniforme das partículas na fração areia, o uso do defloculante não mostrou desagregação das

partículas. O ponto 42, possui uma amostra (Fig. 5.128), coletada a 1,00 m de profundidade tem como classificação SC – areia argilosa; é uma curva com distribuição contínua, onde se observa a presença de sedimentos finos, mesmo sem o ensaio com uso do defloculante, portanto, é um solo com comportamento pouco plástico, com IP igual 8.

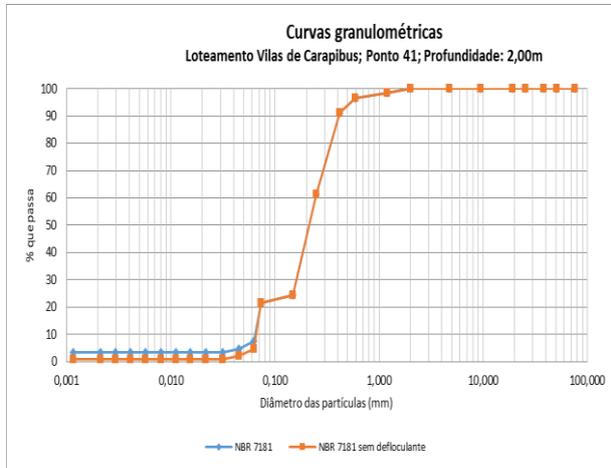


Figura 5.127 - Curva granulométrica ponto 41, amostra 2

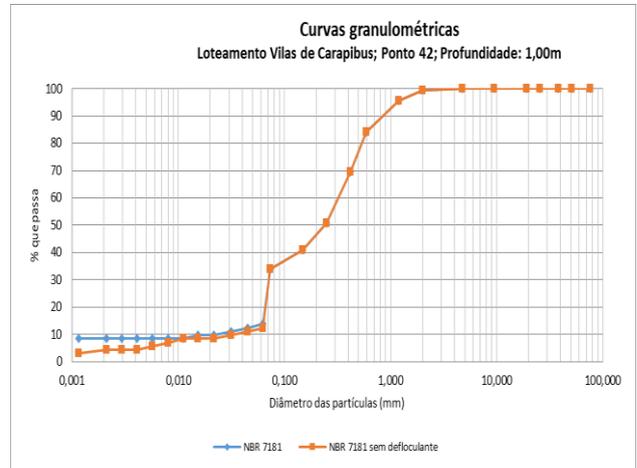


Figura 5.128 - Curva granulométrica ponto 42, amostra 2

A amostra 2 no ponto 43 (Fig. 5.129) é classificada como sendo uma amostra SC-SM – areia argilo siltosa, com uma distribuição contínua dos tamanhos dos grãos. O ponto 44 com a amostra coletada a 2,00 m (Fig. 5.130) é classificada como SP-SM – areia mal graduada com silte, a distribuição do tamanho dos grãos é uniforme, com maior concentração de areia fina, o uso de defloculante não apresentou desagregação significativa das partículas de silte e argila, visto que a fração silte e argila é na ordem de 6%.

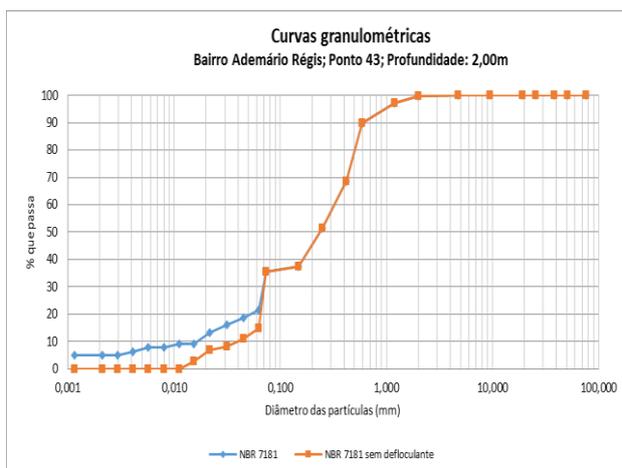


Figura 5.129 - Curva granulométrica ponto 43, amostra 2

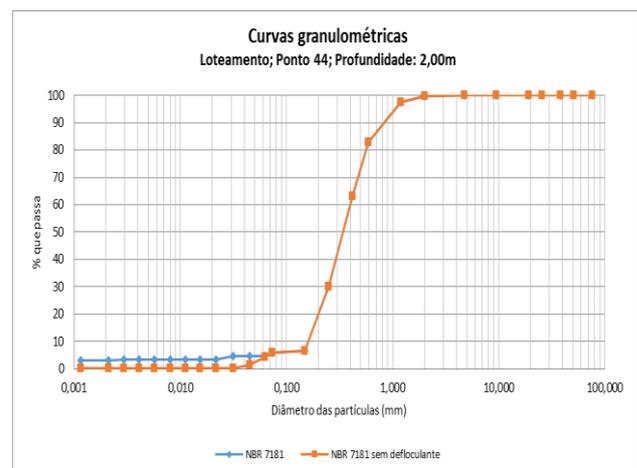


Figura 5.130 - Curva granulométrica ponto 44, amostra 2

O ponto 46 com amostra coletada a 2,00 m (Fig. 5.131) apresenta classificação SM – areia siltosa, a distribuição do tamanho dos grãos é uniforme, com maior concentração de areia fina (55%), o uso de defloculante nas duas amostras apresentou desagregação das partículas de silte e argila, sendo que a fração silte conta com 25% e argila 3%. A amostra 2 no ponto 47 (Fig. 5.132) é representado por uma curva granulométrica contínua, com porcentagem de silte em 11% e argila 5% no ensaio da amostra com uso do defloculante, e é classificada como SM – areia siltosa, não apresenta limites.

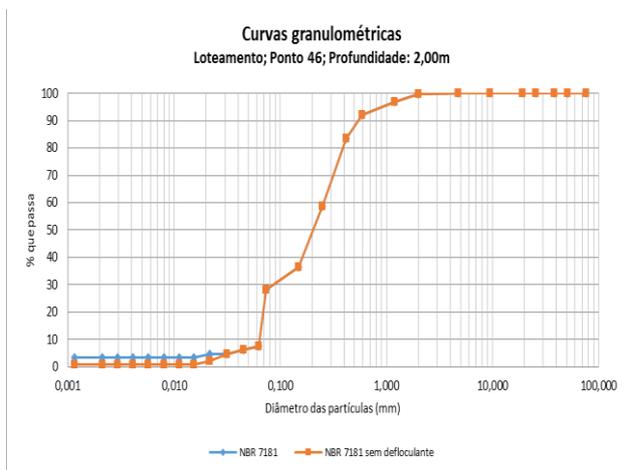


Figura 5.131 - Curva granulométrica ponto 46, amostra 2

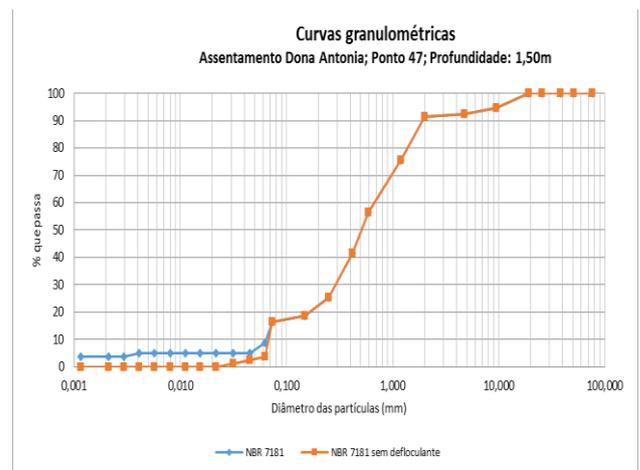


Figura 5.132 - Curva granulométrica ponto 47, amostra 2

O ponto 48, a amostra 2 (Fig. 5.133) classifica-se como solo SC – areia argilosa. Com uma distribuição contínua dos grãos, o uso do defloculante apresentou variação significativa na desagregação da amostra, e na curva do solo natural as partículas de argila se agregavam às partículas de silte, de maneira que na classificação triangular do solo a amostra é areno-siltosa.

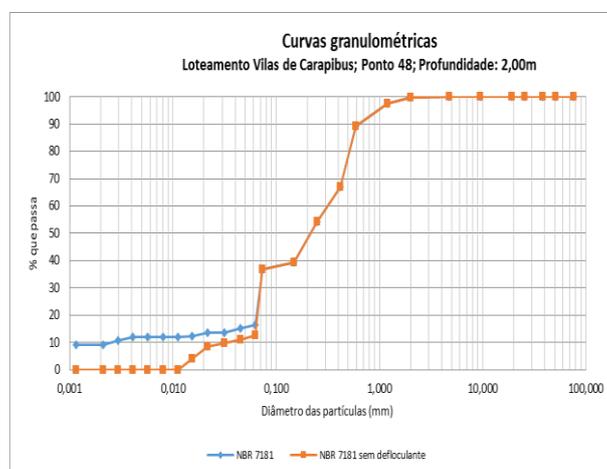
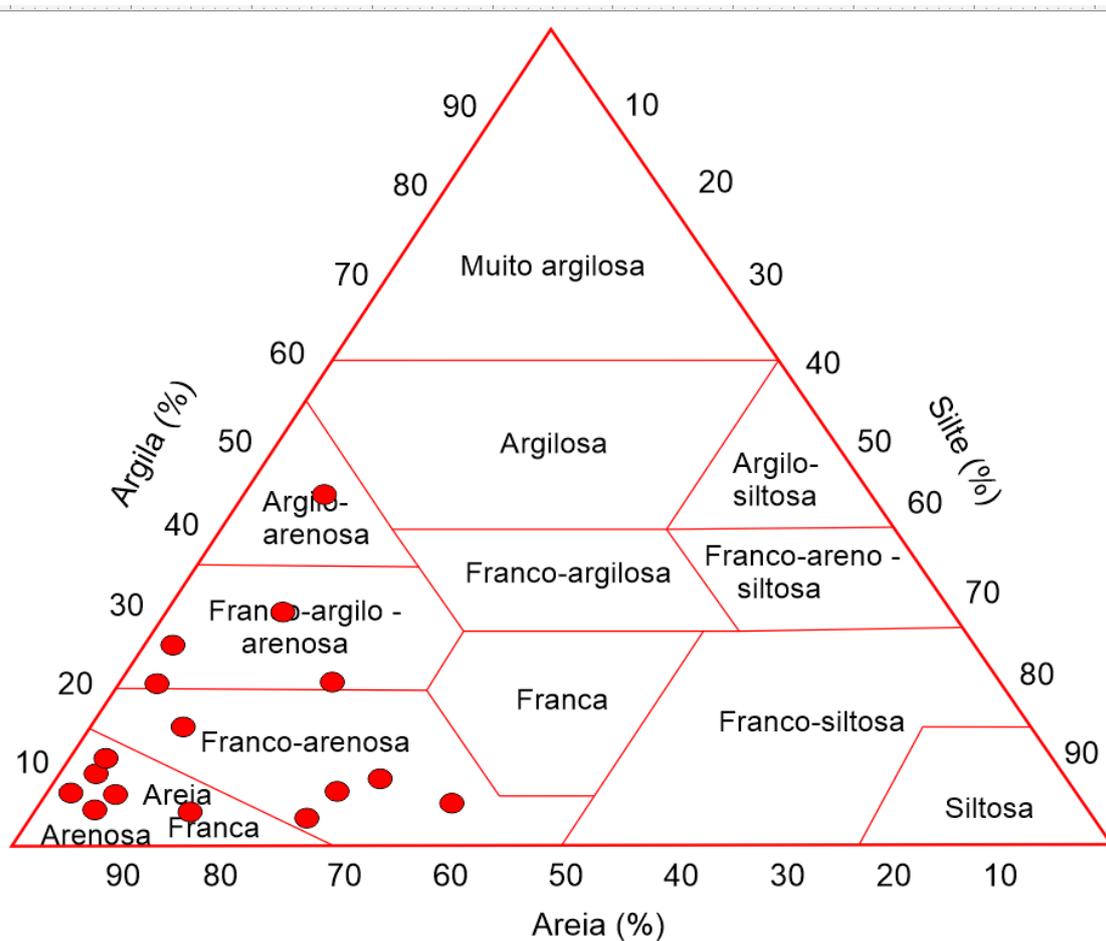


Figura 5.133 - Curva granulométrica ponto 48, amostra 2

Tabatinga, Coqueirinho, Tambaba e área rural de Tambaba

A classificação textural do solo é apresentada na Figura 5.134 com amostras nas classes: arenosa (duas); 4 (quatro) areia franca; 5 (cinco) franco arenosa; 4 (quatro) franco argilo-arenosa, e 1 (uma) argilo-arenosa. Sendo que uma amostra não foi obtida na sondagem devido aos instrumentos manuais não penetrarem no solo.

Os ensaios de caracterização geotécnica para as amostras a 0,30 m de profundidade estão apresentados na Tabela 5.14.



As áreas de Tabatinga, Coqueirinho, Tambaba, incluindo a área rural de Tambaba estão localizadas ao sudeste do município, as amostras foram obtidas principalmente nas altitudes entre 60 a 80 m, caracterizado com topo do tabuleiro, a cor predominante do solo possui matiz 7.5 YR (Fig. 5.135).

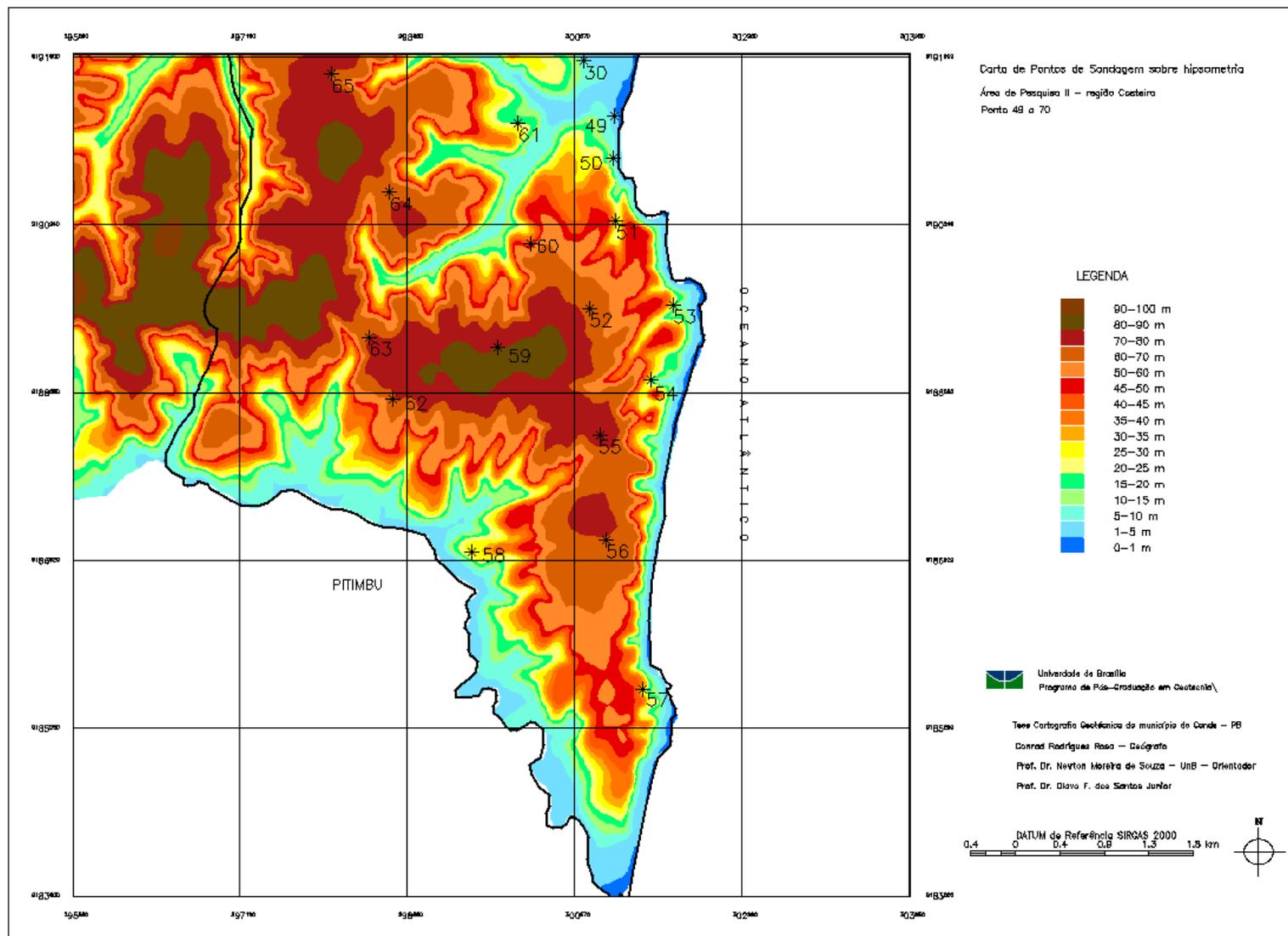


Figura 5.134 - Carta de sondagens de Tabatinga, Coqueirinho, Tambaba e área rural de Tambaba

Tabela 5.14 - Resumo da granulometria para os pontos de 49 a 65 em amostras com profundidade de 0,30 m

	Ponto 49	Ponto 50	Ponto 51	Ponto 52	Ponto 53	Ponto 55	Ponto 56	Ponto 57	Ponto 58	Ponto 59
COORD. UTM	25M 300979/ 9191310	25M 301024/ 9190876	25M 300982/ 9190280	25M 300736/ 9189410	25M 301553/ 9189447	25M 300850/ 9188157	25M 300908/ 9187122	25M 301265/ 9185655	25M 299533/ 9187029	25M 299814/ 9189019
w (%)	1,45	5,25	1,95	1,43	3,22	3,07	2,65	1,68	1,37	0,50
Densidade real (g/cm ³)	2,60	2,66	2,61	2,68	2,64	2,65	2,65	2,61	2,67	2,67
Material (mm)	Fração retida (%)									
4,75< Pedregulho <75	0	3	2	0	3	0	0	0	0	0
2,0< Areia grossa <4,75	1	3	2	1	3	1	0	0	0	0
0,42<Areia média<2,0	17	28	16	27	17	20	22	19	24	56
0,075<Areia fina<0,42	49	47	30	49	26	52	49	38	37	32
0,005 < Silte <0,075	27	15	8	4	7	3	26	38	20	4
Argila < 0,005	6	4	42	19	44	24	3	5	19	8
Limite de liquidez (w _L)	31	NP	24	26	35	27	NP	NP	29	NP
Limite de plasticidade (w _p)	23	NP	16	21	27	19	NP	NP	22	NP
Índice de plasticidade	8	NP	8	7	8	8	NP	NP	7	NP
D10	0,03	0,07					0,03	0,07		0,05
D30	0,07	0,15					0,07	0,07		0,27
D60	0,2	0,35					0,3	0,25		0,59
Cc	1	1					1	1		2
Cu	8	5					10	4		12
Classificação SUCS	SM	SM	CL	SC-SM	ML	SC	SM	SM	SC-SM	SW-SM

	Ponto 60	Ponto 61	Ponto 62	Ponto 63	Ponto 64	Ponto 65
COORD. UTM	25M 300107/ 9190064	25M 299998/ 9191233	25M 298742/ 9188508	25M 298742/ 9188508	25M 298965/ 9190563	25M 298141/ 9191709
w (%)	1,11	1,00	0,74	1,08	0,76	0,65
Densidade real (g/cm ³)	2,65	2,65	2,68	2,68	2,66	2,65
Material (mm)	Fração retida (%)					
4,75< Pedregulho <75	1	0	0	0	0	0
2,0< Areia grossa <4,75	2	0	2	1	0	1
0,42<Areia média<2,0	19	59	28	19	21	35
0,075<Areia fina<0,42	39	31	47	71	66	50
0,005 < Silte <0,075	11	6	9	3	7	4
Argila < 0,005	28	4	14	6	6	10
Limite de liquidez (w _L)	28	NP	32	NP	NP	NP
Limite de plasticidade (w _P)	20	NP	25	NP	NP	NP
Índice de plasticidade	8	NP	7	NP	NP	NP
D10		0,07		0,07	0,07	0,01
D30		0,28		0,15	0,15	0,2
D60		0,5		0,3	0,3	0,4
Cc		2		1	1	17
Cu		7		4	4	67
Classificação SUCS	SC	SW-SM	SM	SP-SM	SM	SM

As amostras apresentaram percentuais de areia acima de 70% para a camada de 0,30 m, pela classificação SUCS, a camada está classificada entre 44% para SM – areia siltosa (sete amostras), 13% SC – areia argilosa (duas amostras); 13% é classificada como SC-SM – areia argilo siltosa (duas amostras); 12% é classificada como sendo SW-SM – areia bem graduada com silte (duas amostras); 6% classifica-se por SP-SM – areia mal graduada com silte; 6% CL – argila arenosa e também com 6% ML – silte arenoso.

No ponto 54 não foi possível coletar amostras devido à impenetrabilidade do solo desde a superfície, estando em uma camada laterítica. Os pontos 59, 62 e 63 apresentaram alta resistência à escavação, no entanto, foi possível coletar amostra acima da profundidade 0,30m, o solo apresentava características de um solo laterítico.

A amostra 1, do ponto 49 (Fig. 5.136) obtido a 0,30 m de profundidade é classificada como SM – areia siltosa, com pequena alteração na desagregação das partículas de argila e silte, o ensaio de limites apresentou um índice de plasticidade igual a 8 onde se caracteriza um solo pouco plástico. O ponto 50 (Fig. 5.137) traz uma amostra classificada como SM, com baixa alteração pelo uso do defloculante na desagregação da fração silte argila.

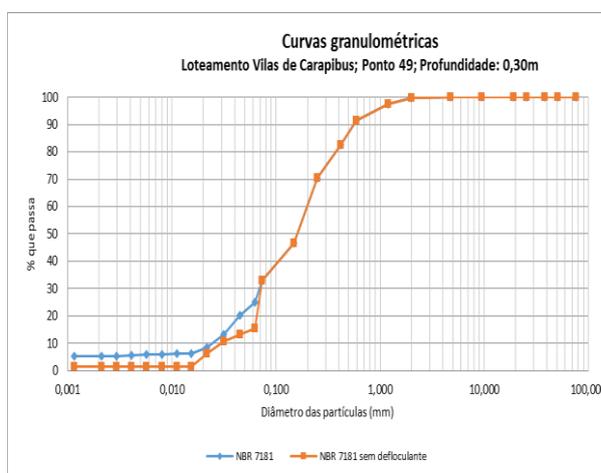


Figura 5.136 - Curvas granulométricas ponto 49, amostra 1

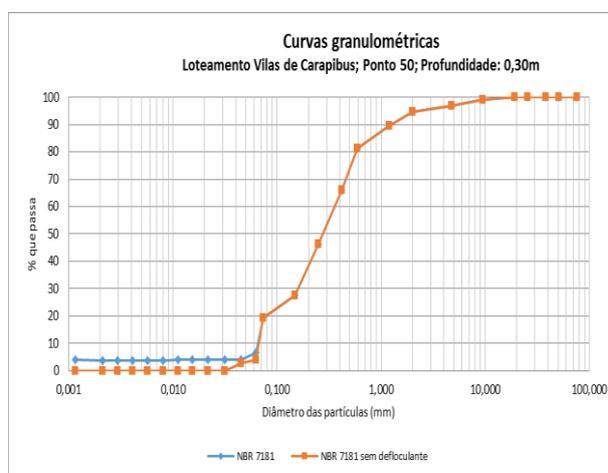


Figura 5.137 - Curvas granulométricas ponto 50, amostra 1

A amostra 1, do ponto 51 (Fig. 5.138), classifica-se como CL – argila magra arenosa, onde 42% da granulometria é argila, 8% silte e 48% constituída por areia, distribuídos em uma curva contínua, onde o uso do defloculante alterou significativamente o resultado do ensaio em comparação ao ensaio sem defloculante, mostrando que a fração argila se encontrava agregada às partículas de silte e areia fina. O ponto 52, a amostra 1 (Fig. 5.139) é classificada como sendo uma amostra SC-SM – areia argilo siltosa, onde o uso do defloculante apresentou desagregação da fração de argila e silte, apresentando assim 19% da

fração em argila e 4% silte.

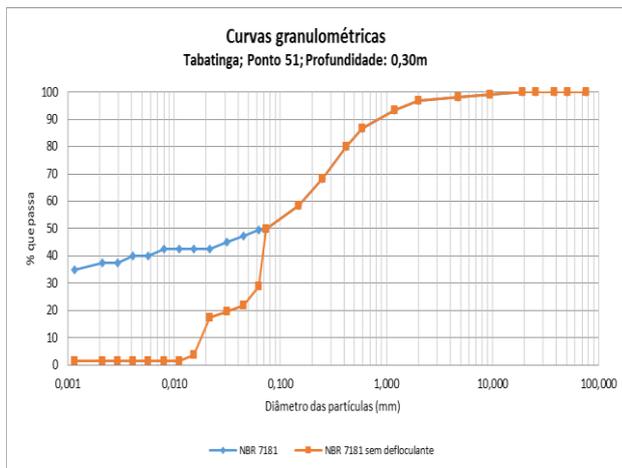


Figura 5.138 - Curvas granulométricas ponto 51, amostra 1

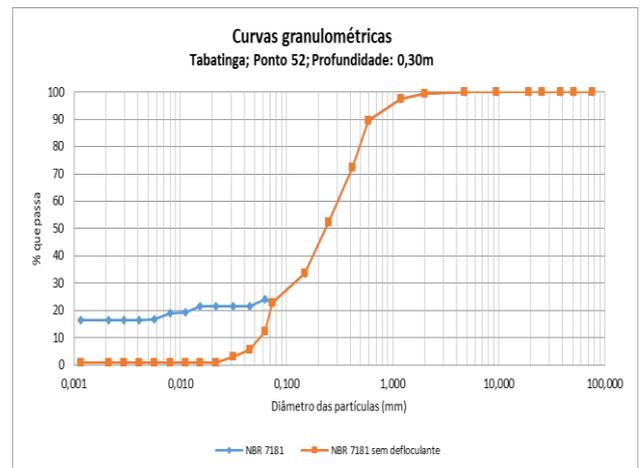


Figura 5.139 - Curvas granulométricas ponto 52, amostra 1

A amostra 1 do ponto 53 (Fig. 5.140) classifica-se como ML – silte arenoso, distribuídos em uma curva contínua, onde o uso do defloculante alterou significativamente o resultado do ensaio em comparação ao ensaio sem defloculante, mostrando que a fração argila se encontrava agregada às partículas de silte e areia fina, apresentando valores de 44% para argila e 7% para silte, com $w_L=35$ e $IP=8$. O ponto 55 (Fig. 5.141) é classificado como sendo uma amostra SC – areia argilosa, onde o uso do defloculante apresentou desagregação da fração de argila e silte com valores para $w_L=27$ e $IP=8$ porém com baixo comportamento plástico.

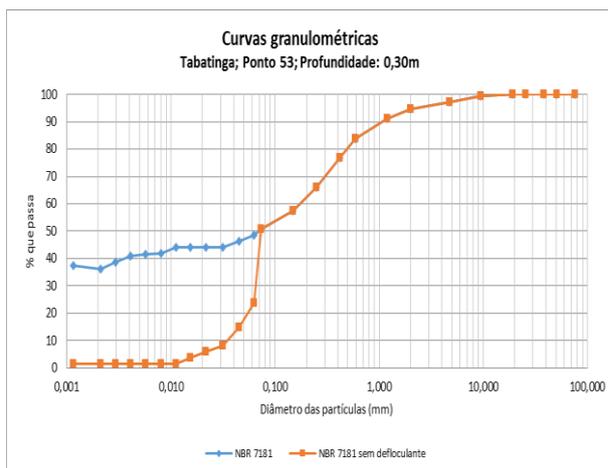


Figura 5.140 - Curvas granulométricas ponto 53, amostra 1

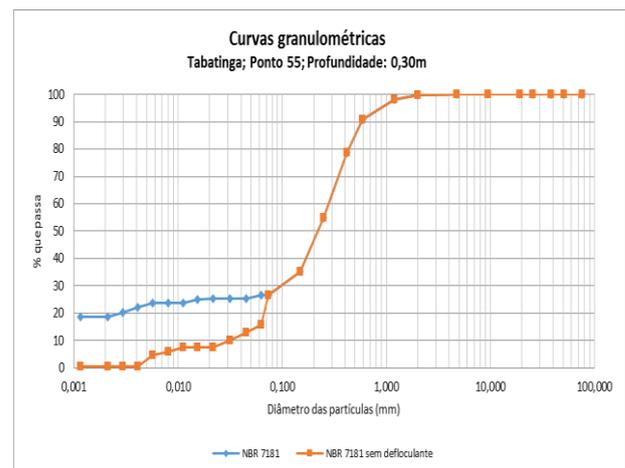


Figura 5.141 - Curvas granulométricas ponto 55, amostra 1

O ponto 56 (Fig. 5.142) é classificado como sendo SM – areia siltosa, onde a desagregação das partículas silte e argila foi baixa, alterando fracamente a curva

granulométrica, é uma amostra sem limites. O ponto 57 (Fig. 5.143) possui uma classificação SM, tem uma distribuição do tamanho dos grãos uniforme, com alta concentração da fração silte (38%).

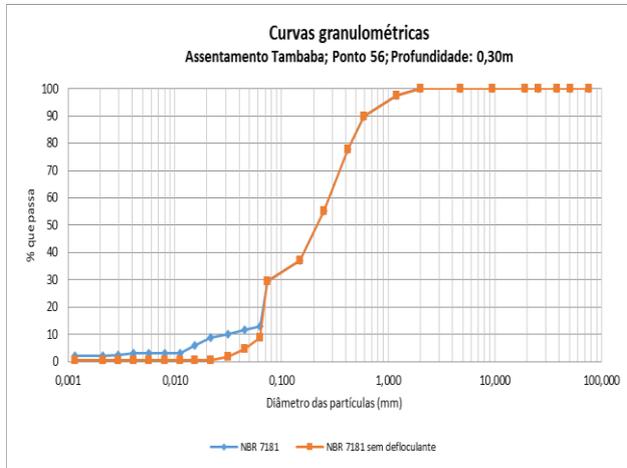


Figura 5.142 - Curvas granulométricas ponto 56, amostra 1

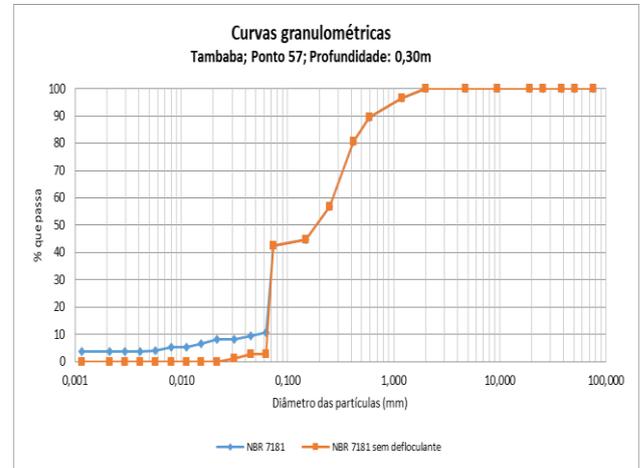


Figura 5.143 - Curvas granulométricas ponto 57, amostra 1

O ponto 58 (Fig. 5.144) é classificado como sendo uma amostra SC-SM – areia argilo siltoza, onde o uso do defloculante apresentou desagregação da fração de argila e silte com distribuição granulométrica contínua, com baixa plasticidade, mesmo com porcentagens consideráveis de silte (20%) e argila (19%). O ponto 59 (Fig. 5.145) é classificado como SW-SM – areia bem graduada com silte, não houve variação resultante do uso do defloculante que alterasse significativamente a amostra.

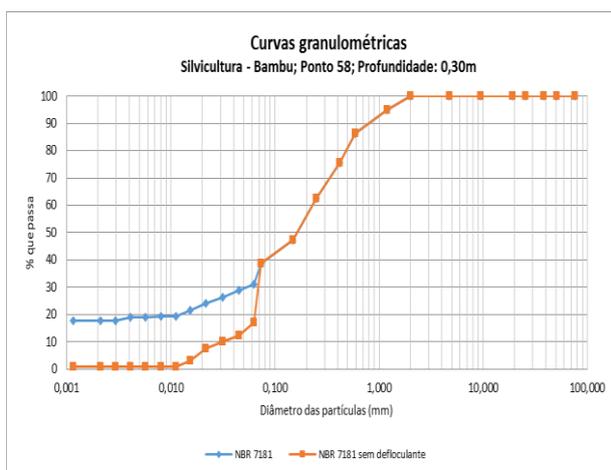


Figura 5.144 - Curvas granulométricas ponto 58, amostra 1

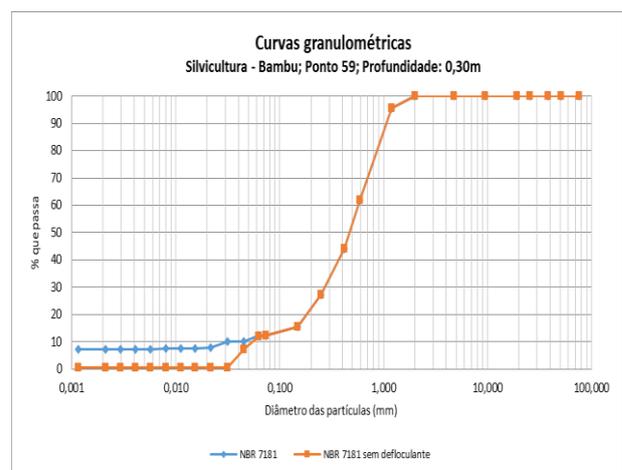


Figura 5.145 - Curvas granulométricas ponto 59, amostra 1

A amostra 1 do ponto 60 (Fig. 146) apresenta características SC – areia argilosa sendo

28% de argila e 11 % de silte, $W_L=28$ e $IP=8$. O ponto 61 (Fig. 5.147) é SW-SM – areia bem graduada com silte, as curvas com uso e sem uso do defloculante não apresentaram variações representativas.

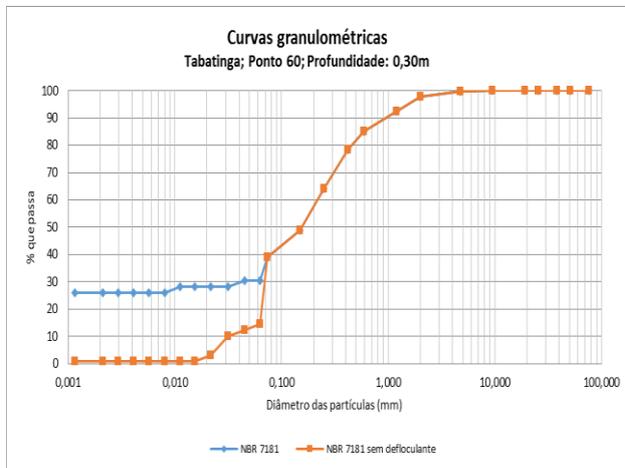


Figura 5.146 - Curvas granulométricas ponto 60, amostra 1

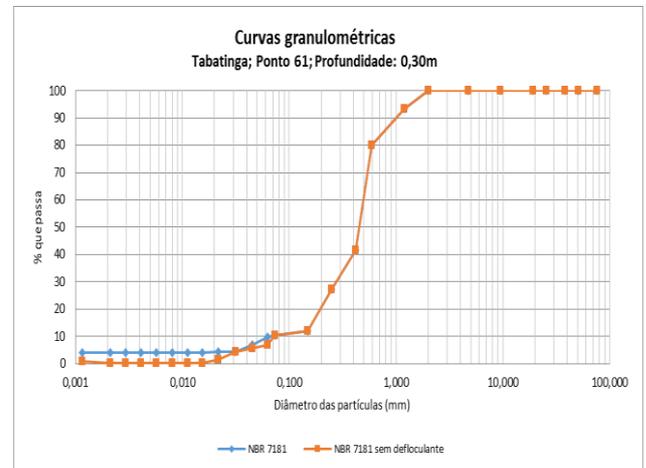


Figura 5.147 - Curvas granulométricas ponto 61, amostra 1

O ponto 62, amostra 1 (Fig. 5.148) é classificado como SM – areia siltosa; o uso do defloculante na amostra gerou uma baixa desagregação das partículas de silte e argila. A amostra 1 do ponto 63 (Fig. 5.149) apresenta uma curva uniforme onde a classificação é SP-SM – areia mal graduada com silte, sem apresentar atributos de limites LL e LP.

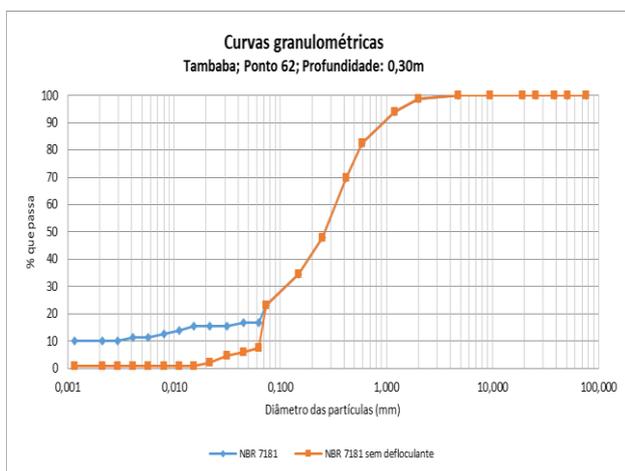


Figura 5.148 - Curvas granulométricas ponto 62, amostra 1

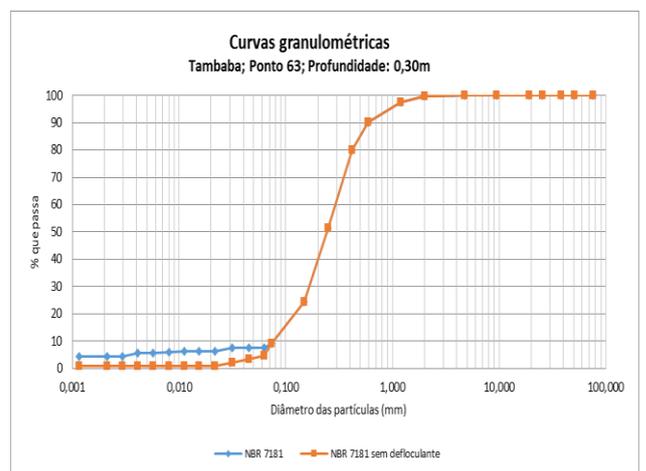


Figura 5.149 - Curvas granulométricas ponto 63, amostra 1

A amostra no ponto 64 (Fig. 5.150) possui uma classificação SM – areia siltosa e a amostra 1 do ponto 65 (Fig. 5.151) é classificada como SM, distribuídas em uma curva uniforme e não apresentam limites.

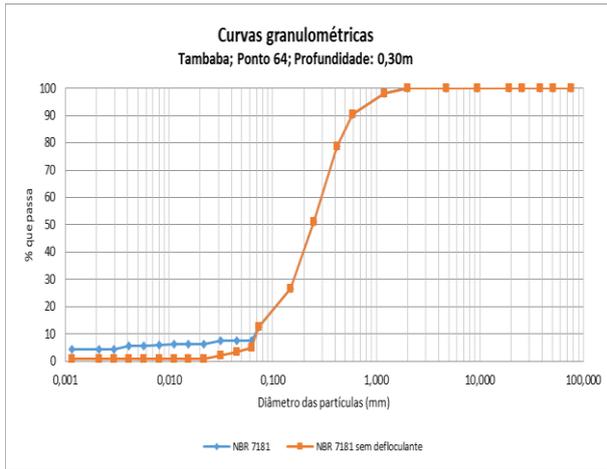


Figura 5.150 - Curvas granulométricas ponto 64, amostra 1

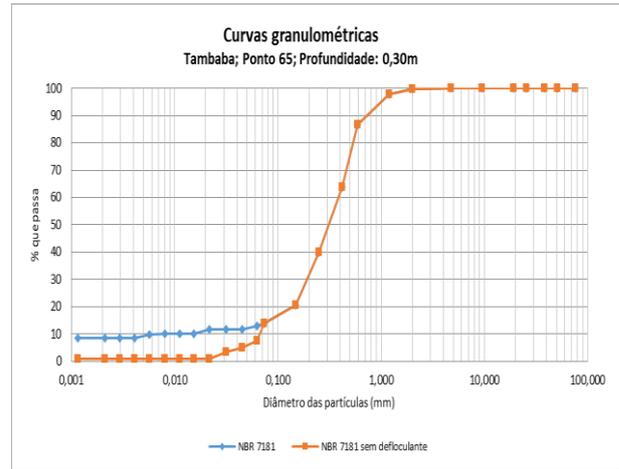


Figura 5.151 - Curvas granulométricas ponto 65, amostra 1

A Figura 5.152 apresenta o triângulo textural do solo para as amostras abaixo de 0,30 m nos pontos 49 a 65. A classificação para as amostras foram: 3 (três) areia franca; 5 (cinco) franco-arenosa; 1 (uma) franco argilo-arenosa e 2 (duas) argilo-arenosas.

Na Tabela 5.15 mostra-se o resumo granulométrico dos das amostras obtidas abaixo de 0,30 m.

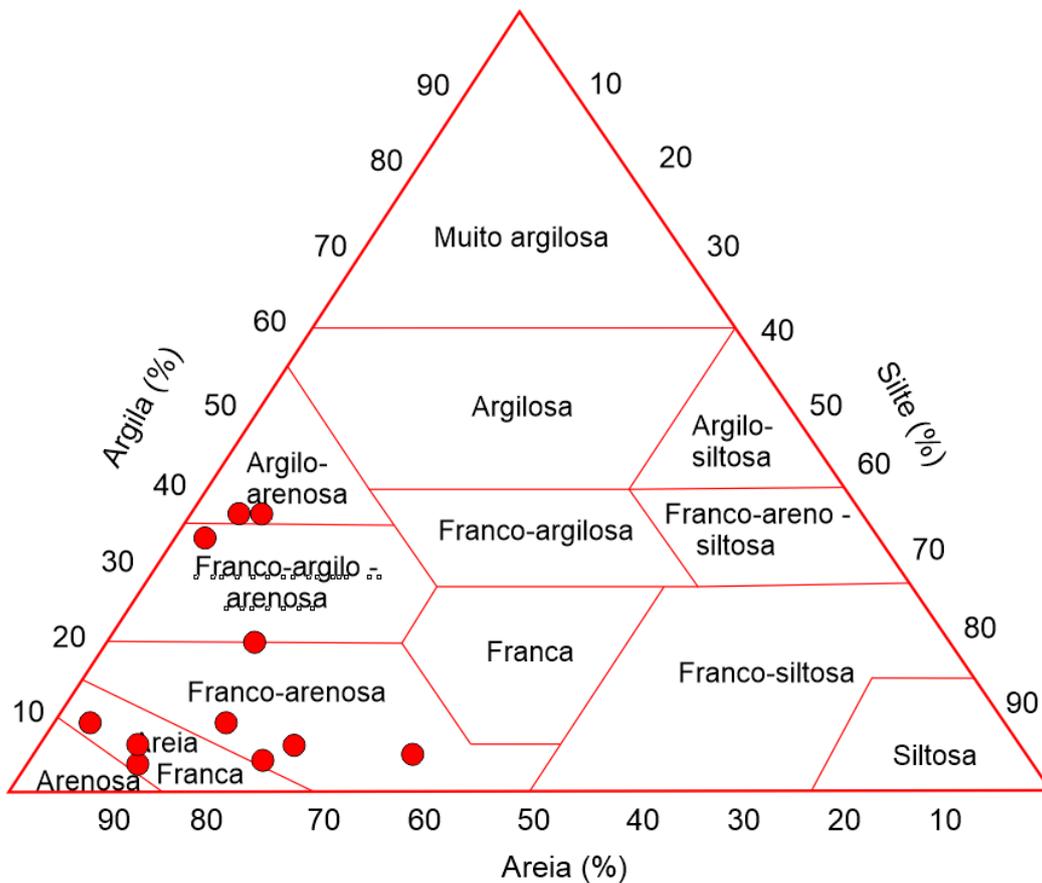


Figura 5. 152 - Classificação triangular do solo para os pontos 49 a 65, amostra 2

Tabela 5.15 - Resumo da granulometria para os pontos de 49 a 65 em amostras com profundidade abaixo de 0,30 m

	Ponto 49	Ponto 50	Ponto 52	Ponto 53	Ponto 55	Ponto 57	Ponto 58	Ponto 60	Ponto 61	Ponto 64	Ponto 65
COORD. UTM	25M 300979/ 9191310	25M 301024/ 9190876	25M 300736/ 9189410	25M 301553/ 9189447	25M 300850/ 9188157	25M 301265/ 9185655	25M 299533/ 9187029	25M 300107/ 9190064	25M 299998/ 9191233	25M 298965/ 9190563	25M 298141/ 9191709
Profundidade (m)	1,30	1,70	2,00	2,00	1,00	2,00	0,70	1,20	2,00	1,00	2,00
w (%)	1,66	0,60	1,94	2,56	3,07	1,71	1,26	2,55	0,87	0,58	0,47
Densidade real (g/cm ³)	2,64	2,66	2,68	2,64	2,65	2,61	2,67	2,65	2,65	2,66	2,65
Material (mm)	Fração retida (%)	Fração retida (%)	Fração retida (%)								
4,75< Pedregulho <75	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0
2,0< Areia grossa <4,75	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0
0,42<Areia média<2,0	18	32	20	23	22	26	23	29	49	22	42
0,075<Areia fina<0,42	51	40	38	33	52	31	40	37	35	62	45
0,005 < Silte <0,075	25	23	5	7	17	37	3	14	11	10	4
Argila < 0,005	6	4	36	36	9	5	33	20	4	6	9
Limite de liquidez (w _L)	30	NP	30	35	NP	NP	29	25	NP	NP	NP
Limite de plasticidade (w _P)	24	NP	26	23	NP	NP	22	18	NP	NP	NP
Índice de plasticidade	6	NP	4	12	NP	NP	6	7	NP	NP	NP
D10	0,02	0,07			0,03	0,07			0,07	0,07	0,02
D30	0,07	0,09			0,1	0,07			0,25	0,15	0,2
D60	0,20	0,3			0,3	0,3			0,45	0,3	0,45
Cc	2	1			1	1			2	1	4
Cu	13	4			10	4			6	4	22
Classificação SUCS	SM	SM	SM	SC	SM	SM	SM	SC-SM	SM	SM	SM

Na classificação das 11 amostras coletadas, 9 (nove) amostras foram classificadas como SM – areia siltosa, 1 (uma) amostra classificadas como SC – areia-argilosa, e 1 (uma) SC-SM – areia argilo siltosa. As amostras 51, 56, 61, 65 e 66 apresentaram uma camada resistente, não sendo possível a obtenção das amostras abaixo da profundidade de 0,45 m, tendo cor 10 YR representado como uma camada coesa e rígida concrecionada.

O ponto 54 localiza-se em uma área onde foi efetuada mineração de areia, possivelmente essa seja a explicação para a alta resistência do solo, pois a camada arenosa foi retirada, impedindo coleta de amostra com equipamentos manuais. Os pontos 58, 59, 62 e 63 estão localizados em uma área de plantação de bambu, onde além do impacto de produtos químicos inerentes à silvicultura há a mecanização de colheita, o que influencia na compactação do solo. Observa-se que nesses pontos não houve amostra abaixo da camada agricultável.

A amostra 2 do ponto 49 (Fig. 5.153) é classificado como sendo uma amostra SM – areia siltosa, o uso do defloculante apresentou desagregação da fração de argila e silte com distribuição granulométrica contínua com baixo índice de plasticidade, $W_L=30$ e $IP=6$. O ponto 50, a amostra 2 (Fig. 5.154) classifica-se também como SM porém não apresenta limites.

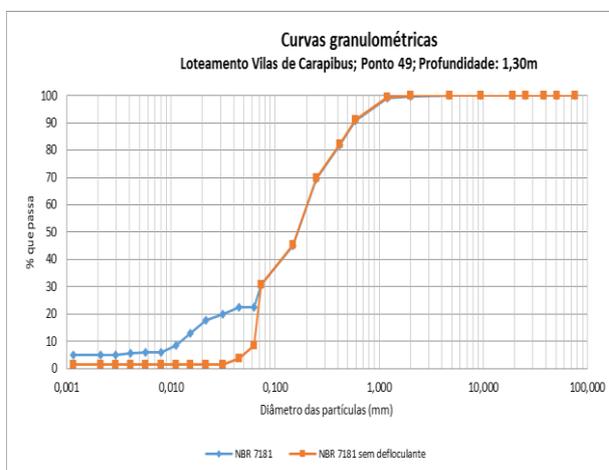


Figura 5.153- Curvas granulométricas do ponto 49, amostra 2

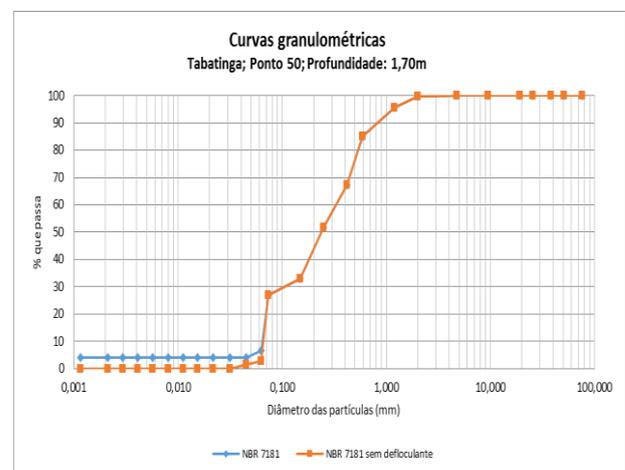


Figura 5.154 - Curvas granulométricas do ponto 50, amostra 2

A amostra no ponto 52 (Fig. 5.155), coletada à profundidade de 2,00 m é classificada como SM – areia siltosa, com 36% de argila e $W_L=30$, $IP=4$ apresentou comportamento ligeiramente plástico. A amostra 53 (Fig. 5.156) classifica-se como sendo SC – areia argilosa, o uso do defloculante apresentou aumento da fração argila caracterizando-a como plasticidade média ($W_L=35$ e $IP=12$).

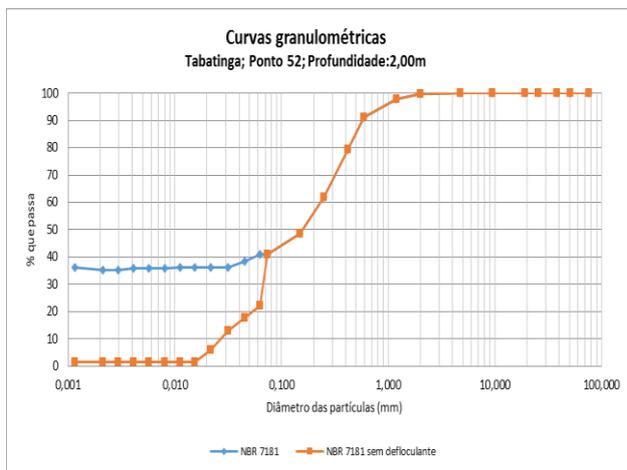


Figura 5.155 - Curvas granulométricas do ponto 52, amostra 2

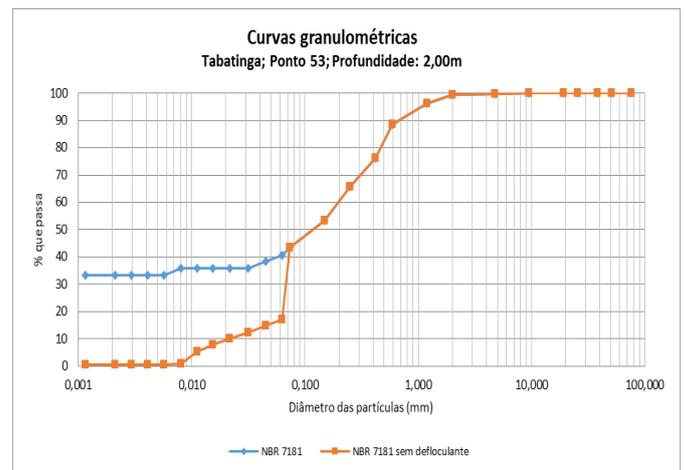


Figura 5.156 - Curvas granulométricas do ponto 53, amostra 2

A curva granulométrica da segunda amostra coletada no ponto 55 (Fig. 5.157) apresenta uma distribuição contínua e sua amostra é classificada como SM, não apresentando limites LL e LP. No ponto 57, a amostra coletada a 2,00 m de profundidade (Fig. 5.158) é classificada como SM, sem variação representativa ao uso do defloculante, e sem apresentar limites.

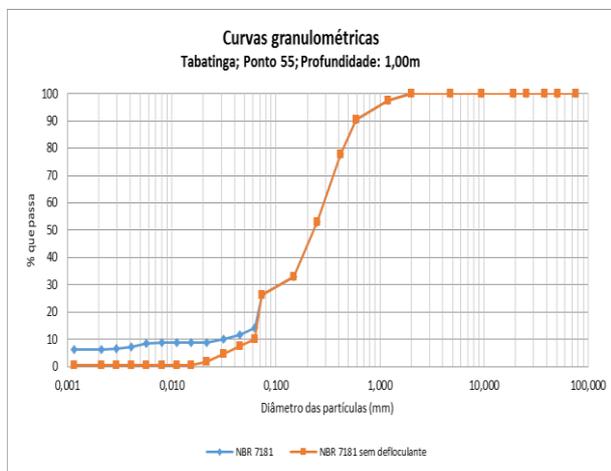


Figura 5.157 - Curvas granulométricas do ponto 55, amostra 2

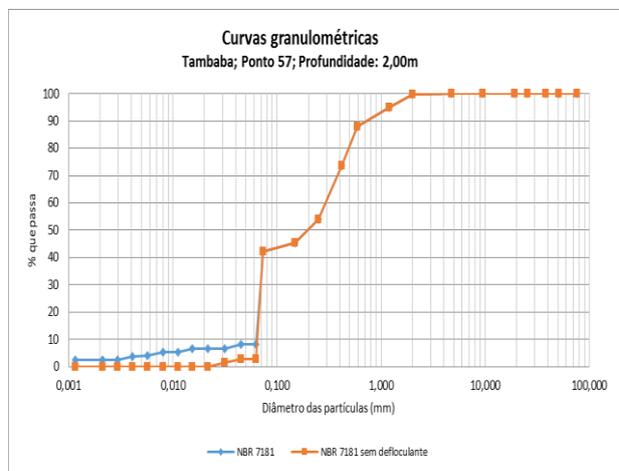


Figura 5.158 - Curvas granulométricas do ponto 57, amostra 2

A amostra 2 no ponto 58 (Fig. 5.159) foi coletada à profundidade de 0,70 m apresenta características de areia siltosa (SM) com 33% de argila e 3% de silte, $W_L=29$ e $IP=6$, sendo classificado como fracamente plástica. A amostra 2, no ponto 60 (Fig. 5.160), obtida à profundidade de 1,20m é classificada como sendo SC-SM – areia argilo siltosa com curva granulométrica contínua, $W_L=25$ e $IP=7$ (fracamente plástica).

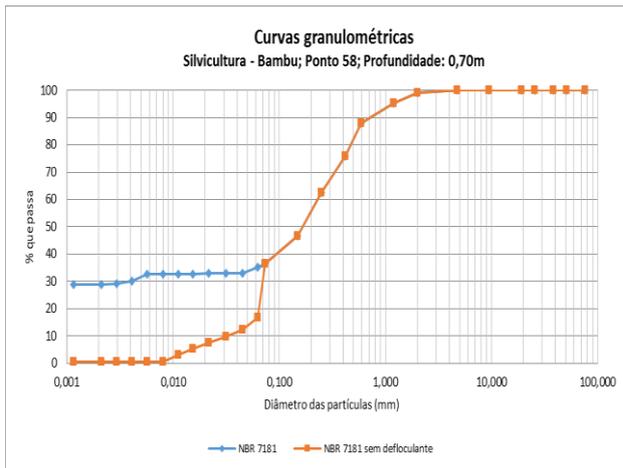


Figura 5.159 - Curvas granulométricas do ponto 58, amostra 2

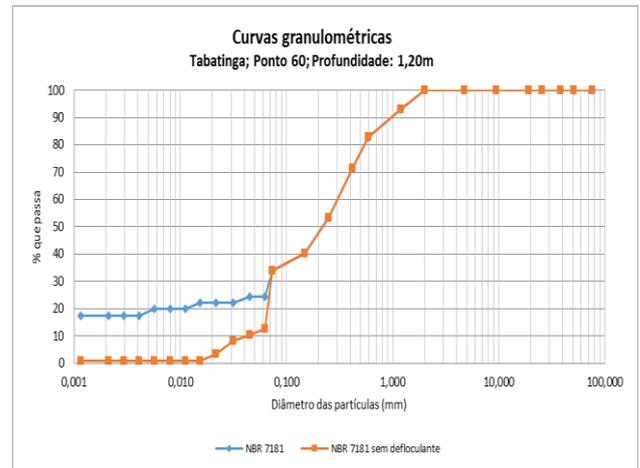


Figura 5.160 - Curvas granulométricas do ponto 60 amostra 2

As curvas granulométricas referentes à segunda amostra coletada no ponto 61 (Fig. 5.161) não apresentaram desagregação na fração fina, quando ensaiadas com uso do defloculante a classificação é SM. O ponto 64, a amostra coletada a 1,00 m de profundidade (Fig. 5.162) possui classificação SM, o uso do defloculante desagregou fracamente as partículas finas não alterando a forma da curva granulométrica sendo uma amostra que não apresenta limites.

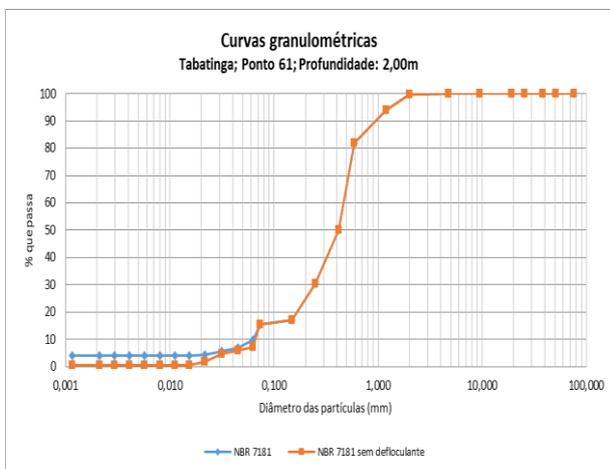


Figura 5.161 - Curvas granulométricas do ponto 61, amostra 2

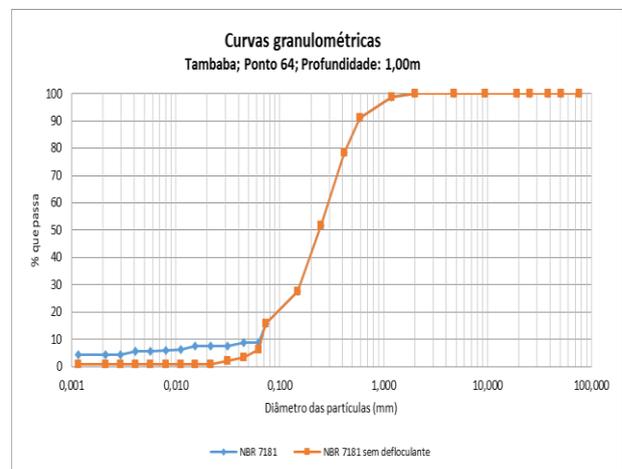


Figura 5.162 - Curvas granulométricas do ponto 64, amostra 2

O ponto 65, amostra 2 (Fig. 5.163) possui classificação SM – areia siltosa, e o uso do defloculante desagregou fracamente as partículas finas, não alterando a forma da curva granulométrica nem apresenta limites.

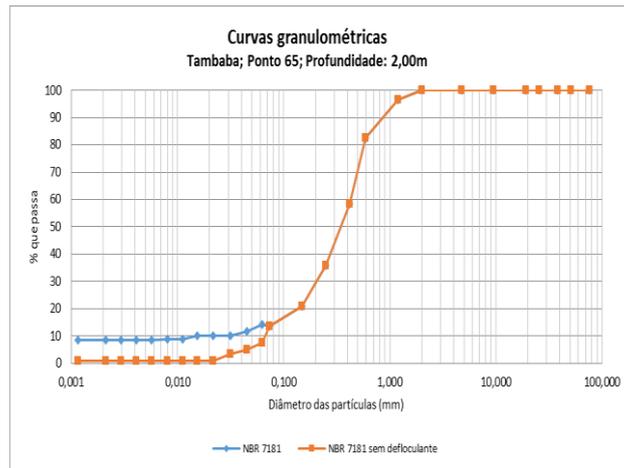


Figura 5.163 - Curvas granulométricas do ponto 65, amostra 2

Resistência do solo

A resistência das camadas de solo após ciclos de energia de molhagem e secagem das camadas atuando como energia interna de contração e expansão do solo resulta na resistência do solo (Farias, 2012).

Os ensaios de campo com o PANDA foram executados nos tabuleiros costeiros próximos à falésia com coordenadas dispostas na Tabela 5.16 e representadas na Figura 5.164.

Tabela 5.16 - Coordenadas UTM dos pontos de ensaio do PANDA

Ensaio <i>in situ</i> PONTO	Local	Coordenadas
1	Lot. Village Jacumã	25M 300676/ 9196767
2	Lot. Village Jacumã	25M 300785/ 9195911
3	Carapibus	25M 301082/ 9192966
4	Tabatinga	25M 300931/ 9190799
5	Tabatinga	25M 301308/ 9190128

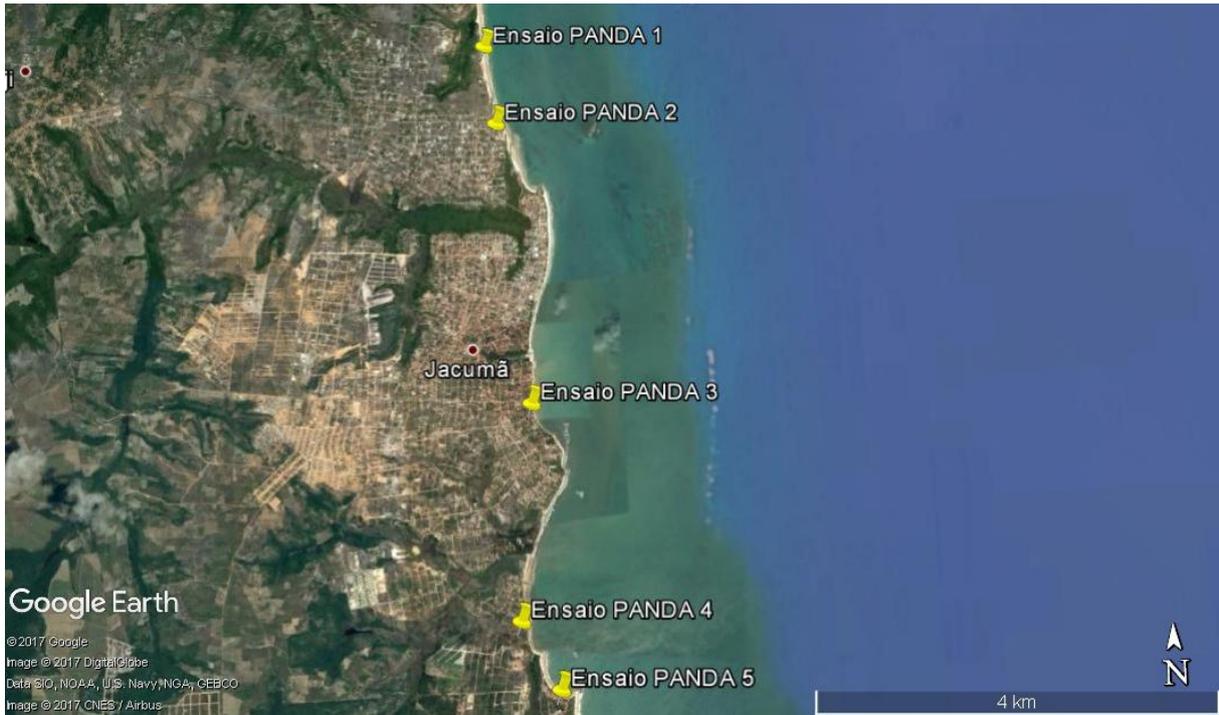


Figura 5.164 - Croquis das amostras de resistência à penetração

As medidas de resistência foram obtidas no tabuleiro costeiro tendo como Cota 0 a superfície do terreno. As Figuras 5.165, 5.166, 5.167, 5.168 e 5.169 apresentam os resultados do ensaio *in situ*:

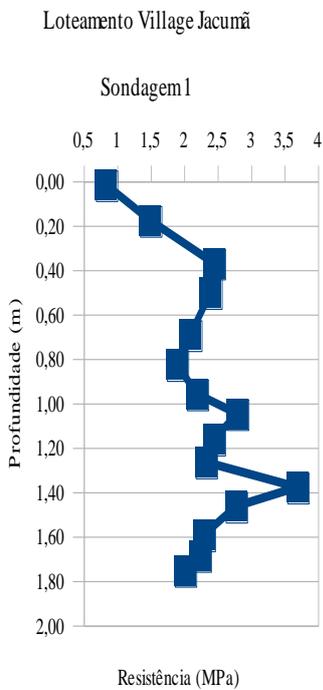


Figura 5.165 - Perfil de resistência 1

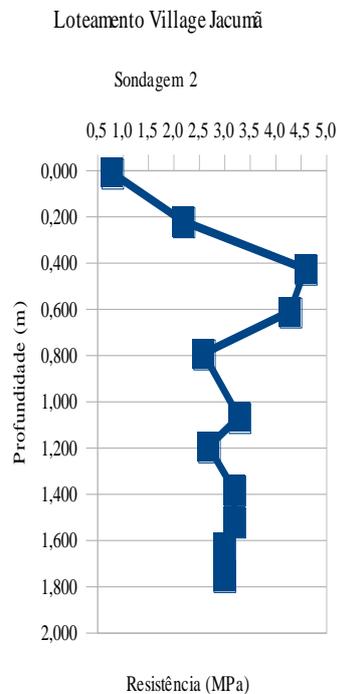


Figura 5.166 - Perfil de resistência 2

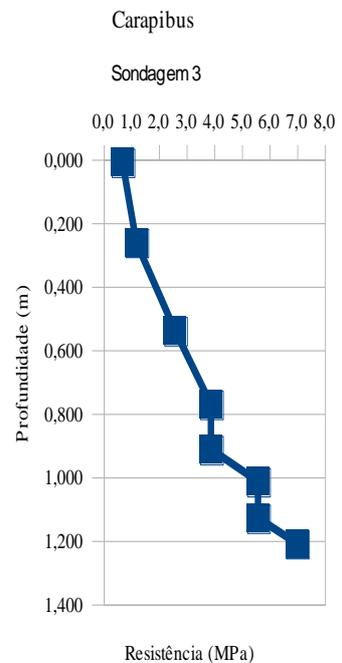


Figura 5.167 - Perfil de resistência 3

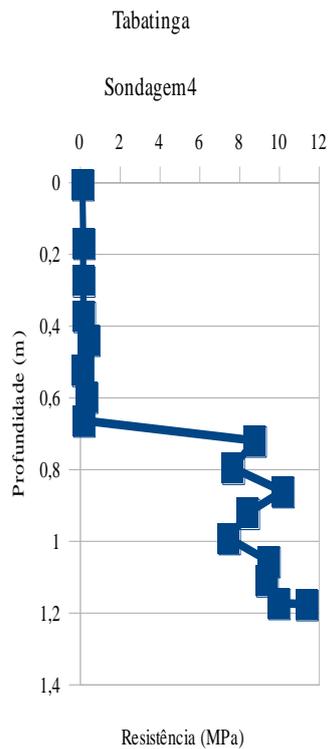


Figura 5.168 - Perfil de resistência 4

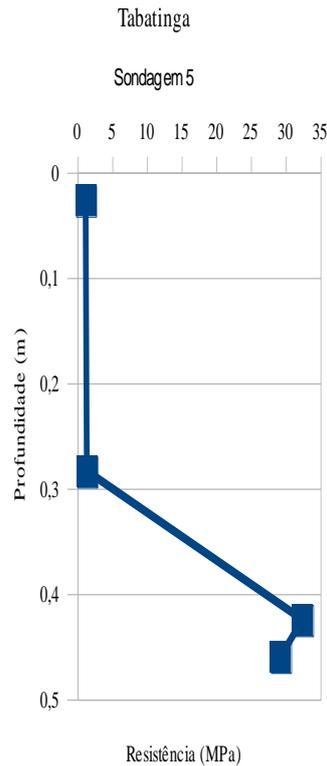


Figura 5.169 - Perfil de resistência 5

As sondagens 1 e 2 foram executadas sobre a camada coesa; o incremento de resistência do solo se dá pela concentração de aluminossilicatos, períodos de umedecimento e secagem rápida. É uma camada dura, porém quebradiça. Na sondagem 3 apresenta-se uma camada areno-argilosa com maior resistência na profundidade de 0,40 m, onde a camada se torna impenetrável para sondagem manual. A sondagem 4 foi executada em área de solo erodido, tanto por erosão laminar como por erosão regressiva, de cor amarela, com matizes vermelhos. A sondagem número 5 foi executada próximo à borda da falésia e apresentou uma camada vermelha com material concrecionado.

Permeabilidade do solo

O atributo de permeabilidade do solo foi obtido *in situ* com uso do permeâmetro Guelph, sendo utilizados como critério para escolha do lugar a ser executado as formas de relevo, topo e vertente e os critérios de classificação do solo areia siltosa, areno-argiloso e camada endurecida. Os pontos de obtenção de infiltração estão espacializados na Figura 5.170 e Tabela 5.17.

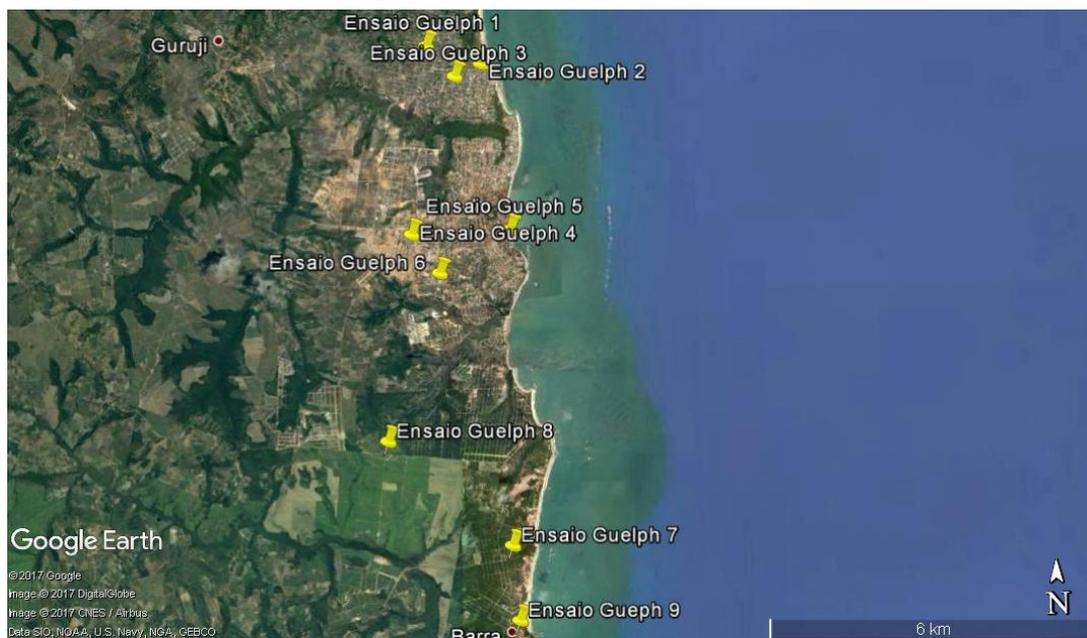


Figura 5.170 - Pontos de coleta de permeabilidade com permeâmetro Guelph

Tabela 5.17 - Valores de permeabilidade de campo

Local	Estágios	Kfs (cm/s)	Profundidade	Grau de permeabilidade	Tipo de solo (SUCS)	Tipo de relevo
Ponto 1	H=5	4,46E-05	0,30 m	Baixa	SM	Vertente
25M 299611/ 9196373	H=10	2,79E-05				
Local	Estágios	Kfs (cm/s)	Profundidade	Grau de permeabilidade	Tipo de solo (SUCS)	Tipo de relevo
Ponto 2	H=5	6,24E-04	0,30 m	Baixa	SM	Tabuleiro
25M 300605/ 9196022	H=10	3,91E-04				
Local	Estágios	Kfs (cm/s)	Profundidade	Grau de permeabilidade	Tipo de solo (SUCS)	Tipo de relevo
Ponto 3	H=5	4,46E-05	0,30 m	Baixa	SM	Tabuleiro
25M 300121/ 9195802	H=10	2,51E-04				
Local	Estágios	Kfs (cm/s)	Profundidade	Grau de permeabilidade	Tipo de solo (SUCS)	Tipo de relevo
Ponto 4	H=5	4,46E-05	0,30 m	Baixa	SM	Tabuleiro
25M 299278/ 9192901	H=10	2,51E-04				
Local	Estágios	Kfs (cm/s)	Profundidade	Grau de permeabilidade	Tipo de solo (SUCS)	Tipo de relevo
Ponto 5	H=5			Água não infiltrou	Impenetrável	Tabuleiro
25M 301080/ 9192964	H=10					
Local	Estágios	Kfs (cm/s)	Profundidade	Grau de permeabilidade	Tipo de solo (SUCS)	Tipo de relevo
Ponto 6	H=5			Água não infiltrou	Impenetrável	Tabuleiro

25M 301014/ 9187146	H=10					
Local	Estágios	Kfs (cm/s)	Profundidade	Grau de permeabilidade	Tipo de solo (SUCS)	Tipo de relevo
Ponto 7	H=5	1,34E-04	0,30 m	Baixa	SC	Tabuleiro
25M 299638/ 9191453	H=10					
Local	Estágios	Kfs (cm/s)	Profundidade	Grau de permeabilidade	Tipo de solo (SUCS)	Tipo de relevo
Ponto 8	H=5	1,11E-04	0,30 m	Baixa	SM	Vertente
25M 298776/ 9189191	H=10	1,12E-04				
Local	Estágios	Kfs (cm/s)	Profundidade	Grau de permeabilidade	Tipo de solo (SUCS)	Tipo de relevo
Ponto 9	H=5	4,23E-04	0,30 m	Baixa	SW-SM	Tabuleiro
25M 301116/ 9185752	H=10	2,09E-04				

A diferença nos valores obtidos para H=5 e H=10 pode ser explicado segundo Reynolds e Elrick (1985) pela variação das propriedades hidráulicas do solo, presença de ar preso no solo e perturbações no solo como macroporos matéria orgânica. A homogeneidade na classificação do solo nos pontos ensaiados, ou seja, a areia siltosa apresenta características de baixa permeabilidade (10^{-4}). Nos pontos 5 e 6, onde não houve infiltração da água, o solo não apresentou amostras por ser impenetrável à escavação com os instrumentos manuais de sondagem. Sendo um solo desnudo, com matiz 10YR.

5.2.2 – CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA E MORFOPEDEOLÓGICA

As amostras coletadas a 0,30 m referente aos pontos 1 a 23 localizados no loteamento Village Jacumã apresentaram uma classificação de solo arenoso, com cor 7.5 YR (marrom), quando úmido em campo e também após a secagem, porém no processo de lavagem para preparação da amostra essa pigmentação foi ficando em tons mais claros quase chegando a branco; macia e de fácil escavabilidade, sendo uma camada com drenagem alta e boa percolação de água para as camadas inferiores, visto que no ensaio de permeabilidade o bulbo de saturação permitiu a drenagem da coluna de água.

Os pontos 24 a 48 localizados nas áreas de Jacumã, loteamento Vilas de Carapibus e Carapibus foram classificadas como de solo arenoso e areia-argilosa. Nesses pontos, a amostra 1 (na profundidade de 0,30m) no ponto 34 apresentou seixos de quartzo arredondados, visto que se encontra em vertente próximo à área de fundo de vale. O ponto 24 está localizado em uma área onde o substrato apresenta uma cor vermelho-escuro (2.5 YR

3/6), possivelmente com óxidos de Fe. Acima dessa camada a uma altura de 7 m e a direita da desembocadura do rio Guruji encontra-se uma camada endurecida, um testemunho de camada rígida e resistente como elemento protetor da costa, além de que é o responsável físico pela mudança de curso da desembocadura do Guruji.

As amostras de 49 a 68, localizadas nas áreas de Tabatinga, Coqueirinho, Tambaba e área rural de Tambaba apresentaram na classificação triangular, principalmente como camada de solo areno-argilosa, uma camada relativamente pouco espessa. Os pontos 54, 58, 60, 64, 69 e 70 se encontram em uma superfície endurecida. Ensaios de permeabilidade não forneceram valores válidos, pois a coluna de água não infiltrou, ocasionando uma fina camada de água na superfície. A cor foi identificada como 7.5 YR (amarelo) com microagregação da argila, formando torrões ressecados, com um relevo suavemente ondulado com altitudes variando entre 30 m e 70 m. Foi possível perceber uma rede de drenagem com vales mais estreitos e mais profundos, o que explica, possivelmente, a baixa quantidade de depósitos de areia, ou ainda a pouca existência da camada superficial (0,30 m) de areia. Acredita-se que a fração areia foi erodida e conduzida pelos canais de drenagem superficiais para o rio Graú, um ponto importante de análise é a faixa de praia ao Norte da desembocadura desse rio ser maior que as demais praias, e conter nessa faixa a área de maior concentração de erosão na borda das falésias, que por sua vez segue o lineamento dos canais de escoamento dos vales identificados no perfil (A, A' e A'') (Fig. 5.171). São vales encaixados, com cumes em forma triangular, visto no perfil topográfico, forma geomorfológica típica de relevo originado por processos tectônicos.



Figura 5.171 - Localização do perfil topográfico em Coqueirinho - Tabatinga

As amostras que apresentaram cor 10 YR (amarela) foram pontos de maior resistência a escavação, em algumas amostras foi observada a formação de concreções, sendo classificadas como areia-argilosa e silte-arenoso (conforme a classificação triangular do solo).

5.2.3 ANÁLISE MORFOMÉTRICA E MORFOLÓGICA

A rede de drenagem (Fig. 5.172) do município do Conde (PB) apresenta canais retilíneos em vales profundos, ou seja, vales entalhados por processos tectônicos revelando flexões, o que denota um movimento por falhas e fraturas em direção N-S, E-W, SW-NE e SE-NW a partir da análise direcional dos canais de drenagem (Fig. 5.173).

A evolução da paisagem quanto aos principais canais tributários de escoamento, que alimentam os rios Gramame a Norte e Graú a Sul, apresenta certo paralelismo nos sentidos de direção de fluxo. Essa situação permite inferir que, sistemicamente, as direções de evolução do relevo, decorrentes dos processos erosivos nas vertentes, procedem nos sentidos perpendiculares, ou seja, E-W ou W-E.

Tal informação é corroborada pela carta de orientação de vertentes, sendo as principais vertentes com sentido W-E, porém a maior frequência de azimutes se encontra com direção NW (Fig. 5.174), os tributários são também retilíneos chegando a formar ângulos retos com os canais principais, tendo um padrão de drenagem dentrítico; os canais de drenagem curtos formam uma distribuição simétrica e retilínea.

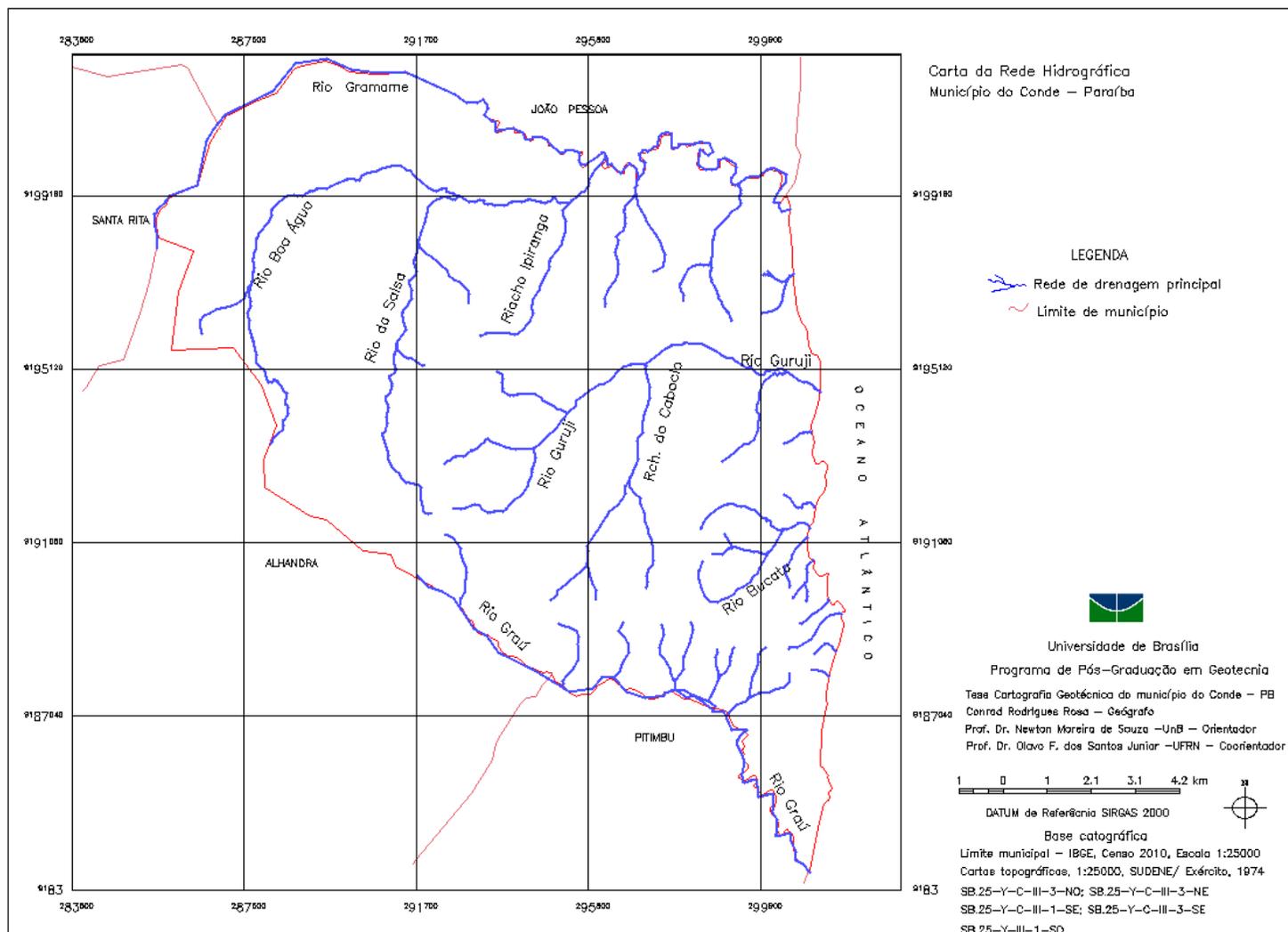


Figura 5.172 - Rede de drenagem

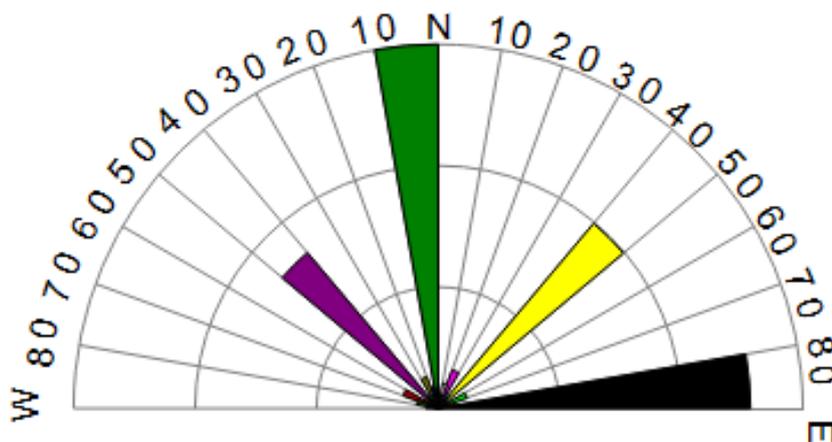


Figura 5.173 - Diagrama de roseta, frequência absoluta

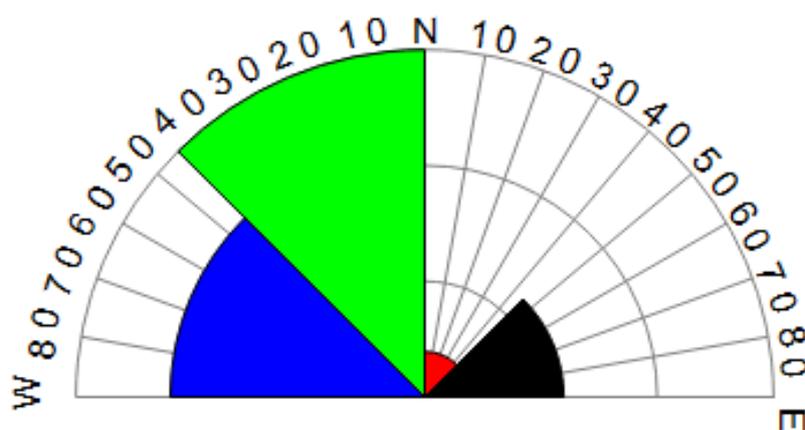


Figura 5.174 - Diagrama de roseta, orientação de vertentes

A carta de orientação de vertentes mostra que para a área próxima ao litoral o solo mais lixiviado está nas vertentes com direção W (270°) e que nos solos mais rasos, onde a camada se apresenta endurecida, estão nas vertentes com orientação N. Essa característica pode ser explicada pelos tributários dos rios Guruji, Bucatu e Gramame conduzirem o material superficial (areia) para os canais dos rios principais. Outra explicação pode ser observada no entalhamento das vertentes, onde o processo erosivo laminar conduz a fração mais grossa (areia) para os canais de drenagem e o material mais fino é lixiviado para as camadas mais profundas do perfil, e no processo de umedecimento e secamento do solo ocasiona as camadas mais rígidas do solo. Os pontos em cor branca na figura de orientação de vertente se devem à planura do relevo, independente das cotas altimétricas (Fig. 5.175).

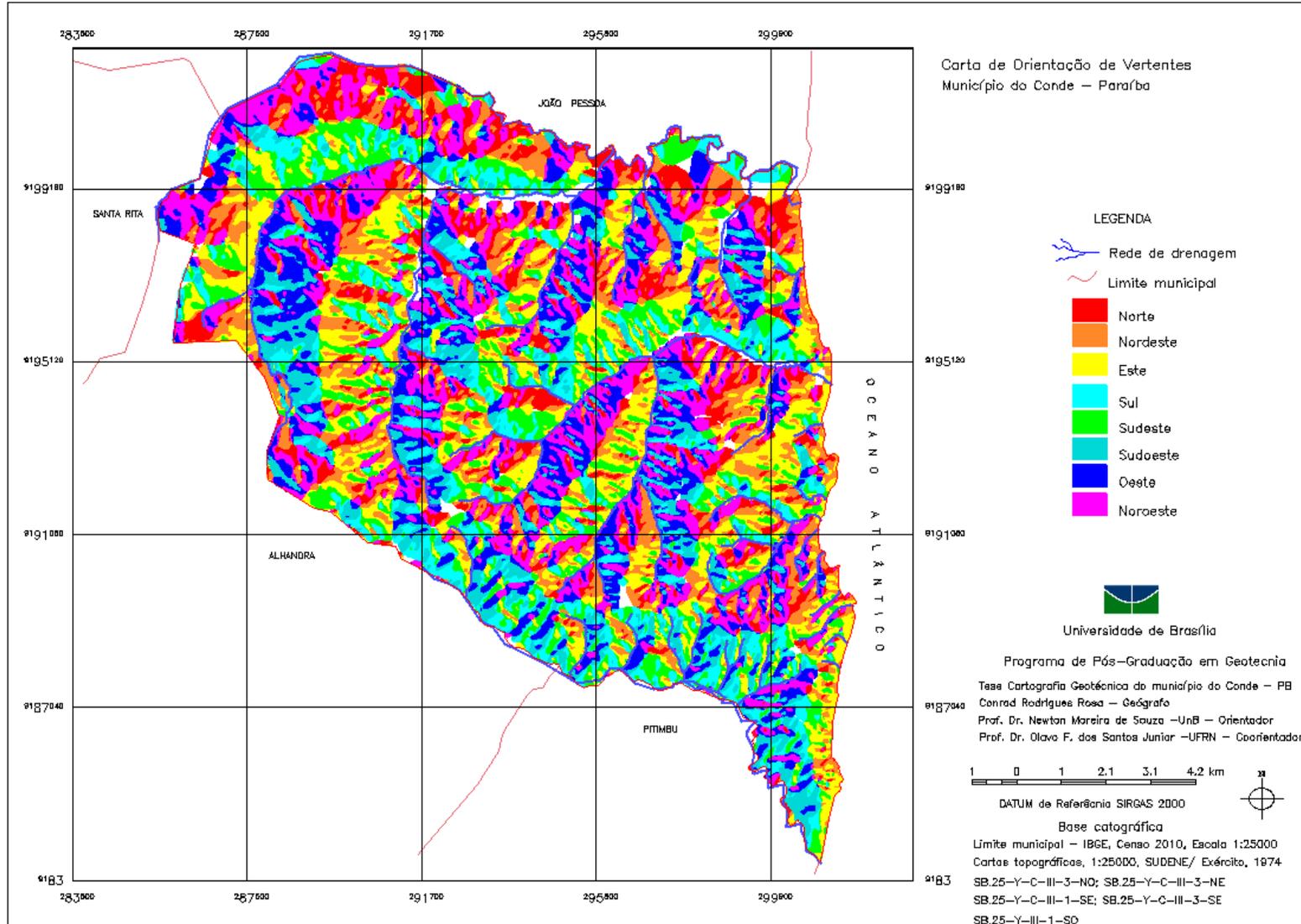


Figura 5.175 - Carta de orientação de vertentes

O pacote sedimentar do Barreiras possui uma formação de relevo em 3 (três) estágios: relevo recente, relevo intermediário e relevo antigo. O estágio recente é caracterizado pelo pacote de sedimento aluvial e depósitos de areia quartzosa; o intermediário por solo areno-argiloso, ou argissolo amarelo; e o antigo caracterizado por arenitos continentais médios a grossos (Barreiras e Gramame) (ANDRADES FILHO et al., 2011). Os ambientes mais recentes são de fácil erodibilidade, seja por ser um material friável ou por serem depósitos não consolidados; essa camada, se encontra quase sempre até a profundidade de 0,30 m, no entanto, depósitos mais profundos foram localizados indicando que ainda existem áreas onde os processos erosivos estão com baixa taxa de ação erosiva, implicando dizer que a possibilidade de uma ocupação não ordenada ou com planejamento de águas pluviais em não conformidade com o relevo e estratificação do solo pode influenciar ou ser o gatilho para processos erosivos que estão latentes.

A carta de relevo sombreado (Fig. 5.176) mostra um relevo bem desenhado com topos definidos, principalmente na região próxima ao litoral onde está concentrada a maior parte da ocupação e expansão urbana, com altitude mais baixa (chegam até 40 m), apresentando um relevo mais erodido na borda da falésia, no entanto, a drenagem na parte do continente está com sentido E-W, o que implica afirmar que a drenagem corre em direção aos canais principais e não para a falésia, pois a erosão na faixa de praia e da falésia não ocorre pela força da água pluvial, mas sim por processos neotectônicos e de ação marinha.

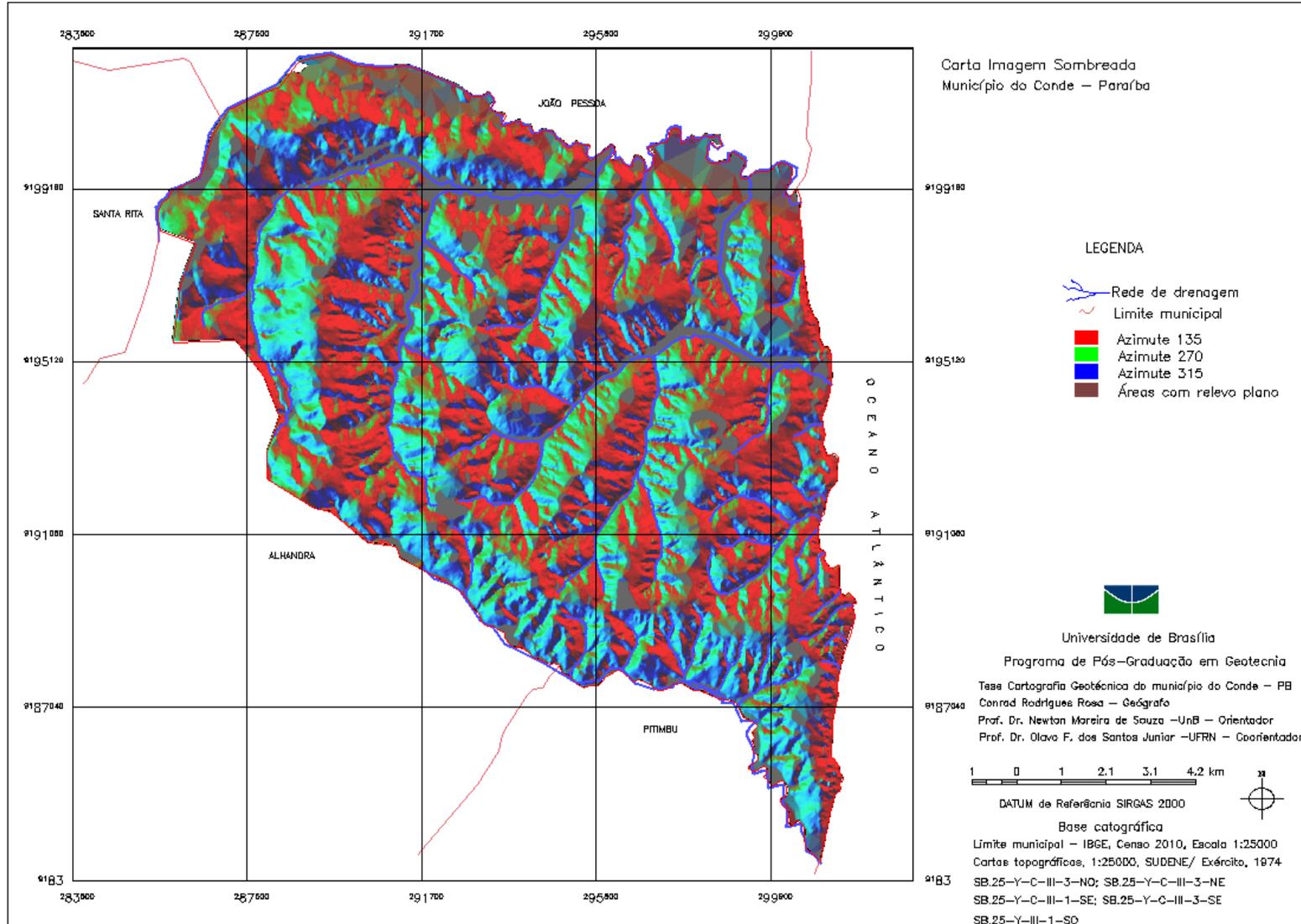


Figura 5.176- Carta sombreada

Os vales do tabuleiro costeiro no Conde – PB são vales encaixados, com vertentes fortemente onduladas com topos entre suave ondulado e ondulado (Tab. 5.18), e maior área orientada para Nordeste e Leste, visto que os canais de drenagem têm sua direção preferencial em Norte com quebra de relevo para Leste alterando os cursos dos canais em uma flexão de até 90° direção W-E.

A carta de declividade (Fig. 5.177) apresenta dados que evidenciam um terreno plano no topo e suavemente ondulado nas bordas das vertentes, com vertentes fortemente onduladas, corroborando a teoria dos vales encaixados e entalhamento de canais de drenagem.

Tabela 5.18 - Tabulação cruzada dos planos de orientação de vertentes e declividade do terreno

Classe de declividade	Classes de orientação de vertentes (área em hectares)								Somatório das áreas (ha)
	Norte	NE.	E	SE	Sul	SW	W	NW	
0-3% - Plano	754	596	539	506	408	335	441	568	4147
3-8% Suave ondulado	754	878	923	599	469	543	653	659	5478
8-20% Ondulado	634	690	761	582	565	650	718	676	5276
20-45% Forte ondulado	172	222	237	210	192	200	242	193	1668
>45% Montanhoso	2	2	1	2	0	0	0	1	8
Somatório das áreas (ha)	2316	2388	2461	1899	1634	1728	2054	2097	16577

A vertente é considerada como unidade básica do relevo e pode ser descrita como um plano de declive em relação ao plano horizontal, a vertente por apresentar um gradiente e uma orientação no espaço, também pode ser classificada de acordo com sua curvatura plana ou de perfil.

Segundo Romão (2006), a curvatura é um índice relevante para a análise da energia potencial do relevo. A curvatura de perfil (Fig. 5.178) influencia diretamente na aceleração do fluxo da drenagem, no processo de erosão e deposição sedimentar, e a curvatura plana (Fig. 5.179) permite analisar o relevo de acordo com a convergência ou divergência do fluxo de canais de drenagem.

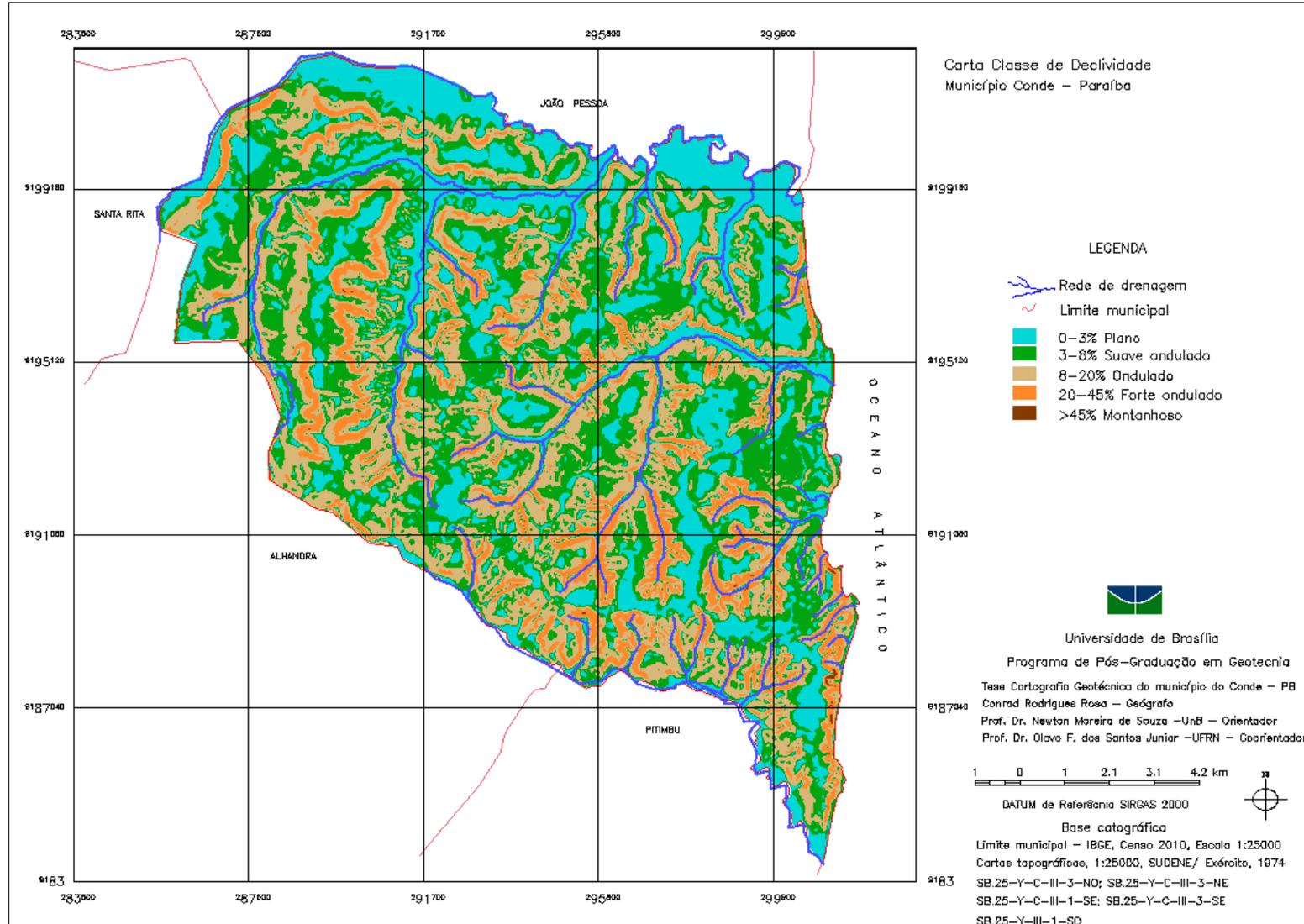


Figura 5.177 - Carta de classes de declividade do terreno

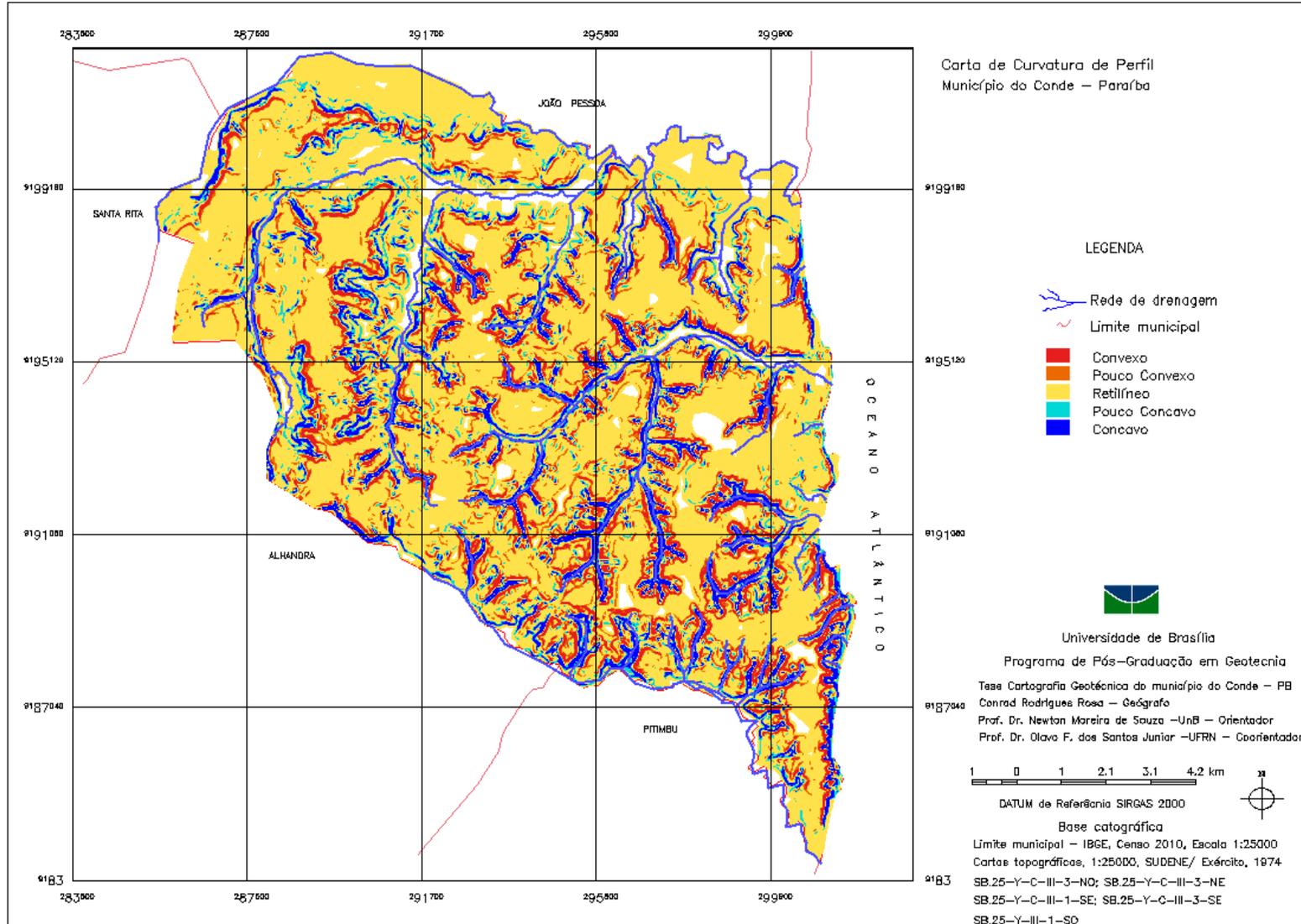


Figura 5.178- Carta de curvatura do perfil

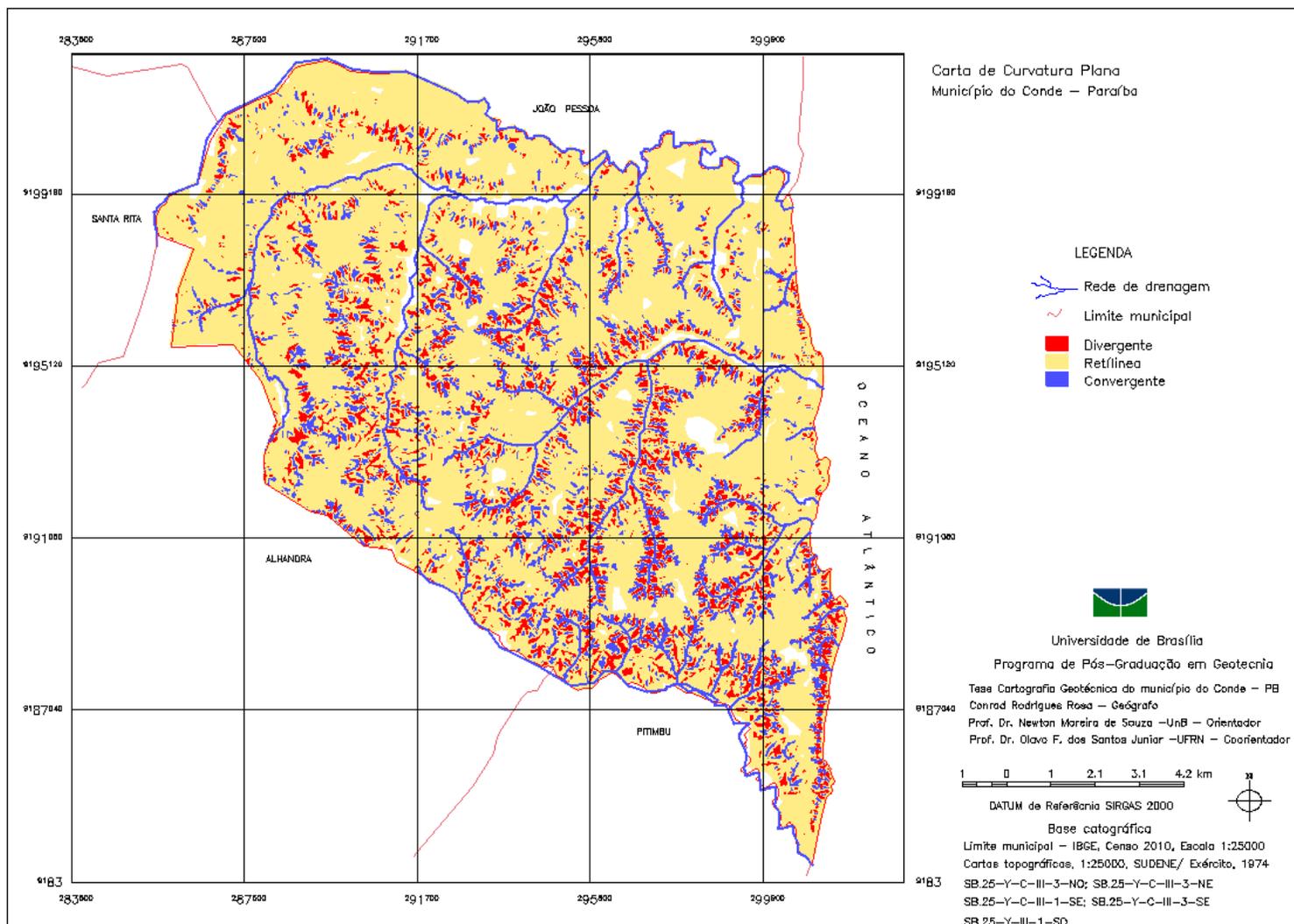


Figura 5.179 - Carta de curvatura plana

5.2.4 – USO E COBERTURA DO SOLO

A análise do uso e cobertura do solo, é resultado das verificações em campo, bem como da classificação supervisionada, efetuada com SPRING a partir da imagem GoogleEarth, Digitalglobe, 2017.

O levantamento de uso e cobertura do solo apresentou dados sobre a ocupação atual no município do Conde - PB retratando a dinâmica de ocupação e como diagnóstico ou indicador da capacidade de uso na identificação de tipologia de edificações, agricultura, exploração mineral, recurso turístico, comunidades de povos tradicionais, meio físico.

O Conde possui uma população de 21.400 habitantes, 68% vivem nas áreas urbanas e 32% na área rural, segundo dados do IBGE (censo de 2010), e ainda conta um produto interno bruto baseado: 1º em serviços, 2º - indústria e 3º - agropecuária. Em levantamento de campo, verificou-se que os principais serviços são o comércio de alimentos e materiais diversos: padarias e pequenos mercados, bares, pousadas, restaurantes, hotéis, imobiliários, construção civil e perfuração de poços de água e fossas sépticas, além de pessoas especializadas e não especializadas que prestam serviço no ramo hoteleiro.

O sistema de abastecimento de água no município era até o ano de 2016 captado somente por poços artesianos, no entanto, nesse mesmo ano a companhia de abastecimento de água do estado da Paraíba concluiu as obras de adutora e assim o abastecimento pode ser tanto por meio de poços como pelo sistema estadual de abastecimento de águas. O esgotamento é feito por meio de fossas sépticas, sendo necessário o registro em órgão ambiental do estado; o sistema de coleta de lixo é feito por meio de coleta intermitente, em caminhão aberto, não sendo caminhões que possuam compactadores de lixo; a não sistematização na coleta de lixo faz com que o volume de sacos aumente e acabe se espalhando pelas ruas, visto que as áreas de deposição utilizadas pelos moradores também não estão regularizadas ou normatizadas.

As vias de acesso são a via pavimentada BR-101; vias Estaduais pavimentadas PB-008 e PB-018, vias pavimentadas com toponímia de Contorno de Jacumã e Acesso à Tambaba; vias de acesso interno calçadas com blocos de granito – acesso a Coqueirinho, e vias não pavimentadas internas, ou seja, ruas nos distritos; e vias não pavimentadas de acesso à área rural (Fig. 5.180).

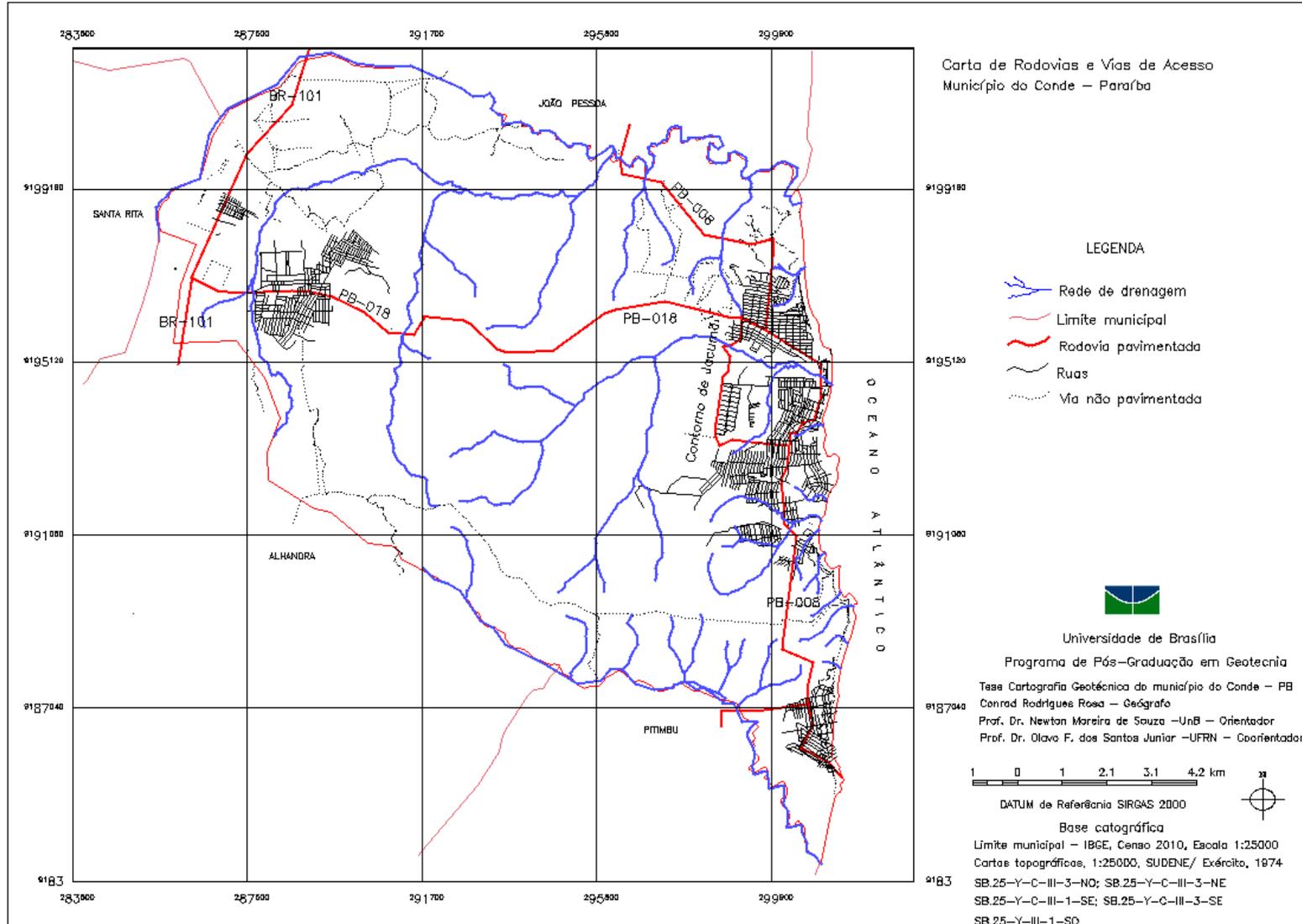


Figura 5.180 - Carta de rodovias e vias de acesso

As áreas industriais são classificadas como em área de beneficiamento de produtos cerâmicos e cimento, fabricação de telhas de cimento, área de geração de energia eólica, áreas de empréstimo, jazidas abandonadas de areia quartzosa. Porém, um dos ramos que mais apresentaram crescimento no Conde foi o da construção civil, sendo responsável por esse crescimento a instalação de condomínios e hotéis. O município ainda tem área de vegetação natural, sendo que o espaço é dividido entre área florestal, mangue, campo e agricultura (Fig. 5.181).

A produção agrícola está quase vinculada a propriedades de assentamentos rurais, tendo como mercado principal o comércio de João Pessoa-PB. São pequenas propriedades rurais, e os agricultores residem em vilas dentro do assentamento. A produção agrícola é plantada e colhida de forma não mecanizada, visto que não foram localizadas áreas de beneficiamento de produtos alimentícios. Essa produção é vendida diretamente para o consumidor, ou para indústrias, como casas de farinha de mandioca, polpa de frutas etc. A silvicultura fica a cargo unicamente de uma área inserida na APA de Tambaba que produz bambu. Segundo informação oral dos funcionários da fazenda, a produção segue para Pernambuco para indústria de celulose.

Ainda na produção de agronegócios o município conta com piscicultura, e produção de frangos, a produção de leite e carnes de bovinos e ovinos é para consumo familiar ou vendas na localidade, não sendo produto de venda em escala comercial. Há ainda dois haras de equinos, porém sem fins comerciais.

A área de expansão urbana está intrinsecamente vinculada à construção de condomínios fechados e loteamentos. Esse crescimento apresenta uma situação de não conformidade com o planejamento urbano, proposto no Plano Diretor de 2001, visto que o documento apresenta no capítulo II, art. 35, inciso IV “ser o terreno convenientemente preparado para dar escoamento às águas pluviais”, no entanto foi perceptível em campo a exposição do solo sem drenagem pluvial, o que está ocasionando processos erosivos. As edificações sobre a falésia não estão contempladas no Plano Diretor, o que permitiu a construção de edificações com mais de 3 pavimentos sobre a borda da falésia, mesmo quando a legislação nacional no Decreto N° 5.300, 2004 determina que o mínimo é 50 metros ou 150 metros quando a área é sujeita a processos erosivos, e ainda construções hoteleiras que estão sobre a borda bem como construção de escadas tanto de madeira quanto de alvenaria.

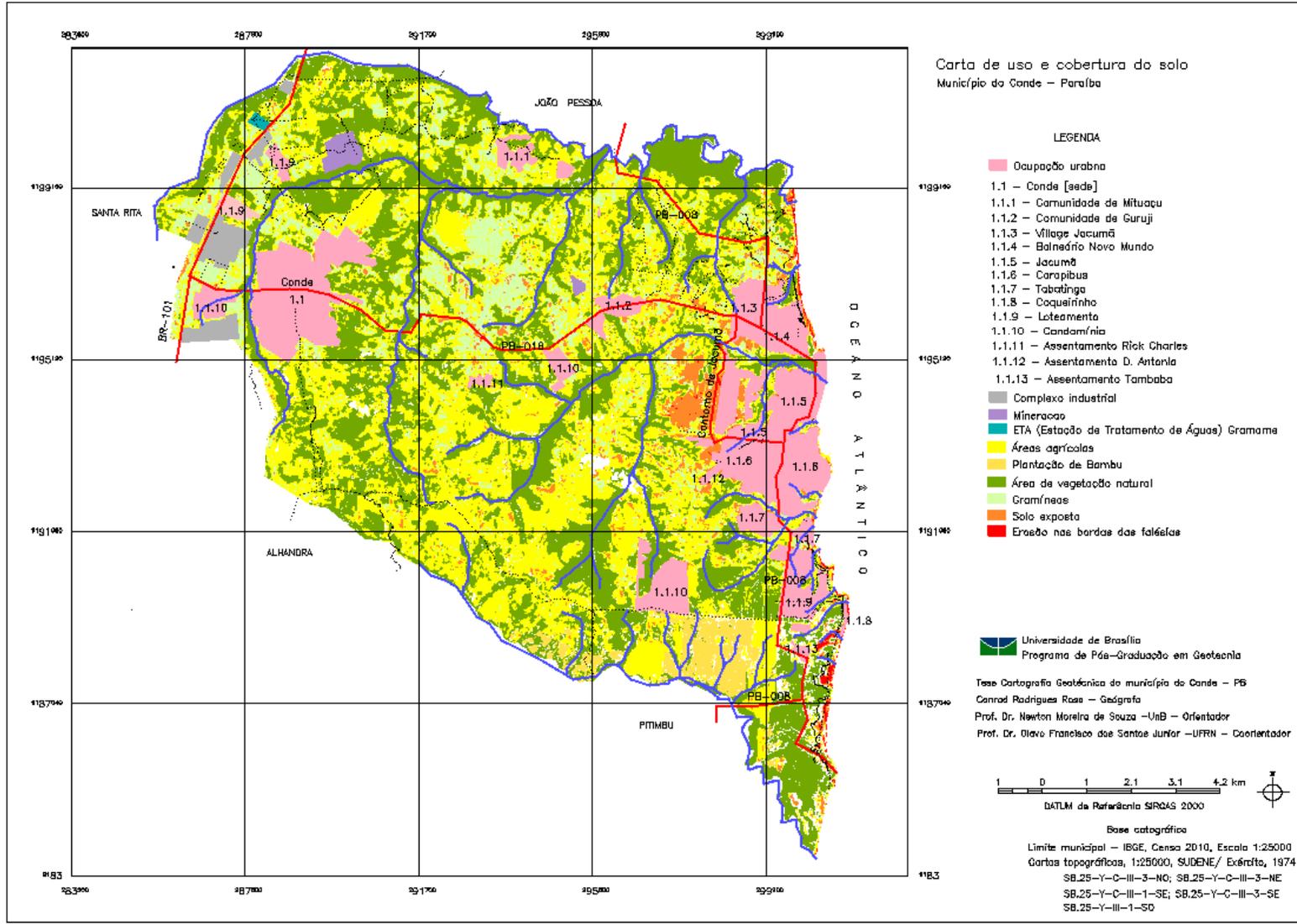


Figura 5.181- Carta de uso e cobertura do solo

A área costeira apresentou nos últimos dez anos uma expansão urbana significativa. Esse fenômeno pode ser explicado tanto pela questão do valor monetário dos lotes e casas no Conde ser mais baixo que em João Pessoa quanto pela questão costeira. É possível e acessível adquirir imóvel na praia em um município em expansão. A orla de João Pessoa, por exemplo, já se encontra ocupada e com valores de mercado mais altos que em municípios vizinhos; outro ponto que influencia a expansão urbana por moradias na faixa costeira do Conde é a acessibilidade por vias pavimentadas fazendo com que o trajeto para o centro da capital seja mais rápido e seguro. Pode-se levar em consideração no quesito expansão urbana a influência das obras e indústrias no limite Paraíba – Pernambuco. O município de Goiana – PE está em expansão industrial, e o trajeto para Recife – PE é bastante movimentado, gerando riscos aos que trafegam. Por esta razão a expansão dos condomínios no Conde – PB é também uma opção de moradia.

O elemento histórico está inserido no município em obras como igreja católica, cemitério, ponte, estrada velha, e duas comunidades de povos tradicionais quilombolas. Uma igreja data de 1768 e, segundo informação oral, o cemitério é do mesmo período, porém foi remodelado e ainda hoje está em funcionamento. A ponte (1930) em arcos é de construção em concreto, e a estrada velha de trânsito de João Pessoa-PB para Recife-PE foi construída em fins do século XIX e início do século XX.

5. 3 – ANÁLISE MORFOMÉTRICA E MORFOLÓGICA: USO E COBERTURA DO SOLO NA ÁREA COSTEIRA DO CONDE - PB

Ao se ampliar a visualização sobre uma dada área é possível perceber a inter-relação dos elementos constitutivos do sistema, ou seja, quanto maior a escala maior o nível de detalhe existente e, portanto, maior a possibilidade de analisar o todo e assim gerar uma síntese mais acurada. O critério estabelecido para o detalhamento do estudo na área costeira foi principalmente o acentuado uso para ocupação urbana sobre essa faixa geográfica do município do Conde-PB, de maneira que as interpretações do meio físico estão diretamente relacionadas ao uso desse ambiente para a construção civil, tanto de moradia quanto de equipamentos de vias de acesso e turismo.

As áreas próximas à praia são faixas do território que tendem a ter maior valorização, seja estética, seja habitacional, turística ou monetária. No município do Conde (PB) essa faixa tende a ser mais procurada pelos empreendimentos imobiliários, o que muitas vezes ocasiona uma ocupação que antecede um planejamento, mesmo que a área em questão tenha um plano

diretor desde 2001 sem atualizações.

À vista disso, o planejamento do espaço deve buscar categorizar os elementos físicos e sintetizá-los em documentos cartográficos que auxiliem na ocupação ou readequação do espaço ocupado e de ocupação futura. Na Figura 5.182 mostra-se a área costeira do município em períodos de 1985, 2007 e 2017 e a evolução da ocupação urbana nesse período, revelando que a expansão se deu no centro da área da imagem, onde estão localizadas as áreas de Jacumã, Tabatinga e Carapibus, incluindo as falésias.

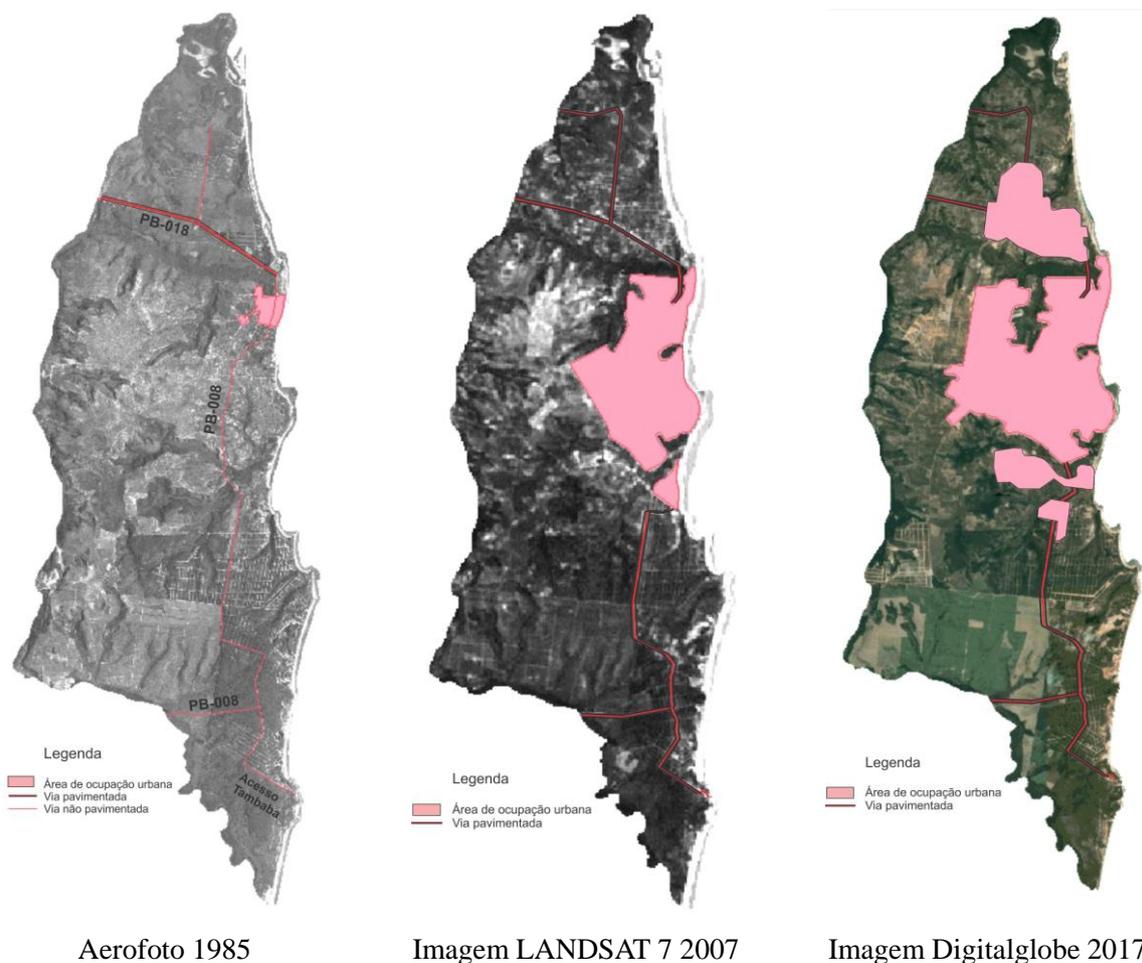


Figura 5.182 - Evolução da ocupação urbana na área costeira do Conde - PB

A ocupação na borda da falésia deveria seguir a prerrogativa legal prevista no decreto N. 5.300, 2004, que regulamenta a Lei N. 7.661, 1988 do Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro que estabelece a distância mínima de 50 metros a contar da borda da falésia em direção ao continente. Essa distância, segundo o Projeto Orla (2002), é uma medida que se caracteriza pelo equilíbrio morfodinâmico terrestre e marinho, porém esse Projeto indica que o Plano Diretor do Município pode averbar acerca da medida de ocupação tendo em vista a

vigência da lei de gerenciamento costeiro, porém no caso do Conde-PB o plano diretor não menciona nenhuma distância.

Na imagem de 2007 observa-se uma expansão da área de Jacumã para Oeste e Norte, com uma baixa ocupação em Carapibus e Tabatinga, ainda quase sem ocupação; em 2017 é possível verificar uma intensa ocupação na falésia por quase todo o litoral do Conde e uma expansão tanto a Oeste, Sul e Norte, ou seja, a região administrativa de Jacumã foi dividida em Village Jacumã, Jacumã, Carapibus, Tabatinga e Coqueirinho cada qual se tornando uma região administrativa com bairros e loteamentos, bem como áreas de condomínios fechados.

Os compartimentos geomorfológicos da falésia e do tabuleiro são dois conjuntos inter-relacionados dentro de um sistema onde as forças atuantes da geologia, rede de drenagem, curvatura do relevo, vegetação e solo suportam a carga originada pela ocupação urbana e suas modificações no meio físico.

Sendo a borda da falésia o limite do tabuleiro em direção ao mar, é possível considerar os 50 metros previstos em lei, como sendo uma região limítrofe de amortecimento à vulnerabilidade da ocupação urbana em relação aos deslizamentos que ocorrem nas falésias. A interação dos conjuntos tabuleiro e falésia faz com que haja um processo de instabilidade no meio físico. Assim a falésia tem sobre si a pressão exercida pela ação marinha, com o contato do mar com a base do talude, seja na forma de ondas, seja no espraiamento das ondas nas marés regulares, bem como na ação dos ventos e das rajadas de ventos e precipitação. A falésia absorve também a força exercida pelos elementos oriundos do tabuleiro costeiro. Essas forças são os processos tectônicos que estabelecem um empuxo com sentido Leste (Brito Neves et al. 2004, Marotta et al. 2015), os processos erosivos na borda e topo do tabuleiro na forma de erosão regressiva, originando voçorocas de até 40 m de profundidade, erosões laminares com direção oposta à borda com sentido Oeste. Há ainda o conjunto de forças exercendo sob a pressão contrária à falésia, que é a ocupação urbana sobre a ou próxima a borda, onde antes havia áreas de escoamento natural ou infiltração da água das chuvas no solo. Após a ocupação por edificações e impermeabilização da borda da falésia o fluxo da água pluvial é concentrado e despejado nas vias de acesso, que por serem de terra e sem adequação da drenagem ocasiona processos erosivos e portanto, auxilia na instabilidade de todo o conjunto próximo à falésia. Há ainda a percolação das águas das fossas sépticas, das águas utilizadas na irrigação de jardins e também de ruas que descem a falésia, e canais de escoamento artificiais para drenar a água das chuvas e despejá-las na praia.

Na carta de drenagem, quando ampliada a escala e cruzada com a imagem de

ocupação (Fig. 5.183), visualiza-se uma rede drenáltica com canais de 2ª e 3ª ordem, segundo a classificação de Strahler (1989), estando grande parte das cabeceiras e canais na área urbana dos distritos de Jacumã e Carapibus. Ou seja, áreas de adensamento urbano com concentração de fossas sépticas e poços artesianos, o que compromete tanto o nível do lençol freático quanto a qualidade da potabilidade da água, sendo também levado em consideração o impacto sobre os canais devido à impermeabilização do solo por construções e erosão laminar nas vias de acesso.



Figura 5.183 - Carta de drenagem sobre a imagem Digitalglobe, 2017

A topografia da área de pesquisa, vista em maior nível de detalhamento, permite analisar o terreno em sua geometria, observando-se a hipsometria, declividade, curvatura, direção e anomalias da rede de drenagem e, por fim na erodibilidade do solo.

O processo de erosão do solo na área costeira do município do Conde é originado por fatores de interao dos conjuntos do meio físico e meio antrópico, que além do desgaste natural que ocorre no relevo, essa área se encontra em processo de transformao e assim é considerada como uma área suscetível  erosão causada pela ocupao urbana.

Quanto  hipsometria da área costeira a drenagem segue um padrão de drenagem

dentrítico com direção preferencial NW-SE, num processo de seccionamento do relevo pelos rios. De acordo com a afirmativa de Nunes et. al (2011), é uma evidência da atuação do neotectonismo no Barreiras as formas de vales encaixados, rios retilíneos, padrão de drenagem dentrítico, anomalias na drenagem e paleovales (Fig. 5.184).

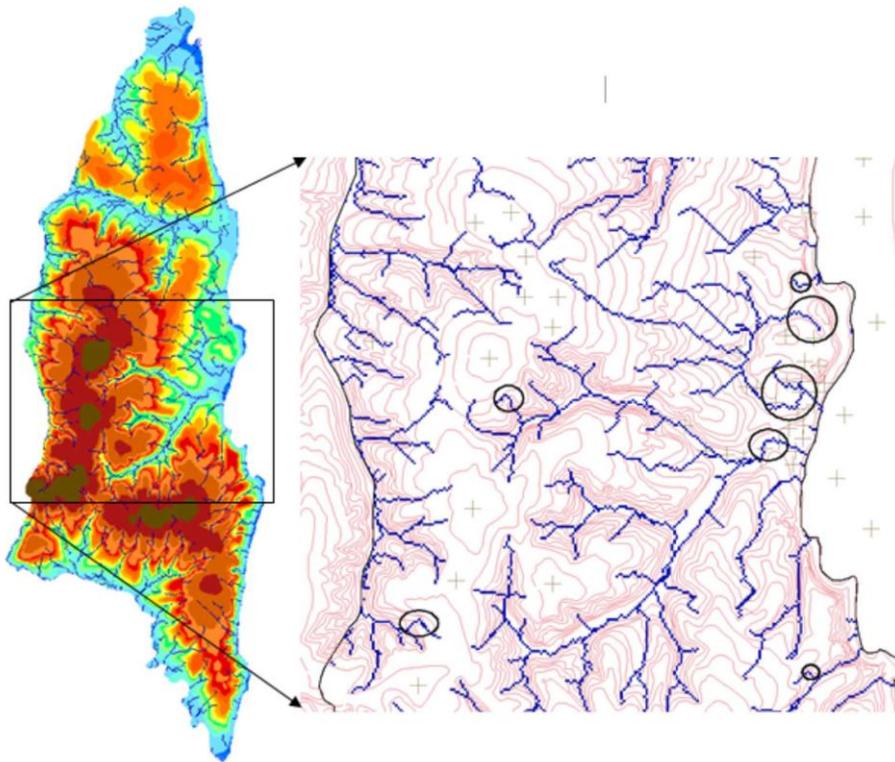


Figura 5.184 - Orientação de canais e anomalia de drenagem

O seccionamento do relevo pelos rios na área costeira do Conde-PB é originado também pela friabilidade dos materiais constituintes do solo, bem como da arquitetura deposicional, onde a camada até 2 (dois) metros de profundidade apresentou principalmente classificação SM – areia siltosa com 65% das amostras.

O solo no topo do tabuleiro é de matriz arenosa, constituído por quartzo com fração de areia fina. Pela classificação triangular é um solo constituído por areia franca, pois tendo entre 70 a 90% de areia, essa camada se estende por toda a superfície com espessuras que chegam a 2,0 m na porção cimeira dos tabuleiros. Nas áreas erodidas, por vezes essa camada arenosa desaparece completamente, onde se conclui que a distribuição da fração areia é de fato um pacote sedimentar extenso formando a cobertura do solo, independente da declividade do terreno, porém por ser uma camada não consolidada, com baixas porcentagens de materiais finos e portanto, sem limites de Atterberg, é um solo de fácil escavabilidade. No entanto, essa camada quando está em áreas de declividade acima de 8%, não encontra coesão suficiente

para conter o deslocamento das partículas do solo ficando mais suscetível à erosão. Nas vertentes são menos espessas com valores da ordem de 0,5 m. Observa-se na Figura 5.185 uma homogeneidade da distribuição da fração areia em mais de 90% das amostras ensaiadas, porém os pontos 3 e 5 possuem uma fração de pedregulho significativa, sendo uma camada laterizada, com amostras de pedregulhos envolvidos em películas ferruginosas e ou concreções ferruginosas.

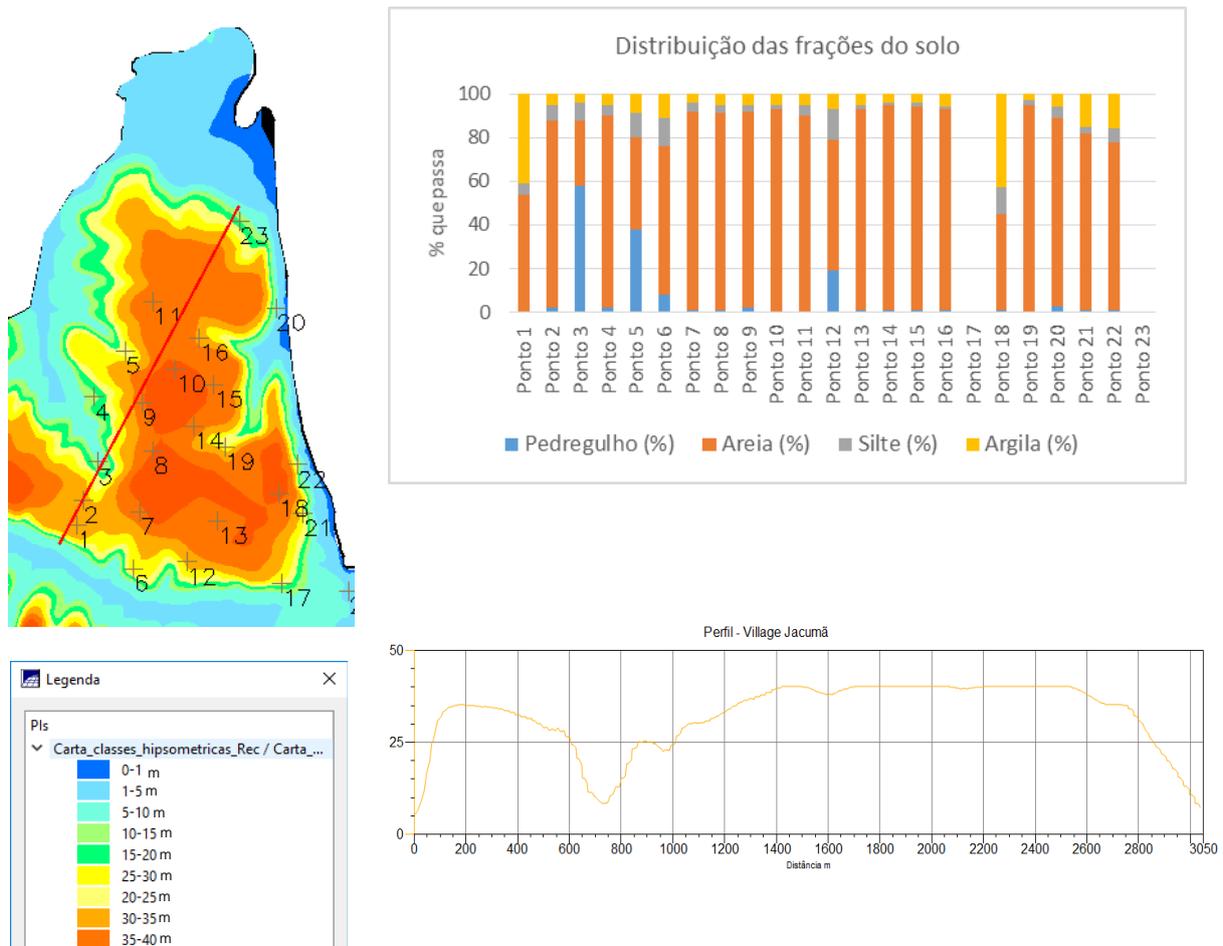


Figura 5.182 - Pontos de sondagem e hipsometria

A curvatura é uma característica das vertentes; é a forma em que se apresenta a geometria na relação declividade e comprimento. Essa geometria é importante, pois define os fatores de erosividade influenciada pela velocidade e volume de escoamento superficial (IBGE, 2009). As áreas convexas nas bordas dos vales são pontos de perda de material granular, ou seja, a camada arenosa é transportada para as áreas côncavas e leito dos rios, quando esses pontos perdem a camada superficial arenosa, a camada que fica exposta é a laterizada e o processo de ravina é iniciado quando a erosão regressiva se instala.

Na Figura 5.186 é possível ver uma boa distribuição das curvaturas de perfil a partir da

hipsometria. A forma côncava se encontra predominantemente na altitude de 10 a 15 metros, com presença maior da forma convexa nas altitudes de 15 a 50 metros, as formas retilínea, pouco côncavo e pouco convexa estão distribuídas por todas as altitudes, sendo que a forma pouco convexa tem áreas maiores nas altitudes de 50 a 70 metros, nas altitudes de 80 a 90 metros a forma retilínea apresenta-se com maior proporção em relação às demais formas, corroborando a forma de relevo tabular. Assim, infere-se que se trata de um relevo com baixa suscetibilidade à erosão do ponto de vista de fluxo da drenagem, ou seja, é um ambiente naturalmente em equilíbrio, posto que as formas pouco convexas e pouco côncavas, somadas à forma retilínea são maiores que as formas convexa e côncava, permitindo que o relevo esteja em equilíbrio.

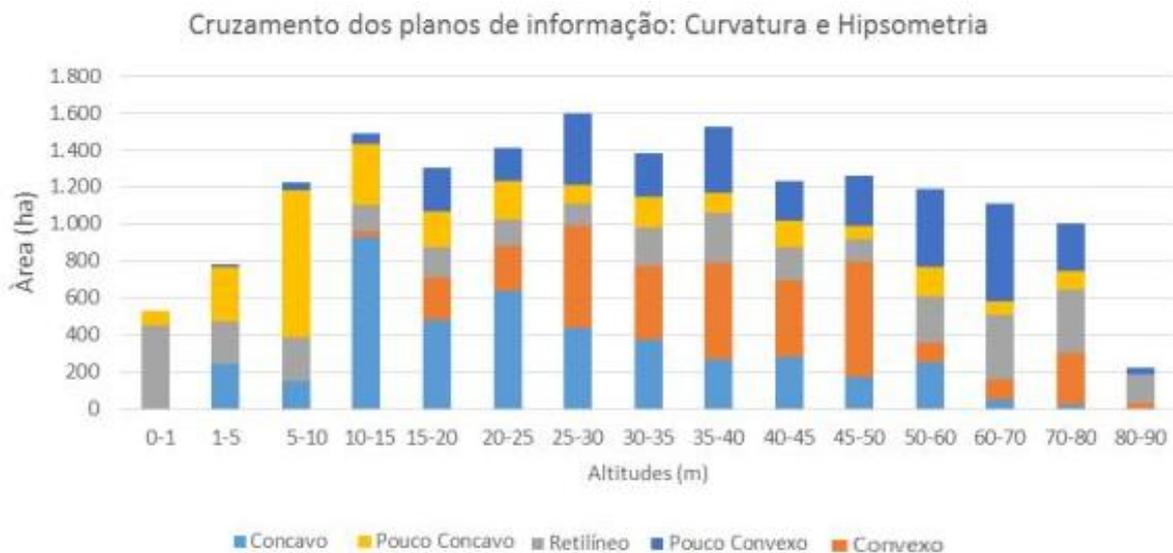


Figura 5.186 - Cruzamento das informações de curvatura de perfil com hipsometria

Em relação à curvatura de perfil, com a orientação de vertentes, expostas na Figura 5.187, as formas côncava, convexa e retilínea estão bem distribuídas em todas as orientações, denotando que as áreas de acumulação de sedimentos e perda estão também em equilíbrio, e que as vertentes estão hipoteticamente estáveis do ponto de vista natural. Ou seja, o meio físico, quando condicionado às pressões exercidas pelos processos naturais de chuvas, ventos e fluxo de drenagem, está no estágio de equilíbrio, proposto por Tricart (1976).

As áreas com menor dimensão estão na orientação SE NW e S corroborado pelo delineamento dos canais de drenagem que apresentam direções E-W, podendo se afirmar que as direções de drenagem, bem como as anomalias de drenagem auxiliam na dissecação do relevo.

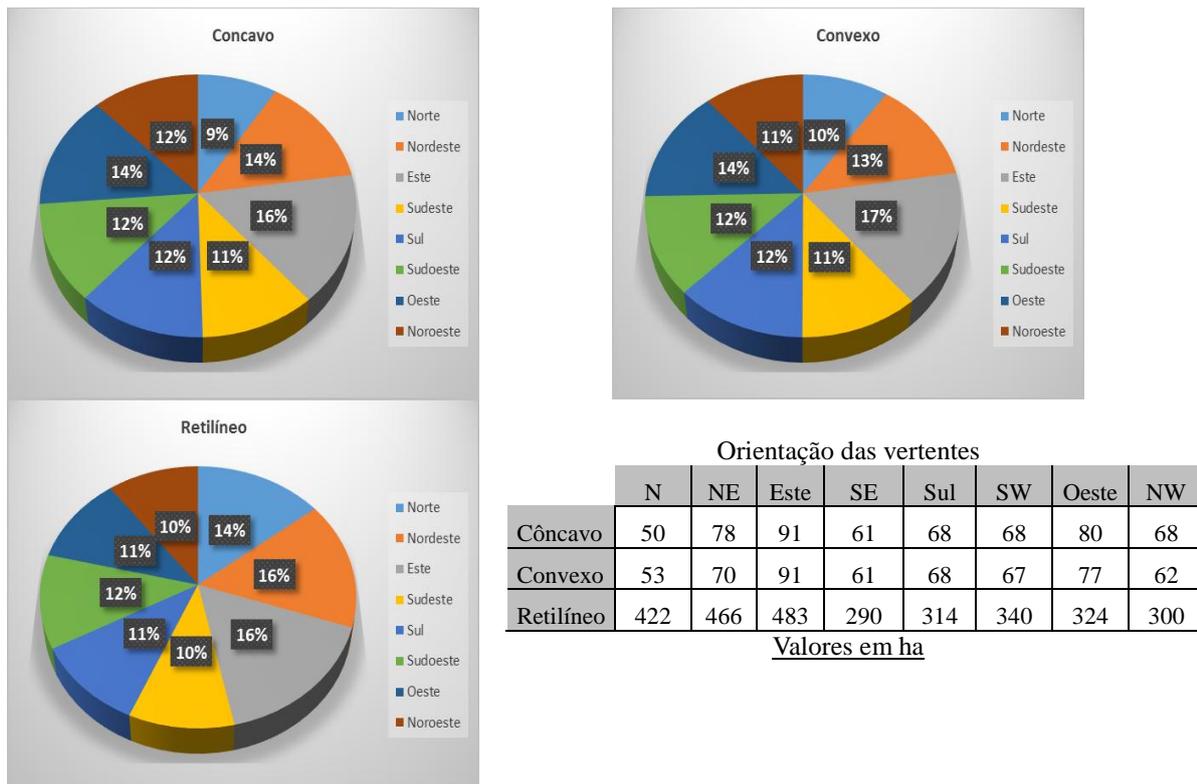


Figura 5.187- Cruzamento das informações de curvatura de perfil e orientação de vertentes

As curvaturas planas por definirem a concentração horizontal do fluxo da drenagem definem também as áreas de acumulação de sedimentos e também de migração de minerais e matéria orgânica no perfil de solo.

O levantamento de campo mostrou que a área costeira pode ser observada em duas subdivisões: a parte mais próxima à praia é de ocupação mais antiga, com casas de veraneio desde meados dos anos 1980, e a área mais afastada da praia é de ocupação mais recente, meados de 2000. A ocupação por equipamentos turísticos como hotéis e pousadas se dá desde a década de 1990, porém com maior expansão após o ano de 2000. A produção agrícola é efetuada por pequenos agricultores. Em sua maioria são pessoas que participaram de processos de assentamento rural realizados pelo INCRA. A produção agrícola é basicamente composta por inhame, mandioca, hortaliças, mamão, coco, melão, manga e abacaxi. A produção pecuária é bastante reduzida e sua produção é quase toda destinada para consumo próprio ou venda nos pequenos mercados do Conde. Há ainda a produção aviária (galinhas de capoeira e codorna); a criação de gado é basicamente gado leiteiro e abastece principalmente o município, o gado de corte é também para consumo local, sendo ainda o abate em abatedouros não fiscalizados pela vigilância sanitária nem com o alvará de funcionamento. Foi registrada a presença de criação de cavalos de raça, mas segundo os proprietários os haras não possuem relação comercial.

O Conde é um município em que o foco do uso e ocupação principal é o turismo costeiro, com uma rede de hotéis, pousadas e casas de veraneio. Também conta com uma rede de bares e restaurantes na orla para servir à demanda turística. Outro tipo de serviço oferecido aos turistas são os passeios efetuados em carros abertos, específicos para uso em caminhos de areia que utilizam rotas não convencionais aos carros de passeio, visto que são trilhas sobre o tabuleiro, trilhas na borda da falésia, faixa de praia e nas erosões na falésia.

A mancha urbana na faixa costeira tem apresentado crescimento tanto no quesito loteamentos quanto nas próprias edificações. Construções multifamiliares, hotéis e resorts têm alterado a paisagem costeira. A rede de água é principalmente distribuída por poços artesianos; a rede de esgoto é inexistente, sendo o despejo em fossas sépticas; as águas pluviais são conduzidas sobre as vias, não havendo sarjetas nem rede de escoamento pluvial.

Portanto, a relação entre a expansão urbana e o meio físico não é equilibrada, visto que as questões de solo, relevo e drenagem não são observadas na elaboração ou execução dos projetos de urbanização ou construção civil. Observam-se as erosões laminares; o processo de denudação do solo, seja por retirada de areia para construção local de casas, seja pela limpeza de terrenos para loteamento a erosão laminar lixivia o solo levando as partículas menores para baixo do perfil e as partículas maiores são carreadas pelo terreno de montante para jusante. Após esse processo erodir o perfil, e a camada arenosa ser removida, a camada abaixo no perfil é uma camada laterizada e/ou ferruginosa, onde o processo erosivo se torna regressivo, criando sulcos e posteriormente ravinas.

Áreas sensíveis ou suscetíveis a movimentos de massa também estão sendo ocupadas, seja na vertente (caso dos vales), seja na borda da falésia. As vias de acesso ligando o topo do tabuleiro à praia também ocasionam um impacto negativo na paisagem, visto que o processo de construção das vias não observa a geomorfologia além do método construtivo conduzir as águas pluviais para a praia, o que ocasiona dois processos erosivos: um que é continental, no tabuleiro, outro na praia.

6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

6.1 CONCLUSÕES

A ocupação dos municípios litorâneos brasileiros tem se intensificado nas últimas décadas, considerando-se três questões prioritárias de crescimento: a urbanização, a industrialização e a exploração turística. Com a ocupação desordenada do solo, ocorrida em maior concentração à beira mar e próximo às lagoas, foram sendo ocupadas áreas de preservação permanente, onde se encontram aquelas de maior vulnerabilidade ambiental.

A expansão urbana do litoral do Conde, na Paraíba, não é exceção, pois avança de forma acelerada levando ao crescimento econômico e, ao mesmo tempo, promove problemas sociais. A apropriação indevida dos recursos naturais, como observado neste estudo, evidencia que o quadro deverá se agravar numa escala de tempo muito curta, visto que o fomento dos impactos antrópicos na área relaciona-se diretamente com o fomento das populações humanas locais e das atividades que desenvolvem. Investimentos em infraestrutura como drenagem, saneamento básico e coleta de lixo ajudariam a minimizar os danos ao meio ambiente. A redução dos recursos naturais e a intensificação na ocupação desse município, assim como as derivações consequentes dessa ocupação, tais como, poluição e contaminação das águas, diminuição de áreas florestadas, lixo, certamente intensificarão danos à área.

Considerando que o objetivo principal deste estudo foi partir da análise do relevo e demais fatores geográficos para elaborar cartas geotécnicas, visou-se dar base para o planejamento de ocupação da faixa costeira, como também das repercussões da interação entre os processos dinâmicos atuantes e ações antrópicas na paisagem.

Dessa maneira foi possível concluir que:

- As unidades geomorfológicas existentes na área de pesquisa são os tabuleiros costeiros e as planícies costeiras.

- A forma de relevo falésia é a estrutura natural de contato entre as duas unidades geomorfológicas, e portanto, é uma estrutura que recebe a pressão das forças naturais tanto do continente quanto do mar, bem como as pressões derivadas da ocupação antrópica.

- A unidade tabuleiro costeiro é uma área de deposição sedimentar, formando um patamar com baixas altitudes onde os valores hipsométricos não ultrapassam 110 m de altitude, formando topos com declividade suave, e suavemente ondulado nas bordas das vertentes; as vertentes apresentam declividade fortemente ondulada com presença de vales encaixados.

- A rede de drenagem apresenta comportamento retilíneo com padrão de drenagem N-S dentrítico, em vales profundos, com flexões do canal em direção E-O e NE-SW, com anomalias da drenagem ocasionado por processos neotectônicos.

- A carta de orientação de vertentes é o documento que traz a informação sobre a exposição da vertente e evolução do relevo decorrente dos processos erosivos, onde a maior frequência de sentido tem como azimute o sentido NW. Nas áreas próximas à falésia as vertentes adquirem a orientação W, onde o solo apresenta maior lixiviação, de maneira que a proximidade da falésia faz com que o fluxo de água seja conduzido para os canais de drenagem e não diretamente para a falésia. A orientação com predominância de sentido N tem solos mais rasos e endurecidos.

- A curvatura do terreno por ser um atributo de forma geométrica da vertente é um valor que permite avaliar o potencial de energia que um fluxo pode ter em termos de direção vertical e horizontal. Assim as análises de curvatura mostram que a área de estudo apresenta vertentes com o topo convexo e a base côncava em vales encaixados.

- Os ensaios de caracterização do solo realizados para conhecimento da distribuição das classes de solo apresentaram uma característica homogênea tanto na profundidade quanto na classificação sendo um perfil variando entre 0,30 m e 2,00m no topo do tabuleiro, com classificação SM – areia siltosa com poucas amostras apresentando limites de liquidez e índice de plasticidade.

- Foram também classificadas camadas com coesão acentuada, onde o solo se mostrou impenetrável ao trado manual e a resistência à penetração variou de acordo com a camada de solo, em solos com camada de areia siltosa a resistência do solo foi baixa, em torno de 5,0 Mpa, com valor máximo de 8 Mpa, nos solos com maior resistência o valor obtido foi de 35 Mpa.

- Nas camadas de areia siltosa a estrutura do perfil apresentou aglutinação das partículas finas, corroborados pelo ensaio de caracterização em conjunto com os ensaios *in situ* de resistência e permeabilidade.

- Nas amostras onde o defloculante teve maior eficiência na separação das partículas finas das partículas grossas percebe-se um processo de agregação em solos laterizados.

- Os atributos de resistência do solo demonstraram que a escavabilidade para construção civil é alta nas camadas superficiais até 2 m de profundidade.

A classificação da camada areno siltosa demonstrou que esse pacote sedimentar pode ser utilizado como camada de base de pavimento e também já é utilizada como área de jazida

de materiais para construção civil local.

- Pelos resultados obtidos com o permeâmetro pode-se avaliar o solo com um grau de baixa permeabilidade em ambos os estágios de altura de carga da coluna d'água (H=5cm e H=10cm), característica de um solo de matriz arenosa com frações de silte e argila, classificando como sendo um solo areno silto.

A partir dos resultados gerados na pesquisa, nota-se que é de fundamental importância para o município do Conde (PB) a elaboração e a atualização dos instrumentos legais que norteiem e tracem as diretrizes para o desenvolvimento desse município, sendo prioritários a recuperação das áreas degradadas e o resgate do patrimônio natural.

O processo de ocupação, tanto nas áreas de solo exposto, onde a camada arenosa foi retirada, bem como nas proximidades das bordas da falésia, devem ser realizadas com atenção às características do solo, visto que o processo de intemperização aumenta a suscetibilidade à erosão pela desintegração do material nas camadas superficiais.

A desarmonia entre qualidade ambiental e crescimento urbano, na área estudada, indica a exploração desse espaço contribuindo para o avançado crescimento urbano, sobre ambientes de mata atlântica, manguezais, restingas, encostas e bordas de falésias.

Portanto, a tese apresentou atributos do meio físico que em um processo dinâmico apresenta o comportamento morfométrico do relevo influenciando o comportamento morfopedológico. De maneira que, as áreas de ocupação favoráveis à urbanização devem ser aquelas onde o processo morfopedológico é menos influenciado pelo comportamento dos atributos morfométricos (alta declividade, exposição de vertentes e curvaturas convexas), ou seja, devem-se considerar os atributos do meio físico para elaborar os projetos de uso, ocupação bem como dos projetos das edificações em si.

Conclui-se ainda a partir da reunião de dados coletados e analisados nessa pesquisa que é necessária a elaboração de instrumentos legais ou atualização do Plano Diretor, readequação dos imóveis sobre as bordas da falésia, regularização e fiscalização de retirada de areia para construção civil, que têm ocorrido sem o devido dimensionamento e manejo das áreas de jazida; elaboração e manutenção da drenagem pluvial nas vias de acesso e arruamentos para evitar erosão laminar e possíveis processos de ravinamento.

Importante ressaltar a necessidade de se elaborar documentos atestando as áreas de vulnerabilidade aos processos de erosão costeira, erosão nas bordas da falésia, elaborar documentos de suscetibilidade ao risco de deslizamentos na face da falésia e também de risco de queda de imóveis no topo da falésia. Esses documentos devem considerar as áreas

prioritárias de preservação, e/ ou conservação vegetal; documentos que avaliem a potencialidade de construção de imóveis a partir de perfis geotécnicos do solo, e por fim, documentos geomorfológicos que orientem para o uso e cobertura do solo considerando a dinâmica geomorfológica de morfogênese e pedogênese existente no Conde – PB.

6.2 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

- Expandir a área dos levantamentos de caracterização geotécnica, resistência e permeabilidade do solo para todo o município do Conde – PB.
- Determinar os componentes mineralógicos do solo no município do Conde – PB.
- Determinar as curvas características de retenção da água do solo analisando no contexto dos processos erosivos.
- Investigar a relação da direção do vento e intensidade pluviométrica com os resultados obtidos na análise da orientação de vertentes.
- Investigar os processos erosivos nas bordas das falésias.
- Elaborar atualizações periódicas da carta de uso e cobertura do solo.
- Ordenar os processos de ocupação do solo a partir das cartas geotécnicas estabelecidas pelo Plano Nacional de Proteção e Defesa Civil (Lei n. 12.608/2012).

REFERÊNCIAS

- ABNT (1983). Norma Técnica NBR 6497. Levantamento geotécnico. Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, Rio de Janeiro, RJ, 7p.
- ABNT (1984). Norma Técnica NBR 6459. Método de Ensaio: Solo – Determinação do Limite de Liquidez. Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, Rio de Janeiro, RJ, 6p.
- ABNT (1984). Norma Técnica NBR 7180. Método de Ensaio: Solo – Determinação do Limite de Plasticidade. Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, Rio de Janeiro, RJ, 3p.
- ABNT (1984). Norma Técnica NBR 7181. Método de Ensaio: Solo – Análise Granulométrica. Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, Rio de Janeiro, RJ, 13p.
- ABNT (1986). Norma Técnica NBR 6457. Amostras de Solo: Preparação para Ensaio de Compactação e Ensaio de Caracterização. Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, Rio de Janeiro, RJ, 9p.
- ABNT (1986). Norma Técnica NBR 9603. Procedimento: Sondagem a trado. Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, Rio de Janeiro, RJ, 6p.
- ABNT (1986). Norma Técnica NBR 6508. Método de ensaio: Determinação de massa específica Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, Rio de Janeiro, RJ, 8p.
- ABNT (1986). Norma Técnica NBR 13602. Solo: Avaliação da dispersibilidade de solos argilosos pelo ensaio sedimentométrico comparativo. Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, Rio de Janeiro, RJ, 5p.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. (1984) ASTM D 2488. Standard practice for description and identification of soils (visual - manual procedure). Philadelphia.
- AB'SÁBER, A. N.(1969). Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o quaternário. Geomorfologia, 18: 1-23.
- AMORIM, E. F. (2013). Viabilidade Técnica Econômica de Misturas de Solo-RCD em Camadas de Base de Pavimentos Urbanos. Estudo de Caso: Município de Campo Verde - MT. 151 p., (ENC/FT/UnB, Doutor, Geotecnia, 2013). Tese de Doutorado - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.
- ANDERSON, J. R.; HARDY, E. E.; ROACH, J. T. e WITMER, R. E. (1976) A land use and land cover classification system for use with remote sensor data. Geological Survey Professional Paper 964.
- ANDRADE, M. C. de. (1979). O processo de ocupação do espaço regional do nordeste. 2. ed.

Recife: SUDENE, 63 p.

- ANDRADES FILHO, C. de O; ROSSETTI, D. de F. (2012). Caracterização morfoestrutural da parte central emersa da Bacia Paraíba (PB). *Geociências*, 31 (1): 13-29.
- ARAI, M. (2006). A grande elevação eustática do mioceno e sua influência na origem do Grupo Barreiras. *Geociências* 6 (2): 1 – 6.
- ARAUJO, V. D. de. REYES-PERES, Y. A. LIMA, R. de O. PELOSI, A. P. de M. R. CÓRDOBA, V. C.; LIMA-FILHO, F. P. (2006) Fácies e sistema deposicional da Formação Barreiras na região da Barreira do Inferno, litoral oriental do rio grande do Norte. *Geociências*, 6 (2): 43-49.
- ARNOT, R. H.; GRANT, K. (1981) The application of a method for terrain analysis to functional land-capability assessment and aesthetic landscape appreciation. *Landscape planning*, 8: 269 – 300.
- BARBOSA, J. A., SOUZA, E. M de, LIMA FILHO, M. F.; NEUMANN, V. H. (2003). A estratigrafia da Bacia Paraíba: uma reconsideração. *Estudos Geológicos*, 13: 89-108.
- BARBOSA, J. A., SOUZA, E. M de, LIMA FILHO, M. F.; NEUMANN, V. H. (2007). Estratigrafia da faixa costeira Recife-Natal (bacia Paraíba e plataforma de Natal), NE do Brasil. *Estudos Geológicos*, 17 (2): 3-30.
- BASTOS, C. A. B. (2004) Estudo geotécnico sobre a erodibilidade de solos residuais não saturados. Tese de doutorado - FURGS, Departamento de Engenharia Civil, Porto Alegre.
- BEZERRA, E. P. (2013) Patrimônio cultural, memória e preservação: identificação, documentação e mapeamento dos bens culturais do vale do Gramame, João Pessoa-PB. Dissertação de mestrado, Departamento de Ciências da Informação, UPFB, João Pessoa, 116 p.
- BECKER, C. T.; MELO, M. M. M. S; COSTA, M. N. de M. e RIBEIRO, R. E. P. (2011) Caracterização climática das regiões pluviometricamente homogêneas do Estado da Paraíba. *Geografia Física*, 01: 286-299.
- BÉTARD, F. e BOURGEON, G. (2009) Cartographie morphopédologique: de l'évaluation des terres à reserche en géomorphologie. *Géomorphologie*, 15 (3): 187-198.
- BEZERRA, F. H. R. (2000) Neotectonic movements in northeastern Brazil: implications for a preliminary seismic-hazard assessment. *Geociências*30 (3): 562-564.
- BIGARELLA, J. J. (1994) Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais. UFSC, Florianópolis, SC, 1, 426 p.
- BOARD, C. (1975) Os mapas como modelos. In: Modelos físicos e de informação em geografia. Chorley, R. J. e Haggett, P. (org.) Trad. Arnaldo Viriato de Medeiros. Editora da Universidade de São Paulo e Livros Técnicos e Científicos S. A, Rio de Janeiro, RJ, 260 p.

- BORGES, M. de V.; SOUZA, N. M. de e SILVA JUNIOR, E. E. de A. (2015) Relação da escalas de trabalho das cartas geotécnicas versus área de influência das sondagens e variabilidade do atributo. 15º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental
- BOULET, R., FRITSCH, E., FILIZOLA, H. F., ARAUJO FILHO, J. C. de, LEPRUN, J. C., BARRETTO, F., BALAN, E; TESSIER, D. (1998) Iron bands, fragipans and duripans in the northeastern plateaus of Brazil — properties and genesis. *Canadian Journal of Soil Science*, 8: 519-530.
- BRAGA, K. G. (2005) O uso de *checklist* na identificação de processos erosivos costeiros. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária, UFRN, Natal, RN 99 p.:
- BRASIL. Lei N. 7.661. (1988). Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro.
- BRASIL. Decreto N. 5.300 (2004). Uso e ocupação da zona costeira.
- BRITO NEVES, B. B. de; RICOMINNI, C.; FERNANDES, T. M. G. e SANT'ANNA, L. G. (2004). O sistema tafrogênico terciário do saliente oriental nordestino na Paraíba: um legado proterozóico. *Geociências*, 34 (1): 127-134.
- BRITO NEVES, B. B. de. ALBUQUERQUE, J. do. P. T., COUTINHO, J. M. V.; BEZERRA, F. H. R. (2009) Novos dados geológicos e geofísicos para a caracterização geométrica e estratigráfica da Sub-bacia de Alhandra (Sudeste da Paraíba). *Geociências*,9(2): 63-87.
- BRÊDA, T. C., MELLO, C. L.; GOMES, B. L. (2011) Paleoambiente deposicional da Formação Barreiras na porção centro-sul da área emersa da bacia de Campos (Rio de Janeiro). XIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário ABEQUA.
- CASTRO, S. S; COOPER, M. SANTOS, M. C. e VIDAL-TORRADO, P. (2003) Micromorfologia do solo: bases e aplicações. *Ciências do Solo*, 3: 107-164.
- CASTRO, S. S de e SALOMÃO F. X. DE T.(2000). Compartimentação morfopedológica e sua aplicação considerações metodológicas. *Geusp*, n.7: 27-38.
- CASSETI, V. Geomorfologia. (2005) [S. I]. Disponível em:
<<http://www.funape.org.br/geomorfologia/>>.
- CHORLEY, R. J. (1975). Modelos em geomorfologia. In: Modelos físicos e de informação em geografia. Chorley, R. J. e Haggett, P. (org.) Trad. Arnaldo Viriato de Medeiros. Editora da Universidade de São Paulo e Livros Técnicos e Científicos S. A Rio de Janeiro, RJ, 260 p.
- CORRÊA, R. L. (2002). O espaço urbano. Editora Ática, São Paulo, SP, 94 p.
- CORREA, M. M.; KER, J. C.; BARRÓN, V.; FONTES, M. P. F.; TORRENT, J. e CURI, N. (2008). Caracterização física, química, mineralógica e micromorfológica de horizontes

coesos e fragipãs de solos vermelhos e amarelos do ambiente tabuleiros costeiros. *Ciência do Solo*, 32: 1017-1031

COSTA, A. N., POLIVANOV, H.; ALVES, M. da G. (2008) Mapeamento Geológico-Geotécnico Preliminar, Utilizando Geoprocessamento, no Município de Campos dos Goytacazes, Estado do Rio de Janeiro. *Anuário do Instituto de Geociências, UFRJ*, v. 31 (1), 50-64 p.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. (2005) Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município do Conde, estado da Paraíba/. BELTRÃO, B. A., MORAIS, F. de, MASCARENHAS, J. de C. MIRANDA, J. L. F. de, SOUZA JUNIOR, L. C. de e MENDES, V. A. (Org.) Recife: CPRM/ PRODEEM. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/rehi/atlas/paraiba/relatorios/COND060.pdf>.

COZZOLINO, V. M. N; NOGAMI, J. S. (1993) Classificação geotécnica MCT para solos tropicais. *Solos e Rochas*, 16 (2). 77-91.

CRISTOFOLETTI, A. (1980). *Geomorfologia*. 2a ed. Edgard Blucher, São Paulo, SP188 p..

DEARMAN, W. R. (1991). *Engineering geological mapping*. Butterworth-Heineman, London, 387p.

DELGADO, A. K. C. (2002) Influência da sucção no comportamento de um perfil de solo tropical compactado. Dissertação de Mestrado, G.DM-093A/02, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 200 p.

DERRUAU, M. (1966) *Geomorfologia*. Ediciones Ariel, Barcelona, 442 p..

DINIZ, N. C. (2012) Cartografia geotécnica por classificação de unidades de terreno e avaliação de suscetibilidade e aptidão. *Geologia de Engenharia e Ambiental*. 2 (02): 29-77.

DOMINGUEZ, J. M. L.; BITTENCOURT, A. C. da S. P.; LEÃO, Z. M. de A. N.; AZEVEDO, A. E. G. de. (1990) Geologia do quaternário costeiro do Estado de Pernambuco. *Geociências*. 20 (1-4):208-215.

DRESCH, J. I. (1957). Les problèmes morphologiques du Nord-Est brésilien. *Bulletin de l'Association de géographes français*, N°263-264, 34e année, 48-59p.

ETCHEVARNE, C. (2000) A ocupação humana no nordeste brasileiro antes da colonização portuguesa. *REVISTA USP*, 44:112-141.

FAMBRINI, G. L.; LEMOS, D. R. de; TESSER JR. S.; ARAUJO, J. T. de; SILVA FILHO, W. F. da.; SOUZA, B. Y. C. e NEUMANN, V. H. de M. L. (2011) Estratigrafia, arquitetura deposicional e faciologia da formação Missão Velha (Neojurássico-Eocretáceo) na área-tipo, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil: exemplo de sedimentação de estágio de início de rifte a clímax de rifte. *Geologia*, 11 (2): 55-87.

FARIAS, A. P.(2005). Eustasia global e a realidade do litoral brasileiro. *Geomorfologia*, 6 (2): 75-82.

- FARIAS, W. M. (2012) Processos Evolutivos de Intemperismo Químico e Sua Ação no Comportamento Hidromecânico de Solos do Planalto Central. 263 p., (ENC/FT/UnB, Doutor, Geotecnia, 2012) Tese de Doutorado - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental
- FILIZOLA, H. F., LAMOTTE, M., FRITSCH, E., BOULET, R., ARAUJO FILHO, J. C., SILVA, F. B. R.; LEPRUN, J. C. (2001) Os fragipãs e duripãs das depressões dos tabuleiros costeiros do Nordeste brasileiro: uma proposta de evolução. *Ciência do Solo*, 25: 947-963.
- FINLAYSON, A. A. (1984) Land surface evaluation for engineering practice: applications of the Australian PUCE system for terrain analysis. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, 17: 149-158.
- GALINDO, M. S. V., BENESSIUTI, M. F., TENÓRIO, M. O.; RAMOS, V. C. L. (2012) Estudo da curva característica de solos da Formação Barreiras, Maceió, AL. COMBRASEG.
- GIAROLA, N. F. B.; SILVA, A. P.; TORMENA, C. SOUZA, L. S e RIBEIRO, L. P. (2001) Similaridades entre o caráter coeso dos solos e o comportamento hardsetting: estudo de caso. *Ciência do Solo*. 25: 239-247
- GIAROLA, N. F. B; SILVA, A. P da (2002) Conceitos sobre solos coesos e hardsetting. *Scientia Agricola*, 59 (3):613-620.
- GOMES, F. de S. (2001) Estudo da erodibilidade e parâmetros geotécnicos de um solo em processo erosivo. Recife (PE) Dissertação de Mestrado, Programa de pós-graduação em Engenharia Civil, CTG, UFPE, Recife, PE, 209 p.
- GUSMÃO FILHO, J. de A. (1995) A experiência em encostas ocupadas do Recife: integração técnica, institucional e comunitária. *Geociências*. Volume Especial.
- GRIGG, D. (1974) Regiões, modelos e classes. In: Modelos integrados em geografia. Chorley, R. J. e Haggett, P. (org.) Trad. Arnaldo Viriato de Medeiros. Editora da Universidade de São Paulo e Livros Técnicos e Científicos S. A Rio de Janeiro, RJ, 260 p.
- IAEG - INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ENGINEERING GEOLOGY AND THE ENVIRONMENT (1976). *Engineering geological maps: a guide to their preparation*. Unesco Press, Paris: 79 p.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. (1998). *Manual técnico de geologia*. IBGE, Rio de Janeiro, RJ, 306 p.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (2006). *Manual técnico de uso da terra*. 2. IBGE, Rio de Janeiro, RJ, 91 p.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. (2007). *Manual técnico de pedologia*. IBGE, Rio de Janeiro, RJ 316 p.

- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. (2009). Manual técnico de geomorfologia. IBGE, Rio de Janeiro, RJ, 175 p.
- KING, L. C. (1956). A geomorfologia do Brasil oriental. *Geografia*. 18(2): 147-266.
- KING, R. B. (1970). A parametric approach to land system classification. *Geoderma*, 4: 37-46.
- LIMA FILHO, M. de; BARBOSA, J. A. e SOUZA, E. M. (2006). Eventos tectônicos e sedimentares nas bacias de Pernambuco e da Paraíba: implicações no quebraamento do Gondwana e correlação com a bacia do rio Muni. *Geociências*, 25 (1): 117-126.
- LE MOS, R. C. de e SANTOS, R. D. dos. (1996). Manual de descrição e coleta de solo no campo. 3ª. ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Campinas, SP, 84 p.
- LIMA, C. C. U. de, VILAS BOAS, G. da S.; BEZERRA, F. H. R. (2006). Faciologia e análise tectônica preliminar da Formação Barreiras no litoral sul do Estado da Bahia, Brasil. *Geociências*, 6 (2):
- LOHMANN, M. e SANTOS, L. J. C. (2005) A morfopedologia aplicada à compreensão dos processos erosivos na bacia hidrográfica do Arroio Guassupi, São Pedro do Sul – RS. *Geomorfologia*, 6 (2): 91-102.
- MABESOONE, J. M.; LOBO, H. R. C. (1980). Paleosols as stratigraphic indicators for the cenozoic history of northeastern Brazil. *Catena*, 7: 67-78.
- MAIA, R. P. e BEZERRA, F. H. R. (2014). Condicionamento estrutural do relevo no nordeste setentrional brasileiro. *Mercator*, 13 (1): 127-14.
- MAROTTA, G. S., FRANÇA, G. S., MONICO, J. F. G., BEZERRA, F. H. R.; FUCK, R. A. (2015). Strain rates estimated by geodetic observations in the Borborema Province, Brazil. *South American Earth Sciences*, 58: 1 - 8.
- MARTIN, L., FLEXOR, J-M., BITTENCOURT, A. C. S. P. e DOMINGUEZ, J. M. L. (1986) Neotectonic movements on a passive continental margin: Salvador Region, Brazil. *Crustal Dynamics*, 1 (87): 88-103.
- MARTINS, E. O. (2005). Cadastro Georreferenciado de erosões no Distrito Federal. Dissertação de Mestrado, Publicação no G.DM-139/2005, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 114 p.
- MARTINEZ, G. S.; S. (2003) Estudo do comportamento mecânico de solos lateríticos da Formação Barreiras. Tese de doutorado, Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 291 p.
- MEDEIROS, I. H. A. de (2010). Relatório final: projeto de arqueologia preventiva: implantação do complexo ecoturístico reserva Garaú - Município do Conde/ PB. João Pessoa. Relatório Final para a composição de estudos ambientais para instalação de projeto de abastecimento de água, no município de Conde/PB.
- MELO, V. F.; NOVAIS, R. F.; SCHAFFER, C. E. G. R.; FONTES, M. P. F. e SINGH, B.

- (2002). Mineralogia das frações areia, silte e argila de sedimentos do Grupo Barreiras no município de Aracruz, Estado do Espírito Santo. *Ciência do Solo*, 26: 29-41.
- MMA - Ministério do Meio Ambiente. (2008). Projeto orla, plano de gestão integrada da orla marítima do município do Conde - PB. Disponível em:
http://www.mma.gov.br/estruturas/orla/_arquivos/pgi_orla_condepb_aprovado_ctepb_11.pdf.
- MORAIS, R. M. O. de; MELLO, C. L., COSTA, F. de O; SANTOS, P. de F. (2006) Fácies sedimentares e ambientes deposicionais associados aos depósitos da Formação Barreiras no Estado do Rio de Janeiro. *Geociências*, 6 (2): 19-30.
- MORAIS, L. M. F. A. (2009) Expansão urbana e qualidade ambiental no litoral de João Pessoa – PB. João Pessoa/PB: Dissertação de Mestrado, Departamento de Geografia, UFPB, João Pessoa, PB, 171 p.
- MOREIRA, M. M. (1996) Mapeamento geotécnico do município de Natal, RN e áreas adjacentes. Dissertação de mestrado, publicação G.D.M - 028A/96, departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, DF, 148 p.
- NEVES, S. M.; NEVES, M. M. (2010) Ocupação humana e a probabilidade da presença de sítios arqueológicos do tipo sambaqui no litoral da Paraíba. *Geografia*, VIII SINAGEO.
- NUNES, F. C.; SILVA, E. F. da; VILAS BOAS, G. da S. (2011). Grupo Barreiras: características, gênese e evidências de neotectonismo. Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ, 31 p.
- NUNES, F. C.; MOREIRA, G. S.; VILAS BOAS, G. da S.; SANTOS, F. N. dos; CALDERANO, S. B.; SILVA, E. F. da (2013). Fragipãs e duripãs: estruturas pedogenéticas ou sedimentares? XXXI Congresso brasileiro de ciência do solo.
- OCHOA, F. L., GÓES, A. M., ROSSETTI, D. de F., SAWAKUCHI, A. O., CASSINI, L. V. e COUTINHO, J. M. V. (2013) Discriminação dos depósitos cenozóicos da parte emersa da Bacia Paraíba (NE, Brasil) por meio de minerais pesados e granulometria. *Brazilian Journal Geology*, 43 (3): 555-570.
- OLIVEIRA, L. B. de. (1968) Considerações sobre a composição granulométrica de solos do Nordeste. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 3: 189-195.
- PANERAI, P. (2006). *Análise Urbana*. Ed. UnB, Brasília, DF, 198 p.
- PEREIRA, E. D.; ZAINÉ, J. E. (2007) Mapa geológico-geotécnico da bacia do rio Bacanga - São Luiz (MA). *Geociências*, 26 (1): 45-54.
- PLANO DIRETOR DE DESENVOLVIMENTO MUNICIPAL: CONDE-PB. 2001.
- PFALTZGRAFF, P. A. dos S. (1996) Jaboatão dos Guararapes: mapa de indicadores geotécnicos. CPRM: Projeto SINGRE, 29 p.
- PROJETO ORLA: fundamentos para gestão integrada. Ministério do Meio Ambiente,

Brasília, DF, 2002, 78 p.

- REYNOLDS, W. D.; ELRICK, D. E. (1985). In situ measurement of field saturated hydraulic conductivity, sorptivity and the α -parameter using the Guelph permeameter. *Soil Science*, 140 (4): 292–302.
- RIBEIRO, G. F; PEREIRA, S. Y. e IWASHITA, F. (2009). Estudo comparativo entre métodos de cálculo da condutividade hidráulica através de ensaios com permeâmetro Guelph. Campo Grande, MS: XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos
- ROQUE, C. G.; CENTURION, J. F.; ALENCAR, G. V. de; BEUTLER, A. N.; PEREIRA G. T.; ANDROLI, I. (2003). Comparação de dois penetrômetros na avaliação da resistência à penetração de um Latossolo Vermelho sob diferentes usos. *Revista Acta Scientiarum: Agronomy*, 25 (1): 53 -57.
- ROMÃO, P. de A. (2006). Modelagem de terreno com base na morfometria e em sondagens geotécnicas – região de Goiânia. Brasília (DF). Tese de doutorado. Programa de pós-graduação em Geotecnia da Universidade de Brasília, 192 p.
- ROSS, J. L. S. (1992). O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. *Geografia*, 6: 17-29.
Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47108>>
- ROSSETTI, D. F. de; GOES, A. M. (2008). Marine influence in the Barreiras Formation, state of Alagoas, Northeastern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 81 (4): 741-755.
- ROSSETTI, D. de F.; VALERIANO, M. de M.; BEZERRA, F. H.; BRITO-NEVES, B. B. e GÓES, A. M. (2009). Caracterização morfológica da porção sul da Sub-bacia de Alhandra, Bacia Paraíba, com base em dados SRTM: contribuição na compreensão do arcabouço estrutural. Natal: INPE. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Anais XIV, 3325 – 3332.
- ROSSETTI, D. F.; GÓES, A. M.; BEZERRA, F. H. R.; VALERIANO, M. M.; BRITO-NEVES, B. B. e OCHOA, F.L.(2012). Contribution to the stratigraphy of the onshore Paraíba Basin, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 84 (2): 313-333.
- SÁ, M. A. C. de e SANTOS JR., J. de D. G. dos (2007). Considerações teóricas sobre o cálculo da resistência mecânica do solo à penetração determinada com penetrômetro dinâmicos. Embrapa Cerrados, Planaltina, DF: 27 p.
- SAADI, A. (1993). Neotectônica da plataforma brasileira: esboço e interpretação preliminares. *Geonomos*, 1 (1): 1-15.
- SANHUEZA, C. e VILLAVICENCIO, G. (2010). Estimación de parámetros resistentes a partir del ensayo de penetración PANDA y su aplicación em el cálculo de la capacidade de soporte y asentamientos del suelo de fundación (1ª parte). *Construcción*, 9 (1): 120-131.
- SANTOS JR., O. F. dos; SCUDELARI, A. C.; COSTA, C. M. L. e COSTA, Y. D. J. (2012)

- Mecanismos de movimentos de massas e medidas mitigadoras contra a erosão costeira em falésias. In: Desastres naturais: susceptibilidade e riscos, mitigação e prevenção, gestão e ações emergenciais. LACERDA, W. A. (org.). Rio de Janeiro: COPPE/ UFRJ, 211 p
- SANTOS JR, O. F. dos; COUTINHO, R. Q. e SEVERO, R. N. F. (2015) Propriedades geotécnicas dos sedimentos da formação Barreiras no litoral do Rio Grande do Norte - Brasil. *Geotecnia*, 134: 87 – 108
- SBG - Sociedade Brasileira de Geologia. (2004). Reunião aberta: comissão brasileira de estratigrafia. Anais. Porto Alegre: UFRGS.
- SBG - Sociedade Brasileira de Geologia. (2003). Guia estratigráfico internacional: versão condensada. Trad. Léo Afraneo Hartmann. MURPHY, M. A.; SALVADOR, A. (org.). IUGS.
- SCUDELARI, A. C.; BRAGA, K. G.; COSTA, F. A. A. e SANTOS JR., O. F. (2007). Estudo dos processos erosivos instalados na praia de Pipa - RN. *Brazilian Journal Aquat. Sci. Technol.* 9 (1): 31-37.
- SCUDELARI, A. C.; BRAGA, K. G.; SANTOS JR., O. F.(2007) Desenvolvimento de um checklist para estudo da erosão costeira em falésias. *Geologia*,20 (2): 157-169.
- SEVERO, R. N. F. (2005) Análise de estabilidade das falésias entre Tibau do Sul e Pipa - RN. UFRN, Dissertação de mestrado. Programa de pós-graduação em Engenharia Sanitária, UFRN, Natal, RN, 159 p.
- SILVA, M. M. da. (2007) Estudo geológico-geotécnico de uma encosta com problemas de instabilidade no município de Camaragibe – PE. Tese de Doutorado, CTG, Departamento de Engenharia Civil, UFPE, Recife, PE, 402 p.
- SILVA, A. J. N. da e CARVALHO, F. G. de (2007). Coesão e resistência ao cisalhamento relacionadas a atributos físicos e químicos de um latossolo amarelo de tabuleiro costeiro. *Ciência do Solo*, 31: 853 - 862.
- SOARES, W. C. (2011) Banco de dados Geológicos-Geotécnicos com base em sondagens á percussão e uso de SIG: análise espacial da profundidade do lençol freático e do NSPT para obras de Fundação em João Pessoa –PB. Tese de Doutorado, , Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Escola de Engenharia, , São Carlos, SP, .215 p.
- SOTO, M. A.; CHANG, K. H.; VILAR, O. M. (2009). Análise do método do permeâmetro Guelph na determinação da condutividade hidráulica saturada. *Águas Subterrâneas*, 23 (1): 137-152.
- SUGUIU, K.; MARTIN, L. (1996). The role of neotectonics in the evolution of the Brazilian coast. *Geonomos*, 4 (2): 45 – 53.
- TRICART, J. (1976). A geomorfologia nos estudos integrados de ordenação natural. *Boletim Geográfico*, 251: 15 – 42.

- TOWNSEND, F. C. (1985) Geotechnical characteristics of residual soils. *Geotechnical Engineering*, 111 (1): 77-94.
- VARNES, D. J. (1974). The logic of geological maps, with reference to their interpretation and use for engineering purposes. *Geological Survey Professional Paper*, 837, 48 p.
- VILAS BOAS, G. S., SAMPAIO, F. J.; PEREIRA, A. M. S. (2001). The Barreiras Group in the Northeastern coast of the State of Bahia, Brazil: depositional mechanisms and processes. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 73 (3): 417-427.
- VANOVERSTRAETEN, M. e TREFOIS, P. H. (1993). Contribution of satellite remote sensing to morphopedological and vegetation mapping in the East African Rift Savannas Virunga National Park. *Earsel advances in remote sensing*, 2 (3): 188-198.
- VOGT J. (1959) Aspects de l'évolution morphologique récente de l'Ouest Africain. *Annales de Géographie*. 68 (367): 193-206.
- ZEVENBURGEN, L. W e THORNE, C. R (1987) Quantitative analysis of land surface topography. *Earth Surface Process and Landforms*, 12: 47 - 56
- ZUQUETTE, L.; GANDOLFI, N. (2004) *Cartografia geotécnica*. Oficina de textos, São Paulo, SP, 190 p.